

EFEKTIFITAS MODEL KARAKTERISTIK ARUS LALU LINTAS DI RUAS JALAN RAYA RUNGKUT MADYA KOTA MADYA SURABAYA (PERBANDINGAN MODEL GREENSHIELD DAN GREENBERG)

Hendrata Wibisana
Jurusan Teknik Sipil FTSP
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jatim
Email: hw00198@yahoo.com

ABSTRAK

Karakteristik dari arus lalu lintas dapat dipelajari dan dianalisa dengan menggunakan beberapa metode. Pada penelitian ini digunakan analisa perbandingan model karakteristik lalu lintas yang ada yaitu Greenshield dan Greenberg, efektifitas dan efisiensi dari penyajian data yang ditampilkan oleh masing – masing metode tersebut. Dan dari kedua metode tersebut akan dibandingkan mana yang lebih optimal dalam memberikan solusi dari pergerakan kendaraan dari hubungan antara kepadatan, arus dan kecepatan kendaraan pada ruas jalan Raya Rungkut Madya Kotamadya Surabaya. Untuk model Greenshield diperoleh model matematis :

Hubungan Kecepatan – Kepadatan : $S = 32,818 - 0,533 \cdot \ln D$

Hubungan Volume – Kepadatan : $V = 32,818 \cdot D - 0,533 \cdot D \cdot \ln(D)$

Hubungan Volume – Kecepatan : $V = 1,82 \times 10^{-27} \cdot S \cdot e^{-1,876 \cdot S}$

Untuk model Greenberg diperoleh model matematis sebagai berikut :

Hubungan Kecepatan – Kepadatan : $S = 31,546 - 0,0173 \cdot D$

Hubungan Volume – Kepadatan : $V = 31,546 \cdot D - 0,0173 \cdot D^2$

Hubungan Volume – Kecepatan : $V = 1823,47 \cdot S - 57,8 \cdot S^2$

Untuk hubungan kecepatan kepadatan maka Greenberg memiliki pendekatan yang lebih baik, sedangkan untuk hubungan volume kepadatan, keduanya menunjukkan hasil yang hampir sama, dan untuk hubungan volume kecepatan maka pendekatan Greenshield masih lebih baik.

Kata Kunci: *Greensberg Methods, Greenshield Methods, speed vehicles, traffic flow, density of traffic*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan ruas jalan sebagai salah satu bentuk komitmen pemerintah dalam pembangunan infrastruktur secara menyeluruh dimaksudkan sebagai penyedia sarana transportasi yang memudahkan masyarakat setempat untuk berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya, baik dalam bidang sosial, ekonomi maupun budaya. Sebagai salah satu sarana transportasi darat, jalan raya dimaksudkan untuk dipergunakan sebagai akumulasi berbagai kendaraan bermotor maupun kendaraan tak bermotor. Dan dalam hal ini jumlah atau volume

dari kendaraan yang melintasi jalan tersebut tergantung kepada berbagai parameter yang ada antara lain kepadatan penduduk, jumlah kendaraan serta kondisi jalan.

Jalan Raya rungkut madya adalah salah satu jalan arteri di kotamadya Surabaya yang memiliki volume kendaraan yang cukup tinggi, terutama pada saat musim sekolah, dimana ruas jalan raya ini menuju kepada kampus UPN yang memiliki ribuan mahasiswa serta adanya deretan toko disepanjang jalan tersebut. Kondisi jalan yang dinamis tersebut menimbulkan kerawanan berupa kemacetan kendaraan yang melalui ruas

jalan tersebut. Jumlah pergerakan di raya rungkut madya dapat dikaitkan dengan kepadatan arus lalu lintas pada ruas jalan tersebut. Kepadatan dapat diyakini berkorelasi dengan kecepatan kendaraan serta volume kendaraan yang terjadi per kilometer ruas jalan.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mencari model korelasi antara volume kendaraan, arus dan kecepatan kendaraan pada suatu ruas jalan. Ruas jalan yang diteliti pada area Raya Rungkut Madya. Pemilihan ini didasari oleh observasi awal dimana pada ruas jalan ini sering terjadi kemacetan, volume kendaraan yang meningkat pada jam-jam tertentu, serta belum ada suatu studi yang memodelkan korelasi arus dan kepadatan pada ruas jalan ini.

Permasalahan

Dengan melihat kepada latar belakang yang ada maka dapat dikemukakan beberapa permasalahan yang ada yaitu :

- a. Bagaimanakah bentuk model matematis dari karakteristik ruas jalan Raya Rungkut Madya tersebut
- b. Berapakah kecepatan minimum yang harus ditempuh seorang pengguna jalan yang melintasi jalan Raya Rungkut Madya
- c. Model manakah yang paling optimal yang dapat menggambarkan kondisi riil dari karakteristik ruas jalan tersebut

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

- a. Mencari model matematis antara Kecepatan-Kepadatan, Volume-Kecepatan dan Volume-Kepadatan di ruas jalan Raya Rungkut Madya
- b. Mencari nilai kecepatan minimum dan kecepatan optimal dari kendaraan yang melaju pada ruas jalan tersebut
- c. Menentukan model yang paling optimal diantara Model Greenshield dan Model Greenberg

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

- a. Mengetahui berapa kecepatan maksimum dan kepadatan maksimum pada suatu saat tertentu dari ruas jalan Raya Rungkut Madya
- b. Dapat mengetahui dan mengenal model yang paling efektif dalam memberikan solusi permodelan matematis karakteristik arus lalu lintas pada ruas jalan Raya Rungkut Madya
- c. Dapat memberikan solusi dalam pemecahan kepadatan arus lalu lintas dalam selang waktu tertentu di ruas jalan Raya Rungkut Madya

Batasan Penelitian

Penelitian ini hanya mengungkap karakteristik arus lalu lintas, panjang jalan yang diamati hanya pada ruas jalan Raya Rungkut Madya Kotamadya Surabaya, dan banyaknya kendaraan yang diukur hanya sebatas pada kendaraan bermotor, sedangkan waktu melakukan pengukuran 1 hari diambil pada jam 06.00 WIB pagi hingga jam 18.00 WIB petang.

TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik Arus Lalu Lintas

Karakteristik arus lalu lintas pada suatu area menarik untuk diteliti dan dianalisa, dimana hasil yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi dari ruas jalan yang ada. Dalam hal ini dikenal ada 3 parameter yang utama yaitu:

- a. Arus (volume) lalu lintas
- b. Kepadatan (densitas) lalu lintas
- c. Kecepatan (speed) lalu lintas

Menurut Tamin karakteristik ini dapat dipelajari dengan suatu hubungan matematik di antara ketiga parameter di atas yaitu kecepatan, arus dan kepadatan lalu lintas pada ruas jalan.

Hubungan matematis tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$V = D \cdot S \tag{2.1}$$

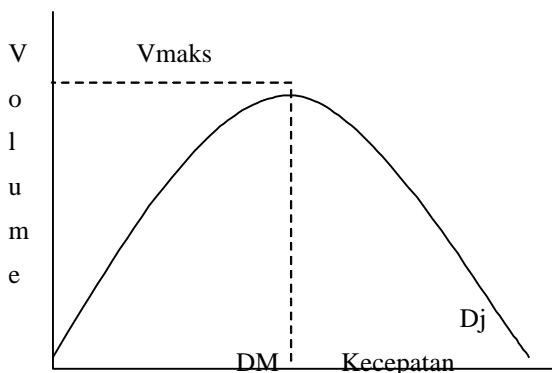
Dimana:

V = arus (volume)

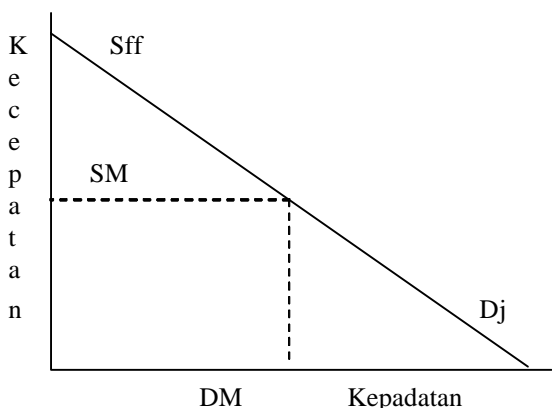
D = kepadatan (density)

S = kecepatan (speed)

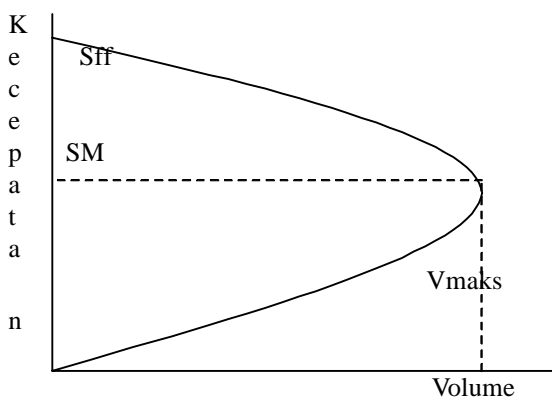
Hubungan di atas bila dijelaskan dalam gambar sebagai berikut:



Gambar 1. Kecepatan Vs Volume



Gambar 2. Kepadatan Vs Kecepatan



Gambar 2.3. Volume vs Kecepatan

Keterangan Gambar:

Vm = kapasitas atau arus maksimum (kendaraan /jam)

Sm = kecepatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum (km/jam)

Dm = kepadatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum (kendaraan/ km)

Dj = kepadatan pada kondisi arus lalu lintas macet total (kendaraan/ km)

Penurunan Model yang dapat menyatakan atau merepresentasikan hubungan antara Kepadatan dan Kecepatan ada 3 yaitu :

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

Pada penelitian ini akan dibahas perbandingan ketiga model karakteristik yang ada yaitu model Greenshield, model Greensberg dan model Underwood, sedangkan rute yang diambil sebagai sample adalah ruas jalan Rungkut Asri dengan jumlah pengukuran sebanyak 22, dimulai jam 06.00 WIB hingga 17.00 WIB.

Model Karakteristik Arus Lalu Lintas

Model Greenshield

Untuk model greenshield pendekatan yang dilakukan adalah pendekatan linier dan dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$S = Sff - \frac{Sff}{Dj} \cdot D \tag{2.2}$$

Rumus di atas adalah rumus untuk model Kecepatan dan Kepadatan.

Dimana S adalah notasi untuk kecepatan (speed), Sff adalah notasi untuk kecepatan pada kondisi arus lalu lintas sangat rendah atau men-

dekat nol, D adalah notasi untuk kepadatan (density) sedangkan Dj adalah kepadatan pada kondisi arus lalu lintas macet total dalam satuan smp/jam.

Menurut Greenshield hubungan matematis Arus dan Kepadatan adalah sebagai berikut :

Dari persamaan (2.1) di atas kita dapatkan
 $V = D \times S$

$$S = \frac{V}{D} \dots\dots\dots (2.3)$$

Maka dari hubungan tersebut kita substitusikan dihasilkan :

$$\frac{V}{D} = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D \dots\dots\dots(2.4)$$

Nilai D kita pindah ke ruas kanan akan diperoleh hasil :

$$V = D \cdot S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Persamaan (2.5) di atas adalah persamaan yang menyatakan hubungan antara Arus dan Kepadatan. Dari persamaan tersebut kondisi arus maksimum dengan notasi Vm bisa diperoleh pada saat kepadatan D = Dm, sedangkan nilai D = Dm sendiri bisa diperoleh dari persamaan (2.6) dan persamaan (2.7)

$$\frac{V}{D} = S_{ff} - \frac{2 \cdot S_{ff}}{D_j} \cdot D_m = 0 \dots\dots\dots (2.6)$$

$$D_m = \frac{D_j}{2} \dots\dots\dots(2.7)$$

setelah diperoleh persamaan (2.7) apabila disubstitusikan kedalam persamaan (2.5), maka nilai Vm bisa diperoleh :

$$V_m = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4} \dots\dots\dots (2.8)$$

Menurut Greenshield hubungan matematis Arus dan Kecepatan adalah sebagai berikut :

Dengan sedikit merubah persamaan (2.1) :

$$D = \frac{V}{S} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot \frac{V}{S} \dots\dots (2.10)$$

$$\frac{S_{ff}}{D_j} \cdot \frac{V}{S} = S_{ff} - S \dots\dots\dots (2.11)$$

$$V = D_j \cdot S - \frac{D_j}{S_{ff}} \cdot S^2 \dots\dots\dots (2.12)$$

Persamaan (2.12) adalah persamaan matematis yang menyatakan hubungan Arus dan Kecepatan. Pada persamaan tersebut dapat dicari juga kondisi arus maksimum (Vm) yang diperoleh pada saat S = Sm, dan nilai S = Sm dapat dicari dengan cara :

$$\frac{V}{S} = D_j - \frac{2 \cdot D_j}{S_{ff}} \cdot S_m = 0 \dots\dots(2.13)$$

$$S_m = \frac{S_{ff}}{2} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.14) ke dalam persamaan (2.12) akan diperoleh hasil sebagai berikut :

$$V_m = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4} \dots\dots\dots(2.15)$$

Model Greensberg

Greensberg menyatakan hubungan matematis antara Kecepatan dan Kepadatan bukan suatu fungsi linier melainkan merupakan bentuk eksponensial dan dinyatakan dalam persamaan dasar Greensberg :

$$D = C \times e^{b.S} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana C dan b merupakan suatu konstanta.

Persamaan (2.16) di atas adalah persamaan fungsi eksponensial, jika dilakukan sedikit modifikasi dalam bentuk logaritma, maka akan diperoleh bentuk hubungan matematis sebagai berikut :

$$\ln.D = \ln.C + b.S \dots\dots\dots (2.17)$$

$$b.S = \ln.D - \ln.C$$

$$S = \frac{\ln.D}{b} - \frac{\ln.C}{b} \dots\dots\dots(2.18)$$

Menurut Greensberg hubungan Arus dan Kepadatan dapat diturunkan sebagai berikut :

Dari persamaan (2.1), dan dengan memasukkan persamaan (2.3) ke dalam persamaan (2.18), maka bisa diperoleh persamaan baru (2.19) dan (2.20) sebagai berikut :

$$\frac{V}{D} = \frac{\ln.D}{b} - \frac{\ln.C}{b} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$V = \frac{D \cdot \ln.D}{b} - \frac{D \cdot \ln.C}{b} \dots\dots\dots(2.20)$$

Persamaan (2.20) adalah persamaan dari Greensberg yang menyatakan hubungan matematis Arus dan kepadatan. Dan kondisi arus maksimum (Vm) bisa diperoleh pada saat D=Dm, dan nilai D=Dm bisa diperoleh dari persamaan :

$$\frac{V}{D} = \frac{(\ln.Dm + 1)}{b} - \frac{\ln.C}{b} = 0 \dots\dots\dots(2.21)$$

$$(\ln.Dm + 1) = \ln.C \dots\dots\dots(2.22)$$

$$Dm = e^{\ln.C - 1} \dots\dots\dots (2.23)$$

Untuk selanjutnya menurut Greensberg hubungan antara Arus dan Kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (1), dan dengan memasukkan persamaan

$$D = \frac{V}{S} \dots\dots\dots(2.9)$$

Ke dalam persamaan :

$$D = C \times e^{b.S} \dots\dots\dots(2.16)$$

Maka diperoleh hubungan yang baru yaitu :

$$\frac{V}{S} = C \times e^{b.S} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$V = S \cdot C \times e^{b.S} \dots\dots\dots(2.25)$$

Persamaan (2.25) di atas adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus dan Kecepatan. Kondisi arus maksimum (Vm) bisa diperoleh pada saat arus S = Sm, dan nilai S = Sm bisa diperoleh melalui persamaan berikut :

$$\frac{dV}{dS} = C \times e^{b.S} + S.C.b. e^{b.S} = 0 \dots\dots\dots(2.26)$$

$$e^{b.S} (1 + S.b) = 0 \quad \dots\dots\dots(2.27)$$

$$S_m = - \frac{1}{b} \quad \dots\dots\dots(2.28)$$

METODA PENELITIAN

Pengambilan Data

- Survey dan pengambilan data dilakukan pada ruas jalan Raya Rungkut Madya, pada selang waktu yang sudah ditentukan.
- Pengambilan data dilakukan mulai jam 06.00 WIB hingga selesai jam 17.00 WIB dengan cara menghitung jumlah kendaraan bermotor yang melintasi ruas jalan tersebut dan di total tiap 30 menit berjalan.
- Untuk data kecepatan (S), pengambilan data dilakukan dengan terlebih dahulu mengukur panjang ruas jalan percobaan , diambil panjang 50 meter dan setelah itu dengan bantuan stopwatch mengukur waktu lintasan kendaraan bermotor dari titik awal ke titik akhir dengan mengacu kepada pengamatan roda depan kendaraan bermotor.

Tabulasi Data

Data yang selesai dibuat, ditabulasikan dengan bantuan program komputer Excel 2000 dan dilakukan perhitungan untuk D dan Xi kuadrat dan dimasukkan dalam kolom tersendiri pada Excel.

Analisa Data

Untuk analisa data dilakukan dengan menggunakan Regresi Linier:

$$Y_i = A + BX_i$$

Dengan transformasi linier diperoleh:

$$S = Y_i$$

$$D = X_i$$

A adalah intercep dengan sumbu Y, maka diperoleh $A = S_{ff}$, sedangkan B adalah gradien atau kemiringan dari kurva sehingga diperoleh $B = - (S_{ff} / D_j)$.

Untuk mencari nilai koefisien A dan B dilakukan perhitungan dengan rumus :

$$B = \frac{N \sum_{i=1}^N (X_i Y_i) - \sum_{i=1}^N X_i \cdot \sum_{i=1}^N Y_i}{N \sum_{i=1}^N (X_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^N X_i \right)^2}$$

HASIL DAN ANALISA

NO	WAKTU	S (km/jam)	V (smp/jam)	D(xi) (smp/km)	xi*yi	xi^2
1	06.00-06.30	38	1645	43,28947368	1645	1873,978532
2	06.30-07.00	34	1834	53,94117647	1834	2909,650519
3	07.00-07.30	27	1456	53,92592593	1456	2908,005487
4	07.30-08.00	29	1267	43,68965517	1267	1908,785969
5	08.00-08.30	32	1423	44,46875	1423	1977,469727
6	08.30-09.00	31	967	31,19354839	967	973,037461
7	09.00-09.30	35	1024	29,25714286	1024	855,9804082
8	09.30-10.00	29	754	26	754	676
9	10.00-10.30	27	882	32,66666667	882	1067,111111
10	10.30-11.00	28	672	24	672	576
11	11.00-11.30	30	892	29,73333333	892	884,0711111
12	11.30-12.00	28	1043	37,25	1043	1387,5625
13	12.00-12.30	32	923	28,84375	923	831,9619141
14	12.30-13.00	34	1136	33,41176471	1136	1116,346021
15	13.00-13.30	36	995	27,63888889	995	763,908179
16	13.30-14.00	31	873	28,16129032	873	793,0582726
17	14.00-14.30	34	1210	35,58823529	1210	1266,522491
18	14.30-15.00	28	1006	35,92857143	1006	1290,862245
19	15.00-15.30	31	865	27,90322581	865	778,5900104
20	15.30-16.00	29	937	32,31034483	937	1043,958383
21	16.00-16.30	34	1246	36,64705882	1246	1343,00692
22	16.30-17.00	32	1573	49,15625	1573	2416,336914
23	17.00-17.30	27	1329	49,22222222	1329	2422,82716
24	17.30-18.00	26	1015	39,03846154	1015	1524,001479

$$B = \frac{24 \cdot (26967) - 873,266 \cdot 742}{24 \cdot (33589,031) - (873,266)^2}$$

$$B = \frac{-755,372}{43543,237} = -0,0173$$

$$B = \frac{647208 - 647963,372}{806136,744 - 762593,507}$$

$$A = 30,917 - (-0,0173) \cdot 36,386$$

$$A = 30,917 + 0,629 = 31,546$$

NO	WAKTU	S (km/jam)	V (smp/jam)	D=V/S	log(D) xi	xi*yi	(xi)^2
----	-------	---------------	----------------	-------	--------------	-------	--------

$$B = \frac{24 \cdot (2646) - 85,607 \cdot 142}{24 \cdot (306,637) - (85,607)^2}$$

$$B = \frac{63504 - 63520,394}{7359,288 - 7328,558}$$

$$B = \frac{-16,394}{30,73} = -0,533$$

$$A = 30,917 - (-0,533) \cdot 3,567$$

$$A = 30,917 + 1,901 = 32,818$$

Dari hasil analisa regresi kedua model di atas, diperoleh nilai A dan B untuk masing-masing model, dan dari nilai tersebut dapat diaplikasikan kepada persamaan model matematis sebagai berikut :

$$S_{ff} = A = 31,546 \text{ km/jam}$$

$$D_j = \frac{31,546}{-(0,0173)} = 1823,47 \text{ smp/km}$$

Hubungan Kecepatan – Kepadatan :

$$S = 31,546 - 0,0173 \cdot D$$

Hubungan Volume – Kepadatan :

$$V = 31,546 \cdot D - 0,0173 \cdot D^2$$

Hubungan Volume – Kecepatan :

$$V = 1823,47 \cdot S - 57,8 \cdot S^2$$

Model Greenberg

$$1$$

$$\text{Nilai } b = \frac{1}{-0,533} = -1,876$$

$$\text{Nilai } C = \exp(32,818/0,533) = 1,82 \times 10^{-27}$$

Hubungan Kecepatan – Kepadatan :

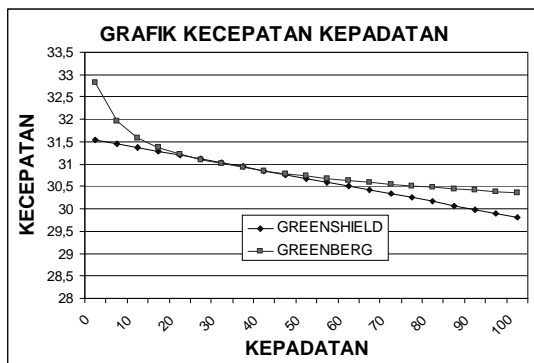
$$S = 32,818 - 0,533 \cdot \ln(D)$$

Hubungan Volume – Kepadatan :

$$V = 32,818 \cdot D - 0,533 \cdot D \cdot \ln(D)$$

Hubungan Volume – Kecepatan :

$$V = 1,82 \times 10^{-27} \cdot S \cdot e^{-1,876 \cdot S}$$



Gambar 4.1. Grafik Kecepatan - Kepadatan

Gambar 4.2. Grafik Arus - Kepadatan

Gambar 4.3. Grafik Arus – kecepatan

Kecepatan optimal bisa diperoleh dengan rumus (2.14) :

$$S_m = \frac{S_{ff}}{2} = 15,773 \text{ km/jam}$$

Dengan memasukkan persamaan kecepatan optimal ke dalam persamaan (2.12) akan diperoleh hasil arus maksimal sebagai berikut :

$$V_m = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4} = 14380,78 \text{ smp/jam}$$

KESIMPULAN

Model karakteristik dari Greenshield dan Greenberg dapat dituliskan dalam persamaan matematis sebagai berikut :

Hubungan Kecepatan – Kepadatan :

$$S = 31,546 - 0,0173 \cdot D$$

Hubungan Volume – Kepadatan :

$$V = 31,546 \cdot D - 0,0173 \cdot D^2$$

Hubungan Volume – Kecepatan :

$$V = 1823,47 \cdot S - 57,8 \cdot S^2$$

Hubungan Kecepatan – Kepadatan :

$$S = 32,818 - 0,533 \cdot \ln(D)$$

Hubungan Volume – Kepadatan :

$$V = 32,818 \cdot D - 0,533 \cdot D \cdot \ln(D)$$

Hubungan Volume – Kecepatan :

$$V = 1,82 \times 10^{-27} \cdot S \cdot e^{-1,876 \cdot S}$$

Kecepatan optimal dari kendaraan yang melaju di uras jalan Raya Rungkut Madya adalah $S_m = 15,773 \text{ km/jam}$ atau 16 km/jam , sedangkan kecepatan rata-rata dari kendaraan yang melaju pada ruas jalan tersebut adalah $30,917 \text{ km/jam}$, sehingga untuk mencapai kondisi optimal kecepatan harusnya dikurangi hingga separuh kecepatan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tamin, O.Z., "*Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*", Edisi Kesatu, ITB Bandung, 2003.
2. Khisty C.J., Kent Lall., "*Transportation Engineering An Introduction*", Third Edition, Prentice Hall, New Jersey, 2003
3. Asian Development Bank, "*Panduan Keselamatan Jalan untuk Kawasan Asia Pasifik*", Asian Development Bank, Manila, 2003
4. Pignataro L.J., "*Traffic Engineering*", Prentice-Hall, New York, 1973
5. Ahmad Munawar, "*Dasar-dasar Teknik Transportasi*", Beta Offset, Yogyakarta, 2005
6. Warpani S., "*Merencanakan Sistem Perangkutan*", ITB, Bandung, 1990
7. Bhattacharyya G.K., Johnson R.A., "*Statistical Concepts and Methods*", John Wiley & Sons, New York, 1977
8. Hendrata Wibisana, "*Studi Hubungan Arus Lalu Lintas Di Ruas Jalan Rungkut Asri Kotamadya Surabaya Dengan Metode Underwood*", Jurnal Teknik Sipil, Vol 3, No.2 Oktober 2007, Maranatha, Bandung, 2007