



PERENCANAAN PERKERASAN KAKU MENGGUNAKAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN (MDP) 2024 PADA RUAS JALAN SUTAN SYAHRIR KOTA METRO

Serli Carlina^a, Dikpride Despa^b, Aleksander Purba^c

Dinas PUTR Kota Metro, Kota Metro, Jl. Zainal Abidin Pagar Alam, Kota Metro 34111

Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Unila, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterbitkan : 24 April 2024

Kata kunci:

MDP

Perkerasan kaku

JSKN

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan. Pada artikel ini dilakukan analisis Ruas Jalan Sutan Syahrir dikarenakan kondisi existing jalan mengalami kerusakan seperti jalan berlubang dan pelepasan butiran agregat. Pemerintah Kota Metro merencanakan rekonstruksi jalan dengan perkerasan kaku untuk ruas jalan Sutan Syahrir. Dalam merencanakan desain struktur perkerasan jalan kaku yaitu dengan menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024. Jenis data yang digunakan terdiri dari data primer yaitu pengukuran panjang dan lebar jalan, survey lapangan, data lalu lintas dan data sekunder yaitu peta lokasi, data CBR dan status jalan. Hasil pengamatan dan survey didapat nilai lalu lintas harian rata – rata (LHR) sebesar 863 kendaraan perhari yang terbagi dalam beberapa jenis golongan kendaraan. Nilai CBR rata - rata tanah dasar yakni 7,47% diatas nilai minimum CBR yang dipersyaratkan sebesar 6%. Nilai Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) untuk umur rencana 40 tahun sebesar $3.215.180,263 / (3,22E+06)$. Maka hasil dari penelitian Analisis Tebal Perkerasan Kaku Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 Pada Ruas Jalan Sutan Syahrir Kota Metro diperoleh Tebal Perkerasan Beton Semen = 250 mm, Lapis Pondasi Bawah = 100 mm dan LPA Kelas A = 100 mm dengan jenis perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan (JPCP) serta didapati sambungan melintang menggunakan dowel Ø36 – 300 panjang 450 mm, batang pengikat (Tie-bar) Ulir Ø16 – 600 panjang 700 mm.

1. Pendahuluan

Jumlah pertumbuhan volume lalu-lintas setiap tahun kian meningkat dikarenakan pertumbuhan penduduk yang pesat dan mengakibatkan peningkatan mobilitas antar daerah, antar provinsi bahkan antar negara. Agar seluruh kegiatan berjalan lancar dan jalan nyaman digunakan, maka jalan hendaknya dirancang dan dibuat sesuai dengan standar aturan yang ada.

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia, 2003). Perkerasan jalan adalah suatu konstruksi yang terdiri dari beberapa lapisan konstruksi jalan yang memikul dan menyebarkan beban lalu-lintas diatasnya ke tanah dasar. Perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis yaitu perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Perkerasan kaku merupakan jenis perkerasan dengan bahan utama campuran beton dan tulangan

(Chegenizadeh dkk., 2016). Perkerasan kaku lebih sesuai digunakan untuk jalan dengan lalu lintas dan repetisi beban kendaraan yang tinggi (Kosim dkk., 2022).

Struktur perkerasan kaku terdiri dari tiga lapisan yang tersusun di atas tanah dasar: Lapis Fondasi Agregat Kelas A, Lapis Pondasi Bawah dan Perkerasan Beton Semen. Setiap lapisan berperan dalam menyerap tegangan yang diperoleh dari beban kendaraan dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya ke tanah dasar. Dalam rentang umur rencana 40 tahun, perkerasan kaku memiliki umur realisasi perkerasan yang lebih lama yaitu 37,5 tahun dan 26 tahun (Ketema, 2016).

Jalan Sutan Syahrir merupakan jalan yang menghubungkan akses ke jalan Provinsi dan jalur menuju Lampung Timur. Jalan Sutan Syahrir berdasarkan fungsi jalan masuk dalam fungsi jalan arteri sekunder, yaitu jalan yang melayani angkutan jarak jauh dengan kecepatan rata-rata tinggi. Oleh karena itu ruas jalan tersebut dilalui oleh kendaraan pribadi untuk aktifitas sehari-hari sampai kendaraan berat. Kondisi existing jalan mengalami kerusakan seperti: jalan berlubang dan pelepasan butiran agregat.

Berdasarkan hal-hal tersebut maka diperlukan suatu analisis untuk merencanakan tebal perkerasan kaku yang sesuai untuk

jalan tersebut. Dalam perencanaan ini metode yang digunakan untuk merencanakan tebal perkerasan di jalan Sutan Syahrir ini adalah Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) 2024.

1.1 Metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024

Metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024 merupakan pembaharuan dari metode MDP 2017 yang berisi ketentuan teknis untuk pelaksanaan pekerjaan desain perkerasan jalan. Parameter yang digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan lentur dengan menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024 adalah sebagai berikut :

1.1.1 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut di buka untuk lalu lintas kendaraan sampai di perlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural. Untuk menentukan umur rencana perkerasan dapat dilihat pada tabel. 1 Umur Rencana

Tabel 1. Umur Rencana

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) ⁽¹⁾
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir ⁽²⁾	20
	Lapis Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk lokasi yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, dan terowongan.	
	Lapis Fondasi Berpengikat Semen, Cement Treated Based (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024

1.1.2 Lalu Lintas

- Analisis Volume Lalu Lintas**
Beban yang dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survei yang selanjutnya diproyeksikan kedepan sepanjang umur rencana.
- Data Lalu Lintas**
Data Lalu Lintas untuk menghasilkan desain perkerasan yang dapat bekerja dengan baik selama umur rencana. Oleh sebab itu perhitungan data lalu lintas harus meliputi semua jenis kendaraan lalu lintas.
- Faktor pertumbuhan Lalu Lintas**
Faktor pertumbuhan lalu lintas harus berdasarkan data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia dapat menggunakan Tabel 2.

Tabel 2. Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas, *i* (%)

	Jawa	Sumatra	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024

Pertumbuhan Lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan factor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*)

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

Keterangan

R : Faktor Pengali pertumbuhan

i : laju pertumbuhan lalu lintas tahunan

UR : Umur Rencana (tahun)

d. Lalu Lintas pada Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur (DL).

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu. Faktor distribusi lajur dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Faktor distribusi lajur (DL)

Jumlah Lajur Tiap Arah	Kendaraan Niaga Pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024

e. Kelas Kendaraan

Desain perkerasan kaku menggunakan Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) dan bukan nilai ESA sebagai satuan beban lalu lintas untuk perkerasan beton.

Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 6 (enam) jenis kelompok sumbu sebagai berikut:

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- Sumbu tandem roda tunggal (STdRT)
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
- Sumbu tridem roda ganda (STrRG)
- Sumbu empat roda ganda (SQdRG)

Tabel 4. Distribusi Beban Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga untuk Jalan Lalu Lintas Berat (untuk desain perkerasan kaku)

Beban Kelompok Sumbu (kN)	1 STRT (%)	2 STRG (%)	3 STdRT (%)	4 STdRG (%)	5 STrRG (%)	6 SQdRG (%)
10	0,04	0,03	5,56	0,00	0,00	0,00
20	13,08	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00
30	26,26	28,00	0,00	0,00	0,00	0,00
40	7,74	13,28	0,00	0,00	0,00	0,00
50	6,11	7,66	0,00	0,05	0,00	0,00
60	12,95	4,04	0,00	0,14	0,00	0,00
70	8,54	7,80	0,00	0,33	0,00	0,00
80	5,71	5,57	0,00	0,49	0,00	0,00
90	4,70	5,30	5,56	1,33	0,00	0,00
100	14,87	20,79	11,11	2,24	0,00	0,00
110	0,00	3,63	16,67	3,92	0,00	0,00
120	0,00	1,73	11,11	5,66	1,23	0,00
130	0,00	0,56	11,11	5,10	4,94	0,00
140	0,00	0,23	5,56	6,92	7,41	0,00
150	0,00	0,10	5,56	6,80	9,88	0,00
160	0,00	0,01	5,56	6,78	6,17	0,00
170	0,00	0,01	0,00	7,22	8,64	0,00
180	0,00	0,01	11,11	5,90	11,11	0,00
190	0,00	0,02	0,00	6,29	2,47	0,00
200	0,00	0,01	0,00	5,29	3,70	0,00
210	0,00	0,03	11,11	5,41	4,94	0,00
220	0,00	0,01	0,00	4,38	3,70	0,00
230	0,00	0,01	0,00	2,47	3,70	0,00
240	0,00	0,00	0,00	2,33	2,47	0,00
250	0,00	0,00	0,00	2,49	7,41	0,00
260	0,00	0,00	0,00	2,45	3,70	0,00
270	0,00	0,00	0,00	2,68	3,70	0,00
280	0,00	0,00	0,00	1,40	3,70	0,00
290	0,00	0,00	0,00	0,75	1,23	0,00
300	0,00	0,00	0,00	1,33	3,70	0,00
310	0,00	0,00	0,00	1,51	0,00	0,00
320	0,00	0,00	0,00	1,51	2,47	0,00
330	0,00	0,00	0,00	1,03	0,00	0,00
340	0,00	0,00	0,00	0,89	0,00	0,00
350	0,00	0,00	0,00	0,77	0,00	0,00
360	0,00	0,00	0,00	0,82	1,23	0,00
370	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00
380	0,00	0,00	0,00	0,47	1,23	0,00
390	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00
400	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00
410	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00
420	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	0,00
430	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00
440	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00
450	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
460	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
470	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
480	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
490	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
510	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
520	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
530	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23	0,00
540	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
550	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
560	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JUMLAH	100	100	100	100	100	0

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024

Tabel 5. Konfigurasi sumbu kendaraan

No	Kelas Kendaraan	JSKN	STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG	SQdRG
1	Gol. 5A	2	1	1	0	0	0	0
2	Gol. 6A	2	2	0	0	0	0	0
3	Gol. 6B	2	1	1	0	0	0	0
4	Gol. 7A1	2	0	1	1	0	0	0
5	Gol. 7A2	2	1	0	0	1	0	0
6	Gol. 7A3	2	0	0	1	1	0	0
7	Gol. 7B1	4	1	3	0	0	0	0
8	Gol. 7B2	4	0	3	1	0	0	0
9	Gol. 7B3	4	1	2	0	1	0	0
10	Gol. 7C1	3	1	1	0	1	0	0
11	Gol. 7C2A	3	1	0	0	2	0	0
12	Gol. 7C2B	3	1	1	0	0	1	0
13	Gol. 7C3	3	1	0	0	1	1	0
14	Gol. 7C4	3	1	0	0	0	0	1

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024¹

Semua roda yang dimaksud adalah roda ban konvensional. Pembebanan kumulatif pada perkerasan jalan selama periode waktu tertentu pada dasarnya adalah perhitungan setiap kelompok gandar yang melintasi perkerasan jalan selama periode waktu tersebut, bersama dengan jenis dan bebannya. Untuk menghitung jumlah rata-rata harian dari kendaraan berat pada jalur desain secara kumulatif dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut:

$$JSKN = (\Sigma LHRJK \times JSKNJK) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

Dengan:

- LHR_{JK} : lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari)
- JSKN_{JK} : Sumbu Total Kendaraan Niaga tiap jenis kendaraan niaga
- DD : Faktor distribusi arah
- DL : Faktor distribusi lajur
- JSKN : Jumlah Sumbu Total Kendaraan Niaga selama umur rencana
- R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

1.1.3 CBR Desain Tanah Dasar

Dalam mendesain fondasi jalan akan sangat bergantung pada daya dukung tanah dasar, maka sangat diperlukan pemeriksaan CBR (*California Bearing Ratio*).

Hal penting lainnya yang harus diperhatikan adalah perlunya membedakan daya dukung rendah yang bersifat lokal (setempat) dengan daya dukung tanah dasar yang lebih umum (mewakili suatu lokasi). Tanah dasar lokal dengan daya dukung rendah biasanya dibuang dan diganti dengan material yang lebih baik.

Perhitungan CBR karakteristik menggunakan metode persentil menggunakan distribusi data nilai CBR pada segmen seragam yang dianggap terdistribusi secara normal. Nilai persentil ke “x” dari suatu kumpulan data membagi kumpulan data tersebut dalam 2 (dua) bagian, yaitu bagian yang mengandung “x” persen data dan bagian yang mengandung (100-x) persen data. Nilai CBR yang dipilih adalah nilai persentil ke-10 (10th percentile) yang berarti 10% data segmen yang bersangkutan lebih kecil atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut. Atau 90% dari data CBR pada segmen seragam tersebut lebih besar atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut.

1.1.4 Fondasi Bawah

Lapis fondasi bawah perlu diperlebar sampai 400 mm di luar tepi perkerasan beton semen. Untuk tanah lunak dan tanah ekspansif perlu pertimbangan khusus perihal jenis dan penentuan lebar lapisan fondasi dengan memperhitungkan tegangan pengembangan yang mungkin timbul. Pemasangan lapis fondasi dengan lebar sampai ke tepi luar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah lunak dan tanah ekspansif. Perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji direkomendasikan untuk dirancang menggunakan campuran beton kurus sebagai lapis fondasi bawah. Tebal fondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Tebal fondasi bawah minimum untuk Perkerasan beton semen

No	Lalu Lintas Desain (JSKN)	Jenis Lapis Fondasi
1	Sampai dengan 10 ⁶	BP 125 mm
2	10 ⁶ Sampai dengan 5 x 10 ⁶	BK 100 mm atau BP 150 mm
3	5 x 10 ⁶ Sampai dengan 1 x 10 ⁷	BK 125 mm
4	Lebih dari 1 x 10 ⁷	BK 150 mm

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024

1.1.5 Beton Semen

Mutu beton semen harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 (dua puluh delapan) hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya minimal 4,5 MPa. Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm²).

1.1.6 Persyaratan Mutu Material Selain Mutu Beton

Persyaratan Mutu Material Selain Mutu Beton dapat dilihat pada bagan dibawah ini.

Tabel 7. Bagan Desain 8 Perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas berat

Jenis perkerasan	Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan (<i>Jointed Plain Concrete Pavement/JPCP</i>), beton semen bersambung dengan tulangan (<i>Jointed Reinforced Concrete Pavement/JRCP</i>), dan beton semen menerus dengan tulangan (<i>Continuously Reinforced Concrete Pavement/CRCP</i>).
Sambungan melintang	Harus dipotong dengan kedalaman seperempat sampai dengan sepertiga tebal beton. Dipasang ruji (dowel), berupa baja tulangan polos (BjTP 280), dengan jarak antar tulangan 300 mm, panjang dowel 450 mm, dan diameter dowel minimal seperdelapan tebal beton.
Sambungan memanjang	Dipasang batang pengikat (tie bar), berupa baja tulangan sirip (BjTS 420A), dengan jarak antar tulangan 600 mm, panjang tie bar 700 mm, dan diameter tie bar minimum 16 mm.
Bahu jalan	Dalam bentuk satu kesatuan dengan pelat beton lajur lalu lintas (<i>monolit</i>) dengan lebar minimum 600 mm atau dengan batang pengikat (tie bar) untuk lebar bahu jalan minimum 1500 mm dan harus menggunakan beton dengan kereb dan saluran beton (<i>curb and gutter</i>) kualitas yang sama dengan lajur utama.
Lapis fondasi	Lapis fondasi disesuaikan dengan Subbab 8.3.2.
Lapis drainase	Lapis fondasi agregat kelas A yang berfungsi sebagai lapis drainase dengan tebal 200 mm untuk 2 lajur per arah dan untuk yang lebih dari 2 lajur per arah setebal 300 mm.
Lapis pemecah ikatan fondasi bawah dengan pelat (base bond breaker)	Berupa membran kedap air dengan tebal minimum 125 mikron khusus pada lapis fondasi berupa beton kurus.
Rasio dimensi slab beton (Panjang Lebar)	Sekitar 1,25 (khusus untuk beton semen bersambung tanpa tulangan (<i>Jointed Plain Concrete Pavement</i>)).

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024

1.1.7 Desain Ketebalan Beton

Dua hal yang perlu dipertimbangkan dalam membuat desain tebal perkerasan beton, diantaranya:

a. Retak Lelah (*fatigue*)

Jumlah repetisi beban yang diizinkan (N_f) untuk nilai beban sumbu tertentu dapat dihitung menggunakan formula sebagai berikut :

$$\log_{10} N_f = \left(\frac{0,9719 - S_r}{0,0828} \right) \text{ jika } S_r > 0,55$$

$$N_f = \left(\frac{4,258}{S_r - 0,4325} \right)^{3,268} \text{ jika } 0,45 \leq S_r \leq 0,55$$

$$S_r = \frac{S_e}{0,944 f_{cf}} \left(\frac{PL_{SF}}{4,4F_1} \right)^{0,94}$$

$$S_e = a + \frac{b}{D} + c \cdot \ln(E_r) + \frac{d}{D^2} + e \cdot [\ln(E_r)]^2 + f \cdot \frac{\ln(E_r)}{D} + \frac{g}{D^3} + h \cdot [\ln(E_r)]^3 + i \cdot \frac{[\ln(E_r)]^2}{D} + j \cdot \frac{\ln(E_r)}{D^2}$$

Keterangan:

- D : tebal pelat beton (mm)
 Ef : CBR Tanah Dasar Efektif (%)
 Se : tegangan ekuivalen beton (MPa)
 Fcf : kuat lentur karakteristik desain pada umur beton 28 hari (MPa)
 P : beban kelompok sumbu (kN)
 LSF : faktor load safety
 F1 : 9 untuk sumbu tunggal dengan roda tunggal (STRT)
 : 18 untuk sumbu tunggal dengan roda ganda (STRG)
 : 18 untuk sumbu tandem dengan roda tunggal (STdRT)
 : 36 untuk sumbu tandem dengan roda ganda (STdRG)
 : 54 untuk sumbu tridem dengan roda ganda (STrRG)
 : 72 untuk sumbu empat dengan roda ganda (SQdRG)

N_f : tak terhingga jika nilai S_r kurang dari 0,45

Nilai a, b, c, d, e, f, g, h, I dan j adalah koefisien

Tabel 8. Koefisien untuk prediksi tegangan ekuivalen (S_e)

Koefisien	Dengan Bahu Beton			
	Jenis Kelompok Gandar			
	STRT & STdRT	STRG	STdRG	STrRG & SQdRG
a	-0,051	0,33	0,088	-0,145
b	26,00	206,50	301,50	258,60
c	0,0899	-0,4684	-0,1846	0,008
d	35774	28661	4418	1408
e	-0,0376	0,165	0,0939	0,0312
f	14,57	2,82	-59,93	-61,25
g	-861548	-686510	280297	488079
h	0,0031	-0,0186	-0,0128	-0,0058
i	1,3098	-1,9606	4,1791	4,7428
j	-4009	-2717	1768	2564

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024

b. Kerusakan erosi

Erosi tanah dasar atau lapis fondasi bawah yang timbul akibat lendutan berulang pada sambungan dan retakan. Jumlah beban yang diizinkan (N_e) untuk nilai beban sumbu tertentu dapat dihitung menggunakan formula sebagai berikut:

$$\log_{10}(F_2 N_e) = 14,524 - 6,777 \left[\max \left(0 \text{ atau } \left(\frac{PL_{SF}}{4,45F_4} \right)^2 \cdot \frac{10F_3}{41,35} - 9,0 \right) \right]^{0,103}$$

$$F_3 = a + \frac{b}{D} + c \cdot \ln(E_r) + \frac{d}{D^2} + e \cdot [\ln(E_r)]^2 + f \cdot \frac{\ln(E_r)}{D} + \frac{g}{D^3} + h \cdot [\ln(E_r)]^3 + i \cdot \frac{[\ln(E_r)]^2}{D} + j \cdot \frac{\ln(E_r)}{D^2}$$

Keterangan :

- F2 : penyesuaian untuk efek pada sisi pelat
 : 0,06 untuk pelat dengan bahu bukan beton
 : 0,94 untuk pelat dengan bahu beton
 F3 : faktor erosi
 F4 : penyesuaian beban untuk erosi karena kelompok sumbu
 : 9 untuk sumbu tunggal dengan roda tunggal (STRT)
 : 18 untuk sumbu tunggal dengan roda ganda (STRG)
 : 18 untuk sumbu tandem dengan roda tunggal (STdRT)
 : 36 untuk sumbu tandem dengan roda ganda (STdRG)
 : 54 untuk sumbu tridem dengan roda ganda (STrRG)
 : 54 untuk sumbu empat dengan roda ganda (SQdRG)

Nilai a, b, c, d, e, f, g, h, I dan j adalah koefisien

Tabel 9. Koefisien untuk prediksi faktor erosi (F_3) untuk beton JPCP

Koefisien	Dengan Bahu Beton			
	Jenis Kelompok Gandar			
	STRT	STRG	STdRG & STdRT	STrRG & SQdRG
a	0,345	0,914	1,564	2,104
b	534,6	539,8	404,1	245,4
c	-0,1711	-0,1416	-0,1226	-0,2473
d	-44908	-44900	-32024	-15007
e	0,0347	0,0275	0,0256	0,0469
f	20,49	16,37	-9,79	8,86
g	1676710	1654590	1150280	518916
h	-0,0038	-0,0032	-0,0052	-0,0075
i	-1,3829	-0,9584	2,1997	1,5517
j	-913	-765	469	-599

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024

1.1.8 Perencanaan Sambungan

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain:

- a. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*)
Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3-4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU- 24 dan berdiameter 16 mm.

Panjang batang pengikat dihitung dengan persamaan

$$A_t = 204 \times b \times h$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75$$

Keterangan:

A_t : Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2)

b : Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m)

h : Tebal pelat (m)

l : Panjang batang pengikat (mm)

ϕ : Diameter batang pengikat yang dipilih (mm)

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 70 cm.

- b. Sambungan Susut Melintang

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (JPCP) sekitar 4-5 m. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Diameter Ruji

No	Tebal Pelat Beton, h (mm)	Diameter Ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36
6	$250 < h \leq 300$	38

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024

Sambungan pelaksanaan melintang harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.

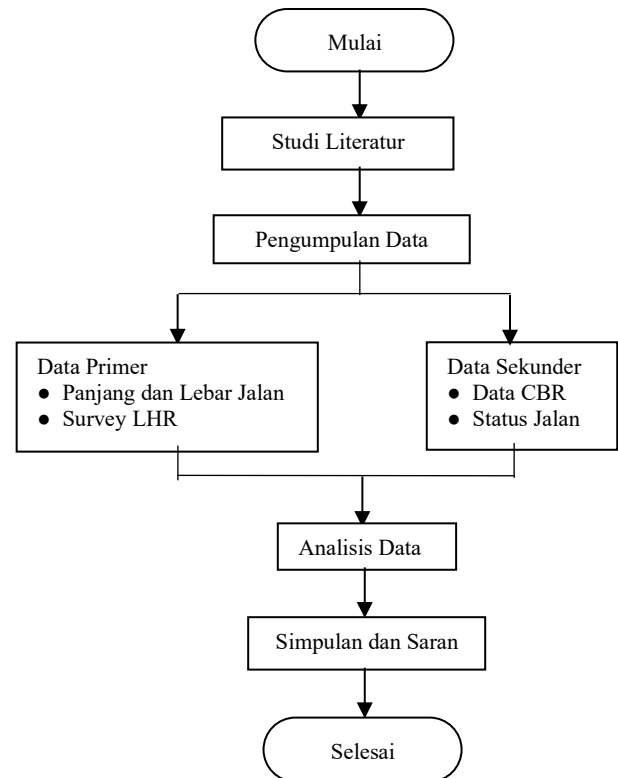
- c. Sambungan isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya manhole, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan, dan lain sebagainya. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5-7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*).

2. Metodologi

2.1 Tahapan Penelitian

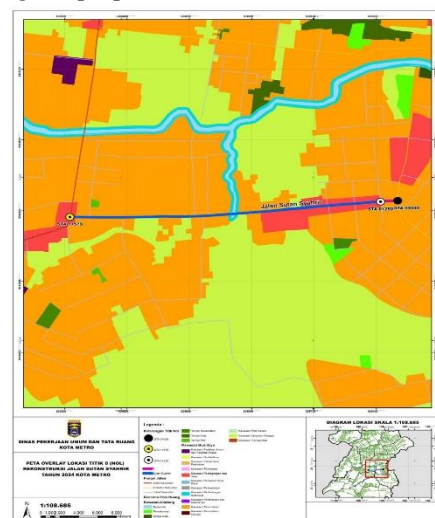
Penelitian ini dimulai dari tahap studi literatur refrensi, pengumpulan data primer (Panjang, lebar jalan dan LHR) dan data sekunder (data CBR dan status jalan) serta analisis data. Langkah-langkah penelitian ini dapat dilihat diagram alir penelitian berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini pada ruas jalan Sutan Syahrir Kelurahan Tejo Agung Kecamatan Metro Timur Kota Metro, total panjang ruas jalan Sutan Syahrir 1.579 m dan lebar 6 m. Panjang ruas efektif yang akan ditangani sepanjang 250 m dan lebar 6 m, kondisi jalan tersebut rusak berat serta tingkat kerusakannya sampai dengan lapis pondasi bawah.



Gambar 2. Peta Lokasi Jalan Yang Direncanakan

3. Pengumpulan Data

3.1 Data Lalu-Lintas Rata-Rata (LHR)

Survey Lalu-Lintas Harian Rata-rata (LHR) dilakukan selama tiga hari pada ruas Jalan Sutan Syahrir, dengan volume lalu lintas sebagai berikut.

Tabel 11. Rekapitulasi LHR

Gol	Jenis Kendaraan	Konfig. Sumbu	Kel. Sumbu	Jumlah Kend.
Gol. 1	Sepeda motor dan kendaraan roda-3	1,1	2	390
Gol. 2	Kendaraan ringan - sedan, jeep, dan station wagon	1,1	2	271
Gol. 3	Kendaraan ringan - angkutan umum sedang	1,1	2	17
Gol. 4	Kendaraan ringan - pick up, micro truck	1,1	2	103
Gol. 5a	Bus kecil	1,1	2	5
Gol. 5b	Bus besar	1,2	2	4
Gol. 6a	Truk 2 sumbu-truk ringan	1,1	2	47
Gol. 6b	Truk 2 sumbu-truk sedang	1,2	2	20
Gol. 7A2	Truk 3 sumbu-berat	1,22	2	5
Total				863

3.2 Nilai CBR (California Bearing Ratio)

Data CBR yang diperoleh dari data Sekunder dengan menggunakan alat DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) diperoleh nilai CBR setiap titik.

Tabel 12. Rekapitulasi CBR

No.	STA	Nilai CBR
1	00+000	9,60
2	00+050	9,80
3	00+100	9,10
4	00+150	8,93
5	00+200	9,12
6	00+250	9,50

4. Analisis Data

Data yang dianalisis adalah data yang diambil dari hasil Analisa berdasarkan data yang dibutuhkan sesuai identifikasi permasalahan, data tersebut adalah analisis lalu-lintas, analisis kondisi jalan dan perencanaan tebal perkerasan. Analisis data dalam penelitian ini menggunakan Metode Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024.

4.1 Umur Rencana

Berdasarkan Tabel 1. Umur Rencana, maka umur rencana perkerasan jalan dengan jenis perkerasan kaku diperoleh UR = 40 tahun. Maka LHR awal umur rencana adalah 2024 dan LHR akhir untuk UR = 40 tahun adalah LHR tahun 2064.

4.2 Lalu Lintas

a. Faktor Distribusi Lajur (DL)

Ruas Jalan Sutan Syahrir memiliki 2 arah dan setiap arah memiliki 1 lajur, berdasarkan Tabel 3. Faktor Distribusi Lajur (DL) dengan beban standar dalam lajur rencana adalah 100%.

b. Faktor Pertumbuhan lalu lintas

Ruas Jalan Sutan Syahrir merupakan jalan perkotaan dengan faktor pertumbuhan lalu lintas (*i*) yang diperoleh dari Tabel 2. Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas *i* (%) sebesar 4,83%. Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif sebagai berikut:

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

$$R = \frac{(1 + 0,01 \times 4,83\%)^{40} - 1}{0,01 \times 4,83\%}$$

$$R = 116$$

Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif tahun 2024-2064 adalah 116

4.3 Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN)

Data Lalulintas Harian Rata-rata dikonversi ke Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) menggunakan Tabel 5. Konfigurasi Sumbu Kendaraan, sehingga didapatkan hasil seperti tabel dibawah ini.

Tabel 13. Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN)

Gol. Kend.	LHR	HVAG	STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG	SQrRG
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Gol. 5A	4	8	4	4	0	0	0	0
Gol. 6A	47	94	94	0	0	0	0	0
Gol. 6B	20	41	20	20	0	0	0	0
Gol. 7A1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7A2	5	9	5	0	0	5	0	0
Gol. 7A3	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7B1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7B2	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7B3	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7C1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7C2A	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7C2B	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7C3	0	0	0	0	0	0	0	0
Gol. 7C4	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	76	152	123	24	0	5	0	0
Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) harian : 152								
Proporsi Jenis Kendaraan (%)	100	80,92	16,01	0,00	3,07	0,00	0,00	0,00

Untuk menghitung jumlah rata-rata harian dari kendaraan berat pada jalur desain secara kumulatif dengan menggunakan Persamaan:

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

$$JSKN = 152 \times 365 \times 0,5 \times 1 \times 116$$

$$JSKN = 3.215.180,263 / (3,22E+06)$$

Keterangan:

LHR_{JK} : lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan perhari)

$JSKN_{JK}$: Sumbu Total Kendaraan Niaga tiap jenis kendaraan niaga

DD : Faktor distribusi arah

DL : Faktor distribusi lajur

JSKN : Jumlah Sumbu Total Kendaraan Niaga selama umur rencana

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

4.4 Desain Fondasi Jalan

Dari hasil perhitungan CBR tanah dasar pada Tabel 14 didapatkan nilai CBR rata-rata 7,47%, CBR Desain 7,21% dan Tabel 16 CBR tanah dasar ekuivalen 86,04%.

Tabel 14. CBR rata-rata dan CBR Desain

NO.	STA	CBR	Faktor Musim Peralihan 0,80	CBR _{Rata-rata}	CBR _{Desain} =	Keseragaman FK (%)
1	0 + 000	9,60	7,68	7,47	7,21	3,64%
2	0 + 050	9,80	7,84	7,47	7,21	3,64%
3	0 + 100	9,10	7,28	7,47	7,21	3,64%
4	0 + 150	8,93	7,14	7,47	7,21	3,64%
5	0 + 200	9,12	7,30	7,47	7,21	3,64%
6	0 + 250	9,50	7,60	7,47	7,21	3,64%

6%, sehingga tidak perlu lagi penguatan daya dukung tanah, seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 15. Bagan Desain 2 dibawah ini.

Tabel 15. Bagan Desain - 2 Desain Fondasi Jalan Minimum

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur		Perkerasan Kaku
			Beban Lalu Lintas Pada Jalur Rencana Dengan Umur Rencana 40 Tahun (Jus ESAS)		
			<10	>10	
			Tebal Minimum Perbaikan Tanah Dasar (mm)		
5	SG5	Perbaikan tanah dengan material timbunan pilihan (CBR ≥ 10%)	200	200	200
4	SG4				
3	SG3		300	400	400
2,5	SG2,5			600	600
Kekuatan tanah dasar < 2,5% atau tanah lunak			Untuk tebal tanah lunak > 1 m harus ditangani dengan penanganan geoteknik, sedangkan untuk ketebalan ≤ 1 m dapat diganti tanah timbunan dengan tebal minimum yang sama dengan ketebalan dan berlaku untuk tanah SG2,5 Bagan Desain ini.		
Tanah ekspansif			Penanganan sesuai dengan kajian geoteknik terhadap besaran potensi pemuaian dengan ketebalan penutup tidak kurang dari 600 mm berupa material dengan potensi pemuaian tidak lebih besar dari 1,5%. Di atas lapis penutup tersebut harus ditambahkan lapis perbaikan SG2,5.		

Tabel 16. CBR tanah dasar ekuivalen desain

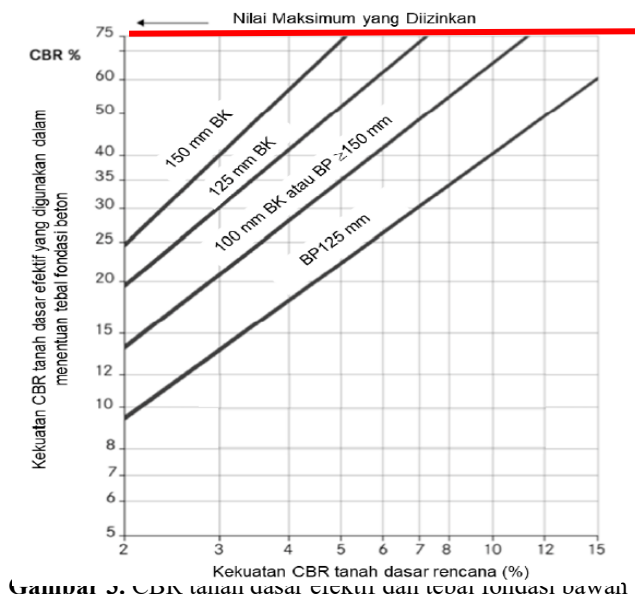
Material	Daya Dukung CBR (%)	Tebal (m)
LFA Kelas A	90 %	0,1
Timbunan pilihan berbutir kasar	30 %	0
Tanah dasar	7,21 %	0

$$CBR_{ekuivalen} = \left(\frac{\sum_i h_i CBR_i^{0,33}}{\sum_i h_i} \right)^3 \text{-----} > CBR_{ekuivalen} 86,04 \%$$

Tebal Lapis Fondasi Agregat Kelas A 100 mm dikarenakan sebagai lapisan drainase untuk mencegah masuknya butiran halus tanah dasar ke lapisan-lapisan perkerasan di atasnya serta mengurangi tegangan tanah dasar, selain itu Lapis Fondasi Atas Agregat Kelas A digunakan sebagai perata.

4.5 Tebal Fondasi Bawah

Nilai Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) : 3.215.180,263 / (3,22E+06). Berdasarkan Tabel 6, tebal fondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen didapatkan jenis lapis pondasi bawah berupa Beton Kurus 100 mm atau Bahan Berpengikat 150 mm dan CBR tanah dasar efektif sebesar 75% didapat dari Gambar dibawah ini.



Gambar 5. CBR tanah dasar efektif dari tebal fondasi bawah

4.6 Repetisi Beban Yang Diizinkan

Perhitungan repetisi beban yang diizinkan sesuai dengan kelompok sumbunya berdasarkan distribusi beban JSKN rencana. Hasil perhitungan repetisi beban yang diizinkan dapat dilihat pada Tabel 17 sampai Tabel 19.

Tabel 17. Hasil hitung repetisi beban yang diizinkan – STRT

Beban Sumbu (KN)	Proporsi Beban (%100)	Proporsi Kelompok Sumbu (%/100)	Desain Lalu Lintas (JSKN)	Repetisi Beban yang Diizinkan
10	0,0004	0,81	3,22E+ 06	1040,70
20	0,1308	0,81	3,22E+ 06	340309,91
30	0,2626	0,81	3,22E+ 06	683221,58
40	0,0774	0,81	3,22E+ 06	201376,05
50	0,0611	0,81	3,22E+ 06	158967,40
60	0,1295	0,81	3,22E+ 06	336927,62
70	0,0854	0,81	3,22E+ 06	222190,11
80	0,0571	0,81	3,22E+ 06	148560,37
90	0,0470	0,81	3,22E+ 06	122282,61
100	0,1487	0,81	3,22E+ 06	386881,37

Tabel 18. Hasil hitung repetisi beban yang diizinkan – STRG

Beban Sumbu (KN)	Proporsi Beban (%100)	Proporsi Kelompok Sumbu (%/100)	Desain Lalu Lintas (JSKN)	Repetisi Beban yang Diizinkan
10	0,000	0,16	3,22E+ 06	154,41
20	0,012	0,16	3,22E+ 06	6228,00
30	0,280	0,16	3,22E+ 06	144119,05
40	0,133	0,16	3,22E+ 06	68353,60
50	0,077	0,16	3,22E+ 06	39426,85
60	0,040	0,16	3,22E+ 06	20794,32
70	0,078	0,16	3,22E+ 06	40147,45
80	0,056	0,16	3,22E+ 06	28669,40
90	0,053	0,16	3,22E+ 06	27279,68
100	0,208	0,16	3,22E+ 06	107008,39
110	0,036	0,16	3,22E+ 06	18684,00
120	0,017	0,16	3,22E+ 06	8904,50
130	0,006	0,16	3,22E+ 06	2882,38
140	0,002	0,16	3,22E+ 06	1183,84
150	0,001	0,16	3,22E+ 06	514,71
160	0,000	0,16	3,22E+ 06	51,47

Tabel 19. Hasil hitung repetisi beban yang diizinkan – STdRG

Beban Sumbu (KN)	Proporsi Beban (%100)	Proporsi Kelompok Sumbu (%/100)	Desain Lalu Lintas (JSKN)	Repetisi Beban yang Diizinkan
50	0,0005	0,03	3,22E+ 06	49,36
60	0,0014	0,03	3,22E+ 06	138,20
70	0,0033	0,03	3,22E+ 06	325,75
80	0,0049	0,03	3,22E+ 06	483,69
90	0,0133	0,03	3,22E+ 06	1312,87
100	0,0224	0,03	3,22E+ 06	2211,14
110	0,0392	0,03	3,22E+ 06	3869,50
120	0,0566	0,03	3,22E+ 06	5587,08
130	0,051	0,03	3,22E+ 06	5034,30
140	0,0692	0,03	3,22E+ 06	6830,85
150	0,068	0,03	3,22E+ 06	6712,39
160	0,0678	0,03	3,22E+ 06	6692,65
170	0,0722	0,03	3,22E+ 06	7126,98
180	0,059	0,03	3,22E+ 06	5823,99
190	0,0629	0,03	3,22E+ 06	6208,96
200	0,0529	0,03	3,22E+ 06	5221,85
210	0,0541	0,03	3,22E+ 06	5340,30
220	0,0438	0,03	3,22E+ 06	4323,57
230	0,0247	0,03	3,22E+ 06	2438,18
240	0,0233	0,03	3,22E+ 06	2299,98
250	0,0249	0,03	3,22E+ 06	2457,92
260	0,0245	0,03	3,22E+ 06	2418,44
270	0,0268	0,03	3,22E+ 06	2645,47
280	0,014	0,03	3,22E+ 06	1381,96
290	0,0075	0,03	3,22E+ 06	740,34
300	0,0133	0,03	3,22E+ 06	1312,87
310	0,0151	0,03	3,22E+ 06	1490,55
320	0,0151	0,03	3,22E+ 06	1490,55
330	0,0103	0,03	3,22E+ 06	1016,73
340	0,0089	0,03	3,22E+ 06	878,53
350	0,0077	0,03	3,22E+ 06	760,08
360	0,0082	0,03	3,22E+ 06	809,44
370	0,0054	0,03	3,22E+ 06	533,04
380	0,0047	0,03	3,22E+ 06	463,94
390	0,003	0,03	3,22E+ 06	296,14
400	0,004	0,03	3,22E+ 06	394,85
410	0,0056	0,03	3,22E+ 06	552,79
420	0,0037	0,03	3,22E+ 06	365,23
430	0,0044	0,03	3,22E+ 06	434,33
440	0,0026	0,03	3,22E+ 06	256,65

4.7 Faktor Kelelahan (Fatigue) dan Faktor Erosi

Ekuivalensi Faktor Kelelahan (*Fatigue*) dan Faktor Erosi dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 20. Ekuivalensi Faktor Fatigue (Se) dan Ekuivalensi Faktor Erosi (F3)

Ekuivalen	STRT	STRG	STdRG
S _e	0,58	0,84	0,70
F ₃	1,66	2,26	2,30

Hasil perhitungan faktor kelelahan (*Fatigue*) dan Faktor Erosi dapat dilihat pada Tabel 21 sampai Tabel 23.

Tabel 21. Hasil hitung faktor fatigue dan erosi – STRT

Beban Sumbu (KN)	Repetisi Beban L _{sf} (Beban)	Repetisi Beban yang Diizinkan	Ek. Fak. Fatigue (S _e)	0,58	Ekuiv. Fak. Erosi (F ₃)	1,66
			Analisis Faktor Fatigue (N _f)		Analisis Faktor Erosi (N _e)	
			Repetisi yang Diizinkan	Fatigue (%)	Repetisi yang Diizinkan	Kerusakan (%)
10	12	1,04E+ 03	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
20	24	3,40E+ 05	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
30	36	6,83E+ 05	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
40	48	2,01E+ 05	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
50	60	1,59E+ 05	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
60	72	3,37E+ 05	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
70	84	2,22E+ 05	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
80	96	1,49E+ 05	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
90	108	1,22E+ 05	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
100	120	3,87E+ 05	UNLIMITED	0,00	9,73E+ 08	0,04
0	0	0,00E+ 00	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
0	0	0,00E+ 00	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
Total			Fatigue (%)	0,00	Erosi (%)	0,04

Tabel 22. Hasil hitung faktor fatigue dan erosi – STRG

Beban Sumbu (KN)	Repetisi Beban L _{sf} (Beban)	Repetisi Beban yang Diizinkan	Ek. Fak. Fatigue (S _e)	0,84	Ekuiv. Fak. Erosi (F ₃)	2,26
			Analisis Faktor Fatigue (N _f)		Analisis Faktor Erosi (N _e)	
			Repetisi yang Diizinkan	Fatigue (%)	Repetisi yang Diizinkan	Kerusakan (%)
10	12	1,54E+ 02	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
20	24	6,23E+ 03	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
30	36	1,44E+ 05	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
40	48	6,84E+ 04	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
50	60	3,94E+ 04	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
60	72	2,08E+ 04	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
70	84	4,01E+ 04	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
80	96	2,87E+ 04	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
90	108	2,73E+ 04	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
100	120	1,07E+ 05	UNLIMITED	0,00	1,03E+ 09	0,01
110	132	1,87E+ 04	UNLIMITED	0,00	1,41E+ 08	0,01
120	144	8,90E+ 03	UNLIMITED	0,00	4,97E+ 07	0,02
130	156	2,88E+ 03	UNLIMITED	0,00	2,35E+ 07	0,01
140	168	1,18E+ 03	UNLIMITED	0,00	1,30E+ 07	0,01
150	180	5,15E+ 02	UNLIMITED	0,00	7,84E+ 06	0,01
160	192	5,15E+ 01	54356304,72	0,00	5,05E+ 06	0,00
Total			Fatigue (%)	1,04	Erosi (%)	0,12

Tabel 23. Hasil hitung faktor fatigue dan erosi – STdRG

Beban Sumbu (KN)	Beban L _{sf} (Beban Rencana)	Repetisi Beban yang Diizinkan	Ek. Fak. Fatigue (S _e)	0,70	Ekuiv. Fak. Erosi (F ₃)	2,30
			Analisis Faktor Fatigue (N _f)		Analisis Faktor Erosi (N _e)	
			Repetisi yang Diizinkan	Fatigue (%)	Repetisi yang Diizinkan	Kerusakan (%)
50	60	4,94E+ 01	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
60	72	1,38E+ 02	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
70	84	3,26E+ 02	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
80	96	4,84E+ 02	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
90	108	1,31E+ 03	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
100	120	2,21E+ 03	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
110	132	3,87E+ 03	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
120	144	5,59E+ 03	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
130	156	5,03E+ 03	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
140	168	6,83E+ 03	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
150	180	6,71E+ 03	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
160	192	6,69E+ 03	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
170	204	7,13E+ 03	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
180	216	5,82E+ 03	UNLIMITED	0,00	5,57E+ 15	0,00
190	228	6,21E+ 03	UNLIMITED	0,00	1,51E+ 09	0,00
200	240	5,22E+ 03	UNLIMITED	0,00	3,55E+ 08	0,00
210	252	5,34E+ 03	UNLIMITED	0,00	1,53E+ 08	0,00
220	264	4,32E+ 03	UNLIMITED	0,00	8,28E+ 07	0,01
230	276	2,44E+ 03	UNLIMITED	0,00	5,06E+ 07	0,00
240	288	2,30E+ 03	UNLIMITED	0,00	3,34E+ 07	0,01
250	300	2,46E+ 03	UNLIMITED	0,00	2,32E+ 07	0,01
260	312	2,42E+ 03	UNLIMITED	0,00	1,68E+ 07	0,01
270	324	2,65E+ 03	UNLIMITED	0,00	1,25E+ 07	0,02
280	336	1,38E+ 03	UNLIMITED	0,00	9,58E+ 06	0,01
290	348	7,40E+ 02	UNLIMITED	0,00	7,46E+ 06	0,01
300	360	1,31E+ 03	UNLIMITED	0,00	5,91E+ 06	0,02
310	372	1,49E+ 03	UNLIMITED	0,00	4,75E+ 06	0,03
320	384	1,49E+ 03	UNLIMITED	0,00	3,86E+ 06	0,04
330	396	1,02E+ 03	UNLIMITED	0,00	3,17E+ 06	0,03
340	408	8,79E+ 02	UNLIMITED	0,00	2,63E+ 06	0,03
350	420	7,60E+ 02	UNLIMITED	0,00	2,20E+ 06	0,03
360	432	8,09E+ 02	UNLIMITED	0,00	1,85E+ 06	0,04
370	444	5,33E+ 02	UNLIMITED	0,00	1,57E+ 06	0,03
380	456	4,64E+ 02	UNLIMITED	0,00	1,34E+ 06	0,03
390	468	2,96E+ 02	30403218,85	0,00	1,15E+ 06	0,03
400	480	3,95E+ 02	8066558,34	0,00	9,92E+ 05	0,04
410	492	5,53E+ 02	3151653,993	0,02	8,59E+ 05	0,06
420	504	3,65E+ 02	1521744,48	0,02	7,47E+ 05	0,05
430	516	4,34E+ 02	839946,5033	0,05	6,52E+ 05	0,07
440	528	2,57E+ 02	508432,7074	0,05	5,72E+ 05	0,04
Total			Fatigue (%)	0,15	Erosi (%)	0,69

Kerusakan Fatik = 1,19% < 100%

Kerusakan Erosi = 0,84% < 100% ----> OK

4.8 Desain Perkerasan Jalan

a. Tebal Beton

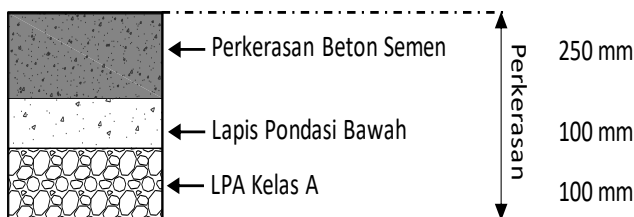
Dari hasil analisis perkerasan kaku, untuk menentukan tebal beton yang tepat sesuai umur rencana dan kondisi lalu lintas. Desain tebal perkerasan kaku pada ruas Jalan Sutan Syahrir Kota Metro dengan lalu lintas sebesar 3.215.180,263 JSKN dan umur rencana 40 tahun. Ketebalan beton minimum yang dipersyaratkan secara teknis dapat dilihat pada Tabel 24.

Tabel 24. Ketebalan beton minimum

Jenis Perkerasan	Lalu Lintas Rencana		
	$1 \times 10^6 \leq \text{JSKN} < 1 \times 10^7$	$1 \times 10^7 \leq \text{JSKN} < 5 \times 10^7$	$\text{JSKN} \geq 5 \times 10^7$
JPCP	150 mm	200 mm	250 mm
JRCP	150 mm	180 mm	230 mm
CRCP	150 mm	180 mm	230 mm

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024

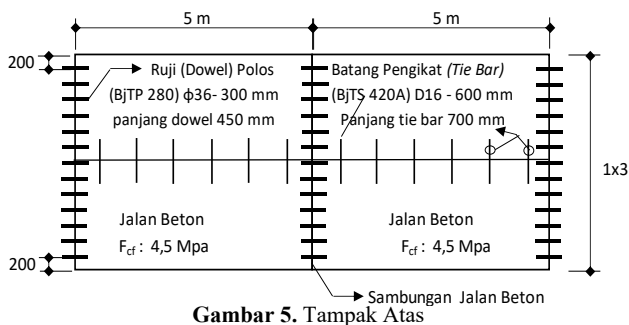
Maka, berdasarkan hasil Tabel 24 Ketebalan beton minimum untuk lalu-lintas rencana 3.215.180,263 JSKN didapatkan tebal beton minimum 150 mm. Namun, pada penelitian ini menggunakan tebal 250 mm. susunan tebal lapis perkerasan seperti pada Gambar 4.

**Gambar 4.** Tipikal Struktur Perkerasan Kaku

b. Sambungan Perkerasan Beton Semen Tanpa Tulangan

Berdasarkan Tabel 7. Bagan Desain 8 Perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas berat dan Perencanaan Sambungan dengan menggunakan tipe perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan (JPCP) maka diperoleh sambungan sebagai berikut:

- Lebar pelat : 1 x 3 m
- Panjang pelat : 5 m
- Jarak sambungan susut : 5 m
- Ruji (*Dowel*) : (BjTP 280) $\phi 36$ - 300 mm, panjang dowel 450 mm
- Batang pengikat (*Tie bar*) : (BjTS 420A) D16 - 600 mm, panjang *Tie bar* 700 mm

**Gambar 5.** Tampak Atas

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis tebal lapis perkerasan kaku dengan menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan tahun 2024 pada Ruas Jalan Sutan Syahrir Kota Metro maka didapat kesimpulan yaitu hasil pengamatan dan survey didapat nilai lalu lintas harian rata – rata (LHR) sebesar 863 kendaraan perhari yang terbagi dalam beberapa jenis golongan kendaraan. Nilai CBR rata - rata tanah dasar yakni 7,47% diatas nilai minimum CBR yang dipersyaratkan sebesar 6%. Nilai Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) untuk umur rencana 40 tahun sebesar 3.215.180,263 / (3,22E+06). Tebal Perkerasan Beton Semen = 250 mm, Lapis Pondasi Bawah = 100 mm dan LPA Kelas A = 100

mm dengan jenis perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan (JPCP) serta didapati sambungan melintang menggunakan dowel $\phi 36$ – 300 panjang 450 mm, batang pengikat (*Tie-bar*) Ulir $\phi 16$ – 600 panjang 700 mm.

Daftar Pustaka

- Chegenizadeh, A., Keramatikermanm, M., & Nikraz, H. (2016). A Study Numerical Modelling of Rigid Pavement: Temperature and Thickness Effect. *International Journal of Civil and Enviromental Engineering*, 10, No:2(2), 265-269.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, (2024), Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor : 03/M/BM/2024, Jakarta
- Ketema, Y., Quezon, P. E. T., & Kebede, G. (2016). Cost and Benefit Analysis of Rigid and Flexible Pavement: A case Study at Chanco-Derba-Becho Road Project. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 7(10), 181-188.
- Kosim, K., Fikri, J., Indra, S., Amalia, K. R., Sari, I. P., & Prasetya, Y. (2022). Design of Geometric and Rigid Pavement Thickness on Jalan Lingkar Barat Sp. Sports Center-Bukit Sulap STA 0+100 – STA 7+583 Lubuk linggau City, South Sumatera Province. *Proceedings of the 5th FIRST T1 T2 2021 International Conference (FIRST-T1-T2 2021)*, 9, 19-25. <https://doi.org/10.2991/ahe.k.220205.004>
- Silvia, S. (2003) Beton Aspal Campuran Panas, Granit, Jakarta.