

PERENCANAAN JALAN RAYA TUBAN : ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR PERKERASAN LENTUR DAN KAKU

Mohammad Syaiful Maari¹, M. Ali Mahmudi², Muhammad Nawawi Sholeh³, Gita Adinda
Indria Sari⁴, Noor Hidayati, S.T., M.T⁵, Sahlul Tita Batahul⁶

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara¹²³⁴⁵⁶

E-mail : nawawinawwaf@gmail.com

Abstrak

Laporan ini membahas perencanaan perkerasan Jalan Raya Tuban yang bertujuan untuk menentukan jenis dan tebal perkerasan yang sesuai berdasarkan kondisi lalu lintas, tanah dasar, iklim, dan karakteristik jalan. Metode perencanaan yang digunakan mengacu pada Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen (1987) serta Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (Pd T-14-2003). Data yang dianalisis meliputi lalu lintas harian rata-rata, pertumbuhan lalu lintas, nilai CBR tanah dasar, faktor regional, dan umur rencana jalan selama 10 tahun. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa struktur perkerasan lentur dan perkerasan kaku yang direncanakan telah memenuhi persyaratan teknis berdasarkan analisis daya dukung tanah, analisis lalu lintas, serta pengecekan fatik dan erosi. Laporan ini juga dilengkapi dengan gambar kerja dan rencana anggaran biaya sebagai dasar pelaksanaan pembangunan jalan.

Kata Kunci: Perkerasan Jalan, Lalu lintas, CBR, Perkerasan Lentur, Perkerasan Kaku.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan salah satu infrastruktur vital yang menunjang mobilitas manusia, distribusi barang, dan perekonomian suatu wilayah. Ketersediaan jalan dengan kondisi yang baik, aman, dan nyaman menjadi faktor penting dalam meningkatkan efisiensi transportasi dan mendukung pertumbuhan ekonomi. Oleh karena itu, perencanaan struktur perkerasan jalan yang tepat dan berkualitas sangat diperlukan untuk memastikan umur layan yang optimal, efisiensi biaya, serta keselamatan pengguna jalan. Perencanaan perkerasan jalan mencakup berbagai aspek, termasuk analisis data lalu lintas, daya dukung tanah, spesifikasi material, dan metode pelaksanaan konstruksi. Semua faktor ini harus diperhitungkan dengan cermat agar jalan yang direncanakan mampu menahan beban lalu lintas, perubahan kondisi lingkungan, dan pemeliharaan rutin selama masa operasionalnya.

Dalam rangka memenuhi tugas besar mata kuliah Perkerasan Jalan Raya, mahasiswa diminta untuk merancang suatu perkerasan jalan berdasarkan studi kasus yang diberikan. Tugas ini bertujuan untuk melatih kemampuan analisis teknis, penggunaan metode perencanaan sesuai standar yang berlaku (misalnya, metode AASHTO atau Bina Marga), serta pengambilan keputusan yang didasarkan pada data dan kondisi lapangan.

Melalui penyusunan laporan perencanaan ini, diharapkan mahasiswa mampu memahami proses perancangan jalan secara menyeluruh, mulai dari pengumpulan data, perhitungan teknis, hingga penyusunan rekomendasi yang aplikatif. Selain itu, laporan ini juga merupakan bentuk kontribusi terhadap pembelajaran mengenai pentingnya infrastruktur jalan dalam menunjang pembangunan berkelanjutan.

1.2 Tujuan

Perencanaan perkerasan jalan raya dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

- a. Mampu mengumpulkan dan menganalisis data perencanaan yang akan digunakan untuk merencanakan perkerasan jalan raya.
- b. Mampu merencanakan perkerasan jalan raya jenis fleksibel pavement (aspal) dan rigid pavement (beton).
- c. Mampu membuat gambar kerja yang akan digunakan sebagai acuan lapangan seperti tampak rencana (plan view) dan potongan melintang (cross-section).
- d. Mampu menghitung rencana anggaran biaya (RAB) meliputi rincian material dan sub-pekerjaan serta total estimasi biaya pekerjaan.
- e. Memenuhi Standar dan Regulasi yang Berlaku:
- f. Menyesuaikan perencanaan dengan standar desain jalan raya yang berlaku, seperti standar Bina Marga atau AASHTO, untuk memastikan bahwa desain memenuhi persyaratan teknis dan regulasi yang relevan.
- g. Melatih Kemampuan Mahasiswa dalam Perencanaan Infrastruktur Jalan:
- h. Memberikan pengalaman praktis kepada mahasiswa dalam menerapkan teori perkerasan jalan yang telah dipelajari ke dalam proses perencanaan yang sistematis dan berbasis data.

Melalui tujuan-tujuan ini, diharapkan perencanaan perkerasan jalan tidak hanya memenuhi aspek teknis tetapi juga memberikan manfaat jangka panjang dalam mendukung transportasi dan pembangunan wilayah.

1.3 Review Penelitian Terdahulu

Sulistyo dan Kusumaningrum 2013 dalam penelitiannya yang berjudul “Analisa Perbandingan Perencanaan Perkerasan Kaku dengan Menggunakan Metode Bina Marga dan Metode AASHTO serta merencanakan Saluran Permukaan pada Ruas Jalan Abdul wahab, sawangan” Perencanaan Tebal Pelat beton perkerasan jalan dengan menggunakan metode Bina Marga dan Metode AASHTO didapat masing-masing sebesar 20 cm dan 21 cm, terdapat perbedaan sebesar 10 mm, disebabkan perbedaan konsep dasar dari setiap metode.

Perencanaan tebal pada pelat beton perkerasan jalan dengan umur rencana 20 tahun, sedangkan untuk data volume lalu lintas bisa menggunakan data hasil survei yang dianggap dapat mewakili hari yang berpeluang volume lalu lintas tertinggi. Hasil dari perhitungan tebal plat beton dengan menggunakan metode Bina Marga 2002 diperoleh 23 cm dan dengan Metode AASHTO 1993 didapat sebesar 26 cm, terdapat perbedaan sebesar 3 cm, dikarenakan perbedaan konsep dasar dari masing-masing metode. Sedangkan untuk tebal plat pondasi sebesar 12,5 cm. Analisa Perbandingan Tebal Perkerasan Kaku Dengan Metode Bina Marga 2002 Dan Aashto 1993 (Studi Kasus: Jalan Proklamasi, Kecamatan Kuantan Tengah, Kabupaten Kuantan Singingi) Andri Prayitno (2018).

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metodologi deskriptif dengan pendekatan teknik sipil yang sistematis. Data-data yang dikumpulkan meliputi: (1) data lalu lintas harian rata-rata dari survei lapangan; (2) data CBR (California Bearing Ratio) tanah dasar dari pengujian laboratorium; (3) data iklim khususnya curah hujan tahunan dari sumber meteorologi setempat; dan (4) data teknis berupa spesifikasi material perkerasan. Analisis dilakukan menggunakan metode komponen standar yang merujuk pada 'Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisis Komponen' (1987) untuk perkerasan lentur dan 'Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen' (Pd T-14-2003) untuk perkerasan kaku. Prosedur perencanaan perkerasan lentur melibatkan perhitungan Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP), Lintas Ekuivalen Akhir (LEA), dan Lintas Ekuivalen Rencana (LER) berdasarkan data lalu lintas dan koefisien distribusi kendaraan. Faktor Regional (FR) ditentukan berdasarkan kondisi iklim, kelandaian jalan, dan persentase kendaraan berat. Indeks Permukaan awal dan akhir (IPo dan IP) diseleksi sesuai dengan klasifikasi jalan dan nilai LER. Indeks Tebal Perkerasan (ITP) diperoleh dari grafik monogram berdasarkan nilai DDT (Daya Dukung Tanah), LER, FR, dan IP. Tebal lapisan perkerasan (D1, D2, D3) kemudian dirancang menggunakan koefisien kekuatan relatif masing-masing material dengan mempertahankan persyaratan tebal minimum.

Untuk perkerasan kaku, perencanaan melibatkan perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama umur rencana dengan mempertimbangkan faktor pertumbuhan lalu lintas (R), koefisien distribusi (C), dan faktor keamanan beban (FKB). Tebal pelat beton awal ditentukan dari grafik perencanaan berdasarkan nilai JSKN dan kuat tarik lentur beton (fcf). Verifikasi desain dilakukan melalui analisis fatik dan analisis erosi menggunakan grafik analisis yang sesuai untuk memastikan persentase kerusakan kumulatif tidak melebihi 100 persen.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Lalu Lintas

Analisis lalu lintas merupakan langkah awal yang krusial dalam menentukan beban lalu lintas yang akan dialami oleh perkerasan selama umur rencana. Data lalu lintas harian rata-rata (LHR) pada tahun awal (2025) menunjukkan komposisi kendaraan sebagai berikut: mobil penumpang 567 kendaraan/hari, bus ringan 180 kendaraan/hari, bus 171 kendaraan/hari, truk 2 as 100 kendaraan/hari, truk 3 as 97 kendaraan/hari, dan trailer 90 kendaraan/hari dengan total LHR sebesar 1.205 kendaraan/hari. Dengan asumsi pertumbuhan lalu lintas tahunan sebesar 5 persen, proyeksi LHR pada tahun ke-10 (2035) mencapai 1.962 kendaraan/hari, menunjukkan peningkatan signifikan yang perlu ditampung oleh struktur perkerasan yang direncanakan.

- a) Penentuan jumlah jalur dan koefisien distribusi kendaraan (C)

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut daftar di bawah ini:

Tabel 3. 1 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$L < 5,50$ m	1 lajur
$5,50 \leq L < 8,25$ m	2 lajur
$8,25 \leq L < 11,25$ m	3 lajur
$11,25 \leq L < 15,00$ m	4 lajur
$15,00 \leq L < 18,75$ m	5 lajur
$18,75 \leq L < 22,00$ m	6 lajur

Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen 1987.

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut daftar di bawah

ini:	Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*)		Kendaraan Berat**)	
		1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
Tabel 3. 2 Koefi sien	1 lajur	1.00	1.00	1.00	1.000
	2 lajur	0.60	0.50	0.70	0.500
	3 lajur	0.40	0.40	0.50	0.475
	4 lajur	-	0.30	-	0.450
	5 lajur	-	0.25	-	0.425
	6 lajur	-	0.20	-	0.400

Distribusi Kendaraan (C)

Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen 1987.

Untuk perkerasan lentur, perhitungan Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) pada tahun 2025 menghasilkan nilai 561 berdasarkan bobot ekuivalen beban sumbu masing-masing kendaraan. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) pada tahun ke-5 dan ke-10 mencapai nilai 716 dan 912 berturut-turut. Lintas Ekuivalen Rencana (LER) dihitung sebagai rata-rata LEP dan LEA, menghasilkan LER10 sebesar 736,5 setelah disesuaikan dengan faktor penyesuaian umur rencana. Nilai LER ini menjadi parameter kritis dalam penentuan tebal perkerasan lentur. Sebagai catatan, koefisien distribusi kendaraan (C) yang digunakan adalah 0,5 untuk kendaraan berat dalam sistem dua arah, mencerminkan pembagian lalu lintas antara kedua arah perjalanan.

Untuk perkerasan kaku, jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana 10 tahun dihitung dengan menggunakan faktor pertumbuhan kumulatif sebesar 12,6. JSKN awal sebesar 2.385 sumbu per hari, ketika dikalikan dengan 365

hari, faktor pertumbuhan 12,6, dan faktor koreksi 0,7, menghasilkan JSKN rencana sebesar $7,7 \times 10^6$. Distribusi beban sumbu menunjukkan bahwa sumbu tunggal roda tunggal (STRT) mendominasi dengan persentase 56 persen, diikuti sumbu tunggal roda ganda (STRG) sebesar 19 persen, dan sumbu tandem roda ganda (STdRG) sebesar 26 persen. Pembagian ini penting untuk analisis fatik dan erosi dalam verifikasi tebal pelat beton yang direncanakan.

3.2 Data Parameter Jalan dan Daya Dukung Tanah

Kawasan studi mencakup segmen jalan sepanjang 888 meter yang dibagi menjadi dua bagian: STA 0+000 hingga STA 0+400 (400 meter) untuk perkerasan aspal dan STA 0+450 hingga STA 0+888 (438 meter) untuk perkerasan kaku. Lebar perkerasan dirancang sebesar $2 \times 3,6$ meter untuk dua lajur dua arah. Umur rencana ditetapkan sebesar 10 tahun, yang merupakan periode standar untuk perkerasan jalan kolektor. Klasifikasi jalan sebagai jalan sekunder kolektor dengan tipe jalan III (3) A menunjukkan bahwa jalan ini dirancang untuk melayani pergerakan antar pusat kegiatan. Topografi kawasan termasuk dalam klasifikasi medan berbukit dengan kemiringan trase rata-rata 7,9 persen, memerlukan perhatian khusus terhadap drainase dan stabilitas timbunan.

Berikut merupakan data CBR laboratorium area pekerjaan :

Tabel 3. 9 Data CBR Laboratorium Area Tuban Tahun 2024

No.	STA	CBR (%)
1	0+000	3
2	0+050	3.5
3	0+100	4
4	0+150	4
5	0+200	4.5
6	0+250	4.5
7	0+300	5
8	0+350	5
9	0+400	6

Sumber: Perhitungan Perencanaan Perkerasan Jalan Raya, 2025

Pengujian California Bearing Ratio (CBR) tanah dasar dilakukan pada 9 lokasi sepanjang segmen jalan dengan interval 50 meter. Hasil pengujian menunjukkan nilai CBR berkisar antara 3 hingga 6 persen, dengan nilai terendah 3 persen pada STA 0+000 dan nilai tertinggi 6 persen pada STA 0+400. Dengan menggunakan metode persentil 90 persen, nilai CBR representatif yang digunakan adalah 3,45 persen. Menggunakan formula $DDT = 4,3 \log(CBR) + 1,7$, nilai Daya Dukung Tanah (DDT) dihitung sebesar 4,01, mengindikasikan tanah dasar berkualitas sedang hingga rendah yang memerlukan fondasi yang memadai untuk mendistribusikan beban perkerasan. Nilai CBR tanah dasar efektif untuk perkerasan kaku ditetapkan sebesar 28 persen sesuai dengan kurva korelasi, memungkinkan desain tebal pondasi bawah yang lebih optimal.

3.3 Faktor Regional dan Indeks Permukaan

Faktor Regional (FR) merupakan parameter yang memperhitungkan pengaruh iklim dan kondisi lapangan terhadap performa perkerasan. Data curah

hujan bulanan selama tiga tahun (2021-2023) dari Badan Pusat Statistik Tuban menunjukkan rata-rata curah hujan tahunan sebesar 1.468,07 milimeter, mengklasifikasikan kawasan ini dalam iklim II (curah hujan > 900 mm/tahun). Dengan kelandaian medan 7,9 persen (kategori II: 6-10 persen) dan persentase kendaraan berat (berat > 8 ton) sebesar 38 persen (> 30 persen), nilai Faktor Regional yang dipilih berada dalam kisaran 2,5 hingga 3,0. Untuk analisis lebih lanjut, nilai FR sebesar 2,75 digunakan sebagai nilai rata-rata yang mencerminkan kondisi yang relatif berat karena kombinasi iklim tropis, topografi berbukit, dan volume kendaraan berat yang signifikan.

Bulan	Jumlah Curah Hujan menurut bulan di Kabupaten Tuban (mm)		
	2021	2022	2023
Januari	323.20	111.30	227.10
Februari	93.30	247.10	113.80
Maret	218.30	165.30	133.10
April	77.10	131.50	134.60
Mei	49.40	138.00	76.50
Juni	166.00	112.70	4.60
Juli	4.30	126.70	16.90
Agustus	13.70	46.20	40.90
September	81.50	47.80	0.40
Oktober	92.50	171.60	0.00
Nopember	333.10	171.10	60.50
Desember	278.70	296.00	99.40
Σ	1731.10	1765.30	907.80
Rata-rata	1468.07		

Sumber: BPS Tuban Tahun 2025

Indeks Permukaan (IP) mencerminkan kondisi kerataan dan kekokohan permukaan jalan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan. Indeks Permukaan awal (IPo) ditetapkan sebesar 4, mengasumsikan penggunaan bahan berkualitas tinggi (LASTON) dengan roughness minimal pada awal umur rencana. Indeks Permukaan akhir (IP) pada akhir umur rencana (10 tahun) untuk klasifikasi jalan kolektor dengan LER antara 100 hingga 1.000 ditetapkan sebesar 2,0, mencerminkan penurunan standar pelayanan yang masih dapat diterima sebelum perkerasan memerlukan perawatan rehabilitatif.

3.4 Desain Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

Menggunakan grafik monogram dengan parameter input DDT = 4,01, LER = 736,5, FR = 2,75, dan IPo = 4 serta IP = 2,0, nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP) diperoleh melalui interpolasi grafik. Untuk umur rencana 10 tahun, nilai ITP10 berkisar antara 10 hingga 11,45, dipilih ITP10 = 10 untuk analisis lebih lanjut. Dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif material: $a_1 = 0,40$ untuk Laston, $a_2 = 0,14$ untuk Batu Pecah Kelas A, dan $a_3 = 0,13$ untuk Sirtu Kelas A, susunan tebal perkerasan dihitung dengan persamaan $ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$. Dengan batasan tebal minimum untuk masing-masing lapis ($D_1 \geq 10$ cm, $D_2 \geq 20$ cm, $D_3 \geq 10$ cm), solusi desain menghasilkan: lapis permukaan (Laston) = 10 cm, lapis pondasi (Batu Pecah Kelas A) = 20 cm, dan lapis pondasi bawah (Sirtu Kelas A) = 25 cm dengan total tebal perkerasan 55 cm yang memenuhi semua persyaratan.



Gambar 3. 1 Susunan Perkerasan ITP⁵

Sumber: Perhitungan Perencanaan Perkerasan Jalan Raya, 2025

Gambar 3. 2 Susunan Perkerasan ITP10

Sumber: Perhitungan Perencanaan Perkerasan Jalan Raya, 2025

Material Laston (Lapis Aspal Beton) yang dipilih adalah AC-WC Modifikasi dengan Marshall Test (MS) 744 kg, menawarkan ketahanan tinggi terhadap deformasi permanen. Batu Pecah Kelas A dipilih sebagai lapis pondasi karena stabilitas CBR-nya yang mencapai 100 persen, memberikan daya dukung yang konsisten. Sirtu Kelas A (stabilized subbase material) dengan CBR 70 persen digunakan sebagai lapis pondasi bawah, berfungsi sebagai transisi ke tanah dasar dan mengoptimalkan distribusi beban vertikal ke lapisan di bawahnya.

3.5 Desain Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

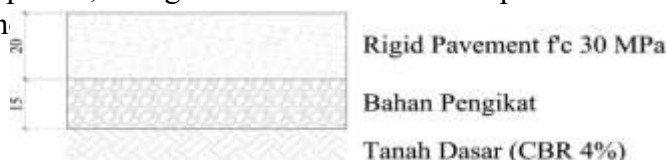
Jenis perkerasan kaku yang direncanakan adalah perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan (BBTT) dengan ruji (dowel) untuk mengendalikan retak dan mempertahankan transfer beban antar pelat. Beton yang digunakan adalah mutu $f_c' 30$ MPa dengan kuat tarik lentur (f_{cf}) dihitung sebesar 4,11 MPa menggunakan formula $f_{cf} = 0,75\sqrt{f_c}$ untuk agregat pecah. Dengan masukan JSKN rencana sebesar $7,7 \times 10^6$, kuat tarik lentur 4,11 MPa, dan CBR tanah dasar efektif 28 persen, grafik perencanaan tebal slab beton mengindikasikan tebal pelat awal sebesar 200 mm. Pondasi bawah dirancang menggunakan Bahan Pengikat (BP) atau beton kurus dengan tebal 150 mm, memberikan nilai CBR efektif yang memadai untuk mendukung pelat beton.



Gambar 3. 3 Tipikal Rigid Pavement

Sumber: Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (Pd T-14-2003)

Verifikasi tebal pelat dilakukan melalui analisis fatik dan analisis erosi menggunakan grafik analisis fatik dan repetisi beban ijin. Dari Tabel 3.26 yang menyajikan tegangan ekuivalen dan faktor erosi, untuk tebal 200 mm dan CBR efektif 28 persen (interpolasi), tegangan setara untuk STRT, STRG, dan STdRG ditentukan. Hasil analisis menunjukkan persentase kerusakan akibat fatik sebesar 0 persen dan persentase kerusakan akibat erosi sebesar 1,2 persen, keduanya jauh di bawah batas ijin 100 persen, mengkonfirmasi bahwa tebal pelat 200 mm dapat bertahan selama umur ren



Gambar 3. 4 Rencana Tebal Perkerasan Kaku

Sumber: Perhitungan Perencanaan Perkerasan Jalan Raya, 2025

Sambungan perkerasan kaku dirancang untuk mengendalikan retak yang terjadi akibat perubahan suhu dan susut beton. Sambungan memanjang (tie bars) berjarak 4 meter menggunakan tulangan sirip BJTU 24 dengan diameter 16 mm dan panjang 700 mm untuk menahan gaya tarik membujur. Sambungan melintang dilengkapi dengan ruji (dowel) baja polos berdiameter 33 mm, panjang 450 mm, dengan jarak antar ruji 300 mm. Setengah panjang ruji dilapisi dengan bahan anti lengket untuk memastikan gerakan bebas pelat saat terjadi penyusutan atau pemuaian beton.

IV. KESIMPULAN

Penelitian perencanaan perkerasan jalan raya di kawasan Tuban menghasilkan dua alternatif desain yang memadai untuk kondisi geografi, iklim, dan lalu lintas setempat. Untuk perkerasan lentur, desain tebal 55 cm yang terdiri dari 10 cm Laston, 20 cm Batu Pecah Kelas A, dan 25 cm Sirtu Kelas A mampu menampung proyeksi lalu lintas dengan LER = 736,5 selama 10 tahun. Untuk perkerasan kaku, pelat beton setebal 200 mm dengan pondasi bawah 150 mm dapat memikul JSKN = $7,7 \times 10^6$ dengan margin keamanan yang memadai berdasarkan analisis fatik dan erosi. Kedua alternatif desain telah diverifikasi secara teknis dan memenuhi persyaratan standar perencanaan yang berlaku. Pemilihan antara kedua tipe perkerasan dapat didasarkan pada pertimbangan ekonomi, kemudahan pemeliharaan, dan preferensi pengguna jalan.

Faktor kunci yang mempengaruhi desain perkerasan di kawasan ini adalah: (1) nilai CBR tanah dasar yang relatif rendah (3,45 persen) memerlukan fondasi yang tebal dan berkualitas;

(2) curah hujan tinggi (1.468,07 mm/tahun) dan topografi berbukit menuntut sistem drainase yang baik; (3) persentase kendaraan berat yang signifikan (38 persen) meningkatkan beban rencana; dan (4) pertumbuhan lalu lintas 5 persen per tahun menunjukkan tren peningkatan yang berkelanjutan. Implementasi desain harus disertai dengan kontrol kualitas material, proses konstruksi yang ketat, dan sistem pemeliharaan yang terencana untuk memastikan perkerasan mencapai umur rencana yang diharapkan.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Noor Hidayati, S.T., M.T., selaku dosen pengampu mata kuliah Perencanaan Bangunan Sipil atas bimbingan dan masukan berharga. Apresiasi juga disampaikan kepada Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara yang telah menyediakan fasilitas dan sumber daya untuk menyelesaikan penelitian ini.

VI. REFERENSI

- [1] Departemen Pekerjaan Umum. (1987). Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen. Jakarta: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan (YLPMB).
- [2] Departemen Pekerjaan Umum. (2003). Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (Pd T-14-2003). Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- [3] Sukirman, S. (2010). Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung: Penerbit Nova dan Diterjemahkan Oleh Arsyad dan Soemitro.
- [4] Yoder, E.J. & Witczak, M.W. (1975). Principles of Pavement Design. New York: John Wiley & Sons.
- [5] American Association of State Highway and Transportation Officials. (2012). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. Washington, DC: AASHTO.
- [6] Badan Pusat Statistik Tuban. (2025). Data Curah Hujan dan Iklim Kabupaten Tuban. Tuban: BPS Kabupaten Tuban.