

ANALISA KAPASITAS BERDASARKAN PEMODELAN GREENSHIELD, GREENBERG DAN UNDERWOOD DAN ANALISA KINERJA JALAN PADA RUAS JALAN SAM RATULANGI MANADO

Greyti S. J. Timpal

Theo K. Sendow, Audie L. E. Rumayar

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: greytitimpal@yahoo.com

ABSTRAK

Setiap tahun penambahan penduduk dan jumlah kendaraan di kota Manado terus meningkat, sehingga menimbulkan persoalan terhadap pergerakan lalu lintas. Selain itu, pola-pola pergerakan dari lalu lintas yang ada juga dapat terjadi akibat aktifitas yang ada di pinggir jalan yang menyebabkan menurunnya kecepatan arus lalulintas dan kinerja jalan. Hal ini akan menimbulkan dampak negatif terhadap pergerakan lalulintas. Demikian pula yang terjadi di ruas jalan Sam Ratulangi, Tanjung Batu sebagai daerah studi. Untuk mengatasi masalah tersebut maka diperlukan manajemen lalulintas yang terencana dan terarah dengan terlebih dahulu mengetahui karakteristik lalulintas seperti volume dan kecepatan, dengan melakukan penelitian pada ruas jalan tersebut.

Studi dalam penelitian ini dilakukan di Ruas Jalan Sam Ratulangi, Tanjung Batu selama 7 hari dimulai dari jam 06.00-21.00 WITA dengan interval waktu 5 menit, yang bertujuan untuk mengetahui kapasitas yang ada di ruas jalan tersebut, dengan model yang digunakan adalah model Greenshield, Greenberg dan Underwood dan untuk mengetahui kinerja ruas jalan tersebut.

Dari hasil pemodelan, didapat untuk model Greenshield koefisien determinasi tertinggi adalah hari Sabtu dengan $R^2 = 0,7718$ dengan persamaan matematis $S = 38,1162217 - 0,188718014.D$ dan Kapasitas (V_M) = 1924,62 skr/jam. Untuk model Greenberg koefisien determinasi tertinggi adalah hari Sabtu dengan $R^2 = 0,7226$ dengan persamaan matematis $S = 51,51820934 - 5,85036347Ln D$ dan Kapasitas (V_M) = 14364,11 skr/jam. Untuk model Underwood koefisien determinasi tertinggi adalah hari Sabtu dengan $R^2 = 0,7582$ dengan persamaan matematis $S = 38,97195607 e^{(-0,006264442 D)}$ dan Kapasitas (V_M) = 2288,62 skr/jam. Untuk perhitungan dengan menggunakan PKJI didapat kapasitas (V_M) = 2648 skr/jam dengan dengan nilai LOS D ($DS = 0,75 - 0,84$) yang artinya bahwa volume lalulintas pada ruas Jalan Sam Ratulangi Tanjung Batu mendekati arus tidak stabil tetapi kecepatan masih dapat ditolerir.

Kata kunci: Kapasitas, Greenshield, Greenberg, Underwood, Kinerja Ruas Jalan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Permasalahan lalu lintas jalan raya merupakan suatu permasalahan yang kompleks dalam dunia transportasi darat terutama transportasi perkotaan. Permasalahan transportasi diperkotaan timbul terutama disebabkan karena tingginya tingkat urbanisasi, pertumbuhan jumlah kendaraan tidak sebanding dengan pertumbuhan prasarana transportasi, serta populasi dan pergerakan yang meningkat dengan pesat setiap harinya.

Kota Manado sebagai ibukota Sulawesi Utara, jika ditinjau dari segi sarana dan prasarana transportasi sudah mulai berbanding terbalik. Dimana kebutuhan akan jalan tidak sebanding dengan banyaknya jumlah kendaraan yang ada

sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan kegiatan transportasi khususnya peningkatan volume lalu lintas. Selain itu, pola-pola pergerakan dari lalu lintas yang ada juga dapat terjadi di antaranya akibat aktifitas yang ada di pinggir jalan yang menyebabkan terjadinya kepadatan lalu lintas.

Jalan Sam Ratulangi Tanjung Batu Manado merupakan jalan umum yang cukup ramai oleh kendaraan-kendaraan dan memiliki banyak aktifitas di samping jalan. Hal ini yang menyebabkan menurunnya kecepatan arus lalulintas dan menurun pula kinerja jalan tersebut.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka perlu mendapatkan manajemen lalu lintas dengan memperhitungkan kondisi volume, kecepatan dan kepadatan. Berdasarkan uraian di atas, maka penulis membuat penelitian untuk

mengetahui perilaku lalu lintas pada jalan Sam Ratulangi Tanjung Batu dengan judul “Analisa Kapasitas Berdasarkan Pemodelan Greenshield, Greenberg dan Underwood dan Analisa Kinerja Jalan Pada Ruas Jalan Sam Ratulangi Manado”.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka dapat dikemukakan permasalahan yang ada yaitu; “Bagaimana kapasitas jalan Sam Ratulangi Tanjung Batu dengan menggunakan model Greenshield, Greenberg dan Underwood? dan bagaimana kinerja ruas Jalan Sam Ratulangi Tanjung Batu, Manado?”

Batasan Masalah

Guna memperjelas berbagai permasalahan dan memudahkan dalam menganalisis maka dibuat batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Data yang diambil: kondisi geometrik, volume lalu lintas, kecepatan arus kendaraan.
2. Lokasi penelitian diambil pada Ruas jalan Sam Ratulangi, Tanjung Batu Wanea yang tepatnya berawal dari Paris Tailor sampai 500 meter ke Asiana Coffee.
3. Perhitungan Kapasitas Jalan dilakukan dengan menggunakan model Greenshield, Greenberg dan Underwood dan dengan PKJI 2014 dan menentukan analisis tingkat pelayanan.
4. Waktu penelitian dilakukan selama 7 hari mulai pukul 06.00 – 21.00 WITA.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menentukan tiga parameter hubungan matematis antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas dengan model Greenshield, Greenberg dan Underwood.
2. Untuk dapat menganalisis kinerja (kapasitas, derajat kejenuhan dan tingkat pelayanan jalan) pada ruas jalan Sam Ratulangi.

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Dapat digunakan untuk merumuskan model apabila hanya diketahui salah satu variabel dari parameter lalu lintas.
2. Untuk memberikan tolak ukur serta pengetahuan kepada instansi terkait agar memperhatikan kinerja dan tingkat pelayanan jalan terhadap pemakai jalan sehingga di harapkan bisa dijadikan referensi untuk penangan yang diperlukan ke depan.

3. Dapat digunakan sebagai referensi bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

LANDASAN TEORI

Pengertian Jalan

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006, jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel.

Jalan raya adalah jalur-jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran-ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan mudah dan cepat (Clarkson H.Oglesby, 1999).

Untuk perencanaan jalan raya yang baik, bentuk geometriknya harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya, sebab tujuan akhir dari perencanaan geometrik ini adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan biaya juga memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan.

Karakteristik Jalan

Karakteristik suatu jalan akan mempengaruhi kinerja jalan tersebut. Karakteristik jalan tersebut terdiri atas beberapa hal, yaitu:

1. Geometrik; tipe jalan, lebar jalur lalu lintas, kerb, bahu, median, alinyemen jalan.
2. Komposisi arus dan pemisahan arah; volume lalu lintas dipengaruhi komposisi arus lalu lintas, setiap kendaraan yang ada harus dikonversikan menjadi suatu kendaraan standar.
3. Pengaturan lalu lintas, batas kecepatan jarang diberlakukan di daerah perkotaan Indonesia, dan karenanya hanya sedikit berpengaruh pada kecepatan arus bebas.
4. Hambatan samping; banyaknya kegiatan samping jalan di Indonesia sering menimbulkan konflik, hingga menghambat arus lalu lintas.

- Perilaku pengemudi dan populasi kendaraan; manusia sebagai pengemudi kendaraan merupakan bagian dari arus lalu lintas yaitu sebagai pemakai jalan. Faktor psikologis, fisik pengemudi sangat berpengaruh dalam menghadapi situasi arus lalu lintas yang dihadapi.

Kapasitas Jalan

Kapasitas dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 1997) didefinisikan sebagai arus maksimum yang melewati suatu titik pada jalan bebas hambatan yang dapat dipertahankan per satuan jam dalam kondisi yang berlaku. Untuk jalan bebas hambatan tak terbagi, kapasitas adalah arus maksimum dua-arah (kombinasi kedua arah), untuk jalan bebas hambatan terbagi kapasitas adalah arus maksimum per lajur.

Hasil dari berbagai studi tentang kapasitas jalan raya dan hubungan antara volume lalu lintas dengan kualitas arus lalu lintas atau tingkat pelayanan dari suatu jalan dirangkum dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI). Kapasitas dinyatakan dalam Satuan Kendaraan Ringan (SKR). Persamaan dasar untuk menentukan kapasitas adalah sebagai berikut:

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK} \quad (1)$$

dimana :

- C = Kapasitas (skr/jam)
- C₀ = Kapasitas dasar (skr/jam)
- FC_{LJ} = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas
- FC_{PA} = Faktor penyesuaian pemisahan arah
- FC_{HS} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan/kerb
- FC_{UK} = Faktor penyesuaian ukuran kota

Volume Lalu Lintas

Volume adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu ruas jalan selama satu satuan waktu (skr/jam). Volume lalu lintas terbentuk dari pergerakan individu pengendara dan kendaraan yang melakukan interaksi satu sama lain pada suatu ruas jalan dan lingkungannya.

Kecepatan Lalu Lintas

Kecepatan adalah tingkat gerakan dalam suatu jarak tertentu dalam satu satuan waktu (km/jam). Dalam pergerakan arus lalu lintas, tiap kendaraan berjalan pada kecepatan yang berbeda.

Dalam perhitungannya kecepatan rata-rata dibedakan menjadi dua, yaitu Time Mean speed (TMS), yang didefinisikan sebagai kecepatan

rata-rata dari seluruh kendaraan yang melewati suatu titik dari jalan selama periode tertentu dan Space Mean Speed (SMS), yaitu kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang menempati penggalan jalan selama periode waktu tertentu.

Kepadatan Lalu Lintas

Kepadatan adalah jumlah kendaraan yang menempati panjang jalan yang diamati dibagi panjang jalan yang diamati tersebut. Kepadatan sulit untuk diukur secara pasti. Kepadatan dapat dihitung berdasarkan kecepatan dan volume. Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan adalah :

$$D = V/S \quad (2)$$

dimana :

- D = Kepadatan lalu lintas (smp/km)
- V = Volume lalu lintas (smp/jam)
- S = Kecepatan kendaraan (km/jam)

Hubungan Matematis Volume, Kecepatan dan Kepadatan

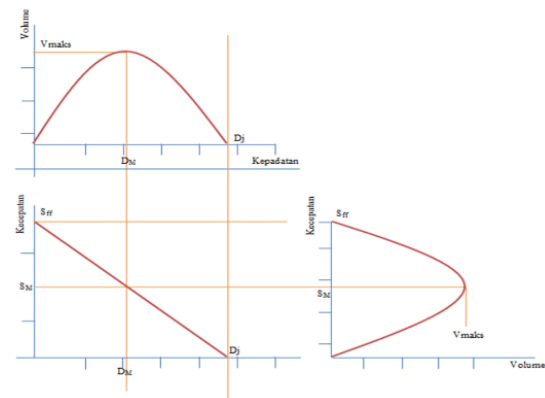
Hubungan matematis antara kecepatan, volume, dan kepadatan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$V = D.S \quad (3)$$

dimana :

- D = Kepadatan lalu lintas (skr/Km)
- V = Volume lalu lintas (skr/Jam)
- S = Kecepatan kendaraan (km/Jam)

Hubungan matematis antarparameter tersebut dapat juga dijelaskan dengan menggunakan Gambar 1 yang memperlihatkan bentuk umum hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan (S-D), Arus-Kepadatan (V-D) dan Arus-Kecepatan (V-S).



Gambar 1. Hubungan Matematis Volume, Kecepatan dan Kepadatan

dimana:

$$V_M = \text{kapasitas atau arus maksimum (skr/jam)}$$

- S_M = kecepatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum (km/jam)
- D_M = kepadatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum (skr/jam)
- S_{ff} = kecepatan pada kondisi arus lalu lintas sangat rendah atau pada kondisi kepadatan mendekati nol atau kecepatan arus bebas (km/jam).

Kecepatan arus bebas (S_{ff}) tersebut tidak dapat diamati di lapangan karena kondisi tersebut terjadi pada saat tidak ada kendaraan ($D=0$). Nilai kecepatan arus bebas bisa didapatkan secara matematis yang diturunkan dari hubungan matematis antara Arus-Kecepatan yang terjadi di lapangan.

Ada 3 tiga jenis model yang dapat digunakan untuk merepresentasikan hubungan matematis antara ketiga parameter tersebut, yaitu:

- a. Model Greenshield
- b. Model Greenberg
- c. Model Underwood

Model Greenshield

Greenshields merumuskan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan diasumsikan linear, seperti yang dinyatakan dengan persamaan (4):

$$S = S_{ff} - S_{ff} / D_j \times D \quad (4)$$

dimana:

- S = Kecepatan (km/jam)
- S_{ff} = Kecepatan pada saat kondisi arus lalulintas sangat rendah atau pada kondisi kepadatan mendekati nol atau kecepatan mendekati nol atau kecepatan arus bebas (km/jam)
- D_j = Kepadatan pada kondisi arus lalu lintas macet total (skr/km)

Hubungan matematis antara Arus-Kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (3), dan selanjutnya dengan memasukkan persamaan (5) ke persamaan (4) maka menjadi persamaan (6)-(7)

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

$$V/D = S_{ff} - S_{ff}/D_j \times D \quad (6)$$

$$V = D \times S_{ff} - S_{ff}/D_j \times D^2 \quad (7)$$

Kondisi arus maksimum (V_M) bisa didapat pada saat arus $D=D_M$. Nilai $D=D_M$ didapat melalui persamaan (8)-(9).

$$\partial V/\partial D = S_{ff} - 2 \times S_{ff}/D_j \times D_M = 0 \quad (8)$$

$$D_M = D_j/2 \quad (9)$$

Dengan memasukkan persamaan (9) ke persamaan (7), maka nilai V_M bisa didapat pada persamaan (10)

$$V_M = D_j \times S_{ff}/4 \quad (10)$$

Hubungan matematis antara Arus-Kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (2), dan dengan memasukkan persamaan (11) ke persamaan (4), maka bisa diturunkan melalui persamaan (12)-(14).

$$D = V/S \quad (11)$$

$$S = S_{ff} - S_{ff}/D_j \times V/S \quad (12)$$

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

$$V = D_j \times S - D_j/S_{ff} \times S^2 \quad (14)$$

Kondisi arus maksimum (V_M) bisa didapat pada saat arus $S=S_M$. Nilai $S=S_M$ bisa didapat melalui persamaan (15)-(16).

$$\partial V/\partial S = D_j - 2 \times D_j/S_{ff} \times S_M = 0 \quad (15)$$

$$S_M = S_{ff}/2 \quad (16)$$

Dengan memasukkan persamaan (16) ke persamaan (14), maka nilai V_M bisa didapat pada persamaan (2.17)

$$V_M = D_j \times S_{ff}/4 \quad (17)$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa V_M dapat dicapai pada kondisi $S=S_M$ dan $D=D_M$.

Model Greenberg

Greenberg mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi eksponensial. Persamaan dasar model Greenberg dapat dinyatakan melalui persamaan (18).

$$D = C \cdot e^{b \cdot S} \quad (18)$$

Hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan dapat dinyatakan dalam persamaan (21).

$$\ln D = \ln C + bS \quad (19)$$

$$bS = \ln D - \ln C \quad (20)$$

$$S = \ln D/b - \ln C/b \quad (21)$$

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 diperkirakan daripada kecepatan bebas rata-rata.

Hubungan matematis antara Arus-Kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan (2) dan dengan memasukkan persamaan (5) ke persamaan (21), maka bisa diturunkan persamaan (22)-(23).

$$V/D = \ln D/b - \ln C/b \quad (22)$$

$$V = D \ln D/b - D \ln C/b \quad (23)$$

Persamaan (23) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus-Kepadatan. Kondisi arus maksimum (V_M) bisa

didapat pada saat arus $D=D_M$. Nilai $D=D_M$ bisa didapat melalui persamaan (24)-(26).

$$\partial V/\partial D = (\ln D_M + 1)/b - \ln C/b = 0 \quad (24)$$

$$(\ln D_M + 1) = \ln C \quad (25)$$

$$D_M = e^{\ln C - 1} \quad (26)$$

Hubungan matematis antara Arus-Kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (2) dan selanjutnya dengan memasukkan persamaan (11) ke persamaan (4), maka bisa diturunkan persamaan (27)-(28)

$$V/S = C.e^{bS} \quad (27)$$

$$V = S \times C.e^{bS} \quad (28)$$

Persamaan (28) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus-Kecepatan. Kondisi arus maksimum (V_M) bisa didapat pada saat arus $S=S_M$. Nilai $S=S_M$ bisa didapat melalui persamaan (29)-(31).

$$\partial V/\partial S = C.e^{bS} + S.C.b.e^{bS} = 0 \quad (29)$$

$$e^{bS}(1 + Sb) = 0 \quad (30)$$

$$S_M = -1/b \quad (31)$$

Model Underwood

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi logaritmik. Persamaan dasar model Underwood dapat dinyatakan melalui persamaan (32).

$$S = S_{ff} \cdot e^{D/D_M} \quad (32)$$

dimana: S_{ff} = kecepatan arus bebas

D_M = kepadatan pada kondisi arus maksimum (kapasitas).

Hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan selanjutnya dapat juga dinyatakan dalam persamaan (33)

$$\ln S = \ln S_{ff} - D/D_M \quad (33)$$

Hubungan matematis antara Arus-Kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (2) dan dengan memasukkan persamaan (5) ke persamaan (32), bisa diturunkan persamaan (34)-(35).

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

$$V = D \cdot S_{ff} \cdot e^{-D/D_M} \quad (35)$$

Persamaan (35) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus-Kepadatan. Kondisi arus maksimum (V_M) bisa didapat pada saat arus $D=D_M$.

Hubungan matematis antara Arus-Kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (2) dan selanjutnya dengan memasukkan persamaan (11) ke persamaan (32), bisa diturunkan persamaan (36)-(39).

$$S = S_{ff} \cdot e^{-V/S.D_M} \quad (36)$$

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

$$V/S \times D_M = \ln S_{ff} - \ln S \quad (38)$$

$$V = S \times D_M (\ln S_{ff} - \ln S) \quad (39)$$

Persamaan (39) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus-Kecepatan. Kondisi arus maksimum (V_M) bisa didapat pada saat arus $S=S_M$. Nilai $S=S_M$ bisa didapat melalui persamaan (40)-(43).

$$\partial V/\partial S = D_M(\ln S_{ff} - \ln S_M) + D_M \times S_M(-1/S_M) = 0 \quad (40)$$

$$D_M(\ln S_{ff} - \ln S_M) - D_M = 0 \quad (41)$$

$$(\ln S_{ff} - \ln S_M) = 1 \quad (42)$$

$$S_M = e^{\ln S_{ff} - 1} \quad (43)$$

Analisa Persamaan Regresi Linear

Model arus lalulintas yang umum untuk menentukan karakteristik spesifik seperti kecepatan dan kepadatan adalah analisa regresi. Metode ini dilakukan dengan meminimalkan total nilai perbedaan kuadratis antara observasi dan nilai perkiraan dari variabel tidak bebas (*dependent*).

Bila variabel tidak bebas (Y) dan variabel bebas (X) mempunyai hubungan linier, maka fungsi regresi adalah:

$$Y = A + BX \quad (44)$$

dimana :

Y = peubah tidak bebas

X = peubah bebas

A = intersep atau konstanta regresi

B = koefisiensi regresi

Konstanta A dan B dapat dicari dengan persamaan-persamaan berikut.

$$A = \frac{(Y_i) \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i) \cdot (\sum X_i Y_i)}{N \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \quad (45)$$

$$B = \frac{N \cdot (\sum X_i Y_i) - (\sum X_i) \cdot (\sum Y_i)}{N \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \quad (46)$$

dimana:

N = Jumlah data yang diperoleh

X_i = observasi ke i untuk x

Y_i = observasi ke i untuk y

Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan jalan dapat ditentukan dari nilai volume, kapasitas dan kecepatan. Pada suatu keadaan dengan volume lalu lintas yang rendah, pengemudi akan merasa lebih nyaman mengendarai kendaraan dibandingkan jika dia berada pada daerah tersebut dengan volume lalu lintas yang lebih besar. Ukuran efektivitas tingkat pelayanan jalan atau *level of service* (LOS)

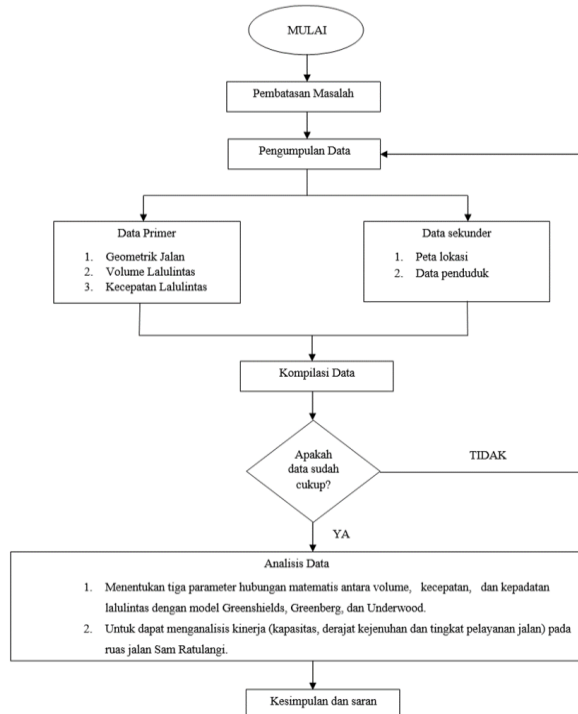
dibedakan menjadi enam kelas, yaitu dari A untuk tingkat paling baik sampai dengan tingkat F untuk kondisi terburuk.

Tabel 1. Kriteria Tingkat Pelayanan Jalan Perkotaan

Tingkat Pelayanan	Kondisi Arus	Derajat Kejenuhan
A	Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang diinginkan tanpa hambatan	0 - 0,20
B	Arus stabil tapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas. Pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan	0,20 - 0,44
C	Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan. Pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan	0,45 - 0,74
D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih 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 yang dipaksakan atau macet, kecepatan rendah, volume dibawah kapasitas, antrian panjang dan terjadi hambatan-hambatan yang besar	> 1,00

Sumber: (Morlok 1991)

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini hanya dilakukan pengamatan pada satu titik pengamatan untuk setiap segmen ruas jalan yang dianalisis.



Gambar 3. Lokasi Penelitian
Sumber: Google Maps

Penelitian diawali dengan studi pustaka, dilanjutkan dengan survey awal lokasi untuk menentukan ruas jalan yang akan dijadikan objek penelitian. Setelah itu dilakukan survey volume lalu lintas dan data kendaraan tiap 5 menit dikalikan dengan faktor ekuivalen kendaraan ringan untuk setiap jenis kendaraan dan kemudian dijumlahkan maka diperoleh volume lalu lintas untuk tiap lima menit.

Faktor ekuivalen kendaraan ringan yang digunakan dalam perhitungan volume lalu lintas ini bersumber dari Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 (PKJI 2014). Selanjutnya, survey kecepatan kendaraan setiap 5 menit dirata-ratakan kemudian dibagi jarak tempuh 30 meter. Kecepatan rata-rata dari beberapa sampel yang sudah diambil kemudian didapat kecepatan kendaraan dalam m/det dan dikonversi dalam km/jam. Ketika volume dan kecepatan telah diketahui, maka kepadatan dapat dihitung dengan cara volume dibagi kecepatan.

Selanjutnya, dilakukan analisis kapasitas jalan berdasarkan tipe jalan, kepadatan penduduk daerah tersebut serta kondisi geometrik jalan dengan merujuk pada ketentuan PKJI 2014.

Perbandingan antara volume lalu lintas harian rata-rata yang didapatkan selama 7 hari dengan kapasitas jalan di lokasi penelitian akan menghasilkan nilai Degree of Saturation (DS) atau derajat kejenuhan. Derajat kejenuhan menjadi salah satu tolak ukur kinerja jalan.

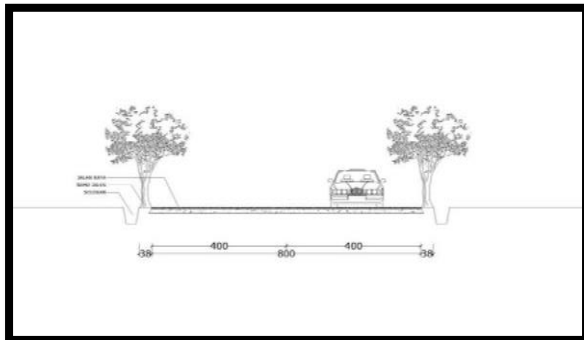
PRESENTASI DAN ANALISA DATA

Presentasi Data

Penelitian dilaksanakan pada lokasi Ruas Jalan Sam Ratulangi, Tanjung Batu, Wanea mulai dari Paris Tailor sampai 500 meter ke Asiana Coffee.

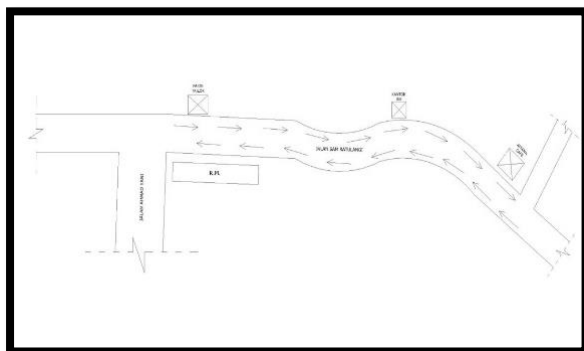
Data Geometrik

Kondisi geometrik ruas jalan yang dijadikan objek penelitian dijelaskan dalam bentuk potongan melintang dan alinyemen.



Gambar 4. Tampak Depan Lokasi Penelitian

Gambar 4. menunjukkan tampak depan dari lokasi penelitian. Ukuran-ukuran yang tertera pada gambar yakni, lebar jalan 8m, dan bahu jalan (kiri dan kanan) 0,38m.



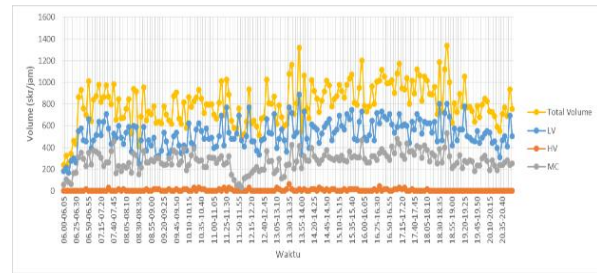
Gambar 5. Tampak Atas Lokasi Penelitian

Gambar 5. menunjukkan tampak atas dari lokasi penelitian. Ukuran-ukuran yang tertera pada gambar yakni, lebar jalan 8m, bahu jalan (kiri dan kanan) 0,38m, panjang pengamatan survey kecepatan 30 m.

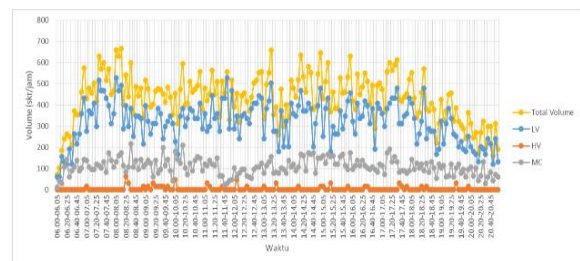
Volume Lalulintas

Data yang dikumpulkan adalah data volume lalulintas per 5 menit lengkap dengan komposisi kendaraan pada periode dari jam 06.00 sampai dengan jam 21.00. Pengambilan data dilakukan selama 7 hari yang mulai dilaksanakan tanggal 26 Februari 2018 (hari Senin) sampai dengan tanggal 04 Maret 2018 (hari Minggu). Ekuivalensi kendaraan ringan masing-masing kendaraan untuk jalan dua arah dua lajur tak terbagi menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 adalah sebagai berikut:

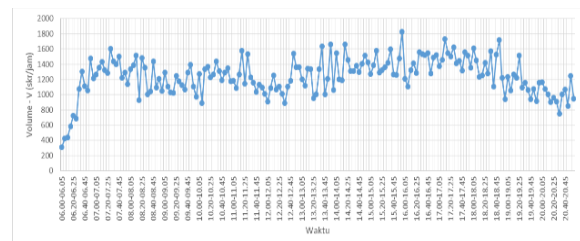
1. Kendaraan Berat (HV)= 1,2-1,3
2. Kendaraan Ringan (LV) = 1,0
3. Sepeda Motor (MC)= 0,25 – 0,5



Gambar 6. Grafik Perhitungan Volume Lalulintas pada hari Senin, 26 Februari 2018 arah Samrat – Wanea



Gambar 7. Grafik Perhitungan Volume Lalulintas pada hari Senin, 26 Februari 2018 arah Wanea – Samrat



Gambar 8. Grafik Perhitungan Total dua arah Volume Lalulintas pada hari Senin, 26 Februari 2018

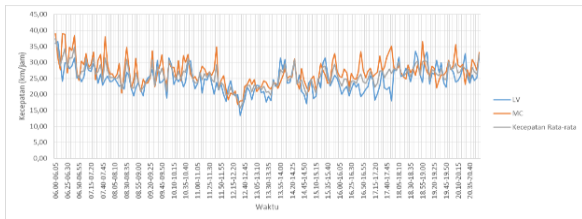
Berdasarkan Gambar 6. dapat dijelaskan bahwa pengamatan pada hari pertama untuk arah Samrat – Wanea diperoleh jam puncak pada jam 18.45-18.50 dengan volume kendaraan total sebesar 1338 skr/jam.

Berdasarkan Gambar 7. dapat dijelaskan bahwa pengamatan pada hari pertama untuk arah Wanea – Samrat diperoleh jam puncak pada jam 08.10-08.15 dengan volume kendaraan total sebesar 666 skr/jam.

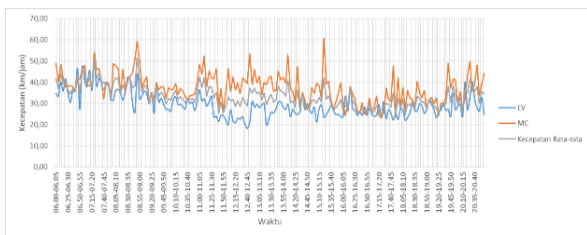
Berdasarkan Gambar 8. dapat dijelaskan bahwa pengamatan hari pertama untuk total kedua arah diperoleh jam puncak pada jam 15.55-16.00 dengan volume kendaraan total sebesar 1830 skr/jam.

Kecepatan Kendaraan

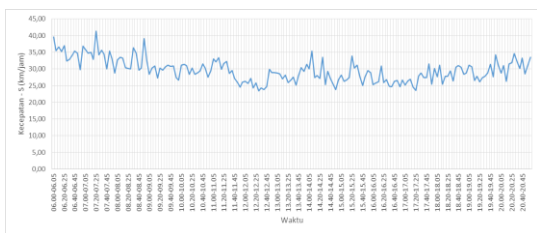
Data kecepatan kendaraan pada periode yang sama dari jam 06.00 sampai dengan jam 21.00. Pengambilan data dilakukan selama 7 hari mulai tanggal 26 Februari 2018 (hari Senin) sampai dengan tanggal 04 Maret 2018 (hari Minggu). Untuk data perhitungan kecepatan, penulis menggunakan kecepatan rata-rata dari beberapa sampel yang sudah diambil kemudian didapat kecepatan kendaraan dalam m/det dan kemudian dikonversi dalam km/jam.



Gambar 9. Grafik Perhitungan Kecepatan Lalulintas pada hari Senin 26 Februari 2018 arah Samrat – Wanea



Gambar 10. Grafik Perhitungan Kecepatan Lalulintas pada hari Senin 26 Februari 2018 arah Wanea - Samrat



Gambar 11. Grafik Perhitungan Kecepatan Rata-rata dua arah pada hari Senin 26 Februari 2018

Berdasarkan Gambar 9. dijelaskan bahwa pada hari pertama, Senin 26 Februari 2018 untuk arah Samrat – Wanea kecepatan terendah terjadi pada siang hari pukul 12.30-12.35 yaitu 15,70 km/jam. Kecepatan tertinggi terjadi pada pagi hari pukul 06.00-06.05 yaitu 37,45 km/jam.

Berdasarkan Gambar 10. dijelaskan bahwa pada hari pertama, Senin 26 Februari 2018 untuk arah Wanea - Samrat kecepatan terendah terjadi pada sore hari pukul 17.20-17.25 yaitu 23,69 km/jam. Kecepatan tertinggi terjadi pada pagi hari pukul 08.50-08.55 yaitu 51,51 km/jam.

Berdasarkan Gambar 11. dapat dijelaskan bahwa pengamatan hari pertama untuk total kecepatan kedua arah diperoleh kecepatan tertinggi pada jam 07.20-07.25 yaitu 41,31 km/jam.

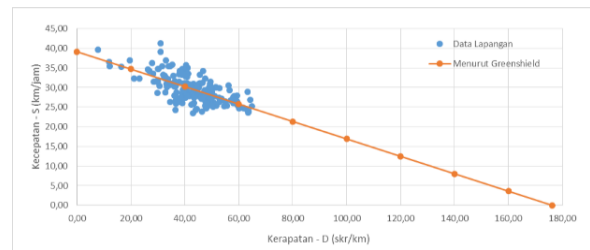
Kepadatan

Kepadatan yang terjadi selama 7 hari penelitian berkisar antara 2,9783 skr/km hingga 77,9508 skr/km. Kepadatan tertinggi terjadi pada hari Sabtu dengan kepadatan sebesar 77,9508 skr/km.

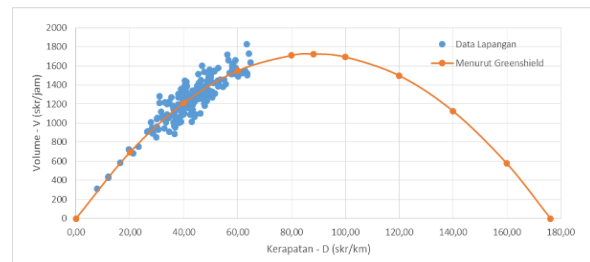
Analisa Data

Model Greenshield

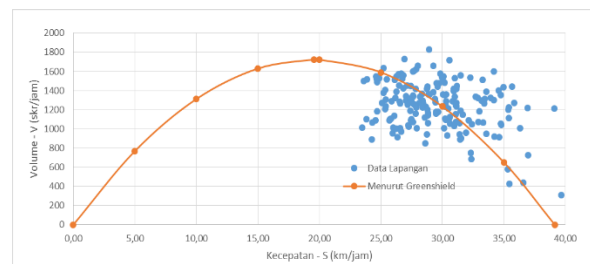
Greenshield merumuskan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan dan Kepadatan diasumsikan linier.



Gambar 12. Grafik Hubungan Kepadatan dan Kecepatan Model Greenshield hari Senin, 26 Februari 2018



Gambar 13. Grafik Hubungan Kepadatan dan Volume Model Greenshield hari Senin, 26 Februari 2018



Gambar 14. Grafik Hubungan Kecepatan dan Volume Model Greenshield hari Senin, 26 Februari 2018

Pada Gambar 12. adalah hasil model dari hubungan Kepadatan dan Kecepatan dan diperoleh persamaan $S = 39,1331 - 0,2221.D$ menghasilkan $R^2 = 0,7182$. Kemacetan terjadi pada saat $D_j = 176,2115$ skr/km.

Pada Gambar 13. adalah hasil model dari hubungan Kepadatan dan Volume dan diperoleh persamaan $V = D \times 39,1331 - 0,2221.D^2$. Volume maksimum (V_M) terjadi pada saat kepadataan mencapai titik D_M . Sehingga nilai $V_M = 1723,9276$ skr/jam didapat nilai $D_M = 88,1057$ skr/km.

Pada Gambar 14. adalah hasil model dari hubungan Kecepatan dan Volume dan diperoleh persamaan $V = 176,2115.S - 4,5028.S^2$. Pada volume maksimum (V_M) = 1723,9276 skr/jam didapat kecepatan maksimum (S_M) = 19,5665 km/jam.

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan lalulintas dengan Menggunakan Model Greenshield

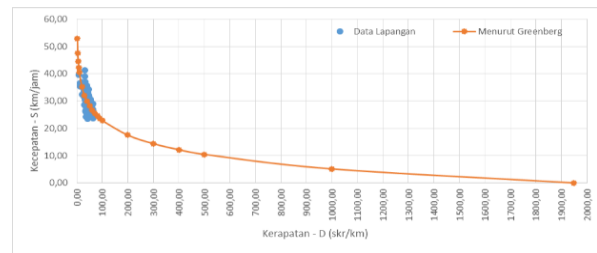
HARI	MODEL GREENSHIELD		
	V_m (skr/jam)	S_m (km/jam)	D_m (skr/km)
Senin 26 Februari 2018	1723.92764	19.5665696	88.10576802
Selasa 27 Februari 2018	1902.52339	18.1060728	105.0765347
Rabu 28 Februari 2018	1758.11627	18.4113338	95.49097797
Kamis 01 Maret 2018	1869.09902	18.2995396	102.1391282
Jumat 02 Maret 2018	1860.77376	18.6889779	99.56530353
Sabtu 03 Maret 2018	1924.62597	19.0581109	100.9872374
Minggu 04 Maret 2018	2312.24109	18.0186719	128.3247235

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Hubungan Karakteristik antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan untuk Model Greenshield

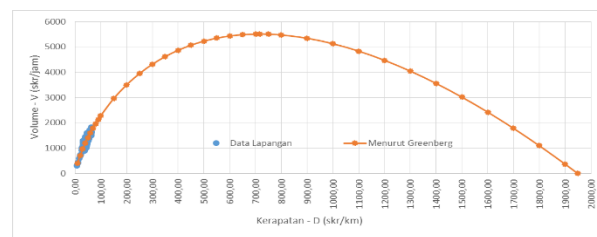
HARI	MODEL GREENSHIELD		
	S - D	V - D	V - S
Senin 26 Februari 2018	$39,13313918 - 0,222080461.D$	$D \times 39,13313918 - 0,222080461.D^2$	$176,211536.S - 4,5028725.S^2$
Selasa 27 Februari 2018	$36,21214565 - 0,172313189.D$	$D \times 36,21214565 - 0,172313189.D^2$	$210,1530695.S - 5,80338.S^2$
Rabu 28 Februari 2018	$36,82266767 - 0,192807051.D$	$D \times 36,82266767 - 0,192807051.D^2$	$190,9819559.S - 5,18653.S^2$
Kamis 01 Maret 2018	$36,59907923 - 0,179162873.D$	$D \times 36,59907923 - 0,179162873.D^2$	$204,2782565.S - 5,581513.S^2$
Jumat 02 Maret 2018	$37,3779558 - 0,187705729.D$	$D \times 37,3779558 - 0,187705729.D^2$	$199,1306071.S - 5,327487.S^2$
Sabtu 03 Maret 2018	$38,1162217 - 0,188718014.D$	$D \times 38,1162217 - 0,188718014.D^2$	$201,9744749.S - 5,298911.S^2$
Minggu 04 Maret 2018	$36,03734378 - 0,140414656.D$	$D \times 36,03734378 - 0,140414656.D^2$	$256,6494469.S - 7,1217637.S^2$

Model Greenberg

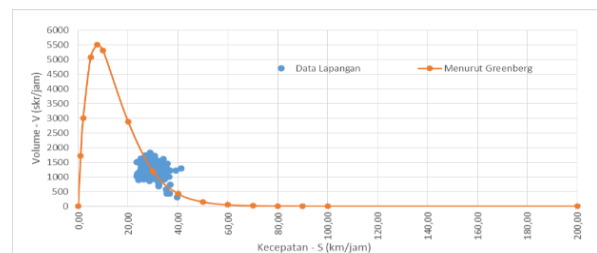
Greenberg mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kepadatan dan kecepatan merupakan fungsi eksponensial.



Gambar 15. Grafik Hubungan Kepadatan dan Kecepatan Model Greenberg hari Senin, 26 Februari 2018



Gambar 16. Grafik Hubungan Kepadatan dan Volume Model Greenberg hari Senin, 26 Februari 2018



Gambar 17. Grafik Hubungan Kecepatan dan Volume Model Greenberg hari Senin, 26 Februari 2018

Pada Gambar 15. adalah hasil model dari hubungan Kepadatan dan Kecepatan dan diperoleh persamaan $S = 58,2171 - 7,6857 \ln D$ menghasilkan $R^2 = 0,6609$. Kemacetan terjadi pada saat $D_j = 1948,2594$ skr/km.

Pada Gambar 16. adalah hasil model dari hubungan Kepadatan dan Volume dan diperoleh persamaan $V = 58,2171 D - 7,6857 D \ln D$. Volume maksimum (V_M) terjadi pada saat kepadataan mencapai titik D_M . Sehingga nilai $V_M = 5508,56$ skr/jam didapat nilai $D_M = 716,7246$ skr/km.

Pada Gambar 17. adalah hasil model dari hubungan Kecepatan dan Volume dan diperoleh persamaan $V = 1948,2594.S.e^{-0,1301.S}$. Pada volume maksimum (V_M) = 5508,5584 skr/jam

didapat kecepatan maksimum (S_M) = 7,6857 km/jam.

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan lalulintas dengan Menggunakan Model Greenberg

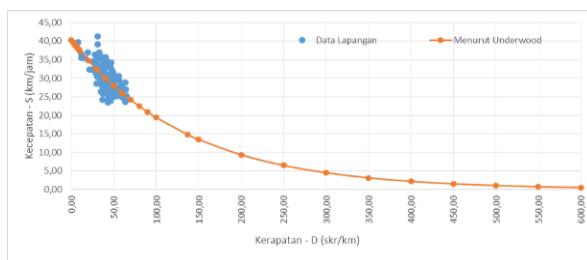
HARI	MODEL GREENBERG		
	Vm (skr/jam)	Sm (km/jam)	Dm (skr/km)
Senin 26 Februari 2018	5508.55842	7.68573916	716.7246107
Selasa 27 Februari 2018	8513.91698	6.43018982	1324.053753
Rabu 28 Februari 2018	9737.83228	6.11701754	1591.924856
Kamis 01 Maret 2018	7701.31997	6.67416995	1153.89929
Jumat 02 Maret 2018	14041.9691	5.81761327	2413.699309
Sabtu 03 Maret 2018	14364.1122	5.85036347	2455.25125
Minggu 04 Maret 2018	3031806.69	2.74181871	1105764.823

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Hubungan Karakteristik antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan untuk Model Greenberg

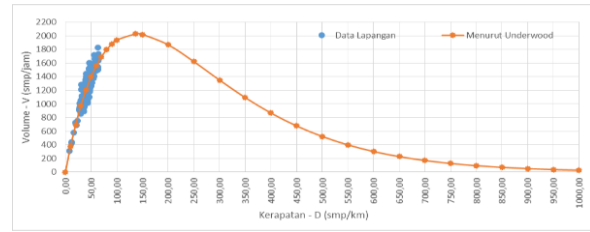
HARI	MODEL GREENBERG		
	S - D	V - D	V - S
Senin 26 Februari 2018	58,21710453 - 7,685739 Ln D	58,21710453D - 7,685739D Ln D	1948,259487.S.e ^{-0,130111103.S}
Selasa 27 Februari 2018	52,65330932 - 6,43018982Ln D	52,65330932 D - 6,430189824D Ln D	3599,151261.S.e ^{-0,155516404.S}
Rabu 28 Februari 2018	51,21594768 - 6,11701754Ln D	51,21594768 D - 6,117017542D Ln D	4327,300414.S.e ^{-0,163478361.S}
Kamis 01 Maret 2018	53,73308933 - 6,67416994Ln D	53,73308933 D - 6,674169945D Ln D	3136,623475.S.e ^{-0,149831366.S}
Jumat 02 Maret 2018	51,13051337 - 5,81761326Ln D	51,13051337 D - 5,817613268D Ln D	6561,11498.S.e ^{-0,171891797.S}
Sabtu 03 Maret 2018	51,51820934 - 5,85036347Ln D	51,51820934 D - 5,85036347D Ln D	6674,064865.S.e ^{-0,170929551.S}
Minggu 04 Maret 2018	40,897099 - 2,74181871Ln D	40,897099 D - 2,741818713D Ln D	3005780,433.S.e ^{-0,364721415.S}

Model Underwood

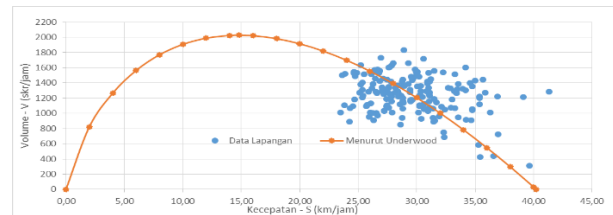
Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan bukan merupakan fungsi linier melainkan logaritmik.



Gambar 18. Grafik Hubungan Kepadatan dan Kecepatan Model Underwood hari Senin, 26 Februari 2018



Gambar 19. Grafik Hubungan Kepadatan dan Volume Model Underwood hari Senin, 26 Februari 2018



Gambar 20. Grafik Hubungan Kecepatan dan Volume Model Underwood hari Senin, 26 Februari 2018

Pada Gambar 18. adalah hasil model dari hubungan Kepadatan dan Kecepatan dan diperoleh persamaan $S = 40,2328 e^{(-0,0073 D)}$ menghasilkan $R^2 = 0,7120$. Dengan kepadatan maksimum (D_M) = 136,9434 skr/km didapat kecepatan (S) = 14,801 km/jam.

Pada Gambar 19. adalah hasil model dari hubungan Kepadatan dan Volume dan diperoleh persamaan $V = 40,2328 D.e^{(-0,0073 D)}$. Volume maksimum (V_M) terjadi pada saat kepadatan mencapai titik D_M . Sehingga nilai $D_M = 136,9434$ skr/jam didapat nilai $V_M = 2026,8764$ skr/km.

Pada Gambar 20. adalah hasil model dari hubungan Kecepatan dan Volume dan diperoleh persamaan $V = 505,9627 S - 136,9434 S Ln S$. Pada volume maksimum (V_M) = 2026,8764 skr/jam didapat kecepatan maksimum (S_M) = 14,8008 km/jam.

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan lalulintas dengan Menggunakan Model Underwood

HARI	MODEL UNDERWOOD		
	Vm (skr/jam)	Sm (km/jam)	Dm (skr/km)
Senin 26 Februari 2018	2026.87647	14.8008257	136.9434724
Selasa 27 Februari 2018	2288.57283	13.6155292	168.0854854
Rabu 28 Februari 2018	2051.4572	14.0270848	146.2497184
Kamis 01 Maret 2018	2204.98046	13.8806619	158.8526889
Jumat 02 Maret 2018	2277.47662	13.9929422	162.758952
Sabtu 03 Maret 2018	2288.62863	14.3369814	159.6311359
Minggu 04 Maret 2018	3034.81027	13.319403	227.8488212

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Hubungan Karakteristik antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan untuk Model Underwood

HARI	MODEL UNDERWOOD		
	S -D	V -D	V - S
Senin 26 Februari 2018	40,23281566 e ^{-0,007302283 D}	40,23281566D.e ^{-0,007302283 D}	505,9627157.S - 136,9434724.S Ln S
Selasa 27 Februari 2018	37,01084556 e ^{-0,005949354 D}	37,01084556D.e ^{-0,005949354 D}	606,9921527.S - 168,0854854.S Ln S
Rabu 28 Februari 2018	38.1295696 e ^{-0,00683762D}	38.1295696 D.e ^{-0,00683762 D}	532.4937748.S - 146.2497184.S Ln S
Kamis 01 Maret 2018	37.73155091 e ^{-0,006295141D}	37.73155091 D.e ^{-0,006295141 D}	576.7141531.S - 158.8526889.S Ln S
Jumat 02 Maret 2018	38.03676063 e ^{-0,006144055D}	38.03676063 D.e ^{-0,006144055D}	592.2070858.S - 162.758952.S Ln S
Sabtu 03 Maret 2018	38.97195607 e ^{-0,006264442 D}	38.97195607 D.e ^{-0,006264442 D}	584.703679.S - 159.6311359.S Ln S
Minggu 04 Maret 2018	36.20589116 e ^{-0,004388875 D}	36.20589116 D.e ^{-0,004388875 D}	817.7999665.S - 227.8488212.S Ln S

Perhitungan Kapasitas (C) dengan Menggunakan PKJI 2014

Untuk perhitungan Kapasitas diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK}$$

Tabel 8. Kapasitas (C) untuk jalan Dua-lajur dua-arah tak terbagi:

Kapasitas Dasar	Faktor Penyesuaian untuk Kapasitas				Kapasitas C
	Lebar jalur	Pemisah arah	Hambatan Samping	Ukuran Kota	
C ₀	FC _{LJ}	FC _{PA}	FC _{HS}	FC _{UK}	C
skr/jam					skr/jam
1	2	3	4	5	6 = 1*2*3*4*5
2900	1,14	1	0,89	0,9	2648

Tingkat Pelayanan dan Derajat Kejenuhan

Tabel 9. Total Volume Lalulintas Jam Puncak dua arah Sebagai jalan Perkotaan

Hari/tanggal	Periode Waktu	Volume (skr/jam)
Senin, 26 Februari 2018	15.55-16.00	1830
Selasa, 27 Februari 2018	15.50-15.55	1800
Rabu, 28 Februari 2018	17.10-17.15	1605,6
Kamis, 01 Maret 2018	15.45-15.50	1674
Jumat, 02 Maret 2018	17.10-17.15	1842
Sabtu, 03 Maret 2018	15.50-15.55	2004
Minggu, 04 Maret 2018	20.20-20.25	1410

Sumber: (Hasil Perhitungan Volume Lalulintas 2018)

Volume lalulintas pada peak hour (jam puncak) yang menjadi objek penelitian penulis dengan hasil analisa sebagai berikut: Dari tabel 9. dapat dilihat bahwa volume jam puncak tertinggi terjadi pada hari Sabtu pukul 15.50-15.55 sebesar 2004 skr/jam.

Tabel 10. Nilai DS Ruas Jalan Sam Ratulangi, Tanjung Batu, Manado

Hari/tanggal	Volume (skr/jam)	Kapasitas (skr/jam)	Derajat Kejenuhan (V/C)	LOS Menurut Morlok
Sabtu, 03 Maret 2018	2004	2648	0,76	D

Sumber: (Analisa Data, 2018)

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada ruas Jalan Sam Ratulangi, Tanjung Batu berada pada nilai level of service D dengan karakteristik arus lalu lintas mendekati tidak stabil dan kecepatan masih dapat ditolerir.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisa yang dilakukan pada lokasi penelitian yaitu pada ruas jalan Sam Ratulangi, Tanjung Batu maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil penelitian perhitungan hubungan volume (V), kecepatan (S), dan kepadatan (D) diperoleh nilai koefisien determinasi (R²). Untuk ruas jalan Sam Ratulangi, Tanjung Batu Manado digunakan model Greenshield pada hari Sabtu dengan nilai R² tertinggi sebesar 0,7718.

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

- a. Untuk Model Greenshield

Sesuai data tujuh hari survey yang memiliki koefisien determinasi tertinggi adalah hari Sabtu dengan R² = 0,7718 dengan persamaan :

Hubungan (S-D),

$$S = 38,1162217 - 0,188718014.D$$

Hubungan (V-D),

$$V = 38,1162217 D - 0,188718014D^2$$

Hubungan (V-S),

$$V = 201,9744749.S - 5,298911. S^2$$

Kapasitas (V_M) = 1924,62 skr/jam

Kepadatan Maksimum (D_M) = 100,98 skr/km

Kecepatan Maksimum (S_M) = 19,05 km/jam.

- b. Untuk Model Greenberg

Sesuai data tujuh hari survey yang memiliki koefisien determinasi tertinggi adalah hari Sabtu dengan R² = 0,7226 dengan persamaan :

Hubungan (S-D),

$$S = 51,51820934 - 5,85036347Ln D$$

Hubungan (V-D),

$$V = 51,51820934 D - 5,85036347D \ln D$$

Hubungan (V-S),

$$V = 6674,064865.S.e^{-0,170929551.S}$$

Kapasitas (V_M) = 14364,11 skr/jam

Kepadatan Maksimum (D_M) = 2455,25 skr/km

Kecepatan Maksimum (S_M) = 5,85 km/jam.

c. Untuk Model Underwood

Sesuai data tujuh hari survey yang memiliki koefisien determinasi tertinggi adalah hari Sabtu dengan $R^2 = 0,7582$ dengan persamaan:

Hubungan (S-D),

$$S = 38.97195607 e^{(-0.006264442 D)}$$

Hubungan (V-D),

$$V = 38.97195607 D.e^{(-0.006264442 D)}$$

Hubungan (V-S),

$$V = 584.703679.S - 159.6311359.S \ln S$$

Kapasitas (V_M) = 2288,62 skr/jam

Kepadatan Maksimum (D_M) = 159,63 skr/km

Kecepatan Maksimum (S_M) = 14,33 km/jam.

2. Berdasarkan hasil analisa data kondisi lapangan dengan menggunakan PKJI 2014, diperoleh nilai kapasitas sebesar 2648 skr/jam dengan dengan nilai LOS D ($DS = 0,75 - 0,84$).

Saran

Untuk hasil studi penelitian dari perhitungan kapasitas dan hubungan karakteristik arus lalu lintas yang lebih akurat, sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan berupa pengaruh hambatan samping yang bukan hanya dilihat dari koefisien PKJI tetapi dilakukan penelitian langsung pada ruas jalan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Manado, Kota Manado dalam Angka 2016 (<http://manadokota.bps.go.id/> diakses 18 April 2018)
- Departemen Pekerjaan Umum. 2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta
- Hobbs, 1995, *Perencanaan dan teknik Lalulintas*, Gajah Mada Universitas Press, Yogyakarta
- Leihitu, D .D. J., 2012. *Analisa Perbandingan Perhitungan Kapasitas Metode MKJI 1997 Dengan Perhitungan Kapasitas Menggunakan Metode Greenshield, Greenberg dan Underwood*. Jurnal Volume 1. Januari – April 2012.
- Morlock, E. K., 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi* (terjemahan), Erlangga, Jakarta.
- Oglesby, Clarkson Hicks., 1999. *Teknik Jalan Raya Jilid I* (Terjemahan). Gramedia. Jakarta.
- Pignataro, Louis J., 1973. *Traffic Engineering Theory and Practice*, PrenticeHall, Inc., USA
- Wohl and Martin., 1967. *Traffic System Analysis for Engineers and Planners*, McGraw-Hill Book Company, New York.