



Pemodelan Hubungan Parameter Karakteristik Lalu Lintas pada Jalan Tol Belmera

Adina Sari Lubis

Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara
 Jl. Perpustakaan Kampus USU Medan
 E-mail: adinasarilubis@gmail.com

Zulkarnain A. Muis

Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara
 Jl. Perpustakaan Kampus USU Medan
 E-mail: mjrayazam@yahoo.com

Triana Nasution

Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara
 Jl. Perpustakaan Kampus USU Medan
 E-mail: triana.nasution94@gmail.com

Abstract

Belmera toll road in North Sumatra was the first toll road, links Belawan-Medan-Tanjung Morawa. The aim of this research is to find the relationship model between speed, density and volume on Belmera toll road based on a traffic study. The traffic study which embodies volume study and the speed of vehicles were divided into 5 vehicle classification, into 2 traffic lines (Entrance and Exit Tanjung Morawa's toll gates), was conducted on Friday and Saturday around the peak hour on each traffic current. The study concluded that Greenberg model is the best approach for traffic current on Belmera toll road. According to Greenberg model we acquire a mathematical equation of the relationship between speed-density, volume-density, and volume-speed of Exit Tanjung Morawa's toll gates as: $S=98,100-6,700LnD$, $V=98,100D-16,700DLnD$, $V=355,758Se^{-0,059S}$ and the Entrance as: $S=99,312-17,442LnD$, $V=99,312D-17,442DLnD$, $V=297,033 Se^{-0,057S}$. Based on the observation and application of Greenberg model, traffic indicator (v/c, flow, density) of both current revealed that the level of service of Belmera toll road is C and it's a fine traffic performance so far. The speed rate (km/hour) and density (pcu/km) revealed that the acquired rate from the observation is smaller than the application of Greenberg model.

Keywords: Highway, Traffic performance, Speed, Density, Volume.

Abstrak

Jalan Tol Belmera merupakan jalan tol yang pertama dibangun di Sumatera Utara, menghubungkan Belawan-Medan-Tanjung Morawa. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan hubungan parameter karakteristik lalu lintas pada Jalan Tol Belmera berdasarkan studi lalu lintas, mencakup studi volume dan kecepatan kendaraan yang diklasifikasikan ke dalam 5 golongan kendaraan, untuk 2 arah lalu lintas yaitu arah Entrance Gate Tanjung Morawa dan Exit Gate Tanjung Morawa. Studi dilakukan pada hari Jumat-Sabtu (28-29 Agustus 2015) pada jam puncak untuk masing-masing arah lalu lintas. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa model Greenberg merupakan pendekatan terbaik untuk lalu lintas pada Jalan Tol Belmera. Berdasarkan model Greenberg diperoleh persamaan matematis hubungan antara kecepatan-kepadatan, volume-kepadatan, dan volume-kecepatan untuk arah Exit Gate Tanjung Morawa sebagai berikut: $S=98.100-16.700LnD$, $V=98.100D-16.700DLnD$, $V=355.758 Se^{-0,059S}$ dan untuk arah Entrance Gate Tanjung Morawa adalah sebagai berikut: $S=99.312-17.442LnD$, $V=99.312D-17.442DLnD$, $V=297.033 Se^{-0,057S}$. Dari hasil pengamatan di lapangan dan penerapan model Greenberg, indikator lalu

lintas (v/c, kecepatan, kepadatan) pada kedua arah menunjukkan bahwa Jalan Tol Belmera memiliki tingkat pelayanan C dan kinerja lalu lintas yang masih baik. Sedangkan untuk angka kecepatan (km/jam) dan kepadatan (smp/km) saat jam puncak menunjukkan bahwa angka yang diperoleh pada saat pengamatan lebih kecil dibandingkan dengan angka yang diperoleh dengan penerapan model Greenberg.

Kata-kata Kunci: *Jalan tol, Kinerja lalu lintas, Kecepatan, Kepadatan, Volume.*

Pendahuluan

Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai Jalan Nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005).

Penyelenggaraan jalan tol bertujuan meningkatkan efisiensi pelayanan jasa distribusi guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi terutama di wilayah yang tingkat perkembangannya sudah tinggi. Di wilayah Sumatera Utara pembangunan jalan tol pertama kali dilakukan pada tahun 1986, yaitu pembangunan Jalan Tol Belmera. Jalan Tol Belmera merupakan singkatan dari Belawan-Medan-Tanjung Morawa.

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Jasa Marga Cabang Belmera, peningkatan volume lalu lintas pada Jalan Tol Belmera dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2013 mencapai lebih dari 10% setiap tahunnya. Meningkatnya jumlah kendaraan yang melintas pada jalan tol akan menimbulkan kelebihan kapasitas apabila tidak dilakukan pengontrolan. Terjadinya kelebihan kapasitas pada ruas jalan tol akan mempengaruhi kinerja lalu lintas yang tentunya akan berdampak langsung terhadap tingkat kenyamanan dan keamanan dari pengguna jalan tol.

Perumusan Masalah

Kinerja lalu lintas pada ruas jalan tol dipengaruhi oleh 3 (tiga) parameter karakteristik lalu lintas yaitu kecepatan, kepadatan, dan volume. Untuk mengetahui hubungan matematis antara ketiga parameter tersebut, maka perlu dilakukan analisis pemodelan hubungan parameter karakteristik lalu lintas pada jalan tol. Dari pemodelan yang dilakukan akan diperoleh parameter-parameter lalu lintas lainnya seperti kecepatan arus bebas (Sf), derajat kejenuhan (DS), kapasitas (volume maksimum), dan kecepatan saat volume maksimum, sehingga kinerja lalu lintas pada ruas jalan tol dapat diketahui dan diperoleh tingkat pelayanannya.

Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Memodelkan hubungan antara parameter karakteristik lalu lintas (volume, kecepatan dan kepadatan) pada Jalan Tol Belmera.
2. Menganalisis kondisi eksisting dari kinerja lalu lintas pada Jalan Tol Belmera berdasarkan model dan pedoman yang digunakan.

Batasan masalah

Penelitian dilakukan pada KM 30±400 pada kedua jalur atau arah lalu lintas, yaitu meliputi *Entrance* dan *Exit Gate* Tanjung Morawa, selama 2 hari yaitu pada hari Jumat dan Sabtu, dengan waktu survei pukul 15.00-19.00 WIB untuk arah *Entrance Gate* Tanjung Morawa dan pukul 07.00-11.00 WIB untuk arah *Exit Gate* Tanjung Morawa. Analisis pemodelan dilakukan menggunakan data golongan kendaraan dengan volume tertinggi. Pedoman yang digunakan dalam penelitian ini adalah Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (DJBM, 1997).

Tinjauan pustaka

Defenisi jalan bebas hambatan

Jalan bebas hambatan atau jalan tol didefinisikan sebagai jalan untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara penuh, baik merupakan jalan terbagi ataupun tak-terbagi (MKJI, 1997). Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005).

Tingkat pelayanan (level of service)

Peraturan Menteri Perhubungan No: KM 14 Tahun 2006 Pasal 1, mendefinisikan tingkat pelayanan sebagai kemampuan ruas jalan dan/atau persimpangan untuk menampung lalu lintas pada keadaan tertentu. Tingkat pelayanan pada jalan tol dibagi menjadi 6 (enam) tingkatan, yaitu A dengan tingkat pelayanan terbaik sampai dengan F sebagai tingkat pelayanan terburuk.

Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan tingkat kinerja suatu

simpang (MKJI, 1997). Nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah ruas jalan akan mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

$$DS = Q/C \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- DS = derajat kejenuhan
- C = kapasitas ruas jalan
- Q = volume kendaraan

Kapasitas

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum yang melewati suatu titik pada jalan bebas hambatan yang dapat dipertahankan persatuan jam dalam kondisi yang berlaku (MKJI, 1997). Persamaan dasar untuk menentukan kapasitas jalan bebas hambatan (jalan tol) menggunakan metode MKJI 1997 adalah:

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

- C = kapasitas
- C0 = kapasitas dasar
- FCW= faktor penyesuai jalan bebas hambatan (jalan tol)
- FCS = faktor penyesuai pemisahan arah (hanya untuk jalan bebas hambatan tak terbagi)

Kecepatan arus bebas

Kecepatan arus bebas (FV) didefinisikan sebagai kecepatan pada arus nol, sesuai dengan kecepatan yang akan digunakan pengemudi pada saat mengendarai kendaraan bermotor tanpa dihalangi kendaraan bermotor lainnya di jalan bebas hambatan (MKJI, 1997).

$$FV = FV_0 + FV \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

- FV = kecepatan arus bebas untuk kendaraan ringan pada kondisi lapangan
- FV₀ = kecepatan arus bebas dasar bagi kendaraan ringan untuk kondisi jalan dan jenis alinyemen yang dipelajari
- FV_w = penyesuaian untuk lebar jalur lalu lintas dan bahu jalan (km/jam)

Karakteristik Arus Lalu Lintas

1. Kecepatan (S)

Kecepatan didefenisikan sebagai suatu laju pergerakan, seperti jarak persatuan waktu, umumnya dalam kilometer/jam atau mil/jam (mph). Persamaan umumnya dinyatakan sebagai berikut:

$$S = d/t \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

- S = kecepatan lalu lintas (km/jam)
- d = jarak tempuh kendaraan (km,m)
- t = waktu tempuh kendaraan (jam,detik)

2. Volume (V)

Volume adalah sebuah peubah (variabel) yang paling penting pada teknik lalu lintas, dan pada dasarnya merupakan proses perhitungan yang berhubungan dengan jumlah gerakan per satuan waktu pada lokasi tertentu (F.D. Hobbs, 1995). Volume lalu lintas biasanya dinyatakan dalam satu satuan kendaraan/jam (smp/jam).

3. Kepadatan (D)

Kepadatan didefenisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang tertentu dari lajur atau jalan, dirata-ratakan terhadap waktu, biasanya dinyatakan dengan kendaraan per km (kend/km).

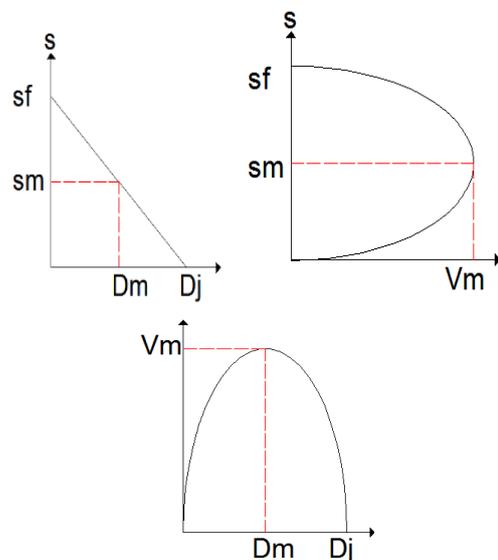
$$D = V/S \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

- D = kepadatan lalu lintas (kend/km)
- V = volume lalu lintas/kapasitas lalu lintas (kend/jam)
- S = kecepatan lalu lintas (km/jam, m/det)

Model hubungan kecepatan, volume dan kepadatan arus lalu lintas

Hubungan matematis antara parameter karakteristik lalu lintas dapat dijelaskan menggunakan kurva yang menunjukkan hubungan antara Kecepatan-Kepadatan (S-D), Volume-Kepadatan (V-D), Volume-Kecepatan (V-S) yaitu:



Sumber: Hendra Gunawan dan Purnawan, 1998.

Gambar 1. Hubungan matematis antara kecepatan, volume dan kepadatan

Tabel 1. Model hubungan kecepatan, kepadatan dan volume

Model	Greeshields	Greenberg	Underwood
S-D	$S = Sf - \left(\frac{Sf}{Dj}\right) D$	$S = \frac{LnD}{b} + \frac{LnC}{b}$	$LnS = Ln Sf - \frac{D}{D_M}$
V-D	$V = Sf \cdot D - \left(\frac{Sf}{Dj}\right) D^2$	$V = \frac{DLnD}{b} + \frac{DLnC}{b}$	$V = D \cdot Sf \cdot e^{-\frac{D}{D_M}}$
V-S	$V = Dj \cdot S - \frac{Dj}{Sf} S^2$	$V = S \cdot C \cdot e^{bS}$	$V = S \cdot D_M \cdot (Ln Sf - Ln S)$

dengan:

Sf = Kecepatan pada arus bebas (km/jam)

Dj = Kepadatan saat macet (smp/km)

D_M = Kepadatan maksimum (smp/km)

serta c dan b merupakan konstanta

Tabel 2. Hipotesis model hubungan parameter lalu lintas

Fungsi	Urban	Batasan Kecepatan	Model (Hipotesis)
Pergerakan menerus eksklusif, primer, beberapa akses lahan	Sistem arteri: Jalan tol antar kota lainnya	Tinggi	Underwood atau Greenberg
Pergerakan menerus pada fasilitas, akses sebagai penghubung properti	Sistem jalan kolektor	Medium	Greenshields
Akses penghubung tanah dan pergerakan lalu lintas lokal	Sistem jalan lokal	Rendah	Greenshield

Sumber: Yusrizal Kurniawan dan Siti Malkhamah, 2009.

Ada 3 (tiga) jenis model yang dapat digunakan untuk mempresentasikan hubungan matematis antara volume, kecepatan dan kepadatan yaitu Model Greenshield, Model Greenberg dan Model Underwood.

Model hubungan antar parameter lalu lintas dapat diperkirakan berdasarkan karakteristik batasan kecepatan pada tiap fungsi jalan.

Metodologi Penelitian

Tahap pengumpulan data

1. Survei Pendahuluan

- Pengambilan data sekunder dari instansi terkait yaitu PT. Jasa Marga Cabang Belmera berupa data lalu lintas harian perjam serta volume lalu lintas gardu masuk dan keluar.
- Menentukan lokasi survei berdasarkan data sekunder tahun 2005 sampai dengan tahun 2014. Penelitian dilakukan pada hari Jumat dan Sabtu pukul 15.00-19.00 WIB untuk arah *Entrance Gt.* Tanjung Morawa dan pukul 07.00-11.00 WIB untuk arah *Exit Gt.* Tanjung Morawa.

2. Survei Utama, yaitu pengambilan data primer dari hasil pengamatan langsung di lapangan meliputi:

a. Volume Kendaraan

Dilakukan secara manual yaitu dengan cara menghitung jumlah kendaraan yang melewati ruas jalan yang ditinjau berdasarkan golongan yang telah ditentukan sebelumnya dengan interval waktu 15 menit. Data jumlah kendaraan dicatat ke dalam formulir survei berdasarkan golongan kendaraan.

b. Kecepatan Kendaraan

Dilakukan bersamaan dengan survei volume lalu lintas dengan interval waktu yang sama yaitu 15 menit. Survei ini dilakukan dengan menggunakan alat pengukur kecepatan kendaraan yang bernama Radar Meter (*Speed Gun*) yang kemudian dicatat ke dalam formulir survei oleh *surveyor*.

Adapun golongan kendaraan yang diamati adalah :

- Golongan I = sedan, jip, pick up/truk kecil, dan bus
- Golongan II = truk dengan 2 (dua) gandar
- Golongan III = truk dengan 3 (tiga) gandar
- Golongan IV = truk dengan 4 (empat) gandar
- Golongan V = truk dengan 5 (lima) gandar

Tahap pengolahan data

1. Data volume dan kecepatan kendaraan pada saat survei dicatat dalam masing-masing

- formulir survei, yang diklasifikasikan menurut jenis kendaraan dalam interval 15 menit.
2. Data volume kendaraan dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang (smp) menggunakan ekivalen mobil penumpang (emp) menurut MKJI (DJBM, 1997).
 3. Dari data survei kecepatan diperoleh kecepatan rata-rata setiap golongan kendaraan dalam interval 15 menit selama 4 jam. Untuk mendapatkan nilai kecepatan rata-rata dari kendaraan maka digunakan perhitungan dengan metode distribusi frekuensi.
 4. Melakukan pemodelan hubungan antara karakteristik lalu lintas meliputi Model Greenshield, Greenberg dan Underwood.
 5. Melakukan perhitungan secara manual untuk mendapatkan persamaan matematis antara parameter karakteristik lalu lintas, yaitu kecepatan-kepadatan (S-D), volume-kepadatan (V-D), volume-kecepatan (V-S) dari Model Greenshields, Greenberg dan Underwood.
 6. Menghitung parameter karakteristik arus lalu lintas lainnya seperti kecepatan arus bebas (Sf), kepadatan saat macet (Dj), volume (Vm), kecepatan (Sm) dan kepadatan (Dm) saat volume maksimum untuk setiap model.
 7. Membuat grafik hubungan kecepatan-kepadatan (S-D), volume-kepadatan (V-D), volume-kecepatan (V-S) dari Model Greenshields, Greenberg dan Underwood menggunakan persamaan matematis yang telah diperoleh sebelumnya.

8. Menentukan pemodelan yang sesuai dengan ruas jalan yang ditinjau dengan melihat nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi.
9. Pengukuran kinerja lalu lintas dilakukan dalam kondisi jam puncak, yaitu dengan cara membuat tabel perbandingan derajat kejenuhan (DS), kecepatan (S) dan kepadatan (D) antara MKJI (DJBM, 1997), Greenberg dan data pengamatan di lapangan.
10. Menentukan tingkat pelayanan Jalan Tol Belmera berdasarkan data yang telah diolah dan dianalisis.

Hasil dan Analisa

Berdasarkan data yang diperoleh dari survei lalu lintas selama 2 (dua) hari berturut-turut, dapat dilihat bahwa kendaraan Golongan I mendominasi aktivitas lalu lintas yaitu lebih dari 80% dengan angka kecepatan rata-rata tertinggi yaitu diatas 80 km/jam, kemudian diikuti oleh kendaraan Golongan II, Golongan III, Golongan IV dan Golongan V.

Pemodelan kecepatan-kepadatan, volume-kepadatan dan volume-kecepatan

Untuk arah *Exit Gate* Tanjung Morawa, hubungan matematis ketiganya dapat dilihat pada Tabel 3. Dengan menjabarkan persamaan matematis tersebut kemudian diperoleh parameter karakteristik arus lalu lintas untuk setiap model seperti pada Tabel 4.

Tabel 3. Hubungan matematis antara kecepatan-kepadatan, volume-kepadatan dan volume-kecepatan untuk Model Greenshields, Greenberg dan Underwood

Model	Greenshields	Greenberg	Underwood
S-D	$S = 97,709 - 5,913 D$	$S = 98,100 - 16,700 \ln D$	$\ln S = 4,599 - 0,073 D$
V-D	$V = 97,709 D - 5,913 D^2$	$V = 98,100 D - 16,700 D \ln D$	$V = 99,385 D e^{-0,079 D}$
V-S	$V = 16,524 S - 0,169 S^2$	$V = 355,758 S e^{-0,059 S}$	$V = 63,002 - 13,699 S \ln S$

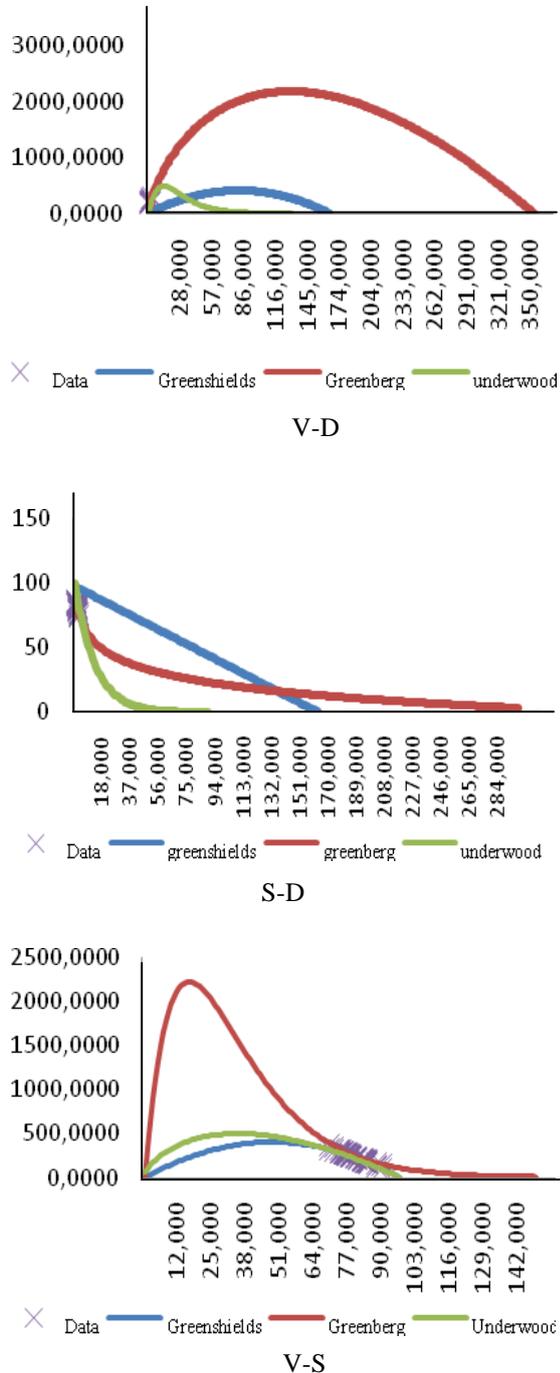
Tabel 4. Parameter karakteristik arus lalu lintas

Model	Vm (smp/jam)	Sm (km/jam)	Dm (smp/km)	Sf	Dj
Greenshields	403,639	48,855	8,262	97,709	16,524
Greenberg	2218,238	16,949	130,876	∞	355,758
Underwood	500,726	36,552	13,699	99,385	∞

Tabel 5. Nilai koefisien determinasi (R^2) hubungan matematis parameter lalu lintas untuk model Greenshields, Greenberg dan Underwood

Model	Greenshields	Greenberg	Underwood
S-D	0,365300	0,37470	0,367600
V-D	0,889944	0,89242	0,890639
V-S	-1,524430	-1,97932	-1,490380

Menggunakan persamaan matematis pada Tabel 3 maka diperoleh grafik hubungan parameter karakteristik lalu lintas pada Jalan Tol Belmera untuk arah *Exit Gate* Tanjung Morawa pada Gambar 2.



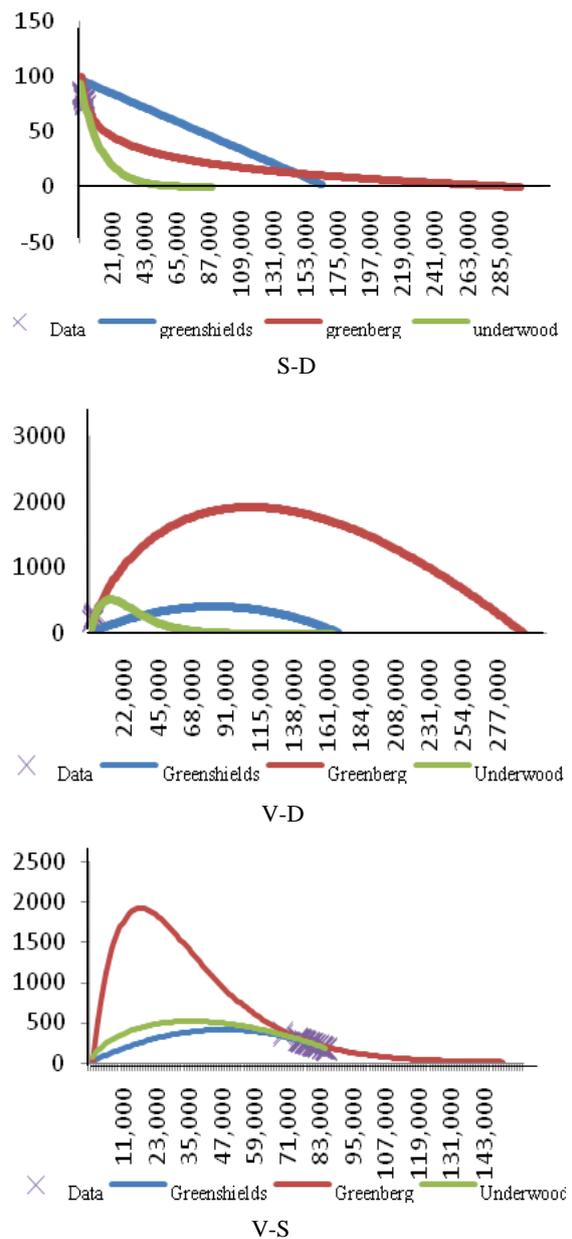
Gambar 2. Grafik hubungan matematis antara kecepatan (S) - kepadatan (D) - volume (V) pada arah *Exit Gate* Tanjung Morawa

Dengan menggunakan hubungan Kecepatan-Kepadatan (S-D) sebagai kalibrasi awal untuk menentukan hubungan matematis ketiga parameter

karakteristik lalu lintas, maka model Geenberg merupakan model yang cocok untuk ruas Jalan Tol Belmera pada arah *Exit Gate* Tanjung Morawa.

Untuk Arah *Entrance Gate* Tanjung Morawa, hubungan matematis ketiganya dapat dilihat pada Tabel 6. Dengan menjabarkan persamaan matematis tersebut kemudian diperoleh parameter karakteristik arus lalu lintas untuk setiap model seperti pada Tabel 7.

Menggunakan persamaan matematis pada Tabel 6 maka diperoleh grafik hubungan parameter lalu lintas pada Jalan Tol Belmera dengan arah *Entrance Gate* Tanjung Morawa pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan matematis antara kecepatan (S) - kepadatan (D) - volume (V) pada arah *entrance gate* Tanjung Morawa

Dengan menggunakan hubungan Kecepatan-Kepadatan (S-D) sebagai kalibrasi awal untuk menentukan hubungan matematis ketiga parameter karakteristik lalu lintas, maka model Greenberg merupakan model yang cocok untuk ruas Jalan Tol Belmera pada arah *Entrance Gate* Tanjung Morawa.

Kinerja lalu lintas

1. Kinerja lalu lintas eksisting yang terdiri dari:
 - Derajat kejenuhan (DS) pada Tabel 9.
 - Kecepatan (S) dan kepadatan (D) pada Tabel 10.
2. Kinerja lalu lintas 5 (lima) dan 10 (sepuluh) tahun kedepan.

Berdasarkan data rincian lalu lintas Cabang Belmera Tahun 2005 s/d 2014 pada *Gate* Tanjung Morawa diperkirakan volume lalu lintas yang akan terjadi pada 5 (lima) dan 10 (sepuluh) tahun kedepan sehingga parameter karakteristik lalu lintas lainnya dapat diperoleh.

Untuk 5 (lima) tahun kedepan (sampai tahun 2020)
 - Derajat kejenuhan (DS) pada Tabel 11.
 - Kecepatan (S) dan kepadatan (D) pada Tabel 12.

Untuk 10 (sepuluh) tahun kedepan (sampai tahun 2025)
 - Derajat kejenuhan (DS) pada Tabel 13.
 - Kecepatan (S) dan kepadatan (D) pada Tabel 14.

Tabel 6. Hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan, Volume-Kepadatan dan Volume-Kecepatan untuk Model Greenshields, Greenberg dan Underwood

Model	Greenshields	Greenberg	Underwood
S-D	$S = 97,741 - 5,773 D$	$S = 99,312 - 17,442 \ln D$	$\ln S = 4,555 - 0,058 D$
V-D	$V = 97,741 D - 5,773 D^2$	$V = 99,312 D - 17,442 D \ln D$	$V = 95,107 D e^{-0,059D}$
V-S	$V = 16,931 S - 0,173 S^2$	$V = 297,033 S e^{-0,057S}$	$V = 78,533 S - 17,241 S \ln S$

Tabel 7. Parameter karakteristik arus lalu lintas

Model	Vm (smp/jam)	Sm (km/jam)	Dm (smp/km)	Sf	Dj
Greenshields	413,7130	48,871	8,465	97,741	16,931
Greenberg	1907,0203	17,452	109,272	∞	297,033
Underwood	509,8390	36,708	13,889	99,783	∞

Tabel 8. Nilai koefisien determinasi (R²) hubungan matematis parameter lalu lintas untuk model Greenshields, Greenberg dan Underwood

Model	Greenshields	Greenberg	Underwood
S-D	0,757086	0,75945	0,75894
V-D	0,974152	0,97450	0,97438
V-S	0,482973	0,39928	0,48709

Tabel 9. Derajat kejenuhan (DS) pada saat jam puncak

Segmen jalan	Waktu (WIB)	Volume (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)		Derajat kejenuhan (DS)	
			MKJI	Greenberg	MKJI	Greenberg
Arah <i>Exit</i>	07.00–11.00	1115,70	2369	2218,2380	0,471	0,503
Arah <i>Entrance</i>	15.00–19.00	1169,53	2369	1907,0203	0,494	0,613

Tabel 10. Kecepatan (S) dan kepadatan (D) pada saat jam puncak

Segmen jalan	Waktu (WIB)	Sm (km/jam)			Dm (smp/jam)		
		Pengamatan	MKJI	Greenberg	Pengamatan	MKJI	Greenberg
Arah <i>Exit</i>	07.00–11.00	80,805	N/A	16,949	13,807	N/A	130,876
Arah <i>Entrance</i>	15.00–19.00	80,647	N/A	17,452	14,502	N/A	109,272

Tabel 11. Derajat kejenuhan (DS) pada tahun 2020

Segmen jalan	Waktu (WIB)	Vol. estimasi (smp/jam)	Kapabilitas (smp/jam)		Derajat kejenuhan (DS)	
			MKJI	Greenberg	MKJI	Greenberg
Arah <i>Exit</i>	07.00–11.00	1496,225	2369	2218,2380	0,632	0,675
Arah <i>Entrance</i>	15.00–19.00	1568,415	2369	1907,0203	0,662	0,822

Tabel 12. Kecepatan (S) dan kepadatan (D) pada tahun 2020

Segmen jalan	Waktu (WIB)	Sm (km/jam)			Dm (smp/jam)		
		Estimasi	MKJ	Greenberg	Estimasi	MKJ	Greenberg
Arah <i>Exit</i>	07.00–11.00	36,732340 5,987855	N/A	16,949	41,87510 247,82740	N/A	130,876
Arah <i>Entrance</i>	15.00–19.00	31,121300 8,640940	N/A	17,452	51,07735 180,47490	N/A	109,272

Tabel 13. Derajat kejenuhan (DS) pada tahun 2025

Segmen jalan	Waktu (WIB)	Vol. estimasi (smp/jam)	Kapabilitas (smp/jam)		Derajat kejenuhan (DS)	
			MKJI	Greenberg	MKJI	Greenberg
Arah <i>Exit</i>	07.00–11.00	2006,534	2369	2218,2380	0,847	0,905
Arah <i>Entrance</i>	15.00–19.00	2103,345	2369	1907,0203	0,888	1,103

Tabel 14. Kecepatan (S) dan kepadatan (D) pada tahun 2025

Segmen jalan	Waktu (WIB)	Sm (km/jam)			Dm (smp/jam)		
		Estimasi	MKI	Greenberg	Estimasi	MKJI	Greenberg
Arah <i>Exit</i>	07.00–11.00	25,71380 10,44622	N/A	16,949	81,60445 187,32430	N/A	130,876
Arah <i>Entrance</i>	15.00–19.00	N/A	N/A	17,452	N/A	N/A	109,272

Tingkat pelayanan (level of service)

Untuk menentukan tingkat pelayanan pada Jalan Tol Belmera maka digunakan data parameter karakteristik lalu lintas pada saat jam puncak.

Tingkat Pelayanan Eksisting

Tabel 15. Angka parameter lalu lintas pada saat jam puncak

Parameter	Arah	
	<i>Exit</i>	<i>Entrance</i>
Derajat kejenuhan (DS)	<1	<1
S (km/jam)	80,805	80,647
V (smp/jam)	1115,7	1169,53

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2006 mengenai Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, dapat ditarik kesimpulan bahwa Jalan Tol Belmera memiliki tingkat pelayanan C.

Tingkat pelayanan 5 (lima) tahun kedepan (tahun 2020)

Tabel 16. Persentase volume lalu lintas estimasi terhadap kapasitas ruas jalan tol pada tahun 2020

Segmen Jalan	MKJI 1997 (%)	Model Greenberg (%)
Arah <i>Exit</i>	63,15851	67,45106
Arah <i>Entrance</i>	66,20578	82,24427

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2006 mengenai Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, dapat ditarik kesimpulan bahwa ruas Jalan Tol Belmera masih memiliki tingkat pelayanan C untuk 5 (lima) tahun kedepan (sampai tahun 2020).

Tingkat pelayanan 10 (sepuluh) tahun kedepan (tahun 2025)

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2006 mengenai Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, dapat ditarik kesimpulan bahwa ruas Jalan Tol Belmera

memiliki tingkat pelayanan D untuk 10 (sepuluh) tahun kedepan (tahun 2025).

Tabel 17. Persentase volume lalu lintas estimasi terhadap kapasitas ruas jalan tol pada tahun 2025

Segmen Jalan	MKJI 1997 (%)	Model Greenberg (%)
Arah <i>Exit</i>	84,69962	90,45621
Arah <i>Entrance</i>	88,7862	110,2948

Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisis Pemodelan Hubungan Parameter Karakteristik Lalu Lintas pada Jalan Tol Belmera, diperoleh beberapa kesimpulan antara lain:

1. Dari ketiga model yang diteliti (model Greenshields, Greenberg dan Underwood), terlihat bahwa model Greenberg memberikan pendekatan terbaik pada Jalan Tol Belmera dengan nilai koefisien determinasi (R^2) pada hubungan matematis Kecepatan-Kepadatan (V-S) sebagai berikut:
 - 0,375 untuk arah *Exit Gate* Tanjung Morawa
 - 0,760 untuk arah *Entrance Gate* Tanjung Morawa
2. Berdasarkan model Greenberg diperoleh hubungan matematis antara parameter lalu lintas sebagai berikut:
 - Arah *Exit Gate* Tanjung Morawa:
 $S = 98,100 - 16,700 \ln D$; $V = 98,100 D - 16,700 D \ln D$; $V = 355,758 S e^{-0,059S}$
 - Arah *Entrance Gate* Tanjung Morawa:
 $S = 99,312 - 17,442 \ln D$; $V = 99,312 D - 17,442 D \ln D$; $V = 297,033 S e^{-0,057S}$
3. Dari hasil pengamatan di lapangan dan penerapan model Greenberg, indikator lalu lintas (v/c, kecepatan, kepadatan) pada kedua arah menunjukkan bahwa Jalan Tol Belmera memiliki kinerja lalu lintas yang masih baik, yaitu memiliki nilai derajat kejenuhan sebesar 0,503 untuk arah *Exit Gate* Tanjung Morawa dan 0,613 untuk arah *Entrance Gate* Tanjung Morawa. Sedangkan untuk angka kecepatan (km/jam) dan kepadatan (smp/km) saat jam puncak menunjukkan bahwa angka yang diperoleh pada saat pengamatan lebih kecil dibandingkan dengan angka yang diperoleh dengan penerapan model Greenberg yaitu 80,805; 13,807 berbanding dengan 16,949; 130,876 untuk arah *Exit Gate* Tanjung Morawa dan untuk arah *Entrance Gate* Tanjung Morawa adalah 80,647; 14,502 berbanding dengan 17,452; 109,272. Penerapan persamaan matematis dari model Greenberg

memberikan angka kapasitas yang lebih rendah dibandingkan yang telah diprediksi menggunakan MKJI (DJBM, 1997), yaitu 2218,238 (smp/jam) untuk arah *Exit* dan 1907,0203 untuk arah *Entrance Gate* Tanjung Morawa, dibanding dengan 2369 (smp/jam).

4. Dengan arus lalu lintas yang masih stabil, kecepatan rata-rata pada saat jam puncak adalah 80,805 km/jam untuk arah *Exit* dan 80,647 km/jam untuk arah *Entrance Gate* Tanjung Morawa, dan servis volume lalu lintas tidak melebihi 75% dari kapasitas yaitu 1115,7 smp/jam untuk arah *Exit* dan 1169,53 smp/jam untuk arah *Entrance Gate* Tanjung Morawa, maka ditarik kesimpulan bahwa Jalan Tol Belmera memiliki tingkat pelayanan C.
5. Dengan mengestimasi volume lalu lintas yang akan terjadi 5 (lima) dan 10 (sepuluh) tahun kedepan diperoleh bahwa untuk tahun 2020 *Gate* Tanjung Morawa memiliki volume sebesar 1496,23 smp/jam untuk arah *Exit* dan 1568,42 smp/jam untuk arah *Entrance* dengan tingkat pelayanan C. Sedangkan untuk tahun 2025 diperkirakan bahwa *Gate* Tanjung Morawa memiliki volume sebesar 2006,534 smp/jam untuk arah *Exit* dan 2103,345 smp/jam untuk arah *Entrance* dengan tingkat pelayanan D.

Daftar Pustaka

- Asri, A., et al., 2012. Analisa Karakteristik Arus Lalu Lintas (Studi Kasus pada Ruas Jalan Tol Reformasi Km. 5 Seksi II Makassar), *Jurnal Penelitian Teknik Sipil*, Makassar.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Gunawan, H. dan Purnawan, 1998. Hubungan Parameter Kecepatan, Volume dan Kepadatan Lalu Lintas di Kotamadya Padang, *Symposium I Forum Studi Transportasi Perguruan Tinggi*, ITB, Bandung.
- Hobbs, F.D., 1979. *Traffic Planning and Engineering*, 2nd Ed, Pergamon Press Plc.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2006. *Peraturan Menteri Perhubungan No: KM 14 Tahun 2006 Tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan*.
- Malkhamah, S., dan Kurniawan, Y., 2009. *Pemodelan Hubungan Parameter Lalu Lintas pada Jalan Tol Jakarta: Studi Kasus pada Koridor*

Wiyoto Wijono, Kolokium Hasil Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan.

Republik Indonesia, 2005. *Peraturan Pemerintah No. 15 Tahun 2005 Tentang Jalan Tol. Lembar Negara RI Tahun 2005*, Jakarta.

Rogers, M., 2008. *Highway Engineering*, 2nd Ed, Blackwell Publishing Ltd.

Tamin, O.Z., 2003. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi: Contoh Soal dan Aplikasi*, Penerbit ITB, Bandung.

Tamin, O.Z., 1997, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Penerbit ITB, Bandung.

Tamin, O.Z., 1992. Hubungan Parameter Kecepatan, Volume dan Kepadatan Lalu Lintas di Ruas Jalan H.R. Rasuna Said, Jakarta, *Jurnal Teknik Sipil*, No.5, Hal 1-11, ISSN:0853-2982.