

Studi Perencanaan Perkerasan Lentur pada Peningkatan Ruas Jalan Condong-Wangkal Sta. 0+000 - Sta. 7+350

M Reza Oktaviadi¹, Andri Dwi Cahyono^{2*}, Herlan Pratikto³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kediri, Jawa Timur ^{1,2,3}

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Perkerasan lentur; MDPJ 2024; CESAL; RAB.

***Correspondence email:**

adcahyono@unik-kediri.ac.id

Submitted: 30-07-2025

Revised: 07-08-2025

Accepted: 07-08-2025

Published: 08-08-2025

ABSTRAK

Peningkatan kualitas ruas jalan sangat diperlukan untuk mengatasi berbagai kerusakan yang sering terjadi, seperti keretakan pada permukaan, lubang, dan penurunan elevasi yang disebabkan oleh umur perkerasan yang telah melampaui batas rencana teknis. Kondisi ini berdampak langsung terhadap produktivitas masyarakat karena waktu tempuh perjalanan menjadi lebih lama, distribusi barang dan jasa terhambat, serta aksesibilitas antarwilayah terganggu. Akibatnya, hal ini menurunkan mobilitas masyarakat dan memperlambat pertumbuhan ekonomi daerah. Kabupaten Probolinggo, yang terletak di bagian utara pesisir Provinsi Jawa Timur, merupakan salah satu wilayah yang menghadapi permasalahan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan struktur perkerasan lentur secara tepat dan menyusun rencana anggaran biaya (RAB) berdasarkan pedoman Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) tahun 2024. Metode penelitian yang digunakan meliputi survei volume lalu lintas harian rata-rata (LHR), pengujian kualitas tanah dasar (subgrade), serta perhitungan tebal lapisan perkerasan berdasarkan parameter teknis. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa struktur perkerasan terdiri dari lapisan aus Laston AC-WC setebal 6 cm, lapisan pondasi agregat kelas A setebal 20 cm, dan lapisan pondasi agregat kelas B setebal 15 cm. Ketebalan tersebut dinilai cukup efisien dalam menahan beban lalu lintas yang ada. Estimasi biaya pelaksanaan peningkatan jalan diperkirakan sebesar Rp616.433.000,00. Hasil studi ini diharapkan dapat menjadi solusi teknis yang efisien dan berkelanjutan dalam mendukung kelancaran transportasi, meningkatkan konektivitas antarwilayah, serta mendorong pertumbuhan ekonomi di Kabupaten Probolinggo.

Keywords:

Flexible pavement; MDPJ 2024; CESAL; Cost Estimate Plan.

ABSTRACT

Improving the quality of road sections is essential to address frequently occurring damage, such as surface cracks, potholes, and elevation reductions caused by pavement age exceeding the technical design limits. This condition directly impacts community productivity due to longer travel times, hampered distribution of goods and services, and disrupted inter-regional accessibility. Consequently, this reduces community mobility and slows regional economic growth. Probolinggo Regency, located in the northern coastal part of East Java Province, is one of the areas facing these problems. This study aims to accurately design a flexible pavement structure and prepare a cost budget plan (RAB) based on the 2024 Road Pavement Design Manual (MDPJ) guidelines. The research methods used include an average daily traffic volume (LHR) survey, subgrade quality testing, and pavement layer thickness calculations based on technical parameters. The planning results indicate that the pavement structure consists of a 6 cm thick Laston AC-WC wearing layer, a 20 cm thick class A aggregate base layer, and a 15 cm thick class B aggregate base layer. This thickness is considered sufficiently efficient in withstanding existing traffic loads. The estimated cost of implementing the road improvements is estimated at Rp616,433,000.00. The results of this study are expected to provide an efficient and sustainable technical solution to support smooth transportation, improve inter-regional connectivity, and stimulate economic growth in Probolinggo Regency.

PENDAHULUAN

Kabupaten Probolinggo terletak di bagian utara pesisir Provinsi Jawa Timur dan memiliki luas wilayah sekitar 1.696 km² dan memiliki wilayah yang beragam seperti di bagian selatan yang berupa wilayah pegunungan dan bagian utara berupa wilayah pesisir, berupa dataran rendah yang bersisian langsung dengan Laut Jawa (Amarasingha et al., 2025). Dengan wilayah yang beragam ini kabupaten probolinggo memiliki potensi besar dalam pengembangan ekonomi pada beberapa sektor, komoditas unggulan dalam sektor pertanian seperti bawang merah dan cabai serta hasil dari laut menjadi andalan bagi perekonomian daerah ini (Risquallah Hadi Pratama et al., 2022), selain itu kabupaten probolinggo juga mempunyai destinasi wisata yang menarik banyak wisatawan seperti Gunung Bromo, Pantai Bentar dan Taman Laut Gili Ketapang. Namun dari beberapa keunggulan tersebut daerah ini juga menghadapi tantangan pada infrastruktur dan mobilitas, Beberapa ruas jalan di wilayah ini membutuhkan perencanaan ulang struktur perkerasannya agar mampu mengakomodasi perkembangan lalu lintas dan tuntutan mobilitas (Febriansyah & Firdaus, 2025). Salah satunya adalah

bagian jalan Condong-Wangkal, bagian jalan ini berada di desa Condong sampai desa Wangkal kecamatan Gading Kabupaten Probolinggo, di daerah ini sering terjadi peningkatan volume lalu lintas yang tidak menentu. Hal berakibat pada penurunan kualitas jalan (Bąkowski & Radziszewski, 2022; Zio et al., 2024). Seperti terjadinya keretakan pada permukaan jalan (Nainggolan et al., 2025), lubang pada permukaan jalan, penurunan permukaan jalan akibat dari umur jalan tersebut (Amarasingha et al., 2025; Kumar et al., 2025). Hal ini mengakibatkan penurunan produktivitas akibat durasi perjalanan yang akan menghambat pergerakan barang, membatasi aksesibilitas, dan pada akhirnya berdampak pada pertumbuhan ekonomi (Boldizsár et al., 2023; Queiroz Júnior et al., 2025). Studi perencanaan ini penting untuk dilakukan karena untuk menentukan ketebalan lapisan perkerasan yang sesuai dengan indeks kerusakan perkerasan di jalan tersebut dan memastikan daya tahan struktur jalan terhadap beban lalu lintas hingga akhir masa layan tanpa degradasi signifikan (Setyawan & Adam Arifin, 2023).

Berdasarkan studi terdahulu dengan pendekatan Metode Komponen SKBI 1987, diperoleh struktur perkerasan: Laston MS 744 (10 cm), CTB (20 cm), dan subbase sirtu kelas A (50 cm), dengan kebutuhan biaya proyek sebesar Rp14.745.341.000 untuk melaksanakan proyek ini (Andriansyah et al., 2019). Namun dalam metode ini hanya menggunakan asumsi dalam pemilihan material perkerasan jalan, sehingga dengan keterbatasan metode tersebut maka diperlukan metode yang dapat dijadikan pedoman dalam proses pemilihan material konstruksi perkerasan jalan.

Sebagai respons terhadap keterbatasan tersebut, penelitian ini mengadopsi pendekatan MDPJ 2024 yang lebih adaptif dan berbasis data aktual. MDPJ 2024 mempertimbangkan variabel teknis seperti kualitas tanah dasar (CBR), volume lalu lintas harian rata-rata (LHR), faktor pertumbuhan lalu lintas, dan beban sumbu kendaraan (CESAL) dalam menentukan tebal lapis perkerasan lentur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merumuskan struktur perkerasan lentur yang optimal dan efisien secara teknis dan ekonomis, sehingga dapat menunjang kinerja jalan jangka panjang tanpa degradasi signifikan (Asres et al., 2022; Hosseini et al., 2022; Prayitno et al., 2025). Temuan dari studi ini diharapkan memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan metode desain perkerasan yang adaptif terhadap dinamika lalu lintas regional serta mendukung pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan di kawasan pesisir.

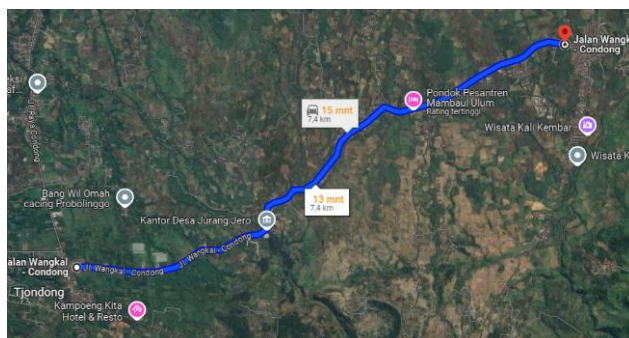
METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen untuk merancang perkerasan lentur dan menghitung anggaran biaya pada proyek peningkatan jalan ruas Condong-Wangkal Sta. 0+000 hingga Sta. 7+350 dengan mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024. Tahap awal dimulai dengan identifikasi masalah struktural pada ruas jalan tersebut, dilanjutkan dengan pengumpulan data primer melalui survei teknis jalan, pengujian CBR lapangan, pemantauan lalu lintas, serta analisis HSPK dan AHSP. Data sekunder diperoleh dari studi literatur dan dokumen MDPJ 2024 sebagai acuan utama.

Data yang terkumpul kemudian diolah menggunakan metode MDPJ 2024 untuk mendapatkan parameter desain yang akurat. Hasil analisis data menjadi dasar penyusunan gambar kerja detail yang mencakup spesifikasi teknis dan desain perkerasan jalan. Berdasarkan desain tersebut, dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya konstruksi yang mencakup seluruh komponen pekerjaan termasuk material, tenaga kerja, dan biaya operasional.

Analisis temuan penelitian dilakukan secara komprehensif untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian antara desain dengan kondisi aktual di lapangan, termasuk identifikasi berbagai kendala teknis yang mungkin muncul beserta solusi yang direkomendasikan. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan yang komprehensif mengenai desain perkerasan lentur untuk ruas jalan tersebut, serta memberikan rekomendasi teknis untuk pengembangan infrastruktur jalan yang berkelanjutan sesuai dengan standar terkini. Pendekatan metodologis yang sistematis ini menjamin tercapainya desain yang akurat dan perhitungan anggaran yang efisien untuk pelaksanaan proyek.

Lokasi Proyek Lokasi perencanaan perkerasan lentur ini berada di ruas jalan Condong-Wangkal STA. 0+000 - STA. 7+350, jalan ini berada di berada di desa Condong sampai desa Wangkal, kecamatan Gading, Kabupaten Probolinggo.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Data Primer

a. Data Teknis Jalan

Penelitian ini didukung oleh data teknis yang relevan, yang digunakan dalam proses analisis berupa parameter penting dari ruas jalan Condong – Wangkal pada table berikut

Tabel 1. Data Teknis Jalan

| Data teknis jalan | | Keterangan |
|--------------------------|---------------------|------------|
| Nama ruas jalan | : Condong - Wangkal | |
| Status jalan | : Kabupaten | |
| Panjang jalan | : 7.694 m | Meter |
| Lebar jalan | : 4 | Meter |
| Kelas jalan rencana | : Jalan desa | |
| Kecepatan jalan rencana | : 40 | km/jam |
| Jumlah arah | : 2 | arah |
| Jumlah lajur | : 1 | jalur |
| Kemiringan perkerasan | : 2 | % |
| Umur rencana | : 20 | tahun |
| Jenis perkerasan rencana | : Perkerasan lentur | |

Sumber: Data Peneliti (2025)

b. Data CBR Lapangan

Data CBR (*California Bearing Ratio*) Lapangan diperoleh melalui pengujian di lapangan untuk mengukur kekuatan tanah dasar (subgrade) dalam menahan beban lalu lintas, dimana nilai CBR yang lebih tinggi menunjukkan daya dukung tanah yang lebih baik

c. Data Lalu Lintas

Data Lalu Lintas mencakup volume, komposisi, dan distribusi kendaraan yang meliputi survei harian dan klasifikasi kendaraan berdasarkan jenis dan beban sumbu untuk menghitung Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR).

d. HSPK

HSPK (Harga Satuan Pokok Kegiatan) digunakan sebagai acuan dasar dalam perhitungan biaya konstruksi, yang mencakup harga material, upah tenaga kerja, dan peralatan untuk setiap jenis pekerjaan.

e. AHSP 2025

AHSP 2025 (Analisis Harga Satuan Pekerjaan) adalah dokumen standar berisi metode perhitungan biaya satuan pekerjaan konstruksi jalan terbaru, digunakan untuk menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) secara lebih rinci dan akurat.

Data Sekunder

Literatur Tentang MDPJ 2024 yang mencakup tentang perencanaan perkerasan lentur

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara sistematis melalui serangkaian tahapan berikut ini.

a. Pengolahan Data CBR

Pada MDPJ 2024, nilai CBR digunakan dalam bentuk tabel yang digunakan untuk menentukan ketebalan perkerasan yang dibutuhkan. Terdapat korelasi langsung antara nilai CBR tanah dengan ketebalan yang dihitung. Biasanya, nilai CBR yang rendah (misalnya <5%) akan memiliki ketebalan yang lebih besar, sementara itu, nilai CBR yang tinggi (misalnya >10%) cenderung menghasilkan ketebalan lapis perkerasan yang lebih tipis. Perhitungan nilai indeks CBR menggunakan Metode persentil, Prosedur Metode persentil dapat menggunakan Microsoft Excel menggunakan rumus = *PERCENTILE* (*array*, *k*), di mana “array” mewakili kumpulan dari data dan “k” merupakan persentil dalam bentuk desimal.

b. Pengolahan data perkerasan jalan

Pengolahan data perkerasan jalan mengacu pada MDPJ 2024 dengan tujuan menentukan dimensi struktur perkerasan lentur secara optimal. Tahapan meliputi: penentuan umur rencana jalan, perhitungan volume kendaraan harian rata-rata (LHR), faktor pertumbuhan lalu lintas, distribusi lajur dan arah, koefisien ekuivalen beban, hingga perhitungan beban sumbu standar kumulatif (CESAL). CESAL (*Cumulative Equivalent Standard Axle Load*) adalah total beban lalu lintas yang dikonversi ke satuan sumbu standar 8,16 ton selama masa layan, dan menjadi dasar dalam penentuan ketebalan perkerasan. Istilah ini setara dengan CESA, namun CESAL lebih umum digunakan dalam pedoman nasional. Tahapan ditutup dengan pemilihan sistem lapisan perkerasan sesuai beban lalu lintas.

c. Pembuatan Gambar Kerja

Pembuatan Gambar Kerja ini didasarkan pada analisa tebal lapis perkerasan lentur menggunakan MDPJ 2024.

d. Penentuan HSPK dan AHSP

Data HSPK dan AHSP diperoleh dari dinas PUPR, data ini digunakan sebagai acuan harga bahan, penyewaan alat, upah pekerja serta analisa harga satuan setiap pekerjaan, Harga Satuan Pokok Kegiatan dan Analisa Harga Satuan Pekerjaan di pilih berdasarkan pekerjaan terkait.

e. Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume Pekerjaan yang dihitung dalam pekerjaan jalan mencakup volume galian tanah serta volume material untuk lapisan perkerasan

f. Perhitungan RAB

Setelah diketahuinya AHSP maka volume pekerjaan dapat diperoleh melalui perhitungan Rencana Anggaran Biayanya dengan cara Volume Pekerjaan dikalikan dengan Analisa Harga Satuan Pekerjaan dan hasil dari Estimasi Anggaran Biaya ini dapat di rekapitulasi setiap pekerjaan sehingga didapatkan biaya total dari seluruh pekerjaan.

HASIL

Pengolahan Data CBR

Tabel 2. Data CBR Rerata Setiap Pada Setiap Segmen

| NO | TITIK | SEGMENT | | CBR RERATA (%) |
|----|-------|---------|-----|----------------|
| | | STA | STA | |
| 1 | 1 | 0+050 | - | 7,757 |
| 2 | 2 | 0+125 | - | 9,305 |
| 3 | 3 | 0+150 | - | 8,174 |
| 4 | 4 | 1+225 | - | 8,073 |
| 5 | 5 | 1+300 | - | 8,807 |
| 6 | 6 | 1+425 | - | 7,607 |
| 7 | 7 | 2+525 | - | 8,057 |
| 8 | 8 | 2+660 | - | 9,614 |
| 9 | 9 | 2+990 | - | 9,706 |
| 10 | 10 | 3+925 | - | 7,782 |
| 11 | 11 | 4+075 | - | 8,419 |
| 12 | 12 | 5+200 | - | 7,011 |
| 13 | 13 | 6+375 | - | 9,119 |
| 14 | 14 | 7+075 | - | 9,004 |
| 15 | 15 | 7+300 | - | 7,759 |

Sumber: Data Peneliti (2025)

Dari tabel 2 diperoleh hasil CBR rerata per segmen yang selanjutnya akan diolah dengan diketahuinya nilai 10% dari CBR rerata per segmen dengan menggunakan rumus *percentile* (CBR rerata semua titik ; 0,1) Nilai *percentile* ke-10 dihitung dari 15 data CBR rerata yang telah diurutkan dari nilai terkecil hingga terbesar. Posisi nilai ke-10 persen dihitung menggunakan rumus:

$$P = (n+1) \times p/100 \tag{1}$$

Dimana:

P = posisi data *percentile* ke-10

n = jumlah data (15 titik)

p = *percentile* (10)

$$P = (15+1) \times 10/100 = 1,6$$

Artinya, nilai *percentile* ke-10 berada di antara data urutan pertama dan kedua, atau lebih tepatnya diinterpolasi antara data CBR ke-1 dan ke-2:

Data ke-1 = 7,011

Data ke-2 = 7,607

Perhitungan nilai *percentile* ke-10 dilakukan melalui interpolasi linier antara data CBR urutan pertama dan kedua yang telah diurutkan secara menaik. Berdasarkan data, nilai CBR pada urutan pertama adalah 7,011%, sedangkan pada urutan kedua adalah 7,607%. Dengan posisi *percentile* ke-10 berada pada peringkat 1,6, maka dilakukan interpolasi menggunakan rumus:

$$CBR_{10\%} = 7,011 + (7,607 - 7,011) \times 0,6 = 7,3686\% \tag{2}$$

Nilai sebesar 7,3686% tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penentuan desain fondasi minimum perkerasan jalan.

Perhitungan Volume Lalu Lintas

Tabel 3. Perhitungan volume lalu lintas

| Jenis Kendaraan | Arah Condong | Arah Wangkal | Lintas Harian Rata Rata (2 Arah) 2024 |
|-----------------|--------------|--------------|---------------------------------------|
| 1 | 2.206,67 | 2.282,00 | 2.282,00 |
| 2 | 49,00 | 56,00 | 56,00 |
| 3 | - | - | - |
| 4 | 55,00 | 53,67 | 55,00 |
| 5 | - | - | - |
| 6A | 37,00 | 41,00 | 41,00 |

Sumber: MDPJ (2024)

Dari data perhitungan tabel 3 diperoleh hasil LHR jenis kendaraan 1 adalah 2282, jenis kendaraan 2 adalah 56, jenis kendaraan adalah 55 dan jenis kendaraan 6A adalah 41, data yang akan dipakai dalam perhitungan CESAL pada tabel 4 adalah data 6A dikarenakan yang digunakan untuk perhitungan CESAL adalah kendaraan bermuatan berat. Faktor pengkali pertumbuhan lalu lintas dipilih berdasarkan fungsi jalan dan lokasi jalan, pada tabel 3 diperoleh nilai faktor pengkali pertumbuhan lalu lintas adalah 1,00 dikarenakan jalan akan dibangun di daerah Jawa dan termasuk kategori kelas jalan rencana jalan desa.

Penentuan Faktor Distribusi Arah Dan Lajur

Dalam analisis ini, digunakan nilai distribusi beban sebesar 100% berdasarkan kondisi jalan dengan satu lajur untuk setiap arah, sesuai acuan dari MDPJ (2024). Seluruh kendaraan niaga diasumsikan melintasi lajur desain yang sama, sehingga seluruh beban lalu lintas terkonsentrasi pada satu lajur. Pemilihan nilai ini merepresentasikan pendekatan konservatif dalam perencanaan struktur perkerasan.

Penentuan Faktor Ekuivalen Beban

Berdasarkan MDPJ (2024), penentuan faktor ekuivalen beban disesuaikan dengan lokasi studi, yakni di wilayah Jawa Timur pada ruas Jalan Lintas Tengah. Nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF) ditetapkan berdasarkan jenis kendaraan, karena tiap jenis memberikan dampak kerusakan berbeda. Untuk kendaraan tipe 6A, digunakan nilai VDF sebesar 0,5 pada kondisi faktual dan normal di VDF 4, serta 0,4 pada kondisi VDF 5. Hal ini mencerminkan bahwa tipe kendaraan tersebut menunjukkan kontribusi kerusakan yang relatif stabil, dengan sedikit penurunan pada klasifikasi VDF 5. Data ini penting dalam perhitungan ketahanan struktur terhadap beban lalu lintas.

Tabel 4. Perhitungan CESAL

| Jenis Kendaraan | LHR 2Arah 2024 | LHR 2024 | JAWA TIMUR JALAN LINTAS TENGAH | | | | Umur (i = 1,00%) | | Esa Beban Aktual (> 2023) | | | |
|-----------------|----------------|----------|--------------------------------|-------|--------------|-------|------------------|-------------|---------------------------|----------|------------|--------|
| | | | Beban Faktual | | Beban Normal | | DD | DL | CESA 5 | | | |
| | | | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | | | 0 Tahun | 20 Tahun | Faktual | Normal |
| | | | | | | | 2024 -2044 | 2024 - 2044 | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 14 | 15 |
| 6A | 41 | 41 | 3,80 | 3,70 | 1,20 | 0,70 | 0,5 | 1 | 0,00 | 22,02 | 609.601,63 | 115330 |

Sumber: MDPJ (2024)

Dari data LHR diperoleh nilai sebesar 41 pada jenis kendaraan 6A atau truk 2 sumbu-truk ringan yang selanjutnya akan dihitung nilai CESAL dengan menggunakan rumus menggunakan perkalian antara data LHR jenis kendaraan x faktor ekuivalen beban x 365 x DD x DL x faktor pengkali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

$$\{ (1+0,1x1fpl)20-1/0,01x 1 fpl \} \tag{3}$$

dengan rumus diatas maka didapatkan hasil dari nilai

$$\text{CESAL faktual} = 41 \times 3,7 \times 365 \times 0,5 \times 1 \times 22,02 = 609601,63$$

$$\text{CESAL normal} = 41 \times 0,7 \times 365 \times 0,5 \times 1 \times 22,02 = 115330,04$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai data CESAL faktual sebesar 609601,63 dan nilai dari CESAL normal sebesar 115330,04. Nilai tersebut nantinya akan dijumlah dan didapatkan nilai CESAL 5 sebesar 7,25E+05 atau sebesar 724932. Nilai ini akan digunakan untuk pemilihan struktur perkerasan, penentuan tebal perkerasan serta penentuan desain fondasi minimum jalan. Perhitungan stabilitas kerusakan jalan didasarkan pada nilai CESAL (*Cumulative Equivalent Standard Axle Load*) sebesar 724932 dengan umur rencana 20 tahun. Untuk memahami perkembangan kerusakan jalan secara bertahap, dilakukan analisis dalam interval setiap 5 tahun. Perhitungan ini dimulai dari perhitungan CESAL kumulatif interval setiap 5 tahun serta nilai besaran kerusakan berdasarkan nilai CESAL interval setiap 5 tahun.

Tabel 5. Perkembangan Kerusakan

| Tahun | CESAL Kumulatif | Lubang & Deformasi |
|-------|-----------------|--------------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 5 | 45308 | 2265 |
| 10 | 181233 | 27184 |
| 15 | 407774 | 124720 |
| 20 | 724932 | 434959 |

Sumber: MDPJ (2024)

Dari tabel 5 didapatkan nilai CESAL berdasarkan besaran kerusakan pada setiap interval yaitu pada tahun 5 nilai CESAL lubang dan deformasi adalah 2265, pada tahun 10 nilai CESAL lubang dan deformasi adalah 27184, pada tahun 15 nilai CESAL lubang dan deformasi adalah 124720, pada tahun 20 nilai CESAL lubang dan deformasi adalah 434959. Dari data tersebut menunjukkan pada umur rencana 20 tahun dengan Nilai CESAL 724932 mampu menahan pada jenis kerusakan tersebut.

Perhitungan CESAL Kumulatif pada tahun $n = \text{CESAL Kumulatif tahun ke } 20 \times (\text{tahun ke } n / \text{tahun ke } 20)^2$

Contoh perhitungan CESAL Kumulatif pada tahun 5 = $724932 \times (5/20)^2 = 45308$

Perhitungan Perkembangan kerusakan pada tahun $n = \text{CESAL Kumulatif tahun ke } n \times (\text{tahun ke } n / 100)$.

Contoh perhitungan Perkembangan kerusakan pada tahun 5 = $45308 \times (5/100) = 2265$

Perhitungan Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL) kumulatif pada tahun ke-n dilakukan dengan menggunakan pendekatan proporsional kuadratik terhadap waktu. Berdasarkan metode ini, nilai CESAL kumulatif tahun ke-n dihitung dengan memodifikasi nilai CESAL tahun ke-20 melalui persamaan: $\text{CESAL}_n = \text{CESAL}_{20} \times (n/20)^2$. Sebagai contoh perhitungan, untuk tahun ke-5 dengan asumsi CESAL tahun ke-20 sebesar 724.932, diperoleh nilai CESAL kumulatif sebesar 45.308 ($724.932 \times (5/20)^2$).

Selanjutnya, perkembangan kerusakan jalan pada tahun ke-n diestimasi melalui perkalian antara nilai CESAL kumulatif tahun tersebut dengan faktor perkembangan tahunan yang dinyatakan dalam persentase. Rumus yang digunakan adalah: $\text{Kerusakan}_n = \text{CESAL}_n \times (n/100)$. Pada contoh perhitungan tahun ke-5 dengan CESAL kumulatif 45.308, diperoleh nilai perkembangan kerusakan sebesar 2.265 ($45.308 \times (5/100)$). Metode perhitungan ini memungkinkan prediksi akumulasi beban lalu lintas dan estimasi perkembangan kerusakan jalan secara bertahap, yang sangat penting dalam perencanaan pemeliharaan infrastruktur jalan yang berkelanjutan.

Pemilihan Struktur Perkerasan

Mengacu pada nilai CESA 5 sebesar 724.932 dari MDPJ (2024), desain perkerasan yang relevan merujuk pada bagan 3,3A dan 3B, yang didasarkan pada struktur perkerasan berlapis Asphalt Concrete (AC) dan pondasi agregat. Nilai ini mencerminkan kebutuhan akan kekakuan struktural yang sesuai untuk menahan beban lalu lintas. Pemilihan struktur AC dilakukan karena ketahanannya terhadap beban kendaraan berulang dan perubahan iklim. Sementara itu, lapisan pondasi agregat berperan penting dalam menyebarkan beban ke lapisan tanah dasar untuk menjaga kestabilan keseluruhan sistem perkerasan.

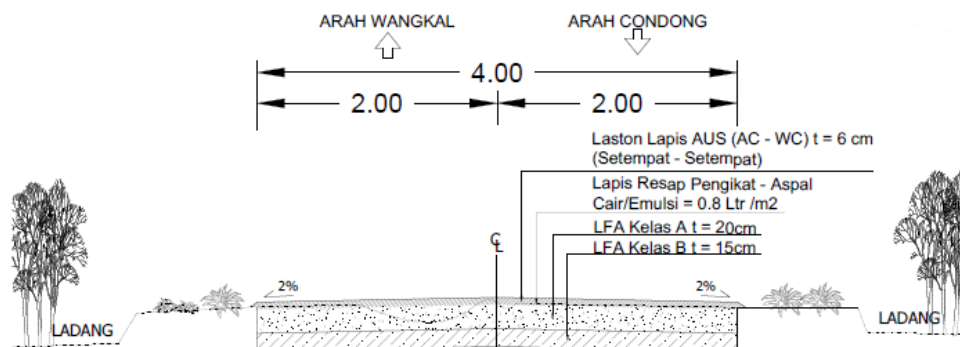
Penentuan Tebal Perkerasan

Berdasarkan pedoman dalam MDPJ (2024), untuk kondisi lalu lintas dengan beban rencana kurang dari 2 juta ESA5 dan FFF sebesar 1, struktur perkerasan yang disarankan terdiri atas tiga lapisan utama. Lapisan permukaan menggunakan campuran aspal panas tipe AC-WC setebal 60 mm sebagai pelindung utama terhadap beban dan cuaca. Lapisan kedua yaitu Lapisan Fondasi Agregat (LFA) Kelas A dengan ketebalan 200 mm berfungsi menyebarkan beban secara merata. Sementara itu, lapisan dasar Lapisan Fondasi Agregat (LFA) Kelas B setebal 150 mm bertugas meningkatkan kestabilan terhadap tanah dasar. Kombinasi ini diharapkan memberikan performa struktural yang optimal sepanjang masa layan jalan.

Desain Fondasi Minimum

Berdasarkan pedoman MDPJ (2024), nilai CBR sebesar 7,3686% dan beban lalu lintas kumulatif (ESA5) kurang dari 2 juta menempatkan tanah dasar pada kategori SG6, yakni tingkat kekuatan tertinggi. Kondisi ini menunjukkan bahwa tanah telah memenuhi syarat untuk perkerasan lentur tanpa perlu dilakukan stabilisasi atau penggunaan material timbunan pilihan, sehingga mendukung efisiensi desain dan konstruksi jalan.

Pembuatan Gambar Kerja



Gambar 2 Gambar Kerja

Sumber: Autocad (2025)

Pada gambar diatas ditunjukkan hasil ketebalan perkerasan dari MDPJ 2024, yang terdiri atas Lapis Fondasi Agregat (LFA) kelas B setebal 15 cm, Lapis Fondasi Agregat (LFA) kelas A setebal 20 cm, serta lapisan aus AC-WC dengan ketebalan 6 cm.

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Penyusunan RAB dilakukan dengan mempertimbangkan hasil analisis terhadap volume dan satuan biaya masing-masing pekerjaan.

Tabel 6. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

| No. Divisi | Uraian Pekerjaan | Jumlah Harga Pekerjaan (Rp) |
|------------|---|---|
| 1 | Umum | 26,080,000.00 |
| 2 | Pekerjaan Tanah dan Geosintetik | 16,265,316.80 |
| 4 | Perkerasan Berbutir | 203,034,671.20 |
| 5 | Perkerasan Aspal | 309,965,655.98 |
| (A) | Jumlah Harga Pekerjaan (Termasuk Biaya Umum dan Keuntungan) | 555,345,643.98 |
| (B) | Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 11% x (A) | 61,088,020.84 |
| (C) | Jumlah Total Harga Pekerjaan = (A) + (B) | 616,433,664.82 |
| (D) | Dibulatkan | 616,433,000.00 |
| | Terbilang : | Enam Ratus Enam Belas Juta Empat Ratus Tiga Puluh Tiga Ribu Rupiah |

Sumber: Data Peneliti (2025)

Berdasarkan rincian anggaran untuk peningkatan ruas jalan Condong-Wangkal, pekerjaan terbagi dalam beberapa divisi, yaitu divisi umum, lingkup pekerjaan mencakup pekerjaan tanah dan geosintetik, perkerasan berbutir, dan perkerasan aspal. Divisi umum mencakup mobilisasi, sistem manajemen keselamatan konstruksi (SMKK), penyediaan alat pelindung kerja, asuransi, dan fasilitas kesehatan dengan biaya total Rp 26,080,000.00. Divisi tanah dan geosintetik mencakup pekerjaan penggalian dan penyiapan badan jalan dengan biaya Rp 16,265,316.80. Divisi perkerasan berbutir meliputi pemasangan LFA kelas A dan B dengan biaya Rp 203,034,671.20, sedangkan divisi perkerasan aspal mencakup pemasangan lapisan pengikat, perekat aspal cair, dan Laston AC-WC dengan biaya Rp 309,965,655.98. Total anggaran pekerjaan mencapai Rp 555,345,643.98, yang mencakup seluruh aspek mulai dari persiapan hingga pemasangan perkerasan, bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan daya dukung jalan guna mendukung kelancaran transportasi dan produktivitas di kawasan tersebut. Dengan penerapan Pajak Pertambahan Nilai (PPN) sebesar 11%, total pajak yang dikenakan adalah Rp 61,088,020.84, sehingga jumlah total harga pekerjaan menjadi Rp 616,433,664.82. Jumlah tersebut

dibulatkan menjadi Rp 616,433,000.00 atau Enam Ratus Enam Belas Juta Empat Ratus Tiga Puluh Tiga Ribu Rupiah. harga ini sudah termasuk dengan pajak pertambahan nilai (PPN) 11%.

Pembahasan

Proyek peningkatan ruas jalan Condong-Wangkal memiliki total anggaran Rp 616,433,000 setelah PPN, dengan rincian biaya mencakup divisi umum, tanah dan geosintetik, perkerasan berbutir, dan perkerasan aspal. Ketebalan lapisan perkerasan yang digunakan adalah AC-WC (6 cm), LFA Kelas A (20 cm), dan LFA Kelas B (15 cm). Dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu, seperti proyek Tol Palimanan-Kanci yang menggunakan AC WC (5cm), AC BC (7cm), AC Base (28cm), LFA Kelas A (30cm), LFA Kelas B (15cm), Timbunan pilihan berbutir kasar (20 cm). lapisan LFA Kelas dan nilai CESA 4 sebesar Rp 152.854.073 serta CESA 5 Rp 210.472.500 (Budiana et al., 2024), selain itu proyek Karangtalun-Kalidawir yang membutuhkan biaya Rp 73.342.707.500 dan durasi 1 tahun lebih 1 bulan (Prasetyo et al., 2020). Selain itu perencanaan perkerasan lentur pada ruas jalan yang menggunakan Metode Analisa Komponen SKBI – 2.3.26. 1987 dengan tebal perkerasan *Surface laston* MS 744 (10 cm), Base CTB (20 cm), dan *Subbase* Sirtu kelas A (50 cm), pada ruas Legundi-Pertigaan Bunder yang memerlukan biaya sebesar Rp 14.745.341.000 (Prasetyo et al., 2020). Hal ini menunjukkan proyek Condong-Wangkal lebih efisien baik dari segi biaya. Meskipun ada perbedaan pada jenis dan ketebalan material, pendekatan yang digunakan pada proyek ini serupa, diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan daya dukung jalan dengan anggaran yang lebih hemat.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024, ruas Jalan Condong–Wangkal (STA 0+000–STA 7+350) di Kabupaten Probolinggo memerlukan struktur perkerasan lentur yang terdiri dari Laston AC-WC 6 cm, LFA kelas A 20 cm, dan LFA kelas B 15 cm. Perencanaan ini disusun berdasarkan data aktual meliputi CBR tanah dasar, volume lalu lintas harian, pertumbuhan lalu lintas, dan beban sumbu kendaraan (CESAL), dengan estimasi biaya sebesar Rp616.433.000,00 termasuk PPN 11%. Pendekatan ini menghasilkan desain yang mampu menahan beban lalu lintas selama masa layan serta lebih efisien dibandingkan beberapa studi terdahulu baik dari segi tebal lapisan maupun anggaran. Hasil ini menunjukkan bahwa metode MDPJ 2024 dapat diterapkan secara adaptif untuk kondisi eksisting jalan di daerah, memberikan solusi teknis yang tepat guna, ekonomis, dan mendukung pengembangan infrastruktur yang berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan jurnal ini. Penghargaan khusus disampaikan kepada Universitas Kadiri atas dukungan fasilitas dan sumber daya yang diberikan. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada keluarga dan rekan-rekan atas dukungan moral dan motivasi yang diberikan. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi rujukan dalam penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amarasingha, N., Nandasiri, S. A. N. D., & Dissanayake, S. (2025). Impact of Pavement Surface Distress on Road Capacity. In H. Ozer & Q. Watkins (Eds.), *Airfield and Highway Pavements 2025: Design, Construction, Condition Evaluation, and Management of Pavements - Selected Papers from the International Airfield and Highway Pavements Conference 2025* (pp. 109–120). American Society of Civil Engineers (ASCE). <https://doi.org/10.1061/9780784486214.010>
- Andriansyah, F. P., Winarto, S., Cahyo, Y. S., Iwan Candra, A., Teknik, F., & Kadiri, U. (2019). ANALISA TEBAL PERKERASAN LENTUR PADA RENCANA PENINGKATAN JALAN RUAS LEGUNDI-PERTIGAAN BUNDER. In *JURMATEKS* (Vol. 2, Issue 2).
- Asres, E., Ghebrab, T., & Ekwaro-Osire, S. (2022). Framework for Design of Sustainable Flexible Pavement. In *Infrastructures* (Vol. 7, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/infrastructures7010006>
- Bąkowski, A., & Radziszewski, L. (2022). Analysis of the traffic parameters on a section in the city of the national road during several years of operation. *Communications - Scientific Letters of the University of Žilina*, 24(1), A12–A25. <https://doi.org/10.26552/com.C.2022.1.A12-A25>
- Boldizsár, A., Mészárosorcid, F., & Sipos, T. (2023). Spatiality in freight transport efficiency. *Acta Oeconomica*, 73(2), 327–345. <https://doi.org/10.1556/032.2023.00019>
- Budiana, U., Multi Phi Beta, P., & Lentur Peningkatan Lajur Palikanci, P. (2024). *Analisis Perkerasan Lentur Dengan Metode MDPJ 2024 Pada Peningkatan Lajur Ruas Tol Palikanci* (Vol. 1, Issue 1).
- Febriansyah, D., & Firdaus, F. (2025). Optimasi Campuran Aspal Lapis Aus (AC-WC) melalui Substitusi Ban Bekas dan Additive Anti-Striping. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(1), 387. <https://doi.org/10.33087/talentsipil.v8i1.840>

- Hosseini, A., Faheem, A., Titi, H., & Schwandt, S. (2022). Deterioration Modeling of Flexible Pavements Based on As-Produced and As-Constructed Properties. *Journal of Transportation Engineering Part B: Pavements*, 148(2). <https://doi.org/10.1061/JPEODX.0000372>
- Kumar, S., Dash, A., Kar, S. S., & Kar, A. (2025). YOLOv5 Approach for Pothole Identification: A Case Study. In K. U. S, S. Sethi, G. Ghinea, & S. K. Kuanar (Eds.), *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 1149, pp. 207–218). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-981-97-8160-7_16
- Nainggolan, C. W., Yamali, F. R., & Dony, W. (2025). Kondisi Kerusakan Jalan dengan Metode Nilai International Roughness Index (IRI) dan Surface Distress Index (SDI) pada Ruas Jalan Jambi – Bulian Kabupaten Muara Jambi. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(1), 478. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v8i1.737>
- Prasetyo, H., Poernomo, Y. C. S., & Candra, A. I. (2020). *Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Dan Rencana Anggaran Biaya (Pada Proyek Ruas Jalan Karangtalun - Kalidawir Kabupaten Tulungagung)*. <https://doi.org/10.30737/jurmateks>
- Prayitno, E., Veronika, V., Yusri, N., & Fuadi, A. B. (2025). Metode Pavement Condition Index Perkerasan Rigid Pavement Jalan Raya Bandar Buat Kota Padang STA 02+000 - STA 07+000. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(1), 309. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v8i1.772>
- Queiroz Júnior, H. D. S., Celestino, M. A. D. S., Falcão, V. A., da Silva, F. G. F., Andrade, M. D. O., & Brasileiro, A. (2025). Analysis of the Influence of Transportation Infrastructure on Socio-Environmental Efficiency: Countries Case Studies. *Transportation Research Record*, 2679(3), 899–917. <https://doi.org/10.1177/03611981241284625>
- Risqullah Hadi Pratama, H., Nasikh, dan, Pembangunan, E., Ekonomi dan Bisnis, F., Semarang No, J., Lowokwaru, K., Malang, K., & Timur, J. (2022). Analisis Potensi Sektor Pertanian Sebagai Pengembangan Sektor Unggulan di Kabupaten Probolinggo. *Jurnal Ilmu Ekonomi Dan Studi Pembangunan*, 2. <https://doi.org/10.30596/ekonomikawan.v%vi%i.10204>
- Setyawan, A., & Adam Arifin, M. (2023). *ANALISIS DESAIN TEBAL LAPIS TAMBAH (OVERLAY) BERDASARKAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN 2017 (STUDI KASUS: RUAS JALAN NASIONAL KARTOSURO-BATAS KOTA SURAKARTA STA. 0+000-5+500)*. 11(2). <https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i2>
- Zio, S., Satafa, S., & Beidari, M. (2024). Numerical Simulation of Flexible Pavement Using Finite Element Method: Global Sensitivity Analysis. *2024 IEEE Multi-Conference on Natural and Engineering Sciences for Sahel's Sustainable Development, MNE3SD 2024*. <https://doi.org/10.1109/MNE3SD63831.2024.10812135>