

ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*) METODE MDPJ 2017 DAN AASHTO 1993

(Studi Kasus : Jalan Lingkar Sepaku Tahap 2 Ruas 4.2
STA 0+000 s.d STA 2+350 Kabupaten Penajam Paser Utara)

Andhika Maulana¹, Rizky Ristanto A², Soehartono³, Baswindro⁴

^{3,4} Dosen Teknik Sipil, Universitas Pandanaran, ⁴Dosen Polteka Semarang

^{1,2} Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pandanaran Semarang

Email : dk.maoels@gmail.com, Rizky.maia1903@gmail.com,
soehartono.sipilunpand@gmail.com, baswindro@unpand.ac.id

Abstrak

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang menggunakan pelat beton semen sebagai lapisan utama yang berfungsi menyalurkan beban lalu lintas ke lapisan tanah dasar. Pemilihan tebal pelat beton yang tepat sangat berpengaruh terhadap umur rencana, kinerja struktural, serta efisiensi biaya konstruksi jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan tebal perkerasan kaku berdasarkan dua metode perencanaan, yaitu Metode MDPJ 2017 (Manual Desain Perkerasan Jalan) dan Metode AASHTO 1993, dengan studi kasus pada Jalan Lingkar Sepaku Tahap 2 – Ruas 4.2 STA 0+000 s.d STA 2+350, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur. Data yang digunakan meliputi data lalu lintas harian rata-rata (LHR), data kondisi tanah dasar (CBR), serta parameter material perkerasan. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh tebal pelat beton hasil perhitungan Metode MDPJ 2017 sebesar 25 cm, sedangkan Metode AASHTO 1993 menghasilkan tebal 35 cm. Perbedaan tebal ini disebabkan oleh perbedaan pendekatan desain, faktor keandalan, serta nilai koefisien drainase yang digunakan pada masing-masing metode. Dari hasil evaluasi, Metode MDPJ 2017 menghasilkan desain yang lebih efisien secara ekonomi tanpa mengurangi kinerja struktural yang signifikan, sedangkan Metode AASHTO 1993 memberikan faktor keamanan yang lebih tinggi terhadap beban lalu lintas jangka panjang.

Kata Kunci : Perkerasan Kaku, MDPJ 2017, AASHTO 1993

Abstract

Rigid pavement is a type of road pavement that utilizes cement concrete slabs as the primary layer to distribute traffic loads to the subgrade. Selecting the appropriate concrete slab thickness significantly influences the design life, structural performance, and cost-efficiency of road construction. This study aims to analyze and compare rigid pavement thickness based on two design methods the 2017 MDPJ (Road Pavement Design Manual) method and the 1993 AASHTO method using a case study of the Sepaku Ring Road Phase 2 – Section 4.2 (STA 0+000 to STA 2+350) in North Penajam Paser Regency, East Kalimantan. The data utilized includes Average Daily Traffic (ADT), subgrade condition data (CBR), and pavement material parameters. The analysis results indicate that the concrete slab thickness calculated using the 2017 MDPJ method is 25 cm, whereas the 1993 AASHTO method yields a thickness of 35 cm. This discrepancy in thickness arises

from differences in design approaches, reliability factors, and drainage coefficient values employed by each method. The evaluation reveals that the 2017 MDPJ method produces a more economically efficient design without significantly compromising structural performance, while the 1993 AASHTO method provides a higher factor of safety regarding long-term traffic loads.

Keywords: Rigid Pavement, MDPJ 2017, AASHTO 1993

Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan salah satu pilar penting dalam menunjang pertumbuhan ekonomi, pemerataan pembangunan, serta peningkatan konektivitas antarwilayah di Indonesia. Jalan berfungsi sebagai sarana transportasi utama yang menghubungkan pusat-pusat kegiatan ekonomi, sosial, maupun budaya, sehingga kondisi dan kualitas jalan sangat berpengaruh terhadap kelancaran distribusi barang dan mobilitas masyarakat. Dalam perencanaan jalan, salah satu aspek yang sangat krusial adalah pemilihan jenis perkerasan dan penentuan tebal lapis perkerasan yang sesuai dengan kondisi lalu lintas, tanah dasar, iklim, serta umur rencana. Perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan menggunakan pelat beton semen Portland (PCC – *Portland Cement Concrete*) sering dipilih karena memiliki daya dukung tinggi, ketahanan terhadap beban lalu lintas berat, serta umur pelayanan yang relatif panjang. Keunggulan inilah yang menjadikan perkerasan kaku banyak diaplikasikan pada jalan dengan arus lalu lintas tinggi, seperti jalan nasional, jalan tol, maupun jalan strategis di kawasan pembangunan IKN (Putra & Sulistyono, 2018).

Metode perencanaan tebal perkerasan jalan di Indonesia pada awalnya mengacu pada pedoman Bina Marga 1983 dan mengalami beberapa kali penyempurnaan. Perkembangan terbaru diwujudkan dalam dokumen Metode Desain Perkerasan Jalan Indonesia (MDPJ 2017) yang disusun oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian PUPR. MDPJ 2017 merupakan penyempurnaan dari MDPJ 2017, dengan mengintegrasikan pendekatan mekanistik-empiris serta memperhatikan kondisi iklim tropis Indonesia, beban lalu lintas berulang, dan variasi kondisi tanah dasar. (Kementerian PUPR, 2024). Metode perencanaan tebal perkerasan kaku yang banyak digunakan adalah metode AASHTO 1993 yang dikembangkan oleh *American Association of State Highway and Transportation Officials*. Metode ini berlandaskan pada hasil *AASHO Road Test* (1958–1960) dan kemudian dikalibrasi untuk berbagai kondisi lalu lintas, iklim, serta jenis tanah dasar di Amerika Serikat (Huang, 2015; Handayani et al., 2020).

Tinjauan Pustaka

Jenis Perkerasan

Perkerasan jalan diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama, yaitu : Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*), Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) dan Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*). Klasifikasi ini didasarkan pada karakteristik material penyusunnya dan cara perkerasan tersebut menyalurkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Menurut Sukirman (2017), perkerasan lentur menggunakan lapisan aspal sebagai pengikat utama, sedangkan perkerasan kaku menggunakan pelat beton semen Portland yang memiliki modulus elastisitas tinggi.

Tipe perkerasan kaku (*rigid pavement*) merupakan sistem perkerasan jalan yang menggunakan lapisan permukaan berupa pelat beton semen portland (*Portland Cement Concrete/PCC*) sebagai elemen struktural utama yang bersifat kaku dan memiliki modulus elastisitas tinggi. Kekakuan tersebut menyebabkan sebagian besar beban lalu lintas didistribusikan secara luas ke tanah dasar melalui pelat beton, bukan melalui deformasi berlapis seperti perkerasan lentur (Kamil, 2023). Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ, 2017) perkerasan kaku didesain untuk menahan beban lalu lintas dengan memperhatikan tegangan lentur beton, daya dukung tanah dasar (kondisi *subgrade*), dan sistem sambungan (*joint*). Perkerasan ini terdiri atas beberapa lapisan, yaitu:

1. Lapis permukaan (*surface layer*) berupa beton semen portland, berfungsi sebagai lapisan struktural dan lapisan aus yang menanggung beban langsung dari lalu lintas.
2. Lapis pondasi atas (*base course*), menggunakan material granular / *lean concrete*, berfungsi sebagai penyebar beban tambahan dan lapisan perata.
3. Tanah dasar (*subgrade*), yaitu lapisan tanah di bawah perkerasan yang berperan dalam mendukung seluruh beban di atasnya.

Kinerja perkerasan kaku dipengaruhi oleh kekuatan lentur beton (*modulus of rupture*) modulus elastisitas beton (E) kondisi dukungan *subgrade* (k -value). Jalan tol, jalan nasional dengan volume lalu lintas tinggi, kawasan industri, dan bandara, karena memiliki daya tahan tinggi terhadap beban berulang serta deformasi permanen. Biaya awal konstruksi relatif tinggi, umur rencana 20 – 40 tahun, dengan kebutuhan pemeliharaan lebih rendah dibandingkan perkerasan lentur (Ridwansyah, 2015). Pengerasan yang pengikatnya memanfaatkan aspal dikatakan lentur dimana beban lalulintasnya diangkut dan disalurkan secara langsung kedalam tanah dasar oleh lapisan pengerasan. Lapisan permukaan *crouse*, yaitu lapisan perkerasan lentur tepat di atasnya, berfungsi sebagai penopang langsung beban roda, memiliki stabilitas yang sangat baik, dan menjadi lapisan yang langsung bergesekan dari rem mobil atau lapisan aus, dan memudahkannya untuk getas (Sukirman, 2019). Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2017), perkerasan lentur terdiri atas beberapa lapisan utama, yaitu :

1. Lapis permukaan (*surface course*), berupa campuran aspal dan agregat (lapis aus dan lapis antara) yang berfungsi menahan beban roda, memberikan kenyamanan, dan ketahanan terhadap cuaca.
2. Lapis pondasi atas (*base course*), berfungsi menyebarkan beban dari lapis permukaan ke lapis di bawahnya serta menambah kekakuan struktur perkerasan.
3. Lapis pondasi bawah (*subbase course*), biasanya terdiri dari agregat bergradasi baik yang berfungsi memperbaiki distribusi beban dan menjaga kestabilan terhadap deformasi permanen.
4. Tanah dasar (*subgrade*), berperan sebagai pondasi utama yang mendukung seluruh lapisan perkerasan di atasnya.

Keunggulan perkerasan lentur adalah dalam aspek kenyamanan berkendara, biaya awal yang relatif lebih rendah, serta kemudahan perawatan dan perbaikan. Untuk masa layanan yang lebih pendek (10 – 15 tahun) dibandingkan perkerasan kaku serta rentan terhadap deformasi akibat suhu tinggi dan kondisi drainase yang buruk (Suparman, 2019).

Perkerasan Komposit

Perkerasan komposit (*composite pavement*) merujuk pada konfigurasi konstruksi yang menggabungkan elemen perkerasan kaku dan lentur dalam satu struktur; umumnya berupa pelat beton di bawahnya (*rigid layer*) dengan lapisan permukaan aspal di atasnya (*flexible overlay*). Tujuan perkerasan komposit adalah memanfaatkan keunggulan kedua sistem: kekakuan beton yang dapat mendistribusikan beban dan daya tahan jangka panjang, serta permukaan aspal yang memberikan kenyamanan, tahanan gesek, dan kemudahan perawatan permukaan. Menurut MDPJ (2017), sistem perkerasan komposit dapat dibangun dalam dua konfigurasi utama:

1. Perkerasan beton lama yang di-*overlay* dengan aspal (*asphalt over concrete*), digunakan untuk meningkatkan kenyamanan permukaan dan memperpanjang umur perkerasan kaku yang telah ada.
2. Perkerasan baru dengan kombinasi pelat beton dan lapisan aspal, di mana beton berfungsi sebagai lapisan struktural utama dan aspal berfungsi sebagai lapisan aus serta penahan air.

Sistem komposit memiliki keunggulan antara lain : meningkatkan kinerja struktural dan umur layanan perkerasan, menyediakan permukaan jalan lebih halus, nyaman dibanding beton polos, mengurangi retak reflektif pada beton karena adanya lapisan aspal penutup, dan mempermudah pemeliharaan dan *overlay* ulang tanpa perbaikan struktural.

Fungsi Perkerasan Kaku

Menurut Sukirman (2017), sifat kekakuan dan kekuatan lentur yang tinggi dari beton memungkinkan pelat perkerasan menahan beban kendaraan tanpa menyebabkan deformasi yang signifikan lapisan bawahnya. Sebagai elemen struktural yang memberikan permukaan jalan yang rata, kuat, dan tahan terhadap deformasi plastis akibat beban berulang maupun perubahan cuaca ekstrem. Permukaan beton yang keras juga memberikan nilai *skid resistance* yang baik, Secara umum fungsi utama perkerasan kaku adalah : mendukung dan menyalurkan beban lalu lintas, memberikan permukaan yang rata dan nyaman, melindungi tanah dasar dari kerusakan, menjamin daya tahan terhadap keausan, bahan beton memiliki ketahanan tinggi terhadap abrasi, dan menurunkan biaya pemeliharaan jangka Panjang.

Perkerasan Beton Semen Bersambung dengan Tulangan (*Jointed Reinforced Concrete Pavement – JRCP*)

Menurut AASHTO (1993), JRCP dikembangkan untuk mengurangi frekuensi sambungan dan menambah kemampuan struktur pelat beton dalam menahan gaya tarik akibat susut, beban lalu lintas, dan perubahan temperatur. Dengan demikian, pelat dapat menahan tegangan tarik yang lebih besar sebelum terjadinya retak.

1. Prinsip dan Mekanisme Kerja

Sistem JRCP, tulangan ditempatkan di tengah ketebalan pelat beton, dengan rasio tulangan berkisar antara 0,15% hingga 0,25% dari luas penampang pelat beton. Tulangan ini tidak dimaksudkan untuk memperkuat struktur dalam menahan beban secara langsung, tetapi untuk mengendalikan lebar retak agar tetap kecil (biasanya < 1 mm).

Tulangan juga memungkinkan jarak antar sambungan diperlebar hingga 9 –15 meter, dibandingkan 4 – 6 meter pada sistem JPCP. Hal ini mengurangi jumlah sambungan,

biaya pemeliharaan, serta meningkatkan kenyamanan berkendara. (*Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (MDPJ 2017)*)

2. Komponen Utama Sistem JRCP

1) Pelat Beton Bertulang

Pelat beton dengan tulangan baja terdistribusi merata di tengah tebal pelat. Tulangan dapat berupa *deformed bar* atau *welded wire mesh*.

2) Sambungan (*Joint*)

- Sambungan susut dan muai tetap digunakan, tetapi dengan jarak yang lebih panjang.
- Sambungan konstruksi dibuat pada batas pengecoran.

3) Batang *Dowel* dan *Tie Bar*

Sama seperti pada JPCP, *dowel* berfungsi mentransfer beban, sedangkan *tie bar* menjaga kesatuan antar pelat.

4) Lapisan Pondasi Bawah

Biasanya menggunakan material *cement treated base* (CTB) atau *lean concrete base* (LCB) untuk memberikan dukungan yang baik.

3. Kelebihan dan Keterbatasan JRCP

1) Kelebihan

- Jumlah sambungan lebih sedikit, sehingga kenyamanan pengendara meningkat.
- Lebar retak lebih kecil karena dikontrol oleh tulangan, sehingga daya tahan pelat meningkat.
- Cocok untuk jalan berlalu lintas sangat berat dan area dengan perubahan suhu ekstrem.
- Perawatan lebih jarang dibanding JPCP karena kerusakan akibat sambungan lebih sedikit.

2) Keterbatasan

- Biaya konstruksi lebih tinggi karena membutuhkan tulangan baja dan pengerjaan lebih kompleks.
- Potensi korosi tulangan apabila *drainase* tidak baik atau lapisan pelindung beton tidak memadai.
- Retak yang tidak terkendali dapat terjadi jika rasio tulangan atau mutu beton tidak sesuai spesifikasi.
- Perbaikan struktural lebih sulit dibanding JPCP.

4. Aplikasi di Lapangan

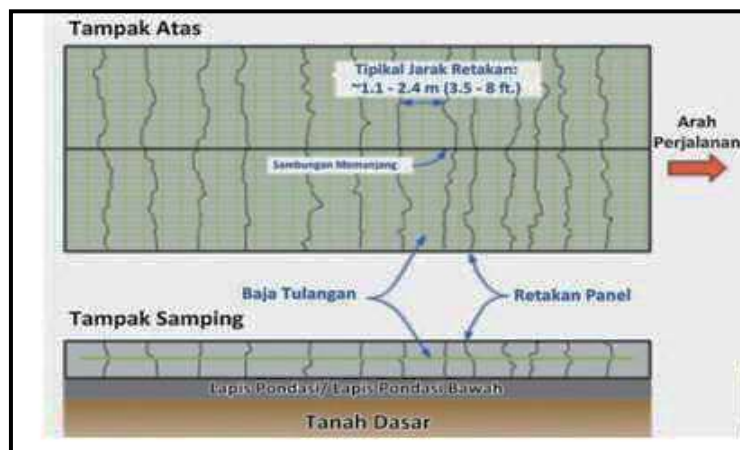
Jenis JRCP digunakan pada proyek-proyek jalan utama dengan volume lalu lintas tinggi dan beban berat seperti jalan tol antar kota, jalan akses industri berat, serta pelabuhan dan bandara. Pada proyek Jalan Lingkar Sepaku Tahap 2, penerapan JRCP dapat dipertimbangkan pada segmen dengan lalu lintas kendaraan berat yang intensif atau area dengan perubahan suhu ekstrem, karena sistem ini mampu memberikan ketahanan retak lebih baik dan umur layan lebih panjang dibanding JPCP.

Tabel 1. Perbandingan JPCP dan JRCP

Aspek Teknis	JPCP	JRCP
Sambungan	Banyak (jarak 4 - 6 m)	Lebih sedikit (jarak 9 - 15 m)
Tulangan	Tidak ada tulangan utama	Ada tulangan distribusi

Fungsi Tulangan	Tidak ada	Mengontrol lebar retak
Biaya Konstruksi	Lebih rendah	Lebih tinggi
Perawatan	Lebih sering	Lebih jarang
Kesesuaian	Lalu lintas sedang–berat	Lalu lintas berat - sangat berat

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017)



Gambar 1. Skema Perkerasan Kaku Bersambung dengan Tulangan
(Sumber : Diklat Perkerasan Kaku 2017, PUPR)

Dukung Efektif Tanah Dasar

Dengan menggunakan *California Bearing Ratio* (CBR), nilai k dapat ditentukan demi perkerasan kaku secara tegak lurus. Di Indonesia, uji CBR *in-situ* selaras dengan SNI 03-1731-1989 atau uji CBR laboratorium selaras dengan SNI 03-1744-1989 umumnya digunakan untuk menilai daya dukung tanah dasar. Hasil uji ini kemudian digunakan dalam perhitungan ketebalan trotoar baik yang baru maupun yang sudah ada.

Penentuan Tebal Perkerasan

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi penetapan ketebalan perkerasan kaku dalam perencanaan, di antaranya adalah:

1. Umur rencana perkerasan kaku yang ditetapkan sebesar 20 tahun
2. Fungsi utama sebagai jalur bebas atau arteri penghubung daerah atau kota dimana jarak tempuhnya yang sesuai
3. Panjang Rencana pengerasan jalan berkisar antara 1 km hingga 2 km
4. Jumlah lajur rencanapengerasan jalan mencapai 6 dan 2 jalur dengan penyediaan bahu jalan di antara jalur tersebut

Perencanaan perkerasan jalan kaku melibatkan penggunaan bahan tertentu, yaitu: *Rigid Pavement* yang memanfaatkan jenis beton bersambung dengan tulangan dan memiliki mutu beton K-400 dan *Subbase* yang menggunakan *lean-mix concrete* mutu beton K-200.

Metode Penelitian

Penelitian untuk memperoleh gambaran kuantitatif dan kualitatif mengenai perbandingan hasil perhitungan tebal perkerasan kaku antara Metode MDPJ 2017 dan Metode AASHTO 1993, serta menilai sejauh mana kedua metode tersebut sesuai digunakan pada kondisi tanah, lalu lintas, dan lingkungan di wilayah Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur. Ruas ini juga merupakan bagian dari jaringan jalan nasional strategis yang terhubung dengan jalan lingkaran IKN tahap sebelumnya (Tahap 1), serta diharapkan menjadi jalur pendukung utama dalam kegiatan pembangunan infrastruktur pemerintahan dan kawasan pemukiman di IKN Nusantara.

Tabel 2. Data Penelitian dari Lembaga/Instansi

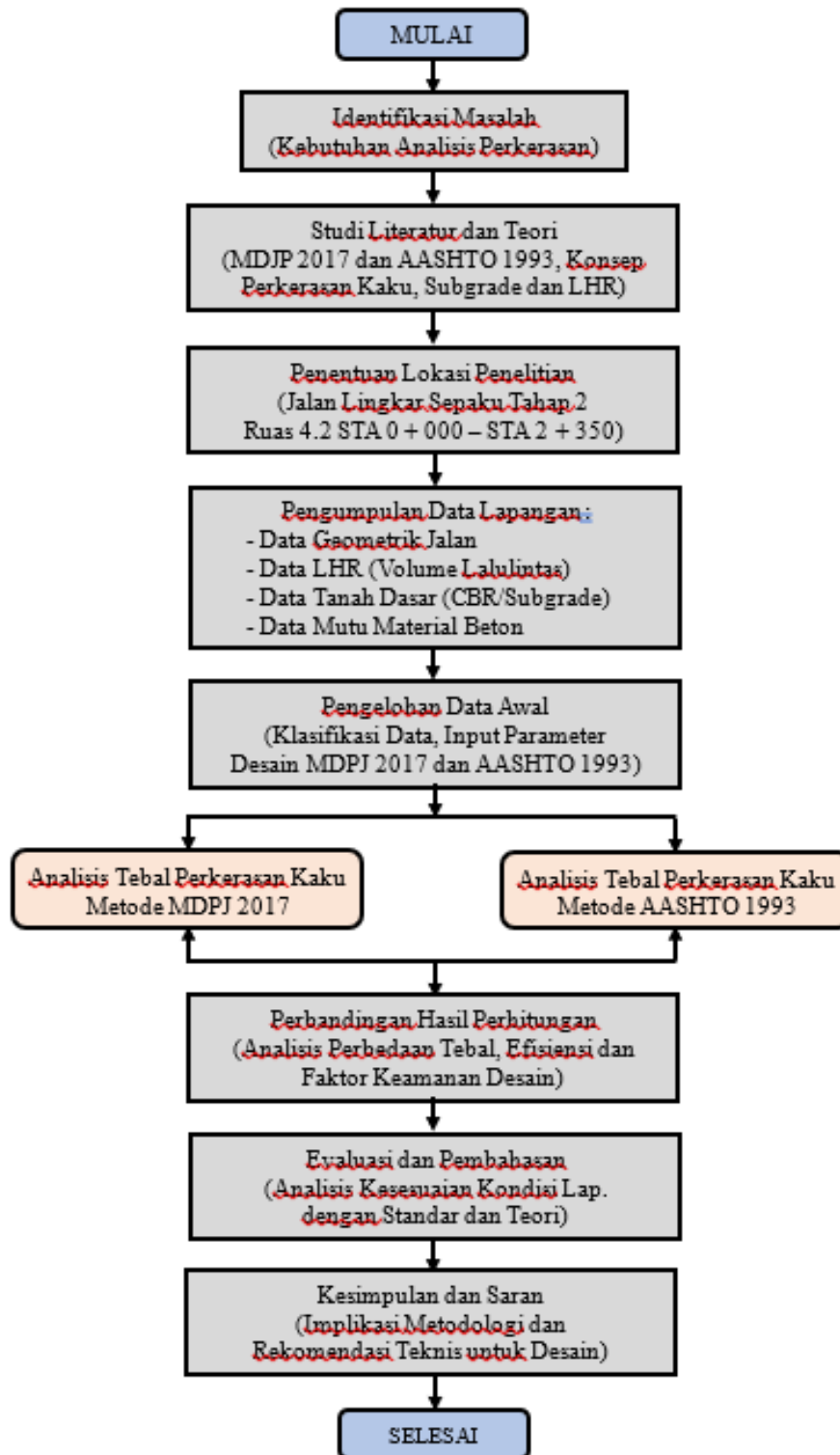
No	Jenis Data	Sumber Data	Keterangan
1	Lalu lintas harian rata-rata (LHR) dan komposisi kendaraan	BBPJK Kalimantan Timur	Data sekunder dari dokumen lalu lintas proyek
2	Nilai CBR dan karakteristik tanah dasar	Hasil uji laboratorium & survei DCP lapangan	Data primer dari hasil investigasi tanah
3	Geometri jalan dan data STA	Dokumen DED proyek	Digunakan untuk menentukan lokasi pengambilan data
4	Kondisi iklim (suhu dan curah hujan)	BMKG Kabupaten Penajam Paser Utara	Sebagai parameter lingkungan desain
5	Spesifikasi material beton dan pondasi bawah	Dokumen teknis proyek & wawancara dengan kontraktor	Untuk validasi parameter desain
6	Pedoman perencanaan	MDPJ 2017 & AASHTO 1993	Referensi utama dalam perhitungan

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2025)



Gambar 2. Peta Proyek Jalan Lingkar Sepaku Tahap 2 Ruas 4.2 STA 0+000 s.d STA 2+350
(Sumber : Gogle Internet-2025)

Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. Bagan Alir Perencanaan
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2025)

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan meliputi survei lalu lintas menggunakan metode manual *counting*, pengambilan sampel tanah untuk uji CBR, serta observasi visual kondisi lapangan. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan beberapa pendekatan yang terstruktur agar hasil yang diperoleh akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Adapun teknik yang digunakan meliputi:

1. Studi Lapangan (Observasi Langsung)

Pengamatan dilakukan langsung di lokasi penelitian untuk mengidentifikasi kondisi tanah dasar, sistem drainase, serta kondisi eksisting ruas jalan. Observasi ini juga digunakan untuk mengonfirmasi keandalan data geometrik dan memastikan lokasi penelitian sesuai dengan batas STA yang direncanakan.

2. Studi Dokumentasi

Mengumpulkan dokumen teknis dari proyek terkait, termasuk gambar kerja (*shop drawing*), laporan survei geoteknik, hasil uji laboratorium tanah, dan data lalu lintas rencana dari pihak pelaksana atau instansi pemerintah yang berwenang.

3. Wawancara Teknis (*Technical Interview*)

Wawancara dilakukan dengan tenaga ahli perencana jalan, staf konsultan, serta pihak pelaksana proyek (PT. Abipraya – Laut Permata – Selaras KSO) untuk memperoleh informasi teknis yang tidak tercantum dalam dokumen tertulis, seperti asumsi desain, kondisi lapangan aktual, dan faktor-faktor lokal yang memengaruhi perencanaan perkerasan.

4. Studi Pustaka (*Literature Review*)

Pengumpulan informasi dari buku teks, jurnal ilmiah, serta pedoman perkerasan jalan yang relevan, seperti MDPJ 2017, AASHTO 1993, dan publikasi akademik lainnya guna memperkuat landasan teoritis analisis.

Analisa dan Pembahasan

Data Lalu Lintas (Beban Rencana)

Beban Ekuivalen Sumbu Tunggal (ESAL) dengan menggunakan faktor ekuivalensi kendaraan sesuai MDPJ 2017 dan AASHTO 1993.

Prosedur konversi dilakukan melalui tahapan berikut:

1. Menentukan volume lalu lintas per jenis kendaraan (motor, kendaraan ringan, kendaraan berat 2 sumbu, dan kendaraan berat 3 sumbu).
2. Mengalikan volume kendaraan berat dengan Faktor Ekuivalensi Sumbu (LEF) sesuai pedoman.
3. Menghitung Lalu Lintas Harian Rencana (LHRr) dengan memperhitungkan laju pertumbuhan tahunan lalu lintas (*r*) selama umur rencana.
4. Menghitung Total ESAL (*N*) untuk umur rencana 20 tahun dengan persamaan:

$$N = LHRr \times 365 \times UR \times LEF$$

di mana:

LHRr = Lalu lintas harian kendaraan berat rencana (kend/hari),

UR = Umur rencana (tahun),

LEF = Faktor ekuivalensi beban sumbu.

Sebagai contoh, berdasarkan asumsi atau data lapangan, diperoleh nilai Total

ESAL = $8,5 \times 10^6$.

Nilai ini akan digunakan sebagai dasar perhitungan tebal pelat beton dan lapis pondasi dalam kedua metode desain.

Data Tanah dan Karakteristik Subgrade

Berdasarkan hasil uji CBR lapangan (*California Bearing Ratio*) yang dilakukan pada beberapa titik sepanjang ruas 4.2, nilai rata-rata CBR diperoleh sebesar 8 –10% dengan variasi antar titik relatif kecil. Kondisi ini menunjukkan bahwa tanah dasar termasuk dalam klasifikasi tanah lempung berpasir (CL–ML) menurut *Unified Soil Classification System (USCS)* dengan kepadatan alami sedang dan plastisitas rendah.

Tabel 3. Pengujian CBR Tanah

Waktu (Menit)	Penurunan (Inchi)	Arloji		Beban (Lbs)	
		Atas	Bawah	Proving	koreksi
0	0.0000		0	9.2591	0.00
¼	0.0125		2		18.52
½	0.0250		6		55.55
1	0.0500		11		101.85
1.5	0.0750		14		129.63
2	0.1000		17		157.40
3	0.1500		21		194.44
4	0.2000		24		222.22
6	0.3000		27		250.00
8	0.4000		29		268.51
10	0.5000				

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2025)

$$CBR_{0,1'} = \frac{15.740}{3 \times 1000} \times 100\% = 5,25\%$$

Lapisan pondasi

Fungsi utama lapisan pondasi pada perkerasan kaku menurut MDPJ 2017 dan AASHTO 1993 antara lain: a. menyediakan permukaan kerja yang stabil dan rata bagi pelaksanaan pengecoran beton. b. Menahan deformasi tanah dasar akibat beban kendaraan berulang. c. mengurangi tekanan kontak antara pelat beton dan tanah dasar. d. Meningkatkan drainase untuk mencegah penumpukan air di bawah pelat yang dapat menyebabkan kerusakan dini. Dalam konteks proyek Jalan Lingkar Sepaku Tahap 2 – Ruas 4.2, lapisan pondasi direncanakan untuk menyesuaikan kondisi daya dukung tanah di lokasi berupa sirtu lapisan agregat bergradasi baik dengan CBR tanah dasar efektif 50 % (CBR dan *k-value*) serta kelas jalan sesuai standar desain dari Kementerian PUPR.

Bahan dan Spesifikasi Material

Perkerasan kaku pada proyek Jalan Lingkar Sepaku Tahap 2 direncanakan menggunakan beton semen Portland (*Portland Cement Concrete*, PCC) dengan mutu K-350 ($f'c = 29 \text{ MPa}$), yang merupakan mutu umum untuk jalan arteri dan kolektor.

Data Lalu – Lintas Harian

Survei Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) merupakan salah satu kegiatan penting dalam perencanaan dan analisis tebal perkerasan jalan. Data LHR berfungsi untuk mengetahui intensitas dan komposisi kendaraan yang melintas pada suatu ruas jalan dalam periode waktu tertentu. Informasi ini kemudian digunakan untuk menghitung beban lalu lintas kumulatif selama umur rencana jalan, yang dinyatakan dalam satuan Lintasan Sumbu Ekuivalen (LSE) atau *Equivalent Single Axle Load* (ESAL).

Pelaksanaan survei dilakukan selama lima hari berturut-turut, yaitu :

Tabel 4. Survei Data LHR Lalulintas

No	Hari / Tgl	Waktu	
		Pagi	Sore
1	Senin, 3 Juni 2024	07.00 – 09.00	15.00 – 17.00
2	Selasa, 4 Juni 2024	07.00 – 09.00	15.00 – 17.00
3	Rabu, 5 Juni 2024	07.00 – 09.00	15.00 – 17.00
4	Kamis, 6 Juni 2024	07.00 – 09.00	15.00 – 17.00
5	Jum'at, 7 Juni 2024	07.00 – 09.00	15.00 – 17.00

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2025)

Kegunaan Data LHR dalam Analisis Perkerasan

Nilai LHR yang telah diperoleh menjadi dasar dalam perhitungan beban lalu lintas kumulatif (*Cumulative ESAL*) selama umur rencana jalan. Beban lalu lintas tersebut menggambarkan total pengaruh kendaraan terhadap kerusakan perkerasan selama umur layan jalan. Data ini sangat menentukan dalam perencanaan tebal pelat beton pada perkerasan kaku. Hasil proyeksi pertumbuhan ini kemudian digunakan dalam analisis desain tebal perkerasan baik dengan metode MDPJ 2017 maupun AASHTO 1993. Penghitungan Lalulintas setiap harinya mean pada Ruas Jalan Lingkar Sepaku Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur yaitu:

$$LHR = \frac{\text{Jumlah Lalulintas Selama Pengamatan}}{\text{Lamanya Pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{(2.316+1.000+249+122+1.138+1.002+690+312+173)}{20 \text{ Jam}}$$

$$LHR = \frac{(7.002)\text{Kendaraan}}{20 \text{ Jam}}$$

$$= 350,1 \sim 351 \text{ Kend./jam}$$

Nilai LHR Jalan Lingkar Sepaku Tahap 2 – Ruas 4.2 STA 0+000 s.d STA 2+350 di Kabupaten Penajam Paser Utara adalah : 351 kendaraan/jam.

Analisa Perhitungan bina Marga 2017

Pertumbuhan Lalulintas dalam usia perencanaan dilakukan penghitungan menggunakan persamaan berikut:

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

dimana:

i : Persentase pertumbuhan tahunan

R : Faktor pengganda pertumbuhan Lalulintas

UR : Periode perencanaan dalam tahun

Tabel 5. Penghitungan Total Sumbu berlandaskan Beban dan Jenisnya

Gol Kend.	Jenis Kendaraan	Berat Total (ton)	Konfigurasi Beban Sumbu (ton)				Jml Kend (bh)	Jml Sumbu Per Kend (bh)	Jml Sumbu (bh)	STRT		STRG		STdRG	
			RD	RB	RGD	RGB				BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)
	1		2				3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	Mobil Penumpang	2,00	1,00	1,00			2.316	2	-	-	-	-	-	-	-
4	Pick Up	8,30	2,82	5,48			1.000	2	2.000	2,82	1,990	5,48	1,990	-	-
5A	Small Bus	8,30	2,82	5,48			249	2	498	2,82	566	5,48	566	-	-
5B	Big Bus	9,00	3,06	5,94			122	2	244	3,06	175	5,94	175	-	-
6A	Truck Ringan 2 Sumbu	8,30	2,82	5,48			1.138	2	2.276	2,82	2,338	5,48	2,338	-	-
6B	Truck Besar 2 Sumbu	15,15	5,15	1,00			1.002	2	2.004	5,15	1,892	9,30	1,892	-	-
7A	Truck Besar 3 Sumbu	25,00	6,25	18,75			690	2	1.380	6,25	1,610	-	-	18,75	1,610
7B	Truck Gandeng	31,40	5,65	8,79	8,48	8,48	312	4	1.248	5,65	682	8,79 8,48 8,48	682 682 682	-	-
7C	Truck Semi Trailer	40,13	5,88	20,00	7,00	7,25	173	3	519	5,88	342	10,00	293	20,00 14,25	342 342
Total							7.002		10.169		9,595		9,300		2,294

Sumber: Dokumen Pribadi - 2024

Penjelasan Tabel 4.13 :

Kolom (1) : Kategori kendaraan

Kolom (2) : Beban sumbu konfigurasi (ton)

Kolom (3) : Total kendaraan (unit)

Kolom (4) : Total sumbu perkendaraan (unit)

Kolom (5) : Total sumbu (unit) = Kolom (3) dikalikan Kolom (4)

Kolom (6) : Beban sumbu (ton) untuk STRT

Kolom (7) : Total sumbu (unit) minus STRT

Kolom (8) : Beban sumbu (ton) untuk STRG

Kolom (9) : Total sumbu (unit) minus STRG

Kolom (10) : Beban sumbu (ton) untuk STdRG

Kolom (11) : Total sumbu (unit) minus STdRG

Penghitungan mengenai total sumbu kendaraan besar periode perencanaan, Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) yaitu:

$$\begin{aligned} JSKN_{rencana} &= JSKN_{harian} \times 365 \times R \times C = 10.169 \times 365 \times 29,77 \times 0,40 \\ &= 44.198.745 = 44 \times 10^6 \text{ JSKN.} \end{aligned}$$

MDPJ 2017 menyediakan nilai acuan modulus reaksi berdasarkan jenis tanah dan kondisi pemadatan. Sebagai contoh, untuk tanah berbutir halus dengan nilai CBR antara 6–10% dan kondisi pemadatan minimum 95% *Standard Proctor*, nilai kkk yang digunakan berkisar antara 40–60 pci ($\approx 275\text{--}413 \text{ kN/m}^3$). Untuk studi kasus pada Jalan Lingkar Sepaku Tahap 2 – Ruas 4.2, nilai modulus reaksi ditentukan berdasarkan data investigasi tanah dari lokasi proyek atau hasil uji laboratorium tanah (*geoteknik*) yang relevan. Untuk menghitung faktor rasio tegangan pelat beton disajikan tabel nilai TE dan FE dengan ketebalan 25 cm berikut.

Tabel 6. Faktor Erosi dan Tegangan Ekuivalen

Tebal Pelat (mm)	CBR Eff (%)	Tegangan Ekuivalen				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
240	5	0,82	1,40	1,29	0,98	2,23	2,83	3,06	3,11	1,99	2,60	2,78	2,94
240	10	0,79	1,32	1,18	0,89	2,21	2,81	3,01	3,05	1,98	2,59	2,74	2,88
240	15	0,77	1,28	1,13	0,85	2,20	2,80	2,28	3,02	1,98	2,58	2,72	2,85
240	20	0,76	1,26	1,10	0,83	2,19	2,79	2,96	3,01	1,97	2,57	2,72	2,84
240	25	0,75	1,23	1,06	0,80	2,18	2,78	2,94	2,99	1,97	2,57	2,71	2,82
240	35	0,72	1,17	0,99	0,74	2,17	2,76	2,90	2,95	1,96	2,56	2,69	2,78
240	50	0,69	1,12	0,94	0,70	2,15	2,75	2,88	2,91	1,95	2,55	2,66	2,74
240	75	0,67	1,05	0,86	0,66	2,17	2,74	2,83	2,88	1,94	2,54	,63	2,69
250	5	0,77	1,33	1,23	0,94	2,18	2,78	3,02	3,07	1,94	2,54	2,71	2,90
250	10	0,74	1,25	1,12	0,86	2,16	2,76	2,97	3,01	1,93	2,53	2,70	2,85
250	15	0,72	1,21	1,07	0,81	2,15	2,75	2,94	2,89	1,93	2,53	2,68	2,82
250	20	0,71	1,18	1,04	0,79	2,14	2,74	2,93	2,97	1,92	2,52	2,67	2,80
250	25	0,70	1,16	1,01	0,76	2,13	2,73	2,91	2,91	1,92	2,52	2,66	2,78
250	35	0,68	1,11	0,95	0,71	2,12	2,71	2,87	2,95	1,91	2,51	2,64	2,74
250	50	0,65	1,06	0,89	0,67	2,10	2,70	2,83	2,88	1,90	2,50	2,61	2,70
250	75	0,63	0,99	0,82	0,61	2,08	2,69	2,79	2,83	1,89	2,49	2,59	2,65
260	5	0,73	1,26	1,18	0,90	2,13	2,73	2,99	3,03	1,89	2,49	2,69	2,87
260	10	0,70	1,18	1,08	0,82	2,11	2,71	2,93	2,98	1,88	2,48	2,66	2,81
260	15	0,68	1,15	1,03	0,78	2,10	2,70	2,90	2,95	1,88	2,48	2,64	2,78
260	20	0,67	1,12	1,00	0,75	2,69	2,69	2,89	2,93	1,87	2,47	2,64	2,76
260	25	0,66	1,10	0,97	0,73	2,69	2,69	2,87	2,91	1,87	2,47	2,62	2,74
260	35	0,64	1,05	0,91	0,68	2,68	2,68	2,83	2,87	1,86	2,46	2,59	2,70
260	50	0,61	1,00	0,85	0,64	2,65	2,65	2,80	2,84	1,85	2,45	2,56	2,67
260	75	0,59	0,95	0,78	0,58	2,64	2,64	2,75	2,78	1,84	2,44	2,54	2,61

(Sumber: Desain Perkerasan Jalan Nomor: 02/M/BM/2013)

Berdasarkan referensi tabel Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi, untuk mengetahui Faktor Erosi Ekuivalen dan Nilai Tegangan. Tahapan berikutnya yaitu menunjukkan hasil perhitungan TE, FE, dan FRT pada percobaan pelat beton 25 cm melalui berbagai sumbu kendaraan.

Tabel 7. Faktor Rasio Tegangan, Erosi dan Nilai Tegangan Ekuivalen

Jenis Sumbu	TE	FRT	FE
1	2	3 = 2/Fs	4
STRT	0,65	0,144	1,90

STRG	1,06	0,236	2,5
STdRG	0,89	0,198	2,61
Tebal pelat 25 cm, CBR Subgrade efektif 50% dan Fs 4,5			

(Sumber: Dokumen Pribadi – 2025)

Pengulangan yang diperbolehkan bagi tiap-tiap beban per roda pada unit poros kemudian dihitung. Penghitungan ini memanfaatkan nomogram yang ditentukan dalam Pd T-14-2003 untuk pengerasan semen beton. Lampiran 2 memiliki perhitungan yang mempertimbangkan analisis kelelahan dan erosi, izin pengulangan kelelahan dan erosi, dan proporsi kerusakan kelelahan dan erosi.

Hasil perkalian 100% dengan pembagian berulang menghasilkan nilai persen kerusakan kelelahan dan erosi. Nilai % kerusakan kelelahan dan erosi pada setiap sumbu kemudian dihimpun. Ketika nilai akumulasi persen lelah dan erosi dibawah 100%, bisa dimanfaatkan menjadi pelat beton perkerasan jalan, jika nilai akumulasinya diatas 100%, tidak bisa dimanfaatkan menjadi pelat beton perkerasan jalan.

Tabel 8. Analisa Erosi beserta Fatik Pengerasan Kaku dimana Ketebalannya 25 cm

Jenis Sumbu	Beban Sumbu ton (kN)	Beban Rencana per Roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisis Fatik		Analisis Erosi	
					Repetisi Ijin	Presen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Presen Rusak (%)
1	2	$3 = 2 \times \text{fkb/rd}$	4	5	6	7	8	$9 = (4 \times 100)/8$
STRT	6,25	34,30	7.867.915,02		TT	0	TT	
	5,88	32,34	1.670.321,21		TT	0	TT	
	5,65	31,10	3.331.079,11	TE = 0,65	TT	0	TT	
	5,15	28,32	9.247.263,27	FRT = 0,14	TT	0	TT	
	3,06	16,83	853.882,25	FE = 1,9	TT	0	TT	
	2,82	15,51	9.725.812,66		TT	0	TT	
	2,82	15,51	2.763.388,16		TT	0	TT	
	2,82	15,51	11.428.885,50		TT	0	TT	
STRG	10	27,50	1.432.441,45		TT	0	4.000.000	35
	9,30	25,50	9.249.479,06		TT	0	40.000.000	23
	8,79	24,17	3.333.268,51	TE = 1,06	TT	0	TT	
	8,48	23,32	3.333.268,51	FRT = 0,23	TT	0	TT	
	8,38	23,32	3.333.268,51	FE = 2,5	TT	0	TT	
	5,94	16,34	609.356,044		TT	0	TT	
	5,48	15,10	9.726.959,55		TT	0	TT	
	5,48	15,10	2.764.839,55		TT	0	TT	
	5,48	15,10	11.427.699,50		TT	0	TT	
STdRG	20	27,50	1.671.335,20	TE =	TT	0	20.000.000	8

				0,89				
	18,75	25,78	7.872.100,95	FRT = 0,19	TT	0	60.000.000	13
	14,25	19,59	1.671.335,20	FE = 2,61	TT	0	TT	
Total						0 < 100%		79 < 100%

(Sumber: Desain Perkerasan Jalan Nomor: 02/M/BM/2013)

Dengan ketebalan 25 cm nilai kerusakan fatiknya 0% dan nilai kerusakan erosinya 79%, berdasarkan perhitungan analisis fatik dan erosi pada tabel diatas hasilnya, angka tersebut masih memenuhi standar karena kerusakan erosi dan fatik sama-sama di bawah 100%. Hasilnya, pelat beton sudah memenuhi standar sehingga tidak perlu lagi meningkatkannya. Dengan demikian ruas jalan Lingkar Sepaku Tahap 2 –Kabupaten Penajam Paser Utara Kalimantan Timur memenuhi spesifikasi untuk digunakan sebagai perkerasan kaku dengan tebal pelat beton 25 cm.

Oleh karena itu, tebal perkerasan kaku sebesar 25 cm ditentukan berdasarkan kajian tebal perkerasan kaku berdasarkan kriteria Bina Marga tahun 2017.



Gambar 4. Desain Struktur Perkerasan Kaku Jalan Lingkar Sepaku Tahap 2 Metode Bina Marga 2017

(Sumber : Dokumen Pribadi-2025)

Analisa Perhitungan AASHTO 1993

Berdasarkan dari hasil perhitungan di atas bisa disimpulkan parameter bahwa susunannya dalam perencanaan *rigid pavement* sebagai berikut :

1. Jenis Jalan = Kolektor Primer
2. Lokasi = Ruas Jalan Lingkar Sepaku Tahap 2 Ruas 4.2 STA 0+000 s.d STA 2+350 di Kabupaten Penajam Paser Utara
3. Lebar ROW = 36 m
Arah = 2 Jalur 6 Lajur dengan median 2 m'
4. Lebar Jalan (Lebar Jalur – Lalu Lintas) = 24,10 m' (2 x 12,5 m')
5. Lebar Pedestrian (Jalur Sepeda, Jalur Hijau) = 9,90 m' (2 x 4,95 m')
6. Umur rencana = 20 tahun
7. Lalu lintas, ESAL = 654×10^7
8. Terminal *serviceability* (p_t) = 2,5

9. Initial *serviceability* (p_o) = 4,5
10. *Seviceability loss* = $\Delta PSI = p_o - p_t = 2$
11. *Reliability* (R) = 85
12. Standard normal *deviation* = -1,037
13. Standard *deviation* = 0,35
14. Modulus reaksi tanah dasar (k) = 463,91 pci
15. Kuat tekan (f_c') = 290,5 kg = 29,05 Mpa
16. Modulus elastisitas beton (k) = 366.399,618 psi
17. *Fluxural strength* (S_c') = 640 psi
18. *Drainage coefficient* (C_d) = 1,0
19. *Load transfer coefficient* (J) = 2,8

Dari hasil perhitungan diatas dapat dimasukkan rumus untuk perhitungan.

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 7,35 \log_{10} (D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} +$$

$$(4,22 - 0,32 p_t) \times \log_{10} \left\{ \frac{S_c D_d [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times j \times \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{\left(\frac{E_c}{k} \right)} \right]} \right\}$$

dimana :

W_{18} = Traffic design, Equivalent Single Axle Load (ESAL)

Z_R = Standar normal deviasi

S_o = Standar deviasi

D = Tebal pelat beton

ΔPSI = *Serviceability loss* = $p_o - p_t$

p_o = Initial *serviceability*

p_t = Terminal *serviceability*

S_c' = *Fluxural strength* (psi)

C_d = *Drainage coefficient*

J = *Load transfer coefficient*

E_c = *Modulus elastisitas* (psi)

k = Modulus reaksi tanah dasar (psi)

Dari hasil persamaan yang di perhitungkan di atas dapat di gunakan untuk mencari sebuah tebal perkerasan dengan mengacu pada nomogram rigid pavement dengan hasil yang di dapat 14 inch = 35 cm



Gambar 5. Desain Struktur Perkerasan Kaku Jalan Lingkar Sepaku Tahap 2
Metode AASHTO1993
(Sumber : Dokumen Pribadi-2025)

Analisis Perbandingan dan Implikasi Teknis

Tabel 9. Perbandingan dan Implikasi Teknis

Aspek	MDPJ 2017	AASHTO 1993
Pendekatan	Mekanistik–Empiris	Empiris
Ketebalan hasil desain	25 cm	35 cm
Reliabilitas desain	Disesuaikan (90 – 95%)	Biasanya tinggi (95 – 99%)
Pertimbangan lokal	Sangat memperhatikan kondisi tanah & iklim Indonesia	Berdasarkan data lapangan Amerika Utara
Efisiensi penggunaan material	Lebih efisien	Lebih konservatif
Kinerja jangka panjang	Baik bila drainase dan sambungan direncanakan dengan tepat	Sangat baik, tetapi biaya awal tinggi

Secara teknis, hasil menunjukkan bahwa metode MDPJ 2017 menghasilkan tebal pelat yang lebih tipis (25 cm) dibandingkan metode AASHTO 1993 (35 cm).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, serta pembahasan mengenai perbandingan tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) menggunakan Metode MDPJ 2017 dan Metode AASHTO 1993, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan dengan parameter lalu lintas, kekuatan tanah dasar, serta kondisi lingkungan lokasi studi, diperoleh tebal pelat beton sebagai berikut:
 - Tebal pelat beton menurut MDPJ 2017 = 25 cm,
 - Tebal pelat beton menurut AASHTO 1993 = 35 cm.Perbedaan tebal sebesar 10 cm menunjukkan bahwa metode AASHTO 1993 menghasilkan desain yang lebih konservatif dengan tingkat reliabilitas yang lebih tinggi dibandingkan MDPJ 2017.
2. Metode MDPJ 2017 menggunakan pendekatan mekanistik–empiris yang mempertimbangkan interaksi beban lalu lintas, sifat material, kondisi tanah dasar, serta faktor lingkungan secara analitis. Sedangkan metode AASHTO 1993 merupakan metode empiris yang dikembangkan dari hasil uji jalan (*AASHO Road Test*) dan mengandalkan hubungan statistik antara kerusakan perkerasan dengan jumlah beban lalu lintas ekuivalen (ESAL).
3. Tebal pelat beton hasil desain MDPJ 2017 (25 cm) menunjukkan efisiensi material dan biaya konstruksi yang lebih baik karena volume beton yang dibutuhkan lebih sedikit. Hal ini disebabkan oleh adanya faktor koreksi pada MDPJ 2017, seperti efisiensi transfer beban antar sambungan, faktor kekakuan pondasi bawah (*subbase*), serta pengaruh lingkungan tropis yang dikalibrasi untuk kondisi Indonesia.

4. Biaya konstruksi, metode MDPJ 2017 lebih ekonomis karena penghematan volume beton dapat mencapai sekitar 25 – 30% dibandingkan hasil desain metode AASHTO 1993.

Daftar Pustaka

- AASHTO, 1993,(1993) *Guide for Design of Pavement Structures, American Assosiation of State Highway and Transportation Officials*, Washington, USA
- Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT). (2022). *Pedoman Teknis Pengelolaan Konstruksi Jalan Tol*. Jakarta: BPJT – Kementerian PUPR.
- Bahari, IrzaIlham. (2021). Analisis Perbandingan Ketebalan Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 pada Ruas Jalan Senganten–Klino (Sta 0+ 000–Sta 8+ 000) Kabupaten Bojonegoro. Diss. Upn" Veteran'Jawa Timur,
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2017). *Spesifikasi Umum untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Fitriana, Ratna. (2014) *Studi Komparasi Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Jalan Tol menggunakan Metode Bina Marga 2002 dan AASHTO 1993 (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Solo–Kertosono)*. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hardiyatmo, H.C. (2016). *Geoteknik: Stabilitas Lereng dan Daya Dukung*. Yogyakarta: UGM Press.
- Herliana, Rika, Heri Azwansyah, and Said Said. (2022, 09 Februari) "Analisis Perencanaan Perkerasan Kaku Jalan Khatulistiwa Kota Pontianak dengan menggunakan Metode Bina Marga 2017 dan Metode AASHTO 1993." *Jelast: Jurnal Pwk, Laut, Sipil, Tambang* 9.1.
- Kementerian PUPR. (2020). *Dokumen Rencana Umum Pengadaan (RUP) dan Spesifikasi Teknis Proyek Strategis Nasional Ibu Kota Negara (IKN)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Kementerian PUPR. (2021). *Peraturan Menteri PUPR No. 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Teknis Pembangunan Jalan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- SNI 8128:2015. (2015). *Metode Uji CBR Laboratorium*. Badan Standardisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Sukirman, S. (2018). *Perkerasan Jalan Lentur dan Jalan Kaku*. Bandung: Nova, Bandung.