

TINJAUAN KARAKTERISTIK ARUS LALU LINTAS DENGAN MENGGUNAKAN 3 MODEL PADA JALAN LUAR KOTA (STUDI KASUS RUAS JALAN TGH LOPAN LABUAPI KABUPATEN LOMBOK BARAT)

ROHANI^{1)*}, HASYIM²⁾

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram

rohani@unram.ac.id (corresponding)

ABSTRAK

Pertumbuhan jumlah kendaraan yang tidak sebanding dengan penyediaan prasarana transportasi akan menyebabkan permasalahan transportasi. Jumlah kendaraan ini terus mengalami peningkatan sehingga menyebabkan banyak permasalahan yang begitu kompleks. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan memahami perilaku lalu lintas dengan cara membuat hubungan matematis dan grafis antara volume (*flow*), kecepatan (*speed*), kepadatan (*density*) lalu lintas.

Penelitian dilakukan pada ruas Jalan TGH Lopan Labuapi Kabupaten Lombok Barat dengan tujuan untuk mengetahui hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan lalu lintas dengan menggunakan 3 model yaitu model Greenshields, Greenberg dan Underwood, sehingga bisa diketahui model yang paling sesuai diantara ketiga model tersebut dan juga untuk mengetahui karakteristik lalu lintas meliputi volume maksimum, kecepatan arus bebas, kecepatan optimum dan kepadatan optimum.

Dari hasil analisis model yang paling sesuai adalah model Greenshields sehingga diperoleh model hubungan kecepatan-kepadatan (*Us-D*) adalah $Us = -0,431 D + 54,394$, Volume-Kepadatan (*V-D*) adalah $V = -0,430 D^2 + 54,393 D - 0,019$ dan Volume-kecepatan (*V-Us*) adalah $V = -2,326 Us^2 + 126,487 Us$. Berdasarkan model terbaik yaitu model Greenshields maka karakteristik arus lalu lintas yang diperoleh adalah volume maksimum (*Vm*) sebesar 1719,92 smp/jam, kecepatan arus bebas (*Uf*) = 54,3 km/jam, kecepatan optimum (*Um*) = 27,1 km/jam dan kepadatan optimum (*Dm*) = 63,2 smp/km

Kata kunci: *volume, kecepatan, kepadatan lalu lintas, greenshields, Greenberg, underwood.*

ABSTRACT

The growth in the number of vehicles that is not proportional to the provision of transportation infrastructure will cause transportation problems. The number of these vehicles continues to increase, causing many complex problems. One way to overcome this problem is to understand traffic behavior by creating mathematical and graphical relationships between traffic flow (flow), speed and density.

The research was carried out on the TGH Lopan Labuapi Road section, West Lombok Regency with the aim of finding out the relationship between volume, speed and density of traffic using 3 models, namely the Greenshields, Greenberg and Underwood models, so that the most suitable model among the three models can be identified and also to know traffic characteristics including maximum volume, free flow speed, optimum speed and optimum density.

*From the analysis results, the best model is the Greenshields model so that the speed-density relationship model (*Us-D*) is $Us = -0.431 D + 54.394$, flow-Density (*V-D*) is $V = -0.430 D^2 + 54.393 D - 0.019$ and flow-speed (*V-Us*) is $V = -2.326 Us^2 + 126.487 Us$. Based on the best model, namely the Greenshields model, the traffic flow characteristics obtained are maximum volume (*Vm*) of 1719.92, free flow speed (*Uf*) = 54.3 km/hour, optimal speed (*Um*) = 27.1 km/hour and Optimum Density (*Dm*) = 63.2 pcu/km*

Keywords: *flow, speed, density, greenshields, greenberg, underwood.*

PENDAHULUAN

Permasalahan transportasi merupakan permasalahan yang begitu kompleks pada suatu jalan raya seperti kemacetan, kecelakaan, polusi udara, polusi suara, tundaan dan permasalahan lalu lintas lainnya. Problem transportasi diperkotaan tersebut timbul terutama disebabkan oleh tingginya tingkat urbanisasi, pertumbuhan

jumlah kendaraan yang tidak sebanding dengan pertumbuhan prasarana transportasi (Tamin, 2000). Pada tahun 2020 jumlah kendaraan di Lombok Barat 120.520 kendaraan dan meningkat pada tahun 2023 menjadi 291.570 kendaraan. Peningkatan jumlah kendaraan yang begitu signifikan ini tentunya akan menimbulkan masalah transportasi yang cukup serius. Seperti yang terjadi pada ruas Jalan TGH Lopan Labuapi Lombok Barat yang merupakan salah satu jalan Luar Kota dengan tipe jalan dua lajur dua arah (2/2UD). Berdasarkan fungsinya Jalan TGH Lopan Labuapi merupakan jalan arteri primer.

Karakteristik lalu lintas pada suatu ruas jalan berbeda dengan ruas jalan lainnya, yang disebabkan karena fungsi dan kelas jalan yang berbeda sehingga membuat kondisi jalan dan perilaku lalu lintas juga berbeda. Salah satu cara pendekatan untuk memahami perilaku lalu lintas tersebut adalah dengan menjabarkannya dalam bentuk hubungan matematis. Suatu peningkatan dalam volume lalu lintas akan menyebabkan berubahnya perilaku lalu lintas. Secara teoritis terdapat hubungan yang mendasar antara volume (*flow*) dengan kecepatan (*speed*) serta kepadatan (*density*).

Kemampuan jalan untuk memberikan pelayanan lalu lintas yang baik dan maksimal sangat terkait dengan kapasitas ruas jalan tersebut. Selain kapasitas ruas jalan, terdapat beberapa variabel yang digunakan untuk menggambarkan suatu kinerja ruas jalan yaitu : volume, kecepatan dan tingkat kepadatan suatu jalan (Putranto, 2016).

Perilaku lalu lintas di jalan bisa saja berbeda dengan yang lainnya hal tersebut terjadi karena fungsi dan kelas jalan yang berbeda sehingga membuat kondisi jalan dan perilaku lalu lintas memiliki hambatan yang berbeda. Salah satu cara pendekatan untuk memahami perilaku lalu lintas tersebut adalah dengan menjabarkannya dalam bentuk hubungan matematis. Secara teoritis terdapat hubungan yang mendasar antara volume (*flow*) dengan kecepatan (*speed*) serta kepadatan (*density*). Ke tiga komponen itu termasuk pembahasan lalu lintas dalam skala makroskopik (Aly, 2012)

Karakteristik arus lalu lintas menjelaskan ciri arus lalu lintas secara kuantitatif maupun kualitatif dalam kaitannya dengan kecepatan, besarnya arus, dan kepadatan lalu lintas serta hubungannya dengan waktu maupun jenis kendaraan yang menggunakan ruang jalan, (Anonim 1999). Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan dapat digambarkan secara grafis dengan menggunakan persamaan matematis yang merupakan persamaan dasar dari pergerakan arus lalu-lintas, (Tamin, 2000).

Hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Desmi & Yanti, 2019), menyimpulkan bahwa penerapan model greenshield, greenberg dan underwood ini sangat efektif untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas di suatu ruas jalan. Menurut Widodo, dkk. (2012) menyatakan bahwa peningkatan volume lalu lintas dapat menyebabkan berubahnya perilaku lalu lintas, sehingga secara teoritis terdapat hubungan yang mendasar antara volume (*flow*) dengan kecepatan (*speed*) serta kepadatan (*density*). Apabila arus lalu lintas pada suatu ruas jalan bertambah maka kecepatan pada ruas jalan tersebut akan berkurang (Tamin 1991). Oleh karena itu, dalam artikel ini akan dikaji tentang karakteristik arus lalu lintas dan analisis hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas.

Model Greenshield, Greenberg dan underwood adalah teori untuk menentukan hubungan antar volume (*flow*) dengan kecepatan (*speed*) serta kepadatan (*density*). Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan tersebut dipakai untuk menentukan atau mengetahui nilai matematis dari volume maksimum dan kecepatan arus bebas, kepadatan optimum dan kecepatan optimum jalan tersebut. Menurut Utama (2016), teori pergerakan arus lalu lintas memegang peranan sangat penting dalam perencanaan, perancangan, dan penetapan berbagai kebijakan sistem transportasi.

Rohani (2023) melakukan penelitian pada Jalan Perkotaan yaitu Jalan Saleh Sungkar Ampenan, Kota Mataram menyimpulkan bahwa ketiga model tersebut memberikan kinerja yang berbeda jika dibandingkan dengan metode MKJI 1997, dan model yang paling mendekati derajat kejenuhan yang merupakan parameter yang digunakan untuk menilai kinerja ruas Jalan Perkotaan hasil analisis menurut MKJI 1997 adalah model Greenshield. Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan kajian tentang karakteristik lalu lintas dan hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan pada Jalan Luar Kota dengan menggunakan ke tiga model tersebut.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas maka rumusan masalahnya yaitu “bagaimana hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas dengan menggunakan 3 model yaitu model Greenshield, Greenberg, dan Underwood ? dan bagaimana karakteristik lalu lintas dengan model yang sesuai ?.

Tujuan Penelitian

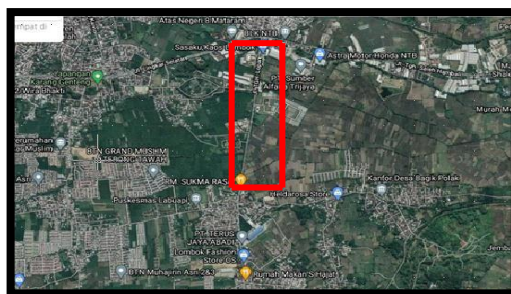
Tujuan penelitian yaitu 1) Untuk mengetahui model hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas pada jalan Luar Kota yaitu pada ruas jalan TGH Lopan Labuapi. dan 2) Untuk mengetahui karakteristik lalu lintas pada ruas jalan TGH Lopan Labuapi dengan menggunakan model yang paling sesuai.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pelaksanaan survey volume lalu lintas dilakukan selama tiga hari yaitu pada Hari Sabtu, Minggu dan Senin. Survey dilakukan selama 12 jam pada pukul 06.00-18.00 WITA, dan dicatat setiap 15 menit pada formulir yang sudah disediakan dengan surveyor yang digunakan sebanyak sebanyak 8 orang. Lokasi penelitian dilakukan di Jalan TGH Lopan Lapuapi yang merupakan Jalan luar kota dengan tipe 2/2 UD

Gambar 1 Peta Lokasi



Pengumpulan Data

Data yang digunakan berupa data primer yaitu data yang didapat dari pengukuran atau survey yang dilakukan langsung di lapangan.

Data primer meliputi :

1. Data Geometrik Jalan

Supaya tidak mengganggu arus lalu lintas maka pengukuran geometrik jalan dilakukan pada malam hari. Survey ini meliputi panjang ruas jalan, lebar jalan, lebar lajur dan lebar bahu jalan.

2. Data volume lalu lintas

Jalan TGH Lopan merupakan jalan luar kota maka klasifikasi kendaraan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) adalah: Truk besar (LT), Kendaraan Berat Menengah (MHV), Kendaraan Ringan (LV), Sepeda Motor (MC), Kendaraan Tak Bermotor (UM).

Survey volume lalu lintas dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Surveyor yang dibutuhkan pada survey volume lalu lintas sebanyak 2 orang.
- Pada segmen jalan dari arah Gerung menuju Dasan Cermen dibutuhkan 1 orang surveyor yang akan mencatat volume kendaraan pada ruas jalan yang diteliti. Yaitu Truk besar (LT), Kendaraan Berat Menengah (MHV), Kendaraan Ringan (LV), Sepeda Motor (MC), Kendaraan Tak Bermotor (UM) dengan menggunakan aplikasi *Tally Counter* di Handphone masing-masing surveyor. Begitu juga sebaliknya dari arah Dasan Cermen menuju Gerung.
- Setelah itu akan dicatat setiap 15 menit pada formulir yang telah tersedia.

3. Kecepatan kendaraan

Data kecepatan kendaraan ini menggunakan kecepatan setempat (*spot speed*). Survey ini bertujuan untuk mencari data kecepatan dari setiap kendaraan yang melalui jalan tersebut selama jam pengamatan dengan cara mencatat waktu dan jarak tempuh terhadap penggal jalan yang diamati setiap 15 menit. Data kecepatan ini dilakukan dengan cara manual yaitu menghitung kecepatan berdasarkan waktu tempuh setiap segmen pada penggal pengamatan 50 m.

Tata cara pengambilan waktu tempuh untuk mendapatkan data kecepatan kendaraan ini dilakukan sebagai berikut:

- Melakukan pengukuran penggal jalan yang diamati sesuai dengan jarak yang telah ditentukan, kemudian memberi tanda dengan lakban yang berfungsi sebagai titik pengamatan kendaraan yang lewat.
- Dalam pengambilan data kecepatan ini menggunakan 2 (dua) orang surveyor
- Surveyor bertugas mencatat waktu tempuh yang ditempatkan pada lokasi yang sudah ditentukan. Lokasi yang dipilih harus dapat terlihat dengan jelas kedua lakban pada jalan yang telah dibuat, sehingga saat roda depan kendaraan melewati lakban pertama (A) dan saat roda depan melewati lakban kedua (B) dapat diketahui dengan pasti.
- Pada saat roda depan kendaraan melewati lakban pertama (A), surveyor menghidupkan alat pencatat waktu (*stopwatch*) dan pada saat roda depan kendaraan tersebut melewati lakban kedua (B) alat pencatat dimatikan.
- Pengambilan data kecepatan ini dilakukan dengan interval per 15 menit.

Analisis Data

Arus dan Volume

Arus (*flow*) adalah rasio per jam jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pada suatu lajur tertentu, pada periode waktu tertentu, diukur dalam satuan kendaraan per satuan waktu tertentu (HCM, 2000). Sedangkan volume adalah jumlah kendaraan yang melintasi suatu arus jalan pada periode waktu tertentu diukur dalam satuan kendaraan per satuan waktu (Morlok, 1991). Apabila arus lalu lintas pada suatu ruas jalan bertambah maka kecepatan pada ruas jalan tersebut akan berkurang (Tamin, 1991). Menurut Putranto (2013), terdapat beberapa variabel atau ukuran dasar yang digunakan untuk menjelaskan arus lalu lintas yaitu :

1. Volume Lalu Lintas (Q)

Volume (*flow*) adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu titik tinjau tertentu pada suatu ruas jalan persatuan waktu.

$$Q = \frac{n}{t} \text{ kend/jam} \dots\dots\dots (1)$$

2. Kecepatan (Us)

Kecepatan (*speed*) adalah jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan pada ruas jalan per satuan waktu.

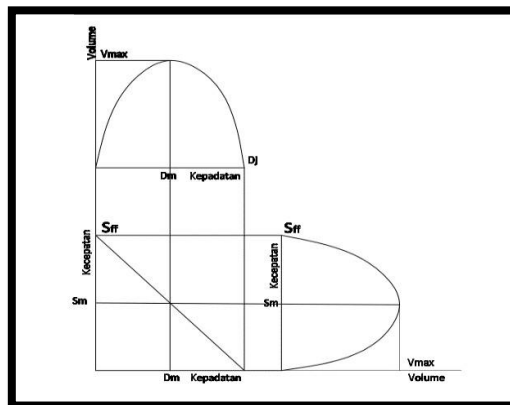
$$Us = \frac{d}{t} \text{ km/jam} \dots\dots\dots (2)$$

3. Kepadatan (D)

Kepadatan (*density*) adalah rata-rata jumlah kendaraan per satuan panjang jalan (kend/km).

$$D = \frac{Q}{US} \text{ kend/km} \dots\dots\dots (3)$$

dimana : Q = Arus lalu lintas (kend/jam), Us = Kecepatan (km/jam), D = Kerapatan (kend/km)
Menurut Tamin (2000), hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan dapat dijelaskan dengan menggunakan gambar dibawah ini:



Gambar 1. Hubungan matematis antara arus/volume, kecepatan dan kepadatan. (Tamin, 2000)

Tiga model yang akan digunakan untuk menganalisa hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan lalu itu adalah: Model Greenshields, Model Greenberg, Model Underwood.

Model Greenshields

Model ini adalah model yang paling awal dalam upaya mengamati perilaku lalu lintas. Greenshields mengemukakan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan diasumsikan linier, Tamin (2000). Greenshields yang melakukan studi pada jalan-jalan di kota Ohio, mengusulkan hubungan linier antara kecepatan rata-rata (*space mean speed*) yang terjadi dalam suatu lalu lintas dengan kecepatan kendaraan, dengan pendekatan rumus :

$$Us = Uf - (Uf/Dj)D \dots\dots\dots (5)$$

Dimana Us = kecepatan rata-rata ruang (km/jam), Uf = kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam), D = kepadatan (smp/km), Dj = kerapatan kondisi jam (smp/jam)

Model Greenberg

Model Greenberg adalah model kedua yang mensurvei hubungan kecepatan-kepadatan pada aliran lalu lintas pada terowongan dan menyimpulkan bahwa model non *linear* lebih tepat digunakan yakni fungsi *logaritmi*. Rumus dasar *Greenberg* adalah :

$$D = c \cdot e^{bU_s} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana : D = Kerapatan (smp/jam), c dan b merupakan nilai konstan

Model Underwood

Model ketiga adalah yang diusulkan oleh Underwood sebagai hasil dari studi lalu lintas pada jalan raya Merit di Connecticut dan mengusulkan model hubungan antara kecepatan dan kepadatan merupakan hubungan eksponensial. Tamin (2000) dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$U_s = U_f e^{-D/D_m} \dots \dots \dots (7)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Geometrik Jalan

Data geometrik jalan diperlukan untuk perhitungan kinerja ruas jalan yaitu menentukan kapasitas jalan. Survey yang dilakukan meliputi pengukuran lebar jalan dan lebar bahu jalan. Data geometrik jalan meliputi: Lebar jalan 7 m dengan jumlah lajur 2, dan lebar bahu jalan adalah 1,5 m, sehingga tipe jalannya adalah 2/2 UD.

Analisa Volume Lalu Lintas

Untuk mendapatkan nilai arus suatu segmen jalan yang terdiri dari banyak tipe kendaraan maka semua jenis kendaraan tersebut harus dikonversi ke dalam satuan mobil penumpang (smp) (Fatimah S., 2019). Data Volume lalu lintas tiap 15 menit yang diperoleh dari hasil survey dikalikan dengan faktor ekivalensi mobil penumpang (emp) masing-masing kendaraan yaitu emp untuk LV = 1, MHV = 1,3, LT = 2,5, MC = 0,5 dan kemudian dijumlahkan sehingga satuannya menjadi smp/ jam.

Analisa Kecepatan Lalu Lintas

Data kecepatan lalu lintas didapatkan dari survey pada setiap segmen jalan dengan panjang segmen 50 m. Dalam perhitungan ini digunakan kecepatan rata-rata ruang. Rumus untuk menentukan kecepatan rata-rata ruang/*Space Mean Speed (SMS)* dengan persamaan $U_s = n \cdot d / \sum t_i$ (Putranto 2013). Setelah diperoleh *Space Mean Speed (SMS)* dalam satuan (m/dt) kemudian dikonversi menjadi satuan km/jam.

Analisa Kepadatan Lalu Lintas

Kepadatan lalu lintas diperoleh dengan cara membagi volume dengan kecepatan rata-rata ruang ($D=Q/U_s$) dalam satuan smp/km.

Analisis Model Lalu Lintas

Data yang digunakan untuk analisis model lalu lintas adalah data volume dan kecepatan dan nilai kepadatan (*density*) yang diperoleh dengan membagi Volume (Q) dengan kecepatan (U_s) sehingga persamaan menjadi $D = V/U_s$. Hasil volume, kecepatan dan kepadatan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Data Volume, Kecepatan dan Kepadatan

No	Interval Waktu	Volume	Kecepatan	Kepadatan
		smp/jam	km/jam	smp/km
1	06.00-07.00	1173,7	40,166	29,221
2	07.00-08.00	1468,3	41,149	35,683
3	08.00-09.00	1359,1	40,003	33,975
4	09.00-10.00	1483	35,671	41,574
5	10.00-11.00	1425,6	34,027	41,896
6	11.00-12.00	1422,9	34,057	41,780
7	12.00-13.00	1565,5	33,965	46,091
8	13.00-14.00	1502,1	42,018	35,749
9	14.00-15.00	1488,4	36,558	40,713
10	15.00-16.00	1611,2	35,754	45,064
11	16.00-17.00	1633,6	34,327	47,589
12	17.00-18.00	1696,4	34,711	48,872

Sumber hasil Analisis

Model Greenshields

1. Kecepatan dan Kepadatan

Greenshields mengemukakan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan adalah berbentuk fungsi linier dengan persamaan : $U_s = U_f - (U_f/D_j) D$. Untuk mendapatkan nilai konstanta U_f dan D_j , maka persamaannya diubah menjadi persamaan linier $y = a+bx$ dengan $U_s = y$, $U_f = a$; $b = (-U_f/D_j)$; $x = D$. Sehingga diperoleh : $a = 54,39 \implies a = U_f = 54,39 \text{ km/jam}$, $b = -0,430 \implies D_j = U_f/b = 126,488 \text{ smp/km}$.
 Persamaan regresinya menjadi: $U_s = U_f - (U_f/D_j) x D$,

Contoh perhitungan kecepatan rata-rata ruang : $U_s = 54,39 - 0,43 \times 29,221 = 41,825 \text{ km/jam}$

2. Volume dan Kepadatan

Hubungan volume dan kepadatan merupakan fungsi parabolik dengan: $V = U_f \times D - (U_f/D_j) \times D^2$

Sebagai contoh untuk perhitungan volume jika dihubungkan dengan kepadatan: $V = 54,39 \times 29,211 - 0,43 \times 29,211^2 = 1222,18 \text{ smp/jam}$.

3. Volume dan Kecepatan

Hubungan volume dan kecepatan juga merupakan fungsi parabolik dengan persamaan sebagai berikut

$V = D_j \times U_s - (D_j/U_f) \times U_s^2$. Contoh perhitungan untuk hubungan antara volume dengan kecepatan: $V = 126,448 \times 40,166 - 2,325 \times 40,166^2 = 1328,68 \text{ smp/jam}$

4. Volume maksimum $V_{maks} = U_f \times D_j/4 = 1719,926 \text{ smp/jam}$.

Hasil perhitungan diatas kemudian ditabelkan seperti pada tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Model Greenshields

$U_s - D$	$V - D$	$V - U_s$
$U_s = U_f - (U_f/D_j) \times D$	$V = U_f \times D - (U_f/D_j) \times D^2$	$V = D_j \times U_s - (D_j/U_f) \times U_s^2$
41,825	1222,18	1328,68
39,046	1393,28	1267,11
39,781	1351,55	1338,41
36,513	1518,01	1552,85
36,375	1523,95	1611,37
36,425	1521,82	1610,42
34,571	1593,41	1613,33
39,018	1394,85	1208,96
36,883	1501,64	1516,05
35,013	1577,80	1549,57
33,927	1614,55	1601,64
33,375	1631,11	1588,56

Model Greenberg

1. Kecepatan dan Kepadatan

Greenberg mengemukakan suatu hipotesa bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan berbentuk logaritmik, dengan persamaan $U_s = U_m \times \ln(D_j/D)$. Untuk mendapatkan nilai konstanta U_m dan D_j maka persamaannya diubah menjadi persamaan linier $U_s = U_m \times \ln D_j - U_m \times \ln D$ dengan asumsi : $y = a+bx$, dimana : $y = U_s$; $a = U_m \times \ln D_j$; $b = -U_m$; $x = \ln D$. Sehingga diperoleh : $a = 98,32 \implies D_j = e(a/U_m) = 369,52 \text{ smp/km}$, $b = -16,63 \implies U_m = b = 16,63 \text{ km/jam}$, maka persamaan regresinya menjadi : $U_s = U_m \times \ln(D_j/D)$.

Contoh perhitungan kecepatan rata-rata ruang $U_s = 16,63 \times \ln(369,52/29,221) = 42,195 \text{ km/jam}$.

2. Volume dan kepadatan

Hubungan volume dan kepadatan menggunakan persamaan : $V = U_m \times D \times \ln(D_j/D)$

Sebagai contoh untuk perhitungan volume jika dihubungkan dengan kepadatan $V = 16,63 \times 29,221 \times \ln(369,52/29,221) = 1233,01 \text{ smp/jam}$

3. Volume dan Kecepatan

Hubungan volume dan kecepatan menggunakan persamaan : $V = D_j \times U_s \times \exp(-U_s/U_m)$

Contoh perhitungan untuk hubungan antara volume dengan kecepatan $V = 369,52 \times 40,166 \times \exp(-0,166/16,63) = 1326,06 \text{ smp/jam}$

4. Volume Maksimum

Volume maksimum untuk model greenberg adalah: $V_{maks} = (U_m \times D_j)/\exp(1) = 2260,67 \text{ smp/jam}$.

Hasil analisis di atas kemudian ditabelkan:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Model Greenberg

Us - D	V - D	V - Us
Us = Um x ln(Dj/D)	V = Um x D x ln(Dj/D)	V = Dj x Us x exp (-Us/Um)
42,195	1233,01	1326,06
38,873	1387,10	1280,53
39,689	1348,42	1333,66
36,332	1510,48	1543,12
36,204	1516,79	1624,95
36,250	1514,52	1623,47
34,617	1595,53	1628,05
38,842	1388,58	1241,00
36,680	1493,37	1499,36
34,992	1576,85	1539,02
34,085	1622,08	1609,99
33,642	1644,19	1590,84

Model Underwood

1. Kecepatan dan Kepadatan

Underwood mengemukakan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan adalah eksponensial dengan bentuk persamaan : $U_s = U_f \times \exp(-D/D_m)$. Untuk mendapatkan nilai konstanta U_f dan D_m maka persamaan diatas diubah menjadi linier $\ln(U_s) = \ln(U_f) - D/D_m$ dengan asumsi ; $y = a+bx$ dimanay = $\ln(U_s)$; $a = \ln(U_f)$; $b = (-1/D_m)$; $x = D$. Sehingga diperoleh : $a = 4,071 \implies U_f = \exp(a) = 58,616 \text{ km/jam}$ $b = -0,011 \implies D_m = 1/b = 91 \text{ smp/km}$, sehingga persamaan eksponensialnya menjadi $U_s = U_f \times \exp(-D/D_m)$. Contoh perhitungan kecepatan rata-rata ruang $U_s = 58,616 \times \exp(-29,221/91) = 41,503 \text{ km/jam}$.

2. Volume dan Kepadatan

Hubungan volume dan kepadatan digunakan persamaan : $V = U_f \times D \times \exp(-D/D_m)$, Sebagai contoh untuk perhitungan volume jika dihubungkan dengan kepadatan, $V = 58,616 \times 29,526 \times \exp(-29,221/91) = 1241,99 \text{ smp/jam}$

3. Volume dan Kecepatan Hubungan volume dan kecepatan berlaku persamaan : $V = D_m \times U_s \times \ln(U_f/U_s)$

Contoh perhitungan untuk hubungan antara volume dengan kecepatan, $V = 91 \times 40,166 \times \ln(58,616/40,166) = 1380,19 \text{ smp/jam}$

4. Volume maksimum model Underwood $V_{maks} = (D_m \times U_f)/\exp(1) = 1960,3 \text{ smp/jam}$

Hasil yang diperoleh pada analisa diatas kemudian ditabelkan seperti pada tabel berikut:

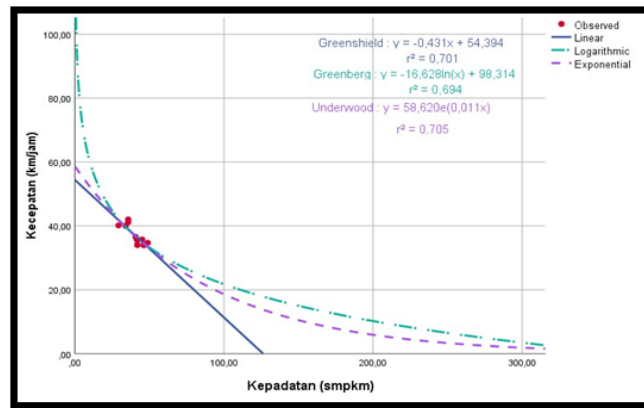
Tabel 4. Hasil Perhitungan Model Underwood

Us - D	V - D	V - Us
Us = Uf x Exp(-D/Dm)	V = Uf x D x Exp(-D/Dm)	V = Dm x Us x ln(Uf/Us)
42,503	1241,99	1380,19
39,587	1412,55	1323,51
40,337	1370,45	1389,35
37,102	1542,51	1610,58
36,971	1548,95	1682,30
37,019	1546,64	1681,07
35,304	1627,21	1684,87
39,558	1414,15	1271,63
37,455	1524,94	1569,00
35,705	1609,01	1606,78
34,727	1652,64	1669,76
34,240	1673,41	1653,34

Dari ketiga tabel di atas dibuat suatu hubungan antara antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas sehingga didapatkan grafik 1 sampai dengan grafik 3.

Model Hubungan antara kepadatan dan kecepatan

Model hubungan antara kecepatan dan kepadatan pada ketiga model yang ditinjau yaitu model greenshields, greenberg, dan underwood dapat dilihat pada grafik 1.

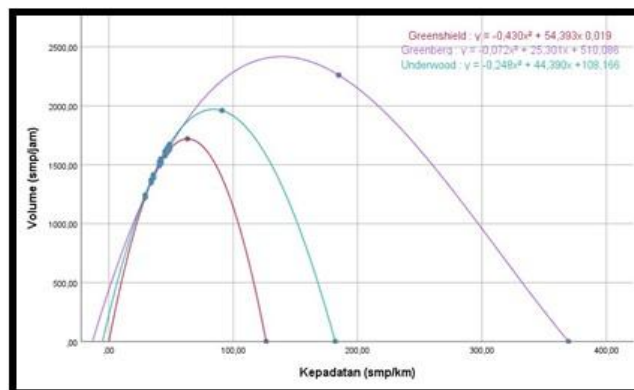


Grafik 1. Hubungan Kecepatan-Kepadatan

Berdasarkan grafik hubungan antara kecepatan dan kepadatan di atas dapat dilihat bahwa jika kepadatan lalu lintas bertambah maka kecepatan akan semakin menurun. Jika kepadatan sama dengan nol maka akan terjadi kecepatan arus bebas (U_f) dan kemacetan (D_j) akan terjadi pada saat kecepatan sama dengan nol. Persamaan yang diperoleh untuk model greenshields yaitu $U_s = -0,431 D + 54,394$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,701, untuk model greenberg $U_s = -16,628 \ln(D) + 98,314$ dengan $R^2=0,694$ dan untuk model underwood $U_s = 58,620e^{(-0,011D)}$ dengan $R^2= 705$.

Model Hubungan antara Volume dan Kepadatan

Model hubungan antara volume dan kepadatan lalu lintas dapat dilihat pada grafik 2.

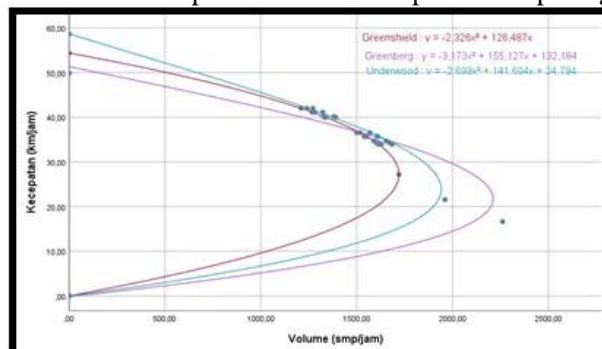


Grafik 2. Hubungan antara volume dan kepadatan

Dari grafik hubungan antara volume dan kepadatan terlihat bahwa pada saat kepadatan mencapai titik D_m maka akan diperoleh volume maksimum (V_m). Setelah mencapai titik ini volume akan menurun walaupun kepadatan bertambah sampai terjadi kemacetan di titik (D_j). Didapatkan persamaan untuk model greenshield $V = -0,430 D^2 + 54,393 D - 0,019$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 1, untuk model greenberg $V = -0,072 D^2 + 25,307 D + 510,086$ dengan $R^2 = 0,909$ dan untuk model underwood $V = -0,0248 D^2 + 44,390 D + 108,166$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,922$

Model hubungan antara volume dan kecepatan lalu lintas

Model hubungan antara volume dan kecepatan lalu lintas dapat dilihat pada grafik 3.



Grafik 3. Hubungan Volume lalu lintas dengan Kecepatan lalu lintas

Berdasarkan grafik hubungan antara volume dan kecepatan terlihat bahwa dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan akan berkurang sampai volume maksimum (V_m) tercapai. Setelah volume maksimum tercapai maka kecepatan dan volume sama-sama akan berkurang. Didapatkan persamaan untuk model greenshield $U_s = 2,326 V^2 + 126,487 V$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 1, untuk model greenberg didapatkan persamaan $U_s = -3,173 V^2 + 155,127 V + 132,184$ dengan $R^2 = 0,885$ dan model underwood $U_s = -2,699 V^2 + 141,604 V + 24,794$ dengan $R^2 = 0,987$.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan maka didapat model hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas dengan menggunakan model Greenshield, Greenberg dan Underwood, seperti pada tabel ...

Tabel 5. Model Hubungan antara Arus, kecepatan dan Kepadatan Lalu lintas

Model Greenshield		
Hubungan	r^2	Persamaan
Us-D	0,701	$U_s = -0,431 D + 54,394$
V-D	1	$V = -0,430 D^2 + 54,393 D - 0,019$
V-Us	1	$V = -2,326 U_s^2 + 126,487 U_s$
Model Greenberg		
Hubungan	r^2	Persamaan
Us-D	0,694	$U_s = -16,628 \ln(D) + 98,314$
V-D	0,909	$V = -0,072 D^2 + 25,3078 D + 510,066$
V-Us	0,885	$V = -3,173 U_s^2 + 155,127 U_s + 132,184$
Model Underwood		
Hubungan	r^2	Persamaan
Us-D	0,705	$U_s = 58,620 e^{(-0,011 D)}$
V-D	0,992	$V = -0,248 D^2 + 44,390 D + 108,166$
V-Us	0,987	$V = -2,699 D^2 + 141,604 D + 24,792$

Sumber: Hasil Analisis

Di samping model hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas seperti pada tabel di atas, dapat juga diperoleh karakteristik lalu lintas meliputi besarnya volume maksimum (V_m), Kecepatan saat volume maksimum (U_m), Kecepatan arus bebas, kepadatan saat volume maksimum (D_m) dari ke tiga model yang ditinjau yaitu model Greenshield, Greenberg dan Underwood.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Analisis Model Lalu Lintas

Parameter	Greenshield	Greenberg	Underwood
Volume Maksimum / V_m (smp/jam)	1719,92	2260,67	1960,3
Kecepatan Arus bebas/ U_f (km/jam)	54,3	49,8	58,6
Kecepatan Optimum / U_m (km/jam)	27,1	16,6	21,5
Kepadatan Optimum/ D_m (smp/km)	63,2	184,7	91

Sumber: Hasil Analisis

Pembahasan

Pada gambar 1 terlihat bahwa pada model greenberg koefisien determinasinya ($R^2 = 0,705$) paling besar jika dibandingkan dengan model greenshields dan underwood sehingga terdapat korelasi yang cukup kuat, tapi kepadatan jenuh (D_j) yang dihasilkan tak hingga (tidak terdefinisi) maka model greenberg dikatakan lemah. Dengan demikian walaupun model greenshields dari tnjauan statistik koefisien determinasinya lebih rendah dari model greenberg maka sesuai karakteristik lalu lintas pada jalan tersebut maka model greenshields yang dapat dikatakan paling sesuai dibandingkan ke dua model lainnya.

Dari model Greenshields yang dikatakan paling sesuai tersebut maka diperoleh model hubungan kecepatan-kepadatan (U_s - D) adalah $U_s = -0,431 D + 54,394$, Volume-Kepadatan (V - D) adalah $V = -0,430 D^2 + 54,393 D - 0,019$ dan Volume-kecepatan (V - U_s) adalah $V = -2,326 U_s^2 + 126,487 U_s$. Berdasarkan model terbaik yaitu model Greenshields maka karakteristik arus lalu lintas yang diperoleh adalah volume maksimum (V_m) sebesar 1719,92 smp/jam, Kecepatan Arus bebas (U_f) = 54,3 km/jam, Kecepatan Optimum (U_m) = 27,1 km/jam dan Kepadatan Optimum (D_m) = 63,2 smp/km

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada Jalan TGH Lopan Labuapi Lombok barat, maka diperoleh simpulan bahwa :

1. Model yang paling sesuai adalah model Greenshields dibandingkan model Greenberg dan model Underwood, sehingga dari model Greenshields diperoleh persamaan hubungan kecepatan-kepadatan adalah $U_s = -0,431 D + 54,394$, hubungan volume-kecepatan (V-U_s) dengan persamaan $V = -0,430 U_s^2 + 54,393 U_s - 0,019$, dan hubungan volume-kepadatan(V-D) dengan persamaan $V = -2,326 D^2 + 126,487 D$
2. Berdasarkan model yang paling sesuai maka diperoleh karakteristik lalu lintas pada jalan TGH Lopan Labuapi adalah volume maksimum (V_m) sebesar 1719,92 smp/jam , kecepatan arus bebas (U_f) = 54,3 km/jam, kecepatan optimum (U_m) = 27,1 km/jam dan kepadatan optimum (D_m) = 63,2 smp/km

Saran

Untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan pada Jalan Luar kota dengan dengan tipe jalan yang berbeda misalnya jalan 4/2 D ataupun tipe jalan 4/2 UD.

DAFTAR PUSTAKA

- Aly, S.H. (2012). Model Hubungan Karakteristik Makro Lalu Lintas yang Bersifat Heterogen di Kota Makassar. *Prosiding Teknik Sipil*. Universitas Hassanudin.
- Anonim. (1999). *Pedoman Perencanaan Dan Pengoperasian Lalu Lintas Di Wlayah Perkotaan*, Direktorat Jendral Perhubungan Darat. Jakarta
- Anonim. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Departemen Pengerjaan umum, Jakarta.
- Desmi, A., & Yanti, R. (2019). *Effectiveness of Characteristic Model of Traffic Flows in Simpang 4 Road Bireun (Comparison with Greenshield, Greenberg, Underwood) Methods*. 19(4).
- Donny Dwi J. I. (2012). *Analisa Perbandingan Perhitungan Kapasitas Metode MKJI 1997 Dengan Perhitungan Kapasitas Menggunakan Metode greenshield, Greenberg dan underwood terhadap MKJI 1997*.
- Fatimah S., (2019). *Pengantar Transportasi -Siti Fatimah -Google Buku*. InMyria Publisier
- HCM, 2000. *Highway Capacity Manual (HCM) 2000*. Transportation Research Board. National Research Council. Washington D.C.
- Morlok, E. K. (1991). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Putranto, L. S., (2013). *Rekayasa lalu Lintas*, Edisi 2, Jakarta
- Ririn G. (2015). *Analisa Perbandingan Perhitungan Kapasitas Menggunakan Greenshield, Greenberg, Dan Underwood Terhadap Perhitungan MKJI 1997*.
- Tamin, O. Z. (1991). *Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan Lalulintas, Jurnal Teknik Sipil*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan Permodelan Transportasi, Edisi Kedua. Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung*.
- Utama, G. P. (2016). *Analisa Perhitungan Hubungan Kecepatan, Volume, dan Kepadatan Arus Kendaraan pada Ruas Jalan Muhamad Yamin Kota Samarinda. Kurva S Jurnal Mahasiswa, 2(1), 1567*.