

ANALISIS BIAYA KEMACETAN LALU LINTAS BERDASARKAN *V/C RATIO* (Studi Kasus: Rute Kabupaten Cilacap – Kabupaten Bandung)

Saskia Aanisah^{1*}, Juang Akbardin² dan Dadang Mohamad³

^{1*}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Indonesia, Jalan Dr. Setiabudhi No. 207, Bandung

e-mail: saskia.aanisah@upi.edu

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Indonesia, Jalan Dr. Setiabudhi No. 207, Bandung

e-mail: akbardin@upi.edu

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Indonesia, Jalan Dr. Setiabudhi No. 207, Bandung

e-mail: dadang1712@upi.edu

ABSTRAK

Rute perjalanan dari Kabupaten Cilacap ke Kabupaten Bandung yang melalui Jl. Tegal-Cilacap hingga Jl. Raya Cileunyi yang tergolong jalan luar kota memiliki volume lalu lintas yang cukup tinggi pada beberapa segmen karena memegang peran utama dalam menunjang pergerakan masyarakat. Tingginya arus lalu lintas dan adanya aktivitas sisi jalan pada beberapa segmen menyebabkan arus lalu lintas yang tidak lancar yang kemudian menyebabkan penurunan kecepatan kendaraan. Hal tersebut dapat menyebabkan arus lalu lintas tersendat dan mendorong terjadinya kemacetan. Hal ini kemudian memberikan pengaruh terhadap pengeluaran pengendara karena biaya operasional kendaraan dan nilai waktu perjalanan meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung biaya kemacetan lalu lintas di sepanjang rute Kabupaten Cilacap hingga Kabupaten Bandung yang dapat diestimasi oleh peningkatan biaya operasional kendaraan dan kerugian waktu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biaya kemacetan pada rute perjalanan Kabupaten Bandung ke Kabupaten Cilacap sebesar Rp. 256.087.725/jam puncak. Sehingga dapat diperoleh biaya kemacetan rata-rata sebesar Rp. 1.219.552/km. Persentase biaya kemacetan menurut jenis kendaraan terdiri atas Kendaraan Ringan sebesar 66%, Kendaraan Berat 2 As sebesar 23%, dan Kendaraan Berat 3 As sebesar 11%. Hubungan derajat kejenuhan (VCR) dan biaya kemacetan lalu lintas dengan koefisien determinasi 0,897 berupa fungsi eksponensial dengan biaya kemacetan $Y = 26.363e^{4,9665x}$ dan x sebagai VCR.

Kata kunci: Kemacetan, derajat kejenuhan, biaya kemacetan

PENDAHULUAN

Rute perjalanan Kabupaten Cilacap ke Kabupaten Bandung melalui ruas Jalan Tegal-Cilacap hingga Jalan Raya Cileunyi memegang peranan penting dalam menunjang aktivitas masyarakat, baik dalam segi pergerakan manusia maupun distribusi pergerakan barang. Dalam mendukung peranannya tersebut dalam pergerakan arus lalu lintas, tingkat pelayanan jalan harus dalam keadaan baik, dengan nilai derajat kejenuhan jalan yang efektif kurang dari 0,8 (PKJI, 2014). Namun faktanya, ruas jalan penghubung Cilacap-Bandung pada beberapa segmen mengalami arus lalu lintas yang tidak lancar karena hambatan samping dan kapasitas jalan tidak mampu melayani volume lalu lintas yang tinggi dan mendorong terjadi kemacetan.

Terhambatnya arus lalu lintas yang terjadi menyebabkan peningkatan komponen-komponen biaya operasional kendaraan. Selain itu, kemacetan menyebabkan waktu tempuh perjalanan lebih lama, sehingga nilai waktu perjalanan menjadi semakin besar. Peningkatan nilai waktu dan biaya operasional kendaraan akan meningkatkan biaya perjalanan yang menghasilkan biaya kemacetan. Apabila kondisi ini terjadi secara berkelanjutan, maka pergerakan masyarakat dapat terhambat.



Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kerugian finansial yang diterima pengendara akibat kemacetan lalu lintas yang terjadi pada ruas jalan pada rute Kabupaten Cilacap hingga Kabupaten Bandung.

TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik lalu lintas

Arus lalu lintas merupakan bentuk interaksi antara komponen-komponen dalam sistem lalu lintas, yaitu manusia sebagai pengemudi maupun pejalan kaki, kendaraan, jalan, dan lingkungan. Bentuk interaksi tersebut akan menghasilkan arus lalu lintas yang bervariasi. Karakteristik arus lalu lintas menjelaskan ciri arus lalu lintas dalam kaitannya dengan volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas serta hubungannya dengan waktu ruang jenis kendaraan yang menggunakan ruang jalan (Akbaridin, 2013).

Volume lalu lintas

Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan bermotor yang melalui suatu titik pada jalan per satuan waktu, dinyatakan dalam kend/jam (Q_{kend}) atau skr/jam (Q_{skr}) (PKJI, 2014). Volume lalu lintas menggambarkan komposisi lalu lintas, dengan menyatakan arus dalam satuan kendaraan ringan (skr).

$$Q = \frac{N}{T} \quad (1) \text{ dengan } N = \text{jumlah kendaraan (kend)} \text{ dan } T = \text{waktu pengamatan (jam)}$$

Kecepatan lalu lintas

Kecepatan lalu lintas merupakan tingkat pergerakan kendaraan yang dinyatakan dalam jarak tempuh per satuan waktu. Kecepatan diartikan sebagai kecepatan rata-rata dari kendaraan di sepanjang segmen jalan (PKJI, 2014).

$$V = \frac{L}{T_T} \quad (2)$$

dengan L = panjang segmen jalan (km) dan T_T = waktu tempuh (jam)

Kepadatan lalu lintas

Kepadatan lalu lintas merupakan perbandingan antara volume dengan kecepatan lalu lintas pada waktu pengamatan yang sama (Widari et al., 2022). Kepadatan diartikan sebagai jumlah kendaraan rata-rata dalam suatu arus lalu lintas yang dinyatakan dalam satuan kend/km.

$$D = \frac{Q}{V} \quad (3)$$

dengan Q = volume lalu lintas (skr/jam) dan V = kecepatan rata-rata lalu lintas (km/jam)

Kecepatan arus bebas

Kecepatan arus bebas didefinisikan sebagai kecepatan pada tingkat arus mendekati nol (atau kerapatan mendekati nol) (PKJI, 2014).

$$V_B = (V_{BD} + V_{BW}) \times FV_{BHS} \times FV_{BFJ} \quad (4)$$

dengan V_{BD} = kecepatan arus bebas dasar (km/jam), V_{BW} = penyesuaian kecepatan akibat lebar jalan (km/jam), FV_{BHS} = faktor penyesuaian akibat hambatan samping dan lebar bahu, dan FV_{BFJ} = faktor penyesuaian akibat kelas fungsi jalan

Kapasitas jalan

Kapasitas jalan merupakan nilai maksimum kendaraan yang dapat melintas di suatu titik jalan dalam periode satu jam (Jagannathan, 2019).

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{PA} \times FC_{HS} \quad (4)$$

dengan C_0 = kapasitas dasar (skr/jam), FC_W = faktor penyesuaian akibat lebar jalur, FC_{PA} = faktor penyesuaian akibat pemisahan arah dan FC_{HS} = faktor penyesuaian akibat hambatan samping.

Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan (D_j) merupakan rasio arus terhadap kapasitas jalan. Perbandingan antara volume (*roadway demand*) dan kapasitas (*roadway supply*) menentukan kinerja jalan (Zawawa & Naghawi, 2021).

$$DJ = \frac{Q}{C} \quad (5)$$

dengan Q = volume lalu lintas (skr/jam) dan C = kapasitas jalan (skr/jam)

Tingkat pelayanan jalan

Tingkat pelayanan jalan ditentukan berdasarkan pengukuran seberapa baik suatu prasarana transportasi dalam melayani lalu lintas dari sudut pandang pengguna (Chen et al., 2021). Tingkat pelayanan jalan dapat ditinjau dari beberapa indikator, seperti rasio volume terhadap kapasitas (*V/C ratio*), kecepatan, kepadatan, dan pelayanan arus maksimum jalan (Afrin & Yodo, 2020).

Tabel 29 Indikator Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat Pelayanan	Karakteristik	LOS (Q/C)
A	Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang diinginkan tanpa hambatan	0,00 – 0,19
B	Arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas.	0,20 – 0,44
C	Arus stabil, tetapi kecepatan masih dapat ditolerir	0,45 – 0,74
D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dapat dikendalikan, V/C masih dapat di tolerir	0,75 – 0,84
E	Arus tidak stabil, kecepatan terkadang terhenti, permintaan sudah mendekati kapasitas	0,85 – 1,00
F	Arus dipaksakan, kecepatan rendah, volume di atas kapasitas, antrean panjang (macet)	> 1,00

Sumber: (Morlok dalam Musita, 2020)

Kemacetan

Kemacetan lalu lintas merupakan suatu kondisi ketika volume lalu lintas melebihi kapasitas jalan yang tersedia (Cvetek et al., 2021). Kemacetan lalu lintas merupakan suatu kondisi ketika arus lalu lintas mendekati kapasitas ($DJ > 0,8$), sehingga arus tersendat-sendat (PKJI, 2014).

Biaya operasional kendaraan

Biaya operasional kendaraan adalah biaya yang dikeluarkan dalam mengoperasikan suatu kendaraan dalam suatu kondisi lalu lintas, yang terdiri dari biaya tetap (*fixed cost*) dan biaya tidak tetap (*variable cost*) (Izadi et al., 2020). Biaya tetap adalah biaya yang tidak berubah (tetap walaupun terjadi perubahan pada volume produksi jasa sampai ke tingkat tertentu) sedangkan biaya tidak tetap adalah biaya yang berubah apabila terjadi perubahan pada volume produksi jasa (Sugiyanto dalam Rusli, 2019).

Perhitungan biaya operasional kendaraan jenis kendaraan ringan dan berat menggunakan metode PCI (*Pacific Consultants International*), yang merupakan model empiris yang dikembangkan sejak tahun 1979 dalam *Feasibility Study Jakarta Intra Urban* yang hingga kini masih digunakan oleh PT. Jasa Marga (Sumarda et al., 2018).

Nilai waktu



Biaya kemacetan lalu lintas dapat dievaluasi dengan menggunakan kehilangan waktu dalam bentuk nilai waktu dan uang yang dikeluarkan sia-sia karena keterlambatan perjalanan (Nguyen-Phuoc et al., 2020). Perhitungan nilai waktu perjalanan berdasarkan nilai waktu dasar dan tingkat okupansi kendaraan (Fatikasari & Prastyanto, 2021).

$$NW = \frac{P}{H} \times O \quad (6)$$

dengan P = pendapatan per kapita (Rp/orang), H = jam kerja, dan O = okupansi kendaraan (orang)

Tabel 30 Okupansi Kendaraan

Jenis Kendaraan	Okupansi Penumpang
Kendaraan Roda 3, Tidak Bermotor	1
Mobil Pribadi	3
Bus Kecil	25
Bus Besar	50
Truk Sedang, Truk Besar, <i>Trailer</i>	2
Sepeda Motor	2

Sumber: Dinas Perhubungan dalam Gunadi & Nahdalina, 2021

Biaya kemacetan

Biaya perjalanan dihitung berdasarkan pemilihan moda dan tujuan perjalanan dengan parameter biaya operasional kendaraan dan nilai waktu perjalanan (Baghestani et al., 2020). Biaya kemacetan lalu lintas adalah tambahan biaya karena bertambahnya waktu perjalanan yang diakibatkan oleh volume kendaraan yang mendekati atau melebihi dari kapasitas pelayanan (Suthanaya & Petrus, 2017). Biaya kemacetan dihitung dengan persamaan Tzedakis (Tzedakis dalam Mahmudah & Andriani, 2019).

$$C = N \times \left[G \times A + \left(1 - \frac{A}{B} \right) V' \right] T \quad (7)$$

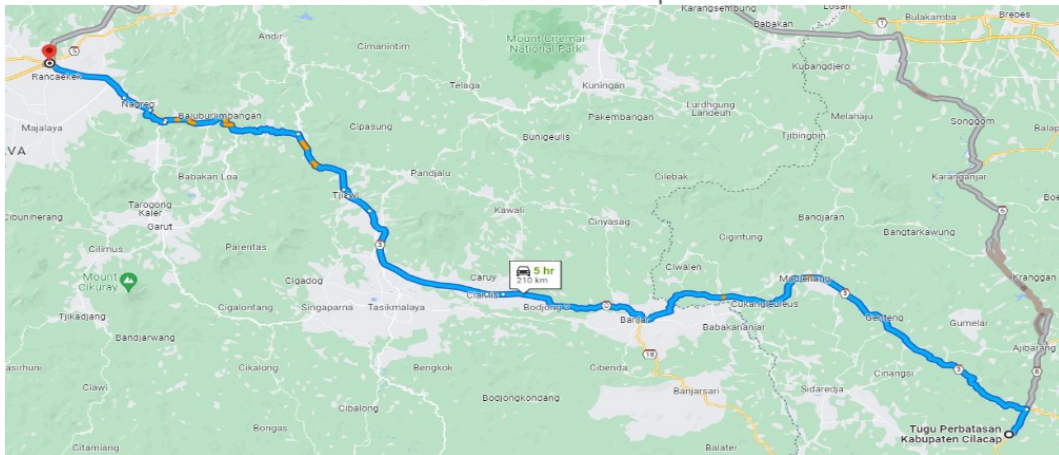
dengan N = jumlah kendaraan (kend), G = biaya operasional kendaraan (Rp/kend.km), A = kecepatan eksisting kendaraan (km/jam), B = kecepatan arus bebas kendaraan (km/jam), V' = nilai waktu (Rp/kend.jam), T = waktu tunggu (jam)

METODE

Studi kasus penelitian ini adalah sepanjang rute perjalanan Kabupaten Cilacap (Jl. Tegal-Cilacap) hingga Kabupaten Bandung (Jl. Raya Cileunyi) dengan panjang jalan 210 km yang terbagi menjadi 23 segmen jalan. Adapun pembagian segmen jalan didasarkan atas pembagian segmen yang ditentukan oleh Sistem Informasi Geografis Metro Bina Marga sesuai dengan derajat kejenuhan dan lebar rata-rata jalan yang kemudian disesuaikan dengan tipe jalan dan kriteria kawasan. Data yang digunakan merupakan data primer berupa hasil survei lalu lintas pada segmen 4 (Jl. Nasional III Kota Banjar: Cijolang Bridge – Polres Banjar), segmen 5 (Jl. Nasional III Kota Banjar: Polres Banjar – Rumah Makan Cobek Beti Lesehan Cipadung), segmen 10 (Jl. Nasional III Kab. Ciamis: Gapura Galuh Imbanegara – Pertigaan Sukasenang), segmen 21 (Jl. Raya Nagreg Kab. Bandung: Seblah Teh Susan – RETESTER NPSO PT. DHARMA SANGKURINDO RAHARJA), dan segmen 23 (Jl. Raya Cileunyi Kab. Bandung: Chelsea'san Mobil Berkah – PT. Sinar Pelita Jaya Abadi) sejauh masing-masing 3,6 km; 5,4 km; 7,9 km; 2,1 km; dan 8,4 km. Data sekunder berupa derajat kejenuhan masing-masing segmen melalui Sistem Informasi Geografis Direktorat Jenderal Bina Marga.

KoNTekS17

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17



Gambar 6 Lokasi Studi

Sumber: Google Maps, 2023

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas jalan

Kapasitas jalan sebagai jalan luar kota diperoleh berdasarkan persamaan PKJI (2014) ditabulasikan sebagai berikut.

Tabel 31 Kapasitas Jalan

Segmen	Tipe	HS	Co (skr/jam)	FCw	FCPA	FCHS	C (skr/jam)
Segmen 1	2/2TT	S	3000	0,91	1,00	0,88	2402,40
Segmen 2	2/2TT	S	3000	1,00	1,00	0,88	2640,00
Segmen 3	2/2TT	S	3000	1,00	1,00	0,88	2640,00
Segmen 4	2/2TT	S	3000	1,00	1,00	0,88	2640,00
Segmen 5	2/2TT	S	3000	1,08	0,97	0,88	2765,66
Segmen 6	2/2TT	S	3000	0,91	1,00	0,88	2402,40
Segmen 7	2/2TT	S	3100	0,91	1,00	0,88	2482,48
Segmen 8	4/2T	T	3800	0,91	1,00	0,90	3112,20
Segmen 9	2/2TT	T	3100	1,08	1,00	0,84	2812,32
Segmen 10	2/2TT	T	3100	0,91	0,97	0,91	2490,10
Segmen 11	2/2TT	S	3100	0,91	1,00	0,94	2651,74
Segmen 12	2/2TT	S	3000	0,91	1,00	0,94	2566,20
Segmen 13	2/2TT	S	3000	0,91	1,00	0,91	2484,30
Segmen 14	2/2TT	S	3000	0,91	1,00	0,94	2566,20
Segmen 15	2//1	R	3700	0,91	1,00	0,97	3265,99
Segmen 16	2/2TT	S	3000	0,91	1,00	0,94	2566,20
Segmen 17	2/2TT	T	3000	0,91	1,00	0,91	2484,30
Segmen 18	2/2TT	T	3000	0,91	1,00	0,91	2484,30
Segmen 19	2/2TT	T	3000	0,91	1,00	0,91	2484,30
Segmen 20	3//1	R	5550	1,00	1,00	0,96	5328,00
Segmen 21	4/2TT	T	6600	1,00	0,98	0,87	5598,45
Segmen 22	4/2T	ST	7400	1,00	1,00	0,96	7104,00
Segmen 23	6/2T	ST	11400	1,00	1,00	0,88	10032,00

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Volume lalu lintas

Berdasarkan hasil survei lalu lintas, diperoleh volume puncak lalu lintas pada masing-masing segmen sebagai berikut.



Tabel 32 Volume Lalu Lintas

Segmen	Tipe Jalan	V (kend/jam)	V (skr/jam)
Segmen 4	2/2TT	1126	1166,3
Segmen 5	2/2TT	1615	1177,7
Segmen 10	2/2TT	3063	2406,5
Segmen 21	4/2TT	8077	5774,9
Segmen 23	6/2T	15976	11477,6

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Sehingga diperoleh volume lalu lintas pada seluruh segmen sebagai berikut dengan mengalikan nilai derajat kejenuhan yang berasal dari SIG Metro Bina Marga dengan kapasitas jalan.

Tabel 33 Volume Lalu Lintas dan Derajat Kejenuhan Jalan

Segmen	Tipe	C (skr/jam)	VCR	LOS	V (skr/jam)
Segmen 1	2/2TT	2402,40	0,750	D	1801,80
Segmen 2	2/2TT	2640,00	0,400	B	1056,00
Segmen 3	2/2TT	2640,00	0,350	B	924,00
Segmen 4	2/2TT	2640,00	0,440	B	1161,65
Segmen 5	2/2TT	2765,66	0,497	C	1374,10
Segmen 6	2/2TT	2402,40	0,495	C	1189,95
Segmen 7	2/2TT	2482,48	0,272	B	674,69
Segmen 8	4/2T	3112,20	0,440	B	1369,37
Segmen 9	2/2TT	2812,32	0,423	B	1188,35
Segmen 10	2/2TT	2490,10	0,966	E	2406,50
Segmen 11	2/2TT	2651,74	0,742	C	1967,91
Segmen 12	2/2TT	2566,20	0,520	C	1334,42
Segmen 13	2/2TT	2484,30	0,356	B	883,65
Segmen 14	2/2TT	2566,20		C	1401,90
Segmen 15	2/1	3265,99	0,546	C	1784,19
Segmen 16	2/2TT	2566,20		C	1401,90
Segmen 17	2/2TT	2484,30	0,788	D	1958,23
Segmen 18	2/2TT	2484,30	0,280	B	695,60
Segmen 19	2/2TT	2484,30	0,778	D	1933,55
Segmen 20	3/1	5328,00	0,950	E	5061,60
Segmen 21	4/2TT	5598,45	1,032	F	5774,90
Segmen 22	4/2T	7104,00	1,036	F	7327,90
Segmen 23	6/2T	10032,00	1,144	F	11477,60

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Derajat kejenuhan

Volume lalu lintas terpadat (volume puncak), misal diambil contoh pada segmen 10 terjadi sebesar 2406,50 skr/jam.

$$Q = 2406,50 \text{ skr/jam}$$

$$C = 2490,10 \text{ skr/jam}$$

$$DJ = \frac{2406,50 \text{ skr/jam}}{2490,10 \text{ skr/jam}} = 0,966$$

Maka diperoleh derajat kejenuhan jalan sebesar 0,966 yang dikategorikan dalam tingkat pelayanan (*Level of Service*) E dengan karakteristik jalan yang berada dalam arus tidak stabil dengan kecepatan yang tersendat-sendat karena volume jalan mendekati kapasitas.

Kecepatan eksisting

Diperoleh kecepatan eksisting masing-masing kendaraan pada setiap segmen dengan rekapitulasi sebagai berikut.

Tabel 34 Kecepatan Eksisting Kendaraan

Segmen	Kecepatan (km/jam)			
	SM	KR	KB 2 AS	KB 3 AS
Segmen 1	39,205	36,229	33,227	28,690
Segmen 2	49,671	47,552	43,702	37,604
Segmen 3	51,378	49,435	45,447	39,086
Segmen 4	48,345	46,096	42,354	36,458
Segmen 5	46,523	44,105	40,511	34,892
Segmen 6	46,571	44,157	40,559	34,933
Segmen 7	54,168	52,533	48,318	41,522
Segmen 8	48,346	46,096	42,355	36,459
Segmen 9	48,919	46,726	42,938	36,954
Segmen 10	33,869	30,621	28,047	24,270
Segmen 11	39,415	36,452	33,432	28,865
Segmen 12	45,801	43,318	39,783	34,273
Segmen 13	51,181	49,217	45,245	38,914
Segmen 14	44,994	42,442	38,972	33,583
Segmen 15	44,994	42,442	38,972	33,583
Segmen 16	44,994	42,442	38,972	33,583
Segmen 17	38,205	35,169	32,247	27,855
Segmen 18	42,935	40,218	36,915	31,832
Segmen 19	38,462	35,441	32,498	28,069
Segmen 20	34,248	31,015	28,410	24,581
Segmen 21	32,411	29,111	26,654	23,079
Segmen 22	32,316	29,013	26,563	23,002
Segmen 23	30,036	26,673	24,405	21,156

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Kecepatan arus bebas

Kecepatan arus bebas diperoleh berdasarkan persamaan PKJI (2014) dengan rekapitulasi setiap segmen sebagai berikut.

Tabel 35 Kecepatan Arus Bebas Kendaraan

Segmen	Kecepatan (km/jam)			
	SM	KR	KB 2 AS	KB 3 AS
Segmen 1	46,410	53,690	45,500	42,770
Segmen 2	49,140	56,420	48,230	45,500
Segmen 3	51,840	59,520	50,880	48,000
Segmen 4	48,230	55,510	47,320	44,590
Segmen 5	49,140	56,420	48,230	45,500



Segmen	Kecepatan (km/jam)			
	SM	KR	KB 2 AS	KB 3 AS
Segmen 6	46,410	53,690	45,500	42,770
Segmen 7	50,050	61,880	54,600	52,780
Segmen 8	58,240	70,980	59,150	56,420
Segmen 9	48,450	59,500	52,700	51,000
Segmen 10	45,760	57,200	50,160	48,400
Segmen 11	48,360	60,450	53,010	51,150
Segmen 12	47,430	54,870	46,500	43,710
Segmen 13	47,430	54,870	46,500	43,710
Segmen 14	47,430	54,870	46,500	43,710
Segmen 15	53,900	63,700	50,960	47,040
Segmen 16	47,430	54,870	46,500	43,710
Segmen 17	44,880	51,920	44,000	41,360
Segmen 18	44,880	51,920	44,000	41,360
Segmen 19	44,880	51,920	44,000	41,360
Segmen 20	56,840	69,580	54,880	50,960
Segmen 21	49,840	58,740	48,060	44,500
Segmen 22	49,880	58,480	47,300	43,860
Segmen 23	55,040	71,380	57,620	55,040

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Biaya operasional kendaraan

Biaya operasional kendaraan dihitung dengan persamaan metode PCI (*Pacific Consultants International*) untuk kendaraan ringan dan kendaraan berat 2 as dan 3 as berdasarkan total biaya tetap dan biaya tidak tetap. Biaya tetap terdiri atas biaya depresiasi, suku bunga, asuransi, dan *overhead*. Sementara biaya tidak tetap diperoleh dari biaya konsumsi BBM, oli mesin, pemakaian ban, jasa mekanik, dan biaya pemeliharaan. Biaya operasional kendaraan ditampilkan secara tabulasi sebagai berikut.

Tabel 36 Biaya Operasional Kendaraan

Segmen	BOK (Rp/km)		
	Kendaraan Ringan	Kendaraan Berat 2 As	Kendaraan Berat 3 As
1	Rp4.350,53	Rp9.894,98	Rp21.268,60
2	Rp3.668,33	Rp9.575,42	Rp20.050,60
3	Rp3.593,14	Rp9.571,56	Rp19.940,77
4	Rp3.733,16	Rp9.587,52	Rp20.150,94
5	Rp3.831,75	Rp9.617,27	Rp20.311,68
6	Rp3.829,01	Rp9.616,29	Rp20.307,09
7	Rp3.489,62	Rp9.593,45	Rp19.805,39
8	Rp3.733,12	Rp9.587,51	Rp20.150,89
9	Rp3.704,37	Rp9.581,29	Rp20.105,81
10	Rp4.878,01	Rp10.270,11	Rp22.374,60
11	Rp4.332,66	Rp9.883,37	Rp21.233,20
12	Rp3.874,01	Rp9.633,31	Rp20.383,14
13	Rp3.601,36	Rp9.571,34	Rp19.952,39
14	Rp3.923,38	Rp9.654,11	Rp20.468,37
15	Rp3.923,38	Rp9.654,11	Rp20.468,37
16	Rp3.923,38	Rp9.654,11	Rp20.468,37
17	Rp4.438,64	Rp9.953,57	Rp21.445,31
18	Rp4.060,13	Rp9.721,10	Rp20.713,17
19	Rp4.415,53	Rp9.938,00	Rp21.398,63
20	Rp4.835,60	Rp10.238,24	Rp22.281,69

Segmen	BOK (Rp/km)		
	Kendaraan Ringan	Kendaraan Berat 2 As	Kendaraan Berat 3 As
21	Rp5.049,62	Rp10.401,05	Rp22.757,09
22	Rp5.061,32	Rp10.410,08	Rp22.783,53
23	Rp5.359,85	Rp10.643,71	Rp23.473,26

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Nilai waktu

Nilai waktu dasar dihitung dengan metode pendekatan pendapatan (*Income Approach*) menggunakan Upah Minimum Kabupaten (UMK) Cilacap pada tahun 2023 berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Cilacap. Kemudian nilai waktu perjalanan diperoleh dengan nilai waktu dasar dan okupansi masing-masing jenis kendaraan.

UMK Cilacap Tahun 2023 = Rp2.383.090,46/orang/bulan

Waktu Kerja = 40 jam/minggu x 4 minggu
= 160 jam/orang/bulan

Nilai Waktu per orang = $\frac{Rp\ 2.383.090,46}{160} = Rp\ 14.894,32/ jam$

Maka diperoleh perhitungan nilai waktu perjalanan sebagai berikut.

NW KR = $\left(\frac{Rp\ 2.383.090,46}{160}\right) \times 3 = Rp\ 44.683,95/kend. jam$

NW KB 2 AS = $\left(\frac{Rp\ 2.383.090,46}{160}\right) \times 2 = Rp\ 29.789,63/kend. jam$

NW KB 3 AS = $\left(\frac{Rp\ 2.383.090,46}{160}\right) \times 2 = Rp\ 29.789,63/kend. jam$

Biaya kemacetan

Biaya kemacetan pada masing-masing jenis kendaraan, yaitu kendaraan ringan dan kendaraan berat (2 as dan 3 as) pada setiap segmen dengan parameter perhitungan jumlah kendaraan, biaya operasional kendaraan, kecepatan, waktu tunggu, dan nilai waktu diperoleh sebagai berikut.

Tabel 37 Biaya Kemacetan pada Kendaraan Ringan

Segmen	Kendaraan Ringan					NW (Rp/kend.jam)	C (Rp)
	N (kend)	BOK (Rp/kend.km)	T _A (jam)	T _B (jam)	T (T _A -T _B) (jam)		
Segmen 1	430	Rp4.351	0,157	0,106	0,051	Rp44.683	Rp2.802.705
Segmen 2	252	Rp3.668	0,450	0,379	0,071	Rp44.683	Rp2.436.834
Segmen 3	220	Rp3.593	1,032	0,857	0,175	Rp44.683	Rp5.412.780
Segmen 4	159	Rp3.733	0,078	0,065	0,013	Rp44.683	Rp284.262
Segmen 5	451	Rp3.832	0,122	0,096	0,027	Rp44.683	Rp1.615.930
Segmen 6	284	Rp3.829	0,333	0,274	0,059	Rp44.683	Rp2.219.864
Segmen 7	161	Rp3.490	0,097	0,082	0,015	Rp44.683	Rp341.717
Segmen	327	Rp3.733	0,085	0,055	0,030	Rp44.683	Rp1.385.868



Kendaraan Ringan

Segmen	N (kend)	BOK (Rp/kend.km)	T _A (jam)	T _B (jam)	T (T _A -T _B) (jam)	NW (Rp/kend.jam)	C (Rp)
8							
Segmen 9	283	Rp3.704	0,058	0,045	0,012	Rp44.683	Rp485.224
Segmen 10	803	Rp4.878	0,252	0,135	0,117	Rp44.683	Rp11.778.094
Segmen 11	469	Rp4.333	0,340	0,205	0,135	Rp44.683	Rp8.302.765
Segmen 12	318	Rp3.874	0,032	0,026	0,007	Rp44.683	Rp287.012
Segmen 13	211	Rp3.601	0,248	0,222	0,026	Rp44.683	Rp738.258
Segmen 14	292	Rp3.923	0,088	0,068	0,020	Rp44.683	Rp771.078
Segmen 15	426	Rp3.923	0,027	0,018	0,009	Rp44.683	Rp526.169
Segmen 16	334	Rp3.923	0,042	0,033	0,010	Rp44.683	Rp423.804
Segmen 17	467	Rp4.439	0,270	0,183	0,087	Rp44.683	Rp5.122.035
Segmen 18	365	Rp4.060	0,393	0,304	0,089	Rp44.683	Rp4.155.631
Segmen 19	461	Rp4.416	0,206	0,141	0,065	Rp44.683	Rp3.798.387
Segmen 20	1207	Rp4.836	0,171	0,076	0,095	Rp44.683	Rp14.870.913
Segmen 21	1386	Rp5.050	0,072	0,036	0,036	Rp44.683	Rp6.296.708
Segmen 22	1755	Rp5.061	0,265	0,132	0,134	Rp44.683	Rp29.262.880
Segmen 23	2662	Rp5.360	0,315	0,118	0,197	Rp44.683	Rp66.298.777
Total (Rp)							Rp169.617.696

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Tabel 38 Biaya Kemacetan pada Kendaraan Berat 2 As

Kendaraan Berat 2 As							
Segmen	N (kend)	BOK (Rp/kend.km)	T _A (jam)	T _B (jam)	T (T _A -T _B) (jam)	NW (Rp/kend.jam)	C (Rp)
Segmen 1	89	Rp9.895	0,172	0,125	0,046	Rp29.789	Rp1.260.449
Segmen 2	44	Rp9.575	0,490	0,444	0,046	Rp29.789	Rp795.337
Segmen 3	32	Rp9.572	1,122	1,002	0,120	Rp29.789	Rp1.576.976
Segmen 4	64	Rp9.588	0,085	0,076	0,009	Rp29.789	Rp215.912
Segmen 5	77	Rp9.617	0,133	0,112	0,021	Rp29.789	Rp595.002
Segmen 6	50	Rp9.616	0,362	0,323	0,039	Rp29.789	Rp712.394
Segmen 7	47	Rp9.593	0,105	0,093	0,012	Rp29.789	Rp248.888
Segmen	88	Rp9.588	0,092	0,066	0,026	Rp29.789	Rp886.950

Kendaraan Berat 2 As							
Segmen	N (kend)	BOK (Rp/kend.km)	T _A (jam)	T _B (jam)	T (T _A -T _B) (jam)	NW (Rp/kend.jam)	C (Rp)
8							
Segmen 9	55	Rp9.581	0,063	0,051	0,012	Rp29.789	Rp249.204
Segmen 10	75	Rp10.270	0,275	0,154	0,121	Rp29.789	Rp2.465.057
Segmen 11	127	Rp9.883	0,371	0,234	0,137	Rp29.789	Rp5.409.133
Segmen 12	56	Rp9.633	0,035	0,030	0,005	Rp29.789	Rp101.566
Segmen 13	31	Rp9.571	0,270	0,262	0,007	Rp29.789	Rp90.617
Segmen 14	88	Rp9.654	0,096	0,081	0,016	Rp29.789	Rp483.701
Segmen 15	83	Rp9.654	0,030	0,023	0,007	Rp29.789	Rp203.568
Segmen 16	59	Rp9.654	0,046	0,039	0,007	Rp29.789	Rp154.102
Segmen 17	96	Rp9.954	0,295	0,216	0,079	Rp29.789	Rp2.269.842
Segmen 18	53	Rp9.721	0,428	0,359	0,069	Rp29.789	Rp1.227.294
Segmen 19	95	Rp9.938	0,225	0,166	0,059	Rp29.789	Rp1.682.498
Segmen 20	235	Rp10.238	0,187	0,097	0,090	Rp29.789	Rp5.833.792
Segmen 21	256	Rp10.401	0,079	0,044	0,035	Rp29.789	Rp2.343.551
Segmen 22	342	Rp10.410	0,290	0,163	0,127	Rp29.789	Rp11.298.682
Segmen 23	379	Rp10.644	0,344	0,146	0,198	Rp29.789	Rp18.584.650
Total (Rp)							Rp58.689.167

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Tabel 39 Biaya Kemacetan pada Kendaraan Berat 3 As

Kendaraan Berat 3 As							
Segmen	N (kend)	BOK (Rp/kend.km)	T _A (jam)	T _B (jam)	T (T _A -T _B) (jam)	NW (Rp/kend.jam)	C (Rp)
Segmen 1	11	Rp21.269	0,199	0,133	0,065	Rp29.789	Rp419.771
Segmen 2	5	Rp20.051	0,569	0,470	0,099	Rp29.789	Rp367.264
Segmen 3	4	Rp19.941	1,305	1,063	0,242	Rp29.789	Rp653.094
Segmen 4	6	Rp20.151	0,099	0,081	0,018	Rp29.789	Rp79.943
Segmen 5	9	Rp20.312	0,155	0,119	0,036	Rp29.789	Rp217.787
Segmen 6	6	Rp20.307	0,421	0,344	0,077	Rp29.789	Rp303.492
Segmen 7	7	Rp19.805	0,122	0,096	0,026	Rp29.789	Rp150.925
Segmen	13	Rp20.151	0,107	0,069	0,038	Rp29.789	Rp358.026



Kendaraan Berat 3 As							
Segmen	N (kend)	BOK (Rp/kend.km)	T _A (jam)	T _B (jam)	T (T _A -T _B) (jam)	NW (Rp/kend.jam)	C (Rp)
8							
Segmen 9	9	Rp20.106	0,073	0,053	0,020	Rp29.789	Rp123.392
Segmen 10	7	Rp22.375	0,317	0,159	0,158	Rp29.789	Rp585.084
Segmen 11	15	Rp21.233	0,430	0,242	0,187	Rp29.789	Rp1.696.006
Segmen 12	6	Rp20.383	0,041	0,032	0,009	Rp29.789	Rp38.369
Segmen 13	3	Rp19.952	0,314	0,279	0,034	Rp29.789	Rp88.047
Segmen 14	10	Rp20.468	0,112	0,086	0,026	Rp29.789	Rp178.789
Segmen 15	10	Rp20.468	0,034	0,024	0,010	Rp29.789	Rp64.244
Segmen 16	7	Rp20.468	0,054	0,041	0,012	Rp29.789	Rp55.854
Segmen 17	12	Rp21.445	0,341	0,230	0,111	Rp29.789	Rp759.815
Segmen 18	6	Rp20.713	0,496	0,382	0,114	Rp29.789	Rp429.847
Segmen 19	12	Rp21.399	0,260	0,176	0,084	Rp29.789	Rp566.059
Segmen 20	28	Rp22.282	0,216	0,104	0,112	Rp29.789	Rp1.662.568
Segmen 21	55	Rp22.757	0,091	0,047	0,044	Rp29.789	Rp1.228.015
Segmen 22	41	Rp22.784	0,335	0,176	0,159	Rp29.789	Rp3.286.732
Segmen 23	122	Rp23.473	0,397	0,153	0,244	Rp29.789	Rp14.467.740
Total (Rp)							Rp27.780.862

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan tabel biaya kemacetan pada ketiga jenis kendaraan, diperoleh biaya kemacetan terbesar pada jenis kendaraan ringan karena jumlah volume lalu lintas yang lebih banyak daripada jenis kendaraan lain. Persentase biaya kemacetan dari Kendaraan Ringan sebesar 66%, Kendaraan Berat 2 As sebesar 23%, dan Kendaraan Berat 3 As sebesar 11%. Maka dapat direkapitulasi biaya kemacetan secara keseluruhan dan biaya kemacetan per km dengan membagi biaya dengan jarak tempuh setiap segmen, sehingga diperoleh biaya kemacetan per km sebagai berikut.

Tabel 40 Rekapitulasi Biaya Kemacetan

Segmen	Total (Rp/jam puncak)	Total (Rp/km.jam puncak)
Segmen 1	Rp4.482.924	Rp786.478
Segmen 2	Rp3.599.435	Rp168.198
Segmen 3	Rp7.642.850	Rp149.860
Segmen 4	Rp580.117	Rp161.143
Segmen 5	Rp2.428.719	Rp449.763
Segmen 6	Rp3.235.750	Rp220.119
Segmen 7	Rp741.530	Rp145.970

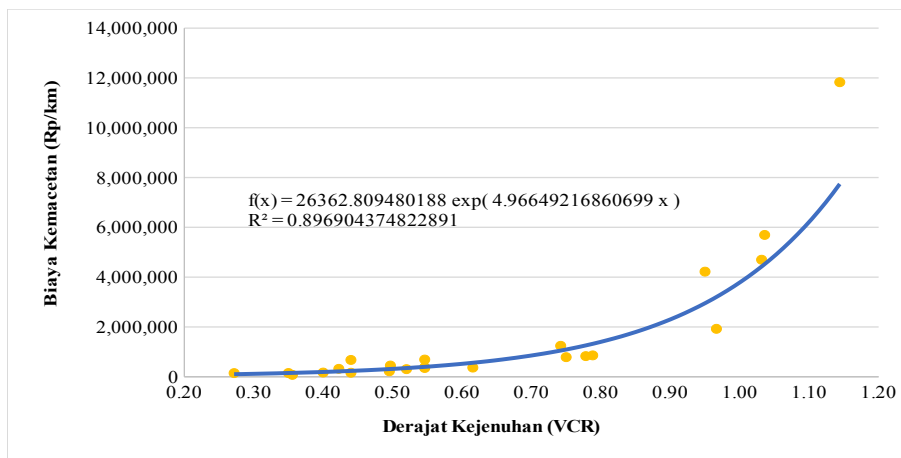
KoNTekS17

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17

Segmen	Total (Rp/jam puncak)	Total (Rp/km.jam puncak)
Segmen 8	Rp2.630.844	Rp674.575
Segmen 9	Rp857.821	Rp317.711
Segmen 10	Rp14.828.236	Rp1.924.495
Segmen 11	Rp15.407.904	Rp1.242.573
Segmen 12	Rp426.947	Rp304.962
Segmen 13	Rp916.923	Rp75.158
Segmen 14	Rp1.433.568	Rp382.285
Segmen 15	Rp793.981	Rp690.418
Segmen 16	Rp633.760	Rp352.089
Segmen 17	Rp8.151.692	Rp858.073
Segmen 18	Rp5.812.772	Rp367.897
Segmen 19	Rp6.046.944	Rp828.349
Segmen 20	Rp22.367.273	Rp4.220.240
Segmen 21	Rp9.868.273	Rp4.699.178
Segmen 22	Rp43.848.294	Rp5.694.584
Segmen 23	Rp99.351.168	Rp11.827.520
Total	Rp256.087.725	

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Hubungan antara derajat kejenuhan dan biaya kemacetan lalu lintas dapat direpresentasikan pada grafik berikut.



Gambar 7 Hubungan VCR dan Biaya Kemacetan

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan grafik, diperoleh hubungan fungsi eksponensial dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,897 dengan persamaan biaya kemacetan lalu lintas $Y = 26363e^{4.9665x}$, dengan biaya kemacetan lalu lintas (Rp/km) sebagai variabel Y dan nilai VCR sebagai variabel X.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, volume lalu lintas pada segmen jalan sepanjang rute Kabupaten Cilacap ke Kabupaten Bandung memiliki volume jam puncak rata-rata sebesar 2441,29 skr/jam dan kapasitas jalan rata-rata sebesar 3391,46 skr/jam, dengan volume terbesar pada segmen 23. Biaya operasional kendaraan rata-rata pada Kendaraan Ringan sebesar Rp4.157/km, pada Kendaraan Berat 2 As sebesar Rp. 9.837/km,



pada Kendaraan Berat 3 As sebesar Rp. 20.969/km. Biaya kemacetan total pada ruas jalan rute Kabupaten Cilacap ke Kabupaten Bandung pada satu hari jam puncak sebesar Rp. 256.087.725 atau Rp. 1.219.552/km, dengan persentase biaya kemacetan dari Kendaraan Ringan sebesar 66%, Kendaraan Berat 2 As sebesar 23%, dan Kendaraan Berat 3 As sebesar 11%. Diperoleh hubungan VCR dan biaya kemacetan lalu lintas berupa fungsi eksponensial dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,897 dan persamaan biaya kemacetan lalu lintas $Y = 26363e^{4.9665x}$. Peningkatan kinerja ruas jalan dapat dilakukan dengan mengurangi volume kendaraan yang masuk dan keluar melalui Jalan Nasional melalui pembangunan jalan tol, yakni Tol Getaci (Gedebage, Tasikmalaya, Cilacap), sebagai sarana pengganti jalan raya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrin, T., & Yodo, N. (2020). A Survey of Road Traffic Congestion Measures Towards a Sustainable and Resilient Transportation System. *Sustainability (Switzerland)*, 12(11), 1–23. <https://doi.org/10.3390/su12114660>
- Akbardin, J. (2013). Kajian Hubungan Volume, Kecepatan, Dan Kepadatan Lalu Lintas Model Underwood (Studi Kasus Jalan Lingkar Luar Kota Demak). *ASTONJADRO: Jurnal Rekayasa Sipil*, 2(1), 16–27.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Upah Minimum Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah 2021-2023*. Jawa Tengah: BPS.
- Baghestani, A., Tayarani, M., Allahviranloo, M., & Gao, H. O. (2020). Evaluating the traffic and emissions impacts of congestion pricing in New York city. *Sustainability (Switzerland)*, 12(9), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su12093655>
- Chen, Y., Zheng, N., & Vu, H. L. (2021). A novel urban congestion pricing scheme considering travel cost perception and level of service. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 125(February), 103042. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103042>
- Cvetek, D., Muštra, M., Jelušić, N., & Tišljarić, L. (2021). A survei of methods and technologies for congestion estimation based on multisource data fusion. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(5), 1–19. <https://doi.org/10.3390/app11052306>
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). *Sistem Informasi Geografis Metro Jalan Daerah*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2014). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Fatikasari, A. D., & Prastyanto, C. A. (2021). Analisis Biaya Kerugian Kemacetan Jalan Akibat Adanya Kerusakan pada Kendaraan Berat di Jalan Arteri Primer (Studi Kasus: Ruas Jalan Surabaya-Mojokerto). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(2), 107. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v19i2.8499>
- Gunadi, E., & Nahdalina. (2021). Analisis Biaya Kemacetan Pada Ruas Jalan Tol Jakarta-Cikampek Km. 26. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 20(1), 70–83. <https://doi.org/10.35760/dk.2021.v20i1.3013>
- Izadi, A., Nabipour, M., & Titidezh, O. (2020). Cost Models and Cost Factors of Road Freight Transportation: A Literature Review and Model Structure. *Fuzzy Information and Engineering*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/16168658.2019.1688956>
- Jagannathan, A. (2019). *Level of Service (LOS) Effect in Terrain Conditions*. 2(8), 32–36.
- Julianto, E. N. (2010). Hubungan Antara Kecepatan, Volume Dan Kepadatan Lalu Lintas Ruas Jalan Siliwangi Semarang. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 12(2), 151–160.
- Mahmudah, N., & Andriani, E. (2019). Penentuan Biaya Kemacetan Lalu Lintas Pada Simpang Bersinyal Sgm Yogyakarta. *Jurnal Transportasi*, 19(2), 77–86. <https://doi.org/10.26593/jt.v19i2.3472.77-86>
- Musita, R., Anggraini, R., & Sugiarto, S. (2020). The Analysis of Roadside Obstacles to the Performance of Syiah Kuala Street. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 933(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/933/1/012017>

KoNTekS17

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17

Nguyen-Phuoc, D. Q., Young, W., Currie, G., & De Gruyter, C. (2020). Traffic congestion relief associated with public transport: state-of-the-art. *Public Transport*, 12(2), 455–481. <https://doi.org/10.1007/s12469-020-00231-3>

Struyf, E., Sys, C., Van de Voorde, E., & Vanelander, T. (2022). Calculating the cost of congestion to society: A case study application to Flanders. *Research in Transportation Business and Management*, 44(March), 100573. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100573>