

Klasifikasi Parameter Penyebab Kemacetan Jalan Kolektor

The Parameter Classification of Collector Road Congestion Causes

Satrio Muhammad Alif ^{a,1*}, Ruth Angelia Silaen ^{b,2}

^{a,b} Institut Teknologi Sumatera, Terusan Ryacudu, Lampung Selatan, Indonesia
^{1*} satrio.muhammad@gt.itera.ac.id, ² ruthangeliasilaen@gmail.com

*Corresponding e-mail

This is an open access article under the terms of the CC-BY-NC license

ABSTRACT

The increasing population in Bandar Lampung has an impact on the increasing traffic congestion. The discussion of the causes of congestion in other studies focuses on the social aspects and there is no comprehensive discussion to determine the main parameters of the congestion causes related to the position of parameters of the body on the road. The study aims to determine the main parameters causing congestion on the collector road related to the position of the parameters of the body on the road using the smallest square modeling. The study took the data from the traffic lights coordinate, railroad tracks, bends, turns, and commercial areas as well as coordinates from the road lines and Google traffic volume. The traffic volume data was taken in the morning, afternoon, and evening on weekdays and weekends for one week. Classification of the congestion causes was based on 65 mathematical equations that were calculated using the smallest square. The congestion happens more likely on weekdays than on weekends. Furthermore, more congestion occurs at night than during the day. The traffic lights are the main parameter causing traffic jams followed by railroad tracks and turns. The rounds with less than 100 meters distance from the traffic lights are recommended to be closed because they cause congestion the most.

Keywords : congestion; traffic jam; the smallest quadrant; google traffic volume

ABSTRAK

Peningkatan penduduk di Bandarlampung berdampak pada peningkatan lalu lintas yang dapat menyebabkan kemacetan. Pembahasan penyebab kemacetan pada penelitian lain berfokus pada aspek sosial dan belum ada pembahasan komprehensif untuk penentuan parameter utama penyebab kemacetan yang terkait dengan posisi parameter di badan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan parameter utama penyebab kemacetan di jalan kolektor terkait dengan posisi parameter di badan jalan dengan pemodelan menggunakan kuadrat terkecil. Penelitian ini menggunakan data koordinat lampu lalu lintas, rel kereta api, tikungan, putaran, dan kawasan komersial serta koordinat dari garis jalan dan data volume lalu lintas dari Google. Data volume lalu lintas diambil pada pagi, siang, malam hari pada hari kerja dan akhir pekan selama satu minggu. Penentuan klasifikasi penyebab kemacetan didasari 65 persamaan matematis yang terbentuk yang dihitung menggunakan kuadrat terkecil. Kemacetan lebih banyak terjadi pada hari kerja dibanding pada akhir pekan. Kemacetan lebih banyak terjadi pada malam hari dibandingkan siang hari dan pagi hari. Lampu lalu lintas merupakan parameter utama penyebab kemacetan yang diikuti rel kereta api dan tikungan. Putaran dengan jarak kurang dari 100 meter dari lampu lalu lintas direkomendasikan untuk ditutup karena paling banyak menyebabkan kemacetan.

Kata kunci : kemacetan; kuadrat terkecil; koordinat; google traffic

A. Pendahuluan

Kota Bandar Lampung yang merupakan ibu kota dari provinsi Lampung, Indonesia dan menjadi pintu gerbang pulau Sumatera memiliki andil penting dalam jalur transportasi darat dan aktivitas pendistribusian logistik dari Jawa menuju Sumatera maupun sebaliknya (Hapsari dan Hartono, 2018). Hal ini memicu peningkatan jumlah penduduk yang berdampak pada peningkatan arus lalu lintas (Novalia, 2015). Salah satu jalan kolektor di Kota

Bandarlampung dengan panjang 3.3 km yang menjadi penghubung pusat kota dan gerbang tol (Sulistyorini, 2012) adalah Jalan Sultan Agung yang terletak di Kecamatan Kedaton dan Kecamatan Way Halim. Jalan Sultan Agung seperti pada Gambar 1 adalah jalan kolektor yang dijadikan objek dari penelitian ini. Jalan kolektor sendiri merupakan jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata (BSN, 2004).



Gambar 1 Kemacetan di Jalan Sultan Agung

Peningkatan arus lalu lintas menyebabkan masalah kemacetan atau kondisi yang mengakibatkan kecepatan bebas ruas jalan tersebut mendekati atau melebihi 0 km/jam (Marga, 1997). Parameter penyebab kemacetan yang terkait dengan posisi di badan jalan antara lain kawasan komersial (Sepang dkk., 2015; Bishop, 1989; Hobbs, 1995), tikungan (Chowdhury dkk., 2016), putaran (Dharmawan dan Oktarina, 2013; Morlok dan Hainim, 1985; Mardinata, 2015), lampu lalu lintas (Tasca, 2000), dan perlintasan kereta api sebidang (Farouq, 2018; Kurniawan, 2018). Parameter tersebut memiliki koordinat dan digunakan untuk analisis penyebab kemacetan secara spasial (Fotheringham dan Rogerson, 2014).

Berbagai penelitian telah dilakukan terkait penyebab kemacetan (Jalagat dkk., 2016; Mahmud dkk., 2012; Daganzo dkk., 1997; Chowdhury dkk., 2016) termasuk di jalan kolektor (Firmansyah dan Tjahjani,

2012) tetapi belum ada pembahasan komprehensif untuk penentuan parameter utama penyebab kemacetan yang terkait dengan posisi di badan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan parameter utama penyebab kemacetan di jalan kolektor dengan pemodelan menggunakan kuadrat terkecil.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan data koordinat titik parameter (KTP) penyebab kemacetan yang terkait dengan posisi di badan jalan, koordinat dari garis jalan (TM), dan data volume lalu lintas. Jalan yang dijadikan objek dari penelitian ini adalah Jalan Sultan Agung. Garis jalan yang digunakan pada penelitian ini adalah dua garis jalan karena Jalan Sultan Agung merupakan jalan yang terbagi menjadi dua ruas yang dipisahkan dengan median jalan. Hal ini membuat perpindahan antar ruas

jalan melalui putaran di median jalan (Dharmawan dan Oktarina, 2013). Jumlah KTP di sepanjang Jalan Sultan Agung berjumlah 41 yang terdiri dari 10 KTP kawasan komersial (KK), 11 KTP tikungan (TT), 14 KTP putaran (TP), 4 KTP lampu lalu lintas (LL), dan 2 KTP rel kereta (RE).

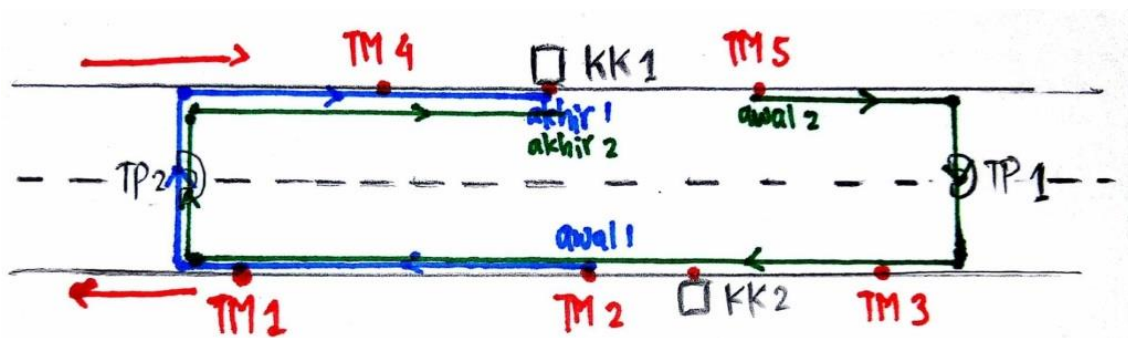
Proses penentuan KTP dilakukan dengan mendigitasi KTP dari citra satelit yang kemudian keseluruhan titik dilakukan validasi langsung di lapangan menggunakan Global Positioning System (GPS) navigasi. Jumlah TM di sepanjang dua ruas Jalan Sultan Agung dengan total sepanjang 6.6 km adalah 65 titik. Penentuan TM diekstrak dari garis jalan dengan interval 100 m. Hal ini disebabkan pemasangan tanda untuk jalan dengan kecepatan 40 km/jam sampai 60 km/jam atau kecepatan menengah di jalan kolektor adalah 100 meter (McGilvray, 2018).

Data volume lalu lintas untuk mendeteksi adanya kemacetan didapatkan dari *Google Traffic* (Google, 2019) pada tiga waktu: pagi hari, siang hari, dan malam hari. Pemilihan waktu tersebut mempertimbangkan waktu aktivitas utama masyarakat kota Bandarlampung (Wijaya, 2011; Dharmawan dan Setiawan, 2017; Oktavia, 2014; Wira Putra dkk., 2012). Pagi hari merupakan waktu untuk berkegiatan berangkat ke sekolah/tempat kerja. Siang hari merupakan waktu untuk berkegiatan istirahat makan siang. Malam hari merupakan waktu untuk berkegiatan aktivitas malam. Data volume lalu lintas tersebut diambil setiap hari yang kemudian dibedakan berdasarkan hari kerja (WD), akhir pekan (WE), dan keseluruhan hari (K). Data warna dari *Google Traffic* yang menunjukkan volume lalu lintas terdiri dari tiga warna yang dilakukan kuantifikasi sebagai berikut:

merah bernilai 3 yang berarti macet, kuning bernilai 2 yang berarti ramai lancar, hijau bernilai 1 yang berarti lengang (Handayani dan Hanifan, 2018; Alif dan Pratama, 2019; Alif dkk, 2019, Alif dkk, 2018). Data volume lalu lintas tersebut dilakukan validasi sebanyak 100 kali untuk melihat apakah data volume lalu lintas tersebut sesuai dengan kondisi sebenarnya.

Jarak dari setiap KTP ke setiap TM dihitung untuk dimasukkan ke persamaan matematis menggunakan persamaan regresi linear berganda dengan teknik perataan kuadrat terkecil. Teknik perataan kuadrat terkecil biasa digunakan dalam pembuatan kerangka dasar pemetaan topografi (Kahar, 2007), statistika (Pratomo dan Astuti, 2015), dan meteorologi (Estiningtyas dan Wigena, 2011). Teknik perataan kuadrat terkecil juga digunakan di bidang transportasi dalam hal prediksi lalu lintas (Cong dkk., 2016), kebutuhan transportasi (Suyuti dan Tamin, 2006), dan pembebanan lalu lintas (Kresnanto, 2010). Namun, belum ada penelitian terkait penentuan parameter utama penyebab kemacetan menggunakan teknik perataan kuadrat terkecil.

Perhitungan jarak bukanlah jarak lurus (Mahdia dan Noviyanto, 2013) tetapi mempertimbangkan arah dari ruas jalan, bentuk dari jalan, dan keberadaan titik putar seperti digambarkan pada Gambar 2. Garis putus putus pada Gambar 2 merupakan median jalan. Contoh dari perhitungan jarak yang bukan jarak lurus tetapi dengan mempertimbangkan arah ruas jalan adalah jarak antara TM5 dan KK1 yang harus melalui TP 1, TM3, KK2, TM2, TM1, TP2, dan TM4. Jumlah jarak yang dihitung adalah sejumlah 2665 jarak yang menghubungkan 65 TM dan 41 KTP.



Gambar 2 Perhitungan jarak yang mempertimbangkan arah dari ruas jalan

Persamaan regresi linear berganda tersebut adalah persamaan (1).

$$a_0 + a_1x_{11} + a_2x_{12} + a_3x_{13} + \dots + a_u x_{1u} = f_1$$

$$a_0 + a_1x_{21} + a_2x_{22} + a_3x_{23} + \dots + a_u x_{2u} = f_2 \quad (1)$$

⋮

$$a_0 + a_1x_{n1} + a_2x_{n2} + a_3x_{n3} + \dots + a_u x_{nu} = f_n$$

Keterangan a adalah nilai parameter KTP yang merupakan satu-satunya variabel terikat pada persamaan (1), u adalah jumlah KTP atau berjumlah 41 parameter, n adalah jumlah TM atau berjumlah 65 persamaan, x adalah inversi dari jarak antara TM dan KTP, serta f adalah kuantifikasi volume lalu lintas.

Satu persamaan matematis mendeskripsikan satu TM yaitu kuantifikasi volume lalu lintas dan inversi jarak dari TM tersebut ke setiap KTP. Inversi dari jarak didasari setiap KTP mempunyai pengaruh yang berkurang terhadap jarak, pengaruh akan lebih besar pada KTP yang lebih dekat terhadap TM, dan sebaliknya. Konsepsi ini sama seperti konsepsi pada metode interpolasi *Inverse Distance Weighted* (IDW) (Watson, 1985).

Persamaan (1) diselesaikan untuk mendapatkan nilai parameter KTP atau a yang digunakan untuk analisis parameter utama penyebab kemacetan. Penyelesaian persamaan (1) dapat dilakukan dengan teknik perataan kuadrat terkecil. Teknik perataan kuadrat terkecil bertujuan meminimumkan jumlah kuadrat eror (Kahar, 2007; Neter dkk., 2004). Teknik perataan kuadrat terkecil dapat dilakukan karena jumlah persamaan (65) lebih banyak dibandingkan jumlah parameter yang dicari (41). Tahapan untuk teknik perataan kuadrat terkecil adalah memasukkan persamaan (1) ke dalam matriks persamaan (2) lalu dilakukan perhitungan pada persamaan (3).

$$B = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1u} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & \dots & x_{nu} \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_u \end{bmatrix} \quad F = \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

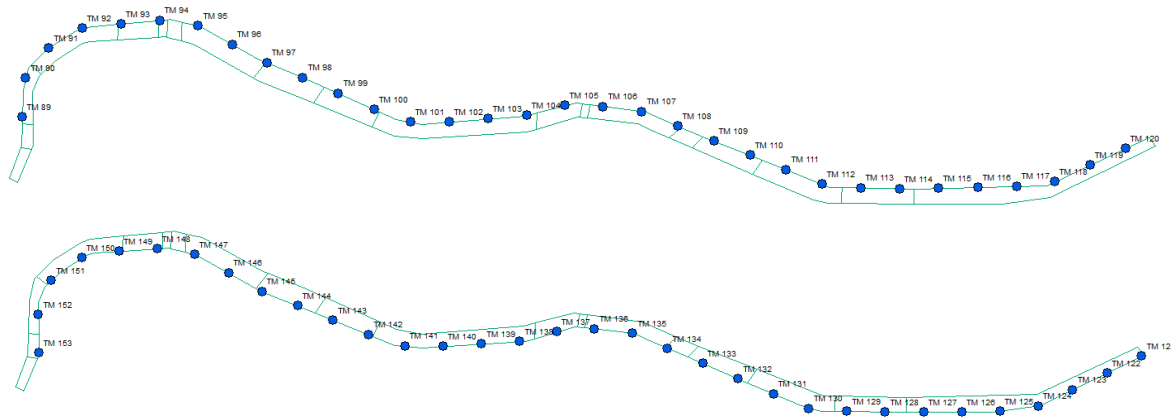
$$A = (B^T B)^{-1} B^T F \quad (3)$$

Keterangan B adalah matriks desain dari persamaan regresi linear berganda, F adalah matriks kuantifikasi volume lalu lintas. A adalah matriks nilai parameter KTP yang digunakan untuk analisis parameter utama penyebab kemacetan.

C. Hasil dan Pembahasan

Nilai parameter utama penyebab kemacetan dihitung dari persamaan (3) setelah terlebih dahulu mendefinisikan KTP dan TM untuk perhitungan jarak yang dimasukkan ke persamaan matematis regresi

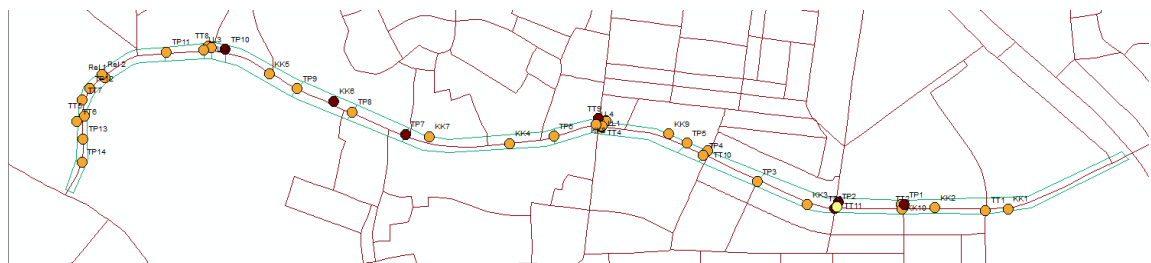
linear beganda. TM yang digunakan beserta ditunjukkan pada Gambar 3.
delineasi dua ruas jalan serta putaran



Gambar 3 TM pada ruas kiri dan ruas kanan Jalan Sultan Agung beserta delineasi jalan dan putaran

Pembahasan terkait parameter utama penyebab kemacetan dibagi berdasarkan waktu pengambilan yaitu pagi hari, siang hari, malam hari pada hari kerja, akhir pekan dan keseluruhan yang menghasilkan sembilan kombinasi pembahasan. Nilai parameter yang dihasilkan pada persamaan (3) dilakukan klasifikasi hingga terbentuk

tiga kelas: Tidak Menyebabkan Kemacetan (TMK), Menyebabkan Kemacetan (MK), dan Paling Menyebabkan Kemacetan (PMK). Hasil klasifikasi dari 41 KTP dari setiap pengambilan data hasil perhitungan matematis untuk penentuan parameter utama penyebab kemacetan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 4.



Gambar 4 Klasifikasi nilai penyebab kemacetan dari 41 KTP

Gambar 4 menunjukkan persebaran KTP beserta nilai penyebab kemacetan yang telah diklasifikasikan. Lingkaran yang memiliki warna coklat yang semakin pekat menunjukkan bahwa parameter tersebut yang memiliki nilai paling besar penyebab kemacetan. Garis biru merupakan jalan kolektor Sultan Agung yang menjadi objek dari penelitian ini. Garis merah merupakan jalan lain untuk menunjukkan adanya tikungan ke jalan kolektor Sultan Agung.

Persebaran KTP menunjukkan karakteristik dari jalan kolektor Sultan Agung. Kawasan komersial tersebar

sepanjang sepanjang jalan tetapi jumlah membesar ke arah barat yang merupakan salah satu pusat perbelanjaan terbesar di Bandarlampung. Terdapat 14 putaran sepanjang 3.3 km yang berarti setiap 230 meter terdapat 1 putaran. Terdapat 11 tikungan atau jalan lain yang terhubung ke jalan kolektor Sultan Agung ini yang berarti setiap 300 meter terdapat 1 tikungan. Terdapat dua lampu lalu lintas yang terdapat di satu pertigaan dan satu perempatan dengan total 4 lampu lalu lintas di dua ruas jalan. Perempatan yang dimaksud merupakan satu satunya jalan besar yang terhubung ke jalan

kolektor ini di tengah jalur. Jalan besar lain yang terhubung ke jalan kolektor ini adalah jalan kolektor di ujung barat dan jalan arteri dan jalan kolektor di ujung timur. Terdapat

satu rel kereta api sebidang yang terletak sebelum kawasan komersial di barat dengan total 2 persimpangan rel di dua ruas jalan.

Tabel 1 Klasifikasi parameter penyebab kemacetan di setiap waktu pengamatan

Parameter/ Waktu	Pagi			Siang			Malam		
	WD	WE	K	WD	WE	K	WD	WE	K
KK1	MK	MK	MK	MK	MK	MK	MK	PMK	MK
KK2	MK	MK	MK	MK	PMK	MK	TMK	TMK	MK
KK3	MK	MK	MK	MK	MK	MK	MK	PMK	MK
KK4	MK	MK	MK	MK	TMK	MK	TMK	MK	MK
KK5	MK	PMK	MK	MK	TMK	MK	TMK	PMK	MK
KK6	MK	MK	MK	MK	MK	MK	MK	MK	MK
KK7	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK
KK8	TMK	PMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK
KK9	MK	MK	MK	MK	TMK	MK	TMK	TMK	TMK
KK10	MK	TMK	MK	PMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK
TT1	MK	MK	MK	MK	MK	MK	MK	PMK	MK
TT2	MK	TMK	MK	PMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK
TT3	PMK	TMK	MK	TMK	TMK	TMK	PMK	TMK	TMK
TT4	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK
TT5	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	TMK	TMK	PMK
TT6	PMK	TMK	PMK	PMK	MK	PMK	PMK	TMK	PMK
TT7	PMK	TMK	PMK	PMK	MK	PMK	PMK	TMK	PMK
TT8	MK	TMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK
TT9	PMK	TMK	PMK	PMK	MK	PMK	PMK	TMK	PMK
TT10	TMK	TMK	TMK	TMK	PMK	TMK	PMK	PMK	PMK
TT11	MK	MK	MK	TMK	TMK	MK	PMK	TMK	TMK
TP1	MK	PMK	MK	TMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK
TP2	TMK	PMK	MK	PMK	PMK	PMK	TMK	PMK	PMK
TP3	MK	MK	MK	PMK	MK	MK	MK	MK	MK
TP4	MK	MK	MK	MK	TMK	MK	MK	MK	PMK
TP5	MK	MK	MK	MK	TMK	MK	TMK	TMK	TMK
TP6	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	MK	PMK
TP7	PMK	PMK	PMK	MK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK
TP8	MK	PMK	MK	MK	TMK	MK	MK	MK	TMK
TP9	MK	PMK	MK	MK	MK	TMK	TMK	MK	MK
TP10	PMK	PMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK
TP11	TMK	MK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK
TP12	TMK	TMK	TMK	TMK	TMK	MK	PMK	PMK	TMK
TP13	PMK	TMK	PMK	PMK	MK	PMK	PMK	TMK	PMK
TP14	PMK	TMK	PMK	PMK	MK	MK	MK	TMK	MK
LL1	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK
LL2	TMK	TMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK
LL3	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK
LL4	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK	PMK
RE1	TMK	MK	TMK	TMK	TMK	TMK	PMK	PMK	TMK
RE2	PMK	MK	PMK	PMK	PMK	PMK	MK	TMK	PMK

Secara keseluruhan, kemacetan lebih banyak terjadi pada hari kerja dibanding pada akhir pekan. Kemacetan lebih banyak terjadi pada malam hari dibandingkan siang hari dan pagi hari. Pada hari kerja, 48 KTP termasuk klasifikasi paling menyebabkan

kemacetan berbanding 41 pada akhir pekan, 40 persen dari KTP termasuk menyebabkan kemacetan berbanding 32 pada akhir pekan, dan hanya 41 persen dari KTP yang termasuk tidak menyebabkan kemacetan berbanding 50 pada akhir pekan. Pada

malam hari, 36 persen dari KTP termasuk klasifikasi paling menyebabkan kemacetan berbanding 33 persen untuk siang hari dan 30 persen untuk pagi hari. Hal ini mengindikasikan aktivitas warga Bandarlampung di jalan kolektor Sultan Agung didominasi aktivitas malam hari di hari kerja.

Dari jenis parameter, lampu lalu lintas merupakan parameter utama penyebab kemacetan yang diikuti rel kereta api dan tikungan. Lampu lalu lintas dan rel kereta api merupakan parameter utama penyebab kemacetan karena mengharuskan seluruh kendaraan untuk berhenti saat indikator menyala (lampu merah dan kereta api melintas) (Kemenhub RI, 2018; Kemenhub RI, 2014). 94 persen dari waktu pengambilan data di parameter lampu lalu lintas termasuk klasifikasi paling menyebabkan kemacetan. 44 persen dari waktu pengambilan data di parameter rel kereta api lalu termasuk klasifikasi paling menyebabkan kemacetan. 41 persen dari waktu pengambilan data di parameter tikungan termasuk klasifikasi paling menyebabkan kemacetan. 36 persen dari waktu pengambilan data di parameter putaran termasuk klasifikasi paling menyebabkan kemacetan. Hanya 86 persen dari waktu pengambilan data di parameter putaran termasuk klasifikasi paling menyebabkan kemacetan.

Lampu lalu lintas pada perempatan lebih menyebabkan kemacetan dibandingkan lampu lalu lintas pada pertigaan. Secara lampu lalu lintas menyebabkan kemacetan karena terkait dengan fungsi lampu lalu lintas untuk memberhentikan kendaraan atau membuat kecepatan kendaraan menjadi 0 km/jam (Pesik dkk., 2017). Lokasi lampu lalu lintas menentukan tingkat parameter tersebut menyebabkan kemacetan. Lampu lalu lintas pada perempatan menyebabkan kemacetan pada kedua ruas jalan dan memiliki waktu tunggu di lampu merah yang lebih lama. Pada jalan kolektor Sultan Agung ini, lampu lalu lintas di pertigaan menghubungkan jalan kecil sehingga waktu tunggu di lampu merah di pertigaan jalan kolektor Sultan Agung jauh lebih sebentar

dibandingkan waktu tunggu di perempatan jalan kolektor Sultan Agung.

Rel kereta api pada ruas dengan arus lalu lintas ke barat lebih menyebabkan macet dibanding ruas dengan arus lalu lintas ke timur. Hal ini disebabkan di sisi timur pada ruas dengan arus lalu lintas ke barat terdapat tempat ibadah yang tidak dimasukkan menjadi parameter penyebab kemacetan. Tempat ibadah tersebut mengalami kekurangan lahan parkir mobil sehingga pengendara mobil yang ingin melakukan ibadah memarkirkan kendaraannya di badan jalan. Selain karena lokasi tempat ibadah ini, rel kereta api memiliki nilai rendah sebagai parameter penyebab kemacetan. Hal ini dikarenakan waktu pengambilan data tidak dilakukan secara kontinyu dan kereta api tidak selalu melintas ketika data diambil. Hal ini mengindikasikan, waktu perlintasan kereta api di jalan kolektor Sultan Agung telah diatur pada bukan waktu pengambilan data ketika waktu sibuknya aktivitas warga Bandarlampung (Muliadi, 2011; Dharmawan dan Setiawan, 2017; Oktavia, 2014; Putra dkk., 2012).

Tikungan pada ruas jalan di sebelah barat lebih menyebabkan macet dibanding ruas jalan di sebelah timur. Tikungan merupakan parameter yang tidak mengharuskan berhenti seperti lampu lalu lintas dan rel kereta api yang paling menyebabkan kemacetan. Jumlah tikungan yang sesuai dengan jalan kolektor yaitu setiap 300 meter terdapat 1 tikungan bukan menjadi penyebab terjadinya kemacetan. Penyebabnya diduga adalah mulut atau penghubung jalan lokal ke jalan kolektor Sultan Agung yang kurang lebar sehingga ada perlambatan berlebih dari kendaraan yang bertemu dengan kendaraan yang hendak menikung. Tikungan yang menyebabkan kemacetan sendiri pengaruhnya semakin besar ke arah pusat kota. Hal ini menunjukkan jalan kolektor Sultan Agung didominasi kendaraan dari pusat kota dibandingkan kendaraan dari jalan arteri di sisi timur. Namun, perbedaan yang tidak signifikan menunjukkan kendaraan yang masuk dari jalan arteri di sisi timur

tidak sedikit terlebih data diambil setelah pembukaan gerbang tol (Sulistyorini, 2012).

Putaran dengan jarak kurang dari 100 meter dari lampu lalu lintas paling menyebabkan kemacetan. Putaran pada jalan kolektor Sultan Agung tidak terlalu menyebabkan kemacetan karena terdapat 1 putaran di setiap 100 meter dan kendaraan yang memutar tidak menumpuk dan merupakan pengurang kemacetan (Nurdinta dkk., 2018). Alasan lain yang menyebabkan putaran tidak terlalu menyebabkan kemacetan adalah jalan kolektor Sultan Agung memiliki lebar 6 meter untuk setiap ruas dari hasil pengukuran lapangan yang membuat kendaraan yang melaju dari arah yang berlawanan tidak terganggu dengan kendaraan yang melewati putaran.

Namun, terdapat satu putaran yang paling menyebabkan kemacetan dibandingkan semua KTP yaitu putaran yang terletak dengan jarak kurang dari 100 meter dari lampu lalu lintas. Volume lalu lintas ruas jalan setelah lampu hijau entu besar sehingga terjadi penumpukan kendaraan lagi pada KTP putaran tersebut. Putaran ini juga diduga sebagai jalan alternative pengemudi yang enggan berputar setelah lampu lalu lintas. Hal ini menjadi rekomendasi untuk penutupan putaran dengan posisi di dekat lampu lalu lintas ini.

Kawasan komersial paling tidak menyebabkan kemacetan di jalan kolektor Sultan Agung. Hal ini diduga disebabkan kawasan komersial yang berada pada jalan kolektor Sultan Agung memiliki lahan parkir yang memadai sehingga sedikit sekali ditemukan kendaraan yang parkir di bahu jalan yang menghambat kendaraan lain. Hal ini lebih baik dibandingkan dengan jalan kolektor Z.A. Pagar Alam yang terhubung di barat jalan kolektor Sultan Agung dengan kawasan komersial yang menyebabkan kemacetan akibat kendaraan yang parkir di bahu jalan (Perwira dkk., 2019).

D. Simpulan

Parameter utama penyebab kemacetan di jalan kolektor Sultan Agung adalah lampu lalu lintas dan rel kereta api yang dihasilkan

dengan pemodelan menggunakan kuadrat terkecil. Tikungan merupakan parameter yang paling menyebabkan kemacetan yang tidak mengharuskan kendaraan berhenti. Teknik kuadrat terkecil dapat digunakan dan sebaiknya digunakan pada jalan kolektor lain untuk menentukan parameter utama penyebab kemacetan yang terkait dengan posisi di badan jalan sehingga dapat dilaksanakan kebijakan yang tepat untuk mengurangi kemacetan. Pada penelitian ini, tingkat penyebab kemacetan pada tikungan dan putaran di jalan kolektor Sultan Agung bernilai sedang kecuali pada putaran dengan jarak kurang dari 100 meter dari lampu lalu lintas yang direkomendasikan untuk ditutup.

E. Daftar Pustaka

- Alif, S. M., Nugroho, A. P., & Leksono, B. E. (2018). Application of Multipurpose Cadastre to Evaluate Energy Security of Land Parcel (Case Study: Gedung A and Gedung B, Institut Teknologi Sumatra). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 124, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.
- Alif, S. M., Nugroho, A. P., & Leksono, B. E. (2019). Multipurpose cadastre for campus room appraisal. *Journal of Science and Applicative Technology*, 3(1), 46-50.
- Alif, S. M., & Pratama, A. (2019). Analysis of Southern Segment of Sumatran Fault Monitoring Bench Mark as Preliminary Approach in Updating Earthquake Hazard Map. *Journal of Science and Applicative Technology*, 2(1), 183-191.
- Bishop, K. R. (1989). *Designing urban corridors* (No. PAS Report No. 418).

- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2004. Geometri Jalan Perkotaan. Jakarta: BSN
- Chowdhury, T. U., Raihan, S. M., Fahim, A., & Bhuiyan, M. A. (2016, April). A case study on reduction of traffic congestion of Dhaka City: Banani Intersection. In International Conference on Agricultural, Civil and Environmental Engineering (ACEE-16) (pp. 61-65). DOI: 10.1016/j.envsci.2017.04.018
- Cong, Y., Wang, J., & Li, X. (2016). Traffic flow forecasting by a least squares support vector machine with a fruit fly optimization algorithm. *Procedia Engineering*, 137, 59-68. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.01.234
- Daganzo, C., & Daganzo, C. F. (1997). Fundamentals of transportation and traffic operations (Vol. 30). Oxford: Pergamon.
- Dharmawan, W. I., & Oktarina, D. (2013). Kajian Putar Balik (U-Turn) Terhadap Kemacetan Ruas Jalan Di Perkotaan (Studi Kasus Ruas Jalan Teuku Umar Dan Jalan Za. Pagar Alam Kota Bandar Lampung)(247t);
- Dharmawan, W. I., & Setiawan, H. P. (2017). Analisis Biaya Kemacetan Akibat Adanya Putar Balik (U-Turn) Di Kota Bandar Lampung (Studi Kasus Jl. Teuku Umar). *Jurnal Rekayasa Teknologi dan sains*, 1(2).
- Estiningtyas, W., & Wigena, A. H. (2011). Teknik Statistical Downscaling dengan Regresi Komponen Utama dan Regresi Kuadrat Terkecil Parsial untuk Prediksi Curah Hujan pada Kondisi El Nino, La Nina, dan Normal. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 12(1). DOI: <http://dx.doi.org/10.31172/jmg.v12i1.87>
- Farouq, U. (2018). *Studi Pengaruh Perlindungan Sebidang Jalan Dengan Rel Kereta Api Terhadap Karakteristik Lalu Lintas (Studi Kasus: Perlindungan Kereta Api Jalan Bung Tomo Surabaya)* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945).
- Fotheringham, S., & Rogerson, P. (Eds.). (2014). *Spatial analysis and GIS*. CRC Press.
- Firmansyah, D., & Tjahjani, A. R. (2012). Analisis kemacetan lalu lintas di suatu wilayah (studi kasus di jalan lenteng agung).
- Google (2019). [Google Maps traffic for Jalan Sultan Agung, BL]. Retrieved April 6 to April 12, 2019]
- Handayani, M. S., & Hanifan, A. F. (2018). Google Traffic yang Mengubah Peran Peta. Retrieved from <https://tirto.id/google-traffic-yang-mengubah-peran-peta-bKUd>.
- Hapsari, R. A., & Hartono, B. (2018). *Model Kebijakan Rekayasa Lalu Lintas Kota Bandar Lampung: Sebagai Solusi Permasalahan Tertib Lalu Lintas di Kota Bandar Lampung*. Bandar Lampung, Indonesia: Aura.
- Hobbs, F. D. (1995). Planning and Traffic Engineering. *Gadjah Mada University, Yogyakarta*.

- Jalagat, R., & Jalagat, A. (2016). Causes and Effects of Traffic Jam in Muscat City, Sultanate of Oman. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5, 785-787. DOI: 10.21275/ART20163550
- Kahar, J. (2007). Teknik Kuadrat Terkecil. *ITB, Bandung*.
- [Kemenhub RI] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. 2018. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor Pm 94 Tahun 2018 Tentang Peningkatan Keselamatan Perlintasan Sebidang Antara Jalur Kereta Api Dengan Jalan. Jakarta: Kemenhub RI.
- [Kemenhub RI] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. 2014. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor Pm 49 Tahun 2014 Tentang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas. Jakarta: Kemenhub RI.
- Kresnanto, N. C. (2010). Estimasi Parameter Bilangan Fuzzy Segitiga Untuk Model Pembebanan Lalulintas Fuzzy Dengan Metode Estimasi Kuadrat Terkecil. *Simposium XIII FSTPT*
- Kurniawan, A. (2018). 10 Penyebab Macet dan Kurangnya Penyelesaian Halaman all. Retrieved from <https://otomotif.kompas.com/read/2018/03/09/084200015/10-penyebab-macet-dan-kurangnya-penyelesaian?page=all>.
- Mahdia, F., & Noviyanto, F. (2013). Pemanfaatan Google Maps API untuk pembangunan sistem informasi manajemen bantuan logistik pasca bencana alam berbasis mobile web (studi kasus: badan penanggulangan bencana daerah Kota Yogyakarta). *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, 1(1), 162-171. DOI: <http://dx.doi.org/10.12928/jstie.v1i1.2521>
- Mahmud, K., Gope, K., & Chowdhury, S. M. R. (2012). Possible causes & solutions of traffic jam and their impact on the economy of Dhaka City. *J. Mgmt. & Sustainability*, 2, 112. DOI: 10.5539/jms.v2n2p112
- Mardinata, L. A. (2015). Pengaruh U-Turn (Putar Balik Arah) Terhadap Kinerja Arus Lalu-Lintas Ruas Jalan Raden Eddy Martadinata Kota Samarinda. *Kurva S Jurnal Mahasiswa*, 4(1), 1028-1056.
- McGilvray, K. (2018). *Traffic control at work sites*. NSW: Roads and Maritime Services.
- Marga, D. J. B. (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Jakarta: Bina Karya, 2-56.
- Morlok, E. K., & Hainim, J. K. (1985). *Pengantar teknik dan perencanaan transportasi*. Erlangga.
- Neter, J., Kutner, M., Wasserman, W., Nachtsheim, C., & Neter, J. (2004). *Applied linear regression models* 4th ed.
- Novalia, C. (2016). Analisa Dan Solusi Kemacetan Lalu Lintas Di Ruas Jalan Kota (Studi Kasus Jalan Imam Bonjol-Jalan Sisingamangaraja). Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

- Nurdinta, W., Erwan, K., & Kadarini, S. N. (2019). Kebutuhan U-Turn Pada Jalan Sultan Abdurahman Terhadap Perkembangan Arus Lalu Lintas. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 5(3).
- Oktavia, A. (2014). *Analysis Of Loss Due To Traffic Congestion In Terms Of Emissions Of Motor Vehicles In The Centre Of The City Of Bandar Lampung Analisis Kerugian Akibat Kemacetan Lalu Lintas Ditinjau Dari Emisi Kendaraan Bermotor Di Pusat Kota Bandar Lampung* (Doctoral dissertation, Universitas Lampung).
- Perwira, S. A., Murwadi, H., Munawaroh, A. S., & Ishar, S. I. (2019). Identifikasi Area Berpotensi Macet di Kawasan Pendidikan Jl. ZA Pagar Alam Bandarlampung. *JA! UBL*, 9(2), 27-32.
- Pesik, B. S., Rompis, S. Y., & Pandey, S. V. (2017). Studi Pemanfaatan Lampu Lalu Lintas Untuk Penyeberang Jalan Dan Pengaruhnya Terhadap Panjang Antrian Kendaraan (Studi Kasus: Pelican Depan Manado Town Square). *Jurnal Sipil Statik*, 5(2).
- Pratomo, D. S., & Astuti, E. Z. (2015). Analisis Regresi Dan Korelasi Antara Pengunjung Dan Pembeli Terhadap Nominal Pembelian Di Indomaret Kedungmundu Semarang Dengan Metode Kuadrat Terkecil. *Jurnal Statistika*, 1(1), 3.
- Sepang, R. B., Mastutie, F., & Tarore, R. C. (2016). Pengaruh Kegiatan Komersial Terhadap Kinerja Jalan (Studi Kasus Koridor Jalan Yos Sudarso, Paal Dua). *SPASIAL*, 3(2), 104-109.
- Sulistiyorini, R. (2012). Peluang Pengembangan Transportasi Intermoda Di Propinsi Lampung. In *Seminar Nasional Peranan Infrastruktur Dalam Pengembangan Wilayah, Magister Teknik Sipil UNILA Bandar Lampung* (Vol. 3).
- Suyuti, R., & Tamin, O. Z. (2006). Estimasi Model Kebutuhan Transportasi Menggunakan Data Arus Lalu Lintas Pada Kondisi Pemilihan Rute Keseimbangan. *Jurnal Transportasi*, 6(2).
- Tasca, L. (2000). *A review of the literature on aggressive driving research*. Ontario, Canada: Ontario Advisory Group on Safe Driving Secretariat, Road User Safety Branch, Ontario Ministry of Transportation.
- Watson, D. F. (1985). A refinement of inverse distance weighted interpolation. *Geoprocessing*, 2, 315-327.
- Wijaya, A. M. (2011.). Home. Retrieved from <https://www.infodokterku.com/index.php/en/90-daftar-isi-content/macam-macam-info/transportasi/137-faktor-faktor-penyebab-kemacetan-lalu-lintas-di-jakarta-dan-alternatif-pemecahan-masalah-sebelum-kiamat-jakarta-pasti-bisa-bebas-macet-lalu-lintas>.
- Wira Putra, Y. D. (2015). *Evaluasi Penanganan Kredit Macet Pada Pt Bank Rakyat Indonesia (Bri) Unit Sumbermanjing Kabupaten Malang* (Doctoral dissertation, University of Muhammadiyah Malang).

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan