



Perencanaan perkerasan jalan raya pada perlintasan sebidang di JPL 136 Kota Madiun

Muhammad Adib Kurniawan^{1✉}, Septiana Widi Astuti², Puspita Dewi³, Hana Wardani Puruhita⁴, Wawan Riyanta⁵

Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun, Kota Madiun, Jawa Timur, Indonesia ^(1,2,3,4,5)

DOI: 10.31004/jutin.v7i4.37006

✉ Corresponding author:

[adib@ppi.ac.id]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Perlintasan Sebidang;

Perkerasan Jalan;

Perkerasan Kaku;

Konstruksi perkerasan jalan raya pada perlintasan sebidang umumnya menggunakan perkerasan lentur aspal yang mudah terkelupas dan rusak. Telah disebutkan bahwa struktur perkerasan jalan pada perlintasan sebidang antara jalan dengan jalur kereta api hendaknya dibedakan dengan struktur perkerasan jalan di ruas mendekati perlintasan. Struktur perkerasan pada perlintasan sebidang dianjurkan untuk memiliki kekuatan lebih besar dari struktur perkerasan jalan pada ruas jalan yang ada, seperti penggunaan struktur perkerasan kaku-beton (Prasarana, 2004). Pada penelitian ini direncanakan perkerasan jalan raya pada perlintasan sebidang JPL 136 Kota Madiun menggunakan perkerasan kaku beton semen, perhitungan konstruksi menggunakan metode perencanaan perkerasan jalan beton semen (Ministry of Public Works and Housing, 2003). Setelah dilakukan analisa didapatkan konstruksi perkerasan kaku beton semen dengan ketebalan 150 mm, mutu kuat tekan beton $f'c$ 35 MPA, besi tulangan memanjang D16-170 dan besi tulangan melintang D16-170 dengan jenis BJTS 420 A.

Abstract

Keywords:

Level Crossing;

Rigid pavement;

Flexible pavement;

The construction of road pavements at level crossings typically employs flexible asphalt pavements, which are prone to peeling and damage. It has been stated that the pavement structure at at-grade crossings between roads and railway tracks should differ from the pavement structure in sections approaching the crossing. The pavement structure at at-grade crossings is recommended to have greater strength than the pavement structure on existing road sections, such as the use of rigid concrete pavements (Prasarana, 2004). In this research, the road pavement at the JPL 136 at-grade crossing in Madiun City is planned to use rigid cement concrete pavement, with the construction calculation using the cement concrete pavement planning method (Ministry of Public Works and Housing, 2003). After analysis, a rigid cement concrete pavement construction with a

thickness of 150 mm, a compressive strength of 35 MPa, longitudinal reinforcement D16-170, and transverse reinforcement D12-100 with BJTS 420 A type was obtained.

1. PENDAHULUAN

Transportasi kereta api menjadi salah satu moda transportasi umum yang paling diminati masyarakat Indonesia, hal tersebut terlihat dari kenaikan data penumpang sebesar 23,28% juta orang pada tahun 2022 hingga tahun 2023 (Badan Pusat Statistik, 2023). Lebih lanjut panjang jalur kereta api mengalami peningkatan signifikan setiap tahunnya, berdasarkan data statistik Kementerian Perhubungan oleh Direktorat Jenderal Perkeretaapian menyebutkan pada tahun 2019 panjang jalur kereta api memiliki panjang 6.221.698 m, pada tahun 2020 panjang jalur 6.325.916 m, tahun 2021 sebesar 6.466.197 m dan di tahun 2022 sebesar 6.642.313 (Direktorat Jenderal Perkeretaapian, 2023). Kenaikan peminat dan gencarnya pembangunan prasarana tersebut harus berbanding lurus dengan tingkat keselamatan dan rasa aman yang harus diberikan oleh penyelenggara transportasi.

Perlindungan sebidang merupakan pertemuan antara sarana transportasi jalan raya dengan sarana transportasi jalan rel, dimana dalam pertemuan ini sering terjadi kecelakaan pada transportasi kereta api. Beberapa hal penyebab kecelakaan pada perlindungan sebidang adalah ketidakpatuhan dan kesadaran rendah dari pengguna jalan (Astuti et al., 2024), faktor perencanaan perlindungan jalan dengan jalur kereta api yang tidak tepat, pengaturan dan penggunaan rambu lalu lintas yang kurang tepat (Prasarana, 2004) serta kondisi konstruksi perkerasan jalan raya yang sudah rusak dan kurang sesuai pada perlindungan sebidang.

Konstruksi perkerasan jalan raya pada perlindungan sebidang umumnya menggunakan perkerasan lentur aspal yang mudah terkelupas dan rusak. Telah disebutkan bahwa struktur perkerasan jalan pada perlindungan sebidang antara jalan dengan jalur kereta api hendaknya dibedakan dengan struktur perkerasan jalan di ruas mendekati perlindungan. Struktur perkerasan pada perlindungan sebidang dianjurkan untuk memiliki kekuatan lebih besar dari struktur perkerasan jalan pada ruas jalan yang ada, seperti penggunaan struktur perkerasan kaku-beton (Prasarana, 2004).

Salah satu perlindungan sebidang yang menggunakan konstruksi perkerasan jalan raya dengan tipe perkerasan lentur adalah Jalan Perlindungan Langsung (JPL) 136 di Kota Madiun. JPL 136 terletak diantara Jln S Parman dan Jln Basuki Rahmat Kota Madiun memiliki Hazard Index tertinggi dibandingkan Jalan Perlindungan Langsung di Kota Madiun, yaitu JPL 1 dan JPL 138 sebesar 194,859 (Astuti et al., 2024). Dari nilai tersebut dapat dikatakan bahwa jumlah riwayat kejadian kecelakaan pada perlindungan tersebut sangat sering.



Gambar 1 Kondisi Perlindungan Sebidang

Berlatarbelakang uraian diatas, maka peneliti ingin melakukan penelitian terhadap salah satu faktor yang menjadi penyebab kecelakaan pada perlindungan sebidang, yaitu dengan merencanakan konstruksi perkerasan jalan raya pada perlindungan tersebut. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk merencanakan perkerasan jalan raya pada perlindungan sebidang di JPL 136 Kota Madiun.

2. METODE

Secara garis besar metode penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini akan diuraikan pada sub bab di bawah.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan studi pustaka atau studi dokumen untuk mendapatkan data primer dan data sekunder. Data Primer dilakukan melalui analisa parameter-parameter perencanaan ketebalan konstruksi perkerasan beton semen yang didapatkan dari hasil penelitian terdahulu oleh (Astuti et al., 2024) berupa data lalu-lintas harian pada JPL 136 dan parameter-parameter tertentu yang diambil dari peraturan-peraturan seperti (Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor Pm. 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, 2012) serta manual desain yang diterbitkan (Ministry of Public Works and Housing, 2003).

Metode Analisis Data

Analisis data digunakan untuk memperoleh tujuan dari suatu penelitian, agar dapat mencapai tujuan dari penelitian maka peneliti menggunakan metode analisis data kuantitatif.

Analisis Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas diambil dari Tabel 1 berikut;

Tabel 1 pertumbuhan lalu lintas

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan (%)	4,8	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural (%)	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa (%)	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

Volume Lalu lintas meningkat hingga tercapai kapasitas jalan sesuai umur rencana atau faktor pertumbuhan lalu lintas yang dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \tag{1}$$

Dengan:

- R = Faktor Pertumbuhan Lalu lintas
- i = laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %
- UR = umur rencana (tahun)

Setelah diperoleh faktor pertumbuhan lalu lintas, kemudian dilanjut analisa Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN), dengan persamaan sebagai berikut.

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \tag{2}$$

Dimana:

- JSKN = Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana .
- JSKNH = Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.
- R = Faktor pertumbuhan komulatif
- C = Koefisien distribusi kendaraan

Perhitungan Repetisi Sumbu yang Terjadi

Tujuan dari analisa ini adalah untuk mendapatkan nilai Repetisi komulatif yang nantinya digunakan sebagai perencanaan tebal konstruksi perkerasan jalan beton semen.

$$\text{Proporsi Beban} = \frac{\text{Jumlah Sumbu pada Sebuah Beban}}{\text{Total Jumlah Sumbu Sejenis}} \tag{3}$$

- Proporsi Sumbu = Total Jumlah Sumbu Sejenis/ Jumlah Sumbu Keseluruhan (4)
 Repetisi yang Terjadi = Proporsi Beban x Proporsi Sumbu x lalu Lintas Rencana (5)

Perhitungan Tebal Pelat Beton

Tebal pelat taksiran dapat direncanakan berdasarkan contoh, pengalaman atau berdasarkan grafik hubungan antara nilai CBR efektif, kelompok sumbu kendaraan niaga dan tebal slab (Ministry of Public Works and Housing, 2003). Kemudian dianalisa terhadap total fatik serta kerusakan erosi dihitung dari data komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Apabila kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran rencana dapat dinaikan dan proses perencanaan diulangi. Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

Perhitungan Tulangan

Pada dasarnya perencanaan tulangan pada perkerasan beton semen dihitung untuk tiga tipe perkerasan, antara lain perkerasan beton bersambung tanpa tulangan; perkerasan beton bersambung dengan tulangan dan perkerasan beton menerus dengan tulangan.

Penulangan Memanjang pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$P_s = \frac{100 \cdot f_s \cdot (1,3 - 0,2\mu)}{f_y - n \cdot f_{ct}} \tag{6}$$

Dimana:

- P_s = persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)
- f_{ct} = kuat tarik langsung beton = (0,4 – 0,5 f_{cf}) (kg/cm²)
- f_y = tegangan leleh rencana baja (kg/cm²)
- n = angka ekivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c), Atau dapat ditentukan melalui Tabel 2.
- μ = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya
- E_s = modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)
- E_c = modulus elastisitas beton = $1485 \sqrt{f' c}$ (kg/cm²)

Tabel 2 Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Angka Ekvivalen Baja dan Beton (n)

F_c' (kg/cm ²)	n
175-225	10
235-285	8
290-ke atas	6

Hasil analisa dari tulangan memanjang harus di lakukan pengecekan terhadap jarak teoritis antara retakan, dimana jarak teoritis retakan hasil analisa harus bernilai antara 150 dan 250 cm berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan berikut:

$$L_{cr} = \frac{f_{ct}^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b \cdot (\epsilon_s E_c - f_{ct})} \tag{7}$$

Dengan:

- L_{cr} = jarak teoritis antara retakan (cm).
- p = perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton.
- u = perbandingan keliling terhadap luas tulangan = 4/d.
- f_b = tegangan lekat antara tulangan dengan beton = $(1,97 \sqrt{f' c})/d$. (kg/cm²)
- ϵ_s = koefisien susut beton = $(400 \cdot 10^{-6})$.
- f_{ct} = kuat tarik langsung beton = (0,4 – 0,5 f_{cf}) (kg/cm²)

- n = angka ekivalensi antara baja dan beton = (E_s/E_c) .
- E_c = modulus Elastisitas beton = $14850 \sqrt{f' c}$ (kg/cm²)
- E_s = modulus Elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)

Penulangan Melintang

Rekomendasi penggunaan tulangan melintang yaitu menggunakan tulangan ulir berdiameter tidak lebih kecil dari 12 mm serta jarak maksimumnya 75 cm. Dapat juga digunakan perhitungan menggunakan persamaan berikut.

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \tag{8}$$

Keterangan :

- A_s = luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)
- f_s = kuat-tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh.
- g = gravitasi (m/detik²).
- h = tebal pelat beton (m)
- L = jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)
- M = berat per satuan volume pelat (kg/m³)
- μ = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Lalu-Lintas

Diketahui data lalu-lintas harian rata-rata pada Tabel 3 (Astuti et al., 2024), berdasarkan data volume lalu-lintas tersebut kemudian dilakukan dan dianalisa jumlah sumbu kendaraan berdasarkan jenis dan bebannya. Data konfigurasi beban sumbu (ton) dan jumlah sumbu setiap jenis kendaraan didasarkan pada peraturan Manual Perkerasan Jalan dengan alat Benkelman beam No. 01/MN/BM/83 sedangkan Umur rencana (UR) digunakan 20 tahun mempertimbangkan laju peningkatan lalu lintas yang semakin cepat dan sulit untuk mendapatkan ketelitian yang memadai (tambahan tebal perkerasan menyebabkan biaya awal yang cukup tinggi) (Irsan, 2017).

Tabel 3 Volume Lalu-Lintas Harian Rata-Rata pada JPL 136 Kota Madiun

Ruas Jalan	Volume Lalu-lintas (Kendaraan/hari)											Jumlah
	1	2	3	4	5A	5B	6A	8B	7A	7B	7C	
S Parman - Basuki Rahmat	9.074	2.098	46	274	0	125	210	217	2	1	0	12.046
Basuki Rahmat - S Parman	9.223	1.653	262	148	10	57	57	320	34	13	0	11.777
Jumlah	18297	3751	308	422	10	182	267	537	36	14	0	23.823

Hasil perhitungan jumlah sumbu kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4. Berikut

Tabel 4 Konfigurasi Beban Sumbu berdasarkan Jeis Kendaraan

Jenis Kendaraan	Konfigurasi Beban Sumbu (ton)				Jml. Kendaraan (unit)	Jml. Sumbu Per Kendaraan (bh)	Total Jml. Sumbu Per Kendaraan (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)	(12)	(13)	(14)

Sepeda Motor, kendaraan roda 3					18297							
Sedan, jeep, station wagon	1	1	-	-	3751	-	-	-	-			
Angkutan penumpang sedang	1	1	-	-	308	-	-	-	-			
Pick Up, micro truck dan mobil hantaran	2	4	-	-	422	2	844	2	422			
								4	422			
Bus Kecil	3	5	-	-	10	2	20	3	10	5	10	
Bus Besar	3	6	-	-	182	2	364	3	182	6	182	
Truck ringan 2 as	2	4	-	-	267	2	534	2	267			
								4	267			
Truck sedang 2 as	5	8	-	-	537	2	1074	5	537	8	537	
Truck 3 as	6	14	-	-	36	2	72	6	36			14 36
truck 4 as. Truk gandeng	6	14	5	5	14	4	56	6	14			14 14
								5	14			
								5	14			
Truck Semi trailer	-	-	-	-	0	-	0		0			
TOTAL							2964		2185		729	50

Keterangan: RD = Roda Depan; RB = Roda belakang; RGD = Roda Gandeng Depan; RGB = Roda Gandeng; Belakang; BS = Beban Sumbu; JS= Jumlah Sumbu; STRT = Sumbu Tunggal Roda Tunggal; STRG = Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG= Sumbu Tandem Roda Ganda.

Menentukan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) rencana/ lalu lintas rencana untuk menentukan repetisi yang terjadi, pertama menentukan nilai faktor pertumbuhan lalu lintas (R) dengan nilai pertumbuhan lalu lintas (i) = 5% (diambil dari tabel 2.4.) serta Umur Rencana (UR) = 20 tahun.

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

$$R = \frac{(1+5\%)^{20}-1}{(5\%)}$$

$$R = 33,07$$

Menentukan Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) rencana, dengan nilai C Koefisien distribusi kendaraan (diambil dari tabel 2 (Ministry of Public Works and Housing, 2003)).

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R$$

$$= 365 \times 2964 \times 33,07$$

$$= 35772733 \text{ buah}$$

$$JSKN \text{ rencana} = C \times JSKN$$

$$= 0,7 \times 35772733$$

$$= 25040913 \text{ buah}$$

Analisa Repetisi yang Terjadi

Tujuan analisis ini adalah untuk memperoleh nilai repetisi kumulatif yang akan digunakan dalam perencanaan ketebalan konstruksi perkerasan jalan beton semen. Perhitungan repetisi tertuang pada tabel 5.

Tabel 5 Analisis Repetisi

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	Lalu-lintas Rencana	Repetisi yang Terjadi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) = (4)x(5)x(6)
STRT	6	50	0,023	0,785	25040913,174	450052,358
	5	565	0,259	0,785	25040913,174	5085591,640
	4	689	0,315	0,785	25040913,174	6201721,487
	3	192	0,088	0,785	25040913,174	1728201,053
	2	689	0,315	0,785	25040913,174	6201721,487
Total		2185	1,000			
STRG	8	537	0,982	0,197	25040913,174	4833562,320
	5	10	0,018	0,197	25040913,174	90010,472
Total		547	1,000			
STdRG	14	50	1,000	0,018	25040913,174	450052,358
Total		50	1,000			
Kumulatif						25040913,174

Didapatkan nilai Kumulatif Repetisi yang terjadi sebesar 25040913,174.

Perhitungan Tebal Pelat Beton

Parameter-parameter perencanaan:

Tabel 6 Parameter Perhitungan Tebal Pelat Beton

No.	Parameter-parameter Perhitungan	Nilai	Satuan	Keterangan
1.	Tebal Taksiran Pelat Beton =	15	cm	Mempertimbangkan tinggi rel yang terpasang (R 54)
2.	Kuat Tarik Lentur (f_{cr}) =	4,43706	Mpa	(Mutu Kuat Tekan Beton diambil f_c' 35 Mpa)
3.	Mutu Baja Tulangan (f_y) =	3900	kg/cm ²	BJTS 420/AB (U 39 Ulir)
4.	Koefisien Gesek antara pelat beton dengan pondasi (μ) =	1,5		
5.	JSK =	25040913,174		
6.	Faktor keamanan beban (F_{KB}) =	1,1		
7.	CBR tanah dasar =	6 %		(Sesuai Persyaratan Badan Jalan Jalur KA --> PM 60)
8.	CBR efektif =	25		
9.	Pertumbuhan lalu lintas (i) =	5%		
10.	Umur Rencana =	20	Thn	

Selain parameter di atas, digunakan pula beberapa pendekatan dalam perencanaan ketebalan pelat perkerasan jalan beton semen pada perlintasan sebidang JPL 136 Kota Madiun antara lain:

- a. Konstruksi perkerasan beton semen direncanakan untuk jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah 2 lajur 1 arah dimana lebar perkerasan (L_p) 7 m;
- b. Konstruksi direncanakan sebagai perkerasan beton menerus dengan tulangan (BMDT)

Berdasarkan nilai tebal rencana dan CBR efektif, melalui Tabel 2.9 didapatkan nilai-nilai tegangan setara dan faktor erosi yang dirangkum pada tabel 7. berikut.

Tabel 7 Analisa Fatik dan Analisa Erosi

Jenis Sumbu	Beban Sumbu ton (kN)		Beban Rencana Per roda (kN)	Repetisi yang Terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi	
						Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=(4)*100/(6)	(8)	(9)=(4)*100/(8)	
STRT	6	60	33	450052,4	TE = 1,3 FRT = 0,293 FE = 2,3	4000000	11,251	5000000	9,001
	5	50	27,5	5085592		TT	0,000	TT	0,000
	4	40	22	6201721		TT	0,000	TT	0,000
	3	30	16,5	1728201		TT	0,000	TT	0,000
	2	20	11	6201721		TT	0,000	TT	0,000
STRG	8	80	22	4833562	TE = 1,9 FRT = 0,428 FE = 2,9	7000000	69,051	20000000	24,168
	5	50	13,75	90010,47		TT	0,000	TT	0,000
STdRG	14	140	19,25	450052,4	TE = 1,59 FRT = 0,358 FE = 2,88	TT	0,000	TT	0,000
						< 100%		<100%	

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, ketebalan pelat rencana sebesar 15 cm dengan mutu beton f_c' 35 MPa dapat digunakan hal tersebut terlihat dari nilai persentase kerusakan terhadap fatik pada jenis sumbu STRT 11,251% < 100% serta 69,051% < 100% pada sumbu STRG tidak ada yang melebihi 100%. Lebih lanjut juga terlihat dari nilai persentase rusak untuk analisa erosi sebesar 9% < 100% pada jenis sumbu STRT dan 24, 168% < 100% jenis sumbu STRG tidak ada atau sama dengan 100%.

Perhitungan Tulangan Memanjang

Parameter-parameter perhitungan kebutuhan tulangan:

Tabel 8 Parameter Perhitungan Kebutuhan Tulangan

No.	Parameter-parameter Perhitungan	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Tebal Pelat (t)	= 15	cm	
2	Lebar Pelat	= 7	m	
3	Kuat Tekan Beton (f_c)	= 35	Mpa	
4	Kuat Tarik langsung beton (f_{ct}) 0,4 - 0,5 f_c	= 17,5	Mpa	
5	Tegangan Leleh Baja (f_y)	= 3900	kg/cm ²	
6	E_s/E_c (n)	= 6,000		dipilih dari tabel 2.11
7	Koefisien Gesek antara beton dengan pondasi bawah (μ)	= 1,5		

Dari parameter pada tabel 8 dilakukan perhitungan sesuai persamaan 6 – 8, hingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 9 Hasil Perhitungan Tulangan

No.	Jenis Tulangan	Parameter Luas Tulangan			Tulangan Terpakai
		As Perlu	As min	As pasang	

1	Tulangan memanjang	6,917 cm ² /m'	9 cm ² /m'	11,821 cm ² /m'	D16-170
2	Tulangan Melintang	11,036 cm ² /m'		11,821 cm ² /m'	D16-170

Pengecekan Jarak Teoritis Antar Retakan

Setelah dilakukan perhitungan tulangan memanjang dan melintang, kemudian dilakukan pengecekan jarak teoritis antar retakan berdasarkan desain tebal pelat beton, mutu beton dan tulangan. Parameter – parameter yang digunakan dalam perhitungan antara lain:

Tabel 10 Parameter Pengecekan Jarak Teoritis Antar Retakan

No.	Parameter-parameter Perhitungan	Nilai	Satuan	Keterangan
1	(p) Perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton	= 0,008		Luas pelat beton per meter
2	(u) Perbandingan keliling terhadap diameter tulangan memanjang = 4/d	= 2,5	cm	
3	(f _b) Tegangan lekat antara tulangan dengan beton (1,97√f _c)/d	= 23,035	kg/cm ²	
4	(ε _s) Koefisien susut beton	= 400x10 ⁻⁶		
5	(n) angka ekuivalensi antara baja dan beton	= 6		dipilih dari tabel 2.11
6	(E _c)Modulus Elastisitas Beton 14850√f _c)	= 277818,1	kg/cm ²	
7	(E _s) Modulus Elastisitas Baja	= 2,1 x 10 ⁶	kg/cm ²	

$$L_{cr} = \frac{f_{ct}^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b \cdot (\epsilon_s E_c - f_{ct})}$$

$$L_{cr} = \frac{17,5^2}{6,0,008^2 \cdot 2,5 \cdot 23,035 (0,0004 \cdot 277818,1 - 17,5)}$$

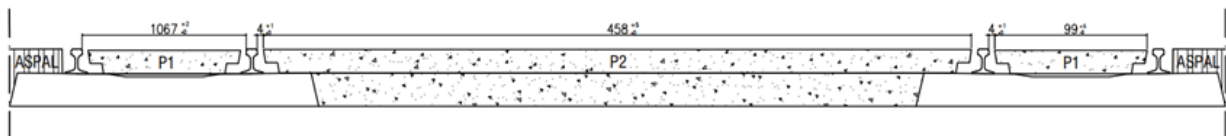
$$L_{cr} = \frac{306,25}{2,009}$$

L_{cr} = 152,428 cm

Jarak teoritis antar retakan L_{cr} hasil perhitungan 152,428 cm < jarak teoritis antar retakan maksimum 250 cm, sehingga disimpulkan konstruksi perkerasan jalan pelat beton dapat digunakan. Nilai tersebut juga masuk dalam persyaratan (Ministry of Public Works and Housing, 2003), yang menyatakan bahwa jarak retakan teoritis harus memberikan hasil antara 150 dan 250 cm.

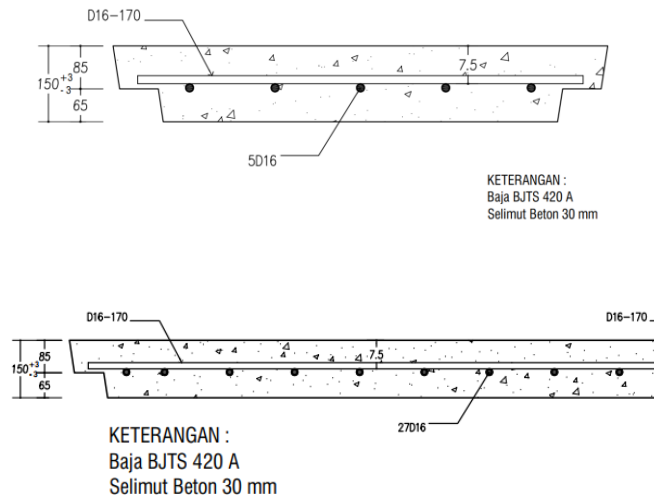
Gambar Hasil Analisa

a. Gambar Potongan Melintang



Gambar 2 Gambar Potongan Melintang Pelat

b. Gambar Detail Pelat



Gambar 3 Gambar Potongan Detail Pelat 1 (a) dan Pelat 2 (b)

4. KESIMPULAN

Hasil analisa struktur konstruksi perkerasan jalan raya pada perlintasan sebidang di JPL 136 Kota Madiun didapatkan tebal pelat beton sebesar 150 mm dengan rencana kuat tekan beton $f_c' 35$ MPa dan mutu baja tulangan $f_y 3900$ kg/cm². Tulangan memanjang menggunakan besi ulir D16 berjarak 170 mm sedangkan tulangan melintang menggunakan besi ulir D16 berjarak 170 mm.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, S. W., Dewi, P., Nurhadi, M., & Nopryanto, W. (2024). *Identifikasi Risiko Kecelakaan Perlintasan Sebidang di Kota Madiun*. 7(1), 109–118.
- Direktorat Jenderal Perkeretaapian. (2023). *Perkeretaapian Dalam Angka*. https://djka.dephub.go.id/uploads/202208/Perkeretaapian_Dalam_Angka_250722_2.pdf
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor Pm. 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, 1 (2012). www.djpp.kemenumham.go.id
- Ministry of Public Works and Housing. (2003). Pd T-14-2003 - Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen. *Book*, 51.
- Prasarana, D. J. (2004). *Perencanaan Perlintasan jalan dengan jalur Kereta Api*.