

## Analisis Biaya Kerugian Kemacetan Jalan Akibat Adanya Kerusakan pada Kendaraan Berat di Jalan Arteri Primer (Studi Kasus : Ruas Jalan Surabaya-Mojokerto)

Aulia Dewi Fatikasari<sup>1,\*</sup>, Catur Arif Prastyanto<sup>1</sup>

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya<sup>1</sup>

Koresponden\*, Email: [auliafatikaa@gmail.com](mailto:auliafatikaa@gmail.com)

Info Artikel		Abstract (font: Times New Roman 9 pt, bold)
Diajukan	19 Januari 2021	<i>Nonrecurrent congestion is caused by unforeseen events such as those occurring when heavy vehicles are risky of damage. Usually the vehicles would stop in one lane thus reducing the road capacity and ability for high traffic. It also takes long time for the evacuation process thus extending the traffic queue, causing losses for road users. To calculate the cost of congestion for each additional traffic volume and handling time, here made an equation model from simple regression and used Tzedakis method. The results obtained are for handling time of: 0,5 hours <math>y = -250880135,069 + 98989,277X</math>; 1 hours <math>y = -477367897,880 + 188779,690X</math>; 2 hours <math>y = -905238025,456 + 358710,459X</math> dan 3 hours <math>y = -1323226902,369 + 524828,720X</math>. Variable <math>y</math> represents congestion costs (Rp) and <math>x</math> traffic volume (cur). This model equation is used when the road capacity of <math>4/2D</math> from 3531.26 cur/hour becomes 2553.6 cur/hour with a minimum traffic volume limit of 2554 cur/hour.</i>
Diperbaiki	24 Februari 2021	
Disetujui	24 Februari 2021	
Keywords: road performance, queue length, delay, congestion cost		
Kata kunci: kinerja jalan, panjang antrian, tundaan, biaya kemacetan		<b>Abstrak</b> Kemacetan <i>nonrecurrent</i> disebabkan oleh peristiwa yang tidak terduga seperti terjadi akibat kendaraan berat mengalami risiko kerusakan. Biasanya kendaraan akan berhenti di salah satu lajur sehingga mengurangi kapasitas jalan dan jalan tidak mampu menampung volume lalu lintas yang tinggi. Selain itu, membutuhkan waktu yang lama untuk proses evakuasinya sehingga akan memperpanjang antrian kemacetan. Hal ini akan menimbulkan kerugian bagi pengguna jalan. Untuk menghitung besar biaya kemacetan setiap penambahan volume lalu lintas dan lama waktu penanganan, akan dibuatkan model persamaan. Metode yang digunakan adalah metode Tzedakis untuk menghitung besar biaya kemacetan dan metode regresi sederhana untuk membuat model tersebut. Hasil perhitungan yang didapatkan yaitu ketika waktu penanganan 0,5 jam $y = -250880135,069 + 98989,277X$ ; 1 jam $y = -477367897,880 + 188779,690X$ ; 2 jam $y = -905238025,456 + 358710,459X$ dan 3 jam $y = -1323226902,369 + 524828,720X$ dengan variabel $y$ biaya kemacetan (Rp) dan $x$ volume lalu lintas (skr). Persamaan model tersebut digunakan ketika kapasitas jalan $4/2D$ yang awalnya 3531,26skr/jam menjadi 2553,6 skr/jam dengan batas volume lalu lintas minimum 2554skr/jam.

### 1. Pendahuluan

Jalan memiliki fungsi penting sebagai penghubung suatu wilayah dengan wilayah yang lain untuk menunjang aksesibilitas dan mobilitas serta memberikan banyak manfaat dalam kehidupan [1]. Namun, kenyataan di lapangan suatu jalan raya yang telah dibangun dan dioperasikan tidak lagi mampu berfungsi dengan baik akibat permasalahan yang terjadi seperti kemacetan [2]. Kemacetan merupakan permasalahan lalu lintas yang sangat umum ditemukan di perkotaan. Jika arus lalu lintas mendekati kapasitas, kemacetan akan mulai terjadi. Kemacetan semakin meningkat apabila arus begitu besar sehingga kendaraan saling berdekatan satu sama lain [3]. Pada saat terjadi kemacetan, nilai derajat kejenuhan yang

dihitung berdasarkan persamaan  $= V/C$  (*Volume/Capacity*) mencapai lebih dari 0,75 [4].

Kemacetan jalan raya terbagi menjadi dua kategori, yaitu kemacetan yang bersifat *recurrent* (RC) dan *nonrecurrent* (NRC) [5]. Kemacetan *nonrecurrent* (NRC) merupakan kemacetan yang terjadi akibat kejadian tidak dapat diprediksi dan dapat terjadi secara tiba-tiba seperti kecelakaan, kerusakan kendaraan, cuaca buruk, dan sebagainya. Sekitar 45,9% kontribusi utama kemacetan non-recurrent disebabkan oleh kerusakan kendaraan berat [6]. Hal ini mengartikan bahwa masalah kemacetan *nonrecurrent* (NRC) sering terjadi pada jalan yang sering dilalui oleh kendaraan berat yaitu jalan arteri primer. Salah satu jalan arteri primer yang terlihat mengalami kemacetan *nonrecurrent* karena masalah pada

kendaraan berat adalah ruas jalan Surabaya-Mojokerto yaitu Jalan Raya Kletek [7].

Jalan Raya Kletek merupakan salah satu jalan yang sering dilalui oleh kendaraan berat yaitu sekitar 20-30% dari total jumlah volume lalu lintas. Beberapa kendaraan berat yang terlihat pada jalan ini yaitu truk multi-axle, truk gandeng, truk tangki, dump truck, flat deck truck, dan lainnya. Bercampurnya kendaraan pada ruas jalan dapat menimbulkan kemacetan hingga kecelakaan [8]. Bahkan, diantara truk-truk ada yang melebihi kapasitas yang telah ditentukan salah satunya adalah truk yang mengangkut material konstruksi yang dapat dikatakan melebihi standar kapasitas [9].

Jalan Raya Kletek terlihat beberapa kali mengalami kemacetan salah satunya disebabkan oleh masalah pada kendaraan berat dengan kategori nilai tinggi, yaitu risiko bocor atau pecah ban, risiko kerusakan mesin (mogok), risiko kerusakan pada as roda, risiko kerusakan pada pegas daun (penahan beban), dan risiko kecelakaan [10]. Biasanya kendaraan akan berhenti disalah satu lajur sehingga mengurangi kapasitas jalan dan jalan tidak mampu menampung volume lalu lintas yang tinggi. Selain itu, membutuhkan waktu yang lama untuk proses evakuasinya sehingga akan memperpanjang antrian kemacetan. Dengan demikian, peristiwa seperti ini tentu saja berdampak akan memberikan gangguan pada pengguna jalan pada ruas jalan tersebut.

Penyempitan yang ditimbulkan dari kemacetan akibat kerusakan pada kendaraan berat akan menimbulkan dampak kerugian bagi pengguna jalan. Dampak kerugian tersebut disebabkan oleh lama penanganan kerusakan kendaraan berat yang rusak dan volume lalu lintas yang tinggi. Oleh karena itu, untuk menghitung besar kerugian setiap adanya penambahan volume lalu lintas dan lama waktu penanganan perlu dibuatkan model hubungan persamaan. Hal ini, dapat membantu *stakeholder* yang bertanggung jawab untuk memperkirakan waktu penanganan yang tepat ketika adanya perubahan volume lalu lintas di ruas jalan.

## 2. Metode

### *Pengumpulan Data*

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer yang dibutuhkan yaitu data geometrik jalan, volume lalu lintas, dan lama waktu penanganan kerusakan kendaraan berat. Data sekunder yang dibutuhkan yaitu data produk domestik regional bruto (PDRB), data jumlah penduduk, dan data harga komponen kendaraan.

### *Analisis Data*

Tahap analisis dilakukan pada data lalu lintas terbanyak saat *weekend* dan *weekday*, kemudian didapatkan kapasitas (C), derajat kejenuhan, dan indeks tingkat pelayanan (ITP) ruas jalan saat kondisi normal dan kondisi penyempitan akibat adanya kendaraan yang mengalami kerusakan. Analisis untuk menghitung kapasitas ruas jalan berdasarkan acuan dari Panduan Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2014.

Ketika volume lalu lintas melebihi kapasitas ruas jalan saat penyempitan, maka akan terjadi panjang antrian dan tundaan. Metode yang digunakan dalam menganalisa antrian yaitu *queuing analysis*. Kemudian dilakukan perhitungan biaya biaya kerugian kemacetan berdasarkan volume lalu lintas, tundaan, biaya operasional kendaraan, dan nilai waktu. Biaya operasional kendaraan dan nilai waktu dihitung setiap penambahan volume lalu lintas dan lama waktu penanganan risiko kendaraan berat.

### *Pembuatan Model*

Hasil analisis data kemudian diolah untuk menghasilkan suatu model hubungan antara biaya kerugian kemacetan, volume lalu lintas, dan lama waktu penanganan. Analisis yang digunakan untuk mendapatkan model persamaan adalah menggunakan regresi linier sederhana. Regresi linier sederhana hanya memiliki satu peubah yang dihubungkan dengan satu peubah tidak bebas dengan bentuk  $y = ax + b$  [11]. Program bantu yang digunakan adalah SPSS dan pengujian model persamaan yang digunakan yaitu R-Square dan ANOVA.

### *Kesimpulan*

Pengambilan kesimpulan berdasarkan hasil yang didapatkan pada tahap analisis. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran lebih jelas biaya kerugian kemacetan akibat adanya kerusakan pada kendaraan berat yang dipengaruhi oleh lama penanganan kerusakan kendaraan berat.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### *Volume Lalu Lintas*

Volume lalu lintas dari hasil survei dihitung berdasarkan satuan kendaraan ringan (skr). Perhitungan dilakukan dengan mengelompokkan dan mengalikan volume lalu lintas dengan nilai ekuivalen kendaraan ringan (ekr) yang digunakan. Kemudian dilakukan pencarian volume lalu lintas pada jam puncak (*peakhour*) pada saat *weekend* dan *weekday* untuk setiap arah. Perhitungan dengan menjumlahkan skr tiap golongan per 15 menit, kemudian di akumulasi per jam untuk mendapatkan jam puncak.

Dari hasil perhitungan maka didapatkan *peakhour* pada saat *weekday* arah Mojokerto-Surabaya terjadi pada pukul 06.30-07.30 dengan volume 3443 skr/jam dan arah Surabaya-Mojokerto terjadi pada pukul 15.00-16.00 dengan volume 3722 skr/jam

**Kapasitas Jalan**

Perhitungan kapasitas ini dilakukan berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) Jalan Luar Perkotaan 2014 dengan menggunakan rumus [4].

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \tag{1}$$

Keterangan :

- C :kapasitas jalan, skr/jam
- C<sub>0</sub> :kapasitas dasar, skr/jam
- FC<sub>LJ</sub> :faktor penyesuaian terkait lebar lajur
- FC<sub>PA</sub> :faktor penyesuaian terkait pemisahan arah
- FC<sub>HS</sub> :faktor penyesuaian terkait hambatan samping

Dari hasil perhitungan didapatkan kapasitas jalan kondisi normal arah Mojokerto-Surabaya sama dengan arah sebaliknya yaitu 3531,26 skr/jam. Apabila diasumsikan adanya kendaran berat yang berhenti pada salah satu lajur maka kapasitas jalan kondisi penyempitan arah Mojokerto-Surabaya dan arah sebaliknya menjadi 2553,6 skr/jam.

**Derajat Kejenuhan**

Derajat kejenuhan (DJ) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan kinerja lalu lintas pada suatu simpang dan juga segmen jalan [4]. Nilai derajat kejenuhan dihitung menggunakan rumus:

$$D_j = Q/C \tag{2}$$

Keterangan :

- Q : Volume lalu lintas (skr/jam)
- C : Kapasitas jalan (skr/jam)

Berdasarkan rumusan di atas didapatkan nilai derjat kejenuhan (DJ) dan indeks pelayanan jalan (ITP) pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Derajat Kejenuhan

Arah	Kondisi Normal		Kondisi Penyempitan	
	DJ	ITP	DJ	ITP
M-S	0,975	E	1,348	F
S-M	1,054	F	1,458	F

**Lama Waktu Penanganan**

Lama waktu penangana setiap risiko kerusakan pada kendaraan berat didapatkan dari hasil survei wawancara di sekitar ruas jalan Surabaya-Mojokerto. Waktu penganan yang diambil merupakan frekuensi terbanyak disetiap risiko kerusakan kendaraan berat. Hasil survei frekuensi waktu

kendaraan berat terbanyak setiap risiko kerusakan dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Waktu Penganan Risiko Kerusakan Kendaraan Berat

No.	Risiko Kerusakan	Waktu Penanganan
1	Kerusakan ban sisi dalam kendaraan (Bocor atau pecah Ban)	1 jam
2	Kerusakan ban sisi luar kendaraan (Bocor atau ban pecah)	0,5 jam
3	Gangguan pada mesin (mogok)	2 jam
4	Kerusakan pada bagian axle kendaraan (as roda patah)	3 jam
5	Gangguan pada system pengereman	1 jam
6	kerusakan bagian sumbu roda kendaraan	2 jam
7	kerusakan pada bagian penahan beban muatan	2 jam
8	terlibat kecelakaan dengan kendaraan lain	2 jam

Dari keseluruhan data hasil survei di lapangan diketahui bahwa waktu penganan kendaraan berat ketika mengalami risiko kerusakan paling banyak terjadi yaitu 0,5 jam, 1 jam, 2 jam, dan 3 jam.

**Analisis Panjang Antrian dan Tundaan**

Perhitungan antrian menggunakan metode *queueing analysis*. Dari hasil perhitungan akan didapatkan Q<sub>M</sub> (panjang antrian) dan d<sub>M</sub> (tundaan). Rumus yang digunakan yaitu [12]:

$$Q_M = t_R (\lambda - \mu_R) \tag{3}$$

$$d_M = \frac{60 t_R (\lambda - \mu_R)}{\lambda} \tag{4}$$

Keterangan :

- Q<sub>M</sub> : Panjang antrian (skr)
- t<sub>R</sub> : Waktu penyempitan (jam)
- λ : Volume lalu lintas (skr/jam)
- μ<sub>R</sub> : Kapasitas penyempitan (skr/jam)
- d<sub>M</sub> : tundaan (menit/skr)

Berikut ini contoh perhitungan panjang antrian dan tundaan pada saat *weekday* arah Mojokerto-Surabaya kondisi jam puncak pukul 06.30-07.30.

$$t_R = 1 \text{ jam}$$

$$\lambda = 3443 \text{ skr/jam}$$

$$\mu_R = 2553,6 \text{ skr/jam}$$

Maka diperoleh panjang antrian :

$$Q_M = 1 (3443 - 2553,6) = 889,4 \text{ skr}$$

Dimana satuan kendaraan ringan diasumsikan sebagai kendaraan pribadi yang memiliki panjang kendaraan sekitar 3 meter, sehingga panjang antrian yang terjadi:

$$Q_M = 889,4 \times 3 = 2668 \text{ meter}$$

Maka tundaan yang terjadi :

$$d_M = \frac{60 (1)(3443 - 2553,6)}{3443} = 15,50 \text{ menit / skr}$$

$$d_M = \frac{15,50}{60} = 0,258 \text{ jam/skr}$$

Hasil perhitungan panjang antrian terpanjang dan tundaan terlama ketika lama waktu penanganan 0,5 jam, 1 jam, 2 jam, dan 3 jam dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

**Tabel 3.** Panjang Antrian

Arah	Lama Waktu Penanganan (jam)			
	0,5	1	2	3
	Panjang antrian saat <i>peakhour</i> (m)			
M-S	1334,1	2668,2	5336,2	8004,6
S-M	1753,05	3506,1	7012,2	10518,3

**Tabel 4.** Tundaan

Arah	Lama Waktu Penanganan (jam)			
	0,5	1	2	3
	Tundaan saat <i>peakhour</i> (jam)			
M-S	0,129	0,258	0,516	0,774
S-M	0,156	0,313	0,627	0,941

**Biaya Operasional Kendaraan (BOK)**

Analisis besar biaya operasional kendaraan menggunakan metode dari *Pacific International Consultation (PCI)* untuk jenis jalan *non toll road*. Komponen BOK metode ini terdiri dari biaya konsumsi bahan bakar, biaya konsumsi minyak pelumas, biaya pemakaian ban, biaya pemeliharaan, biaya penyusutan, bunga modal, dan biaya asuransi [13]. Dengan menggunakan formula jasa margas, maka total BOK didapatkan dengan cara:

$$\text{Total BOK} = \text{konsumsi BBM} + \text{Konsumsi oli mesin} + \text{pemakaian ban} + \text{Depresiasi} + \text{biaya bunga Modal} + \text{biaya asuransi} \tag{5}$$

dan cara menghitung total biaya operasional adalah

$$\text{Total} = \frac{\text{Harga BOK (Rp/1000km)}}{1000 \text{ (km)}} \times \text{Volume Kendaraan (skr)} \tag{6}$$

Biaya operasional satu unit motor berkisar 18% dari biaya auto, sehingga jika terdapat 80 unit sepeda motor dalam setiap 100 auto [14]. Berikut ini contoh perhitungan biaya operasional sepeda motor pada saat *weekday* arah Mojokerto-Surabaya pukul 08.45-09.45.

Golongan I = 1074 kend/jam

Sepeda Motor = 4445 kend/jam

Kendaraan per 100 auto =  $100 \times \frac{\text{Jumlah Sepeda motor}}{\text{Jumlah Golongan I}}$

$$= 100 \times \frac{4445}{1074} = 414 \text{ kendaraan/100 auto}$$

Penambahan BOK akibat sepeda motor

$$= \frac{414}{100} \times 0,18 \times 100\% = 74 \%$$

BOK sepeda motor = 74 % x total BOK Gol I

$$= 74 \% \times \text{Rp } 7.693.922$$

$$= \text{Rp } 5.731.757$$

**Nilai Waktu**

Nilai waktu merupakan besarnya uang yang akan dibayarkan setiap orang untuk menghemat satuan waktu perjalanan [11]. Perhitungan nilai waktu perjalanan dengan metode *Income Approach* menggunakan faktor Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), jumlah penduduk, dan jam kerja tahunan yang ditetapkan dalam Undang-undang No.13 tahun 2003 pasal 17 tentang Ketentuan jam kerja yaitu 8 jam kerja dalam 1 hari atau 40 jam kerja dalam 1 minggu

untuk 5 hari kerja dalam 1 minggu. Berikut ini adalah analisis biaya nilai waktu metode *income approach* [15] :

Jumlah PDRB Sidoarjo = Rp147.124.601 (juta)

Jumlah Penduduk Sidoarjo = 2.282.215 jiwa

Jam Kerja Tahunan = 2.112 jam (berdasar pada 1 minggu = 40 jam; 1 tahun = 52 minggu kerja efektif)

Diperoleh nilai waktu dasar

$$\lambda = \frac{\text{PDRB/Jumlah Penduduk}}{\text{Waktu Jam Kerja Tahun}} \tag{7}$$

$$\lambda = \frac{\text{Rp}147,124,601 \text{ (juta)}/2.282.215}{2.112}$$

$$\lambda = \text{Rp } 30.523 \text{ /orang/jam}$$

Perhitungan nilai waktu perjalanan berdasarkan nilai waktu dasar dan tingkat okupansi kendaraan. Maka, didapatkan nilai waktu perjalanan untuk jenis truk sebesar

$$= \text{Rp } 30.523 \times 2$$

$$= \text{Rp } 61.047/\text{kend /jam}$$

**Biaya Kerugian Kemacetan**

Analisis biaya kerugian ditinjau berdasarkan biaya konsumsi bahan bakar dan biaya nilai waktu yang dikeluarkan setiap jenis kendaraan menggunakan rumus [16]:

$$C = N \times [ G \times A + (1 - \frac{A}{B}) \times V' ] \times T \tag{8}$$

Keterangan :

C = Biaya Kemacetan (rupiah),

N = Jumlah Kendaraan

G = Biaya Operasional Kendaraan

A = Kecepatan kendaraan eksisting (Km/Jam),

B = Kecepatan Kendaraan Ideal (Km/Jam),

V' = Nilai Waktu Perjalanan Kendaraan,

T = Lama Waktu Antrian (Jam).

Total Biaya = Biaya kemacetan KR + Biaya kemacetan KBM + Biaya Kemacetan BB + Biaya kemacetan TB + Biaya Kemacetan SM (9)  
 hasil perhitungan biaya kerugian kemacetan saat *peakhour* akibat adanya kendaraan berat yang mengalami kerusakan dengan lama waktu penanganan 0,5 jam, 1 jam, 2 jam, dan 3 jam dapat dilihat pada **Tabel 5**.

*Persamaan Model Hubungan Lama Waktu Penangan Kerusakan Kendaraan Berat, Biaya Kerugian kemacetan, dan volume lalu lintas.*

Model hubungan antara lama waktu penanganan kerusakan kendaraan berat, biaya kerugian kemacetan, dan volume lalu lintas menggunakan metode regresi linier sederhana. Dimana variabel independent yaitu volume lalu lintas di ruas jalan yang didapatkan dari hasil survei semnggunakan CCTV dan lama waktu penanganan yang ditinjau berdasarkan risiko kerusakan kendaraan berat di lapangan. Model hubungan ini digunakan untuk mendapatkan besar biaya kemacetan setaip penambahan volume lalu lintas dan lama waktu penaganan. Dari hasil analisis menggunakan program antu SPSS didapatkan hasil pada **Tabel 6** sampai dengan **Tabel 9**.

Dari hasil **Tabel 6** diperoleh persamaan model untuk waktu penanganan 0,5 jam:

$$Y = -250880135,069 + 98989,277X$$

Y = Biaya Kerugian Kemacetan (Rp)  
 X = Volume Lalu Lintas (skr)

Arti dari persamaan tersebut yaitu ketika waktu penanganan kendaraan berat selama 0,5 jam terjadi penambahan 1 volume lalu lintas (skr) maka bertambah pula biaya kerugian kemacetan sebesar 98989,277 dengan batasan volume minimum 2554 skr. Dari hasil olah diatas juga didapat uji signifikan data dengan hasil nilai Sig. ketika waktu penanganan 0,5 jam yaitu 9,18E-69 lebih kecil dari alfa dimana alfa yang digunakan yaitu 0.05 maka dapat dinyatakan bahwa volume lalu lintas (skr) terdapat hubungan yang signifikan terhadap biaya kerugian kemacetan.

Dari hasil **Tabel 7** diperoleh persamaan model untuk waktu penanganan 1 jam:

$$Y = -477367897,880 + 188779,690 X$$

Y = Biaya Kerugian Kemacetan (Rp)  
 X = Volume Lalu Lintas (skr)

Arti dari persamaan tersebut yaitu ketika waktu penanganan kendaraan berat selama 1 jam terjadi penambahan 1 volume lalu lintas (skr) maka bertambah pula biaya kerugian kemacetan sebesar 188779,690 dengan batasan volume minimum 2554 skr. Dari hasil olah diatas juga didapat uji signifikan data dengan hasil nilai Sig. ketika

waktu penanganan 1 jam yaitu 1,94E-6lebih kecil dari alfa dimana alfa yang digunakan yaitu 0.05 maka dapat dinyatakan bahwa volume lalu lintas (skr) terdapat hubungan yang signifikan terhadap biaya kerugian kemacetan.

Dari hasil **Tabel 8** diperoleh persamaan model untuk waktu penanganan 2 jam:

$$Y = -905238025,456 + 358710,459 X$$

Y = Biaya Kerugian Kemacetan (Rp)  
 X = Volume Lalu Lintas (skr)

Arti dari persamaan tersebut yaitu ketika waktu penanganan kendaraan berat selama 2 jam terjadi penambahan 1 volume lalu lintas (skr) maka bertambah pula biaya kerugian kemacetan sebesar 358710,459 dengan batasan volume minimum 2554 skr. Dari hasil olah diatas juga didapat uji signifikan data dengan hasil nilai Sig. ketika waktu penanganan 2 jam yaitu 2,37E-57 lebih kecil dari alfa dimana alfa yang digunakan yaitu 0.05 maka dapat dinyatakan bahwa volume lalu lintas (skr) terdapat hubungan yang signifikan terhadap biaya kerugian kemacetan.

Dari hasil **Tabel 9** diperoleh persamaan model untuk waktu penanganan 3 jam:

$$Y = -1323226902,369 + 524828,720 X$$

Y = Biaya Kerugian Kemacetan (Rp)  
 X = Volume Lalu Lintas (skr)

Arti dari persamaan tersebut yaitu ketika waktu penanganan kendaraan berat selama 3 jam terjadi penambahan 1 volume lalu lintas (skr) maka bertambah pula biaya kerugian kemacetan sebesar 524828,720 dengan batasan volume minimum 2554 skr. Dari hasil olah diatas juga didapat uji signifikan data dengan hasil nilai Sig. ketika waktu penanganan 3 jam yaitu 2,64.E-58 lebih kecil dari alfa dimana alfa yang digunakan yaitu 0.05 maka dapat dinyatakan bahwa volume lalu lintas (skr) terdapat hubungan yang signifikan terhadap biaya kerugian kemacetan.

*Nilai R-Square*

Output nilai R-Square menggunakan program bantu SPSS untuk ditunjukkan pada **Tabel 10** sampai dengan **Tabel 13**.

**Tabel 10.** R-Square Hasil Regresi Model (Waktu Penanganan 0,5 jam

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
0,999	0,999	0,999	1101308,051

**Tabel 11.** R-Square Hasil Regresi Model (Waktu Penanganan 1 jam

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
0,999	0,997	0,997	3032520,334

**Tabel 12.** R-Square Hasil Regresi Model (Waktu Penanganan 2 jam)

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
0,998	0,996	0,996	7074538,851

**Tabel 13.** R-Square Hasil Regresi Model (Waktu Penanganan 3 jam)

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
0,998	0,997	0,996	9866672,070

Dari **Tabel 10** menunjukkan output nilai R-square yang didapatkan sebesar 0,999. Nilai ini mengandung arti bahwa pengaruh volume lalu lintas terhadap biaya kerugian kemacetan sebesar 99,9% sedangkan 0,1 % dipengaruhi oleh variabel lain yg tidak diteliti.

Dari **Tabel 11** menunjukkan output nilai R-square yang didapatkan sebesar 0,997. Nilai ini mengandung arti bahwa pengaruh volume lalu lintas terhadap biaya kerugian kemacetan sebesar 99,7% sedangkan 0,3 % dipengaruhi oleh variabel lain yg tidak diteliti.

Dari **Tabel 12** menunjukkan output nilai R-square yang didapatkan sebesar 0,996. Nilai ini mengandung arti bahwa pengaruh volume lalu lintas terhadap biaya kerugian kemacetan sebesar 99,6% sedangkan 0,4 % dipengaruhi oleh variabel lain yg tidak diteliti.

Dari **Tabel 13** menunjukkan output nilai R-square yang didapatkan sebesar 0,997. Nilai ini mengandung arti bahwa pengaruh volume lalu lintas terhadap biaya kerugian kemacetan sebesar 99,7% sedangkan 0,3 % dipengaruhi oleh variabel lain yg tidak diteliti.

#### Pengujian ANOVA

Dalam penelitian ini akan menguji perbandingan antara 2 metode biaya kerugian yang telah didapat. Untuk menguji perbandingan data biaya kerugian hasil perhitungan dan hasil rumus persamaan, dilakukan dengan metode ANOVA (*analysis of Variance*) Satu Arah, karena melibatkan dua kelompok data. Untuk itu dilakukan langkah-langkah Uji ANOVA Satu Arah berikut:

Uji Hipotesis

Ho: Rata-rata hasil perhitungan dengan hasil rumus persamaan semua sama.

H1: Rata-rata hasil perhitungan dengan hasil rumus persamaan tidak sama

H0:  $A_1 = A_2$

H1:  $A_1 \neq A_2$

Membandingkan dengan taraf signifikan, alfa ( $\alpha$ ) = 0,05

jika  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$

$P\text{-value} < \alpha$

maka tolak  $H_0$ , terima  $H_1$

Hasil pengujian ANOVA dapat dilihat pada **Tabel 14** sampai dengan **Tabel 17**.

Dari hasil ANOVA diatas didapatkan hasil F hitung dan juga P-value. Kedua parameter tersebut akan digunakan untuk menentukan hipotesis mana yang akan diterima dan akan ditolak. Hasil rekap F hitung dan P value dari semua proses dapat dilihat pada **Tabel 18**.

**Tabel 18.** Kesimpulan Hasil ANOVA

Waktu (jam)	Kesimpulan	Keterangan
0,5	F hit 9.36E-09 < F crit 3.942	Ho Diterima
	P-val 0.9999230 > $\alpha$ 0,05	
1	F hit 9.35E-09 < F crit 3.942	Ho Diterima
	P-val 0.9999230 > $\alpha$ 0,05	
2	F hit 9.35E-09 < F crit 3.942	Ho Diterima
	P-val 0.9999231 > $\alpha$ 0,05	
3	F hit 9.35E-09 < F crit 3.942	Ho Diterima
	P-val 0.9999231 > $\alpha$ 0,05	

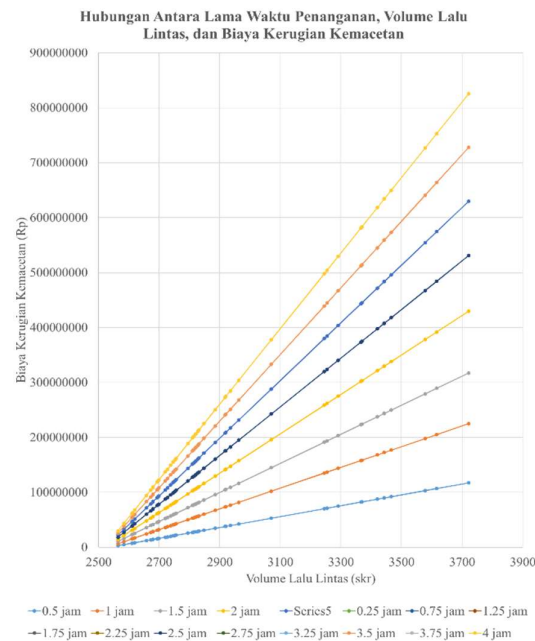
Dari hasil rekap pada tabel diatas menunjukan semua F hitung < F Tabel dan nilai P-value >  $\alpha$  maka Ho diterima dan H1 ditolak. Oleh sebab itu didapatkan kesimpulan rata-rata hasil perhitungan biaya kerugian sama dengan hasil rumus persamaan

Hubungan antara biaya kerugian kemacetan, lama waktu penanganan, dan volume lalu lintas arah dapat di lihat pada **Gambar 1**. Gambar grafik biaya kerugian kemacetan tersebut terjadi ketika kapasitas jalan 4/2 D yang awalnya 3531,26 skr/jam menjadi 2553,6 skr/jam dan volume lalu lintas lebih dari 2554 skr/jam. Sehingga persamaan model yang didapatkan yaitu ketika waktu penanganan 0,5 jam  $y = -250880135,069 + 98989,277 X$ ; 1 jam  $y = -477367897,880 + 188779,690 X$ ; 2 jam  $y = -905238025,456 + 358710,459 X$  dan 3 jam  $y = -1323226902,369 + 524828,720 X$  dengan variabel y biaya kemacetan (Rp) dan x volume lalu lintas (skr). Biaya kerugian kemacetan tersebut terjadi ketika kapasitas jalan 4/2 D yang awalnya 3531,26 skr/jam menjadi 2553,6 skr/jam dan volume lalu lintas lebih dari 2554 skr/jam.

#### 4. Simpulan

Beberapa kesimpulan yang didapat dari beberapa hasil yang telah dibuat pada penelitian ini adalah

1. Dari penelitian didapatkan kinerja ruas jalan berdasarkan nilai derajat kejenuhan (DJ) dan indeks pelayanan jalan (ITP) yaitu arah Mojokerto-Surabaya kondisi normal memiliki DJ 0,975 dengan ITP E dan kondisi penyempitan memiliki DJ 1,348 dengan ITP F. Arah Surabaya-Mojokerto kondisi normal memiliki DJ 1,054 dengan ITP F dan kondisi penyempitan memiliki DJ 1,457 dengan ITP F.
  2. Panjang antrian terpanjang dan tundaan terlama arah Surabaya-Mojokerto dengan waktu penanganan 0,5 jam panjang antrian 1753,05 meter dan tundaan 0,156 jam, penanganan 1 jam panjang antrian 3506,1 meter dan tundaan 0,313 jam, , penanganan 2 jam sepanjang 7012,2 meter dan tundaan 0,627 jam, dan penanganan 3 jam panjang antrian 10518,3 meter dan tundaan 0,941 jam.
  3. Biaya kerugian kemacetan terbesar arah Surabaya-Mojokerto dengan waktu penanganan 0,5 jam besar biaya kerugian Rp 115,558,736, selama 1 jam sebesar Rp 226,328,031, selama 2 jam sebesar Rp 433,383,906, dan selama 3 jam sebesar Rp 633,959,997.
  4. Persamaan model hubungan antara waktu penanganan, volume lalu lintas, dengan biaya kerugian kemacetan yang didapatkan yaitu ketika waktu penanganan 0,5 jam  $y = -250880135,069 + 98989,277 X$  ; 1 jam  $y = -477367897,880 + 188779,690 X$ ; 2 jam  $y = -905238025,456 + 358710,459 X$  dan 3 jam  $y = -1323226902,369 + 524828,720 X$  dengan variabel  $y$  biaya kemacetan (Rp) dan  $x$  volume lalu lintas (skr). Persamaan model tersebut digunakan ketika kapasitas jalan  $4/2 D$  yang awalnya 3531,26 skr/jam menjadi 2553,6 skr/jam dan volume lalu lintas lebih dari 2554 skr/jam.
- Daftar Pustaka**
- [1] J. C. Falocchio and H. S. Levinson, "Road Traffic Congestion: A Concise Guide," *Springer Tracts Transp. Traffic*, vol. 7, pp. 159–182, 2015.
  - [2] P. Fernandes *et al.*, "Integrating road traffic externalities through a sustainability indicator," *Sci. Total Environ.*, vol. 691, pp. 483–498, 2019.
  - [3] B. H. Susilo and I. Imanuel, "Traffic congestion analysis using travel time ratio and degree of saturation on road sections in Palembang, Bandung, Yogyakarta, and Surakarta," *MATEC Web Conf.*, vol. 181, 2018.
  - [4] Kementerian Pekerjaan Umum, "Pedoman Kapasitas Jalan Luar Perkotaan," *Jakarta Kementeri. Pekerj. Umum*, 2014.
  - [5] M. A. Yazici, A. Kocatepe, and E. E. Ozguven, "Breakdown of weather, intersection and recurrent congestion impacts on urban delay in New York City," *Transp. Res. Procedia*, vol. 22, pp. 399–408, 2017.
  - [6] C. Kamga and M. A. Yazici, "Temporal and weather related variation patterns of urban travel time: Considerations and caveats for value of travel time, value of variability, and mode choice studies," *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 45, pp. 4–16, 2014.
  - [7] Detik News, "Dump Truk Terguling, Raya Kletek Macet 4 Km," *Detik News*, 2019. [Online]. Available: <https://news.detik.com/berita-jawa-timur/1091996z/dump-truk-terguling-raya-kletek-macet-4-km>.
  - [8] S. A. Arianto and A. A. G. Kartika, "Studi kelayakan pembangunan jalan layang (fly over) pada ruas jalan sepanjang – krian km 16+540 – 17+680 ditinjau dari segi teknik lalu lintas dan ekonomi," vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.
  - [9] C. A. Prastyanto and I. B. Mochtar, "Prediction of Flexible Pavement Deflection Based on Falling Weight Deflectometer, FWD, for Highways Traversed by Heavy Overloaded Vehicles (Case Study on Arterial And Collector Roads in Tuban, East Java, Indonesia)," *IPTEK J. Proc. Ser.*, vol. 3, no. 6, pp. 2–6, 2017.
  - [10] P. A. Kesuma, M. A. Rohman, and C. A. Prastyanto, "Analysing the root cause of the damage risk in heavy vehicles to reduce traffic congestion," *Int. J. Constr. Manag.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–12, 2020.
  - [11] O. Z. Tamin, *Perencanaan, Pemodelan, dan Rekayasa Transportasi (Teori, contoh soal, dan aplikasinya)*. ITB, 2008.
  - [12] A. D. May, *Traffic Flow Fundamentals*. 1990.
  - [13] Lembaga Afiliasi Penelitian dan Industri (LAPI) ITB, "Laporan Akhir Studi Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan-PT. Jasa Marga," *ITB*, 1996.
  - [14] N.D.Lea, "Traffic and Economic Studies and Analysis." 1975.
  - [15] F. I. Pinem, "Analisis Nilai Waktu Perjalanan Penumpang Angkutan Umum Kota Medan Dengan Menggunakan Random Regret Minimization," 2015.
  - [16] A. Tzedakis, "Different Vehicle Speeds and Congestion Costs," *J. Transp. Econ. Policy*, vol. 14, pp. 81–103, 1980.



**Gambar 1.** Grafik hubungan antara biaya kerugian kemacetan, lama waktu penanganan, dan volume lalu lintas

**Tabel 5.** Biaya Kerugian Kemacetan

Arah	Lama Waktu Penanganan (jam)			
	0,5	1	2	3
	Biaya Kerugian Kemacetan (Rp)			
M-S	Rp 90,295,326	Rp 165,355,200	Rp 311,973,239	Rp 459,258,283
S-M	Rp 115,558,736	Rp 226,328,031	Rp 433,383,906	Rp 633,959,997

**Tabel 6.** Output persamaan model dan signifikan (Waktu Penanganan 0,5 jam)

	<i>Coefficients</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>Sig</i>
Volume	98989.277	507.759	194.953	9.18.E-69
(Constant)	-250880135.069	1498575.328	-167.412	1.00.E-65

**Tabel 7.** Output persamaan model dan signifikan (Waktu Penanganan 1 jam)

	<i>Coefficients</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>Sig</i>
Volume	188779.690	1398.145	135.022	1.94.E-61
(Constant)	-477367897.880	4126420.531	-115.686	2.33.E-58

**Tabel 8.** Output persamaan model dan signifikan (Waktu Penanganan 2 jam)

	<i>Coefficients</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>Sig</i>
Volume	358710.459	3261.721	109.976	2.37.E-57
(Constant)	-905238025.456	9626488.579	-94.036	3.09.E-54

**Tabel 9.** Output persamaan model dan signifikan (Waktu Penanganan 3 jam)

	<i>Coefficients</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>Sig</i>
Volume	524828.720	4549.035	115.371	2.64.E-58
(Constant)	-1323226902.369	13425808.806	-98.558	3.59.E-55



**Tabel 14.** Hasil ANOVA waktu penanganan kendaraan selama 0,5 jam

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	9186352	1	9186352	9.35908E-09	0.99992302	3.9423
<i>Within Groups</i>	9.22652E+16	94	9.81545E+14			
<b>Total</b>	<b>9.22652E+16</b>	<b>95</b>				

**Tabel 15.** Hasil ANOVA waktu penanganan kendaraan selama 1 jam

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	33410368	1	33410368	9.35303E-09	0.999923041	3.9423
<i>Within Groups</i>	3.35782E+17	94	3.57215E+15			
<b>Total</b>	<b>3.35782E+17</b>	<b>95</b>				

**Tabel 16.** Hasil ANOVA waktu penanganan kendaraan selama 2 jam

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	120630784	1	120630784	9.34704E-09	0.999923065	3.9423
<i>Within Groups</i>	1.21314E+18	94	1.29058E+16			
<b>Total</b>	<b>1.21314E+18</b>	<b>95</b>				

**Tabel 17.** Hasil ANOVA waktu penanganan kendaraan selama 3 jam

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	258230784	1	258230784	9.34872E-09	0.9999231	3.9423
<i>Within Groups</i>	2.59647E+18	94	2.76221E+16			
<b>Total</b>	<b>2.59647E+18</b>	<b>95</b>				

Halaman ini sengaja dikosongkan