

PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR BERDASARKAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN TAHUN 2024

(Studi Kasus: Ruas Jalan Sp. Kerobokan – Munggu – Tanah Lot)

I Ketut Sudipta Giri¹, I Gusti Agung Gde Suryadarmawan^{2*}, I Gede Eka Pramanda³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mahasaraswati Denpasar

*Email: suryaft12@unmas.ac.id

ABSTRAK: Ruas Jalan Sp. Kerobokan – Munggu – Tanah Lot merupakan salah satu jaringan jalan provinsi yang memiliki fungsi strategis dalam menunjang mobilitas masyarakat serta mendukung pertumbuhan sektor ekonomi dan pariwisata di Bali. Tingginya pertumbuhan volume kendaraan yang tidak diimbangi dengan kualitas struktur perkerasan yang memadai mengakibatkan terjadinya penurunan kondisi jalan, baik secara fungsional maupun struktural. Permasalahan tersebut menuntut adanya perencanaan ulang tebal perkerasan yang mampu mengakomodasi beban lalu lintas hingga akhir umur rencana. Penelitian ini bertujuan untuk merancang struktur perkerasan lentur berdasarkan ketentuan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) Tahun 2024. Metode yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kuantitatif melalui studi kasus dengan memanfaatkan data lalu lintas harian rata-rata (LHR), tingkat pertumbuhan kendaraan, umur rencana 20 tahun, serta nilai daya dukung tanah dasar yang diperoleh dari pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP). Data tersebut dianalisis untuk menentukan nilai *Cumulative Equivalent Standard Axle* (CESA) sebagai dasar penetapan tipe dan ketebalan setiap lapisan perkerasan. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur perkerasan yang direkomendasikan terdiri atas lapisan AC-WC setebal 4 cm, AC-BC 7,5–8 cm, agregat kelas A 20 cm, agregat kelas B 15 cm, agregat kelas C 20 cm, serta timbunan pilihan 40 cm. Struktur tersebut dinilai mampu memberikan kinerja pelayanan yang optimal dan memenuhi persyaratan teknis sesuai pedoman MDP 2024 selama periode rencana yang ditetapkan.

Kata kunci: Perkerasan Lentur, MDP 2024, CESA, DCP, Daya Dukung Tanah.

ABSTRACT: The Sp. Kerobokan – Munggu – Tanah Lot Road section is one of the provincial roads that plays a strategic role in supporting community mobility as well as economic and tourism activities in Bali. The continuous increase in traffic volume, which is not balanced by adequate pavement structural capacity, has led to a decline in road performance in both functional and structural aspects. This condition highlights the need for a redesigned pavement structure capable of accommodating projected traffic loads throughout its design life. This study aims to determine the appropriate thickness of flexible pavement layers in accordance with the 2024 Pavement Design Manual (MDP 2024). A quantitative descriptive approach was employed through a case study using key parameters, including Average Daily Traffic (ADT), traffic growth rate, a 20-year design life, and soil bearing capacity obtained from *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) testing. These data were analyzed to calculate the *Cumulative Equivalent Standard Axle* (CESA), which serves as the primary basis for determining the type and thickness of each pavement layer. The analysis results indicate that the recommended pavement structure consists of a 4 cm Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC), a 7.5–8 cm Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC), 20 cm of Class A aggregate base, 15 cm of Class B aggregate base, 20 cm of Class C aggregate subbase, and 40 cm of selected embankment fill. This structural configuration is considered capable of providing adequate service performance and structural reliability over the 20-year design period in compliance with the provisions of MDP 2024.

Keywords: Flexible Pavement, MDP 2024, CESA, DCP, Soil Bearing Capacit.

PENDAHULUAN

Jalan sebagai infrastruktur transportasi darat memiliki peranan yang sangat strategis dalam mendukung pertumbuhan wilayah dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Keberadaan jaringan jalan yang andal tidak hanya menunjang mobilitas penduduk, tetapi juga memperlancar distribusi barang dan jasa, membuka akses terhadap pusat-pusat ekonomi, serta mendukung perkembangan sektor pariwisata. Di Provinsi Bali, sektor pariwisata merupakan salah satu penggerak utama perekonomian daerah, sehingga ketersediaan infrastruktur jalan yang memadai menjadi kebutuhan yang tidak dapat diabaikan. Salah satu ruas jalan provinsi yang memiliki fungsi penting adalah Ruas Jalan Sp. Kerobokan – Munggu – Tanah Lot, yang menghubungkan kawasan permukiman, pusat aktivitas ekonomi, dan destinasi wisata Tanah Lot. Tingginya mobilitas masyarakat dan wisatawan pada ruas tersebut menyebabkan peningkatan volume lalu lintas yang signifikan dari tahun ke tahun.

Peningkatan arus kendaraan komersial dan pariwisata yang melintas di Ruas Jalan Sp. Kerobokan – Munggu – Tanah Lot saat ini terindikasi telah melampaui kapasitas struktur perkerasan eksisting. Hal

ini ditandai dengan munculnya berbagai permasalahan struktural dan fungsional di lapangan secara spesifik, seperti retak buaya (*alligator cracking*) pada lajur kendaraan berat, deformasi alur (*rutting*) yang membahayakan pengendara saat musim hujan akibat genangan air, serta pelepasan butir (*raveling*). Kerusakan-kerusakan ini muncul sebagai akibat dari repetisi beban gandar (*axle load*) yang berlebih dan kondisi daya dukung tanah dasar yang fluktuatif serta belum diantisipasi oleh desain perkerasan sebelumnya.

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa ketepatan dalam menentukan tebal perkerasan sangat dipengaruhi oleh akurasi prediksi beban lalu lintas kumulatif yang dinyatakan dalam Cumulative Equivalent Standard Axle (CESA). Studi-studi sebelumnya mengenai perencanaan perkerasan lentur pada jalan provinsi dan kabupaten di berbagai daerah di Indonesia mengungkapkan bahwa peningkatan nilai CESA secara signifikan berdampak pada kebutuhan lapisan struktur yang lebih tebal, terutama pada lapisan pondasi dan lapisan antara. Penelitian lain juga menekankan pentingnya pengujian daya dukung tanah dasar menggunakan metode Dynamic Cone Penetrometer (DCP) sebagai dasar dalam menentukan nilai CBR lapangan yang representatif. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa variasi nilai CBR yang rendah akan meningkatkan kebutuhan perkuatan melalui lapisan pondasi bawah atau timbunan pilihan.

Selain itu, beberapa kajian komparatif antara metode desain lama dan pedoman terbaru menunjukkan adanya perbedaan dalam pendekatan analisis lalu lintas dan faktor keamanan struktur. Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024 sebagai pedoman terkini telah mengakomodasi perkembangan karakteristik kendaraan berat, distribusi beban sumbu, serta proyeksi pertumbuhan lalu lintas yang lebih realistis. Pembaruan tersebut bertujuan untuk menghasilkan desain perkerasan yang lebih adaptif terhadap kondisi aktual di lapangan dan mampu memberikan umur layanan sesuai target perencanaan.

Oleh karena itu, penelitian ini secara spesifik bertujuan untuk mengevaluasi dan merancang ulang ketebalan lapisan struktur perkerasan lentur pada Ruas Jalan Sp. Kerobokan – Munggu – Tanah Lot menggunakan pedoman MDPJ 2024. Perancangan ulang ini ditargetkan mampu menghasilkan konfigurasi tebal lapisan jalan yang tangguh secara struktural dan efisien untuk mengakomodasi beban lalu lintas kendaraan berat selama umur rencana 20 tahun ke depan, serta menjadi solusi teknis dalam menangani kerusakan yang kerap terjadi di ruas jalan tersebut.

Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur adalah konstruksi jalan yang dirancang dengan lapisan berbahan dasar aspal yang bersifat elastis sehingga mampu menahan beban kendaraan dan menyalurkannya secara bertahap ke lapisan di bawahnya hingga mencapai tanah dasar. Struktur ini bekerja dengan prinsip penyebaran tegangan, di mana setiap lapisan memiliki peran dalam memperkecil tekanan agar tidak langsung diterima oleh tanah pendukung. Karena sifatnya yang fleksibel, perkerasan lentur dapat menyesuaikan diri terhadap perubahan bentuk kecil akibat lalu lintas maupun pengaruh lingkungan. Meskipun pelaksanaannya relatif praktis dan memberikan kenyamanan saat dilalui, kualitas perkerasan sangat bergantung pada ketebalan lapisan, mutu material, serta sistem drainase yang baik untuk mencegah kerusakan dini.

Selain itu, perkerasan lentur memiliki kemampuan untuk memberikan kenyamanan berkendara yang lebih baik karena permukaannya yang lebih halus dan mampu meredam getaran kendaraan. Namun demikian, perkerasan lentur sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu dan curah hujan, sehingga perencanaan yang tepat sangat diperlukan agar perkerasan dapat berfungsi sesuai umur rencana.

Manual Desain Perkerasan Jalan 2024

Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2024 merupakan pedoman teknis yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga sebagai acuan nasional dalam perencanaan perkerasan jalan. Manual ini disusun untuk menyesuaikan dengan perkembangan lalu lintas, peningkatan beban kendaraan, serta kebutuhan akan standar perencanaan yang lebih akurat dan andal. Di dalam MDP 2024 dijelaskan tahapan perencanaan perkerasan yang sistematis, mulai dari penentuan umur rencana, pengumpulan dan analisis data lalu lintas, evaluasi kondisi tanah dasar, hingga pemilihan struktur dan tebal perkerasan.

MDP 2024 menggunakan pendekatan beban lalu lintas kumulatif dalam bentuk *Cumulative Equivalent Standard Axle* (CESA) sebagai dasar penentuan struktur perkerasan. Dengan pendekatan ini, pengaruh berbagai jenis kendaraan terhadap kerusakan perkerasan dapat diseragamkan ke dalam beban

gandar standar. Penerapan MDP 2024 diharapkan mampu menghasilkan desain perkerasan yang lebih realistis, efisien, serta memiliki umur layanan yang sesuai dengan perencanaan.

Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

(LHR) merupakan angka yang menunjukkan rerata jumlah kendaraan yang melewati suatu ruas jalan setiap hari dalam kurun waktu tertentu, umumnya selama satu tahun pengamatan. Perhitungan ini dilakukan dengan menjumlahkan seluruh kendaraan yang tercatat selama periode tersebut, kemudian dibagi dengan jumlah hari pengamatan.

Data LHR sangat penting dalam bidang transportasi karena digunakan sebagai dasar untuk merencanakan kapasitas jalan, menentukan ketebalan perkerasan, serta mengevaluasi tingkat pelayanan jalan. Dengan adanya nilai ini, perencana dapat memperkirakan besarnya beban lalu lintas yang harus ditanggung jalan dan merancang infrastruktur yang sesuai dengan kebutuhan

Beban Lalu Lintas Rencana

Analisis *Cumulative Equivalent Standard Axle* (CESA) merupakan parameter absolut yang merepresentasikan beban kumulatif gandar ganda dari lalu lintas niaga yang harus ditahan oleh aspal sepanjang umur rencananya (Livneh & Kurnia, 2026). Beban lalu lintas rencana dinyatakan dalam bentuk *Cumulative Equivalent Standard Axle* (CESA), yaitu jumlah kumulatif beban gandar standar yang bekerja pada perkerasan. Perhitungan CESA mempertimbangkan data LHR, komposisi jenis kendaraan, faktor ekivalen beban sumbu, serta umur rencana jalan. Nilai CESA mencerminkan tingkat kerusakan yang akan dialami perkerasan akibat lalu lintas.

Semakin besar nilai CESA, maka semakin besar pula beban yang harus ditahan oleh struktur perkerasan, sehingga diperlukan lapisan perkerasan yang lebih tebal dan kuat. Oleh karena itu, perhitungan CESA yang akurat sangat penting agar desain perkerasan yang dihasilkan mampu menahan beban tanpa mengalami kerusakan dini.

Daya Dukung Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar adalah kemampuan tanah pada lapisan paling bawah untuk menopang beban dari konstruksi atau perkerasan yang berada di atasnya tanpa mengalami penurunan yang berlebihan maupun kegagalan struktur. Besarnya kemampuan ini dipengaruhi oleh sifat fisik tanah, seperti jenis butiran, tingkat kepadatan, kadar air, serta kondisi lingkungan sekitar. Tanah yang padat dan stabil umumnya mampu menahan beban lebih besar dibandingkan tanah yang lunak atau mudah berubah akibat pengaruh air. (Chattopadhyay & Maity, 2025) menegaskan bahwa akurasi nilai *California Bearing Ratio* (CBR) dari daya dukung tanah dasar sangat kritis karena memengaruhi variasi kebutuhan ketebalan desain perkerasan lentur secara signifikan.

Dalam perencanaan konstruksi jalan, nilai daya dukung tanah dasar menjadi pertimbangan utama karena menentukan kebutuhan ketebalan dan jenis lapisan perkerasan. Apabila daya dukungnya rendah, perlu dilakukan upaya perbaikan seperti pemadatan tambahan atau stabilisasi agar struktur di atasnya tetap aman dan tahan lama.

Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

(DCP) merupakan alat uji lapangan yang digunakan untuk mengetahui karakteristik kekuatan tanah dasar dan lapisan perkerasan secara cepat dan praktis. Pengujian DCP dilakukan dengan menjatuhkan beban tertentu secara berulang pada batang penetrasi yang dilengkapi ujung kerucut, kemudian mencatat kedalaman penetrasi setiap tumbukan. Hasil pengujian dinyatakan dalam bentuk nilai penetrasi per tumbukan.

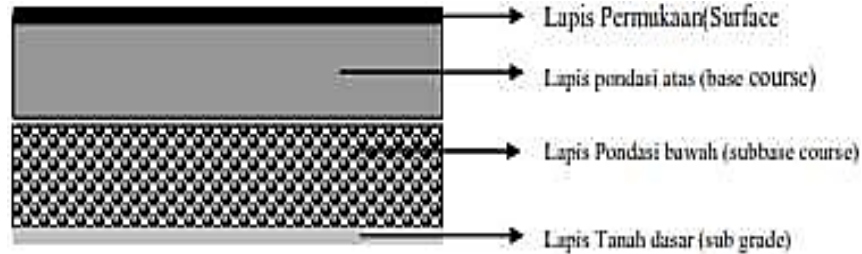
Nilai hasil uji DCP dapat dikonversikan menjadi nilai CBR menggunakan hubungan empiris yang telah dikembangkan. Metode DCP banyak digunakan dalam perencanaan perkerasan jalan karena pelaksanaannya relatif mudah, tidak memerlukan peralatan laboratorium yang rumit, serta mampu memberikan gambaran kondisi tanah dasar secara langsung di lapangan.

Lapisan Struktur Perkerasan Lentur

Struktur perkerasan lentur merupakan susunan beberapa lapisan material yang dirancang untuk menahan serta mendistribusikan beban kendaraan ke tanah dasar secara bertahap. Sistem ini bekerja dengan prinsip menyebarkan tekanan dari roda kendaraan agar tidak terpusat pada satu titik saja, sehingga kerusakan dapat diminimalkan. Lapisan paling atas disebut lapisan permukaan, biasanya

menggunakan campuran beraspal yang berfungsi sebagai pelindung terhadap beban lalu lintas dan pengaruh cuaca.

Di bawahnya terdapat lapisan pondasi atas yang berperan memberikan kekuatan tambahan dan membantu menyebarkan beban ke lapisan yang lebih bawah. Selanjutnya, lapisan pondasi bawah berfungsi sebagai pendukung tambahan sekaligus menjaga kestabilan struktur agar tidak terjadi penurunan yang berlebihan. Bagian paling bawah adalah tanah dasar, yaitu lapisan tanah yang telah dipadatkan dan menjadi tumpuan seluruh struktur perkerasan. Setiap lapisan memiliki fungsi berbeda namun saling mendukung, sehingga keseluruhan sistem mampu memberikan kinerja yang aman, nyaman, dan tahan lama, contoh lapisan perkerasan bisa di lihat pada gambar 1.

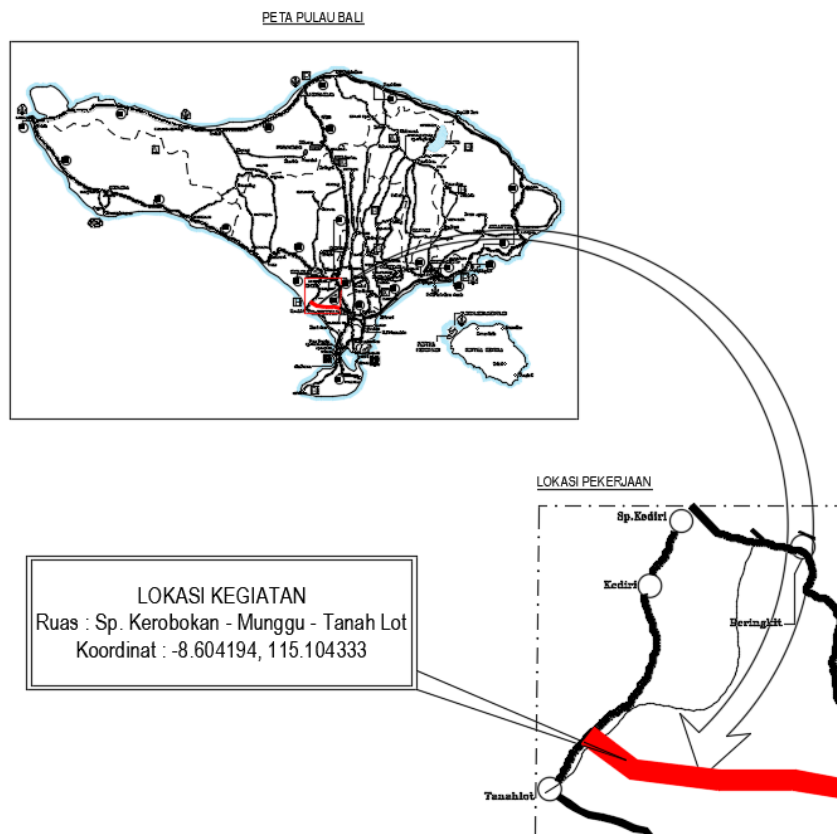


Gambar 1. Lapisan Perkerasan

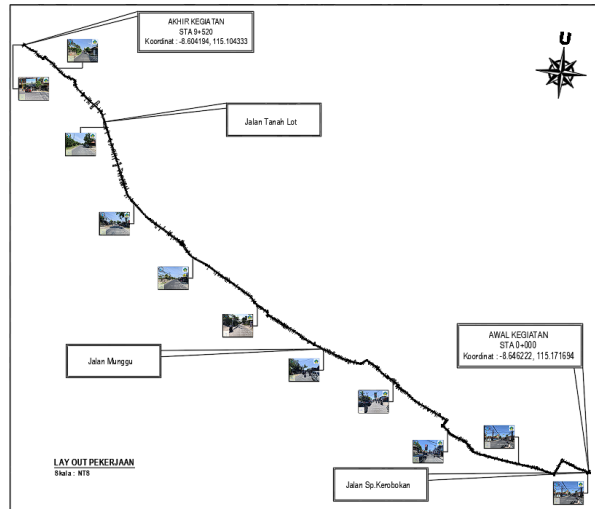
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode (MDPJ) Tahun 2024. Metode ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan tebal perkerasan lentur berdasarkan kondisi lalu lintas, daya dukung tanah dasar, serta umur rencana jalan.

Lokasi penelitian dilakukan pada Ruas Jalan Sp. Kerobokan – Munggu – Tanah Lot, yang terletak di Provinsi Bali, tepatnya di sebelah Selatan pasar Tanah Lot dengan panjang penanganan 9+520 km. Penelitian ini dilaksanakan pada tahun 2025 dengan menggunakan data perencanaan dan hasil survei lapangan yang diperoleh dari instansi dan konsultan perencana terkait.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian Pada Ruas Sp. Kerobokan – Munggu – Tanah Lot



Gambar 3. Peta Lokasi STA. 0+000 Sampai STA. 9+520

Tahapan penelitian dimulai dengan pengumpulan data, baik data primer maupun data sekunder. Selanjutnya dilakukan analisis data lalu lintas untuk menentukan beban lalu lintas rencana dalam bentuk Cumulative Equivalent Standard Axle (CESA) dengan mempertimbangkan faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan. Analisis daya dukung tanah dasar dilakukan berdasarkan nilai (CBR) hasil pengujian DCP yang telah disesuaikan dengan faktor musiman.

Berdasarkan hasil analisis lalu lintas dan kondisi tanah dasar, dilakukan pemilihan jenis struktur perkerasan sesuai dengan bagan desain pada MDPJ 2024. Selanjutnya ditentukan tebal masing-masing lapisan perkerasan, yang meliputi (AC-WC), (AC-BC), lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah, dan timbunan pilihan. Seluruh perhitungan dilakukan secara manual dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel.

Sebagai tahap akhir, dilakukan analisis rencana anggaran biaya (RAB) untuk perkerasan jalan baru berdasarkan hasil desain tebal perkerasan yang telah diperoleh. Metode penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan desain perkerasan lentur yang sesuai dengan kondisi lapangan, memenuhi umur rencana, serta efisien dari segi teknis dan ekonomis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis tebal perkerasan lentur pada Ruas Jalan Sp. Kerobokan – Munggu – Tanah Lot dilakukan dengan mengacu pada metode MDP 2024. Tahap awal analisis difokuskan pada penentuan beban lalu lintas rencana yang merepresentasikan pengaruh kendaraan selama umur rencana jalan. Beban lalu lintas rencana dihitung dengan mempertimbangkan volume lalu lintas harian rata-rata, serta peningkatan aktivitas kendaraan yang terjadi pada jalan tersebut.

Tabel 1. Rekapitulasi LHR

Gol	Jenis Kendaraan	Jumlah Kend.
Gol. 1	Sepeda motor, kendaraan roda-3	
Gol. 2	Sedan, jeep dan station wagon.	734
Gol. 3	Opelet, pick-up opelet, suburban, combi dan minibus.	4310
Gol. 4	Pick-up, micro truck dan mobil hantaran atau pick-up box.	776
Gol. 5a	Bus kecil	43
Gol. 5b	Bus besar	
Gol. 6a	Truk ringan 2 sumbu	278
Gol. 6b	Truk sedang 2 sumbu	259
Gol. 7A1	Truk 3 sumbu - ringan	11

Rekapitulasi nilai (LHR) di dapat dari instansi terkait atau konsultan perencana, survey lintas harian rata – rata di lakukan pada hari minggu dan hari senin, Dimana hasil dari data di LHR akan digunakan dalam perhitungan untuk menentukan nilai CESA.

Tabel 2. Faktor Ekuivalen Beban Kendaraan

Kondisi	Kelas Kendaraan	Gol 5B	Gol 6A	Gol 6B	Gol 7A1	Gol 7A2	Gol 7A3	Gol 7B1	Gol 7B2	Gol 7B3	Gol 7C1	Gol 7C2A	Gol 7C2B	Gol 7C3	Gol 7C4
VDF4	Faktual	1,2	0,5	3,8	7,4	12,4	-	-	-	-	8,0	5,0	11,2	7,1	-
	Normal	1,2	0,5	1,0	2,6	4,7	-	-	-	-	4,9	4,2	5,2	5,5	-
VDF5	Faktual	1,3	0,4	5,2	11,6	23,4	-	-	-	-	12,3	7,2	20,7	11,9	-
	Normal	1,3	0,4	1,0	3,0	6,2	-	-	-	-	6,3	5,6	7,6	8,5	-

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) No. 03/M/BM/2024, Direktorat Jenderal Bina Marga.

Berdasarkan pedoman MDPJ 2024, dalam perhitungan desain tebal perkerasan lentur, nilai LHR yang diperhitungkan secara spesifik berfokus pada volume kendaraan berat saja, yaitu kendaraan golongan 5b ke atas. Kendaraan ringan (golongan di bawah 5b) tidak diikutsertakan karena dianggap tidak memberikan faktor daya rusak (*damage factor*) yang signifikan terhadap umur layan perkerasan jalan. Merujuk pada rekapitulasi Tabel 1 dan Tabel 2, maka beban kendaraan riil yang melintas di ruas jalan ini dan diperhitungkan dalam analisis CESA secara khusus diklasifikasikan ke dalam golongan 6a (Bus Sedang/Besar), 6b (Truk 2 Sumbu), dan 7a1 (Truk 3 Sumbu).

Dalam perhitungan ini digunakan Beban Faktual (VDF4/5 Faktual) sebagai acuan penentu koefisien kendaraan. Terdapat perbedaan mendasar antara nilai Faktual dan Normal; Beban Normal merupakan nilai koefisien asumsi di mana kendaraan mematuhi batas muatan standar sesuai regulasi, sedangkan Beban Faktual mencerminkan kondisi riil di lapangan di mana sering terjadi muatan berlebih (*overloading*). Penggunaan Beban Faktual dipilih agar desain perkerasan jauh lebih konservatif dan aman dalam mengantisipasi beban berlebih sesungguhnya di lapangan.

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA 4

Jenis Kendaraan	LHR 2024	LHR	DD	DL	VDF4 faktual	ESA4 10 tahun	ESA4 20 tahun	ESA4 40 tahun
		2025						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Golongan 5b	0	0	0,5	1	1,2	0	0	0
Golongan 6a	278	288	0,5	1	0,5	308012	742493	2219898
Golongan 6b	259	268	0,5	1	3,8	2180902	5257280	15718157
Golongan 7A1	11	11	0,5	1	7,4	180375	434813	1299998
Golongan 7A2	0	0	0,5	1	12,4	0	0	0
Golongan 7B1	0	0	0,5	1	0	0	0	0
Golongan 7B2	0	0	0,5	1	0	0	0	0
Golongan 7C1	0	0	0,5	1	8	0	0	0
Golongan 7C2A	0	0	0,5	1	5	0	0	0
Golongan 7C2B	0	0	0,5	1	11,2	0	0	0
Golongan 7C3	0	0	0,5	1	7,1	0	0	0
Jumlah ESA						2669289	6434586	19238053
CESA4						2,67E+06	6,43E+06	1,92E+07
10 tahun	11,731							
20 tahun	28,280							
40 tahun	84,550							

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Nilai CESA 5

Jenis Kendaraan		LHR 2024	LHR 2025	DD	DL	VDF5 Faktual	ESA5 10 tahun	ESA5 20 tahun	ESA5 40 tahun
(1)		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Golongan 5b		0	0	0,5	1	1,3	0	0	0
Golongan 6a		278	288	0,5	1	0,4	246410	593995	1775919
Golongan 6b		259	268	0,5	1	5,2	2984392	7194172	21509057
Golongan 7A1		11	11	0,5	1	11,6	282751	681598	2037835
Golongan 7A2		0	0	0,5	1	23,4	0	0	0
Golongan 7B1		0	0	0,5	1	0	0	0	0
Golongan 7B2		0	0	0,5	1	0	0	0	0
Golongan 7C1		0	0	0,5	1	12,3	0	0	0
Golongan 7C2A		0	0	0,5	1	7,2	0	0	0
Golongan 7C2B		0	0	0,5	1	20,7	0	0	0
Golongan 7C3		0	0	0,5	1	11,9	0	0	0
Jumlah ESA							3513552	8469765	25322810
CESA5							3,51E+06	8,47E+06	2,53E+07

10 tahun 11,731
 20 tahun 28,280
 40 tahun 84,550

Nilai CESA 4 dan CESA 5 dihitung menggunakan rumus:

$$R_{ESA}(R) = ((1 + 0,01 \times 3,5)^{20}) - 1 / (0,01 \times 3,5)$$

$$= 28,280 \text{ (20 Tahun)}$$

$$CESA4 = (\sum LHR \times VDF4) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

- a. Golongan 7A1 = (11 x 7,4) x 365 x 0,5 x 1 x 28,280 = 420,109
- b. Golongan 6A = (278 x 0,5) x 365 x 0,5 x 1 x 28,280 = 717.385
- c. Golongan 6B = (259 x 3,8) x 365 x 0,5 x 1 x 28,280 = 5.079.497

$$CESA5 = (\sum LHR \times VDF5) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

- a. Golongan 7A1 = (11 x 11,6) x 365 x 0,5 x 1 x 28,280 = 658,549
- b. Golongan 6A = (278 x 0,4) x 365 x 0,5 x 1 x 28,280 = 573,908
- c. Golongan 6B = (181 x 5,2) x 365 x 0,5 x 1 x 28,280 = 6,950,891

Sehingga jumlah ESA4 untuk 20 Tahun adalah 6.216.994, dan CESA4 adalah 6,22E+06. Dan jumlah ESA5 adalah 8,183,348 dan jumlah CESA5 adalah 8,18E+06.

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Nilai CBR

NO.	STA	CBR	Faktor Musim	Standar Deviasi	CBR _{Rata-rata}	CBR _{Desain} =	Keseragaman
			Peralihan				FK (%)
			0,80				
1	2 + 600	4,73	3,78	0,47	3,88	3,37	12,09%
2	2 + 800	4,04	3,23	0,47	3,88	3,37	12,09%
3	3 + 400	4,48	3,58	0,47	3,88	3,37	12,09%
4	3 + 500	5,68	4,54	0,47	3,88	3,37	12,09%
5	3 + 800	5,32	4,26	0,47	3,88	3,37	12,09%

NO.	STA	CBR	Faktor Musim	Standar Deviasi	CBR _{Ratarata}	CBR _{Desain} =	Keseragaman
			Peralihan				FK (%)
			0,80				
1	4 + 200	28,91	23,13	6,33	22,55	9,29	28,05%
2	4 + 600	15,40	12,32	6,33	22,55	9,29	28,05%
3	4 + 900	15,40	12,32	6,33	22,55	9,29	28,05%
4	5 + 000	28,91	23,13	6,33	22,55	9,29	28,05%
5	5 + 100	13,25	10,60	6,33	22,55	9,29	28,05%
6	5 + 500	28,91	23,13	6,33	22,55	9,29	28,05%
7	5 + 600	15,40	12,32	6,33	22,55	9,29	28,05%
8	5 + 800	22,49	17,99	6,33	22,55	9,29	28,05%
9	6 + 000	28,91	23,13	6,33	22,55	9,29	28,05%
10	6 + 800	11,61	9,29	6,33	22,55	9,29	28,05%
11	6 + 900	10,31	8,25	6,33	22,55	9,29	28,05%
12	7 + 100	28,91	23,13	6,33	22,55	9,29	28,05%
13	7 + 300	22,49	17,99	6,33	22,55	9,29	28,05%
14	7 + 400	18,32	14,66	6,33	22,55	9,29	28,05%
15	7 + 800	15,40	12,32	6,33	22,55	9,29	28,05%
16	7 + 900	11,61	9,29	6,33	22,55	9,29	28,05%
17	8 + 100	39,96	31,96	6,33	22,55	9,29	28,05%
18	8 + 500	18,32	14,66	6,33	22,55	9,29	28,05%
19	8 + 600	10,31	8,25	6,33	22,55	9,29	28,05%
20	8 + 700	13,25	10,60	6,33	22,55	9,29	28,05%
21	8 + 900	28,91	23,13	6,33	22,55	9,29	28,05%
22	9 + 300	15,40	12,32	6,33	22,55	9,29	28,05%
23	9 + 400	15,40	12,32	6,33	22,55	9,29	28,05%

Tabel 5 menyajikan hasil perhitungan nilai CBR desain diperoleh dari pengujian menggunakan metode (DCP), yang digunakan sebagai dasar dalam penentuan parameter perkerasan jalan.

Nilai CBR didapat dengan Rumus:

1. AD = Hasil penurunan pukulan sekarang – Hasil Penurunan pukulan Sebelumnya
2. SPP = Hasil dari penurunan pukulan – Jumlah pukulan
3. $CBR = 10^{(1.352 - 1.25 \times \log(SPP))}$
4. CBR Desain = Min (Jumlah Keseluruhan Nilai CBR)

Perhitungan Nilai Standar Deviasi:

1. Faktor Peralihan = Nilai CBR x 0.80 (Masa Transisi)
2. Standar Deviasi = STDEV.P (Faktor Peralihan Per Segmen)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N}}$$

3. CBR rata – rata = Jumlah hasil total faktor peralihan: Jumlah banyaknya Test CBR
4. CBR Desain = PERCENTILE (Faktor Peralihan Per Segmen)
5. FK% = Standar Deviasi : CBR rata- rata

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Nilai CBR

Segmen	Dari	Ke	Standar Deviasi	CBR _{Segmen}	CBR _{Desain}	FK (%)
1	2+600	3+800	0,47	3,88	3,37	12,09%
2	4+200	9+400	6,33	22,55	9,29	28,05%

Berdasarkan Tabel 6 nilai CBR Desain yang didapat dari Segmen 1 STA. 2+600 sampai dengan STA. 3+800 adalah 3,37 dan nilai CBR Desain pada Segmen 2 STA.4+200 sampai dengan STA. 9+400 adalah 9,29

Tabel 7. Pondasi Jalan Minimum

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur		Perkerasan Kaku
			Beban Lalu Lintas Pada Jalur Rencana Dengan Umur Rencana 40 Tahun (Juta ESA5)		
			<10	>10	
Tebal Minimum Perbaikan Tanah Dasar (mm)					
5	SG5	Perbaikan tanah dengan material timbunan pilihan (CBR ≥ 10%)	200	200	200
4	SG4		300	400	400
3	SG3			600	600
2,5	SG2,5				
<ul style="list-style-type: none"> Kekuatan tanah dasar < 2,5% atau tanah lunak 			Untuk tebal tanah lunak > 1 m harus ditangani dengan penangan geoteknik, sedangkan untuk ketebalan ≤ 1 m dapat diganti tanah timbunan dengan tebal minimum yang sama dengan ketentuan dan berlaku untuk tanah SG2.5 Bagan Desain ini.		
<ul style="list-style-type: none"> Tanah ekspansif 			Penanganan sesuai dengan kajian geoteknik terhadap besaran potensi pemuaian dengan ketebalan penutup tidak kurang dari 600 mm berupa material dengan potensi pemuaian tidak lebih besar dari 1,5%. Di atas lapis penutup tersebut harus ditambahkan lapis perbaikan SG2,5.		

Catatan:
 1) Untuk perkerasan kaku dan perkerasan lentur bilamana tanah dasarnya masih berbutir halus maka harus dipasang lapisan setebal 200 mm berupa lapisan timbunan pilihan berbutir kasar yang mempunyai CBR minimum 30% dengan PI 6 – 15 dan ukuran butir maksimum 50 mm atau LFA Kelas C atau dengan lapis stabilisasi semen (UCS 10 kg/cm²).
 2) Penanganan tanah ekspansif dapat mengacu pada Subbab 6.7 atau mengacu pada Pedoman Konstruksi dan Bangunan PUPR tentang Penanganan Tanah Ekspansif untuk Konstruksi Jalan PdT-10-2005-B, Pedoman Konstruksi dan Bangunan PUPR tentang Penanganan Tanah Ekspansif dengan Geomembran sebagai Penghalang Kalamabatan Vertikal PdT-11-2004-B dan Austroads Guide to Pavement Technology Part 4 Pavements Materials AGPT04-09.

Dari Tabel 7 Bagan Fondasi Jalan Minimum Nilai CBR Tanah dasar Segmen 1 (1) yaitu 3.37 % (SG 3) dan nilai ESA5 24 juta, sehingga memerlukan perbaikan tanah dasar 400 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG5.

Tabel 8. Bagan Desain Tebal Perkerasan

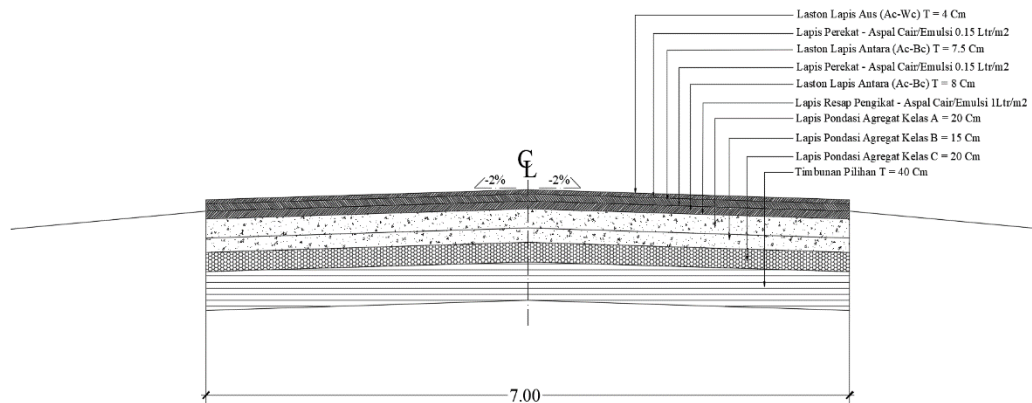
	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF(1) 1	FFF(1) 2	FFF(1) 3	FFF(1) 4	FFF(1) 5	FFF(1) 6	FFF(1) 7	FFF(1) 8	FFF(1) 9
	Untuk beban rencana < 30 juta ESA5 menggunakan Aspal Pen 60-70					Untuk beban rencana ≥ 30 juta ESA5 direkomendasikan menggunakan Aspal PG70 ⁽¹⁾			
Beban rencana 20 tahun (10 ⁶ ESA5)	< 2	> 2 - 5	> 5 - 10	> 10 - 15	> 15 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 150	> 150 - 200
Tebal Perkerasan (mm)									
AC WC	60 ⁽²⁾	40	40	40	40	40	40	50	40
AC BC	-	65	75	75	60	60	75	80	60
AC Base ⁽³⁾	-	80	80	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	100	80	85	100	100	80
	-	-	-	-	80	100	100	100	80
Lapis Fondasi Agregat Kelas A ⁽⁴⁾	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Lapis Fondasi Agregat Kelas B	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen ⁽⁵⁾	-	-	200	200	200	200	200	200	200

(1) Khusus untuk AC WC dan AC BC.
 (2) Tumbukan Marshall sebanyak 2 x 50 tumbukan.
 (3) Khusus untuk AC Base dengan lalu lintas rencana di atas 30 juta ESA5 dapat tidak menggunakan aspal PG70.
 (4) Untuk perkerasan dengan jumlah lajur lebih dari 2 per arahnya, tebal lapis fondasi agregat kelas A minimal 300 mm.
 (5) Dapat menggunakan timbunan pilihan berbutir kasar yang mempunyai CBR minimum 30% dengan PI 6 - 15 dan ukuran butir maksimum 50 mm atau LFA Kelas C atau stabilisasi semen (UCS 10 kg/cm²). Bilamana untuk ketiga jenis material atau alat yang diperlukan untuk stabilisasi tidak bisa terpenuhi, maka lapisan ini dapat diganti menjadi LFA Kelas B dengan ketebalan 200 mm bila harganya sama atau lebih rendah dari ketiga material tersebut.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai LHR dan CESA, diperoleh beban lalu lintas rencana yang termasuk dalam kategori menengah hingga tinggi, sehingga diperlukan struktur perkerasan lentur dengan kombinasi lapisan beraspal dan lapisan pondasi agregat. Selain itu, hasil evaluasi daya dukung tanah dasar yang diperoleh dari pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP) menunjukkan bahwa kondisi tanah dasar memerlukan perbaikan melalui penggunaan lapisan timbunan pilihan dan lapis pondasi yang memadai.

Struktur perkerasan yang direncanakan terdiri dari lapisan permukaan (AC-WC) setebal 4 cm, di bawah lapisan permukaan, digunakan lapisan (AC-BC) setebal 7,5–8 cm yang fungsinya untuk menyalurkan beban lalu lintas ke lapisan pondasi.

Lapisan pondasi atas menggunakan agregat kelas A setebal 20 cm yang memiliki kekuatan dan stabilitas tinggi sehingga mampu menahan beban lalu lintas rencana. Selanjutnya, lapisan pondasi bawah terdiri dari agregat kelas B setebal 15 cm dan agregat kelas C setebal 20 cm yang berfungsi sebagai lapisan pendukung sekaligus merata tegangan sebelum beban diteruskan ke tanah dasar. Dan penambahan lapisan timbunan pilihan setebal 40 cm sesuai ketentuan MDPJ 2024, gambar lapis perkerasan yang di dapat melalui Analisa MDPJ 2024 bisa di lihat pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 4. Tebal Perkerasan Lentur sesuai dengan Analisis MDPJ 2024

Secara keseluruhan, hasil perencanaan menunjukkan bahwa struktur yang dipilih telah sesuai dengan beban lalu lintas rencana pada lokasi penelitian. Struktur tersebut diharapkan mampu memberikan kinerja perkerasan yang baik, mengurangi potensi kerusakan dini, serta memenuhi umur rencana pelayanan jalan selama 20 tahun. Pembahasan ini menegaskan bahwa penerapan MDPJ 2024 dapat menghasilkan desain perkerasan yang andal dan sesuai dengan kondisi lapangan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa desain tebal perkerasan lentur pada Ruas Jalan Sp. Kerobokan – Munggu – Tanah Lot yang direncanakan dengan mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2024 telah memenuhi persyaratan teknis untuk melayani beban lalu lintas selama umur rencana 20 tahun. Perencanaan dilakukan dengan mempertimbangkan beban lalu lintas rencana, daya dukung tanah dasar, serta ketentuan pemilihan struktur perkerasan sesuai pedoman yang berlaku.

Perencanaan dilakukan dengan mempertimbangkan beban lalu lintas rencana berdasarkan LHR kendaraan berat saat ini (Golongan 6a, 6b, dan 7a1) yang menghasilkan nilai kumulatif beban sumbu standar sebesar $6,22 \times 10^6$ (CESA4) dan $8,18 \times 10^6$ (CESA5). Selain itu, desain ini juga dilandasi oleh nilai daya dukung tanah dasar (*Soil Bearing Capacity*) riil berupa CBR desain sebesar 3,37% (untuk Segmen 1) dan 9,29% (untuk Segmen 2) yang diperoleh secara langsung dari hasil uji penetrasi lapangan (*Dynamic Cone Penetrometer / DCP*).

Hasil perencanaan ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perencanaan struktur perkerasan lentur pada ruas jalan dengan karakteristik lalu lintas dan kondisi tanah dasar yang serupa. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan analisis perbandingan dengan metode perencanaan lain atau evaluasi kinerja perkerasan berdasarkan data kondisi lapangan agar diperoleh hasil yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Setyawan dan M. Adam Arifin, "Analisis Desain Tebal Lapis Tambah (Overlay) Berdasarkan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (Studi Kasus: Ruas Jalan Nasional Kartosuro - Batas Kota Surakarta Sta. 0+000-5+500)," *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, vol. 11, no. 2, Jun 2023, doi: 10.20961/mateksi.v11i2.
- Akhmalunniam, M. & Judiono, J. (2025). Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) pada Jalan Sukodadi–Plembon Kabupaten Lamongan Berdasarkan Manual Desain Perkerasan (MDP) 2024. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi — studi kasus terbaru implementasi pedoman desain MDPJ 2024*.

- Are, J. G., Murniati, M., & Robby, R. (2025). Penerapan Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) 2024 untuk Menganalisis Tebal Perkerasan Lentur di Jalan Madara Kabupaten Barito Selatan. Portal: Jurnal Teknik Sipil — penerapan MDPJ 2024 pada kondisi lapangan lokal.
- Badan Pusat Statistika (BPS). 2024. Jumlah Kendaraan Bermotor di Bali. Tersedia pada: <https://bali.bps.go.id/dynamictable/2018/02/02/217/banyaknyakendaraan-bermotor-menurutkabupaten-kota-di-bali>
- Bakri, M. D. B. (2025). Alternatif Tebal Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Metode MDP 2024 untuk Jalan Lingkungan Kampus Universitas Borneo Tarakan. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*.
- Carlinaa, S. (2025). Perencanaan Perkerasan Kaku Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024 pada Ruas Jalan Sutan Syahrir Kota Metro. *Jurnal Rekayasa Lampung*. — aplikasi MDPJ 2024 pada perkerasan kaku, relevan untuk perencanaan struktur jalan.
- Chattopadhyay, B. C., & Maity, J. (2025). Prediction of CBR of Different Groups of Alluvial Soils for Design of Flexible Pavements. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 12(3), 45-56.
- Direktorat Jenderal Bina Marga dan Direktur di Direktorat Jenderal Bina Marga, “Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia Direktorat Jenderal Bina Marga,” Indonesia, Jun 2023.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, *Manual Desain Perkerasan No. 03/M/BM/2024*, 2024 ed. Indonesia: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2024.
- Dywanti Alya & Eti Sulandari. (2025). Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur di Jalan Rasau Jaya– Sungai Bulan, Kabupaten Kubu Raya dengan Metode MDP 2024. *Jurnal Serambi Engineering*.
- Livneh, M., & Kurnia, A. (2026). Evaluation of Pavement Structure and Cost Based on the Road Pavement Design Manual and Component Analysis Method. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, 11(1), 68-75.
- N. N. Azizah, “Studi Penilaian Perkerasan Jalan Menggunakan Metode PCI (Pavement Condition Index), Bina Marga dan Benkelman Beam,” Jan 2021.
- Parianto, P., Sulandari, E., & Mukti, E. T. (2026). Metode Pelaksanaan Perencanaan Desain Tebal Perkerasan Lentur dengan Menggunakan Metode Bina Marga 2024. *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang* — kajian metodologis tentang tahapan desain perkerasan lentur berdasarkan pedoman terbaru.
- Patiku, M., Pasa Lolo, D., & Utary, C. (2025). Perencanaan Perkerasan Lentur (Flexible Pavement) Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024. *Musamus Journal of Civil Engineering*. DOI: <https://doi.org/10.35724/mjce.v8i01.7336> — membahas perencanaan perkerasan lentur berdasarkan MDPJ 2024 termasuk perhitungan CBR dan CESA.
- Septi Adnan, Haerul Purnama, Bagus Eko Prasetyo, & Sulaiman R. (2025). Evaluasi Kerusakan Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI): Studi Kasus Jalan R.A. Kartini, Kabupaten Buton Tengah. *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang*.
- Sujatmiko, C., Juwita, F., & Sepdianti, L. (2025). Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) 2024. *Teknika Sains: Jurnal Ilmu Teknik*, 10(1) — evaluasi struktur perkerasan lentur dengan pedoman MDPJ 2024 dan data lalu lintas aktual.
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung.