

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti (Tahun)	Permasalahan	Batasan Masalah	Metpen	Hasil Penelitian	Kesimpulan	Riset yg Disarankan	Rencana Riset
1	Jeisya Manguande, Mecky R. E. Manoppo, Theo K. Sendow (2020)	Ruas jalan Airmadidi–Kairagi mengalami kerusakan fungsional maupun struktural, sehingga diperlukan perencanaan ulang tebal overlay perkerasan lentur dengan menggunakan metode yang tepat.	- Hanya membahas metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan <i>AASHTO 1993</i>. - Lokasi terbatas pada ruas jalan Airmadidi–Kairagi (STA 06+000 – 10+000). - Menggunakan data lendutan BB dan FWD. - Survei lalu lintas dilakukan selama 7 hari. - Tidak membahas aspek biaya.	Studi komparatif kuantitatif dengan metode perhitungan overlay perkerasan lentur berdasarkan dua pendekatan: - Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 menggunakan data Benkelman Beam (BB). <i>AASHTO 1993</i> menggunakan data <i>Falling Weight Deflectometer</i>	Metode Bina Marga 2017 menghasilkan tebal overlay 4 cm berdasarkan lendutan maksimum dan 15 cm berdasarkan lengkung lendutan. Metode <i>AASHTO 1993</i> menghasilkan tebal overlay 7 cm. Perbedaan hasil tersebut dipengaruhi oleh perbedaan perhitungan Vehicle Damage Factor (VDF) serta variasi dalam pertimbangan jenis kendaraan pada	- Tebal lapis tambah berdasarkan lengkung lendutan lebih besar (15 cm) untuk mencegah retak leleh dan dianggap lebih tepat dibandingkan yang 4 cm. - Metode <i>AASHTO 1993</i> menghasilkan tebal 7 cm. - Model regresi logaritma memberikan hasil terbaik dalam menggambarkan hubungan lalu lintas dan tebal <i>overlay</i>..	- Disarankan pengujian lendutan dilakukan di musim hujan untuk hasil lebih representatif. - Penambahan titik pengamatan lendutan di lokasi yang berbeda visual. - Riset lebih lanjut menggunakan metode Manual 2017 berbasis data FWD serta metode lain seperti <i>Austroads</i> atau <i>Asphalt Institute</i>.	Mengembangkan studi <i>overlay</i> dengan: - Metode Manual Desain 2017 menggunakan data FWD. - Perbandingan terhadap metode internasional lain seperti <i>Austroads</i>. - Memasukkan aspek biaya konstruksi dan efisiensi ekonomi. - Mengembangkan model prediktif <i>overlay</i> berbasis machine learning dan regresi lebih lanjut.

No	Nama Peneliti (Tahun)	Permasalahan	Batasan Masalah	Metpen	Hasil Penelitian	Kesimpulan	Riset yg Disarankan	Rencana Riset
				(FWD). Analisis lalu lintas, lendutan, dan regresi statistik dilakukan.	masing-masing metode.			
2	Maryam & Kurnia Hadi Putra (2020)	Perbedaan hasil perencanaan ketebalan perkerasan lentur dari berbagai metode Bina Marga karena adanya pembaruan standar dan pendekatan yang bervariasi., belum ada penelitian yang secara spesifik mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kerusakan tersebut	Studi terbatas di ruas Jalan Luar Lingkar Timur Surabaya dan hanya membandingkan 5 metode perkerasan lentur: SKBI 1987, Bina Marga 2002, 2011, 2013, 2017.	Observasi dilakukan secara tidak terstruktur untuk menilai kondisi wilayah, disertai pengumpulan data kuantitatif baik primer maupun sekunder meliputi nilai CBR, LHR, geometri jalan, dan data curah hujan.	Metode 2002 menghasilkan desain yang paling efektif dan efisien: AC-WC 5 cm, AC-BC 20 cm, agregat kelas A (CBR 95%) 15 cm, agregat kelas B (CBR 80%) 20 cm.	Terdapat perbedaan signifikan antara metode SKBI 1987 dengan metode lain. Metode 2002 dinilai paling layak karena kombinasi efisiensi dan daya dukung memadai.	Evaluasi teknis dan ekonomis terhadap hasil implementasi lapangan dari masing-masing metode.	Mengkaji ketahanan struktur jalan menggunakan metode Bina Marga 2002 terhadap variasi volume lalu lintas dan kondisi tanah yang berbeda.
3	Muhammad Djaya Bakri (2020)	Kampus Universitas Borneo Tarakan mengalami perkembangan pesat, namun hingga kini belum tersedia jaringan jalan	Analisis difokuskan pada perencanaan tebal perkerasan lentur untuk jalan lingkungan baru di kawasan Kampus	Studi yang dilakukan melalui tinjauan literatur dan analisis kuantitatif	Ketebalan total perkerasan yang diperlukan adalah 39 cm, dengan rincian sebagai berikut:	Nilai SN dari metode nomogram dan <i>trial-and-error</i> sangat berdekatan (selisih $\pm 4\%$), keduanya menghasilkan	Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan membandingkan metode AASHTO 1993 dengan Bina Marga	Menerapkan metode AASHTO 1993 pada jalan lingkungan kampus lain di Indonesia dengan variasi tingkat lalu

		lingkungan yang dapat menghubungkan seluruh area di dalam kawasan kampus.	UBT dengan menggunakan metode AASHTO 1993 .	menggunakan metode AASHTO 1993 dengan dua pendekatan, yaitu nomogram dan <i>trial and error</i> .	-Lapis permukaan: 9 cm -Lapis pondasi atas: 15 cm -Lapis pondasi bawah: 15 cm	desain struktur perkerasan yang sama.	2017 atau metode lainnya untuk kasus serupa.	lintas dan kondisi tanah dasar yang berbeda.
No	Nama Peneliti (Tahun)	Permasalahan	Batasan Masalah	Metpen	Hasil Penelitian	Kesimpulan	Riset yg Disarankan	Rencana Riset
4	Ghaffar Noer Hakim & Ida Farida (2021)	Mengidentifikasi perbedaan ketebalan lapisan perkerasan lentur jalan antara metode AASHTO 1993 dan Manual Perkerasan Jalan 2017 , serta menentukan metode yang paling efisien.	- Jenis perkerasan: perkerasan lentur - Lokasi: Jalan alternatif dalam kota Leles, Garut - Data: DED tahun 2012 dari Bina Marga Garut	- Studi literatur - Pengumpulan data sekunder (DED 2012, data lalu lintas, data CBR, dan material lapisan) - Analisis ketebalan perkerasan: • Metode AASHTO 1993 • Manual Perkerasan Jalan 2017 - Perbandingan hasil ketebalan - Penentuan efisiensi dan kesederhanaan metode	- AASHTO 1993 : • Lapisan permukaan: 18 cm • Pondasi atas: 3 cm • Pondasi bawah: 34 cm → Total: 55 cm - Manual 2017: • Lapisan permukaan: 5 cm • Pondasi atas: 15 cm • Pondasi bawah: 15 cm → Total: 35 cm	- Manual Perkerasan Jalan 2017 menghasilkan struktur yang lebih tipis (35 cm vs 55 cm), lebih sederhana, dan efisien dibanding AASHTO 1993 yang memiliki ketebalan lebih besar.	- Gunakan metode lain untuk pembandingan seperti: <i>AUSTROAD, Asphalt Institute</i> , Analisa Komponen, dsb. - Sesuaikan umur rencana dengan kondisi aktual lapangan.	- Eksplorasi metode desain jalan lainnya di lokasi berbeda - Evaluasi performa aktual lapisan jalan yang telah dibangun dengan pendekatan sebelumnya

5	Andri Arthono, Dwiki Adi Pransiska (2022)	Adanya perbedaan desain ketebalan perkerasan lentur jalan yang berpotensi menyebabkan ketidaksesuaian di lapangan akibat tidak akuratnya estimasi beban kendaraan dan	Ruang lingkup studi dibatasi sebagai berikut: -Hanya mencakup ruas jalan Rangkasbitung-Citeras . -Fokus pada jenis perkerasan lentur . -Menggunakan metode SNI 1932-1989-F dan AASHTO 1993 . -Ditinjau untuk umur rencana perkerasan .	Studi komparatif kuantitatif menggunakan data sekunder lalu lintas dan kondisi tanah, lalu dilakukan perhitungan	- SNI 1932-1989-F: LP = 7,5 cm; LPA = 20 cm; LPB = 15 cm - AASHTO 1993 : LP = 15 cm; LPA = 18 cm; LPB = 16 cm. Desain AASHTO lebih	Metode AASHTO 1993 cenderung menghasilkan ketebalan perkerasan yang lebih besar dibanding SNI 1932-1989-F karena perbedaan parameter desain yang digunakan.	Perbandingan dengan metode lain seperti Bina Marga 2017 atau implementasi perangkat lunak desain perkerasan berbasis <i>GIS</i> dan pemodelan lalu lintas yang lebih akurat.	Studi kelayakan metode desain lain dalam konteks lalu lintas beban berat yang dinamis; riset lanjutan terhadap dampak iklim dan curah hujan tinggi
No	Nama Peneliti (Tahun)	Permasalahan	Batasan Masalah	Metode	Hasil Penelitian	Kesimpulan	Riset yg Disarankan	Rencana Riset
		metode desain yang digunakan.	rencana jalan 20 tahun.	manual ketebalan lapisan perkerasan berdasarkan dua metode desain.	tebal karena mempertimbangkan lebih banyak parameter.	seperti <i>ESAL</i> , modulus elastisitas, dan reliabilitas.		pada umur layanan jalan.

6	Aris Krisdiyanto, Kemma Dewi, Mohammad Arif Wijayanto (2022)	Ruas Bandungsari–Salem pada jalan eksisting mengalami penurunan kapasitas struktural seiring meningkatnya beban lalu lintas setiap tahun. Oleh karena itu, diperlukan studi perbandingan perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan dua metode, yakni AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017.	- Ruas jalan yang dikaji: Bandungsari Salem, Brebes (STA 1+750 – STA 8+500). - Jenis perkerasan: perkerasan lentur. - Data yang digunakan: data sekunder (LHR, penyelidikan tanah). - Metode yang dibandingkan hanya dua: <i>AASHTO 1993</i> dan <i>Bina Marga 2017</i>.	- Jenis: Studi komparatif kuantitatif berbasis data teknis jalan. - Sumber data: Data LHR 2014–2018 dari Dinas Bina Marga, dan data tanah dari laboratorium. - Perhitungan dilakukan dengan metode <i>AASHTO 1993</i> dan <i>Bina Marga 2017</i>. - Perhitungan mencakup: tebal lapisan, <i>CESA/ESAL</i>, modulus resilient, dan	• <i>AASHTO 1993</i>: Laston MS 590 (5 cm), Agregat Kelas A (15 cm), Sirtu Kelas B (15 cm). • <i>Bina Marga 2017</i>: AC-WC (5 cm), AC-BC (6 cm), AC Base (16 cm), CTB (15 cm), LPA Kelas A (15 cm). Biaya RAB: • <i>AASHTO 1993</i>: Rp 23.796.382.000 • <i>Bina Marga 2017</i>: Rp 51.289.817.000 • <i>Selisih biaya</i>: Rp 27.493.435.000	-Metode AASHTO menghasilkan ketebalan perkerasan yang lebih tipis dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan Bina Marga 2017. -Keduanya layak secara struktural, namun rancangan Bina Marga 2017 cenderung lebih tebal sehingga biaya total menjadi lebih tinggi.	-Mengkaji umur layanan aktual di lapangan untuk masing-masing metode. -Melakukan analisis biaya siklus hidup (Life Cycle Cost Analysis/LCCA) pada kedua metode. -Mengevaluasi kinerja aktual perkerasan terhadap kondisi iklim setempat dan beban lalu lintas lokal.	- Melanjutkan evaluasi performa jangka panjang di lapangan pada ruas jalan yang sama. - Menganalisis efektivitas biaya metode <i>AASHTO</i> vs. <i>Bina Marga</i> berdasarkan data kerusakan aktual dan pemeliharaan.
No	Nama Peneliti (Tahun)	Permasalahan	Batasan Masalah	Metpen	Hasil Penelitian	Kesimpulan	Riset yg Disarankan	Rencana Riset
				Rencana Anggaran Biaya (RAB).				
7	Clarita Wattimena, Ir. Vera Th. C.	Studi ini menganalisis perbedaan hasil perhitungan tebal perkerasan	Penelitian ini berfokus pada analisis ketebalan perkerasan lentur Jalan Gunung	-Primer: Lalu lintas harian	- Metode AASHTO : tebal total 50 cm (lapis permukaan	Metode <i>AASHTO 2005</i> memberikan tebal perkerasan yang lebih besar	Penelitian lanjutan dapat dilakukan pada proyek pembangunan lainnya menggunakan	1. Gunakan data LHR terkini untuk proyek jalan

	Siahaya, Elisabeth Talakua (2022)	lentur antara metode AASHTO 2005 dan Bina Marga 2017 , sekaligus menekankan pentingnya data LHR terkini sebagai input utama agar desain lebih akurat.	Malintang pada proyek Underpass Jenderal Sudirman, Ambon, dengan membandingkan dua metode: AASHTO 2005 dan Bina Marga 2017 .	(LHR) dan dimensi perkerasan. - Sekunder: Layout lokasi, data curah hujan, dan nilai CBR tanah dasar. - Metode: Observasi lapangan (pengamatan langsung), analisis kuantitatif dengan rumus teknis dan parameter masing-masing metode desain perkerasan (AASHTO & Bina Marga). - Teknik Pengolahan Data: Bandingkan	12 cm, pondasi atas 8 cm, pondasi bawah 30 cm). -Metode Bina Marga: tebal total 48 cm (lapis permukaan 10 cm, pondasi atas 8 cm, pondasi bawah 30 cm). -Pertumbuhan LHR sangat kecil (0,0002%), namun tetap perlu diperhitungkan dalam proyeksi lalu lintas rencana karena akumulasi sepanjang umur layanan dapat memengaruhi ESAL dan kebutuhan ketebalan perkerasan. berdampak pada perencanaan..	dibandingkan Bina Marga 2017 karena perbedaan parameter perhitungan, terutama dalam pengolahan data tanah dasar dan beban lalu lintas.	metode <i>AASHTO</i> dan data LHR terbaru karena dianggap lebih akurat dan lengkap dari sisi parameter desain.	lainnya 2. Terapkan metode <i>AASHTO</i> pada konteks geografis berbeda 3. Evaluasi ketahanan hasil desain setelah konstruksi berlangsung.
--	-----------------------------------	--	--	--	---	--	--	--

No	Nama Peneliti (Tahun)	Permasalahan	Batasan Masalah	Metpen	Hasil Penelitian	Kesimpulan	Riset yg Disarankan	Rencana Riset
				hasil desain perkerasan berdasarkan input LHR, beban sumbu, CBR, dan parameter lainnya.				
8	Indah Putri Syuhada, Helga Yermadona, Surya Eka Prianana (2022)	Kondisi ruas Ulu Layang–Muaro Sungai Lolo di Kecamatan Mapat Tunggul Selatan mengalami penurunan tanah, banyak genangan air, serta permukaan jalan yang tidak rata, sehingga membahayakan pengguna. Infrastruktur jalan ini belum layak fungsi dan menghambat aktivitas sosial serta ekonomi masyarakat.	Penelitian ini secara khusus membandingkan dua metode perencanaan tebal perkerasan lentur Metode Komponen Bina Marga 1987 dan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2017 pada ruas jalan Ulu Layang–Muaro Sungai Lolo.	- Jenis Data: Primer (observasi lapangan) dan sekunder (data curah hujan & CBR dari DPUTR Pasaman). - Metode Analisis: a) <i>Metode Komponen Bina Marga 1987:</i> menggunakan parameter LHR, LER, ITP, CBR, FR, IPT. b) <i>Metode MDPJ 2017:</i> menggunakan data lalu	- Metode Bina Marga 1987: Laston = 7,5 cm, Batu Pecah Kelas A = 20 cm, Sirtu Kelas C = 16 cm. Biaya: Rp1.481.161,73/m³. - Metode MDPJ 2017: AC-WC = 4 cm, AC-BC = 6 cm, LPA Kelas A = 40 cm. Biaya: Rp2.635.915,10/m³.	- Metode Bina Marga 1987 lebih hemat biaya. - MDPJ 2017 lebih kuat dari sisi struktur perkerasan. - Kedua metode memiliki keunggulan masing-masing dalam hal efisiensi dan efektivitas perencanaan.	Studi ini berfokus membandingkan dua metode perencanaan tebal perkerasan lentur Metode Komponen Bina Marga 1987 dan MDPJ 2017 pada ruas jalan Ulu Layang–Muaro Sungai Lolo.	Pengembangan penelitian dapat diarahkan pada evaluasi kekuatan struktur jalan setelah beberapa tahun implementasi, perbandingan biaya operasional pasca pembangunan, dan analisis dampak sosial ekonomi akibat peningkatan akses jalan.

No	Nama Peneliti (Tahun)	Permasalahan	Batasan Masalah	Metpen	Hasil Penelitian	Kesimpulan	Riset yg Disarankan	Rencana Riset
				lintas, <i>VDF</i> , <i>CESA5</i> , struktur lapisan berdasarkan daya dukung tanah dan volume lalu lintas.				
9	Rezky Anisari, Ria Adriyati, Muhammad Suhaimi, Suwaji, Abdul Hafizh Ihsani, Khairil Yanuar (2022)	Ruas Anjir Talaran–Tabukan Raya mengalami kerusakan sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang ketebalan perkerasan yang disesuaikan dengan kondisi aktual dan sesuai standar teknis yang berlaku.	Penelitian ini terbatas pada perbandingan desain ketebalan perkerasan lentur menggunakan dua metode—Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993—pada satu ruas jalan di wilayah Kecamatan Marabahan–Tabukan.	-Studi pustaka dan survei pendahuluan. -Pengumpulan data: -Primer: lalu lintas (LHR/komposisi/volume). -Sekunder: CBR, peta, dan data pendukung terkait. -Pengolahan dan analisis data. -Perhitungan desain perkerasan lentur dengan dua metode (mis. Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993).	- Bina Marga 2017: • Lapis permukaan = 3,5 cm • LPA Kelas A = 25 cm • LPA Kelas B = 35 cm • Total: 63,5 cm - AASHTO 1993: • Lapis permukaan = 5 cm • LPA Kelas A = 20 cm • LPA Kelas B = 45 cm • Total: 70 cm	Perbedaan desain disebabkan oleh perbedaan pendekatan metode, termasuk penggunaan <i>Structural Number (SN)</i> dan koefisien drainase pada <i>AASHTO</i> . Bina Marga tidak memasukkan drainase dalam perhitungan ketebalan.	Penelitian lanjutan dengan menambah variabel kondisi tanah, analisis biaya, umur layanan aktual, atau penerapan metode lain seperti MDP 2013.	Mengembangkan model optimasi tebal perkerasan berbasis multi-metode (Bina Marga, <i>AASHTO</i> , dan MDP) serta faktor lingkungan lokal, biaya, dan umur rencana secara terpadu.

				Perbandingan hasil ketebalan dari kedua metode. Simpulan akhir dan poin rekomendasi.				
No	Nama Peneliti (Tahun)	Permasalahan	Batasan Masalah	Metpen	Hasil Penelitian	Kesimpulan	Riset yg Disarankan	Rencana Riset
10	Doni Haidra Nur, ST, MT. & Arrasis Sandekala (2023)	Volume lalu lintas tinggi di Simpang Gedangan, Sidoarjo menyebabkan kemacetan dan kecelakaan. Diperlukan perencanaan jalan yang tepat.	Studi ini terbatas pada analisis ketebalan perkerasan lentur di satu lokasi dengan menggunakan dua metode, yakni Manual Desain Perkerasan (MDP) 2017 dan AASHTO 1993.	Pendekatan kajian yang digunakan adalah kuantitatif komparatif. Data primer mencakup lalu lintas harian, nilai CBR tanah dasar, dan jenis/kelas jalan. Data sekunder berupa pedoman MDP 2017 dan AASHTO 1993.	- MDP 2017: AC-WC 4 cm, AC-BC 6 cm, AC-Base 16 cm, LPA 30 cm (total 56 cm) - AASHTO 1993: AC-WC 4 cm, AC-BC 7 cm, LPA 20 cm, LPB 27 cm (total 58 cm)	MDP 2017 lebih efisien dari segi ketebalan (lebih tipis), tapi AASHTO 1993 lebih ekonomis dari segi biaya pelaksanaan.	- Gunakan lebih banyak metode pembandingan. - Pilih material berdasarkan kondisi lapangan. - Lakukan pengambilan data lapangan langsung (CBR, lalu lintas).	Melanjutkan penelitian dengan menambah metode alternatif (misal: <i>Austroads</i> , <i>Shell</i>), serta validasi lapangan terhadap desain tebal perkerasan.

11	Elza Marlina, John H. Frans, Judi K. Nasjono (2023)	Ketebalan perkerasan jalan yang tidak sesuai dengan kondisi lalu lintas sebenarnya mengakibatkan kerusakan, seperti retakan dan gelombang, pada ruas Jalan Pulau Indah di Oesapa Barat, Kota Kupang.	Penelitian difokuskan pada perencanaan dan analisis tebal perkerasan lentur dengan tiga pendekatan: (1) Metode Bina Marga 2017, (2) Metode Analisa Komponen, dan (3) perangkat lunak KENPAVE untuk analisis regangan. Cakupan lokasi studi dibatasi pada ruas jalan sepanjang 320 m.	1. Melakukan survei volume lalu lintas selama 7 hari berturut-turut. 2. Merencanakan tebal perkerasan menggunakan dua metode, yaitu Metode Bina Marga 2017 dan Metode Analisa Komponen 3. Memasukkan data hasil perencanaan ke dalam program KENPAVE untuk melakukan analisis regangan.	-Metode Bina Marga 2017 (2042): lapis permukaan 16 cm, pondasi atas 30 cm, dan pondasi bawah 15 cm. -Metode Analisa Komponen (2042): lapis permukaan 10 cm, pondasi atas 15 cm, dan pondasi bawah 68 cm. -Hasil analisis KENPAVE menunjukkan nilai N_f dan N_d dari kedua metode pada tahun rencana lebih besar daripada N_r, sehingga perkerasan dinyatakan memenuhi persyaratan ketahanan terhadap retak (<i>fatigue</i>) dan deformasi permanen (<i>rutting</i>).	1. Desain perkerasan yang direncanakan secara signifikan lebih baik dari desain awal 2020. 2. Nilai regangan (<i>strain</i>) pada metode perencanaan lebih kecil dari kondisi eksisting. 3. Metode perencanaan baru memberikan ketahanan terhadap fatigue cracking dan rutting.	Tidak disebutkan secara eksplisit, tetapi penelitian lanjutan bisa diarahkan untuk: - Evaluasi lapangan terhadap kinerja aktual desain perkerasan setelah implementasi. - Validasi perhitungan <i>Kenpave</i> dengan data kerusakan <i>real-time</i>. - Analisis biaya pembangunan & pemeliharaan.	1. Studi lapangan terhadap implementasi hasil desain. 2. Simulasi berbagai variasi beban lalu lintas ekstrem. 3. Bandingkan efektivitas metode lain (misalnya <i>AASHTO 1993</i>) terhadap kondisi yang sama.
----	---	--	--	--	--	--	---	--

No	Nama Peneliti (Tahun)	Permasalahan	Batasan Masalah	Metpen	Hasil Penelitian	Kesimpulan	Riset yg Disarankan	Rencana Riset
				(strain). 4. Perhitungan nilai repetisi beban lalu lintas (Nf, Nd) dibandingkan dengan nilai rencana (Nr).	desain mampu menahan beban lalu lintas.			
12	Candra Eko Putra, Gunawan Tarigan, Husni Malik Hasibuan (2023)	Kebutuhan desain perkerasan jalan yang optimal untuk menunjang mobilitas dan pertumbuhan ekonomi daerah terpencil serta perbandingan metode desain perkerasan yang tepat.	Kajian ini hanya membandingkan dua metode perhitungan tebal perkerasan lentur, yaitu Metode Bina Marga 2017 dan Metode AASHTO 1993, pada ruas Jalan Maduma STA 0+000 hingga STA 4+800 di Tapanuli Tengah.	- Jenis Data: Data sekunder berupa CBR dan LHR - Alur Penelitian: Pengumpulan data → Analisis data → Desain Tebal Perkerasan → Hasil & Kesimpulan - Perhitungan Menggunakan : Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017 • Metode AASHTO 1993	- Tebal lapisan perkerasan dengan metode Bina Marga: • Lapisan Permukaan = 5 cm • Lapis Pondasi Kelas A = 15 cm • Lapis Pondasi Kelas B = 15 cm • Timbunan Pilihan = 10 cm - Tebal lapisan perkerasan dengan metode AASHTO: • Lapisan Permukaan = 4,78 cm • Lapis Pondasi Kelas A = 14,7 cm • Lapis Pondasi Kelas B = tidak digunakan	Kedua metode menghasilkan tebal perkerasan yang relatif serupa, sehingga keduanya dinilai efisien dan layak digunakan sesuai dengan konteks serta kebutuhan teknis.	- Penelitian lanjutan untuk kondisi lalu lintas yang lebih padat - Evaluasi terhadap metode lain seperti Metode Perkerasan Kaku - Studi biaya konstruksi dan umur layan	Evaluasi perbandingan desain dan biaya antara metode Bina Marga dan AASHTO dalam konteks urban area serta pengaruh variasi CBR terhadap ketebalan hasil desain

No	Nama Peneliti (Tahun)	Permasalahan	Batasan Masalah	Metpen	Hasil Penelitian	Kesimpulan	Riset yg Disarankan	Rencana Riset
13	Fitri Oktavia Tanjung, Bambang Sugeng Subagio, Harmein Rahman (2023)	Ruas Jalan Bypass Kota Pariaman mengalami kerusakan parah akibat beban lalu lintas yang berat, sehingga berpotensi mengganggu kenyamanan dan membahayakan keselamatan pengguna jalan. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap umur sisa dan kondisi struktur perkerasan.	-Lokasi penelitian: STA 52+100 hingga STA 57+100 pada Ruas Jalan Bypass Kota Pariaman. -Metode analisis: terbatas pada Metode AASHTO 1993 untuk evaluasi umur sisa dan Metode Horack untuk analisis kerusakan lapisan perkerasan. Data yang digunakan: meliputi data lendutan, lalu lintas harian rata-rata (LHR), suhu perkerasan, serta tebal perkerasan tahun 2020.	1. AASHTO 1993: - Analisis data lendutan dari FWD - Perhitungan CESAL (<i>Equivalent Single Axle Load</i>) - <i>Backcalculation</i> nilai modulus tanah dasar dan lapisan perkerasan - Estimasi umur sisa struktur perkerasan 2. Horack (2008): - Penilaian kondisi tiap lapisan (<i>surface, base, subbase</i>) berdasarkan <i>deflection bowl</i> (D0, RoC, BLI,	• Timbunan Pilihan = 10 cm - Umur sisa = 0 tahun (nilai CESAL failure sebesar 2.337.881 tercapai di tahun 2023) - Hampir semua lapisan perkerasan masuk kategori severe, terutama subbase yang mengalami kerusakan paling parah	- Kondisi struktur jalan rusak berat secara struktural - Hasil AASHTO 1993 selaras dengan hasil metode Horack - Diperlukan penanganan rekonstruksi total, tidak cukup hanya pemeliharaan permukaan	-Diperlukan analisis menggunakan metode lain sebagai pembandingan, mengingat adanya keterbatasan data lendutan tahunan. -Disarankan pula melakukan analisis umur sisa secara fungsional, karena survei fungsional dilakukan lebih rutin dan menghasilkan data yang lebih mutakhir.	- Melakukan komparasi AASHTO 1993 dengan MEPDG atau metode lain untuk validasi hasil - Menyusun strategi pemeliharaan berdasarkan kombinasi pendekatan struktural dan fungsional - Uji coba teknologi rekonstruksi yang lebih tahan terhadap beban kendaraan berat pada jalur nasional

				MLI, LLI) - Klasifikasi				
No	Nama Peneliti (Tahun)	Permasalahan	Batasan Masalah	Metpen	Hasil Penelitian	Kesimpulan	Riset yg Disarankan	Rencana Riset
				kerusakan: sound, warning, severe				
14	Idwan & Rudi Abdullah (2023)	Jalan Pendidikan di Kel. Raha III, Kec. Katobu, mengalami kerusakan sebelum masa pakai berakhir. Diduga akibat ketebalan struktur perkerasan yang tidak sesuai.	Perencanaan hanya dilakukan untuk ruas Jalan Pendidikan dengan panjang ± 1.250 m dan lebar 8 m, menggunakan metode <i>AASHTO</i> 1993.	Lokasi: Jalan Pendidikan, Raha III, Kabupaten Muna. Data primer: pengukuran geometrik jalan dan lalu lintas harian rata-rata (LHR). Data sekunder: struktur perkerasan dan nilai CBR. Teknik pengumpulan data: observasi lapangan dan dokumentasi. Analisis: perhitungan teb al perkerasan menggunakan Metode AASHTO 1993.	Ketebalan perkerasan yang direkomendasikan berdasarkan hasil analisis adalah: -Lapis Permukaan (Lasbutag): 4 cm -Lapis Pondasi (Batu Pecah Kelas A): 10 cm -Lapis Pondasi Bawah (Sirtu/Pitru n Kelas A): 6 cm	Metode AASHTO 1993 membutuhkan sejumlah parameter utama, antara lain LHR, umur rencana, laju pertumbuhan lalu lintas, distribusi arah dan lajur, serta standar deviasi. Ketebalan perkerasan yang dihasilkan dari perhitungan ini mampu menghasilkan rancangan yang sesuai dengan kondisi lokal dan memiliki daya tahan lebih lama.	- Analisis komparatif dengan metode perencanaan lain (misalnya SKBI atau LHR faktual jangka panjang) - Uji lapangan terhadap hasil desain pasca konstruksi	Evaluasi performa jalan yang dibangun dengan hasil rancangan ini dalam 1-3 tahun ke depan, termasuk tingkat kerusakan dan usia laya aktual.

15	Dimas Akbar Priambudi, Ibnu Sholichin, Aulia Dewi Fatikasari (2024)	Perlu dilakukan analisis perbandingan antara dua metode perencanaan tebal perkerasan lentur, yaitu Metode Bina Marga 2017 dan Metode AASHTO 1993, untuk menilai perbedaan hasil perhitungan, efisiensi, serta kesesuaian penerapan pada kondisi lalu lintas dan karakteristik tanah setempat.	-Fokus pada perkerasan lentur sepanjang 9,4 km. -Menggunakan data lalu lintas tahun 2024 sebagai dasar perencanaan. -Analisis dibatasi pada parameter struktural/tebal perkerasan.	- Survei primer: LHR (Lalu Lintas Harian Rata-rata) - Data sekunder: CBR,	- Tebal perkerasan Bina Marga: 57 cm - Tebal AASHTO 1993: 74 cm - Biaya Bina	- Bina Marga lebih efisien secara biaya dan ketebalan - AASHTO unggul dalam kapasitas beban terhadap	- Penelitian lanjutan untuk peningkatan daya tahan terhadap <i>permanent deformation</i> - Evaluasi material.	- Menguji metode perkerasan baru dengan material polimer - Simulasi model beban dinamis pada
No	Nama Peneliti (Tahun)	Permasalahan	Batasan Masalah	Metpen	Hasil Penelitian	Kesimpulan	Riset yg Disarankan	Rencana Riset
				geometri jalan, peta lokasi - Perhitungan menggunakan metode Bina Marga 2017 dan <i>AASHTO 1993</i> - Analisis tegangan-regangan dengan program <i>KENPAVE</i> - Analisis biaya	Marga: Rp 38,2 M - Biaya AASHTO: Rp 50,5 M - Bina Marga dan AASHTO sama-sama memenuhi aspek fatigue dan rutting, namun gagal pada <i>permanent deformation</i>.	kerusakan - Keduanya tidak mampu menahan beban untuk mencegah deformasi permanen.	dan teknologi baru - Penyesuaian desain dengan kondisi lokal yang lebih dinamis	perkerasan dengan perangkat <i>Finite Element Analysis (FEA)</i> - Validasi hasil dengan uji lapangan terhadap deformasi permanen.

				menggunakan HSPK 2024.				
--	--	--	--	---------------------------	--	--	--	--



2.2 Jalan

Berdasarkan Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004, jalan adalah prasarana transportasi darat yang mencakup seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya, yang diperuntukkan bagi lalu lintas. Jalan tersebut dapat berada di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah, di atas permukaan air, maupun di bawah permukaan air, dengan pengecualian jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Jalan, sesuai dengan Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004, dapat diklasifikasikan berdasarkan sistem jaringan jalan, fungsi jalan, status jalan, dan kelas jalan. Pembagian ini diatur secara rinci dan disajikan pada Tabel 2.1 yang memuat kategori serta kriteria masing-masing klasifikasi.

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan

No	Klasifikasi Jalan		Keterangan
1	Berdasarkan Sistem Jaringan Jalan	Primer	Jaringan jalan memiliki fungsi strategis sebagai sarana utama dalam mendukung distribusi barang dan jasa, yang pada gilirannya berperan penting dalam mendorong pertumbuhan dan pemerataan pembangunan wilayah secara nasional melalui integrasi antara berbagai pusat aktivitas.
		Sekunder	Di kawasan perkotaan, jaringan jalan berfungsi sebagai prasarana utama yang mendukung mobilitas distribusi barang dan jasa, guna memenuhi kebutuhan masyarakat secara efektif dan efisien.
2	Fungsi Jalan	Jalan Arteri	Jalan umum yang berfungsi sebagai koridor transportasi utama dicirikan oleh pergerakan kendaraan dalam rentang jarak jauh, kecepatan operasional yang relatif tinggi, serta pengendalian akses yang dirancang secara terbatas guna mengoptimalkan kelancaran lalu lintas dan efisiensi perjalanan.

		Jalan Kolektor	Jalan umum yang difungsikan untuk mengakomodasi proses pengumpulan maupun distribusi arus lalu lintas umumnya memiliki karakteristik perjalanan dengan jarak menengah, kecepatan tempuh sedang, serta pengaturan akses masuk yang terbatas untuk menjaga kelancaran dan keselamatan transportasi.
		Jalan Lokal	Jalan umum yang berfungsi melayani transportasi pada skala lokal ditandai oleh karakteristik jarak tempuh yang pendek, kecepatan perjalanan yang rendah, serta keterbukaan akses tanpa pembatasan, guna mendukung mobilitas masyarakat di lingkungan sekitar secara fleksibel.

No	Klasifikasi Jalan		Keterangan
		Jalan Lingkungan	Jalan umum yang diperuntukkan bagi mobilitas di lingkungan permukiman atau wilayah sekitarnya umumnya memiliki karakteristik perjalanan dengan jarak pendek, kecepatan operasional yang rendah, serta dirancang untuk melayani aktivitas transportasi lokal secara optimal.
3	Status Jalan	Jalan Nasional	Jaringan jalan primer, yang mencakup jalan arteri dan jalan kolektor, berperan sebagai penghubung antar ibu kota provinsi, serta mencakup infrastruktur strategis seperti jalan nasional dan jalan tol yang memiliki peran vital dalam mendukung konektivitas tingkat nasional.
		Jalan Provinsi	Jalan kolektor yang merupakan bagian dari sistem jaringan jalan primer memiliki fungsi menghubungkan ibu kota provinsi dengan wilayah kabupaten atau kota, mengintegrasikan antar kabupaten/kota, serta menjalin konektivitas dengan jalan-jalan strategis pada tingkat provinsi.

		Jalan Kabupaten	Jalan lokal dalam jaringan jalan primer berperan sebagai penghubung antara kabupaten dan kecamatan, antar kecamatan, serta antara kabupaten dengan pusat-pusat kegiatan lokal. Selain itu, jalan ini juga mengintegrasikan berbagai pusat kegiatan lokal satu sama lain dan terhubung secara fungsional dengan jaringan jalan sekunder di tingkat kabupaten serta jalan strategis kabupaten.
		Jalan Kota	Dalam kerangka sistem jaringan jalan sekunder, jalan umum berfungsi sebagai penghubung yang mengintegrasikan berbagai pusat pelayanan dengan persil tanah, serta mengkoneksikan pusat-pusat permukiman di kawasan perkotaan.
		Jalan Desa	Fungsi jalan umum ini meliputi penghubungan antar kawasan maupun permukiman di wilayah desa, sekaligus melayani mobilitas sebagai jalan lingkungan yang mendukung aktivitas lokal.
4	Kelas Jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan peasarana jalan)	Jalan Bebas Hambatan	Jenis jalan ini memiliki pengendalian akses secara menyeluruh tanpa adanya persimpangan sebidang, dilengkapi dengan pagar pembatas pada ruang milik jalan, serta dilengkapi median. Jalan tersebut terdiri minimal dua lajur per arah dengan lebar lajur sekurang-kurangnya 3,5 meter.
		Jalan Raya	Jalan umum ini dirancang untuk mendukung kelancaran lalu lintas yang berkesinambungan dengan pengendalian akses yang terbatas, dilengkapi median pemisah, serta minimal dua lajur pada setiap arah dengan lebar lajur sekurang-kurangnya 3,5 meter.
		Jalan Sedang	Fungsi jalan ini adalah untuk melayani arus lalu lintas dengan jarak tempuh menengah, memiliki akses yang terbuka, serta minimal dua lajur yang melayani lalu lintas dua arah dengan lebar total lajur sekurang-kurangnya 7 meter.
No	Klasifikasi Jalan		Keterangan

		Jalan Kecil	Fungsi jalan ini adalah untuk melayani pergerakan lalu lintas pada tingkat lokal, dengan konfigurasi minimal dua lajur untuk arus bolak-balik serta lebar lajur tidak kurang dari 5,5 meter.
--	--	-------------	--

Sumber: Undang-Undang RI Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan)

UU RI No. 22 Tahun 2009 mengenai Lalu Lintas dan Angkutan Jalan menetapkan klasifikasi jalan yang menggambarkan keterkaitan antara kelas jalan, fungsi jalan, ukuran kendaraan, dan Muatan Sumbu Terberat (MST), sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hubungan Kelas Jalan, Fungsi Jalan, Ukuran Kendaraan, dan MST

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Ukuran Kendaraan Bermotor	MST
I	Jalan Arteri Jalan Kolektor	Lebar ≤ 2.500 mm Panjang ≤ 18.000 mm Tinggi ≤ 4.200 mm	10 ton
II	Jalan Arteri Jalan Kolektor Jalan Lokal Jalan Lingkungan	Lebar ≤ 2.500 mm Panjang ≤ 12.000 mm Tinggi ≤ 4.200 mm	8 ton
III	Jalan Arteri Jalan Kolektor Jalan Lokal Jalan Lingkungan	Lebar ≤ 2.500 mm Panjang ≤ 9.000 mm Tinggi ≤ 4.200 mm	8 ton
Kelas Khusus	Jalan Arteri	Lebar ≤ 2.500 mm Panjang ≤ 18.000 mm Tinggi ≤ 4.200 mm	> 10 ton

Sumber: Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan

2.3 Perkerasan Jalan

Lapisan perkerasan jalan berada di atas tanah dasar yang telah dipadatkan, berperan dalam menanggung beban lalu lintas serta menyalurkan beban tersebut ke tanah dasar sehingga tekanan yang diterima tidak melampaui kemampuan dukung tanah [1].

Berdasarkan Sukirman (1999), terdapat tiga tipe konstruksi perkerasan jalan yang diklasifikasikan menurut bahan pengikatnya, yaitu:

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) merupakan konstruksi jalan yang memakai aspal sebagai bahan pengikat utama.
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*) menggunakan semen Portland sebagai bahan pengikat pelat beton, yang dapat dipasang dengan atau tanpa tulangan, serta diletakkan di atas tanah dasar yang mungkin disertai lapisan pondasi bawah ataupun tidak.
3. Perkerasan komposit adalah struktur yang menggabungkan perkerasan lentur dan kaku, dengan susunan lapisan di mana pelat kaku dapat ditempatkan di atas lapisan lentur, atau sebaliknya, lapisan lentur diletakkan di atas lapisan kaku.

2.3.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur memanfaatkan aspal sebagai bahan pengikat utama, terdiri dari beberapa lapisan yang berfungsi untuk mendistribusikan beban lalu lintas secara efektif ke lapisan bawah hingga ke tanah dasar. Jenis perkerasan ini lebih sering diterapkan daripada tipe perkerasan lain. Lapisan-lapisan perkerasan lentur mencakup [1] :

1. Lapisan tanah dasar (*subgrade*), berfungsi sebagai:
 - a. Lapis penahan beban vertikal dari kendaraan, sehingga harus memiliki stabilitas yang tinggi selama masa pelayanan.
 - b. Lapis aus, yaitu lapisan yang menerima gesekan dan getaran dari roda kendaraan, terutama saat pengereman.
 - c. Lapis kedap air, yang berfungsi mencegah air hujan meresap ke lapisan di bawahnya, sehingga tidak merusak struktur perkerasan jalan.

- d. Lapis yang berfungsi menyebarkan beban dari lalu lintas ke lapis pondasi di bawahnya.

Lapis permukaan sendiri dibedakan menjadi dua, antara lain:

- a. Lapis aus, yaitu lapisan permukaan yang bersentuhan langsung dengan roda kendaraan dan terpapar langsung oleh perubahan cuaca.
- b. Lapis permukaan antara, yaitu lapisan yang berada di bawah lapis aus dan di atas lapis pondasi.

2. Lapisan pondasi atas (*base course*), berfungsi sebagai :

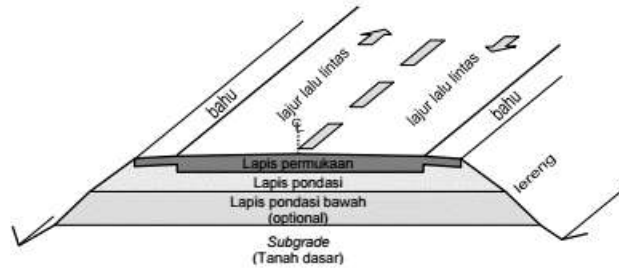
- a. Bagian struktur perkerasan yang berfungsi menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.
- b. Lapis peresap yang berfungsi sebagai perantara untuk lapis pondasi bawah.
- c. Bantalan atau perletakan bagi lapis permukaan.

3. Lapisan pondasi bawah , berfungsi sebagai :

- a. Bagian dari struktur perkerasan yang berfungsi mendukung serta menyebarkan beban kendaraan ke lapisan tanah dasar.
- b. Efisiensi penggunaan material yang relatif murah, sehingga ketebalan lapisan di atasnya dapat dikurangi.
- c. Lapis peresap, berfungsi mencegah air tanah berkumpul pada lapisan pondasi
- d. Lapisan pertama dalam konstruksi struktur perkerasan.

4. Tanah dasar (*subgrade*) adalah tanah asli atau permukaan tanah hasil galian yang telah dipadatkan, yang berfungsi sebagai permukaan dasar untuk peletakan lapisan-lapisan perkerasan di atasnya.

Untuk bagan struktur perkerasan lentur seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Bagan Struktur Perkerasan Lentur

(Sumber: Sukirman, 2010)

2.3.2 Karakteristik Perkerasan Lentur

Kualitas perkerasan ditentukan oleh karakteristiknya, yaitu sifat tertentu yang mencerminkan mutu. Perkerasan yang memenuhi standar baik dapat memberikan pelayanan lalu lintas sesuai desain, dari segi kekuatan, keawetan, dan keselamatan.

Sifat perkerasan erat kaitannya dengan kualitas material penyusunnya, terutama pada proses pelaksanaan. Sifat perkerasan erat kaitannya dengan kualitas material penyusunnya, terutama pada proses pelaksanaan berikut:

1. Stabilitas
2. Durabilitas
3. Fleksibilitas
4. Daya tahan terhadap gesekan
5. Kemampuan menahan rembesan air
6. Tingkat kemudahan dalam proses pelaksanaan
7. Ketahanan terhadap retak akibat beban berulang

2.4 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode MDPJ 2024

MDPJ 2024 adalah pedoman desain perkerasan jalan terbaru di Indonesia, digunakan untuk merancang Pembangunan jalan baru serta pelaksanaan rehabilitasi dan rekonstruksi dilakukan sebagai pengembangan dari versi sebelumnya dan diadaptasi dari metode AASHTO di Amerika Serikat.

Proses penentuan tebal perkerasan berdasarkan metode MDPJ 2024 dilakukan melalui langkah-langkah berikut.

1. Menentukan Umur Rencana (UR)

Pembangunan jalan baru serta pelaksanaan rehabilitasi dan rekonstruksi dilakukan sebagai pengembangan dari versi sebelumnya baik ringan ataupun berat, yang menuntut penambahan lapisan (*overlay*). Penentuan umur rencana perkerasan dalam MDPJ 2024 merujuk pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Umur Rencana (UR) Perkerasan Jalan Baru

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan.	
	<i>Cement Treated Based</i>	
Perkerasan Kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Sumber: MDPJ 2024

2. Mengetahui Data Lalu Lintas dan Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT)

Untuk menghitung volume lalu lintas, diperlukan data pada jam sibuk, karena data tersebut menunjukkan beban yang harus ditanggung perkerasan sepanjang umur rencana jalan. LHRT sendiri merupakan volume lalu lintas berdasarkan survei 7×24 jam, dinyatakan dalam satuan SMP (Satuan Mobil Penumpang).

3. Menentukan Faktor Perumbuhan Lalu Lintas

Untuk menentukan faktor pertumbuhan lalu lintas, dapat digunakan data historis perkembangan lalu lintas maupun hubungan dengan faktor pertumbuhan lain. Jika tidak tersedia data pendukung, maka laju pertumbuhan lalu lintas (i) dalam persen dapat diacu pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i)(%)

	Jawa	Sumatra	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: MDPJ 2024

Setelah nilai faktor laju pertumbuhan lalu lintas ditentukan, langkah selanjutnya adalah menghitung faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif menggunakan Persamaan (2.1) berikut:

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i} \quad (2.1)$$

Dengan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

I = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = Umur rencana (tahun)

4. Menentukan Faktor Laju Rencana

Sesuai dengan ketentuan dalam Peraturan Menteri PU No. 19/PRT/M/2011 mengenai perbandingan volume dan kapasitas jalan, beban lalu lintas pada setiap lajur harus tetap berada di bawah kapasitas lajur selama umur rencana. Nilai distribusi lajur (DL) ditetapkan dengan merujuk pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 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: MDPJ 2024

5. Menentukan Faktor Ekuivalen Beban

Faktor ekuivalen beban, adalah perkiraan faktor beban lalu lintas yang dikonversikan menjadi beban standar (ESA). Pengumpulan data beban gandar yang digunakan untuk menentukan nilai VDF disajikan pada Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Pengumpulan Data Beban Gandar

Spesifikasi Penyedia Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Gandar
Jalan Bebas hambatan	1 atau 2
Jalan Raya	1,2, atau 3
Jalan Sedang	2 atau 3
Jalan Kecil	2 atau 3

Sumber: MDPJ 2024

Data beban gandar dapat diperoleh dari :

- 1) Penggunaan jembatan timbang, timbangan statis, atau WIM melalui survei langsung.

2) Pemanfaatan hasil survei beban gandar dari jembatan timbang atau WIM yang sudah pernah dilaksanakan dan dinilai representatif.

3) Mengacu pada data WIM Regional yang dikelola oleh Ditjen Bina Marga.

Untuk data lalu lintas teridentifikasi jenis masing masing kendaraan niaga, sehingga dapat menggunakan VDF pada Tabel 2.7 seperti ditunjukkan berikut:

Tabel 2.7 Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga

Golongan Kendaraan	VDF4		VDF5	
	Faktual	Normal	Faktual	Normal
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5a	-	-	-	-
5b	1,2	1,2	1,3	1,3
6a	0,5	0,5	0,4	0,4
6b	3,8	0,8	5,5	0,7
7a1	7,8	2,8	12,3	3,2
7a2	16,3	4,6	33,6	6,3
7b1	-	-	-	-
7b2	12,9	5,9	18,9	6,9
7c1	6,7	4,5	9,6	5,7
7c2	12,8	6,6	21,5	8,6
7c3	20,8	7	44,2	9,6

Sumber: MDPJ 2024

6. Menghitung *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL)

Perhitungan beban sumbu standar kumulatif dilakukan untuk mengetahui total beban sumbu lalu lintas pada suatu lajur selama umur rencana secara kumulatif. Perhitungan ini dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2.2) berikut:

$$7. \quad ESA = \left(\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK} \right) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

(2.2)

Dengan:

ESA = Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen pada tahun pertama

LHRT_{JK} = Lintasan harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari)

VDF_{JK} = Faktor ekivalen beban tiap jenis kendaraan niaga

DD = Faktot distribusi arah

DL = Faktor distribusi lajur

CESAL = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen umur rencana

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

8. Menentukan Desain Perkerasan

Pada MDPJ 2024, untuk menentukan desain perkerasan lentur seperti ditunjukkan pada Tabel 2.8 berikut:

Tabel 2.8 Desain Perkerasan Lentur

	STRUKTUR PERKERASAN							
	F(2) 1	F(2) 2	F(2) 3	F(2) 4	F(2) 5	F(2) 6	F(2) 7	F(2) 8
	Untuk beban rencana < 30 juta ESA5 menggunakan Aspal Pen 60-70			Untuk beban rencana < 30 juta ESA5 direkomendasikan menggunakan Aspal PG70				
Beban rencana 20 tahun (10 ESA5)	> 1-8	> 8 - 15	> 15 - 30	> 30 - 50	> 50 - 75	> 75 - 95	> 95 - 150	> 150 - 200
Jenis permukaan berperingkat	AC							
Jenis lapis fondasi	Cement Treated Base (CTB)							
	Tebal Perkerasan (mm)							
AC WC	40	50	50	40	40	40	50	40
AC BC	60	70	80	70	60	70	80	60
AC Base	-	-	-	70	-	-	-	-
	-	-	-	-	100	100	100	75
CTB	200	200	200	200	200	200	200	200
Lapis Fondasi Agregat Kelas B	150	150	150	150	150	150	150	150
Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen	200	200	200	200	200	200	200	200

Sumber: MDPJ 2024

2.5 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode AASHTO 1993

Metode perancangan tebal perkerasan yang dikembangkan oleh *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) umum diaplikasikan di Amerika Serikat. Dengan berjalannya waktu, metode tersebut mengalami penyesuaian terhadap faktor lingkungan dan kondisi alam. Penelitian ini menggunakan metode AASHTO edisi 1993.

Dibandingkan AASHTO 1972, metode AASHTO 1993 memperhitungkan simpangan baku keseluruhan serta koefisien drainase, dan tidak lagi menggunakan faktor regional. Persamaan AASHTO 1993 ditampilkan pada Persamaan (2.3), dengan perhitungan yang mengacu pada Persamaan (2.4).

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (2.3)$$

Dengan :

SN = Indeks tebal perkerasan

a_1 = Koefisien kekuatan relatif bahan lapis perkerasan ke 1

D_1 = Tebal lapis perkerasan ke 1

m_1 = Koefisien drainase lapis ke 1

$$\begin{aligned} \log W_{18} = (Z_r \times S_o) + 9,36 \log(SN + 1) - 0,2 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5}\right)}{0,4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} 2,32 \log Mr - \\ 8,07 \end{aligned} \quad (2.4)$$

Dengan :

W_{18} = Perkiraan nilai kumulatif ekivalen beban (*equivalent single axle load*)

Z_r = Simpangan baku

S_o = Gabungan kesalahan baku dari perkiraan beban lalu lintas dan kinerja jalan

SN = Indeks tebal perkerasan

ΔPSI = Selisih antara pelayanan indeks permukaan awal dan akhir

M_r = Modulus resilien tanah dasar

1. Periode Analisa (*Analysis Period*)

Untuk perencanaan jalan baru, umur rencana (UR) biasanya ditetapkan 20 tahun. Namun, periode analisis dapat disesuaikan dengan biaya pelaksanaan maupun fungsi jalan yang dibangun. Penentuan periode analisis tersebut didasarkan pada klasifikasi fungsi jalan, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Periode Analisa

<i>Highway Condition</i>	<i>Analysis Period (years)</i>
<i>High volume urban</i>	30-50
<i>High volume rural</i>	20-50
<i>Low volume paved</i>	15-25
<i>Highway Condition</i>	<i>Analysis Period (years)</i>
<i>Low volume aggregate</i>	10-20

Sumber: AASHTO 1993

2. Repetisi Beban Selama Umur Rencana (W_{18})

Perencanaan jalan, untuk volume lalu lintas besar maupun kecil, ditentukan berdasarkan total kumulatif 18 kips ESAL selama periode analisis. Jika strategi perencanaan mencakup tahapan pembangunan perkerasan melalui overlay atau perkuatan, maka aspek lain, termasuk ketersediaan anggaran awal, harus dimasukkan dalam pertimbangan.

Rumus yang dipakai untuk memperkirakan beban lalu lintas 18 kips ESAL sepanjang periode analisis ditampilkan pada Persamaan (2.5) berikut.

$$W_{18} = \sum LHR \times E_i \times D_D \times D_L \times 365 \times N \quad (2.5)$$

Dengan:

W_{18} = nilai kumulatif prediksi 18 kips *ESAL*,

LHR = Lalu lintas Harian Rata-rata,
 E_i = Angka ekivalen jenis kendaraan i ,
 D_D = Faktor distribusi berdasarkan arah,
 D_L = Faktor distribusi berdasarkan jumlah lajur,
 365 = Jumlah hari dalam satu tahun,
 N = Faktor umur rencana

Yang dimaksud dengan faktor umur rencana adalah nilai yang dipakai dalam menghitung repetisi lalu lintas selama periode umur rencana, dimulai dari tahun pertama penggunaannya. Rumus perhitungannya ditunjukkan pada Persamaan (2.6).

$$N = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \quad (2.6)$$

Dengan:

UR = Umur Rencana

i = Laju pertumbuhan lalu lintas pertahun

3. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas merupakan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan jalan karena adanya interaksi antara roda kendaraan dengan permukaan jalan. Beban tersebut dialirkan melalui area dimana roda kendaraan bersentuhan dengan jalan, kemudian tersebar ke lapisan-lapisan di bawahnya. Konfigurasi beban sumbu roda tiap golongan kendaraan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.10 berikut:

Tabel 2.10 Konfigurasi Beban Sumbu Roda Tiap Golongan Kendaraan

Golongan Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Berat maksimum berdasarkan JBI dan JBKI Kementrian Perhubungan (Ton)					
		Berat Total (Ton)	Depan	Belakang			
				Ke-1	Ke-2	Ke3	Ke-4

2	1,1	3,5					
3	1,1	3,5					
4	1,2	3,5					
5a	1,2	16	6	10			
5b	1,2	16	6	10			
6a	1.2L	16	6	10			
6b	1.2H	16	6	10			
7a	1,22	24	6	9	9		
7a	1.2-2	26	6	10	10		
7b	1.2+22	36	6	10	10	10	
7b	1.22+22	46	6	10	10	10	10
7c	1.2-22	34	6	10	9	9	
7c	1.2-222	46	6	10	10	10	10
7c	1.22-222	46	6	10	10	10	10

Sumber: Surat Edaran Menteri PUPR No. 14/SE/M/2019 Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan Dan Rekayasa Sipil

4. Angka Ekvivalen (E)

Angka ekivalen (E) merepresentasikan jumlah lintasan sumbu roda kendaraan yang menimbulkan tingkat kerusakan tertentu pada struktur perkerasan jalan ketika dilalui oleh jenis dan beban sumbu tertentu [2]. Perhitungan *Equivalent Axle Load* (EAL) berdasarkan konfigurasi sumbu kendaraan dilakukan menggunakan persamaan-persamaan berikut:

a. Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT)

$$EAL\ STRT = \left(\frac{\text{beban sumbu } (t)}{5,40} \right)^5 \quad (2.7)$$

b. Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG)

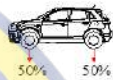
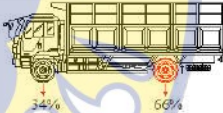
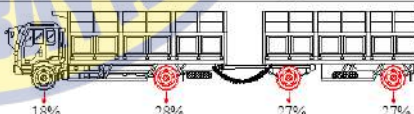
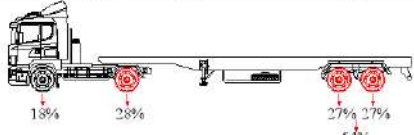
$$EAL\ STRG = \left(\frac{\text{beban sumbu } (t)}{8,16} \right)^5 \quad (2.8)$$

c. Sumbu Tandem Roda Ganda (STdRG)

$$EAL \text{ STdRG} = \left(\frac{\text{beban sumbu (t)}}{13,76} \right)^5 \quad (2.9)$$

d. Sumbu Tridem Roda Ganda (STrRG)

$$EAL \text{ STrRG} = \left(\frac{\text{beban sumbu (t)}}{18,45} \right)^5 \quad (2.10)$$

KONFIGURASI BEBAN SUMBU						
KONFIGURASI SUMBU DAN TIFE	BERAT KOSONG (TON)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (TON)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (TON)	UE 18 KESAL KOSONG	UE 18 KESAL MAKSIMUM	 Roda Tunggal pada Ujung Sumbu  Roda Ganda pada Ujung Sumbu
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1,3 + 2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0083	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,3-3,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,1830	

Gambar 2.2 Distribusi Sumbu Kendaraan

Berdasarkan Gambar 2.2 tentang Distribusi Sumbu Kendaraan, setiap kendaraan memiliki titik berat yang berbeda sesuai dengan desainnya. Posisi titik berat ini memengaruhi besarnya beban yang diteruskan pada tiap sumbu, sehingga distribusi beban antarjenis kendaraan tidak sama [2].

5. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Pada umumnya, nilai distribusi arah (DD) untuk jalan dua arah ditetapkan sebesar 0,5 (50%). Namun, nilai DD dapat bervariasi antara 0,3 hingga 0,7, tergantung pada dominasi penggunaan salah satu arah lalu lintas. Sementara itu, nilai distribusi lajur (DL) ditentukan berdasarkan acuan pada Tabel 2.11 berikut.

Tabel 2.11 Faktor Distribusi Jumlah Lajur (DL)

Jumlah lajur tiap arah	Persen dari desain 18- kip ESAL
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Sumber: AASHTO 1993

6. Reliabilitas (R)

Reliabilitas menggambarkan peluang tercapainya tingkat pelayanan jalan selama umur rencana sesuai persepsi pengguna. Makin tinggi reliabilitas yang ditetapkan, makin besar pula tebal lapisan perkerasan yang harus direncanakan. Penetapan reliabilitas ini mengacu pada fungsi jalan, sebagaimana tercantum pada Tabel 2.12 berikut.

Tabel 2.12 Tingkat Reliabilitas Berdasarkan Fungsi Jalan

Fungsi Jalan	Reliabilitas (%)	
	Urban	Rural
Jalan Tol	85-99,9	80-99,9

Arteri	80-99	75-95
Kolektor	80-95	75-95
Lokal	50-80	50-80

Sumber: *AASHTO* 1993

7. Simpangan Baku (So)

Nilai simpangan baku secara keseluruhan ditetapkan berdasarkan apakah variasi lalu lintas diperhitungkan atau tidak. Jika variasi lalu lintas diperhitungkan, nilai So yang digunakan adalah 0,49, sedangkan jika tidak diperhitungkan nilainya adalah 0,44. Pada *AASHTO* 1993, kisaran nilai So yang dapat digunakan adalah antara 0,4–0,5. Sementara itu, nilai standar deviasi normal (Zr) ditentukan berdasarkan tingkat reliabilitas, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.13 berikut.

Tabel 2.13 Nilai Standar Deviasi Normal (Zr)

Reliabilitas (%)	Standar Deviasi Normal (Zr)
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327

99,9	-3,090
99,99	-3,750

Sumber: *AASHTO* 1993

8. Indeks Pelayanan (IP)

Indeks Pelayanan atau Present Serviceability Index (PSI) merupakan indikator kinerja perkerasan jalan yang dinilai pada awal (Po) dan akhir masa pelayanan (**Pt**), dengan skala 0 sebagai tingkat pelayanan terburuk hingga 5 sebagai yang terbaik. Sebelum rehabilitasi atau rekonstruksi, perlu ditentukan nilai Pt minimum yang masih dapat diterima pengguna jalan, umumnya berkisar antara 2,5 hingga 2,0, berdasarkan tingkat pelayanan yang tidak lagi layak menurut pengguna. Untuk perencanaan jalan kelas tinggi, nilai Pt biasanya berada pada rentang 2,5–3,0, sedangkan untuk jalan kelas rendah, dengan mempertimbangkan faktor ekonomi, dapat digunakan nilai serendah 1,5 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.14 berikut:

Tabel 2.14 Indeks Penilaian Yang Tidak Diterima Pengguna Jalan

Indeks Pelayanan Akhir (Pt)	Masyarakat yang tidak menerima (%)
3,0	12
2,5	55
2,0	85

Sumber: *AASHTO* 1993

9. Faktor Drainase

Dalam proses perencanaan jalan, drainase adalah salah satu faktor utama yang memengaruhi kinerja dan umur pelayanan perkerasan. Kualitas drainase dinilai dari durasi waktu air mengalir atau meresap di permukaan jalan. Standar tingkat kualitas drainase berdasarkan *AASHTO* 1993 ditampilkan pada Tabel 2.15 berikut.

Tabel 2.15 Tingkat Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Waktu yang dibutuhkan untuk air teresap
Baik Sekali	2 jam
Baik	1 hari
Cukup	1 minggu
Buruk	1 bulan
Sangat Buruk	Air tidak teresap

Sumber: *AASHTO* 1993

Setelah kualitas drainase ditentukan, maka koefisien drainase (m_1) bisa ditentukan berdasarkan persentase waktu struktur perkerasan pada saat kadar air mendekati jenuh. Berdasarkan *AASHTO* 1993, koefisien drainase (m_1) seperti ditunjukkan pada Tabel 2.16 berikut:

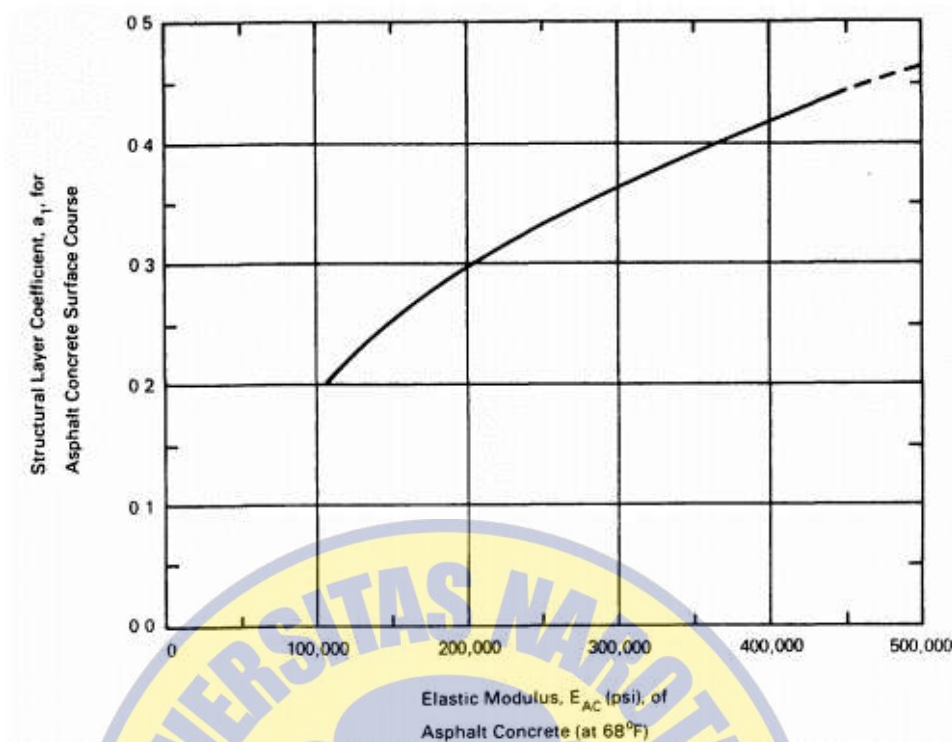
Tabel 2.16 Koefisien Drainase (m_1)

Kualitas Drainase	Waktu perkerasan dalam keadaan jenuh (%)			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Baik Sekali	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Baik	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Cukup	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Jelek	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Sangat Jelek	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Sumber: *AASHTO* 1993

10. Koefisien Lapis Perkerasan

- Estimasi koefisien lapisan perkerasan dasar (a_1) dilakukan dengan merujuk pada nilai modulus elastisitas (EAC) pada suhu 68°F. Grafik yang menjadi acuan untuk estimasi koefisien lapisan perkerasan dasar tersebut disajikan pada Gambar 2.3 berikut:

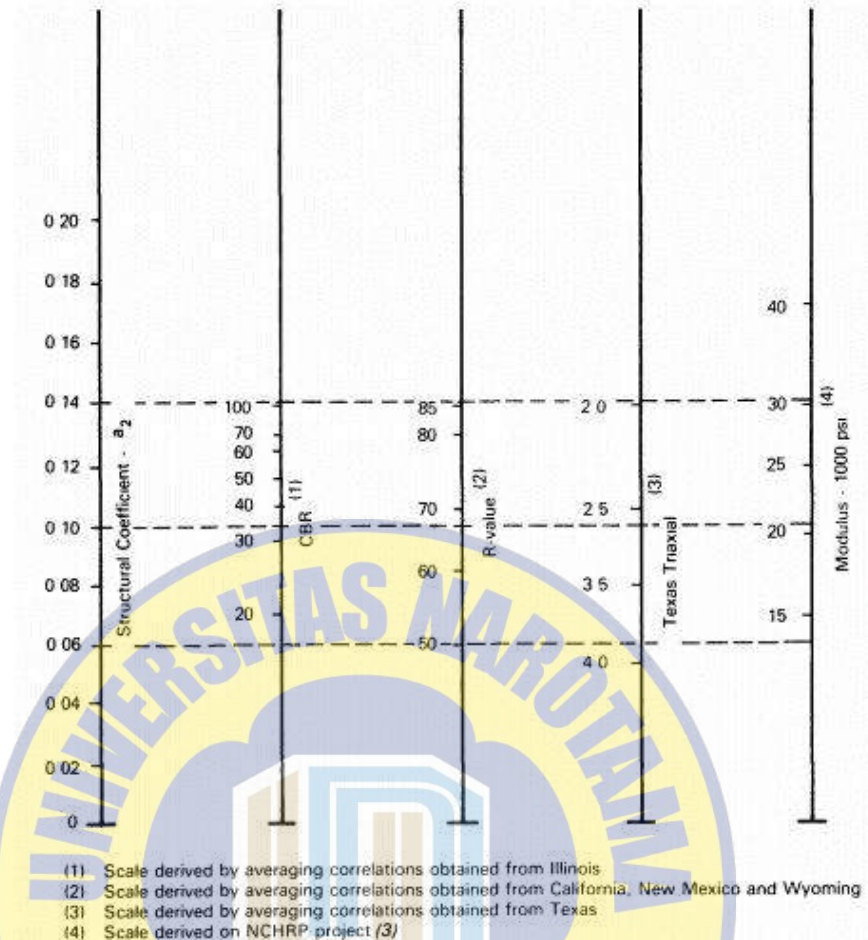


Gambar 2.3 Grafik Estimasi Koefisien Lapis Perkerasan Dasar (a_1)
(Sumber: *AASHTO* 1993)

- b. Nilai koefisien relatif lapis pondasi (a_2) diestimasi dengan mengacu pada hasil salah satu dari empat jenis pengujian laboratorium, yang memberikan perbedaan nilai resilen maupun modulus elastisitas. Perhitungan a_2 dapat dilakukan menggunakan Persamaan 2.6 dan 2.7.

$$a_2 = 0,249(\text{Log}_{10}E_{BS}) - 0,977 \quad (2.6)$$

Grafik koefisien lapis pondasi ditunjukkan pada Gambar 2.4 berikut:



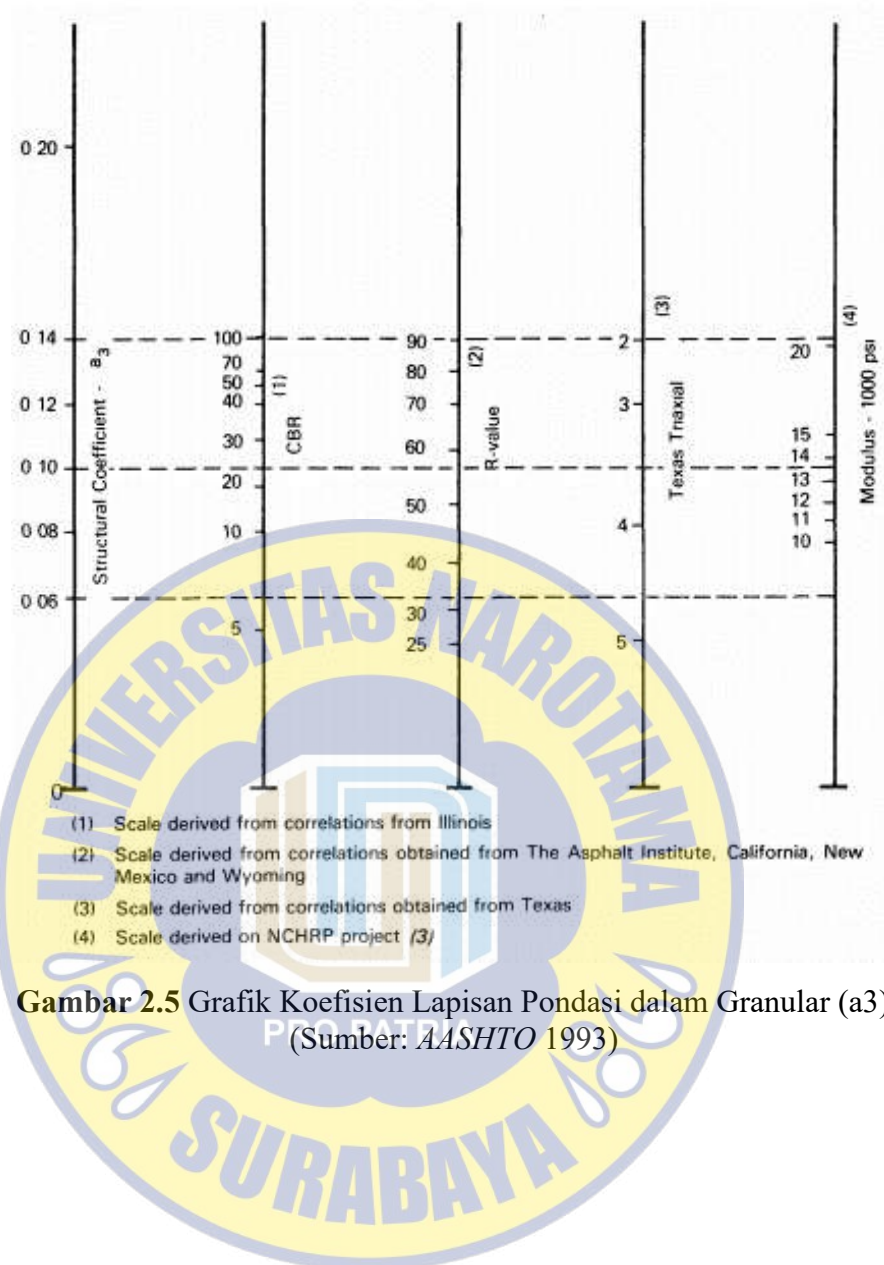
Gambar 2.4 Grafik Koefisien Lapis Pondasi Granular (a_2)
 (Sumber: AASHTO 1993)

- c. Nilai koefisien lapisan pondasi dasar (a_3) untuk material granular diperoleh melalui salah satu dari empat metode pengujian laboratorium, termasuk pengukuran modulus resilien pondasi dasar (ESB), atau dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.8 berikut:

$$a_3 = 0,2777(\log_{10} E_{BS}) - 0,839$$

(2.7)

Nilai ESB untuk lapisan pondasi agregat dihitung dari kondisi tegangan, di mana k_1 berada pada rentang 1.500–6.000 dan k_2 pada 0,4–0,6. Grafik hubungan koefisien lapisan pondasi granular dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.5 Grafik Koefisien Lapisan Pondasi dalam Granular (a_3)
 (Sumber: AASHTO 1993)