

EVALUASI KETEBALAN PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*) PADA RUAS JALAN KALIGAWA RAYA KM 5+500 – 6+700 BERDASARKAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN (MDP) 2024

Achmad Himawan^{1*}, Rachmat Mudiyo²

Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang

E-mail: achmadhimawan41@gmail.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

The Kaligawe Raya road section in the Pantura corridor at KM 5+500–6+700 in Semarang City supports heavy vehicle traffic and national logistics. The 2017 Pavement Design Manual was used to construct a rigid pavement for this segment in 2023. The 2024 Pavement Design Manual (MDP 2024), which uses an empirical-mechanistic approach, requires a reevaluation of the existing concrete slab thickness to determine its compliance with the updated standards and its ability to withstand projected traffic loads over the design life. This study uses a quantitative case study. Field surveys of pavement and structural conditions provide primary data, while ADT, vehicle mix, and technical papers provide secondary data. Based on the technical data, the pavement thicknesses of the 2017 MDP and 2024 MDP are compared. Due to frequent loading, fatigue, and erosion, the 2024 MDP recommends a thicker slab of 6.5 cm. The older method may lead to design life discrepancies. MDP 2024 better predicts pavement performance for future traffic.

Ruas Jalan Kaligawe Raya di koridor Pantura pada KM 5+500–6+700 di Kota Semarang mendukung lalu lintas kendaraan besar dan logistik nasional. Manual Desain Perkerasan 2017 digunakan untuk membangun perkerasan kaku segmen ini pada tahun 2023. Manual Desain Perkerasan 2024 (MDP 2024), yang menggunakan pendekatan empiris-mekanistik, memerlukan evaluasi ulang ketebalan pelat beton yang ada untuk menentukan kesesuaiannya dengan standar yang diperbarui dan kemampuannya untuk menahan beban lalu lintas yang diproyeksikan selama umur desain. Studi ini menggunakan studi kasus kuantitatif. Survei lapangan pada kondisi perkerasan dan struktural memberikan data primer, sedangkan ADT, campuran kendaraan, dan makalah teknis memberikan data sekunder. Berdasarkan data teknis, ketebalan perkerasan MDP 2017 dan MDP 2024 dibandingkan. Karena seringnya pembebanan, kelelahan, dan erosi, MDP 2024 merekomendasikan pelat yang lebih tebal sebesar 6,5 cm. Metode yang lebih lama dapat menyebabkan ketidaksesuaian umur desain. MDP 2024 memprediksi kinerja perkerasan jalan dengan lebih baik untuk lalu lintas masa mendatang.

Keyword :

Rigid pavement

MDP 2024

Kaligawe Raya

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan sangat penting untuk konektivitas regional, efisiensi logistik, dan pertumbuhan ekonomi (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023). Perkerasan jalan berkualitas tinggi memastikan kelancaran pergerakan dan ketahanan struktural terhadap beban kendaraan berat. Perkerasan kaku digunakan pada jalan raya dengan lalu lintas padat dan kendaraan berat karena ketahanan deformasi dan masa pakainya yang panjang (Tjokrodinuljo, 1996).

Ruas Jalan Kaligawe Raya yang penting, KM 5+500 – 6+700 di Kota Semarang, menghubungkan sektor industri, pelabuhan, dan jalur Pantura (Jawa Utara) (BPS Kota Semarang, 2023). Lalu lintas kendaraan berat yang rutin membebani struktur perkerasan. Nababan dkk. (2023) menemukan bahwa beban kendaraan berat memperburuk degradasi struktural jalan. Pada tahun 2023, pembangunan perkerasan kaku dilakukan untuk meningkatkan kinerja struktural dan umur jalan. Proyek ini mengikuti standar dan rekomendasi teknis terkini.

Namun, Metode Desain Perkerasan (MDP) 2024 mencakup modifikasi signifikan pada pendekatan desain, termasuk perkiraan beban lalu lintas jangka panjang, fitur lingkungan, dan data empiris lokal (Kementerian PUPR, 2024), muncul kebutuhan untuk mengevaluasi kembali ketebalan perkerasan yang telah dibangun sebelumnya. Evaluasi ini penting untuk memastikan kesesuaian struktur eksisting terhadap persyaratan dan asumsi teknis terbaru, serta untuk menilai kemampuan perkerasan dalam menghadapi tantangan operasional yang terus berkembang (Yoder & Witczak, 1975).

Studi ini bertujuan untuk menganalisis ketebalan perkerasan kaku eksisting pada ruas Jalan Kaligawe Raya KM 5+500 – 6+700 dengan membandingkan perhitungan ketebalan berdasarkan MDP 2017 dan MDP 2024. Evaluasi dilakukan melalui pendekatan kuantitatif dengan menggunakan data primer (hasil pengukuran lapangan) serta data sekunder berupa lalu lintas harian, klasifikasi kendaraan, dan karakteristik material. Hasil analisis ini diharapkan mampu memberikan gambaran teknis terkait kesesuaian desain eksisting, serta memberikan masukan strategis bagi perencanaan rehabilitasi atau pemeliharaan di masa mendatang (Huang, 2004).

Dengan demikian, kajian ini diharapkan dapat memperkuat praktik pengelolaan infrastruktur jalan yang adaptif terhadap regulasi baru, efisien dalam penggunaan sumber daya, dan mampu menjamin keselamatan serta kenyamanan pengguna jalan secara berkelanjutan

2. METODOLOGI

Metode Penelitian

Studi ini mengevaluasi tebal perkerasan kaku pada ruas Jalan Kaligawe Raya KM 5+500 – 6+700 menggunakan teknik kuantitatif dan deskriptif. Karena memungkinkan pemrosesan data numerik yang sistematis dan objektif seperti Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR), laju pertumbuhan lalu lintas, klasifikasi kendaraan, nilai modulus respons tanah (k), dan umur rencana perkerasan, pendekatan kuantitatif dipilih.

Metode evaluatif digunakan untuk membandingkan ketebalan eksisting terhadap persyaratan desain berdasarkan Manual Desain Perkerasan (MDP) 2024, sekaligus menilai apakah struktur eksisting memenuhi beban lalu lintas aktual. Evaluasi juga mencakup potensi overlay beton dan kontribusi struktur eksisting terhadap struktur baru. Hasil dari metode ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang aplikatif dalam perencanaan rehabilitasi maupun peningkatan kapasitas struktur jalan di masa mendatang.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada ruas Jalan Kaligawe Raya KM 5+500 – 6+700 yang terletak di Kota Semarang, Jawa Tengah. Ruas ini merupakan bagian dari jalan arteri primer nasional yang berfungsi sebagai penghubung utama antara pusat kota, kawasan industri, pelabuhan Tanjung Emas, serta jalur Pantura bagian timur.

Kawasan ini tergolong wilayah pesisir dengan karakteristik tanah yang labil dan sering mengalami genangan serta penurunan tanah (*settlement*). Hal ini menjadikan ketahanan dan kecukupan tebal perkerasan sebagai aspek krusial yang harus diperhatikan. Berdasarkan observasi dan laporan teknis sebelumnya, ditemukan indikasi kerusakan dini seperti retak-retak, *pumping*, dan deformasi permukaan yang menjadi latar belakang penting bagi pelaksanaan evaluasi ini.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
Sumber: Google Earth, 08 Mei 2025

Data Penelitian

Data penelitian dikumpulkan melalui dua jenis sumber, yaitu data primer dan data sekunder.

Data Primer

Data primer dikumpulkan secara langsung dari lapangan melalui observasi dan pengukuran teknis. Data ini memberikan gambaran aktual mengenai kondisi fisik dan struktural perkerasan jalan. Jenis data primer yang digunakan antara lain:

- Ketebalan perkerasan kaku eksisting
- Geometri jalan (panjang dan lebar jalan)
- Dokumentasi visual dan koordinat GPS

Data Sekunder

Data sekunder berasal dari instansi terkait dan sumber teknis. Data ini mendukung dan memverifikasi data utama. Data sekunder meliputi:

- Gambar As-Built dan dokumen perencanaan
- Data lalu lintas historis dan proyeksi pertumbuhan
- Dokumen klasifikasi kendaraan
- Standar dan ketentuan dari MDP 2024

Peralatan Penelitian

Dalam proses pengumpulan dan pengolahan data, digunakan berbagai alat bantu teknis sebagai berikut:

1. Alat tulis

Untuk pencatatan hasil pengamatan di lapangan.

2. Meteran 50 meter

Digunakan untuk mengukur panjang dan lebar jalan serta jarak pengamatan per segmen.

3. Kamera digital / Smartphone dengan GPS

Untuk dokumentasi visual kondisi jalan dan pencatatan koordinat lokasi pengamatan.

4. Cat semprot

Digunakan untuk menandai titik-titik pengamatan (STA) pada permukaan “jalan.

5. Laptop dan perangkat lunak Microsoft Excel

Digunakan untuk pengolahan data, perhitungan tebal perkerasan berdasarkan MDP 2024, serta penyusunan grafik dan tabel analisis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Teknis Ruas Jalan Kaligawe Raya Km 5+500 – 6+700

Data yang diperoleh dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah – DI Yogyakarta adalah sebagai berikut:

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. Status Jalan | : Jalan Nasional Arteri Primer |
| 2. Tipe Perkerasan | : Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>) |
| 3. Lebar Jalan | : 7,85 meter |
| 4. Konfigurasi Lajur | : 4/2 D |
| 5. Lebar Lajur | : 3,75 meter + 4,10 meter |
| 6. Lebar Median | : 1,50 meter |
| 7. Panjang Jalan Yang Diteliti | : 1.200 meter / 1,2 km |

Data Kondisi Ketebalan Eksisting

Berdasarkan data yang diperoleh, struktur perkerasan beton eksisting pada Jalan Kaligawe Raya Km 5+500 – 6+700 dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1 Komposisi struktur perkerasan eksisting

Material		Tebal (mm)
Beton Semen	: 4.5 Mpa	310 mm
Lapis Fondasi Bawah	: Beton Korus	100 mm
LFA Kelas A	: CBR 90%	150 mm – 500 mm
Jenis Sambungan		Dowel
Mutu		BJTP 200
Diameter		36 Jarak 300 mm
Panjang		450 mm
		Tie Bar
Mutu		BJTS 420A
Diameter		16 Jarak 600 mm
Panjang		700 mm

Data Lalu Lintas Harian

Data lalu lintas harian rata-rata pada Jalan Kaligawe Raya Km 5+500 – 6+700 dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2 Data Lalu Lintas Harian (LHR)

Gol	Jenis Kendaraan	Konfig. Sumbu	Kel. Sumbu	Jumlah Kend.
Gol. 1	Sepeda motor dan kendaraan roda-3	1.1	2	40078
Gol. 2	Kendaraan ringan - sedan, jeep, dan station wagon	1.1	2	8434
Gol. 3	Kendaraan ringan - angkutan umum sedang	1.1	2	584
Gol. 4	Kendaraan ringan - pick up, micro truck	1.1	2	1945
Gol. 5a	Bus kecil	1.1	2	176
Gol. 5b	Bus besar	1.2	2	137
Gol. 6a	Truk 2 sumbu-truk ringan	1.1	2	775
Gol. 6b	Truk 2 sumbu-truk sedang	1.2	2	921
Gol. 7A1	Truk 3 sumbu-berat	11.2	2	330
Gol. 7A2	Truk 3 sumbu-berat	1.22	2	138
Gol. 7A3	Truk 4 sumbu-berat	11.22	2	82
Gol. 7B1	Truk 4 sumbu-berat	1.2+2.2	4	2
Gol. 7B2	Truk 5 sumbu-berat	11.2+2.2	4	0
Gol. 7B3	Truk 5 sumbu-berat	1.22+2.2	4	0
Gol. 7C1	Truk 4 sumbu-berat	1.2-22	3	14
Gol. 7C2A	Truk 5 sumbu-berat	1.22-22	3	138
Gol. 7C2B	Truk 5 sumbu-berat	1.2-222	3	14
Gol. 7C3	Truk 6 sumbu-berat	1.22-222	3	55
Gol. 7C4	Truk 7 sumbu-berat	1.22-2222	3	55

Perhitungan Dengan MDP 2017

Kelompok Sumbu Kendaraan Berat

Untuk perkerasan beton semen, kelompok gandar untuk setiap jenis kendaraan harus ditentukan. Umur rencana adalah 40 tahun, dan beban lalu lintas diperkirakan dengan menambahkan kelompok gandar untuk kendaraan besar.

Tabel 2 Kelompok sumbu kendaraan berat

Jenis Kendaraan	Jumlah kelompok sumbu	LHR 2024	Kelompok sumbu faktual 2024	Jumlah kelompok sumbu 2024-2063
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Golongan 5A	2	176	352	5.9.E+06
Golongan 5B	2	137	274	4.6.E+06
Golongan 6A	2	775	1550	2.6.E+07
Golongan 6B	2	921	1842	3.1.E+07
Golongan 7A1	2	330	660	1.1.E+07
Golongan 7A2	2	220	440	7.4.E+06
Golongan 7B1	4	2	8	1.3.E+05
Golongan 7B2	4	0	0	0.0.E+00
Golongan 7C1	3	14	42	7.1.E+05
Golongan 7C2A	3	138	414	7.0.E+06
Golongan 7C2B	3	14	42	7.1.E+05
Golongan 7C3	3	110	330	5.5.E+06
$R_{40} = 115.064$	Kumulatif kelompok sumbu kendaraan berat			1.00.E+08

Desain Fondasi Jalan Minimum

Dari perhitungan kelompok sumbu kendaraan berat dan data *California Bearing Ratio* (CBR) didapat nilai:

$$HVAG = 1.00.E+08$$

$$CBR = 6\%$$

Hubungan dari CESA dan CBR ditampilkan dengan perpotongan garis merah pada Tabel 3 berikut.

Tabel 2 Bagan Desain – 2

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Urutan Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESALs)			Stabilisasi Semen ⁽¹⁾
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Divisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			150 mm stabilisasi di atas 150 mm material timbunan pilihan.
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2.5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)			400	500	600	Berikut ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽³⁾	Lapis pemangap ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1100	1200	
		atau lapis pemangap dan geogrid ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketebalan lain berlaku)		Lapis pemangap bertubi ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1250	1500	

Desain Perkerasan Kaku

Dari estimasi kelompok gandar kendaraan berat, diperoleh nilai 1,00.E+08. Tabel 3 menunjukkan hubungan kumulatif kelompok gandar kendaraan berat di persimpangan Garis Merah.

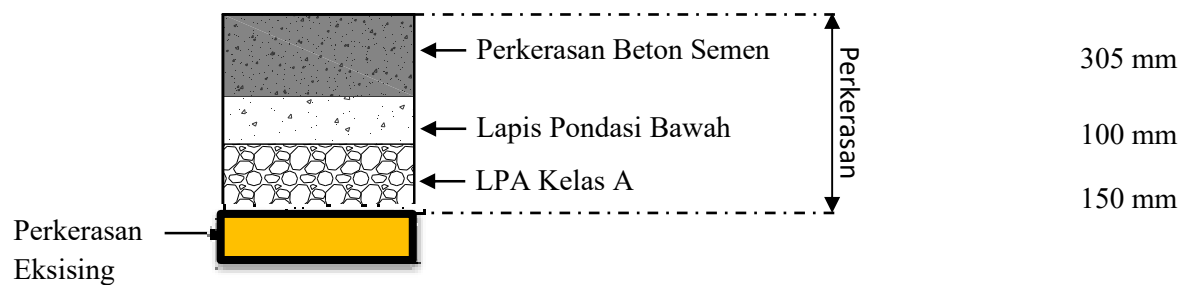
Tabel 3 Bagan Desain – 4

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (overloaded) (10E ⁶)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
Struktur Perkerasan (mm)					
Tebal Pelat Beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				

Dari Bagan Desain – 4 dipilih R5, sehingga struktur perkerasan jalan kaku didapat sebagai berikut.

Tabel 4 Struktur perkerasan jalan menurut MDP 2017

Jenis Sambungan	Dowel
Tebal Pelat	305 mm
Lapis Fondasi LMC	100 mm
Lapis Drainase (LFA Klas A)	150 mm



Gambar 1 Detail struktur perkerasan kaku menurut MDP 2017

Perhitungan dengan MDP 2024

Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga

Tabel 5 Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN)

Gol. Kend.	LHR	HVAG	STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG	SQrRG
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Gol. 5A	137	274	137	137	0	0	0	0
Gol. 6A	775	1550	1550	0	0	0	0	0
Gol. 6B	921	1842	921	921	0	0	0	0
Gol. 7A1	550	1100	0	550	550	0	0	0
Gol. 7A2	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7A3	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7B1	2	8	2	6	0	0	0	0
Gol. 7B2	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7B3	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7C1	276	828	276	276	0	276	0	0
Gol. 7C2A	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7C2B	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7C3	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7C4	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	2661	5602	2886	1890	550	276	0	0
R	115.064							
Proporsi Kendaraan (%)	Jenis	100	51.52	33.74	9.82	4.93	0.00	0.00

Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) harian : 5602

$$JSKN = (\sum LHR_{JK} \times JSKN_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

$$JSKN = 5602 \times 365 \times 0,5 \times 0,8 \times 115,064$$

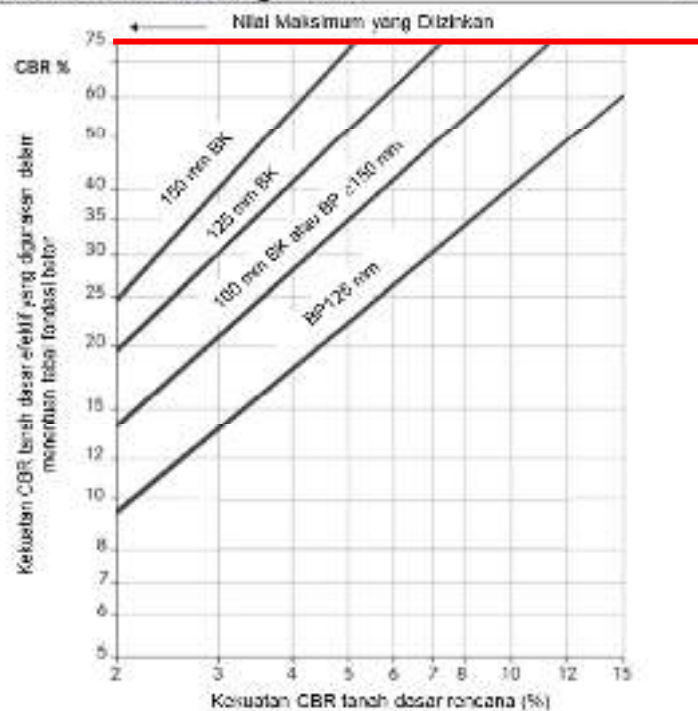
$$JSKN = 94.109.925,09 = 9,41 \times 10^7$$

Desain Pondasi Jalan

Nilai CBR tanah dasar 6%, sehingga tidak memerlukan lapis penopang CBR tanah dasar ekuivalen desain.

Tabel 6 Rencana desain pondasi

Material	Daya Dukung CBR (%)	Tebal (m)
LFA Kelas A	90 %	0.2
Timbunan pilihan berbutir kasar	30 %	0
Tanah dasar / Perkerasan fiksisting	6 %	0



Gambar 2 CBR tanah dasar efektif dan tebal fondasi bawah

Antara tanah dasar yang diusulkan dan lapisan pondasi bawah beton tipis 150 mm, kekuatan CBR tanah dasar yang efektif adalah 75%.

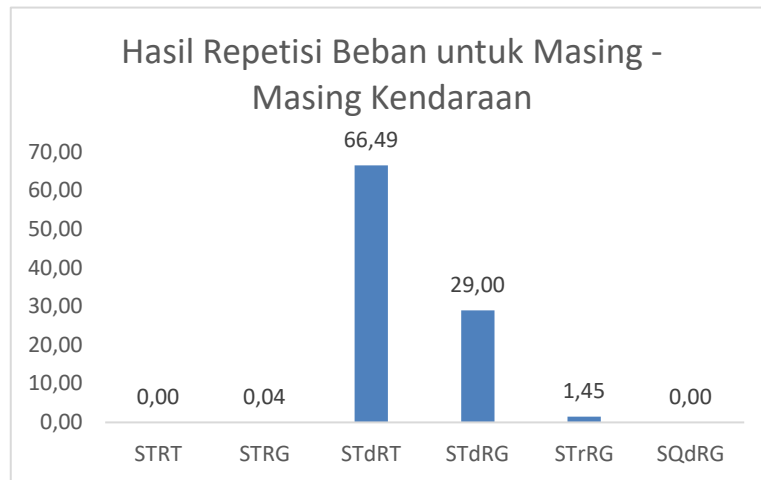
Faktor Kelelahan (*Fatigue*) dan Erosi

Ketebalan Beton Rencana : 370 mm

Faktor Efisiensi Ketebalan Pondasi, E_f : 75%

Tabel 7 Ekuivalensi Faktor *Fatigue* (S_e) dan Ekuivalensi Faktor Erosi (F_3)

Ekuivalen	STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG	SQdRG
S_e	0.31	0.49	0.31	0.43	0.33	0.33
F_3	1.24	1.84	1.99	1.99	2.03	2.03



Gambar 3 Hasil repetisi beban kendaraan menurut MDP 2024

Desain Perkerasan Kaku

Perhitungan kerusakan akibat fatik dan erosi menyarankan ketebalan beton 370 mm untuk beban lalu lintas perkerasan kaku. Tabel berikut menunjukkan konfigurasi struktural perkerasan kaku.

Tabel 8 Struktur perkerasan kaku menurut MDP 2024

Jenis Sambungan	Dowel
Tebal Pelat	370 mm
Lapis Fondasi LMC	150 mm
Lapis Drainase (LFA Klas A)	200 mm
Timbunan Tanah Berbutir Kasar	200 mm

Perkerasan Beton Semen 370 mm

Lapis Pondasi Bawah 150 mm

LPA Kelas A 200 mm

Perkerasan Eksisting

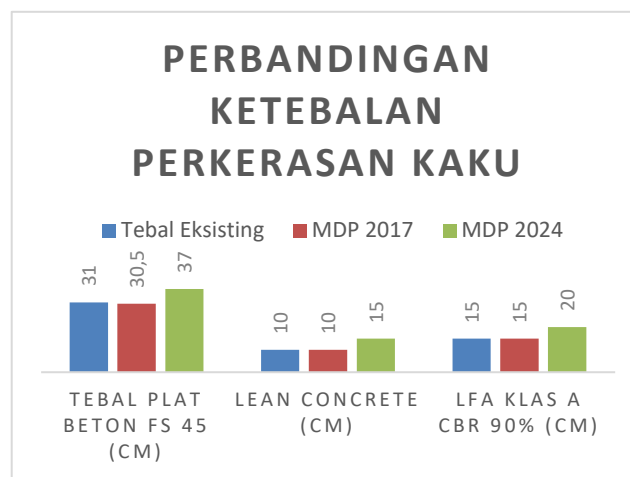
Gambar 4 Detail struktur perkerasan kaku menurut MDP 2024

Hasil Perhitungan

Dari hasil analisis perkerasan eksisting dengan metode MDP 2017 dan MDP 2024, Susunan konstruksi desain perkerasan kaku ditunjukkan pada tabel 4.30 dibawah ini

Tabel 9 Hasil Evaluasi Perhitungan

Material	Perkerasan Eksisting	Perhitungan dengan MDP 2017	Perhitungan dengan MDP 2024
Beton Semen	310 mm	305 mm	370 mm
Lapis Fondasi Bawah (Beton Kurus)	100 mm	100 mm	150 mm
LFA klas A	150 – 500 mm	150 mm	200 mm



Gambar 5 Perbandingan tebal perkerasan kaku.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menemukan bahwa dengan menggunakan Manual Desain Perkerasan (MDP) 2024 untuk mengevaluasi tebal perkerasan kaku pada ruas Jalan Kaligawe Raya KM 5+500 – 6+900:

1. Ketebalan pelat beton adalah 30,5 cm, beton ramping 10 cm, dan LPA 15 cm, menurut estimasi MDP 2017. Ketebalan ini sesuai dengan kondisi lapangan, menunjukkan bahwa perkerasan dirancang dan dibangun sesuai persyaratan saat ini.
2. Perhitungan menggunakan MDP 2024 menghasilkan pelat beton 37 cm, beton ramping 15 cm, dan LPA 20 cm.
3. Pelat beton, beton ramping, dan LPA masing-masing 6,5 cm, 5 cm, dan 5 cm lebih tebal pada estimasi MDP 2024 dibandingkan dengan MDP 2017. Perbedaan ini dapat mengindikasikan ketidakpatuhan terhadap standar saat ini. Hal ini disebabkan oleh perbedaan metodologi:
 - MDP 2017 menggunakan beban kumulatif (JSKN) dan kekuatan pelat di bawah tegangan lentur untuk analisis semi-empiris.

- MDP 2024 menggunakan pendekatan mekanistik-empiris berbasis kinerja untuk menilai retak fatik dan kerusakan erosi secara terpisah dan mengkaji lalu lintas tahunan (JSKN), faktor lingkungan, distribusi lajur, dan jenis kendaraan. MDP 2017 membandingkan lalu lintas kumulatif dengan tabel standar, sementara MDP 2024 menganalisis kerusakan fatik dan erosi melalui uji coba.

Sebagaimana perolehan analisis, pembahasan, maupun kesimpulan maka disampaikan beberapa saran meliputi:

1. Pihak berwenang teknis, konsultan perencanaan, dan pelaksana konstruksi jalan sebaiknya menggunakan MDP 2024 untuk perencanaan dan evaluasi perkerasan kaku, terutama pada ruas jalan dengan lalu lintas tinggi. Hasil desain yang lebih rinci dari MDP 2024 memperhitungkan kerusakan akibat fatik dan erosi, sehingga menjamin keandalan struktural dan masa pakai jalan jangka panjang.
2. Penelitian selanjutnya sebaiknya mengumpulkan data lalu lintas primer secara langsung (real-time) dan mengevaluasi kekuatan serta ketebalan beton di lapangan untuk mengatasi kelemahan penelitian ini. Untuk mengevaluasi situasi lalu lintas dan kondisi tanah secara lebih komprehensif dan adaptif, MDP 2024 dapat diintegrasikan dengan perangkat lunak analitik berbasis simulasi.
3. Jika JPCP menghasilkan ketebalan pelat yang terlalu besar dan tidak efisien secara struktural maupun ekonomis, metode Perkerasan Beton Bertulang Sambungan (JRCP) dapat diadopsi sebagai opsi desain untuk penelitian selanjutnya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, telah memberikan kesempatan dan fasilitas untuk penelitian ini. Saya juga berterima kasih kepada Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, M.T., Ph.D., atas nasihat, arahan, dan dukungannya selama proses penelitian serta atas ide-idenya yang bermanfaat. Bapak KH., Dr. Moeslichan Syukron, pemilik Muhandas Group, Bapak H. Kusriyanto, Bapak H. Arief Yulianto, S.T., Bapak H. Hasyim Asy'ari, S.T., Bapak H. Syaiful Anwar, S.E., dan Bapak H. Satrio Wibowo, S.E., M.M., manajemen PT. Mohandas Oeloeng, atas doanya.

Saya yakin penelitian ini akan memajukan ilmu pengetahuan, teknologi, dan infrastruktur Indonesia.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). *Petunjuk Teknis Pemeliharaan Jalan Nasional Tahun 2023*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Huang, Y. H. (2004). *Pavement Analysis and Design* (2nd ed.). Pearson Prentice Hall.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2024). *Manual Desain Perkerasan Jalan – MDP 2024*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Nababan, A. H., Wicaksono, A., & Rakhmat, R. (2023). Analisis Percepatan Kerusakan Jalan Akibat Beban Berlebih Kendaraan Berat. *Jurnal Transportasi Indonesia*, 9(2), 101–110.
- Tjokrodinuljo, K. (1996). *Teknologi Bahan Konstruksi*. Beta Offset.
- Yoder, E. J., & Witczak, M. W. (1975). *Principles of Pavement Design* (2nd ed.). John Wiley & Sons.