

ANALISIS PERENCANAAN PADA PENINGKATAN RUAS JALAN RAYA CIREBON – SUMBER (JL. PANGERAN CAKRABUANA) KABUPATEN CIREBON

Rival¹, Martinus Agus S², Shinta Novriani³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

²martinusrinonce@gmail.com

Abstract

A road segment is a path that aims to pass traffic from one place to another. Good road pavement construction conditions must be able to fulfill functional requirements, namely providing a sense of security and comfort as well as minimum travel time for road users. This study aims to analyze the traffic performance on the Cirebon - Sumber road, then plan improvements to the pavement and road geometry to improve traffic performance. The method used in this study is a quantitative method using the 1997 Indonesian Road Capacity Manual (MKJI), then planning pavement and widening based on the current LHR using the 2017 Pavement Design Manual (MDP) method. In order to accommodate vehicle volumes of up to 25 next year, the road width is planned to be 11 meters, namely 5.5 m for each lane with a 2/2 UD road type. From the results of calculating the thickness of the rigid pavement using the 2017 method (MDP), a pavement thickness of 28.5 cm is obtained and can accommodate the number of passing vehicles with the degree of saturation of 0.63 with Level of Service C (Stable Flow).

Keywords: MKJI 1997, MDP 2017, Road Pavement, Traffic flow.

Abstrak

Ruas jalan adalah sebuah lintasan yang bertujuan untuk melewatkan lalu lintas dari satu tempat ke tempat lain. Kondisi konstruksi perkerasan jalan yang baik harus dapat memenuhi syarat fungsional yaitu memberikan rasa aman dan nyaman serta waktu tempuh yang minimal bagi pengguna jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja lalu lintas pada ruas jalan Cirebon - Sumber, kemudian merencanakan perbaikan perkerasan dan geometri jalan untuk meningkatkan kinerja lalu lintas. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) Tahun 1997, kemudian perencanaan perkerasan dan pelebaran berdasarkan LHR saat ini menggunakan metode Manual Desain Perkerasan (MDP) tahun 2017. Untuk menampung volume kendaraan hingga 25 tahun ke depan, lebar jalan direncanakan menjadi 11 meter yaitu 5,5 m untuk setiap lajur dengan tipe jalan 2/2 UD. Dari hasil perhitungan tebal perkerasan kaku menggunakan metode 2017 (MDP), diperoleh tebal perkerasan sebesar 28,5 cm dan dapat menampung jumlah kendaraan yang melintas dengan derajat kejenuhan 0,63 dengan Tingkat Pelayanan C (Arus Stabil).

Kata Kunci : MKJI 1997, MDP 2017, Perkerasan Jalan, Arus Lalu Lintas.

Diterima Redaksi : 13-01-2023 | Selesai Revisi : 30-01-2023 | Diterbitkan Online : 31-01-2023

1. Pendahuluan

Peran sarana transportasi sangat penting sebagai penunjang dalam pengembangan suatu wilayah. Salah satu prasarana untuk transportasi darat yakni jalan. Beberapa jalan di bangun untuk memperlancar akses transportasi darat ke beberapa kota maupun daerah.

Jalan raya merupakan suatu lintasan yang bertujuan melewatkan lalu lintas dari suatu tempat ke tempat lain. Maksud lintasan disini dapat diartikan sebagai tanah yang diperkeras atau jalan tanah tanpa perkerasan, sedangkan lalu lintas adalah sebuah benda atau makhluk hidup yang melewati jalan tersebut baik kendaraan bermotor, tidak bermotor, manusia maupun hewan. [1].

Kondisi konstruksi perkerasan jalan yang baik diupayakan mampu memenuhi syarat fungsional yakni memberikan rasa aman dan nyaman serta waktu tempuh yang seminimal mungkin bagi para pengguna jalan.

Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan serta hasil visualisasi dari Google Maps, ruas jalan raya Cirebon – Sumber memiliki jarak tempuh 2,5 Km. Ruas jalan raya Cirebon – sumber ini merupakan jalan kolektor yang memiliki panjang jarak tempuh 2,5 km dengan lebar jalan 7 m dan merupakan jalan dengan tipe 2 lajur 2 arah atau 2/2UD. Ruas jalan raya Cirebon – Sumber ini memiliki kondisi lebar jalan kecil dan banyak mengalami kerusakan pada perkerasannya di beberapa titik yang mengakibatkan para pengguna kendaraan tidak nyaman saat melintas di ruas jalan tersebut, dan juga mengakibatkan kemacetan yang disebabkan oleh para pengemudi yang menurunkan kecepatannya, dimana ruas jalan ini merupakan akses Kabupaten – Kota Cirebon maupun sebaliknya dan ruas jalan ini juga merupakan salah satu akses menuju Kabupaten Majalengka, yang membuat jalan ini sering dilalui oleh kendaraan pribadi, kendaraan umum maupun kendaraan berat lainnya. Maka dari itu ruas jalan ini perlu dilakukan peningkatan kinerjanya dengan merencanakan perkerasan dan pelebaran jalan baru berdasarkan volume dan bobot kendaraan yang didapat pada saat survey lapangan, dengan tidak merubah jenis dan tipe jalan yang sudah ada pada saat ini. Dengan dilakukannya peningkatan jalan ini diharapkan mampu mendukung dan manampung aktifitas masyarakat.

Penelitian terkait peningkatan jalan sudah banyak dilakukan sebelumnya dengan berbagai tujuan yang berbeda. Misalnya, [2] menanalisis peningkatan jalan alternatif yang banyak dilalui kendaraan bermuatan material dengan tujuan untuk mengetahui keefektifan perkerasan lentur dan perkerasan kaku pada peningkatan jalan Maliran – Sumber di Kecamatan Pongok Kabupaten Blitar; [3] melakukan pelebaran jalan sebagai bentuk peningkatan akibat adanya peningkatan volume lalu lintas di ruas jalan Panjaln – Rajagaluh; [4]–[6] melakukan perencanaan peningkatan jalan berupa penambahan tebal perkerasan dan menghitung biaya konstruksi yang dibutuhkan; [7], [8] melakukan peningkatan jalan dari *flexible pavement* menjadi *rigid pavement*. Pada penelitian ini, peningkatan jalan yang dilakukan berupa pelebaran jalan dan perkerasan baru berdasarkan hasil survey volume lalu lintas dan bobot kendaraan dengan tujuan dapat menghasilkan sebuah ruas jalan yang sesuai dengan kebutuhan di lapangan.

2. Metode Penelitian

a. Tinjauan Umum

Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah dengan pendekatan kuantitatif karena yang akan dibahas hanya pada permasalahan – permasalahan

yang terukur. Penyusunan garis besar langkah kerja merupakan suatu tahapan kegiatan. Metode pendekatan dilakukan dengan penyederhanaan dari masalah yang ada beserta parameter – parameter yang berpengaruh untuk tujuan tertentu seperti memberikan gambaran tentang keadaan dari hal – hal yang ditinjau. Adapun tahapan kajian yang dilakukan adalah :

1. Pekerjaan persiapan
2. Identifikasi masalah
3. Tahapan pengumpulan data
4. Tahapan analisis/pembahasan

b. Jenis Data dan Sumber Data

1) Data Primer

Data primer yaitu data yang didapat oleh perencana untuk menyelesaikan permasalahan yang sedang ditangani. Data dikumpulkan oleh perencana langsung dari sumber utama atau tempat obyek perencanaan dilakukan yang dijelaskan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Data Primer

Data Primer	Sumber
Data daya dukung tanah dasar melalui pemeriksaan DCP	Dinas Bina Marga Prov Jabar BPJ Wil. Pel. VI
Data Lalu Lintas Harian	Dinas Bina Marga Prov Jabar BPJ Wil. Pel. VI

2) Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang didapat dari instansi terkait yang menunjang kegiatan perencanaan ataupun dari pihak lain dan sumber sumber yang ada sehingga dapat terkumpulnya data data yang diperlukan. Kebutuhan data sekunder dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan Data Sekunder

Data Sekunder	Sumber
Peta Lokasi Perencanaan	Google maps
Data Acuan Perencanaan	<ul style="list-style-type: none"> - Manual Desain Perkerasan Jalan (MPD 2017). - Petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode Analisis Komponen SKBI 2.3.26.1987. - RSNi Geometrik 2004 - Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 - Buku – buku mengenal teknik perencanaan jalan.

3) Survei Lalu Lintas

Metode survei yang digunakan dalam pelaksanaan survei pada ruas jalan raya Cirebon – Sumber (Jl. P.Cakrabuana) adalah survei volume lalu lintas perhitungan secara manual.

c. Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan mengacu pada [9] yaitu :

1) Analisis Kebutuhan Pelebaran

Analisis kebutuhan pelebaran ini sama dengan kita menghitung kapasitas dari suatu ruas jalan raya, dan dapat dilihat berdasarkan rumus perhitungan berikut :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{SP} \times FCSF \times FCCS$$

Dimana:

- C = kapasitas ruas jalan (smp/jam)
- C_o = kapasitas dasar (smp/jam)
- FC_w = faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas
- FC_{SP} = faktor penyesuaian pemisahan arah
- FCSF = faktor penyesuaian akibat hambatan samping
- FCCS = faktor penyesuaian ukuran kota

2) Analisis Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas.

Untuk menghitung derajat kejenuhan (DS) dengan menggunakan rumus:

$$DS = Q/C$$

Dimana:

- DS = Derajat Kejenuhan
- Q = Arus Total Lalu Lintas (smp/jam)
- C = Kapasitas (smp/jam)
- Tingkat kapasitas tinggi apabila di dapat nilai DS dibawah 0,85
- Tingkat kapasitas sedang apabila di dapat nilai DS 0,75 - 0,85
- Tingkat Kapasitas rendah apabila di dapat nilai DS diatas 0,7

3) Perencanaan Desain Perkerasan

Perencanaan perkerasan mengacu pada [10] dengan cara :

a) Perhitungan Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi. Daya dukung tanah dasar diperoleh dari nilai CBR atau Plate Bearing Test, DCP, dan lain lain dan ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Korelasi DDT dan CBR

b) Nilai VDF (Vehicle Damage Factor)

Untuk nilai VDF sendiri mengacu pada Tabel 3 dibawah ini

Tabel 3. Nilai VDF

Jenis Kendaraan	VDF
5a	0.3
5b	1
6a	0.8
7a	7.6
7b	36.9
7c	13.6
Sumber : MDP 2017	

c) Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

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 (DL) digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Faktor distribusi lajur yang ditunjukkan pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Nilai Disbtribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (%populasi terhadap kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50
Sumber : MDP 2017	

d) Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESAL)

Beban sumbu standar kumulatif atau Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut.

$$CESAL = (LRH \times VDF) 365 \times DD \times DL \times R$$

Dimana,

- LHR = Lalu lintas harian
- VDF = Vehicle damage faktor
- DD = Faktor distribusi arah
- DL = Faktor distribusi lajur
- R = Pertumbuhan lalu lintas
- 365 = Hari dalam satu tahun

e) Menentukan Tebal Perkerasan

Penentuan tebal lapisan perkerasan yaitu berdasarkan pada perhitugan Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL) yang disesuaikan dengan tabel 5

perkerasan Manual Desain Perkerasan (MDP 2017) dibawah ini.

Tabel 5. Tebal Lapis Perkerasan

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok Sumbu Kendaraan Berat	<4.3 x 10 ⁶	<8.6 x 10 ⁶	<25.8 x 10 ⁶	<43 x 10 ⁶	<86 x 10 ⁶
Dowel dan Bahu Beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal Plat Beton	265	275	285	295	305
Tebal Pondasi LMC	100				
Lapis Drainase (Dapat Mengalir Dengan Baik)	150				

Sumber : MDP 2017

f) Sambungan Memanjang Dengan Batang Pengikat (TieBars)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 -4 cm. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJ 24 dan berdiameter 16mm dan jarak batang pengikat yang digunakan yaitu 75 cm. Ukuran batang pengikat dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$At = 204 \times b \times h$$

Dimana,

At = Luas penampang tulangan per meter Panjang sambungan (mm²) b = Jarak terkecil antar sambungan dengan tepi perkerasan (m)

h = Tebal plat (m)

d. Lokasi Penelitian

1) Lokasi Penelitian

Lokasi kajian pada jalan raya Cirebon – Sumber (Jl. Pangeran Cakrabuana) Kabupaten Cirebonseperti tampak pada gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Kajian

2) Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 1 Agustus – 7 Agustus 2022 yaitu dilakukan dengan menghitung Volume Lalu Lintas Harian.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Volume Lalu Lintas

Rekapitulasi volume lalu lintas hasil survey yang telah dilakukan selama 15 jam setiap hari selama satu minggu dapat dilihat pada table 6 berikut.

Tabel 6. Rekapitulasi Volume Lalu Lintas

Arah Pergerakan	Hari Tanggal						
	Jumlah Volume (smp/jam)						
	Senin 01/08/22	Selasa 02/08/22	Rabu 03/08/22	Kamis 04/08/22	Jum'at 05/08/22	Sabtu 06/08/22	Minggu 07/08/22
Jumlah Volume Lalu Lintas	41275	41735	41704	40538	41413	41637	41981

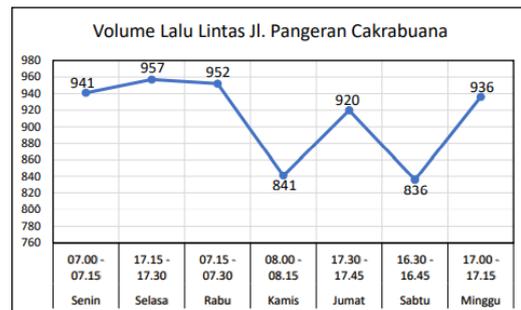
Survey dilakukan pada pukul 06.00 – 21.00

Volume lalu lintas jam puncak dapat diketahui setelah mengamati masing - masing jam dan masing - masing hari. Berdasarkan survey selama satu minggu pada pukul 06.00 – 21.00 volume lalu lintas jam puncak dapat dilihat berdasarkan tabel 7 dan Gambar 3 berikut ini :

Tabel 7. Volume Lalu Lintas Jam Puncak Dua Arah

Hari	Jam Puncak (WIB)	Volume (smp/jam)
Senin	07.00 - 07.15	941
Selasa	17.15 - 17.30	957
Rabu	07.15 - 07.30	952
Kamis	08.00 - 08.15	841
Jumat	17.30 - 17.45	920
Sabtu	16.30 - 16.45	836
Minggu	17.00 - 17.15	936

Sumber : Hasil Survey



Gambar 3. Volume Lalu Lintas Jam Puncak

Berdasarkan dari volume kendaraan diatas yang diambil dari data volume lalu lintas yang dilakukan selama satu minggu, maka dapat terlihat bahwa jam puncak untuk ruas jalan raya Cirebon – Sumber pada hari Selasa, tanggal 2 Agustus 2022 yaitu pukul 17.15 – 17.30 sebesar 957 smp/jam.

b. Analisis Data Lalu Lintas

Dalam analisa data lalu lintas dibutuhkan hasil perhitungan dari kapasitas dasar (Co), Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas (FCw), Faktor penyesuaian pemisah arah (FCsp), Faktor penyesuaian

hambatan samping (FCsf) untuk mendapatkan analisa penentuan kapasitas pada kondisi lapangan. Dari serangkaian data tersebut akan digunakan untuk menentukan nilai derajat kejenuhan (DS) pada kondisi jalan.

c. Perhitungan Analisis Kapasitas Jalan Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada ruas jalan pangeran cakrabuana selama 1 (satu) minggu yaitu dimulai pada hari Senin tanggal 1 Agustus 2022 sampai hari Minggu tanggal 7 Agustus 2022, Maka diperoleh data sebagai berikut.

- Tipe jalan : 1 Jalur, 2 Lajur, 2 Arah Tak terbagi (2/2 UD)
- Panjang Jalur : 2.500
- Lebar Jalur : 7 m
- Lebar Bahu : 0.5 m
- Tipe Alinyemen : Datar
- Kelurusan : Lurus
- Perkerasan : Perkerasan Lentur

Perhitungan kapasitas jalan untuk jalan luar kota dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$C = Co \times FCw \times FCsf \times FCsp \times FCc$$

Co = Kapasitas dasar (smp/jam) Tipe jalan 1 jalur 2 lajur 2 arah tak terbagi dengan tipe alinyemen datar sehingga kapasitas dasarnya = 2900 smp/jam total dua arah. Tabel 8 menunjukkan nilai kapasitas dasar menurut MKJI 1997.

Tabel 8. Kapasitas Dasar (Co)

Tipe Jalan	Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar (smp/jam)			Catatan
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota	Jalan Bebas Hambata	
Enam atau empat jalur terbagi atau jalan satu arah	Datar	1,650	1,900	2,300	Per lajur
	Bukit		1,850	2,250	
	Gunung		1,800	2,150	
Empat jalur tak terbagi	Datar	1,500	1,700		Per lajur
	Bukit		1,650		
	Gunung		1,600		
Dua jalur tak terbagi	Datar	2,900	3,100	3,400	Total dua arah
	Bukit		3,000	3,300	
	Gunung		2,900	3,200	

Sumber : Manual kapasitas Jalan Indonesia 1997

FCw = Faktor penyesuaian lebar jalan Tipe jalan 1 jalur 2 lajur 2 arah tak terbagi memiliki lebar jalur 7m sehingga FCw = 1.00

Tabel 9 menunjukkan nilai faktor penyesuaian lebar lajur menurut MKJI 1997.

Tabel 9. Faktor Penyesuaian Lebar Jalan (FCw)

Tipe Jalan	Lebar Jalur Laju lintas efektif (Wc)(m)	FCw		
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota	Jalan Bebas Hambatan
Enam atau empat jalur terbagi atau jalan satu arah (6/2D) atau (4/2D)	Per lajur			
	3.00	0.92	0.91	
	3.25	0.96	0.96	0.96
	3.50	1.00	1.00	1.00
	3.75	1.04	1.03	1.03
Empat jalur tak terbagi (4/2D)	Per lajur			
	3.00	0.91	0.91	
	3.25	0.95	0.96	
	3.50	1.00	1.00	
	3.75	1.05	1.03	
Dua Lajur tak terbagi (2/2UD)	Total dua arah			
	5.0	0.56	0.69	
	6.0	0.87	0.91	
	6.5			0.96
	7.0	1.00	1.00	1.00
	7.5			1.04
	8.0	1.14	1.08	
	9.0	1.25	1.15	
	10.0	1.29	1.21	
	11.0	1.34	1.27	

Sumber : Manual kapasitas Jalan Indonesia 1997

FCsp = Faktor penyesuaian pemisah arah Ruas jalan raya Cirebon – Sumber memiliki kapasitas pemisah arah 50% - 50% sehingga nilai FCsp = 1.00. Tabel 10 menunjukkan nilai faktor penyesuaian pemisah arah menurut MKJI 1997.

Tabel 10. Faktor Penyesuaian Pemisah Arah (FCsp)

FCsp	Jalan Perkotaan	Pemisah arah SP %- %	50 - 50	55 - 45	60 - 40	65 - 35	70 - 30
			Dua Lajur (2/2)	Empat Lajur (4/2)	Dua Lajur (2/2)	Empat Lajur (4/2)	Dua Lajur (2/2)
FCsp	Jalan Perkotaan	Dua Lajur (2/2)	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88
		Empat Lajur (4/2)	1.00	0.985	0.97	0.91	0.94
FCsp	Jalan Luar Kota	Dua Lajur (2/2)	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88
		Empat Lajur (4/2)	1.00	0.975	0.95	0.925	0.9
FCsp	Jalan Bebas Hambatan	Dua Lajur (2/2)	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88
		Empat Lajur (4/2)	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88

Sumber : Manual kapasitas Jalan Indonesia 1997

FCsf = Faktor Penyesuaian hambatan samping Pada ruas jalan ini menggunakan bahu dengan rata rata.

Tabel 11 menunjukkan nilai faktor penyesuaian Hambatan samping menurut MKJI 1997.

Tabel 11. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (FCsf)

Tipe Jalan	Kelas Hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping (FCsf) untuk: jalan dengan bahu (lebar bahu efektif (Ws)) dan jalan dengan kereb (kereb-penghalang (Wg))							
		<= 0.5		1.0		1.5		>= 2.0	
		Ws	Wg	Ws	Wg	Ws	Wg	Ws	Wg
4/2D	VL	0.96	0.95	0.98	0.97	1.01	0.99	1.03	1.01
	L	0.94	0.94	0.97	0.96	1.00	0.98	1.02	1.00
	M	0.92	0.91	0.95	0.93	0.98	0.95	1.00	0.98
	H	0.88	0.85	0.92	0.89	0.95	0.92	0.98	0.95
	VH	0.84	0.81	0.88	0.85	0.92	0.88	0.96	0.92
4/2UD	VL	0.96	0.95	0.99	0.97	1.01	0.99	1.03	1.01
	L	0.94	0.93	0.96	0.95	0.99	0.97	1.02	0.99
	M	0.92	0.90	0.95	0.92	0.98	0.95	1.00	0.97
	H	0.87	0.84	0.91	0.87	0.94	0.90	0.98	0.93
	VH	0.80	0.77	0.86	0.81	0.90	0.85	0.95	0.90
2/2UD atau jalan satu arah	VL	0.94	0.93	0.96	0.95	0.99	0.97	1.01	0.99
	L	0.92	0.90	0.94	0.92	0.97	0.95	1.00	0.97
	M	0.89	0.86	0.92	0.88	0.95	0.91	0.98	0.94
	H	0.82	0.78	0.86	0.81	0.90	0.84	0.95	0.88
	VH	0.73	0.68	0.79	0.72	0.85	0.77	0.91	0.82

Sumber : Manual kapasitas Jalan Indonesia 1997

FCcs = Faktor penyesuaian ukuran kota Berdasarkan badan pusat statistik provinsi Jawa Barat, Cirebon memiliki kurang lebih 2juta penduduk, maka untuk factor penyesuaian ukuran kota yaitu 1.00.

Tabel 10 menunjukkan nilai faktor penyesuaian ukuran kota menurut MKJI 1997.

Tabel 12. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (FCcs)

Ukuran Kota (jutaan penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota (FCcs)
<0.1	0.86
0.1 - 0.5	0.9
0.5 - 1.0	0.94
1.0 - 3.0	1.00
> 3.0	1.04

Sumber : MKJI 1997

Berdasarkan data data yang telah ada dapat dihitung besarnya kapasitas dari ruas jala raya Cirebon – Sumber adalah sebagai berikut :

$$C = Co \times FCw \times FCsp \times FCsf \times FCcs$$

$$C = 2900 \times 1.00 \times 1.00 \times 0.89 \times 1.00$$

$$C = 2581 \text{ smp/jam}$$

Jadi diketahui kapasitas kendaraan pada ruas jalan raya Cirebon – Sumber ini adalah sebesar 2581 smp/jam.

d. Perhitungan Derajat Kejenuhan (*Degree Of Saturation*)

Derajat kejenuhan adalah perbandingan dari volume (nilai arus) lalu lintas terhadap kapasitasnya. Perhitungan Derajat Kejenuhan dapat dihitung dengan rumus:

$$DS = Q/C$$

Dimana,

$$DS = 957/2581$$

$$DS = 0.4$$

Diketahui perhitungan kondisi lalu lintas yang ada untuk ruas jalan raya Sumber – Cirebon (Jl. Pangeran Cakrabuana) mempunyai derajat kejenuhan yaitu 0.4 yang dimana termasuk pada tingkat pelayanan B dengan kondisi arus stabil. Tingkat pelayanan menurut MKJI 1997 dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Tingkat Pelayanan Kapasitas Jalan

Tingkat Pelayanan	Karakteristik	LOS
A	Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang diinginkan tanpa hambatan.	0 – 0.2
B	Arus stabil, tapi kecepatan mulai dibatasi akibat kondisi lalu lintas, pengemudi memiliki kecepatan yang cukup untuk memilih kecepatan.	0.2 – 0.44
C	Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan.	0.45 – 0.74
D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dikendalikan, masih ditolerir	0.75 – 0.84
E	Volume lalu lintas mendekati atau berada pada kapasitas dan arus yang tidak stabil, kecepatan kadang - kadang berhenti.	0.85 – 1.00
F	Arus yang terhambat, kecepatan rendah, volume dibawah kapasitas, antrian panjang serta hambatan samping.	>1.00

e. Pertumbuhan Lalu Lintas

Berdasarkan manual desain perkerasan 2017 pertumbuhan lalu lintas di pulau jawa yaitu sebesar 3.50 % per tahun.

Prediksi pertumbuhan volume lalu lintas dapat dicari dengan rumus : $Q = VJP \times (1 + I)^n$

Q = Arus total lalu linyas (smp/jam)

VJP = Volume jam perencanaan (smp)

i = Perumbuhan lalu lintas

n = Umur rencana

Diketahui :

$$VJP = 957$$

$$N = 25 \text{ th}$$

$$i = 3.5\%/Tahun = 0.035 / Tahun$$

$$Q = 957 \times (1 + 0.035)^{25}$$

$$Q_{25th} = 2304 \text{ smp/jam}$$

Derajat Kejenuhan

$$DS = Q/C$$

$$DS = 2304/2581$$

$$DS = 0.892 = 0.9$$

Berdasarkan analisa perhitungan diatas untuk 25 tahun yang akan datang kapasitas ruas jalan Pangeran Cakrabuana ini sudah kurang efektif lagi untuk menampung jumlah kendaraan yang melintas. Maka perlu diadakan Perencanaan Pelebaran Ruas Jalan agar ruas jalan Pangeran Cakrabuana ini dapat berfungsi dengan baik sesuai kapasitasnya.

f. Analisis Perencanaan Pelebaran Jalan

Untuk mendapatkan kapasitas jalan sesuai umur rencana, dan jalan Pangeran Cakrabuana Kabupaten Cirebon dianggap layak menampung arus lalu lintas maka diperlukan perencanaan pelebaran jalan dengan spesifikasi sebagai berikut :

- 1). Perkembangan Lalu Lintas 3.5 %
- 2). Lebar Bahu Efektif = 2 m
- 3). Tipe Jalan Rencana = 2 Lajur 2 Arah Tak Terbagi (2/2UD)
- 4). Lebar jalur rencana = 11 m atau 5.5 per lajur
- 5). Umur Rencana = 25 Tahun
- 6). Fungsi Jalan = Kolektor
- 7). Tipe Alinyemen = Datar

Ketentuan faktor-faktor yang berpengaruh dalam perhitungan kapasitas untuk kondisi 25 tahun yang akan datang adalah sebagai berikut:

- 1) Kapasitas Dasar (Co) : Kapasitas dasar (smp/jam)
Tipe jalan 1 jalur 2 lajur 2 arah tak terbagi dengan tipe alinyemen datar sehingga kapasitas dasarnya = 2900 smp/jam total dua arah.
- 2) FCw : Faktor penyesuaian lebar jalan Tipe jalan 1 jalur 2 lajur 2 arah tak terbagi memiliki lebar jalur 7m sehingga FCw = 1.34
- 3) FCsp : Faktor penyesuaian pemisah arah Ruas jalan raya Cirebon – Sumber memiliki kapasitas pemisah arah 50% - 50% sehingga nilai FCsp = 1.00
- 4) FCsf : Faktor Penyesuaian hambatan samping Pada ruas jalan ini menggunakan bahu dengan rata

rata <1 meter, memiliki aktifitas pinggir jalan yang sedang tipe 1 jalur 2 lajur 2 arah tak terbagi sehingga $FC_{sf} = 0.89$

- 5) FC_{cs} : Faktor penyesuaian ukuran kota Berdasarkan badan pusat statistik provinsi Jawa Barat, Cirebon memiliki kurang lebih 2juta penduduk, maka untuk factor penyesuaian ukuran kota yaitu 1.00

Menghitung Kapasitas :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs}$$

$$C = 2900 \times 1.34 \times 1.00 \times 0.98 \times 1.00$$

$$C = 3808 \text{ smp/jam}$$

Dari data diatas dapat kita ketahui derajat kejenuhan (DS) pada kondisi jalan setelah adanya perencanaan pelebaran jalan, sebagai berikut :

$$DS = Q_{25th}/C \text{ perencanaan}$$

$$DS = 2304/3808$$

$$DS = 0.605 = 0.6$$

Dari hasil perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa nilai derajat kejenuhan (DS) dari tahun 2022 sampai dengan tahun 2047 berada pada nilai <0.85 maka dapat disimpulkan bahwa jalan Pangeran cakrabuana memenuhi kapasitas jalan dan dianggap layak untuk menampung arus lalu lintas hingga umur 25 tahun.

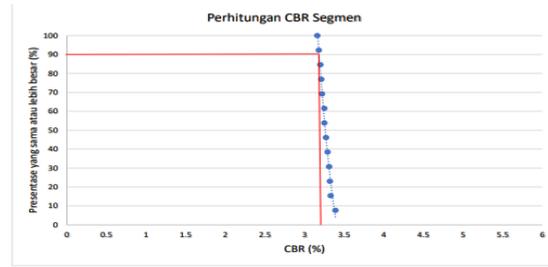
g. Analisa Data Cbr

Analisa data CBR dibutuhkan untuk mengetahui besarnya daya dukung tanah dasar karena mutu dan daya bahan suatu konstruksi perkerasan tidak lepas dari sifat tanah dasar. Dan di perencanaan ini menggunakan metode grafis 90%. Nilai CBR dapat dilihat pada tabel 14 dan gambar 4.

Tabel 14. Nilai CBR

CBR (%)	Nilai CBR Setelah Diurutkan	Jumlah Yang Sama atau Lebih Besar	Presentase yang sama atau lebih besar (%)
3.39	3.16	13	100
3.25	3.18	12	92.31
3.27	3.20	11	84.62
3.31	3.21	10	76.92
3.25	3.22	9	69.23
3.16	3.25	8	61.54
3.20	3.25	7	53.85
3.21	3.27	6	46.15
3.29	3.29	5	38.46
3.18	3.31	4	30.77
3.22	3.32	3	23.08
3.33	3.33	2	15.38
3.32	3.39	1	7.69

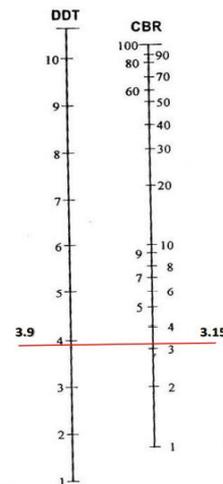
Sumber : Analisa dan perhitungan



Sumber : Analisa dan perhitungan

Gambar 4. CBR Desain Tanah Dasar

Dari data pada grafik diatas diperoleh nilai CBR 90% sebesar 3.15%. Maka nilai daya dukung tanah dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Korelasi DDT dan CBR

Dari hasil perhitungan CBR segmen didapatkan nilai daya dukung tanah sebesar 3.9 %.

h. Perencanaan Desain Perkerasan

Perhitungan faktor lajur pertumbuhan lalu lintas dihitung dengan umur rencana yang sudah ditentukan yaitu $UR = 25$ Tahun jalan raya Sumber – Cirebon Kabupaten Cirebon berdasarkan data MDP 2017, jalan tersebut merupakan jalan di pulau jawa sehingga didapatkan $i = 3.5\%$. Berikut adalah perhitungan factor lajur pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan metode MDP 2017 :

$$R = \frac{(1 + 0.01i)^{UR} - 1}{0.01 i}$$

$$R = \frac{(1 + 0.01 \times 3.5\%)^{25} - 1}{0.01 \times 3.5\%}$$

$$R = 25.2$$

Jadi, nilai factor pertumbuhan lalu lintas atau nilai (R) pada jalan raya Sumber – Cirebon berdasarkan perhitungan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan 2017 yaitu sebesar 25.2.

1) Menentukan Nilai VDF (*Vehicle Damage Factor*) Untuk nilai VDF sendiri mengacu pada pada VDF dalam manual desain perkerasan 2017.

2) Faktor Distribusi Lajur

Untuk menentukan faktor distribusi lajur mengacu pada tabel 4.18 presentase untuk 1 lajur setiap satu arah didapatkan faktor distribusi lajur sebesar 80% (DL = 80%).

3) Faktor Distribusi Arah

Faktor distribusi arah untuk perencanaan perkerasan kaku dengan umumnya menggunakan Manual Desain Perkerasan tahun 2017 adalah DD = 0.5, kecuali pada lokasi – lokasi yang jumlah kendaraan niada cenderung tinggi pada satu arah tertentu.

4) Menghitung Nilai CESAL (*Cummulative Equivalent Single Axle Load*)

Beban sumbu standar kumulatif atau Cummulative Single Axle Load (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini dan disajikan pada Tabel 15. $CESAL = (LRH \times VDF) 365 \times DD \times DL \times R$

Keterangan :

LHR = Lalu lintas harian

VDF = Vehicle damage faktor

DD = Faktor distribusi arah

DL = Faktor distribusi lajur

R = Pertumbuhan lalu lintas

365 = Hari dalam satu tahun

Tabel 15. CESAL Rencana

Jenis Kendaraan	LHR	VDF	Jumal Hari Dalam 1 Tahun	DD	DL	R	ESA
5a	13	0.3	365	0.5	0.8	25.2	14348.88
5b	6	1	365				22075.2
6a	1876	0.8	365				5521743.36
7a	498	7.6	365				13925036.16
7b	8	36.9	365				1086099.84
7c	11	13.6	365				550408.32
CESAL 2022 - 2047							21119711.76

Diketahui :

CBR Segmen : 3.15 %

Cesal : $21 \times 10^6 = 2 \times 10^7$

5) Menentukan Tebal Perkerasan Kaku

Penentuan tebal lapisan perkerasan kaku yaitu dari hasil beban kumulatif lalu lintas/Cummulative Equivalent Single Axle Load (CESAL) disesuaikan dengan tabel perkerasan Manual Desain Perkerasan 2017 seperti berikut. Dengan menggunakan nilai CESAL 21×10^6 maka termasuk ke dalam struktur perkerasan golongan R3.

Tabel 16. Tebal Lapis Perkerasan

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok Sumbu Kendaraan Berat	$<4.3 \times 10^6$	$<8.6 \times 10^6$	$<25.8 \times 10^6$	$<43 \times 10^6$	$<86 \times 10^6$
Dowel dan Bahu Beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal Plat Beton	265	275	285	295	305
Tebal Pondasi LMC	100				
Lapis Drainase (Dapat Mengalir Dengan Baik)	150				

Berdasarkan hasil dari tabel 16 diatas, untuk nilai total kumulatif yang dihasilkan dari perhitungan Cummulative Equivalent Axle Load (CESAL). Dengan nilai kumulatif tersebut didapatkan struktur perkerasan golongan R3 dengan kelompok sumbu berat $< 25.8 \times 10^6$ Sebagai berikut :

a. Struktur perkerasan : $<25.8 \times 10^6$

b. Tebal pelat beton : 285 mm

c. Lapisan pondasi LMC : 100 mm

d. Lapisan Agregat : 150 mm

6) Perhitungan Sambungan Dan Penulangan

Dari hasil perhitungan berdasarkan metode Manual Desain Perkerasan 2017 didapatkan tebal plat beton sebesar 285 mm, kemudian akan direncanakan menggunakan perkerasan kaku bersambung dengan tulangan.

7) Perhitungan Batang Pengikat (*Tie Bars*)

Sambungan Memanjang menggunakan batang pengikat Tie Bars dengan spesifikasi :

Lebar Jalan = 11 m

Lebar Lajur = 5.5 m

Tebal Plat = 0.285 m

$At = 204 \times b \times h$

$= 204 \times 5.5 \times 0.285$

$= 319.7 \text{ mm}^2$

Direncanakan sambungan menggunakan tulangan ulir D 16 mm dengan jarak 75 cm, maka luasnya didapatkan :

$t = 0.25 \times \pi \times d^2$

$= 0.25 \times 3.14 \times 16^2$

$= 200.96 \text{ mm}^2$

Kebutuhan sambungan memanjang per meternya :

$\frac{At}{A \text{ Pakai}} = \frac{319.7}{200.96}$

$= 1,59 \sim 2 \text{ Buah}$

Panjang batang pengikat :

$I = (38.3 \times \emptyset) + 75$

$= (38.3 \times 16) + 75$

$= 687.8 \text{ mm} = 700 \text{ mm}$

Maka Diperoleh :

Diameter Tie Bars = D 16 mm

Panjang Tie Bars = 700 m

Jarak Tie Bars = 750 mm

8) Sambungan Dengan Dowel

Pemilihan batang pengikat atau dowel ditentukan berdasarkan tabel 17 di bawah ini :

Tabel 17. Tebal Lapisan Perkerasan Untuk Dowel

Tebal Plat Perkerasan		Dowel					
		Diameter		Panjang		Jarak	
inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm
6	150	0.75	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1.25	32	18	450	12	300
10	250	1.25	32	18	450	12	300
11	275	1.25	32	18	450	12	300
12	300	1.5	35	18	450	12	300
13	325	1.5	35	18	450	12	300
14	350	1.5	35	18	450	12	300

Sumber : Principles of Pavement Design by Yoder & Witczak, 1975

Dikarena tebal plat pada perencanaan yaitu 285 mm, maka ukuran dowel yang digunakan untuk perkerasan yaitu :

Diameter = Ø 32
Panjang = 450 mm
Jarak = 300 mm

9) Perhitungan Penulangan

Dalam menentukan tulangan yang akan digunakan dalam perencanaan perkerasan kaku ini harus memperhatikan parameter dari hasil perencanaan.

Tebal pelat = 285 mm

Lebar pelat = 5.5 m (untuk 1 lajur)

Panjang pelat = 11 m

Kuat Tarik baja leleh (fy) = 250 MPa (BJ 41)

Koefisien gesek antara beton dan pondasi bawah (μ) = 1.0

Penulangan Memanjang :

$$As = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot fs}$$

$$= \frac{1 \times 11 \times 2400 \times 9.81 \times 0.280}{2 \times (0.6 \times 250)}$$

$$= 246.03 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = 0.10\% \times \text{tebal pelat} \times 1000$$

$$= 0.0010 \times 280 \times 1000$$

$$= 280 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan,

$$= \frac{\frac{\pi}{4} \times \phi_{ut}^2 \times b}{As_{perlu}}$$

$$= \frac{3.14}{4} \times 12^2 \times 1000$$

$$= \frac{246.03}{120.86}$$

$$= 459.45 = 500 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan diameter Ø12 – 500 mm

Penulangan Melintang :

$$As = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot fs}$$

$$= \frac{1 \times 5.5 \times 2400 \times 9.81 \times 0.280}{2 \times (0.6 \times 250)}$$

$$= 120.86 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = 0.10\% \times \text{tebal pelat} \times 1000$$

$$= 0.0010 \times 280 \times 1000$$

$$= 280 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan,

$$= \frac{\frac{\pi}{4} \times \phi_{ut}^2 \times b}{As_{perlu}}$$

$$= \frac{3.14}{4} \times 12^2 \times 1000$$

$$= \frac{120.86}{935.2} = 1000 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan diameter Ø12 – 1000 mm

Keterangan :

As = Luas penampang tulangan baja (mm² /m lebar pelat)

Fs = Kuat tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0.6 kali tegangan leleh

g = Gravitasi (m/detik) h = Tebal pelat beton (m)

L = Jarak antara sambungan sambungan yang tidak diikat atau tepi bebas pelat

M = berat per satuan volume pelat (kg/m³)

μ = Koefisien gesek antarra pelat beton dan pondasi bawah.

Ø = Asumsi D 12

Dari hasil perhitungan penulangan diatas digunakan tulangan arah memanjang dengan diameter Ø12 – 500 mm dan tulangan arah melintang dengan diameter Ø12 – 1000 mm. Pemasangan dowel dan tie bar yang dibutuhkan sesuai dengan ketentuan untuk perencanaan menggunakan metode Bina Marga 2003 sebagai berikut:

• Dowel

Diameter = Ø 32
Panjang = 450 mm
Jarak = 300 mm

• Tie Bar

Diameter = Ø 16
Panjang = 700 mm
Jarak = 750 mm

Analisis lalu lintas pada ruas jalan Raya Cirebon – Sumber didapatkan hasil kapasitas dasar ruas jalan tersebut sebesar 2581 smp/jam dan setelah dilakukannya survey lalu lintas yang dimana untuk menghitung jumlah volume kendaraan didapatkan volume jam puncak sebesar 957 smp/jam, dan berdasarkan jumlah kapasitas dasar dan volume jam puncak didapatkan hasil derajat kejenuhan sebesar 0.4 atau termasuk pada tingkat pelayanan B dengan arus stabil. Namun dalam perencanaan untuk 25 tahun yang akan datang kapasitas ruas jalan tersebut sudah tidak lagi mampu menampung jumlah volume kendaraan. Maka dari itu ruas jalan ini diperlukan perencanaan pelebaran ruas jalan.

Analisis Perencanaan Pelebaran ruas jalan Raya Cirebon – Sumber, setelah dilakukan analisis lalu lintas sebelumnya bahwa ruas jalan ini sudah tidak lagi efektif lagi untuk menampung jumlah kendaraan yang melintas untuk 25 tahun yang akan datang, dengan pertumbuhan

lalu lintas sebesar 3,50% pertahun. Maka direncanakan perencanaan pelebaran jalan yang menghasilkan perencanaan pelebaran jalan sebesar 11 meter atau penambahan pelebaran sebesar 4 meter, yang sebelumnya ruas jalan ini memiliki lebar ruas 7 meter. Dengan perencanaan pelebaran ini diharapkan dapat menampung jumlah volume kendaraan untuk 25 tahun mendatang.

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan 2017 perencanaan perkerasan dilakukan berdasarkan hasil perhitungan Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL) dan didapatkan nilai CESAL sebesar 21 x 106 dengan berpedoman pada tabel manual desain perkerasan menghasilkan :

Tebal pelat beton	: 285 mm
Lapisan pondasi LMC	: 100 mm
Lapisan Agregat	: 150 mm

Dan digunakan tulangan arah memanjang dengan diameter $\phi 12 - 500$ mm dan tulangan arah melintang dengan diameter $\phi 12 - 1000$ mm. dengan spesifikasi sambungan Dowel dan Tie Bars Sebagai berikut :

- Dowel
 - Diameter = $\phi 32$
 - Panjang = 450 mm
 - Jarak = 300 mm
- Tie Bar
 - Diameter = $\phi 16$
 - Panjang = 700 mm
 - Jarak = 750 mm

Setelah adanya analisis lalu lintas dan perencanaan ulang perkerasan diharapkan Ruas Jalan Raya Cirebon – Sumber ini dapat berfungsi dengan baik sesuai pada kapasitas dasarnya dan juga dapat memberikan rasa nyaman dan aman kepada pengendara.

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pembahasan dan perhitungan Analisis Perencanaan Pada Peningkatan Ruas Jalan Raya Cirebon – Sumber (Jl. Pangeran Cakrabuana) Kabupaten Cirebon didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis lalu lintas menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 diperoleh didapatkan volume kendaraan tertinggi yaitu sebesar 957 smp/jam dan didapatkan tingkat pelayanan atau derajat jenuh sebesar 0.4 dengan kapasitas ruas jalan sebesar 2581 smp/jam, yang dimana termasuk kedalam tingkat pelayanan B. Namun berdasarkan analisis perhitungan untuk 25 tahun kedepan sudah tidak memenuhi kapasitas ruas jalan dan perlu direncanakan perencanaan pelebaran jalan.
2. Dari hasil analisis perencanaan pelebaran jalan diperoleh lebar ruas jalan yang semula 7 meter

masing masing 3.5 meter per lajur dengan tipe jalan 2/2 UD, dikarenakan sudah tidak dapat lagi menampung volume kendaraan untuk 25 tahun kedepan maka direncanakan menjadi 11 meter masing masing menjadi 5.5 meter setiap lajur dengan tipe jalan 2/2 UD. Dari hasil perhitungan tebal perkerasan kaku menggunakan metode Bina Marga Manual Desain Perkerasan Tahun 2017 diperoleh :

- a. Tebal perkerasan 28.5 cm
 - b. Lapis pondasi bawah berupa lean mix concrete setebal 10 cm
 - c. Lapis Drainase (LFA Kelas A) setebal 15 cm
3. Kinerja lalu lintas setelah adanya peningkatan, berdasarkan analisis dan pembahasan diatas untuk 25 tahun kedepan Ruas Jalan Raya Cirebon – Sumber ini dapat menampung jumlah kendaraan yang melintas dengan tingkat pelayanan sebesar 0.63 atau termasuk kedalam tingkat pelayanan C yaitu Arus Stabil.

Daftar Rujukan

- [1] C. H. Oglesby and R. G. Hicks, *Teknik Jalan Raya Jilid 1*. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [2] M. A. Anas, "Analisis Peningkatan Jalan Pada Ruas Jalan Maliran - Sumber," *JSNu J. Sci. Nusant.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–12, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.ugj.ac.id/index.php/Konstruksi/article/view/3820>
- [3] T. F. Helmi, M. A. Sugiyanto, and A. Firmanto, "Analisis Pengembangan dan Peningkatan Jalan Pada Ruas Jalan Rajagaluh – Panjalin," *J. Konstr.*, vol. 5, no. 1, 2016, [Online]. Available: <http://jurnal.ugj.ac.id/index.php/Konstruksi/article/view/3773>
- [4] A. Kurniawan, S. Winarto, and Y. Cahyo, "Studi Perencanaan Peningkatan Jalan Pada Ruas Jalan Jalur Lintas Selatan Giriwoyo – Duwet Sta. 10+000 – Sta. 15+000," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 1, p. 39, 2019, doi: 10.30737/jurmateks.v2i1.390.
- [5] D. Rukmana, B. Soeprapto, and A. Bakhtiar, "Studi Perencanaan Peningkatan Jalan Babat–Batas Jombang (KM 12+ 800–KM 20+ 000) Lamongan Jawa Timur," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 4–11, 2018, [Online]. Available: <http://riset.unisma.ac.id/index.php/ft/article/view/1860>
- [6] S. A. Khumairo, Y. Musthofa, I. T. Husodo, and S. Budirahardjo, "Perencanaan Peningkatan Jalan Pecangaan–Damaran Kabupaten Jepara," *Modul. Media Komun. Dunia Ilmu Sipil*, vol. 1, no. 2, p. 60, 2019, doi: 10.32585/modulus.v1i2.588.
- [7] S. Ramadhan, "Peningkatan Jalan Menggunakan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Pada Ruas Jalan Gaperta Ujung (Studi Kasus)," Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2019. [Online]. Available: <http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/1009>
- [8] A. Margono and A. F. Ismaili, "Perencanaan Peningkatan Jalan Dari Flexible Pavement ke Rigid Pavement Pada Ruas Jalan Seribu Dolok - Saran Dengan Metode NAASRA (Studi Kasus Jalan Propinsi Seribu Dolok - Saran Padang)," Universitas Teknologi Yogyakarta, 2021.
- [9] Directorate General of Highways, "Highway Capacity Manual Project (HCM) / Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)," 1997.
- [10] D. J. B. Marga, "Manual Desain Perkerasan Jalan," 2017.