

# EVALUASI PERHITUNGAN KAPASITAS MENURUT METODE MKJI 1997 DAN METODE PERHITUNGAN KAPASITAS DENGAN MENGGUNAKAN ANALISA PERILAKU KARAKTERISTIK ARUS LALU LINTAS PADA RUAS JALAN ANTAR KOTA (STUDI KASUS MANADO - BITUNG)

Taufan Guntur Stallone Merentek  
Theo K. Sendow, Mecky R. E. Manoppo,  
Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado  
Email: [taufanmerentek@gmail.com](mailto:taufanmerentek@gmail.com)

## ABSTRAK

Ruas jalan Manado – Bitung sebagai jalan nasional harus dievaluasi untuk dapat dinilai karakteristiknya. Evaluasi kapasitas Ruas Jalan dapat dilakukan dengan menggunakan metode MKJI 1997 dan metode analisa perilaku karakteristik arus lalu lintas dengan metode Greenshields, Greenberg, dan Underwood. Kota Bitung merupakan kota pelabuhan sebagai pintu gerbang masuk dan keluarnya penumpang, barang dan kendaraan dari provinsi Sulawesi Utara. Kota Manado adalah ibukota propinsi Sulawesi Utara yang merupakan pusat kegiatan baik perekonomian, pendidikan, bahkan kegiatan lainnya.

Untuk mengevaluasi ruas jalan yang diteliti yaitu Ruas Jalan Manado - Bitung maka terlebih dahulu harus menentukan Kapasitas Ruas Jalan. Untuk penentuan kapasitas ruas jalan dapat dihitung dengan menggunakan MKJI 1997 dan metode analisa perilaku karakteristik arus lalu lintas seperti volume (flow), kecepatan (speed) dan kepadatan (density), atau dengan menggunakan model Greenshields, Greenberg, dan Underwood yang kemudian dibandingkan dengan kapasitas menggunakan metode MKJI 1997. Kapasitas dengan menggunakan pemodelan Greenshields, Greenberg, dan Underwood didapat dengan terlebih dahulu mencari hubungan matematis antara parameter Volume-Kecepatan-Kepadatan dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang tertinggi untuk tiga hari survey.

Dari hasil pemodelan didapat untuk model Greenshields koefisien tertinggi adalah hari Rabu, 31 Juli 2013 (arah Manado-Bitung) dengan  $R^2 = 0,6386$  dengan persamaan Hubungan ( $S-D$ ),  $S = 45,9717 - 0,4541.D$  dan Kapasitas ( $VM$ ) = 2835,394 smp/jam. Untuk model Greenberg yang memiliki koefisien determinasi tertinggi adalah hari Sabtu, 03 Agustus 2013 (arah Bitung-Manado) dengan  $R^2 = 0,718686$  dengan persamaan Hubungan ( $S - D$ ),  $S = 82,3752 - 14,9825.LnD$  dan Kapasitas ( $VM$ ) = 1346,124 smp/jam. Untuk model Underwood koefisien determinasi tertinggi adalah hari Rabu, 31 Juli 2013 dengan  $R^2 = 0,81108$  dengan persamaan Hubungan ( $S - D$ ),  $S = 49,77676.e^{-0,00998.D}$  dan Kapasitas ( $VM$ ) = 1172,17 smp/jam. Untuk perhitungan dengan menggunakan MKJI didapat kapasitas ( $VM$ ) = 2883 smp/jam. Berdasarkan perhitungan dari ketiga model tersebut yang paling mendekati dengan perhitungan MKJI adalah model Underwood dengan Kapasitas ( $VM$ ) = 2855.447467 smp/jam.

**Kata kunci :** Kapasitas, Greenshield, Greenberg, Underwood

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Permasalahan transportasi merupakan masalah yang selalu dihadapi oleh negara-negara maju dan juga oleh negara yang sedang berkembang seperti Indonesia, baik di bidang transportasi perkotaan maupun transportasi antar kota. Perkembangan yang ada disuatu daerah akan menyebabkan peningkatan ekonomi yang juga menyebabkan mobilitas seseorang

meningkat sehingga terjadi pergerakan lalu lintas yang cukup tinggi.

Kota Bitung merupakan kota pelabuhan sebagai pintu gerbang masuk dan keluarnya penumpang, barang dan kendaraan dari provinsi Sulawesi Utara. Kota Manado adalah ibu kota propinsi Sulawesi Utara yang merupakan pusat kegiatan baik perekonomian, pendidikan, bahkan kegiatan lainnya. Ruas jalan Manado - Bitung merupakan ruas jalan yang menghubungkan kedua kota ini.

Untuk menganalisa kinerja ruas jalan maka terlebih dahulu harus menentukan Kapasitas Ruas Jalan. Untuk penentuan kapasitas ruas jalan dapat dihitung dengan cara MKJI 1997 dan metode lainnya. Metode lainnya yang dimaksud adalah dengan menganalisa perilaku karakteristik arus lalu lintas seperti volume (flow), kecepatan (speed) dan kepadatan (density). Dengan mengetahui volume dan kecepatan maka bisa diketahui berapa kapasitas dari ruas jalan tersebut.

### **Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dirumuskan masalah sebagai berikut: “Apakah metode perhitungan kapasitas dengan menggunakan metode MKJI 1997 masih relevan digunakan pada saat ini? Dan membandingkan dengan metode lainnya yaitu metode perhitungan kapasitas menggunakan analisa perilaku karakteristik arus lalu lintas pada ruas jalan Ruas jalan Manado - Bitung sebagai jalan antar kota ?”

### **Batasan Masalah**

Mengingat akan keterbatasan waktu, tenaga, serta biaya, maka ruang lingkup permasalahan pada penelitian ini dibatasi oleh:

1. Untuk mendapatkan kapasitas digunakan metode Greenshield, Greenberg, dan Underwood dengan terlebih dahulu mengetahui hubungan matematis antara volume, kecepatan, dan kepadatan dengan MKJI '1997
2. Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan antar kota ( Manado - Bitung).

### **Tujuan Penulisan**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kapasitas dari ruas jalan antar kota Manado – Bitung dengan menggunakan metode Greenshield, Greenberg, dan Underwood.
2. Mengetahui kapasitas dari ruas jalan antar kota Manado – Bitung dengan menggunakan metode MKJI 1997.

### **Manfaat Penulisan**

Manfaat yang diharapkan dari penulisan ini adalah :

1. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan masukan bagi perencanaan dan pengoprasian lalu lintas sehingga dapat dihasilkan perencanaan yang tepat, efisien, dan efektif.

2. Dapat memberikan informasi yang penting khususnya kepada pemerintah dalam mengatur lalu lintas sehingga kemacetan dapat diatasi dengan baik.
3. Penelitian ini juga dapat memberikan manfaat bagi penulis dalam rangka menambah pengetahuan mengenai pengaruh kapasitas jalan terhadap arus lalu lintas yang ada.
4. Penelitian ini pun dapat menjadi sumber referensi untuk penelitian-penelitian lanjutan mengenai kapasitas jalan tersebut.

## **STUDI PUSTAKA**

### **Prasarana Jalan**

Jalan raya sebagai salah satu jenis prasarana transportasi darat (sub-sistem jaringan) untuk mengalirkan manusia dan barang (sub-sistem pergerakan), timbul karena adanya proses pemenuhan kebutuhan (sub-sistem kegiatan). Ketiga sub-sistem transportasi tersebut masing-masing saling terkait dan saling mempengaruhi.

Batas segmen harus ditempatkan di mana tipe medan berubah, walaupun karakteristik lainnya untuk geometrik, lalu-lintas dan lingkungan (hambatan) tetap sama. Tetapi tidak perlu memperlakukan tentang perubahan kecil pada geometriknya (misalnya perbedaan lebar jalur lalu-lintas yang kurang dari 0,5 m), terutama jika perubahan kecil tersebut sebentar-sebentar terjadi:

### **Tingkat Pelayanan Jalan**

Tingkat pelayanan jalan (Level of Service) adalah suatu ukuran yang digunakan untuk mengetahui kualitas suatu ruas jalan tertentu dalam melayani arus lalu-lintas yang melewatinya. Selain itu, tingkat pelayanan jalan dapat diartikan suatu ukuran untuk menyatakan kualitas pelayanan yang disediakan oleh suatu jalan dalam kondisi tertentu (Majalah Ilmiah Unikom, Vol.4). Salah satu unsur utama yang menyatakan tingkat pelayanan adalah waktu tempuh, biaya perjalanan (tarif dan bahan bakar), juga hal lain seperti kenyamanan, keamanan penumpang. Tingkat pelayanan jalan dapat dilihat dari perbandingan antara volume lalu-lintas dengan kapasitas jalan serta kecepatan lalu-lintas pada ruas jalan tersebut.

### **Perilaku Pengemudi**

Perilaku pengemudi dan populasi kendaraan (umur, tenaga dan kondisi

kendaraan dalam masing-masing kelas, sebagaimana ternyata dari komposisi kendaraan) adalah berbeda untuk berbagai daerah di Indonesia. Kendaraan yang lebih tua dari suatu tipe tertentu, atau perilaku pengemudi yang kurang gesit dapat menghasilkan kapasitas dan kinerja yang lebih rendah.

Bentuk dan Tekstur Agregat

### Klasifikasi Jalan

Jalan raya pada umumnya dapat digolongkan dalam 4 (empat) klasifikasi yaitu: klasifikasi menurut fungsi jalan, klasifikasi menurut kelas jalan, klasifikasi menurut medan jalan, dan klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan (Bina Marga 1997).

1. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan
2. Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan. Klasifikasi menurut wewenang pembinaannya terdiri dari Jalan Nasional, Jalan Provinsi, Jalan Kabupaten/Kotamadya dan Jalan Desa.
3. Klasifikasi Menurut Medan Jalan. Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Keseragaman proyeksi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rancangan trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segen rencana jalan tersebut.
4. Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.

### Karakteristik Jalan

Jalan atau jalan raya atau ruang milik jalan (RUMIJA) meliputi badan jalan, trotoar, drainase dan seluruh perlengkapan jalan yang terkait, seperti rambu lalu lintas, lampu penerangan lainnya. Segmen jalan didefinisikan sebagai panjang jalan yang tidak dipengaruhi oleh simpang bersinyal atau simpang tak bersinyal dan memiliki karakteristik yang hampir sama panjang jalannya.

Karakteristik utama jalan yang akan mempengaruhi kapasitas dan kinerjanya apabila dibebani lalu-lintas ditunjukkan di bawah. Setiap titik dari jalan tertentu yang mempunyai perubahan penting dalam rencana geometrik,

karakteristik arus lalu-lintas atau kegiatan samping jalan, menjadi batas segmen jalan.

### Geometrik

Geometrik adalah dimensi yang nyata dari suatu jalan beserta bagian-bagian yang disesuaikan dengan tuntutan serta sifat-sifat lalu-lintasnya. Informasi tentang kondisi geometrik jalan dalam menganalisa kinerja lalu-lintas sangatlah penting. Misalnya informasi tentang segmen jalan yang berupa :

- Tipe jalan adalah tipe potongan melintang yang ditentukan oleh jumlah lajur dan arah pada suatu segmen jalan, misalnya 4 lajur 2 arah terbagi (4/2 D).
- Lebar jalur lalu - lintas adalah lebar dari jalur jalan yang dapat dilewati oleh kendaraan diluar bahu jalan, penambahan lebar jalur suatu jalan akan meningkatkan kecepatan arus bebas dan kapasitas jalan tersebut.
- Karakteristik bahu: kapasitas, dan kecepatan pada arus tertentu, bertambah sedikit dengan bertambahnya lebar bahu. Kapasitas berkurang jika terdapat penghalang tetap dekat pada tepi jalur lalu-lintas.
- Ada atau tidaknya median (terbagi atau tak terbagi): median yang direncanakan dengan baik meningkatkan kapasitas. Tetapi mungkin ada alasan lain mengapa median tidak diinginkan, misalnya kekurangan tempat, biaya, jalan masuk ke prasarana samping jalan dsb.
- Lengkung vertikal: ini mempunyai dua pengaruh, makin berbukit jalannya, makin lambat kendaraan bergerak di tanjakan (ini biasanya tidak diimbangi di turunan) dan juga pundak bukit mengurangi jarak pandang. Kedua pengaruh ini mengurangi kapasitas dan kinerja pada arus tertentu.
- Lengkung Horisontal: Jalan dengan banyak tikungan tajam memaksa kendaraan untuk bergerak lebih lambat dari pada di jalan lurus, agar yakin bahwa ban mempertahankan gesekan yang aman dengan permukaan jalan. Lengkung horisontal dan vertikal dapat dinyatakan sebagai tipe alinyemen umum (datar, bukit atau gunung). Mereka sering juga dihubungkan dengan kelas jarak pandang. Lengkung vertikal dan horisontal adalah sangat penting pada jalan dua-lajur dua-arah.

- Jarak pandang: Apabila jarak pandangnya panjang, menyalip akan lebih mudah dan kecepatan serta kapasitas lebih tinggi. Meskipun sebagian tergantung pada lengkung vertikal dan horisontal, jarak pandang juga tergantung pada ada atau tidaknya penghalang pandangan dari tumbuhan, pagar, bangunan dan lain-lain.
- Alinyemen Jalan : Perencanaan lengkung horizontal dengan jari-jari yang kecil akan mengurangi kecepatan arus bebas. Tanjakan yang curam juga akan mempengaruhi kecepatan arus bebas.

### Hambatan Samping

Kondisi lingkungan dan adanya tempat-tempat yang menimbulkan bangkitan dan tarikan lalu lintas seperti pertokoan dan perkantoran selalu diikuti kegiatan samping, misalnya pejalan kaki, parkir kendaraan, keluar dan masuk kendaraan, naik dan turun penumpang kendaraan umum, kendaraan lambat, dan pedagang kaki lima. Dalam MKJI kegiatan samping tersebut disebut dengan ‘faktor hambatan samping’. Hambatan samping adalah istilah yang digunakan untuk menunjukkan keterkaitan antara arus lalu lintas dan kegiatan sepanjang sisi jalan.

Hambatan samping yang telah terbukti sangat berpengaruh pada kapasitas dan kinerja jalan luar kota adalah:

- Pejalan kaki;
- Pemberhentian angkutan umum dan kendaraan lain;
- Kendaraan lambat (misal becak, kereta kuda);
- Kendaraan masuk dan keluar dari lahan di samping jalan.

### Karakteristik Arus Lalu lintas

#### Satuan Mobil Penumpang

Pengaruh jenis-jenis kelompok kendaraan terhadap arus lalu-lintas campuran sangat berbeda besarnya, faktor penyebabnya adalah karena adanya perbedaan karakteristik dari kendaraan itu. Satuan mobil penumpang adalah satuan arus lalu lintas, dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) (MKJI 1997).

Penggunaan ini dimaksudkan agar analisis lalu lintas mudah dilakukan. Faktor satuan mobil penumpang (smp) masing-masing kendaraan bermotor menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997), untuk jalan perkotaan adalah sebagai berikut:

- Kendaraan Berat ( HV / Heavy Vehicle )
- Kendaraan Ringan ( LV / Light Vehicle )
- Sepeda Motor ( MC / Motor Cycle )

#### Kendaraan Ringan / Kecil (LV)

Kendaraan ringan / kecil adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dan dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (meliputi : mobil penumpang, oplet, mikrobus, pick up, dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi bina marga).

#### Kendaraan Berat / Besar (HV)

- Bus Besar yaitu bus dengan dua atau tiga gander dengan jarak as 5,0 – 6,0.
- Truk Besar yaitu truk tiga gander dan truk kombinasi tiga, jarak gander (gander pertama ke gander kedua) < 3,5 m (sesuai system klasifikasi Bina Marga).

#### Sepeda Motor (MC)

Kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda (meliputi sepeda motor dan kendaraan roda tiga, sesuai system klasifikasi Bina Marga).

#### Kendaraan Tak Bermotor (UM)

Kendaraan dengan roda yang digerakan oleh orang atau hewan (meliputi : sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai klasifikasi Bina Marga). Kendaraan tak bermotor tidak dianggap sebagai bagian dari arus lalu lintas tetapi sebagai unsur hambatan samping.

### Volume Arus Lalu Lintas

Sebagai ukuran dari kuantitas arus lalu-lintas atau jumlah lalu-lintas yang melewatisuatu titik pada suatu jalur jalan selama selang waktu tertentu adalah volume dan tingkat alur lalu-lintas. Besarnya arus lalu lintas dinyatakan dengan volume (volume = V) dan atau arus (rate of flow = q) yang keduanya menunjukkan jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan pada ruas jalan per satuan waktu, sehingga dapat dinyatakan dalam persamaan (MKJI, 1997):

$$V = Q = n / T \quad \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

V = Volume lalu lintas

Q = Arus lalu lintas (rate of flow)

N = Jumlah kendaraan yang melewati titik pengamatan  
 T = Interval waktu pengamatan

**Kecepatan (Speed)**

Kecepatan adalah rata-rata jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan pada suatu ruas jalan dalam satu satuan waktu tertentu. Kecepatan dalam teknik lalu lintas yang sering digunakan (Hobbs, F. D. 1995) yaitu:

- Kecepatan sesaat (spot speed) adalah kecepatan pada suatu saat tertentu.
- Kecepatan bergerak (running speed) adalah kecepatan pada saat kendaraan sedang bergerak.
- Kecepatan perjalanan (overall travel speed) adalah waktu komulatif yang bias ditempuh dari suatu panjang/segmen jalan, didalamnya
- termasuk unsur waktu berhenti dan waktu bergerak.

Dengan didapatnya waktu perjalanan, jarak perjalanan, dan waktu tundaan maka kecepatan perjalanan dan kecepatan bergerak akan didapat. Dapat dinyatakan dalam rumus (2.2) sebagai berikut:

$$S = d / t \quad \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

S = Kecepatan (km/jam, m/det)  
 d = Jarak yang ditempuh kendaraan (km, m)  
 t = Waktu tempuh kendaraan (jam, det)

**Kecepatan Arus Bebas**

Kecepatan arus bebas (FV) didefinisikan sebagai kecepatan pada tingkat arus 0 (nol), yaitu kecepatan yang akan dipilih pengemudi jika mengendarai kendaraan bermotor tanpa pengaruh kendaraan lain di jalan.

Kecepatan arus bebas telah diamati melalui pengumpulan data lapangan, hubungan antara kecepatan arus bebas dengan kondisi geometrik dan lingkungan telah ditentukan dengan metode regresi. Kecepatan arus bebas kendaraan ringan telah dipilih sebagai kriteria dasar untuk kinerja ruas jalan pada arus = 0 (nol).

**Kepadatan / Kerapatan (Density)**

Menurut Morlock, E. K (1991), kepadatan lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang lewat pada suatu bagian tertentu dari sebuah jalur dalam satu atau dua arah selama jangka waktu tertentu, keadaan jalan serta lalu lintas tertentu pula, dan dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$D = V / S \quad \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

D = Kepadatan kendaraan (kendaraan/km)  
 V = Volume kendaraan (kendaraan/jam)  
 S = Kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam)

**Kapasitas**

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu. Menurut buku Standar Geometrik Jalan Perkotaan yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga (1999), "Kapasitas Dasar" didefinisikan sebagai volume maksimum kendaraan per jam yang dapat melalui suatu potongan lajur jalan (untuk jalan muti lajur) atau suatu potongan jalan (untuk jalan 4 lajur) pada kondisi jalan dan arus lalu lintas jalan yang ideal. Kondisi ideal dinyatakan sebagai suatu kondisi dimana peningkatan kondisi jalan lebih lanjut dan perubahan kondisi cuaca tidak akan menghasilkan pertambahan nilai kapasitas.

Kapasitas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang sehingga perlu adanya faktor koreksi untuk jenis kendaraan diluar kendaraan mobil penumpang (van, pick-up, dan jeep).

Tabel 1. Satuan Mobil Penumpang Untuk Jalan Luar Kota 2/2 UD.

Sumber: MKJI (1997)

Tipe alinyemen	Arus total (kend/jam)	Emp					
		MHV	LB	LT	MC		
					Lebar jalur lalu-kintas (m)		
<6	6-8	>8					
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	≥1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≥1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

Persamaan umum untuk menghitung kapasitas suatu ruas jalan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997) untuk daerah luar kota adalah sebagai berikut :

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_p \times FC_{sf} \quad \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

C = kapasitas (smp/jam)  
 C<sub>0</sub> = kapasitas dasar (smp/jam)

$FC_w$  = faktor penyesuaian lebar jalan  
 $FC_{sp}$  = faktor penyesuaian arah lalu lintas  
 $FC_{sf}$  = faktor penyesuaian gesekan samping dan kerib  
 $FC_{cs}$  = faktor ukuran kota

**Kapasitas Dasar Jalan**

Ditentukan berdasarkan tipe jalan sesuai dengan yang tertera pada Tabel berikut :

**Tabel 2. Kapasitas Dasar Jalan Luar Kota**

Tipe jalan / tipe alinyemen	Kapasitas dasar total kedua arah
Datar	3100
Bukit	3000
Gunung	2900

Sumber: MKJI (1997)

**Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Pemisah Arah ( $FC_{sp}$ )**

Didasarkan pada kondisi arus lalu lintas dari kedua arah untuk jalan tanpa pembatas median. Untuk jalan satu arah atau jalan dengan pembatas median faktor penyesuaian kapasitas pemisahan arah adalah 1,0.

**Tabel 3. Faktor Penyesuaian Pemisah Arah ( $FC_{sp}$ ) Untuk Jalan Luar Kota**

Pemisah arah SP % - %		50 - 50	55 - 45	60 - 40	65 - 35	70 - 30
$FC_{sp}$	Dua lajur (2/2)	1.000	0.970	0.940	0.910	0.880
	Empat lajur (4/2)	1.000	0.975	0.950	0.925	0.900

Sumber: MKJI (1997)

**Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Pengaruh Lebar Jalur Lalu-Lintas Perkotaan ( $FC_w$ )**

Ditentukan berdasarkan lebar jalan efektif yang dapat dilihat dalam tabel 4..

**Tabel 4 Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Lebar Jalur Lalu Lintas ( $FC_w$ ) Untuk Jalan Luar Kota**

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu Lintas Efektif ( $W_e$ ) (m)	$FC_w$
Empat lajur terbagi atau jalan satu arah	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
Dua lajur tak terbagi	Total dua arah	
	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
11	1,27	

Sumber: MKJI (1997)

**Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Pengaruh Hambatan Samping ( $FC_{sf}$ )**

**Tabel 5. Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Hambatan Samping ( $FC_{sf}$ ) (Jalan Dengan Bahu) Untuk Jalan Luar Kota**

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian Untuk Hambatan Samping dan Lebar Bahu ( $FC_{sf}$ )			
		Lebar Bahu Efektif ( $W_s$ ), m			
		≤ 0,5 m	1,0 m	1,5 m	≥ 2m
Empat lajur terbagi 4/2 D	Sangat Rendah	0,96	0,98	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,88	0,92	0,95	0,98
	Sangat Tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
Empat lajur tak terbagi 4/2 UD	Sangat Rendah	0,96	0,99	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	1,98
	Sangat Tinggi	0,80	0,86	0,90	1,95
Dua lajur tak terbagi 2/2 UD atau jalan satu arah	Sangat Rendah	0,94	0,96	0,99	1,01
	Rendah	0,92	0,94	0,97	1,00
	Sedang	0,89	0,92	0,95	1,98
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	1,95
	Sangat Tinggi	0,73	0,79	0,85	1,91

Sumber: MKJI (1997)

**Hubungan Matematis Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Lalu Lintas**

Karakteristik arus lalu lintas sangat perlu dipelajari dalam menganalisis arus lalu lintas. Untuk dapat mempresentasikan karakteristik arus lalu lintas dengan baik, dikenal tiga parameter utama yang saling berhubungan secara matematis satu dengan yang lainnya, yaitu:

- a) Arus (*Volume*) lalu lintas, dinyatakan dengan notasi *V* adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dengan ruas jalan tertentu dalam satu kajian waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan smp/jam.
- b) Kepadatan (*Density*) lalu lintas, dinyatakan dalam notasi *D* adalah jumlah kendaraan yang berada dalam satu satuan panjang jalan tertentu, biasanya dinyatakan dalam kendaraan/km.
- c) Kecepatan (*Speed*) lalu lintas, dinyatakan dengan notasi *S* adalah jarak yang dapat ditempuh dalam satu satuan jarak tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan km/jam.

Hubungan matematis antara kecepatan, arus, dan kepadatan dapat dinyatakan dengan persamaan (5) berikut:

$$V = D \cdot S \quad \dots \quad (5)$$

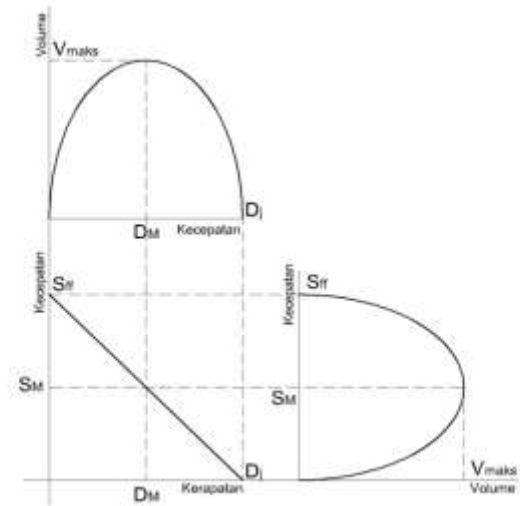
Dimana:

- V* = Arus (smp/jam)
- D* = Kepadatan (kend/km)
- S* = Kecepatan (km/jam)

Hubungan matematis antar parameter tersebut dapat juga dijelaskan dengan menggunakan Gambar 2.1 yang memperlihatkan bentuk umum hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan (*S – D*), Arus – Kepadatan (*V – D*), dan Arus – Kecepatan (*V – S*).

Dimana:

- V*<sub>maks</sub> = Kapasitas atau volume maksimum
- S*<sub>m</sub> = Kecepatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum
- D*<sub>m</sub> = Kepadatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum
- S*<sub>ff</sub> = Kecepatan pada kondisi volume lalu lintas sangat rendah
- D*<sub>j</sub> = Kepadatan kondisi volume lalu lintas macet total.



Gambar 2.1 Hubungan matematis antara arus/volume, kecepatan dan kepadatan. Dimodifikasi dari Tamin, 1992

Hubungan matematis antara kecepatan – kepadatan monoton ke bawah yang menyatakan bahwa apabila kepadatan lalu lintas meningkat, maka kecepatan akan menurun. Volume lalu lintas akan menjadi nol apabila kepadatan sangat tinggi sedemikian rupa sehingga tidak memungkinkan kendaraan untuk bergerak lagi. Kondisi seperti ini dikenal dengan kondisi macet total. Apabila kepadatan meningkat dari nol, maka kecepatan akan menurun sedangkan volume lalu lintas akan meningkat. Apabila kepadatan terus meningkat, maka akan dicapai suatu kondisi dimana peningkatan kepadatan tidak akan meningkatkan volume lalu lintas, malah sebaliknya akan menurunkan volume lalu lintas (lihat gambar 1). titik maksimum volume lalu lintas tersebut dinyatakan dengan kapasitas arus.

Ada tiga jenis model yang dapat digunakan untuk mempresentasikan hubungan matematis antara ke tiga parameter tersebut, yaitu:

1. Model Greenshields
2. Model Greenberg
3. Model Underwood

**Model Greenshields**

Greenshields merumuskan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan–Kepadatan diasumsikan linear (Ofyar Tamin, 2000), seperti yang dinyatakan dalam persamaan (6).

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D \quad \dots \quad (6)$$

Dimana:

- S* = Kecepatan (km/jam)

Sff = Kecepatan pada saat kondisi lalu lintas sangat rendah atau pada kondisi kepadatan mendekati nol atau kecepatan mendekati nol atau kecepatan arus bebas (km/jam)

Dj = Kepadatan pada kondisi arus lalu lintas macet total (kend/km)

Hubungan matematis antara Arus–Kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (5), dan selanjutnya dengan memasukan persamaan (6) ke persamaan (5), maka bisa diturunkan persamaan (3) – (4).

$$S = \frac{V}{D} \dots\dots\dots(3)$$

$$\frac{V}{D} = Sff - \frac{Sff}{Dj} \cdot D \dots\dots\dots(4)$$

$$V = D \cdot Sff - \frac{Sff}{Dj} \cdot D^2 \dots\dots\dots(5)$$

Persamaan (5) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus–Kepadatan. Kondisi arus maksimum (VM) bisa didapat pada saat arus D = DM. Nilai D = DM bisa di dapat melalui persamaan.

Hubungan matematis antara Arus–Kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (5), dan dengan memasukan ke dalam persamaan (6) ke persamaan (10), maka bisa diturunkan melalui persamaan (10) – (13).

$$D = \frac{V}{S} \dots\dots\dots(10)$$

$$S = Sff - \frac{Sff}{Dj} \cdot \frac{V}{S} \dots\dots\dots(11)$$

$$\frac{Sff}{Dj} \cdot \frac{V}{S} = Sff - S \dots\dots\dots(12)$$

$$V = Dj \cdot S - \frac{Dj}{Sff} \cdot S^2 \dots\dots\dots(13)$$

Persamaan (13) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus–Kecepatan.

Kondisi arus maksimum/ Kapasitas (VM) didapat dengan persamaan:

$$V_M = \frac{Dj \times Sff}{4} \dots\dots\dots(14)$$

Kondisi kepadatan maksimum (DM) didapat dengan persamaan:

$$D_M = \frac{Dj}{2} \dots\dots\dots(15)$$

Kondisi kecepatan pada saat arus maksimum (SM) didapat dengan persamaan:

$$S_M = \frac{Sff}{2} \dots\dots\dots(16)$$

**Model Greenberg**

Greenberg mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan–Kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi logaritmik (Ofyar Tamin, 2000).

$$D = C \cdot e^{bS} \dots\dots\dots(17)$$

Dimana C dan b bukan merupakan konstanta.

Jika persamaan (17) dinyatakan dalam bentuk logaritma natural, maka persamaan (17) dapat dinyatakan kembali sebagai persamaan (18), sehingga hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan selanjutnya dinyatakan dalam persamaan (20).

$$\ln D = \ln C + bS \dots\dots\dots(18)$$

$$bS = \ln D - \ln C \dots\dots\dots(19)$$

$$S = \frac{\ln D}{b} - \frac{\ln C}{b} \dots\dots\dots(20)$$

Hubungan matematis antara Arus – Kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (5), dan dengan memasukan persamaan (20) ke persamaan (24), maka bisa diturunkan persamaan (21) – (22).

$$\frac{V}{D} = \frac{\ln D}{b} - \frac{\ln C}{b} \dots\dots\dots(21)$$

$$V = \frac{D \ln D}{b} - \frac{D \ln C}{b} \dots\dots\dots(22)$$

Persamaan (18) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus – Kepadatan.

Hubungan matematis antara Arus – Kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (5), dan selanjutnya dengan memasukan persamaan (10) ke persamaan (16), maka bisa diturunkan persamaan (23) - (24).

$$\frac{V}{S} = C \cdot e^{bS} \dots\dots\dots(23)$$

$$V = S \cdot C \cdot e^{bS} \dots\dots\dots(24)$$

Persamaan (24) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus – Kecepatan (Kapasitas).

Model Greenberg tidak valid untuk kepadatan yang kecil, untuk  $D = \infty$  (mendeteksi nol),  $S = \infty$ .

Kondisi kepadatan maksimum (DM) didapat dengan persamaan:

$$D_M = e^{\ln C - 1} \dots\dots\dots(25)$$

Kondisi kecepatan pada saat arus maksimum (SM) didapat dengan persamaan:

$$S_M = -\frac{1}{b} \dots\dots\dots(26)$$



**Model Underwood**

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi eksponensial (Ofyar Tamin,2000). Persamaan dasar model Underwood dapat dinyatakan melalui persamaan (2.28).

$$S = S_{ff} \cdot e^{-\frac{D}{D_M}} \dots\dots\dots(28)$$

Dimana:

- $S_{ff}$  = Kecepatan arus bebas
- $D_M$  = Kepadatan pada kondisi arus maksimum

Jika persamaan (28) dinyatakan dalam bentuk logaritma natural, maka persamaan (28) dapat dinyatakan kembali sebagai persamaan (29) sehingga hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan, selanjutnya dapat juga dinyatakan dalam persamaan (29).

$$\ln S = \ln S_{ff} - \frac{D}{D_M} \dots\dots\dots(29)$$

Hubungan matematis antara Arus – Kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (5) dan dengan memasukkan persamaan (7) ke persamaan (8), bisa diturunkan persamaan (30) – (31).

$$\frac{V}{D} = S_{ff} \cdot e^{-\frac{D}{D_M}} \dots\dots\dots(30)$$

$$V = D \cdot S_{ff} \cdot e^{-\frac{D}{D_M}} \dots\dots\dots(31)$$

Persamaan (31) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus – Kepadatan.

Hubungan matematis antara Arus – Kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (5), dan selanjutnya dengan memasukkan persamaan (10) ke persamaan (20), bisa diturunkan persamaan (32) – (35).

$$S = S_{ff} \cdot e^{-\frac{V}{S \cdot D_M}} \dots\dots\dots(32)$$

$$\ln S = \ln S_{ff} - \frac{V}{S \cdot D_M} \dots\dots\dots(33)$$

$$\frac{V}{S \cdot D_M} = \ln S_{ff} - \ln S \dots\dots\dots(34)$$

$$V = S \cdot D_M (\ln S_{ff} - \ln S)$$

Persamaan (35) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus – Kecepatan (Kapasitas).

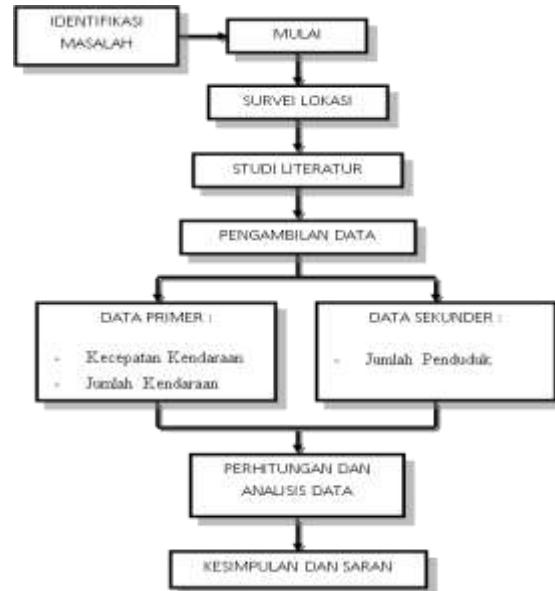
Model Underwood tidak valid untuk kepadatan yang tinggi, karena kecepatan tidak pernah mencapai nol pada saat kepadatan yang tinggi.

Kondisi kecepatan pada saat arus maksimum ( $S_M$ ) didapat dengan persamaan:

$$S_M = e^{\ln S_{ff} - 1} \dots\dots\dots(36)$$

**METODE PENELITIAN**

**Tahapan Penelitian**



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian  
Sumber : Analiisa Data 2013

**Metode Pengumpulan Data**

a. Data Primer

Berdasarkan survey langsung dilapangan, maka data yang didapat sebagai berikut :

- Volume
- Kecepatan
- Geometrik Jalan

Pengambilan data dilakukan selama 7 hari yaitu pada hari senin, selasa, rabu kamis, sabtu. Jumat, sabtu, dan minggu. Sedangkan interval waktu pengamatan akan dilakukan selama lima menit. Dan penelitian ini dilakukan selama 15 jam yaitu pada jam 06.00-21.00.

Adapun peralatan yang digunakan antara lain:

- Satu buah meteran atau pita ukur, digunakan untuk mengukur jarak serta lebar dari ruas jalan yang akan diamati.
- Speed gun, digunakan untuk mendapatkan kecepatan kendaraan yang melewati titik pengamatan.

- Stop watch atau jam, digunakan untuk mengetahui waktu serta periode pengamatan.
- Counter, digunakan untuk menghitung jumlah atau volume kendaraan yang melewati titik pengamatan.
- Formulir survey, yang terdiri dari formulir survey volume dan survey kecepatan.
- Alat tulis-menulis.

#### Data Volume Lalu Lintas

Perhitungan volume kendaraan dilakukan selama 7 hari dari hari senin sampai hari minggu dengan waktu 15 (lima belas) jam/hari yaitu mulai pukul 06.00-21.00. Dengan mencatat jumlah kendaraan yang melalui suatu titik tinjauan yang telah ditetapkan dalam interval waktu tertentu untuk masing-masing jenis kendaraan.

Dalam melaksanakan survey ini, kendaraan yang melewati titik pengamatan dibedakan dalam beberapa jenis yaitu:

- Kendaraan ringan (Light Vehicle)  
Terdiri dari kendaraan bermotor beroda 4 termasuk mobil penumpang.
- Kendaraan berat (Heavy Vehicle)  
Terdiri dari kendaraan bermotor yang mempunyai lebih dari 4 roda termasuk truk 2 gandar dan kombinasi truk lainnya.
- Sepeda Motor (Motor Cycle)  
Terdiri dari kendaraan bermotor beroda 2 atau 3 termasuk sepeda motor dan kendaraan roda 3 lainnya.
- Kendaraan tidak bermotor  
Terdiri dari kendaraan yang tak bermotor yang digerakan oleh manusia ataupun hewan, seperti : sepeda, kereta kuda, kereta dorong dll.  
Alat yang digunakan yaitu formulir survei, stopwatch, counter, dan alat tulis.

#### Data Kecepatan

Adapun pengambilan data kecepatan dilakukan pada saat yang bersamaan dengan data volume kendaraan. Dalam waktu Pencatatan data kecepatan ini yaitu waktu tempuh kendaraan bermotor.

Dalam waktu 5 menit, untuk masing-masing kendaraan baik kendaraan ringan maupun kendaraan berat diambil data waktu tempuh secara random sebanyak (kurang-lebih) 10 sampel. Pengamatan dilakukan oleh 1 atau 2 orang pengamat yang ditempatkan pada tiap pos pengamatan dengan menggunakan speed gun dan

stopwatch. Adapun cara pengambilan data kecepatan kendaran sebagai berikut :

- Adapun pengamat 1 atau 2 orang selain dari pengamat volume, bertugas menghitung kecepatan kendaraan ketika kendaraan melewati sang pengamat dengan menggunakan speed gun.
- Pergantian waktu pengamatan dapat dilakukan bersamaan dengan pergantian waktu pada pengambilan data volume kendaraan.
- Pos pengamatan perhitungan kecepatan kendaraan dapat bersamaan dengan pos pengamatan volume kendaraan.

#### Data Kondisi Geometrik Jalan

Geometrik adalah dimensi yang nyata dari suatu jalan beserta bagian-bagian yang disesuaikan dengan tuntutan serta sifat-sifat lalu-lintasnya. Informasi tentang kondisi geometrik jalan dalam menganalisa kinerja lalu-lintas sangatlah penting. Data geometrik yang didapat akan mempengaruhi penentuan faktor penyesuaian untuk perhitungan dan penentuan kinerja lalu lintas.

Adapun data geometrik yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

- Panjang Jalan (m)
- Lebar Jalan (m)
- Tipe Jalan
- Jumlah Lajur

#### b. Data Sekunder

Data yang didapat dari instansi terkait, Data jumlah penduduk dianggap sebagai data sekunder karena didapat dari badan pusat statistik Sulawesi utara. Data ini dipergunakan untuk menentukan karakteristik yang sesuai dengan metode yang akan digunakan yaitu MKJI 1997

#### **Analisa Regresi Linier**

Analisis regresi Linier adalah metode statistic yang dapat digunakan untuk mempelajari hubungan antarsifat permasalahan yang sedang diselidiki. Model analisis regresi linier dapat memodelkan hubungan antara dua peubah atau lebih. Pada model ini terdapat peubah tidak bebas (y) yang mempunyai hubungan fungsional dengan satu atau lebih peubah bebas (xi). Dalam kasus yang paling sederhana, hubungan secara umum dapat dinyatakan dalam persamaan berikut (3.1) berikut:

$$Y = A + BX \quad \dots (36)$$

Dimana: Y = Peubah tidak b  
X = Peubah bebas  
A = Konstanta regresi

B = Koefisien Regresi

Konstanta A dan koefisien regresi B dapat dihitung dari persamaan normal sederhana:

$$\begin{aligned} \sum y &= n.A + B.\sum x \\ \sum xy &= A.\sum x + B.\sum x^2 \end{aligned}$$

Parameter A dan B dapat diperkirakan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil yang meminimumkan total kuadratis residual antara hasil model dengan hasil pengamatan. Nilai Parameter A dan B bisa didapatkan dari persamaan (3.2) dan (3.3) berikut (Tamin, 2000).

**Analisa Korelasi**

Derajat atau tingkat hubungan antara dua variabel diukur dengan Indeks Korelasi, yang disebut sebagai koefisien korelasi dan ditulis dengan symbol R. apabila nilai koefisien korelasi tersebut dikuadratkan ( $R^2$ ), maka disebut sebagai koefisien *determinasi* yang berfungsi untuk melihat sejauh mana ketepatan fungsi *regresi*.

Nilai koefisien korelasi dapat dihitung dengan memakai rumus :

$$R = \frac{n \sum (XiYi) - (\sum Xi) \sum (Yi)}{\sqrt{(n \sum (Xi^2) - \sum (Xi)^2)(n \sum (Yi^2) - \sum (Yi)^2)}}$$

Dimana :

- R = koefisien korelasi
- $R^2$  = koefisien determinasi

**Analisa Regresi Non Linier/Kurva Estimasi**

Regresi non linier merupakan suatu cara membuktikan suatu hipotesis jika regresi liniernya tidak didapat yaitu dilihat letak titik-titik liniernya dalam diagram sangat menyimpang dari letak titik-titik yang sebenarnya.

Oleh karena itu perlu memperbaikinya dengan regresi non linier. Berikut ini adalah beberapa bentuk metode regresi non linier:

a. Metode Exponensial

Perkiraan untuk model ini, yang persamaannya adalah :

$$Y = abx \dots\dots\dots(5)$$

Ternyata dapat dikembalikan kepada model linier apabila diambil logaritmanya. Sehingga dalam logaritma persamaannya menjadi :

$$\text{Log } Y = \text{Log } a + (\text{log } b)X \dots\dots\dots(3.6)$$

Dan apabila diambil  $Y = \text{Log } Y$  ;  $a = \text{Log } a$  ; dan  $b = \text{Log } b$ , maka diperoleh model liniernya :

$$Y = a + bX$$

b. Metode Logaritmic

Taksiran untuk model ini dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y = a + b \text{Ln } X \dots\dots\dots(8)$$

**PENYAJIAN DATA DAN ANALISIS DATA**

**Presentasi Data**

Ruas jalan yang ditinjau adalah Jalan raya Manado - Bitung dengan segmen depan Apotik Anugerah.

Secara rinci data ruas jalan pada jalan raya Manado-Bitung dapat di jelaskan sebagai berikut :

- Terdiri dari 2 lajur, 2 arah.
- Lebar masing-masing lajur 3,5 m.
- Pemisah arah berupa marka garis lurus terputus-putus.
- Kondisi perkerasan relatif baik

**Data Primer**

a) Data Volume

Untuk mendapatkan volume lalu lintas dalam satuan mobil penumpang (smp) maka data kendaraan tiap interval lima menit yang diperoleh dari hasil survey di jalan raya Manado – Bitung dikalikan dengan faktor ekivalensi smp untuk setiap jenis kendaraan dan kemudian dijumlahkan maka diperoleh volume lalu lintas untuk tiap lima menit. Pada analisis ini dilakukan perhitungan volume lalu lintas total untuk kendaraan bermotor.

Faktor ekivalensi smp yang digunakan dalam perhitungan volume lalu lintas ini bersumber dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997). Faktor ekivalen masing-masing kendaraan menurut MKJI 1997 adalah sebagai berikut :

- Kendaraan Ringan (LV) = 1,0
- Kendaraan Berat (HV) = 1,804
- Sepeda Motor (MC) = 0,64

b) Kecepatan (Speed)

Kecepatan adalah rata-rata jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan pada suatu ruas jalan dalam satu satuan waktu tertentu. Kecepatan dalam teknik lalu lintas yang sering digunakan (Hobbs, F. D. 1995) yaitu:

- Kecepatan sesaat (*spot speed*) adalah kecepatan pada suatu saat tertentu.
- Kecepatan bergerak (*running speed*) adalah kecepatan pada saat kendaraan sedang bergerak.

- Kecepatan perjalanan (*overall travel speed*) adalah waktu kumulatif yang bias ditempuh dari suatu panjang/segmen jalan, didalamnya termasuk unsur waktu berhenti dan waktu bergerak.

Data Sekunder

a) Data Geometrik Jalan

Data geometrik yang didapat akan mempengaruhi penentuan faktor penyesuaian untuk perhitungan dan penentuan kinerja lalu lintas.

**Analisa Volume lalu lintas**

Contoh perhitungan volume

Perhitungan volume kendaraan dapat menggunakan persamaan (2.1).

$$V = Q \cdot T$$

Dimana :

- V = Volume lalu lintas
  - Q = Arus lalu lintas (rate of flow)
  - n = Jumlah kendaraan yang melewati titik pengamatan
  - T = Interval waktu pengamatan
- Faktor ekivalen masing-masing kendaraan menurut MKJI 1997 adalah sebagai berikut :

- Kendaraan Ringan (LV) = 1,0
- Kendaraan Berat (HV) = 1,804
- Sepeda Motor (MC) = 0,64

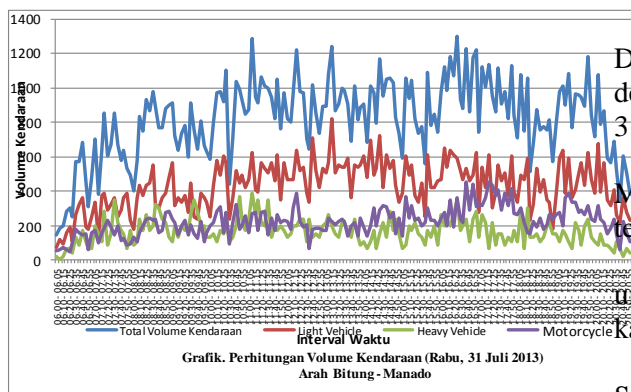
Contoh perhitungan volume diambil pada hari rabu 31 juli 2013, pl. 13.15 – 13.20 arah Bitung - Manado.

Kendaraan ringan ( LV ) :  $V = n / T$   
 $= ( 55 \times 1 ) / 0,083$   
 $= 662,651 \text{ smp/jam}$

Kendaraan Berat ( HV ) :  $V = ( 13 \times 1,804 ) / 0,083$   
 $= 282,554 \text{ smp/jam}$

Sepeda Motor ( MC ) :  $V = ( 25 \times 0,64 ) / 0,083$   
 $= 192,771 \text{ smp/jam}$

Volume total =  $662,651 + 282,554 + 192,771$   
 $= 1137,976 \text{ smp/jam}$



**Gambar 4.4.** Volume Kendaraan pada arah Jalan raya Bitung – Manado (Rabu 31 Juli 2013)  
 Sumber : Analisa Data, 2015

**Analisa Kecepatan Kendaraan (S)**

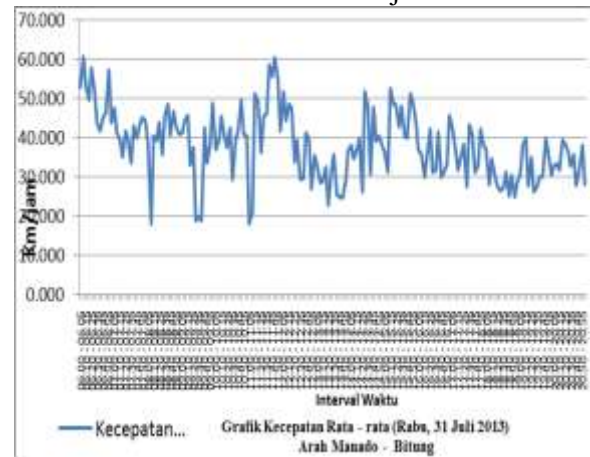
Dengan didapatnya jarak tempuh dan waktu tempuh kendaraan maka kecepatan rata-rata dapat dicari dengan menggunakan persamaan ( 2.2 ) :

$$S = d/t$$

Dimana :

- S = Kecepatan (Km/jam)
- d = Jarak Tempuh (m)
- t = Waktu tempuh kendaraan (det)

Dalam perhitungan ini penulis menggunakan kecepatan rata-rata dan sejumlah sampel yang sudah diambil kemudian didapat kecepatan kendaraan dalam meter/det dan kemudian dikonversi dalam km/jam.



**Gambar 4.6.** Kecepatan Rata-rata Kendaraan arah Bitung - Manado (Rabu, 31 Juli 2013)  
 Sumber : Analisa data, 2015

**Analisa Kapasitas (C) Dengan Menggunakan MKJI 1997**

Untuk perhitungan Kapasitas diperoleh dengan menggunakan persamaan ( 2.9 ) :

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF}$$

Dimana :

- C = Kapasitas (smp/jam)
- C<sub>0</sub> = Kapasitas Dasar (smp/jam).

Digunakan jalan dua-lajur dua-arah tak-terbagi dengan kapasitas dasar menurut tabel 2.19 C<sub>0</sub> = 3100/lajur.

FC<sub>W</sub> = Faktor Penyesuaian Lebar Jalan. Menurut tabel 2.22. Untuk jalan dua lajur tak terbagi dengan lebar 7 meter, FC<sub>W</sub> = 1,00

FC<sub>SP</sub> = Faktor Penyesuaian Pemisah Arah, untuk jalan dengan pembatas faktor penyesuaian kapasitas pemisahan arah digunakan FC<sub>SP</sub> = 1,00

FC<sub>SF</sub> =Faktor Penyesuaian Hambatan Samping dan Bahu Jalan/Kerb. Untuk faktor

penyesuaian hambatan samping digunakan faktor penyesuaian hambatan samping untuk jalan dengan kerb, dengan kelas hambatan samping sedang dan dengan jarak antara kerb d FC<sub>SF</sub> = 0,93

$$C = 3100 \times 1 \times 1 \times 0.93 = 2883 \text{ smp/jam}$$

### Hubungan Matematis Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Lalu lintas

#### Model Greenshields

A. Untuk Hari Rabu, 31 Juli 2013 (arah Bitung – Manado)

Perhitungan hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan lalu lintas dapat dilihat selengkapnya di bawah ini.

$$A = 45,257571$$

$$B = -0,1805964$$

Sehingga dihasilkan nilai  $A = S_{ff} = 45,257571$  smp/jam

$$\text{Nilai } Dj = \frac{A}{B} = \frac{45,257571}{-0,1805964} = 250,600634 \text{ smp/jam}$$

Dengan menggunakan nilai  $S_{ff}$  dan nilai  $Dj$ , maka dapat ditentukan hubungan matematis antarparameter sebagai berikut :

a. Hubungan Kecepatan – Kepadatan

$$S = 45,257571 - 0,1805964 D$$

b. Hubungan Volume – Kepadatan

$$V = 45,257571D - 0,1805964D^2$$

c. Hubungan Volume – Kecepatan

$$V = 250,600634s - 5,5372098 S^2$$

$$\text{Kepadatan Maksimum (D}_M) = \frac{Dj}{2} = \frac{250,600634}{2} = 125,300317 \text{ kend/km}$$

$$\text{Kecepatan saat volume maksimum (S}_M) = \frac{S_{ff}}{2} = \frac{45,257571}{2} = 22,6287855 \text{ km/jam}$$

$$\text{Volume Maksimum (V}_M) = \frac{Dj \cdot S_{ff}}{4} = \frac{250,600634 \times 45,257571}{4} = 2835,394 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Kapasitas (C) = Volume Maksimum} = 2835,394 \text{ smp/jam}$$

#### Model Greenberg

Greenberg mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kepadatan dan Kecepatan merupakan fungsi eksponensial.

Untuk Hari Rabu, 31 Juli 2013 ( arah Manado – Bitung ).

Perhitungan hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan lalu lintas dapat dilihat selengkapnya di bawah ini :

Dari hasil perhitungan analisa regresi didapat nilai :

$$\text{Nilai A} = 81,43788091$$

$$\text{Nilai B} = -13,71463034$$

Sehingga dihasilkan nilai  $b = (1)/(-13,71463) = -0,072915$

$$\text{nilai C} = e^{(-81,43788091 / -13,71463034)} = 379,1870431$$

#### Hubungan Kecepatan (S) – Kepadatan (D)

Dengan menggunakan persamaan (2.20) didapat hubungan kecepatan – kepadatan :

$$S = (\ln D)/b - (\ln C)/b = -13,71463034 + 81,43788091$$

$$S = 81,43788091 - 13,71463034 \ln D$$

#### Hubungan Volume (V) – Kepadatan (D)

Dengan menggunakan persamaan (2.22) didapat hubungan volume – kepadatan :

$$V = (D \ln D)/b - (D \ln C)/b = -13,7146 D + 81,4378 D^2$$

#### Hubungan Volume (V) – Kecepatan (S)

Dengan menggunakan persamaan (2.24) didapat hubungan volume – kecepatan :

$$V = S \cdot C \cdot e^{bS} = 379,1870431 \cdot S \cdot e^{-0,072915 \cdot S}$$

Kepadatan maksimum (DM)

$$= e^{\ln C - 1} = e^{\ln 379,187043 - 1} = 72,5163 \text{ kend/km}$$

Kecepatan saat volume Maximum (SM)

$$= -1/b = -(1/-0,072915) = 13,71463 \text{ km/jam}$$

Volume Maximum (VM)

$$= 379,187043 S \cdot e^{-0,072915 S} = 1913,123971 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Kapasitas (VM) = 1913,123971 smp/jam.}$$

#### Model Underwood

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan bukan merupakan fungsi linier melainkan fungsi eksponensial.

Untuk hari Rabu, 31 Juli 2013 (arah Manado – Bitung)

Perhitungan hubungan volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas dapat dilihat selengkapnya di bawah ini :

Dari hasil analisa regresi didapat nilai-nilai parameter A dan B sebagai berikut :

$$\text{Nilai A} = 4,086408$$

$$\text{Nilai B} = -0,01822$$

Sehingga dihasilkan nilai

$$DM = -1/(-0,01822) = 54,877484 \text{ smp/km}$$

$$\text{nilai Sff} = e^{(4,086408)} = 59,5257$$

Dengan menggunakan nilai Sff dan DM, maka dapat ditentukan hubungan matematis antarparameter sebagai berikut :

#### Hubungan Kecepatan (C) – Kepadatan (D)

Dengan menggunakan persamaan (2.28) didapat hubungan kecepatan – kepadatan :

$$\ln S = \ln S_{ff} - D/DM$$

$$= 4,08641 - 0,01822 D$$

$$S = 59,5257 e^{(-0,01822D)}$$

Hubungan Volume (V) – Kepadatan (D)

Dengan menggunakan persamaan (2.30) didapat hubungan volume – kepadatan :

$$V = D \cdot S_{ff} \cdot e^{-D/D_M} \\ = 59,5257D e^{(-0,01822 \cdot D)}$$

$$V = 59,5257D e^{(-0,01822 \cdot D)}$$

Hubungan Volume (V) – Kecepatan (S)

Dengan menggunakan persamaan (2.34) didapat hubungan volume – kecepatan :

$$V = S \cdot DM (\ln S_{ff} - \ln S) \\ = (S \cdot DM (\ln S_{ff})) - (S \cdot DM (\ln S)) \\ = 224,25181 \cdot S - 54,877484 \cdot S \ln S$$

$$V = 224,25181 \cdot S - 54,877484 \cdot S \ln S$$

Volume Maksimum VM = **1201,72281 smp/jam**

Kapasitas (VM) = **1201,72281 smp/jam**

## PENUTUP

### Kesimpulan

Perhitungan Kapasitas dengan menggunakan hubungan matematis antara volume, kecepatan, dan kepadatan yang memiliki koefisien determinasi tertinggi:

Untuk Model Greenshields

Sesuai data enam hari survey yang memiliki koefisien determinasi tertinggi adalah hari Rabu, 31 Juli 2013 dengan R2 = 0,6386 dengan persamaan Hubungan (S – D), S = 45,9717 - 0,4541.D

Hubungan (V – D), V = 45,9717.D - 0,4541 D2

Hubungan (V – S), V = 101,2412 - 2,2022S2

Kapasitas (Vm) = 2835,394 smp/jam. Kepadatan Maksimum (Dm) = 125,3003 kend/km. Dan Kecepatan Maksimum (Sm) = 22,629 km/jam.

Untuk Model Greenberg

Sesuai data enam hari survey yang memiliki koefisien determinasi tertinggi adalah hari Sabtu dengan R2 = 0,718686 dengan persamaan Hubungan (S – D), S = 82,3752 - 14,9825.LnD

Hubungan (V – D), V = 82,3752.D - 14,9825.DLnD

Hubungan (V – S), V = 244,2283.S.e-0,0110217.S

Kapasitas (Vm) = 1346.1239 smp/jam. Dan Kecepatan Maksimum (Sm) = 14.98247539 km/jam

Untuk Model Underwod

Sesuai data enam hari survey yang memiliki koefisien determinasi tertinggi adalah hari Rabu, 31 Juli 2013 dengan R2 = 0,81108 dengan persamaan Hubungan (S – D), S = 49,77676.e-0,00998.D

Hubungan (V – D), V = 49,77676.D.e-0,00998.D

Hubungan (V – S), V = 391,655.S

100,2305.SLnS

Kapasitas (Vm) = 1172,17 smp/jam.

Kepadatan Maksimum (Dm) = 78,90 kend/km.

Dan Kecepatan Maksimum (Sm) = 14,86 km/jam

Perhitungan Kapasitas menggunakan MKJI 1997 adalah Kapasitas (VM) = 2883 smp/jam.

Dari ketiga model yaitu Greenshields, Greenberg, dan Underwood yang mendekati kapasitas MKJI 1997 dengan nilai Kapasitas (VM) = 2883 smp/jam adalah model Underwood dengan Kapasitas (VM) = 2855.447467 smp/jam.

### Saran

1. Dari hasil survey penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa volume lalu lintas yang terjadi cukup tinggi, sehingga perlu dilakukan manajemen lalu lintas seperti pelebaran jalan. Dengan demikian diharapkan dapat mengurangi tingkat kemacetan yang terjadi pada ruas jalan tersebut.

2. Untuk hasil studi penelitian dari perhitungan perbandingan kapasitas dan hubungan karakteristik arus lalu lintas yang lebih akurat, sebaiknya dilakukan penelitian tambahan pada segmen lain dari ruas jalan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hamburger, S dan Grach, R.Mc, *Transpotation and Traffic Engineering Hand Book*  
 Hobbs, 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.  
 Leong, Ivon Fanda. 2006. Perbandingan Perhitungan Kapasitas Menggunakan Model Greenshields, Greenberg, dan Underwood Dengan Perhitungan Kapasitas Menggunakan MKJI 1997 (Studi Kasus Jalan Jendral Sudirman). Skripsi Sarjana. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi. Manado.

- MKJI, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum
- Morlock, E. K. 1991. *Perencanaan Teknik dan Perencanaan Transportasi (Terjemahan)*. Erlangga. Jakarta.
- Tamin, O. Z. 1992. *Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas di Ruas Jalan HR Rasuna Said (Jakarta)*, Jurnal Teknik Sipil, Nomor 5. Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Tamin, O. Z. 2000. *Perencanaan dan Permodelan Transportasi*, Edisi kedua. Jurusan Teknik Sipil. Institut Teknologi Bandung, Bandung.