

ANALISIS PENGARUH *U-TURN* TERHADAP KARAKTERISTIK ARUS LALU LINTAS DI RUAS JALAN ROBERT WOLTER MONGINSIDI KOTA MANADO

Juliana Maer

Lucia I. R. Lefrandt, James A. Timboeleng

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Email: maer13jully@gmail.com

Jalan di Kota Manado memiliki beberapa fasilitas U-Turn, fasilitas U-Turn dibuat untuk dapat meminimalisir kemacetan yang sering terjadi, akan tetapi fasilitas U-Turn sendiri menimbulkan konflik. Pengaruh U-Turn ini menimbulkan kemacetan karena kendaraan yang melakukan U-Turn menyebabkan volume kendaraan semakin tinggi dan kecepatan kendaraan semakin rendah, pada jam-jam sibuk. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh U-Turn terhadap Karakteristik Lalu Lintas, Kapasitas dan Tingkat Pelayanan Jalan (Level Of Service), dengan Metode Manual Kapasitas Jalan di Indonesia (MKJI) tahun 1997, dengan model Greenshield, Greenberg, dan Underwood.

Penelitian ini dilakukan di Jalan Robert Wolter Monginsidi Studi kasus depan Jurusan Keperawatan Politeknik Kesehatan Kota Manado Sulawesi Utara, survei dilakukan selama 6 hari, yakni 12 jam dari pukul 06.00 – 18.00 WITA, dimulai dari hari Senin, 26 November 2018 sampai hari Sabtu, 01 Desember 2018, interval waktu 15 menit. Data yang diambil dilapangan yaitu, volume lalu lintas dan kecepatan kendaraan yang menerus dan kendaraan yang melakukan U-Turn.

Hasil analisis hubungan antara Volume (V), Kecepatan (S), dan Kerapatan (D), didapat koefisien determinasi tertinggi adalah hari Senin dengan $R^2 = 0,7351$ untuk model Underwood dengan persamaan matematis $S = 52,8917 e^{-0,0062 \cdot D}$, $V_m = 3143,1053$ smp/jam, $D_m = 161,5348$ km/jam, $S_m = 19,4578$ km/jam. Berdasarkan analisis data menurut MKJI (1997) didapat Kapasitas sebesar 6700,32 smp/jam, dengan Tingkat Pelayanan Jalan (Level Of Service) C ($DS = 0,54$) dengan karakteristik arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan.

Kata kunci : *U-Turn, Greenshield, Greenberg, Underwood, dan Tingkat Pelayanan Jalan (Level Of Service).*

1. PENDAHULUAN

Latar belakang

Permasalahan arus lalu lintas yang terjadi di kota Manado, seperti meningkatnya volume kendaraan setiap tahun akibat perkembangan teknologi maupun pertumbuhan ekonomi masyarakat. Sehingga sering terjadi kemacetan pada ruas jalan perkotaan, yang mengganggu keamanan dan kenyamanan pengguna jalan. Perkembangan lalu lintas yang terjadi menunjukkan adanya perubahan tata guna lahan sebagai kegiatan masyarakat, seperti timbulnya pemukiman, rumah sakit, kampus, sekolah di sepanjang jalan atau di sebelah kanan dan kiri jalan tersebut.

Jalan R. W. Monginsidi Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara, merupakan salah satu jalan arteri yang menghubungkan Kota Manado dengan Kabupaten Minahasa Selatan dengan volume arus lalu lintas yang relatif tinggi. Ruas jalan R.W. Monginsidi telah dilengkapi dengan median beserta bukaan median untuk mengakomodir gerakan *U-Turn*. Berdasarkan observasi awal pada lokasi studi, terlihat adanya kendaraan yang tidak dapat melakukan gerakan *U-Turn* dengan lancar, sehingga menimbulkan kemacetan yang juga terjadi akibat beberapa akses lalu lintas yang mengarah ke RSUP Prof. Dr. R. D. Kandou Manado, akses lalu lintas yang menuju ke Politeknik Kesehatan Manado dan akses menuju Terminal Malalayang Kota Manado Sulawesi Utara.

Fasilitas *U-Turn* tidak secara keseluruhan mengatasi masalah konflik, sebab *U-Turn* itu sendiri akan menimbulkan permasalahan konflik tersendiri dalam bentuk hambatan terhadap arus lalu lintas yang berlawanan arah dan juga arus lalu lintas yang searah. Di Manado fasilitas *U-Turn* dapat ditemukan di ruas jalan-jalan utama dengan median, seperti jalan R. W. Monginsidi. Salah satu pengaruh ketika melakukan *U-Turn* yaitu terhadap kecepatan kendaraan dimana kendaraan akan melambat dan berhenti. Perlambatan ini akan mempengaruhi arus lalu lintas pada arah yang sama, pergerakan memutar arah ini akan menyebabkan tingginya volume lalu lintas, kecepatan kendaraan semakin rendah, dan kepadatan semakin tinggi di ruas jalan R. W. Monginsidi di Kota Manado.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada proposal ini adalah :

1. Berapa besar volume lalu lintas dan kapasitas yang akan terjadi pada ruas jalan R. W. Monginsidi Studi Kasus depan Jurusan Keperawatan Politeknik Kesehatan Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara dengan arus putar balik arah ?
2. Bagaimana menganalisa hubungan antara arus, kecepatan dan kerapatan lalu lintas pada ruas jalan R. W. Monginsidi Studi Kasus depan Jurusan Keperawatan Politeknik Kesehatan Kota Manado Sulawesi Utara ?

3. Bagaimana menganalisis Tingkat Pelayanan Jalan (*level of Service*) suatu ruas jalan yang di lengkapi dengan fasilitas *U-Turn* ?

Batasan Masalah

Adapun untuk mempermudah penelitian ini, maka penulis membuat batasan yakni :

1. Ruang lingkup penelitian ini dibatasi hanya pada ruas Jalan R. W. Monginsidi (Studi Kasus depan Jurusan Keperawatan Politeknik Kesehatan) Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara.
2. Survei dilakukan pada bukaan median jalan 4 lajur-2 arah terbagi median (4/2 D) di depan Jurusan Keperawatan Politeknik Kesehatan Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara.
3. Perhitungan Volume, Kecepatan, Kepadatan, Kapasitas dan Tingkat Pelayanan Jalan (*level of service*) dianalisa menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997.
4. Hubungan volume, kecepatan dan kepadatan arus lalu lintas menggunakan Model linier *Greenshield*, Model *Greenberg*, dan Model *Underwood*.
5. Waktu penelitian atau survei pengambilan data dilakukan selama 6 hari, mulai dari hari senin sampai sabtu, yakni selama 12 jam dari pukul 06.00 – 18.00 WITA.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengevaluasi Karakteristik arus lalu lintas akibat *U-Turn* di ruas jalan R. W. Monginsidi Studi Kasus depan Jurusan Keperawatan Politeknik Kesehatan Manado Sulawesi Utara.
2. Untuk mengetahui nilai Kapasitas Jalan yang mempunyai fasilitas *U-Turn* pada ruas jalan R. W. Monginsidi studi kasus depan Jurusan Keperawatan Politeknik Kesehatan Manado, Sulawesi Utara.
3. Menganalisis Tingkat Pelayanan Jalan (*Level Of Service*) yang mempunyai fasilitas *U-Turn* di ruas jalan R. W. Monginsidi studi kasus depan Jurusan Keperawatan Politeknik Kesehatan Manado, Sulawesi Utara.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan bagi perencanaan yang tepat, efisien dan efektif.

2. LANDASAN TEORI

Umum

Menurut MKJI 1997, jalan perkotaan merupakan segmen jalan yang mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan, minimum pada suatu sisi jalan, apakah berupa lahan atau bukan.

Jalan perkotaan empat-lajur dua-arah terbagi dengan median dan kondisi hambatan samping rendah, kendaraan angkutan umum berhenti pada tepi jalan sehingga mengurangi kecepatan dan kapasitas jalan.

Didalam Pedoman Perencanaan Putaran Balik (*U-Turn*) No : 06/ BM/ 2005, Putaran Balik adalah gerak lalu lintas kendaraan untuk berputar kembali atau berbelok 180⁰. Perencanaan lokasi putaran balik harus memperhatikan aspek-aspek perencanaan geometri jalan dan lalu lintas, yaitu :

1. Fungsi jalan
2. Klasifikasi jalan
3. Lebar median
4. Lebar lajur lalu lintas
5. Lebar bahu jalan
6. Volume lalu lintas per lajur
7. Jumlah kendaraan berputar balik per menit.

Gerakan putar balik kendaraan atau *U-Turn* merupakan salah satu cara untuk mengatasi permasalahan dalam manajemen lalu lintas jalan arteri kota. Bina Marga telah menerbitkan dua standar yang berhubungan dengan *U-Turn*, yaitu :

- a. Tata cara Perencanaan Pemisah, No. 014/BTNK/1990
- b. Spesifikasi Bukaan Pemisah Jalur, SK SNI S – 04 – 1990 – F.

Pengaruh *U-Turn*

Guna tetap mempertahankan tingkat pelayanan jalan, secara keseluruhan pada daerah perputaran balik arah, kapasitas jalan akan terganggu akibat sejumlah arus lalu lintas yang melakukan gerakan putar balik arah (*U-Turn*).

Pengaruh *U-Turn* terhadap arus lalu lintas yaitu :

- a. Dalam melakukan *U-Turn* kendaraan akan melakukan pendekatan secara normal dari lajur cepat, dan melambat atau berhenti. Perlambatan ini akan mengganggu arus lalu lintas pada arah yang sama.
- b. Pada umumnya kendaraan tidak dapat melakukan *U-Turn* secara langsung dan akan mengganggu gap yang memungkinkan di dalam arus lalu lintas yang berlawanan arah.
- c. Kendaraan yang melakukan *U-Turn* dipengaruhi oleh fasilitas *U-Turn*, karakteristik kendaraan dan kemampuan pengemudi.

Karakteristik Arus Lalu Lintas

Karakteristik arus lalu lintas yaitu volume, kecepatan, dan kerapatan.

a) Volume Lalu lintas

Volume arus lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik pada segmen jalan selama rentang waktu tertentu, yang dinyatakan dalam satuan kendaraan per satuan waktu (smp/jam) atau (smp/hari). Dalam pembahasannya volume arus lalu lintas terdiri dari beberapa jenis yaitu :

- Volume harian (*daily volumes*)

Volume harian ini sering digunakan sebagai dasar perencanaan jalan dan observasi umum

lalu lintas. Volume harian umumnya tidak diibedakan oleh arah atau lajur, tetapi total untuk keseluruhan fasilitas jalan pada lokasi tertentu.

- Volume jam-an (*hourly volumes*)

Volume jam-an adalah volume lalu lintas yang terjadi setiap jam pada lokasi tertentu. Volume lalu lintas padat (volume maksimum) terjadi pada pagi dan sore hari akibat kesibukan orang pergi dan pulang kerja, dan pada volume lalu lintas padat terjadi volume jam puncak (*peak hour*) yang digunakan sebagai dasar dan manajemen lalu lintas.

- Volume per sub-jam (*subhourly volumes*)

Volume per sub-jam merupakan volume yang lebih kecil dari volume jam-an yaitu volume yang diperoleh dari waktu yang lebih kecil dari satu jam, biasanya diambil periode 15 menit.

Volume lalu lintas dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

- Q = Volume lalu lintas (kend/jam) atau (kend/hari)
- n = Jumlah kendaraan (kend)
- T = Interval waktu pengamatan (menit)

b) Kecepatan

Kecepatan adalah nilai yang di hitung dari pergerakan kendaraan dalam suatu jarak per satuan waktu. Kecepatan juga didefinisikan sebagai laju suatu pergerakan kendaraan yang dinyatakan dalam suatu km/jam. Kecepatan rata-rata di bagi menjadi 2 jenis, yaitu :

- Kecepatan Setempat Rata-Rata atau *Time Mean Speed (TMS)*, yaitu kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang melewati suatu titik dari jalan selama periode waktu tertentu.
- Kecepatan Ruang Rata-Rata atau *Space Mean Speed (SMS)*, yaitu kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang menempati suatu penggal jalan selama periode tertentu.

Kecepatan dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

- S = Kecepatan (km/jam)
- d = Jarak tempuh (km)
- t = Waktu tempuh (jam)

c) Kepadatan

kepadatan adalah jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang jalan atau lajur, secara umum diexpresikan dalam kendaraan per kilometer. Kerapatan sulit diukur secara langsung di lapangan, melainkan dihitung dari nilai kecepatan dan arus sebagai hubungan, maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$D = Q / Us \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- Q = Volume (kend/jam atau smp/jam)
- D = Kepadatan (kend/km atau kend/km)
- Us = Kecepatan lalu lintas (km/jam)

Kendaraan dibagi menjadi 3 jenis kendaraan yaitu :

- Kendaraan ringan (LV), yaitu kendaraan bermotor ber as dua dengan 4 roda dan dengan jarak as 2,0-3,0 m (meliputi; mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick up dan truck kecil sesuai sistim klasifikasi Bina Marga).
- Kenadaraan berat (HV), yaitu kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda (meliputi; bis, truck 2 as, truck 3 as dan truck kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
- Sepeda motor (MC), yaitu kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi; sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistim klasifikasi Bina Marga).

Data hasil survey setiap jenis kendaraan tersebut, selanjutnya dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang (smp) guna menyamakan tingkat penggunaan ruang keseluruhan jenis kendaraan. Untuk keperluan ini, MKJI (1997) telah merekomendasikan nilai konversi untuk masing-masing klasiifikasi kendaraan sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai emp untuk jalan perkotaan terbagi satu arah

Tipe Jalan : Jalan Satu Arah dan Jalan Terbagi	Arus Lalu Lintas Per Lajur (Kend/Jam)	Emp	
		HV	MC
Dua Lajur Satu Arah (2/1) dan Empat Lajur Terbagi (4/2D)	0 ≥ 1050	1,3 1,2	0,40 0,25
Tiga Lajur Satu Arah (3/1) dan Enam Lajur Terbagi (6/2D)	0 ≥ 1100	1,3 1,2	0,40 0,25

Sumber : MKJI (1997)

Kapasitas Jalan

Kapasitas suatu jalan didefinisikan sebagai jumlah maksimum kendaraan yang melalui suatu ruas jalan per satuan jam pada kondisi tertentu. Untuk jalan empat lajur dua arah, arus di pisahkan per arah dan kapasitas ditentukan per lajur, persamaan dasar menentukan kapasitas adalah sebagai berikut :

$$C = Co \times FCw \times FCsp \times FCsf \times FCcs \dots\dots\dots(4)$$

Dengan :

- C = Kapasitas (smp/jam)
- Co = Kapasitas dasar (smp/jam)
- FCw = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas
- FCsp = Faktor penyesuaian pemisah arah
- FC_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan

FCcs = Faktor penyesuaian ukuran kota

✓ Kapasitas Dasar (Co)

Tabel 2. Kapasitas dasar jalan perkotaan

Tipe Jalan	Kapasitas Jalan (smp/jam)	Catatan
4/2 D atau Jalan satu arah	1650	Per lajur
4/2 UD	1500	Per lajur
2/2 UD	2900	Total dua arah

Sumber : MKJI (1997)

✓ Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Lebar Jalur Lalu Lintas (FC_w)

Tabel 3. Penyesuaian kapasitas untuk pengaruh lebar jalur lalu lintas untuk jalan perkotaan (FC_w)

Tipe jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif (W _c) (m)	FC _w
4/2 D atau jalan satu arah	Per lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
4/2 UD	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
2/2 UD	Total dua arah	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
	11	1,34

Sumber : MKJI (1997)

✓ Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Pemisah Arah (FC_{wB})

Tabel 4. Faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisah arah (FC_{SP})

Pemisah arah SP %-%	50-50	55-45	60-40	65-35	70-30	
FC _{SP}	Dua lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat lajur 4/2	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

Sumber : MKJI (1997)

✓ Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Hambatan Samping (FC_{SP}) pada jalan berbahu

Tabel 5. Faktor penyesuaian kapasitas akibat KHS pada jalan berbahu, (FC_{SP})

Tipe jalan	KHS	FC _{SP}			
		Lebar bahu efektif W _s			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
4/2 D	VL	0,96	0,98	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,88	0,92	0,95	0,98
	VH	0,84	0,88	0,92	0,96
4/2 UD	VL	0,96	0,99	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,87	0,91	0,94	0,98
	VH	0,80	0,86	0,90	0,95
2/2 UD atau Jalan satu arah	VL	0,94	0,96	0,99	1,01
	L	0,92	0,94	0,97	1,00
	M	0,89	0,92	0,95	0,98
	H	0,82	0,86	0,90	0,95
	VH	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber : MKJI (1997)

✓ Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (FC_{SP}) pada jalan dengan Kereb

Tabel 6. Faktor penyesuaian kapasitas akibat KHS pada jalan dengan kereb (FC_{SP})

Tipe jalan	KHS	FC _{SP}			
		Jarak : kerep penghalang W _k			
		< 0,5	1,0	1,5	> 2,0
4/2 D	VL	0,95	0,97	0,99	1,01
	L	0,94	0,96	0,98	1,00
	M	0,91	0,93	0,95	0,98
	H	0,86	0,89	0,92	0,95
	VH	0,81	0,85	0,88	0,92
4/2 UD	VL	0,95	0,97	0,99	1,01
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,90	0,92	0,95	0,97
	H	0,84	0,87	0,90	0,93
	VH	0,77	0,81	0,85	0,90
2/2 UD atau Jalan satu arah	VL	0,93	0,95	0,97	0,99
	L	0,90	0,92	0,95	0,97
	M	0,86	0,88	0,91	0,94
	H	0,78	0,81	0,84	0,88
	VH	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber : MKJI (1997)

✓ Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Ukuran Kota (FC_{cs})

Tabel 7. Faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota (FC_{CS}) pada jalan perkotaan

Ukuran kota (Jutaan penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
> 3,0	1,04

Sumber : MKJI (1997)

Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai factor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Persamaan dasar untuk menentukan derajat kejenuhan adalah sebagai berikut :

$$DS = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots(5)$$

Dengan :

- DS = Derajat kejenuhan
- Q = Arus lalu lintas (smp/jam)
- C = Kapasitas (smp/jam)

Model Hubungan Matematis Volume, Kecepatan, dan Kerapatan

Analisis karakteristik arus lalu lintas untuk suatu ruas jalan dapat dilakukan dengan mempelajari hubungan matematis antara kecepatan, volume, dan kepadatan lalu lintas yang terjadi pada ruas jalan. Hubungan matematis antara kecepatan, volume, dan kepadatan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini :

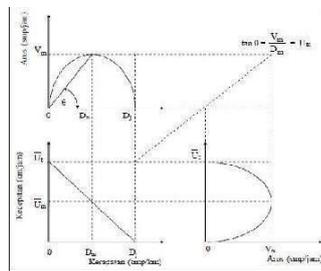
$$V = D \cdot S \dots\dots\dots(6)$$

$$U_s = Q/D \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

- Q = Volume (kend/jam atau smp/jam)
- U_s = Kecepatan rata – rata ruang (km/jam)
- D = Kerapatan (kend/km atau smp/km)

Hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan (S-D), Volume-Kepadatan (V-D), dan Volume-Kecepatan (V-S) dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Hubungan matematis antara Kecepatan, Arus, dan Kepadatan
Sumber : Tamin (2003)

Pada gambar 1 dapat diterangkan bahwa :

1. Pada kondisi kerapatan mendekati nilai nol, arus lalu lintas juga mendekati nilai nol,

dengan asumsi seakan-akan tidak terdapat kendaraan bergerak. Sedangkan kecepatannya akan mendekati kecepatan rata-rata pada kondisi arus bebas.

2. Apabila kerapatan naik dari angka nol, maka arus juga naik. Pada suatu kerapatan tertentu akan tercapai suatu titik dimana bertambahnya kerapatan akan membuat arus menjadi turun.
3. Pada kondisi kerapatan mencapai kondisi maksimum atau disebut kerapatan kondisi jam (kerapatan jenuh) kecepatan perjalanan akan mendekati nilai nol, demikian pula arus lalu lintas akan mendekati nilai nol karena tidak memungkinkan kendaraan untuk dapat bergerak lagi.
4. Kondisi arus dibawah kapasitas dapat terjadi pada dua kondisi, yaitu :
 - a. Pada kecepatan tinggi dan kerapatan rendah (kondisi A),
 - b. Pada kecepatan rendah dan kerapatan tinggi (kondisi B).

Ada 3 jenis model pendekatan yang digunakan untuk memperhitungkan data yang diperoleh antara lain :

- Model *Greenshield*
- Model *Greenberg*
- Model *Underwood*

Model Greenshield

Greenshield (1934) telah melakukan studi pada jalan di luar kota Ohio, mengusulkan bahwa hubungan antara kecepatan rata-rata ruang (SMS) dan kerapatan kendaraan dalam suatu arus lalu lintas adalah linier. Hubungan linier **Kecepatan - Kepadatan** ini menjadi hubungan yang paling populer dalam tinjauan pergerakan lalu lintas, mengingat fungsi hubungannya paling sederhana sehingga mudah diterapkan. Dapat dilihat dari persamaan berikut ini :

$$S = S_{ff} - (S_{ff}/D_j)D \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

- = Kecepatan rata-rata (km/jam)
- S_{ff} = Kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam)
- D = Kerapatan (smp/km)
- D_j = Kerapatan saat macet (smp/jam).

Memperhatikan rumus diatas, pada dasarnya merupakan suatu persamaan linier, $Y = a + b X$, dimana dianggap bahwa S_{ff} merupakan konstanta a dan $S_{ff}/D_j = b$ sedangkan S dan D masing-masing merupakan variabel X dan Y. Kedua konstanta tersebut dapat dinyatakan sebagai kecepatan bebas (*free flow speed*) dimana pengemudi dapat memacu kecepatan sesuai dengan keinginan dan puncak kepadatan dimana kendaraan tidak dapat bergerak sama sekali.

Hubungan matematis antara **Volume – Kepadatan** dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (6), dan selanjutnya dengan memasukan persamaan (9) ke persamaan (7) maka menjadi persamaan (10)-(11).

$$S = V/D \dots\dots\dots(9)$$

$$V/D = S_{ff} - S_{ff}/D_j \times D \dots\dots\dots(10)$$

$$V = D \times S_{ff} - S_{ff}/D_j \times D^2 \dots\dots\dots(11)$$

Hubungan matematis antara **Volume - Kecepatan** dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (6), dan dengan memasukkan persamaan persamaan (12) ke persamaan (8), maka bisa diturunkan melalui persamaan (13)-(15).

$$D = V/S \dots\dots\dots(12)$$

$$S = S_{ff} - S_{ff}/D_j \times V/S \dots\dots\dots(13)$$

$$S_{ff}/D_j \times V/S = S_{ff} - S \dots\dots\dots(14)$$

$$V = D_j \times S - D_j/S_{ff} \times S^2 \dots\dots\dots(15)$$

Volume maksimum(V_m) untuk model Greenshield dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$V_m = D_m \times U_m \dots\dots\dots(16)$$

Kepadatan saat volume maksimum(D_m) untuk model Greenshield dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$D = D_m = (D_j / 2) \dots\dots\dots(17)$$

Kecepatan saat volume maksimum (U_m) untuk model greenshield dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$U_s = U_m = (U_f / 2) \dots\dots\dots(18)$$

Apabila persamaan (17) dan (18) disubstitusikan pada persamaan (16), maka volume maksimum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_m = D_m \times U_m \\ = (D_j \times U_f) / 4 \dots\dots\dots(19)$$

Model Greenberg

Model *Greenberg* ini sangat cocok untuk kepadatan arus lalu lintas yang tinggi, karena dapat menghasilkan nilai kecepatan pada saat terjadi macet total. Model ini tidak cocok untuk digunakan pada kondisi arus lalu lintas rendah. Rumus dasar dari greenberg adalah :

$$D = C \cdot e^{b \cdot U_s} \dots\dots\dots(20)$$

dengan C dan b merupakan nilai konstanta.

Hubungan matematis antara **Kecepatan - Kepadatan** dapat dinyatakan dalam persamaan (23).

$$\ln D = \ln C + bS \dots\dots\dots(21)$$

$$bS = \ln D - \ln C \dots\dots\dots(22)$$

$$S = \ln D/b - \ln C/b \dots\dots\dots(23)$$

Pada model Greenberg ini diperlukan pengetahuan tentang parameter-parameter kecepatan optimum dan kerapatan kondisi jam. Sama dengan model Greenshield, kerapatan kondisi jam sangat sulit diamati dilapangan dan estimasi terhadap kecepatan optimum lebih sulit diperkiarakan dari pada kecepatan bebas rata-rata. Estimasi kasar untuk menentukan kecepatan optimum kurang lebih setengahdari kecepatan rencana. Ketidakuntungan lain dari model ini adalah kecepatan bebas rata-rata tidak bisa dihitung.

Hubungan matematis antara **Volume - Kepadatan** didapat dengan mengubah persamaan (6) yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (24)-(25)

$$V/D = \ln D/b - \ln C/b \dots\dots\dots(24)$$

$$V = D \ln D/b - D \ln C/b \dots\dots\dots(25)$$

Hubungan antara **Volume - Kecepatan** didapat dengan mengubah persamaan (6), dengan memasukkan persamaan (12) ke persamaan (8), maka bisa diturunkan persamaan (26)-(27).

$$V/S = C \cdot e^{b \cdot U_s} \dots\dots\dots(26)$$

$$V = S \times C \cdot e^{b \cdot U_s} \dots\dots\dots(27)$$

Kepadatan saat volume maksimum(D_m) untuk model Greenberg dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$D = D_m = (D_j/e) \dots\dots\dots(28)$$

Kecepatan saat volume maksimum (U_m) untuk model Greenberg dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$U_s = U_m \dots\dots\dots(29)$$

Apabila persamaan (28) dan (29) disubstitusikan pada persamaan (19), maka volume maksimum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_m = D_m \times U_m \\ = (D_j/e) \times U_m \\ = (D_j \times U_m) / e \dots\dots\dots(30)$$

Model Underwood

Model *underwood* biasanya digunakan pada kondisi arus lalu lintas yang rendah karena dapat menghasilkan harga kecepatan sama dengan kecepatan pada arus bebas. Hubungan matematis antara Kecepatan - Kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi logaritmik. Persamaan dasar model Underwood dapat dinyatakan melalui persamaan (27).

$$S = S_{ff} \cdot e^{-D/D_m} \dots\dots\dots(31)$$

Dimana :

S_{ff} = Kecepatan arus bebas

D_m = Kepadatan pada kondisi arus maksimum

Hubungan matematis antara **Kecepatan - Kepadatan** selanjutnya dapat juga dinyatakan dalam persamaan (32).

$$\ln S = \ln S_{ff} - D/D_m \dots\dots\dots(32)$$

Hubungan matematis antara **Volume - Kepadatan** didapat dengan mengubah persamaan (6) yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (31) sehingga diperoleh :

$$V/D = S_{ff} \cdot e^{-D/D_m} \dots\dots\dots(33)$$

$$V = D \cdot S_{ff} \cdot e^{-D/D_m} \dots\dots\dots(34)$$

Hubungan matematis antara **Volume - Kecepatan** didapat dengan mengubah persamaan (6) dengan memasukkan persamaan (12) ke persamaan (27), maka bisa diturunkan persamaan (35)-(38).

$$S = S_{ff} \cdot e^{-V/S \cdot D_m} \dots\dots\dots(35)$$

$$\ln S = \ln S_{ff} - V/S \times D_m \dots\dots\dots(36)$$

$$V/S \times D_m = \ln S_{ff} - \ln S \dots\dots\dots(37)$$

$$V = S \times D_m (\ln S_{ff} - \ln S) \dots\dots\dots(38)$$

Apabila persamaan (34) dan (38) disubstitusikan pada persamaan (19), maka volume maksimum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut .

$$V_m = D_m \times U_m \\ = D_m \times U_f / e \dots\dots\dots(39) \\ = (D_j \times U_m) / e$$

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

$$S_m = e^{\ln S_{ff} - 1} \dots\dots\dots(40)$$

Analisa Regresi dan korelasi

Analisa regresi adalah analisa yang mempelajari hubungan antara fungsional antara variabel-variabel dalam bentuk persamaan matematik. Hubungan linier antara variabel tidak

bebas dan variabel bebas ditunjukkan dengan persamaan sederhana berikut :

$$Y = a + bx$$

Dengan :

- a = Koefisien konstanta
 - b = Koefisien arah (regresi)
 - X = Variabel bebas
 - Y = Variabel tak bebas
 - N = Jumlah data yang diperoleh
- Nilai konstanta a dan b didapatkan dari persamaan berikut :

$$a = \frac{\sum Xi^2 \cdot Yi - \sum Xi \cdot \sum Yi}{n \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2} \dots \dots \dots (41)$$

$$b = \frac{n(\sum XiYi) - (\sum Xi)(\sum Yi)}{\sqrt{(n \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2)(n \sum Yi^2 - (\sum Yi)^2)}} \dots \dots \dots (42)$$

Nilai koefisien korelasi terletak antara -1 dan 1, yaitu $-1 \leq r \leq 1$. Untuk mengetahui sejauh mana ketepatan fungsi regresi adalah dengan melihat nilai koefisien korelasi (R). Jika R semakin mendekati 1, maka persamaan regresi semakin baik.

Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat pelayanan jalan atau LOS (*Level of Service*) adalah salah satu metode yang digunakan untuk menilai kinerja jalan yang menjadi indikator dari kemacetan. Suatu jalan dikategorikan mengalami kemacetan apabila hasil perhitungan LOS menghasilkan nilai mendekati 1. *Level of Service* (LOS) dapat diketahui dengan melakukan perhitungan perbandingan antara volume lalu lintas dengan kapasitas dasar jalan (V/C). Adapun standar LOS dalam menentukan klasifikasi jalan disajikan pada tabel 8.

Tabel 8. Tingkat Pelayanan Jalan (Level of Service)

Tingkat Pelayanan	Karakteristik Lalu Lintas	NVK (Q/C)
A	Kondisi arus lalu lintas bebas dengan kecepatan tinggi dan volume lalu lintas rendah.	0,00 – 0,20
B	Arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas.	0,20 – 0,44
C	Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan.	0,45 – 0,74
D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dapat dikendalikan, V/C masih dapat ditolerir.	0,75 – 0,84
E	volume lalu lintas mendekati/berada pada kapasitas arus tidak stabil, kecepatan terkadang terhenti.	0,85 – 1,00
F	Arus dipaksakan,	$\geq 1,00$

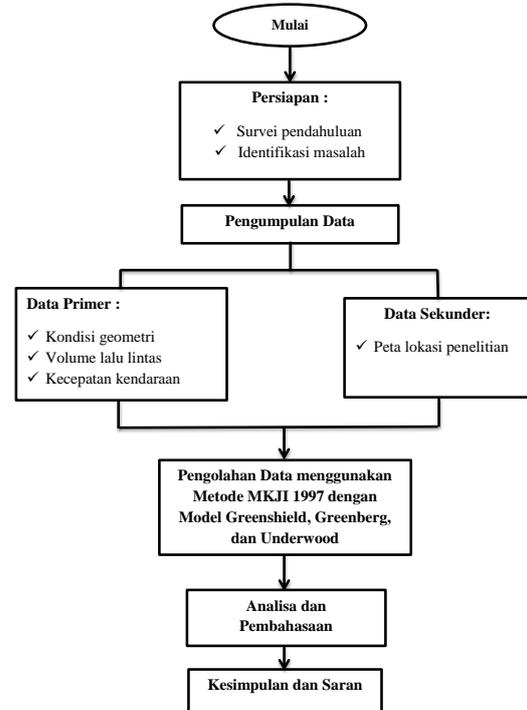
	kecepatan rendah, volume diatas kapasitas, antrian panjang (macet).	
--	---	--

Sumber : MKJI (1997)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Bagan Alir Penelitian

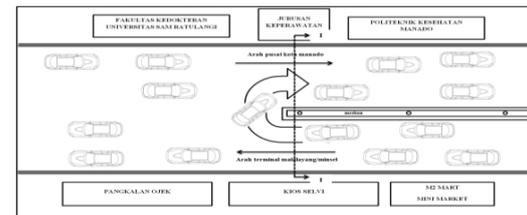
Secara keseluruhan kegiatan penelitian ini dapat digambarkan kedalam bagan alir sebagai berikut :

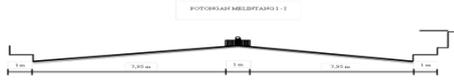


Survei Geometrik

Survei geometrik bertujuan untuk mendapatkan data kondisi geometrik jalan. Kondisi umum ruas Jalan Robert Wolter Monginsidi Studi Kasus Depan Jurusan Keperawatan Politeknik Kesehatan Manado yang menjadi lokasi penelitian dapat di jelaskan sebagai berikut :

- Sistem arus : 4/2D
- Arah lalu lintas : Pusat Kota Manado – Terminal Malalayang /Terminal Malalayang – Pusat Kota Manado
- Panjang : 100 m
- Lebar : 2*7,95 m = 15,9 m
- Median : Ada
- Lebar Median : 1 m
- Trotoar : Ada
- Lebar Trotoar : 1 m
- Bahu Jalan : Tidak ada





Gambar 2. Peta Situasi Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada ruas jalan R. W Monginsidi Studi Kasus depan Jurusan Keperawatan Politeknik Kesehatan Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara. Dalam penelitian ini daerah studi dibatasi dengan panjang segmen 100 meter, pengukuran juga dibatasi hanya pada satu dari fasilitas *U-Turn*.



Gambar 3. Jalan R. W. Monginsidi Studi Kasus depan Jurusan Keperawatan Politeknik Kesehatan Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara (Sumber / Tanggal : Google Earth, 31–Agustus-2018)

Metode Analisis Data

Metode yang digunakan dalam menganalisis data yang telah dikumpulkan untuk penelitian tersebut adalah dengan sebagai berikut :

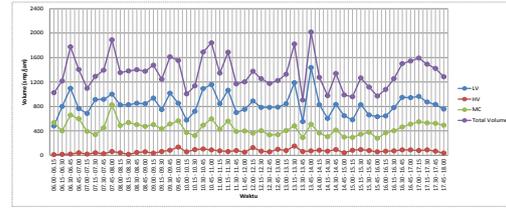
- Dengan Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997,
- Analisis Regresi dengan Model *Greenshield*, *Greenberg*, dan *Underwood*, digunakan untuk menganalisis hubungan antara arus, kecepatan, dan kerapatan yang terjadi akibat pengaruh *U-Turn*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Volume Lalu lintas (V)

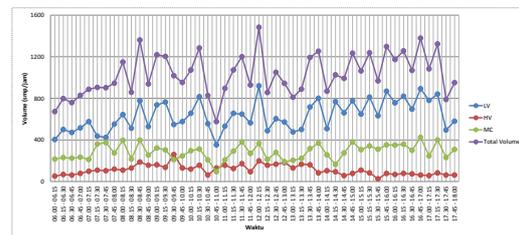
Data yang dikumpulkan adalah data volume lalu lintas per 15 menit lengkap dengan komposisi kendaraan pada periode 06.00 sampai dengan jam 18.00 WITA. Pengambilan data dilakukan selama 6 hari yang mulai dilaksanakan tanggal 26 November 2018 (hari senin) sampai dengan tanggal 01 Desember 2018 (hari sabtu).

Perhitungan Volume Lalu Lintas



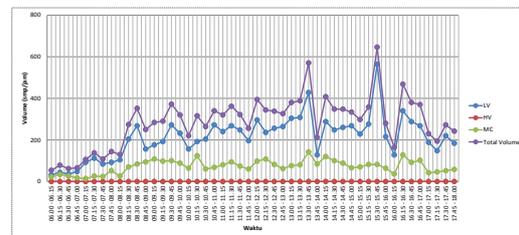
Gambar 4. Grafik Perhitungan Volume Lalu lintas pada hari Senin, 26 November 2018 Arah Terminal Malalayang – Pusat Kota Manado

Pada gambar 4. dapat dijelaskan bahwa pengamatan pada hari pertama untuk arah Terminal Malalayang – Pusat Kota Manado di peroleh jam puncak pada jam 13.45-14.00 dengan volume kendaraan total sebesar 2016,8 smp/jam.



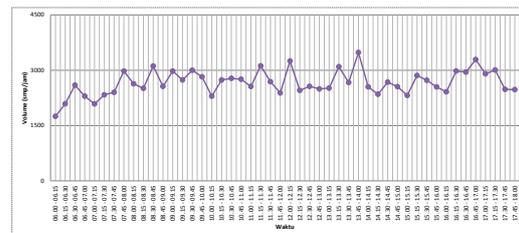
Gambar 5. Grafik Perhitungan Volume Lalu lintas pada hari Senin, 26 November 2018 arah Pusat Kota Manado – Terminal Malalayang

Pada gambar 5 dapat dijelaskan bahwa pengamatan pada hari pertama untuk arah Pusat Kota Manado – Terminal Malalayang diperoleh jam puncak pada jam 13.45-14.00 dengan volume kendaraan total sebesar 1253,2 smp/jam.



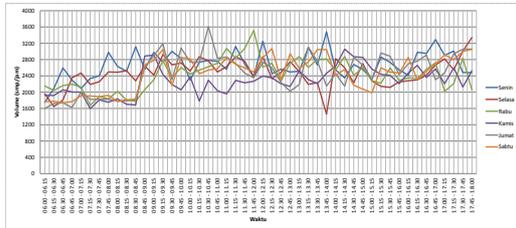
Gambar 6. Grafik Perhitungan Volume Lalu lintas pada hari Senin, 26 November 2018 arah Putar Balik

Pada gambar 6 dapat dijelaskan bahwa pengamatan pada hari pertama untuk arah Putar Balik diperoleh jam puncak pada jam 15.30-15.45 dengan volume kendaraan total sebesar 646 smp/jam.



Gambar 7. Grafik Perhitungan Total dua arah dan putar balik Volume Lalu lintas pada hari Senin, 26 November 2018

Pada gambar 7. dapat dijelaskan bahwa pengamatan hari pertama untuk total kedua arah diperoleh jam puncak pada jam 13.45-14.00 dengan volume kendaraan total sebesar 3482 smp/jam.



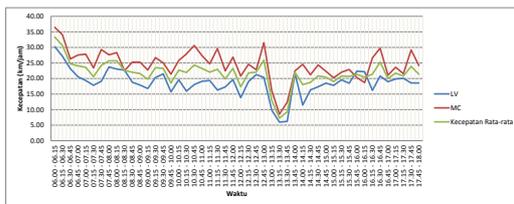
Gambar 8 Grafik Perhitungan Total Volume Lalu lintas selama 6 hari

Pada gambar 8 dapat dijelaskan bahwa pengamatan untuk total kedua arah dan putar balik selama 7 hari diperoleh jam puncak pada hari Jumat, 30 November 2018 jam 10.30-10.45 dengan volume kendaraan total sebesar 3610,8 smp/jam.

Perhitungan Kecepatan Kendaraan

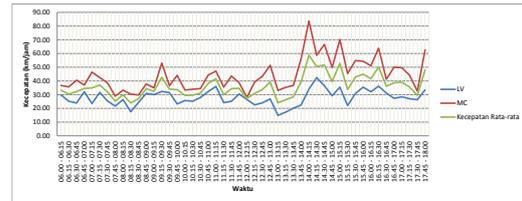
Data kecepatan yang dikumpulkan pada setiap lokasi pengamatan untuk kendaraan yang akan melakukan *U-turn* dari arah yang sama dan berlawanan arah setiap lajur, pada periode 15 menit dimulai dari jam 06.00 sampai dengan jam 18.00 WITA, selama 6 hari lama waktu pengamatan.

Penulis menggunakan data kecepatan rata-rata dari beberapa sampel data yang sudah diambil di lokasi penelitian kemudian didapat kecepatan kendaraan dalam m/det dan kemudian dikonversi dalam km/jam.



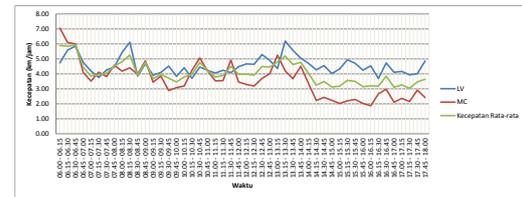
Gambar 9. Grafik Perhitungan Kecepatan Lalu lintas pada hari Senin, 26 November 2018 arah Terminal Malalayang – Pusat Kota Manado

Pada gambar 9 diijelaskan bahwa pada hari pertama, Senin 26 November 2018 untuk arah Terminal –Malalayang kecepatan terendah terjadi pada siang hari pukul 13.15-13.30 yaitu 7,28 km/jam. Kecepatan tertinggi terjadi pada pagi hari pukul 06.00-06.15 yaitu 33,32 km/jam.



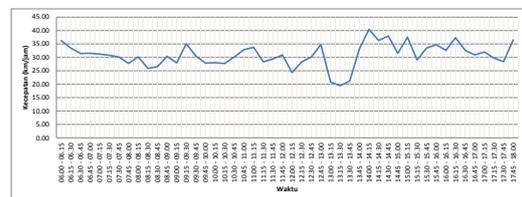
Gambar 10. Grafik Perhitungan Kecepatan Lalu lintas pada hari Senin, 26 November 2018 arah Pusat Kota Manado – Terminal Malalayang

Pada gambar 10 dijelaskan bahwa pada hari pertama, Senin 26 November 2018 untuk arah Pusat Kota Manado – Terminal Malalayang kecepatan terendah terjadi pada pagi hari pukul 08.15-08.30 yaitu 23,95 km/jam. Kecepatan tertinggi terjadi pada siang hari pukul 14.00 – 14.15 yaitu 58,80 km/jam.



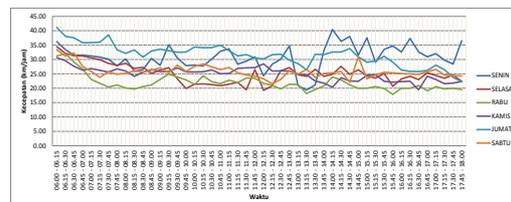
Gambar 11. Grafik Perhitungan Kecepatan Lalu lintas pada hari Senin, 26 November 2018 arah Putar Balik

Pada gambar 11 dijelaskan bahwa pada hari pertama, Senin 26 November 2018 untuk arah Putar Balik kecepatan tertinggi terjadi pada pagi hari pukul 14.45 – 15.00 yaitu 3,11 km/jam. Kecepatan tertinggi terjadi pada pagi hari pukul 06.30 – 06.45 yaitu 5,93 km/jam.



Gambar 12. Grafik Perhitungan Kecepatan Rata-rata dua arah dan Putar Balik pada hari Senin, 26 November 2018

Pada gambar 12 dapat dijelaskan bahwa pengamatan hari pertama untuk total kecepatan kedua arah diperoleh kecepatan tertinggi pada jam 14.00 – 14.15 yaitu 40,43 km/jam.



Gambar 13. Grafik Perhitungan Total Kecepatan Rata-rata Lalu lintas selama 6 hari

Pada gambar 13 dapat dilihat bahwa semakin tinggi volume lalu lintas, maka kecepatan akan semakin rendah.

Perhitungan Kepadatan Kendaraan

Kepadatan sulit diukur secara langsung (karena diperlukan titik ketinggian tertentu yang dapat mengamati jumlah kendaraan dalam panjang ruas jalan tertentu), sehingga besarnya ditentukan dari dua parameter volume dan kecepatan.

Analisa Kapasitas (C)

Perhitungan kapasitas menggunakan rumus yang ada dalam pedoman MKJI (1997) bagian perkotaan yang memiliki faktor penyesuaian sebagai berikut :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs}$$

Tabel 9. Kapasitas untuk jalan empat lajur - dua arah terbagi

Kapasitas dasar	Faktor Penyesuaian untuk Kapasitas				Kapasitas
C_o	Lebar jalur	Pemisahan arah atau median	Hambatan samping bahu atau kerb	Ukuran kota	Kapasitas
Smp/jam	(FC_w)	(FC_{sp})	(FC_{sf})	(FC_c)	Smp/jam
1	2	3	4	5	$6 = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5$
6600	1,08	1,00	1,00	0,94	6700,32

Tabel 10. Nilai DS dan Tingkat Pelayanan Ruas Jalan R. W. Monginsidi, Manado

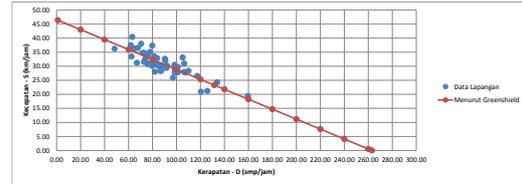
Hari/tanggal	Volume (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan (V/C)	LOS
Jumat, 30 November 2018	3610,8	6700,32	0,54	C

Sumber : (Analisa Data, 2019)

Berdasarkan tabel 10 diatas dapat dilihat bahwa pada ruas Jalan R. W. Monginsidi, Manado berada pada nilai level of service C dengan karakteristik Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan.

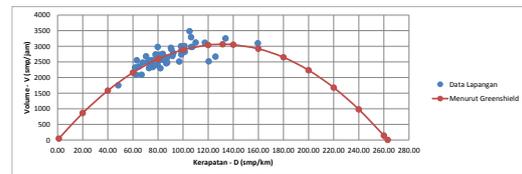
Analisis Hubungan Kecepatan, Volume dan Kepadatan dengan Model Greenshield

Greenshield mengemukakan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan adalah berbentuk fungsi linier. Berikut ini adalah perhitungan model Greenshield untuk hari Senin, 26 November 2018.



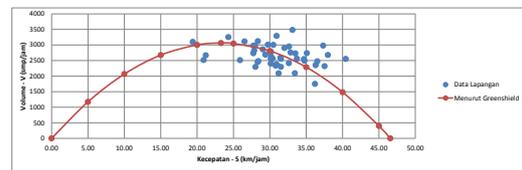
Gambar 14. Grafik Hubungan Kepadatan dan Kecepatan Model Greenshield

Gambar 14 diatas adalah model dari hubungan Kepadatan dan Kecepatan dan diperoleh persamaan $S = 46.5663 - 0.1770 \cdot D$ menghasilkan $R^2 = 0,7106$. Kemacetan terjadi pada saat $D_j = 263.0545$ smp/jam. Seperti yang terlihat pada grafik, ada beberapa data lapangan keluar dari model sehingga mengakibatkan R (koefisien determinasi) tidak sama dengan 1.



Gambar 15. Grafik Hubungan Kepadatan dan Volume Model Greenshield

Gambar 15 diatas adalah hasil model dari hubungan Kepadatan dan Volume dan diperoleh persamaan $V = D \times 46.5663 - 0.1770 \cdot D^2$. Volume maksimum (V_M) terjadi pada saat kepadatan mencapai titik D_M . Sehingga nilai $V_M = 3062.3658$ smp/jam didapat $D_M = 131.5273$ smp/km. seperti yang terlihat pada grafik, ada beberapa data lapangan yang keluar dari model sehingga mengakibatkan R (koefisien determinasi) tidak sama dengan 1.

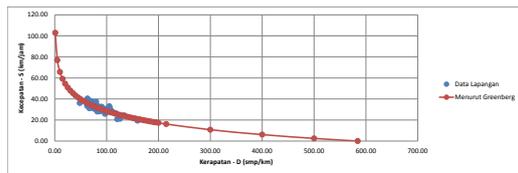


Gambar 16. Grafik Hubungan Kecepatan dan Volume Model Greenshield

Gambar 16 diatas adalah hasil model dari hubungan Kecepatan dan Volume dan diperoleh persamaan $V = 263.0545 \cdot S - 5.64904 \cdot S^2$. Pada volume maksimum (V_M) = 3062.3658 smp/jam didapat kecepatan maksimum (S_M) = 23.2831 km/jam. Seperti yang terlihat pada grafik, ada banyak data lapangan yang keluar dari model sehingga mengakibatkan R (koefisien determinasi) tidak sama dengan 1.

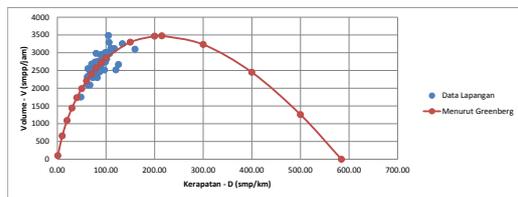
Analisis Hubungan Kecepatan, Volume dan Kepadatan dengan Model Greenberg

Greenberg mengemukakan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan berbentuk logaritmik. Berikut ini adalah perhitungan model Greenberg untuk hari Senin, 26 November 2018.



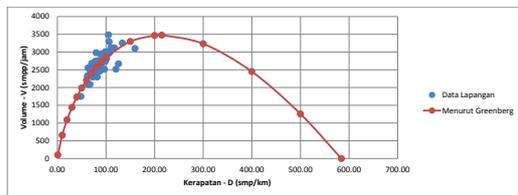
Gambar 17. Grafik Hubungan Kepadatan dan Kecepatan Model Greenberg

Gambar 17 diatas adalah hasil model dari hubungan kepadatan dan kecepatan dan diperoleh persamaan $S = 102.9356 - 16.1588 \ln D$ menghasilkan $R^2 = 0.6963$. Kemacetan terjadi pada saat $D_j = 584.2009$ smp/jam. Seperti yang terlihat pada grafik, ada beberapa data lapangan yang keluar dari model sehingga mengakibatkan R (koefisien determinasi) tidak mendekati 1.



Gambar 18. Grafik Hubungan Kepadatan dan Volume Model Greenberg

Gambar 18 diatas adalah hasil model dari hubungan kepadatan dan volume dan diperoleh persamaan $V = 102.9356 D - 16.1588 D \ln D$. Volume maksimum (V_M) terjadi pada saat kepadatan mencapai titik D_M . Sehingga nilai $V_M = 3472.7765$ sm/jam didapat nilai $D_M = 214.9155$ smp/jam. Seperti yang terlihat pada grafik, ada beberapa data lapangan yang keluar dari model sehingga mengakibatkan R (koefisien determinasi) tidak mendekati 1.

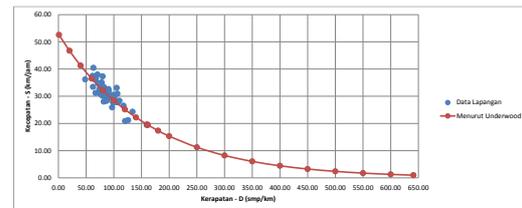


Gambar 19. Grafik Hubungan Kecepatan dan Volume Model Greenberg

Gambar 19 diatas adalah hasil model dari hubngan kecepatan dan volume dan diperoleh persamaan $V = 584,2009 \cdot S \cdot e^{-0,0619 \cdot S}$. Pada volume maksimum (V_m) = 3472,7765 smp/jam. Didapat kecepatan maksimum (S_m) = 16,1588 KM/JAM. Seperti yang terlihat pada grafik, ada bnyak data lapangan yang keluar dari model sehingga mengaibatkan R (koefisien determinasi) tidak mendekati 1.

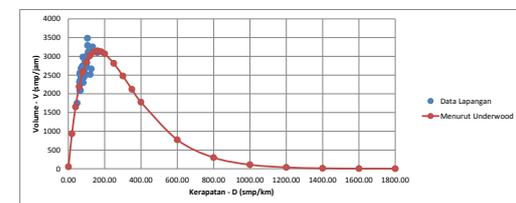
Analisis Hubungan Kecepatan, Volume dan Kepadatan dengan Model Underwood

Underwood mengemukakan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan adalah bentuk eksponensial. Berikut ini adalah perhitungan model Underwood untuk hari Senin, 26 November 2018.



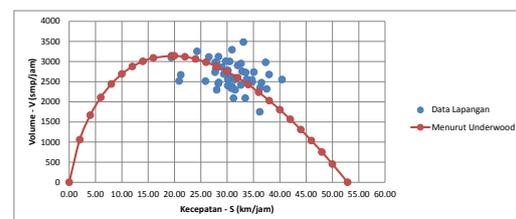
Gambar 20. Hubungan Kecepatan dan Kepadatan Model Underwood

Gambar 20 diatas adalah hasil model dari hubungan kepadatan dan kecepatan dan diperoleh persamaan $S = 52.8917 e^{-0.0062 D}$ menghasilkan $R^2 = 0,7351$. Dengan kepadatan maksimum (D_M) = 161.5348 smp/jam didapat kecepatan (S_M) = 19.4578 km/jam. Seperti yang terlihat pada grafik, ada beberapa data lapangan yang keluar dari model sehingga mengakibatkan R (koefisien determinasi) tidak sama dengan 1.



Gambar 21. Hubungan Kepadatan dan Volume Model Underwood

Gambar 21 diatas adalah hasil model dari hubungan kepadatan dan volume dan diperoleh persamaan $V = 52.8971 D \cdot e^{-0.0062 D}$. Volume maksimum (V_M) terjadi ppada saat kepadatan mencapai titik $D_M = 161.5348$ smp/jam didapat nilai $V_M = 3143.1053$ smp/km. Seperti yang terlihat pada grafik, ada beberapa data lapangan yang keluar dari model sehingga mengakibatkan R (koefisien determinasi) tidak sama dengan 1.



Gambar 22. Hubungan Kecepatan dan Volume Model Underwood

Gambar 22 diatas adalah hasil model dai hubungan kecepatan dan volume diperoleh persamaan $V = 641,0097 S - 161,5348 S \ln S$. Pada volume maksimum (V_m) = 3143,1053 sm/jam didapat kecepatan maksimum (S_m) = 19,4578 km/jam. Seperti yang terlihat pada grafik, ada banyak data lapangan yang keluar dari model, sehingga mengakibatkan R (koefisien determinasi) tidak sama dengan 1.

Tabel 11. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan lalu lintas dengan menggunakan Model Greenshield

Hari	Model Greenshield		
	V _m (smp/jam0)	S _m (km/jam)	D _m (smp/km)
Senin, 26 November 2018	3062.3658	23.2831	131.5273
Selasa, 27 November 2018	2843.3300	18.8849	150.5612
Rabu, 28 November 2018	2998.1664	15.4482	194.0783
Kamis, 29 November 2018	3066.4083	16.6277	184.4154
Jumat, 30 November 2018	3286.4743	21.3907	153.6402
Sabtu, 01 Desember 2018	3674.3734	16.5175	222.4532

Sumber : (Analisis Data, 2019)

Tabel 12. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Hubungan Karakteristik antara Kecepatan – Kepadatan – Volume untuk Model Greenshield

Hari	Model Greenshield			
	S - D	V - D	V - S	R ²
Senin, 26 November 2018	46.566 3 - 0.1770 . D	D x 46.5663 - 0.1770. D ²	263.054 5 . S - 5.64904 . S ²	0,710 6
Selasa, 27 November 2018	37.769 8 - 0.1254 . D	D x 37.7698 - 0.1254. D ²	301.122 4 . S - 7.9726 . S ²	0,687
Rabu, 28 November 2018	30.896 5 - 0.0796 . D	D x 30.8965 - 0.0796. D ²	388.156 7 . S - 12.5631 . S ²	0,329
Kamis, 29 November 2018	33.255 4 - 0.0902 . D	D x 33.2554 - 0.0902. D ²	368.830 8 . S - 11.0908 . S ²	0,576
Jumat, 30 November 2018	42.781 4 - 0.1392 . D	D x 42.7814 - 0.1392. D ²	307.280 4 . S - 7.1826 . S ²	0,644
Sabtu, 01 Desember 2018	33.035 0 - 0.0743 . D	D x 33.0350 - 0.0743. D ²	444.906 5 . S - 13.4677 . S ²	0,426

Sumber : (Analisis Data, 2019)

Tabel 13. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan lalu lintas dengan menggunakan Model Greenberg

Hari	Model Greenberg		
	V _m (smp/jam)	S _m (km/jam)	D _m (smp/km)
Senin, 26 November 2018	3472.7765	16.1588	214.9155
Selasa, 27 November 2018	3531.6472	11.9448	295.6640
Rabu, 28 November 2018	4147.4298	9.0579	457.8798
Kamis, 29 November 2018	5661.8076	8.2245	688.4075
Jumat, 30 November 2018	5950.9633	10.5821	562.3613
Sabtu, 01 Desember 2018	10073.2998	6.9196	1455.7633

Sumber : (Analisis Data, 2019)

Tabel 14. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Hubungan Karakteristik antara Kecepatan – Kepadatan – Volume untuk Model Greenberg

Hari	Model Greenshield			
	S - D	V - D	V - S	R ²
Senin, 26 November 2018	102,93 56 - 16,158 8 Ln D	102,93 56 D - 16,158 8 D LnD	584,2009 .S.e ^{-0,0619.S}	0,69 63
Selasa, 27 November 2018	79,901 3 - 11,944 8 Ln D	79,901 3 D - 11,944 8 D LnD	803,6980 .S.e ^{-0,0837.S}	0,69 1
Rabu, 28 November 2018	64,551 8 - 9,0579 Ln D	64,551 8 D - 9,0579 D LnD	1244,6465. S.e ^{-0,1104.S}	0,39 0
Kamis, 29 November 2018	61,966 3 - 8,2245 Ln D	61,966 3 D - 8,2245 D LnD	1871,2856 .S.e ^{-0,1216.S}	0,56 5
Jumat, 30 November 2018	77,589 5 - 10,582 1 Ln D	77,589 5 D - 10,582 1 D LnD	1440,9539 .S.e ^{-0,0963.S}	0,63 7
Sabtu, 01 Desember 2018	57,317 5 - 6,9196 Ln D	57,317 5 D - 6,9196 D LnD	3957,1749 .S.e ^{-0,1445.S}	0,47 2

Sumber : (Analisis Data, 2019)

Tabel 15. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan lalu lintas dengan menggunakan Model Underwood

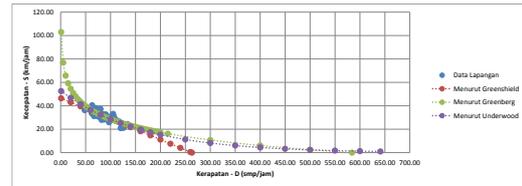
Hari	Model Underwood		
	V_m (smp/jam)	S_m (km/jam)	D_m (smp/km)
Senin, 26 November 2018	3143.1053	19.4578	161.5348
Selasa, 27 November 2018	3048.3432	15.0793	202.1542
Rabu, 28 November 2018	3558.0823	11.5357	308.4407
Kamis, 29 November 2018	3479.8099	12.8369	271.0786
Jumat, 30 November 2018	3653.2176	16.6292	219.6868
Sabtu, 01 Desember 2018	4527.5845	12.3317	367.1492

Sumber : (Analisis Data, 2019)

Tabel 16. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Hubungan Karakteristik antara Kecepatan – Kecepatan – Volume untuk Model Underwood

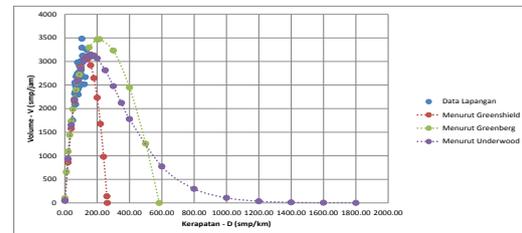
Hari	Model Underwood			
	S - D	V - D	V - S	R^2
Senin, 26 Novemb er 2018	$S = 52.8917 e^{-0.0062 D}$	$V = 52.8971 D e^{-0.0062 D}$	$= 641.0097 S - 161.5348 S Ln S$	0,7351
Selasa, 27 Novemb er 2018	$S = 40.9898 e^{-0.0049 D}$	$V = 40.9898 D e^{-0.0049 D}$	$= 750.6637 S - 202.1542 S Ln S$	0,6950
Rabu, 28 Novemb er 2018	$S = 31.3573 e^{-0.0032 D}$	$V = 31.3573 D e^{-0.0032 D}$	$= 1062.7163 S - 308.4407 S Ln S$	0,3143
Kamis, 29 Novemb er 2018	$S = 34.8943 e^{-0.0037 D}$	$V = 34.8943 D e^{-0.0037 D}$	$= 962.9591 S - 271.0786 S Ln S$	0,5802
Jumat, 30 Novemb er 2018	$S = 45.2029 e^{-0.0046 D}$	$V = 45.2029 D e^{-0.0046 D}$	$= 837.2617 S - 219.6868 S Ln S$	0,652
Sabtu, 01 Desemb er 2018	$S = 33.5211 e^{-0.0027 D}$	$V = 33.5211 D e^{-0.0027 D}$	$= 1289.4925 S - 367.1492 S Ln S$	0,419

Sumber : (Analisis Data, 2019)



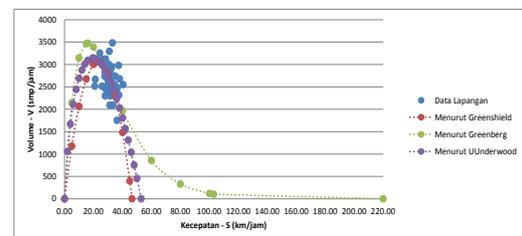
Gambar 23. Grafik Hubungan Matematis antara Kepadatan dan Kecepatan untuk Model Greenshield, Greenberg, dan Underwood pada hari Senin, 26 November 2018.

Pada gambar 23 dapat dilihat bahwa pada Data Lapangan kecepatan tertinggi adalah 40,43 km/jam pada kepadatan 63,10 smp/km dan kecepatan rendah adalah 19,40 km/jam pada kepadatan 159,61 smp/jam. Untuk Model Greenshield, terjadi kemacetan pada $D_j = 263.0545$ smp/jam. Untuk Model Greenberg terjadi kemacetan terjadi pada $D_j = 584.2009$ smp/jam. Untuk Model Underwood Kecepatan maksimum (S_m) = 19,46 km/jam terjadi Kepadatan maksimum (D_m) = 161,5348 smp/km.



Gambar 24. Grafik Hubungan Matematis antara Kepadatan dan Volume untuk Model Greenshield, Greenberg dan Underwood pada Senin, 26 November 2018.

Pada gambar 24 dapat dilihat bahwa untuk Data Lapangan, Volume maksimum (V) sebesar 3290,8 smp/jam terjadi pada kondisi kepadatan (D) sebesar 106,41 smp/km. Untuk Model Greenshield, Volume maksimum (V_m) sebesar 3062.3658 smp/jam terjadi pada kondisi kepadatan (D_m) = 131.5273 smp/km. Untuk Model Greenberg, Volume maksimum (V_m) sebesar 3472.7765 smp/jam terjadi pada kondisi kepadatan (D_m) = 214.9155 smp/km. Untuk Model Underwood, Volume maksimum (V_m) sebesar 3143.1053 smp/jam terjadi pada kondisi kepadatan (D_m) = 202.1542 smp/km.



Gambar 25. Grafik Hubungan Matematis antara Kecepatan dan Volume untuk Model Greenshield, Greenberg, dan Underwood pada hari Senin, 26 November 2018.

Pada gambar 25 dapat dilihat bahwa untuk Data Lapangan Volume maksimum adalah sebesar 3290,8 smp/jam terjadi pada kondisi kecepatan (S) = 30,93 km/jam. Untuk Model Greenshield, Volume maksimum (V_m) sebesar 3062.3658 smp/jam, terjadi pada kondisi kecepatan maksimum (S_m) = 23.2831 km/jam. Untuk Model Greenberg, Volume maksimum (V_m) sebesar 3472.7765 smp/jam, terjadi pada kondisi kecepatan maksimum (S_m) = 16.1588 km/jam. Untuk Model Underwood, Volume maksimum (V_m) sebesar 3143.1053 smp/jam, terjadi pada kondisi kecepatan maksimum (S_m) = 19.4578 km/jam.

Pada grafik yang menunjukkan hubungan antara kecepatan dengan kerapatan. Semakin tinggi kecepatan maka kerapatan makin rendah begitu pula sebaliknya. Pada grafik hubungan antara volume dan kecepatan dimana semakin besar volume maka kecepatan akan semakin rendah sampai disuatu titik volume maksimum. Selanjutnya kecepatan akan semakin rendah dan volumepun akan semakin tinggi. Sedangkan hubungan anantara volume dan kerapatan dimana semakin tinggi kerapatan maka volume semakin tinggi sampai suatu titik dimana volume maksimum terjadi dan selanjutnya semakin rapat lalu lintas maka volume semakin kecil sampai titik D_j (kerapatan pada saat macet).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dibahas pada bab sebelumnya, maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hubungan antara Volume (V), Kecepatan (S), dan Kerapatan (D), untuk ruas jalan R. W. Monginsidi, Kota Manado yang paling sesuai berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi yaitu sebesar 0,7351 dengan model Underwood, pada hari Senin, 26 November 2018. Dengan persamaan sebagai berikut :
 Hubungan ($S - D$), $S = 52.8917 e^{(-0.0062 D)}$
 Hubungan ($V - D$), $V = 52.8971 D.e^{(-0.0062 D)}$
 Hubungan ($V - S$), $V = 641.0097 S - 161.5348 S \ln S$
2. Volume maksimum (V_m) = 3143,1053 smp/jam
 Kecepatan maksimum (S_m) = 19,4578 km/jam

Kecepatan maksimum (S_m) = 19,4578 km/jam
 Dari hasil analisa data dilapangan dengan menggunakan MKJI (1997) diperoleh nilai Kapasitas Jalan sebesar 6700,32 smp/jam. Volume jam puncak terjadi pada hari jumat, pukul 10.30 – 10.45 sebesar 3610,8 smp/jam, kecepatan terendahnya terjadi pada jam 17.45 – 18.00 sebesar 22,23 km/jam, dan kepadatan sebesar 137,54 smp/km.

3. Berdasarkan analisis data menurut MKJI (1997) dapat dilihat bahwa pada ruas Jalan R. W. Monginsidi, Manado berada pada nilai Tingkat Pelayanan Jalan C ($DS = 0,54$) dengan karakteristik Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan.

Hal ini terjadi karena adanya penggunaan tata ruang lahan, seperti adanya kampus, sekolah, rumah sakit, dan lain-lain.

Saran

1. Perlu kajian terhadap kebutuhan geometrik jalan dan fasilitas pendukung lainnya terhadap titik bukaan median (*U-Turn*) pada lokasi penelitian. Seperti pembuatan rambu lalu lintas dilarang berhenti, dan pembuatan bahu jalan sehingga kendaraan yang berhenti tidak berhenti di badan jalan.
2. Mengingat pertumbuhan arus lalu lintas pertahun terus meningkat, maka perlu adanya perbaikan jalan pada lokasi penelitian, karena pada bagian jalan pada lokasi penelitian banyak terdapat kerusakan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brilia., Rompis. S. Y. R., Longdong, J. (2019). Pengaruh Penyempitan Jalan Terhadap Karakteristik Lalu Lintas (Studi Kasus : Jalan Wolter Monginsidi, Malalayang II, Kota Manado. Jurnal sipil statik, Vol. 7 No. 6 Juni 2019 (733-742) ISSN : 2337-6732.
- Departemen, P. U., & Bina Karya, P. T., (persero). (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Indonesia : Departemen PU. Dirjen Bina Marga.
- Direktorat Jendral Bina Marga (2002), Spesifikasi Bukaan Pemisah Jalur SK SNI 03-2444-2002.
- Gland Y. B. Lumintang., Lefrandt . L. I. R., Timboeleng J. A., Manoppo M. R. E. (2013). Kinerja Lalu Lintas Persimpangan Lengan Empat Bersignal (Studi Kasus : Persimpangan Jalan Walanda Maramis Manado). Jurnal sipil statik Vol. 1 No. 3, Februari 2013 (202.208).s

- Hetty Fadriani, Rian Hafits. (2018). Pengaruh Gerakan Putar Balik Arah Kendaraan Terhadap Derajat Kejenuhan Ruas Jalan Arteri. Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala, Bandung.
- Hobbs, F. D. (1995). Perencanaan Dan Teknik Lalu Lintas. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Jatmiko, E. (2017), Analisa Kinerja Pergerakan Kendaraan Putaran Balik (*U-Turn*) Ruas Jalan Pahlawan di Kota Samarinda.
- Julianto, E. N. (2010). Hubungan Antara Kecepatan, Volume dan Kepadatan Lalu Lintas Ruas Jalan Siliwangi Semarang. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang (UNNES), Semarang.
- Kasturi, Z. (1996), Tundaan Operasional Pada Fasilitas *U-Turn* Dari Dua Lokasi di Bandung. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Leonard A.S 2007, *Studi Kapasitas Dan Tingkat Pelayanan Pada Ruas Jalan Ahmad Yani Manado*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.
- Mardinata, L. A. (2014), Pengaruh *U-Turn* (putar balik arah) Terhadap Kinerja Arus Lalu Lintas Ruas Jalan Raden Eddy Martadinata Kota Samarinda, Tesis Program Sarjana Teknik Strata Satu (S1), Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.
- Muhammad Kasan, Mashuri, Hilda Listiawati, (2005), Pengaruh *U-Turn* Terhadap Karakteristik Arus Lalu Lintas di Ruas Jalan Kota Palu, SAMRTEK Universitas Tadulako.
- Sudjana, M. (1983). Teknk Analisis Regresi Dan Korelasi. Bandung. Tarsito Bandung.
- Syarifuddin. (2001). Analisis Kapasitas Layanan Pada Ruas Jalan Gajah Mada di Palu. Universitas Tadulako, Palu.
- Tamin Ofyar Z. (1997), Perencanaan dan Pemodelan Transportasi. ITB. Bandung.
- Timpal, G. SJ., Sendow, T. K., Rumayar, A. L. E. (2018). Hubungan Kapasitas Berdasarkan Pemodelan Greenshield, Greenberg, dan Underwood dan Analisa Kinerja Jalan Pada Ruas Jalan Sam Ratulangi, Manado. Program Sarjana Teknik Sipil strata satu (S1), Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Umboh, A., Timboeleng, J. A., Manoppo, M. R. E. (2014). Kebutuhan Fasilitas Penyeberangan Pada Ruas Jalan Piere Tendean Untuk Segmen Ruas Jalan Depan IT Center Kota Manado Berdasarkan GAP Kritis. Jurnal sipil static Vol. 2 Nol. 2, Februari 2014 (66-72) ISSN : 2337-6732.
- Wagania, N. F. A., Jansen, F., Rompis, S. Y. R. (2006). Pengaruh Pegerakan Memutar Dan Menyeberang Kendaraan Terhadap Kecepatan Arus Lalu Lintas Menerus (Studi Kasus Jalan Robert Wolter Monginsidi Manado). Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Halaman ini sengaja dikosongkan