

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa terbitan yang digunakan menjadi salah satu acuan dalam ulasan ini adalah yang pertama dari terbitan yang disusun oleh Freddy dan Ririn pada tahun 2015, membahas tentang melihat bagaimana analogi keluaran analisis perhitungan daya tampung dengan memperhatikan kaitan ilmu pasti antara ketiga Barometer lalu lintas dengan keluaran perhitungan menggunakan MKJI, melalui versi yang dipilih berawalkan adanya pendekatan maka dipilih versi *Greenberg*. Ulasan ini dilakukan di daerah Manado-Tomohon dalam jangka waktu tiga hari.

Daya tampung dicari melalui paradigma *Greenshields*, *Greenberg*, dan *Underwood* diperoleh dengan cara mengetahui keterkaitan ilmu pasti antara barometer V , S dan D serta lambang peubah ketetapan (R^2) yang tertinggi dalam tiga hari survey. Dari keluaran paradigma didapat untuk versi *Greenshields* lambang peubah tertinggi adalah hari Sabtu (arah Manado-Tomohon) dengan $R^2 = 0,8713$ dengan paralelisme keterkaitan ilmu pasti $V = 51,51942$. $D = 0,58205$. D^2 dan daya tampung (VM) = 1140,04 smp/jam. Versi *Greenberg* lambang peubah ketetapan tertinggi adalah hari Sabtu (arah Tomohon-Manado) dengan $R^2 = 0,9527$ dengan paralelisme keterkaitan ilmu pasti $V = 76,3554$. $D = 14,1890$. $DLnD$ dan daya tampung (VM) = 1134,30 smp/jam. Untuk versi *Underwood* lambang peubah ketetapan tertinggi adalah hari Sabtu (arah Tomohon-Manado) dengan $R^2 = 0,9125$ dengan paralelisme keterkaitan ilmu pasti $V = 40,38438$. $D = 0,0127$. D dan daya tampung (VM) = 1172,17 smp/jam. Untuk perhitungan dengan menggunakan MKJI didapat daya tampung (VM) = 2790 smp/jam. Berawalkan perhitungan dari ketiga versi tersebut yang paling mendekati dengan perhitungan MKJI adalah versi *Greenberg*.

Lalu yang kedua adalah terbitan yang disusun oleh Febby pada tahun 2014 dengan topik pembahasan ANDALALIN Pasar Pagi Pangkal Pinang dengan tujuan

menakar performa ruas jalan dan mengetahui dampak pergerakan pada lokasi ulasanya dengan menggunakan teknik MKJI dan keadaan kinerja lalu lintas yang terjadi akibat adanya pusat perbelanjaan dikawasan pasar pagi Pangkalpinang dengan angka derajat kejenuhan (DS) 0,11, $FV = 38,42$ km/jam yang pada keadaan dilapangan, kecepatan (V) yang ditempuh untuk mobil 23,67 km/jam dan motor 29,93 km/jam dan kapasitas (C) = 4095,6 smp/jam. Analisis dampak lalu lintas yang terjadi akibat adanya Pasar Pagi ini dipengaruhi oleh beberapa aspek yaitu kendaraan yang parkir dibadan jalan yang hampir memakai setengah badan jalan, pejalan kaki, pedagang kaki lima yang berjualan dibadan jalan dan korelasi antara kendaraan yang masuk dan keluar Pasar Pagi dengan jenjang pelayanan jalan, dimana termasuk dalam jenjang pelayanan A.

Terbitan ketiga ialah tulisan dari Putri Endah yang menganalisis performa ruas jalan disekitar pasar tradisional dengan teknik MKJI dengan tujuan untuk mengetahui performa ruas jalan yang ada disekitar pasar dan keluaran akhir pada terbitan ini ialah jenjang gangguan samping pada ruas jalan yang diteliti termasuk kedalam kelompok gangguan samping yang cukup tinggi, selain itu daya tampung pada jalan dititik ulasan sebesar 2270,70 smp/jam atau bisa dikatakan melebihi daya tampung jalan yang sebenarnya dititik ulasan. Selanjutnya adalah terbitan yang ditulis oleh Lis Ayu dan Said Jalalul pada tahun 2015 dengan topik yang diangkat adalah jenjang pada pelayanan jalan dengan tujuan mengetahui seberapa besar derajat Jenjang pelayanan di lokasi titik ulasan dan diperoleh keluaran bahwa jenjang pelayanan pada ruas jalan di lokasi ulasan adalah kelompok B atau pergerakan masih stabil tapi kecepatannya mulai terbatas.

Terbitan yang lainnya adalah terbitan yang disusun oleh Rusdianto dkk pada tahun 2015 yang menganalisis daya tampung ruas jalan dengan teknik MKJI dan PKJI dengan tujuan mengetahui analogi keluaran keduanya. Keluaran informasi yang diperoleh dari salah satu unit jalan depan swalayan fiesta adalah, dengan MKJI 1997 kapasitas adalah 2895smp/jam dengan volume tertinggi unit sebesar 2095 smp/jam, nilai derajat kejenuhan sebesar 0,72, kecepatan rerata sebesar 36,49 km/jam dan kecepatan arus bebas sebesar 39,99km/jam dilihat berawalkan barometernya. Sedangkan dengan PKJI 2014 kapasitas adalah 2895skr/jam

dengan volume tertinggi unit sebesar 2095 skr/jam, variabel derajat kejenuhan sebesar 0,72, kecepatan rerata sebesar 36,49 km/jam dan kecepatan pergerakan bebas sebesar 39,99km/jam dilihat berawalkan barometernya.

Kedua teknik tersebut memberikan keluaran nilai performa yang sama meskipun perbedaan elemen pada kedua teknik tersebut. Sehingga untuk menguraikan daya tampung jalan perkotaan suatu unit ruas jalan bisa dengan menggunakan kedua teknik tersebut yaitu MKJI 1997 maupun PKJI 2014..

2.2 Acuan Terbitan

Berikut merupakan beberapa terbitan yang digunakan sebagai acuan dalam ulasan ini

Tabel 2.1. Analogi Keluaran Ulasan Sebelumnya.

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Tujuan	Teknik yang Digunakan	Keluaran Ulasan
1	Ririn Gamran, Freddy Jansen, M. J. Paransa (2015)	Analogi Daya tampung melalui keluaran analisis paradigma transportasi dan keluaran dari MKJI	Menentukan versi yang dipilih (Greenshields, Greenberg, dan Underwood) Membandingkan keluaran perhitungan dengan keluaran teknik MKJI 1997 terkait perhitungan MKJI	MKJI 1997	Versi yang mendekati adalah Greenberg, MKJI 1997 dengan Daya tampung (VM) = 2790 smp/jam adalah versi Greenberg dengan Daya tampung (VM) = 2276,10 smp/jam.
2	Febby Ayu Lestari, (2014)	ANDALALIN pada pusat perbelanjaan	- Menakar performa lalu lintas - Mengetahui dampak lalu lintas kendaraan pada lokasi ulasan	MKJI 1997	Dj keluaran perhitungan menyatakan bahwa keadaan dilapangan masih stabil atau pergerakan bebas, namun pada kenyataannya terjadi kemacetan akibat gangguan samping
3	Putri Endah	analisis performa ruas jalan disekitar pasar tradisional dengan teknik MKJI	- mengetahui performa ruas jalan yang ada disekitar pasar	MKJI 1997	Jenjang gangguan samping pada ruas jalan yang diteliti termasuk kedalam kelompok gangguan samping yang cukup tinggi, selain itu Daya tampung pada jalan dititik ulasan sebesar 2270,70 smp/jam atau bisa dikatakan melebihi Daya tampung jalan yang sebenarnya dititik ulasan.
4	Lis Ayu dan Said Jalalul	Analisa Jenjang Pelayanan Jalan	mengetahui seberapa besar derajat Jenjang pelayanan di lokasi titik ulasan	MKJI 1997	bahwa Jenjang pelayanan pada ruas jalan di lokasi ulasan adalah kelompok B atau pergerakan masih stabil tapi kecepatannya mulai terbatas.

2.5.2 Kecepatan

Besaran jarak yang ditempuh pada unit waktu atau cepatnya kendaraan ketika melakukan sebuah perjalanan dinyatakan dalam km/jam atau m/det disebut sebagai kecepatan.

Kecepatan dapat dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu:

1. Kecepatan rerata waktu, yaitu angka rerata kecepatan yang diperoleh selama peneliti melakukan pengamatan, pada lokasi yang sama. *Time mean speed* dapat dihitung dengan :

$$U_t = \frac{\sum L/t_i}{n} \dots \dots \dots (2.2)$$

2. Kecepatan rerata ruang, yaitu rerata kecepatan yang diukur sepanjang ruas jalan yang menjadi tempat dilakukannya pengamatan. *Space mean speed* dapat dihitung dengan :

$$U_s = \frac{l}{TT} \dots \dots \dots (2.3)$$

2.5.3 Kerapatan

Jumlah kendaraan pada unit jarak yang umumnya dalam unit kend/jam dinyatakan sebagai kerapatan. Kerapatan dapat dihitung dengan :

$$K = \frac{n}{L} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan kata lain, kerapatan merupakan hasil dari jumlah kendaraan yang lewat dibagi dengan panjang ruas yang dilewati.

2.6 Performa Ruas Jalan Berawalkan Teknik PKJI 2014

Aspek yang digunakan sebagai ukuran performa suatu ruas jalan memberikan gambaran tentang bagaimana keadaan pergerakan lalu lintas pada ruas jalan tersebut.

Tujuan adanya analisis pada unit jalan adalah untuk menentukan daya tampung dan untuk menentukan besarnya derajat kejenuhan berkaitan dengan pergerakan atau untuk menentukan kecepatan yang diperlukan ketika menempuh ruas jalan tersebut.

Agar cara kerjas lalu lintas yang diinginkan dapat dipenuhi dan tercapai, maka diperlukan beberapa cara untuk menjadi alternatif diadakannya perbaikan. Apabila dilihat melalui syarat teknis jalan ditetapkan ukuran Dj yang menjadi salah satu penentu pelayanan pada jalan tersebut, dimana untuk jalan arteri dan kolektor, jika Dj menggapai 0,85, maka perlu dipertimbangkan untuk dijenjangkannya Daya tampung jalan tersebut. Sedangkan jalan lokal, apabila Dj menggapai 0,90 maka perlu dijenjangkan daya tampung pada unit jalan tersebut. (PKJI,2014)

2.6.1 Pergerakan dan Komposisi Lalu Lintas

Ketika kendaraan melintas disuatu ruas jalan, barulah dapat dikatakan sebagai salah satu Barometer penggambaran pergerakan lalu lintas. Adanya variasi ruang serta kemampuan pada gerak setiap jenis kendaraan mengakibatkan pergerakan lalu lintas tidak dapat dinyatakan hanya dalam unit kend/waktu.

Pergerakan lalu lintas yang telah diperoleh dikonversikan menjadi unit kendaraan ringan per jam dengan memperhatikan setiap angka ekr. Angka ekr dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Angka EKR Pada Bentuk Jalan 2/2 Tidak Terbagi.

Bentuk jalan	Total Pergerakan (kendaraan/jam)	Ekr		
		KB	SM	
			Lebar trek lalu lintas (L jalur)	
			≤ 6 m	≥ 6 m
2/2TT	< 1800	1,3	0,5	0,40
2/2TT	≥ 1800	1	0,35	0,25

Sumber: PKJI

Melalui tabel diatas dapat dilihat bahwa adanya perbedaan nilai ekr antara kendaraan berat jika ditinjau melalui jumlah keseluruhan pergerakan dalam jalan. Jika setelah dihitung jumlah keseluruhan pergerakan dalam jalan tersebut masih dibawah 1800, maka ekr nya 1,3 dan jika lebih besar atau sama dengan angka yang ditulis pada tabel, maka nilai ekr nya dikali 1 dan untuk sepeda motor bisa disesuaikan dengan lebar jalurnya. Apabila trek/jalur lebih kecil dari 6m maka digunakan 0,5 apabila seluruh kendaraan yang lewat kurang dari 1800,bila lebih dari 1800 maka digunakan ekr 0,35.

2.6.2 Derajat Kejenuhan

Ukuran yang digunakan sebagai penentu jenjang performa unit jalan adalah derajat kejenuhan (Dj). Angka Dj diperlukan sebagai awal menunjukkan bagaimana kualitas performa pergerakan lalu lintas yang bervariasi antara 0-1.

Ketika angka mendekati 0 maka dapat diketahui bahwa pergerakan pada ruas jalan itu sedang tidak jenuh atau dapat dikatakan bahwa keadaan pergerakan dalam keadaan lengang atau hadirnya kendaraan lain tidak memberikan efek bagi kendaraan yang lain yang sedang melintas.

Angka ≥ 1 menunjukkan keadaan pergerakan pada keadaan menggapai daya tampung, atau dalam artian kepadatan pergerakan yang terjadi diruas tersebut masih dalam kategori sedang dengan kecepatan pergerakan yang masih bisa bertahan paling tidak selama kurang lebih 1 jam.

Tujuan yang ingin dicapai melalui perhitungan derajat kejenuhan pada suatu ruas jalan berkaitan dengan ditentukannya Jenjang pelayanan pada suatu ruas jalan yang diteliti.

Dj dapat dihitung menggunakan Rumus :

$$DJ = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

Dj = Derajat kejenuhan

Q = Pergerakan pada lalu lintas (skr/jam)

C = Daya tampung (skr/jam)

Melalui paralelisme kita dapat mengetahui bahwa untuk memperoleh angka Derajat kejenuhan berkaitan dengan pergerakan yang terjadi dan daya tampung jalan tersebut. Tingkat pelayanan jalan diketahui apabila memperoleh hasil derajat kejenuhan lalu diperhatikan angka yang diperoleh dengan yang tertera pada tabel berikut

Tabel 2.3 Kaitan Jenjang Pelayanan Jalan dengan Derajat Kejenuhan

Jenjang Pelayanan	Dj	Keterangan
A	0,00-0,20	Tidak terganggu, kurangi kecepatan
B	0,20-0,44	Stabil, terbatasnya kecepatan
C	0,45-0,74	Stabil, gerak dan kecepatan dikendalikan
D	1,75-0,84	Tidak stabil, menurunnya kecepatan
E	0,85-1,00	Stabil, kecepatan terbatas
F	$\geq 1,00$	Terhambat dan kecepatannya rendah

Sumber : PKJI

Tabel diatas menyajikan kategorisasi pelayanan jalan apabila ditinjau melalui hasil derajat kejenuhan. Jika dibawah 0,2 maka pergerakan yang ada tidak mengalami gangguan atau sipengendara bebas melewati jalan tersebut. Jika diatas 0,2 dan tidak lebih dari 0,44 maka pergerakan masih dalam keadaan stabil tapi kecepatan mulai terbatas. Jika diatas 0,45 tapi tidak melebihi 0,74 maka dikatakan bahwa pergerakan masih stabil namun ada pengendalian terhadap kecepatan pengendara. Jika diatas 0,85 maka kecepatan mulai terbatas dan jika melebihi 1 maka dikatakan bahwa pergerakan terhenti dan kecepatan rendah.

Dilakukannya perhitungan terhadap daya tampung jalan tersebut dengan menggunakan beberapa tabel dibawah ini yang dikutip melalui PKJI(2014). Segala sesuatu dapat ditinjau berawalkan angka yang tertera dan sudah menjadi salah satu keharusan dalam syarat perhitungan kapasitas.

Tabel 2.4 Daya Tampung Awal Jalan Perkotaan.

Bentuk jalan Kota	Daya tampung Awal Co (Skr/jam)	Catatan
4/2 R atau satu arah	1650	/lajur (Satu arah)
2/2 TT	2900	/lajur (Dua arah)

Sumber : PKJI

Tabel diatas menjelaskan bagaimana daya tampung awal jalan. Daya tampung awal jalan satu arah sebesar 1650 skr/jam dan daya tampung awal jalan dua arah sebesar 2900 skr/jam.

Tabel 2.5 Aspek Penyesuaian Daya Tampung Jalur Lalu Lintas (FCLJ).

Bentuk	Lebar Efektif Le (m)	VBL (km/jam)
4/2 R atau jalan satu arah	Lebar per Lajur :	
	3	0,92
	3,25	0,96
	3,5	1
	3,75	1,04
	4	1,08
2/2 TT	Lebar per Lajur :	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
	11	1,34

Sumber : PKJI

Tabel diatas menyajikan nilai aspek penyesuaian daya tampung jalur, jika jalan merupakan 1 arah maka diperhatikan berapa lebar jalan perjalur, apabila 3m maka gunakan nilai VBL 0,92 untuk analisa perhitungan. Bila jalan dua jalur tidak terbagi, untuk jalan 6m gunakan 0,87 VBL.

Tabel 2.6 Aspek Penyesuaian Pemisah Arah untuk Jalan Tak Terbagi

Pemisah Arah PA %-%		50-50	55-45	60-40	65-45
FSP	2/2 TT	1	0,97	0,94	0,91

Sumber : PKJI

Tabel diatas menyajikan yang perlu diperhatikan bila ada 2 arah. Untuk pergerakan dikedua arah sama temponya dalam kurun waktu pengamatan maka gunakan nilai FSP=1

Tabel 2.7 Aspek Penyesuaian Kecepatan Pergerakan Bebas Akibat HS

Bentuk jalan	KHS	FVBHS			
		LBe (m)			
		≤ 0,5 m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
2/2 T	Sangat Tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber : PKJI

Tabel diatas menyajikan nilai yang digunakan untuk menyesuaikan kecepatan

pergerakan akibat adanya hambatan samping. Dikarenakan ulasan ini hambatan samping nya sangat tinggi, maka jika bahu jalan sebesar 0,5m maka digunakan nilai 0,73. Jika lebih dari 2m maka digunakan nilai sebesar 0,91

Tabel 2.8 Aspek Koreksi Ukuran Kota.

Ukuran kota (Juta Penduduk)	Aspek Penyesuaian Untuk Ukuran Kota, FVUK
< 0,1	0,90
0,1 – 0,5	0,93
0,5 – 1,0	0,95
1,0 – 3,0	1,00
>3,0	1,03

Sumber : PKJI

Tabel diatas menyajikan aspek yang perlu diperhatikan terkait ukuran kota berdasarkan dengan jumlah penduduk, apabila kurang dari 1 juta maka menggunakan nilai 0,90 untuk perhitungannya. Bila diatas 0,1 juta maka gunakan nilai 0,93

2.6.3 Kecepatan Pergerakan Bebas (VB)

Penetapan angka pergerakan bebas dilakukan sebagai kriteria yang awal untuk mengetahui bagaimana performa suatu unit jalan, VB dihitung menggunakan paralelisme yang tertera dibawah ini.

$$VB = (VBD + VBL) \times FVBHS \times FVBUK \dots \dots \dots (2.6)$$

Tabel 2.9 Kecepatan Pergerakan Bebas Awal (V_{BD})

Bentuk Jalan	VBD(Km/jam)			
	KR	KB	SM	Rata-rata Semua kendaraan
6/2 T atau 3/1	61	52	48	57
4/2T atau 2/1	57	50	47	55
2/2TT	44	40	40	42

Sumber : PKJI

Tabel diatas menyajikan nilai yan digunakan untuk perhitungan kecepatan bebas berdasarkan bentuk jalan dan jenis kendaraan. Bentuk jalan dua arah tidak terbagi menggunakan nilai 44 untuk kendaraan ringan nya,nilai 40 untuk kendaraan beratnya dan 40 juga untuk sepeda motornya dalm notasi km/jam

Tabel 2.10 Standar penentuan kelompok gangguan samping

Kelompok Hs	Jumlah Kejadian	Karakteristik
Sangat rendah, SR	<100	Daerah Permukiman, tersedia jalan lingkungan (<i>frontage road</i>)
Rendah, R	100 – 299	Daerah Permukiman, ada beberapa angkutan umum (angkot).
Sedang, S	300 – 499	Daerah Industri, ada beberapa 12ook di sepanjang sisi jalan
Tinggi, T	500 – 899	Daerah Perdagangan dan bisnis, ada aktivitas sisi jalan yang tinggi
Sangat tinggi, ST	> 900	Daerah Perdagangan dan bisnis, ada aktivitas pasar sisi jalan.

Sumber : PKJI

Tabel standar penentuan kelompok Hs digunakan untuk mengetahui karakteristik suatu jalan. Jika lebih besar dari 900 maka dapat dikategorikan kedalam kelas yang sangat tinggi dan daerah tersebut adalah daerah ramai. Dikarenakan hambatan yang samping juga mempengaruhi performa jalan itu maka hal ini perlu diperhatikan.

Tabel 2.11 Aspek Penyesuaian Daya tampung Terkait Ukuran Kota / FC_{UK}

Ukuran kota (Juta Penduduk)	FVUK
< 0,1	0,90
0,1 – 0,5	0,93
0,5 – 1,0	0,95
1,0 – 3,0	1,00
>3,0	1,03

Sumber : PKJI

Tabel diatas menyajikan angka terkait daya tampung berdasarkan ukuran kota atau jumlah penduduknya. 0,90 digunakan apabila jumlah penduduk kurang dari 0,1 juta dan 1 untuk jumlah penduduk yang lebih besar dari 1 juta penduduk. 0,1 juta sampai 0,5 juta menggunakan 0,93 dan untuk diatas 3,0 juta menggunakan nilai atau angka 1,03 untuk aspek yang harus disesuaikan terkait ukuran kota.

Tabel 2.12 Penyesuaian Kecepatan V_{BL}

Bentuk jalan	Lebar Efektif (m)	$V_{B,L}$ (Km/jam)
4/2T atau 1 arah	Per lajur: 3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
	4,00	4
2/2TT	5,00	-9,50
	6,00	-3
	7,00	0
	8,00	3
	9,00	4
	10,00	6
	11,00	7

Sumber : PKJI 2014

Tabel diatas merupakan variabel yang perlu diperhatikan dalam penyesuaian kecepatan berdasarkan bentuk jalannya dan lebar efektifnya. Jika jalan merupakan 1 arah dan lebar per lajur 3m maka digunakan -4 untuk analisisnya dan jika jalan merupakan jalan tidak terbagi dan lebarnya 6m maka digunakan -3 sebagai penyesuai kecepatan berdasarkan lebar efektifnya.

Tabel 2.13 Penyesuaian Kecepatan Pergerakan Bebas / FV_{BHS}

Bentuk jalan	KHS	FV_{BHS}			
		LBe (m)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
2/2 TT	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95

Sumber : PKJI

2.6.4 Gelombang Kejut Ketika Terjadi Pengecilan

Waktu yang hilang karena adanya gangguan terhadap performa pergerakan disebut sebagai terjadinya tundaan atau antrian. Ulasan ini menggunakan analisis antara kaitan kecepatan, kepadatan, dan volume lalu lintas dengan menggunakan 3 versi (Versi *Greenshields*, Versi *Greenberg*, dan Versi *Underwood*) kemudian pada akhirnya menggunakan analisis gelombang kejut untuk mengetahui adanya tundaan pada jalan menyempit.

A. Versi *Greenshields*

Greenshields berspekulasi bahwa kaitan ilmu pasti antara kecepatan dan kepadatan (S-D) sebagai kaitan berbanding lurus.

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D \dots \dots \dots (2.7)$$

Kemudian kaitan ilmu pasti diatas diturunkan kedalam paralelisme,

$$\frac{V}{D} = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D \dots \dots \dots (2.8)$$

$$V = D \cdot S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D^2 \dots \dots \dots (2.9)$$

Paralelisme (2.9) menunjukkan kaitan (V-D). Volume tertinggi (V_m) dapat diperoleh apabila ($D=D_m$) yang diperoleh melalui paralelisme (2.10) dan (2.11)

$$\frac{\partial V}{\partial D} = S_{ff} - \frac{2 \cdot S_{ff}}{D_j} \cdot D_m = 0 \dots \dots \dots (2.10)$$

$$D_m = \frac{D_j}{2} \dots \dots \dots (2.11)$$

V_m boleh diperoleh melalui paralelisme (2.12) yang ada dibawah,

$$V_M = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4} \dots \dots \dots (2.12)$$

Kaitan ilmu pasti (V-S) diturunkan dengan paralelisme (2.13) dan (2.14)

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

$$V = D_j \cdot S - \frac{D_j}{S_{ff}} \cdot S^2 \dots \dots \dots (2.14)$$

Keadaan V_M boleh diperoleh ketika $S=S_M$ dan disajikan kedalam paralelisme (2.15) yaitu,

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

Maka keluaran akhirnya adalah $V_M = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4}$ dan $D_m = \frac{D_j}{2}$. Adanya modifikasi linear $Y_i = A + Bx_i$ dimana $S = Y_i$ dan $D = X_i$ diasumsikan. D, V dan S awalnya diambil melalui hasil data survey. Setelah itu dicari ukuran A dan B dihitung dengan $A = S_{ff}$ dan $B = -S_{ff}/D_j$. Nilai A dan B itu lah yang akan digunakan untuk keterkaitan ilmu pasti antarbarometer. Lalu memasukkan nilai $D=0$ dan $S=0$ untuk mendapatkan nilai D_j . Lalu dilanjutkan

menghitung kepadatan maksimum dan kecepatan maksimumnya yang kemudian digunakan untuk menghitung *Headway* dan *Spacing*. Untuk membuat grafik S-D yang merupakan keluaran dari paralelisme pangkat dua atau menghasilkan 2 nilai D, begitu pula untuk menghasilkan grafik V-S

B. Versi *Greenberg*

Greenberg berspekulasi bahwa kaitan ilmu pasti antara kepadatan dan kecepatan (D-S) merupakan suatu kaitan yang dinyatakan dalam fungsi eksponensial.

$$D = C \cdot e^{-bS} \dots\dots\dots (2.16)$$

Apabila paralelisme diatas disajikan dalam gambaran logaritma natural, maka dapat ditarik sebuah keterikatan antara (S-D) yaitu,

$$\ln D = \ln C - bS \dots\dots\dots (2.17)$$

$$bS = \ln C - \ln D \dots\dots\dots (2.18)$$

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

$$S = \frac{1}{b} \ln \frac{C}{D} \dots\dots\dots (2.20)$$

Lalu masukkan kedalam persamaan (2.21) dan (2.22) dimana (S=V/D)

$$\frac{V}{D} = \frac{1}{b} \ln \frac{C}{D} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$V = \frac{\frac{D}{b \ln C}}{D} \dots\dots\dots (2.22)$$

Paralelisme (2.22) menyajikan adanya keterkaitan ilmu pasti V-D. Keadaan (V_M) bisa diperoleh saat $D=D_M$ yang bisa ditemukan melalui paralelisme (2.23) dan (2.27)

$$\frac{\partial V}{\partial D} = \frac{1}{b} \ln \frac{C}{D_M} + \frac{D_M}{b \left(\frac{-1}{D_M}\right)} = 0 \dots\dots\dots (2.23)$$

$$\frac{1}{b} \ln \frac{C}{D_M} - \frac{1}{b} = 0 \dots\dots\dots (2.24)$$

$$(\ln C - \ln D_M) - 1 = 0 \dots\dots\dots (2.25)$$

$$\ln D_M = \ln C - 1 \dots\dots\dots (2.26)$$

$$D_M = e^{\ln C - 1} = \frac{C}{e} \dots\dots\dots (2.27)$$

Lalu V_M bisa dicari dengan rumus dibawah ini untuk memperoleh nilai $S = S_M$ yang diperoleh melalui paralelisme (2.31) sampai (2.33)

$$V_M = \frac{C}{be} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$\frac{V}{S} = C \cdot e^{-b \cdot S} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$V = S \cdot C \cdot e^{-b \cdot S} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$\frac{\partial V}{\partial S} = C e^{-b \cdot S_M} - S_M C b e^{-b \cdot S_M} = 0 \dots\dots\dots (2.31)$$

$$C e^{-b \cdot S_M} (1 - S_M b) = 0 \dots\dots\dots (2.32)$$

$$S_M = \frac{1}{b} \dots\dots\dots (2.33)$$

Keluaran akhir dari paralelisme yang akan didapatkan adalah sebagai berikut,

$$V_M = \frac{1}{b} \cdot C \cdot e^{-1} \dots\dots\dots (2.34)$$

$$V_M = \frac{C}{be} \dots\dots\dots (2.35)$$

Melalui semua paralelisme diatas, maka ditarik sebuah keluaran akhir bahwa $V_M = C/be$ diraih ketika keadaan kecepatan $S_M = 1/b$ dan kepadatan $D_M = C/e$. Cara pengerjaannya tidak jauh beda dengan versi *Greenshields*. Hanya saja versi ini menganggap bahwa keterkaitan S-D adalah logaritma natural. Data yang digunakan tetap data awal hasil survey, lalu menggunakan perhitungan memakai regresi linear. Setelah memperoleh nilai A dan B yang digunakan untuk mengetahui keterkaitan hubungan antar barometer.

C. Versi *Underwood*

Underwood berspekulasi bahwa kaitan antara kecepatan-kepadatan (S-D) merupakan suatu kaitan yang disajikan melalui adanya fungsi eksponensial yang disajikan dalam paralelisme (2.36) dibawah

$$S = S f f \cdot e^{-D/D_M} \dots\dots\dots (2.36)$$

Dimana Sff dianggap sebagai kecepatan pergerakan bebas dan D_M dianggap sebagai kepadatan dalam keadaan daya tampung maksimal, lalu paralelisme (2.36) disajikan kembali kedalam gambaran logaritma natural, jadi keterkaitan (S-D) disajikan dalam persamaan (2.37)

$$\ln S = \ln Sff - D/D_M \dots \dots \dots (2.37)$$

Keterkaitan ilmu pasti (V-S) diturunkan kedalam paralelisme (2.38) dan (2.39) yang disajikan dibawah ini,

$$\frac{V}{D} = Sff \cdot e^{-D/D_M} \dots \dots \dots (2.38)$$

$$V = D \cdot Sff \cdot e^{-D/D_M} \dots \dots \dots (2.39)$$

Keadaan volume yang menggapai daya tampung sesungguhnya diperoleh ketika $D=D_M$, yang dilakukan dengan memasukkan variabel D_M kedalam paralelisme (2.39), maka disajikan dalam paralelisme (2.40) sebagai berikut,

$$V_M = \frac{D_M \cdot Sff}{e} \dots \dots \dots (2.40)$$

$$V = S D_M \ln \frac{Sff}{S} \dots \dots \dots (2.41)$$

Paralelisme (2.41) menyajikan keterkaitan antara (V-S). Keadaan volume maksimal diperoleh ketika $S=S_M$ yang dimana variabelnya diperoleh melalui persamaan dibawah ini.

$$\frac{\partial V}{\partial S} = D_M (\ln Sff - \ln S_M) + D_M \cdot S_M \left(-\frac{1}{S_M} \right) = 0 \dots \dots \dots (2.42)$$

$$D_M (\ln Sff - \ln S_M) - D_M = 0 \dots \dots \dots (2.43)$$

$$(\ln Sff - \ln S_M) = 1 \dots \dots \dots (2.44)$$

$$S_M = e^{\ln Sff - 1} = Sff/e \dots \dots \dots (2.45)$$

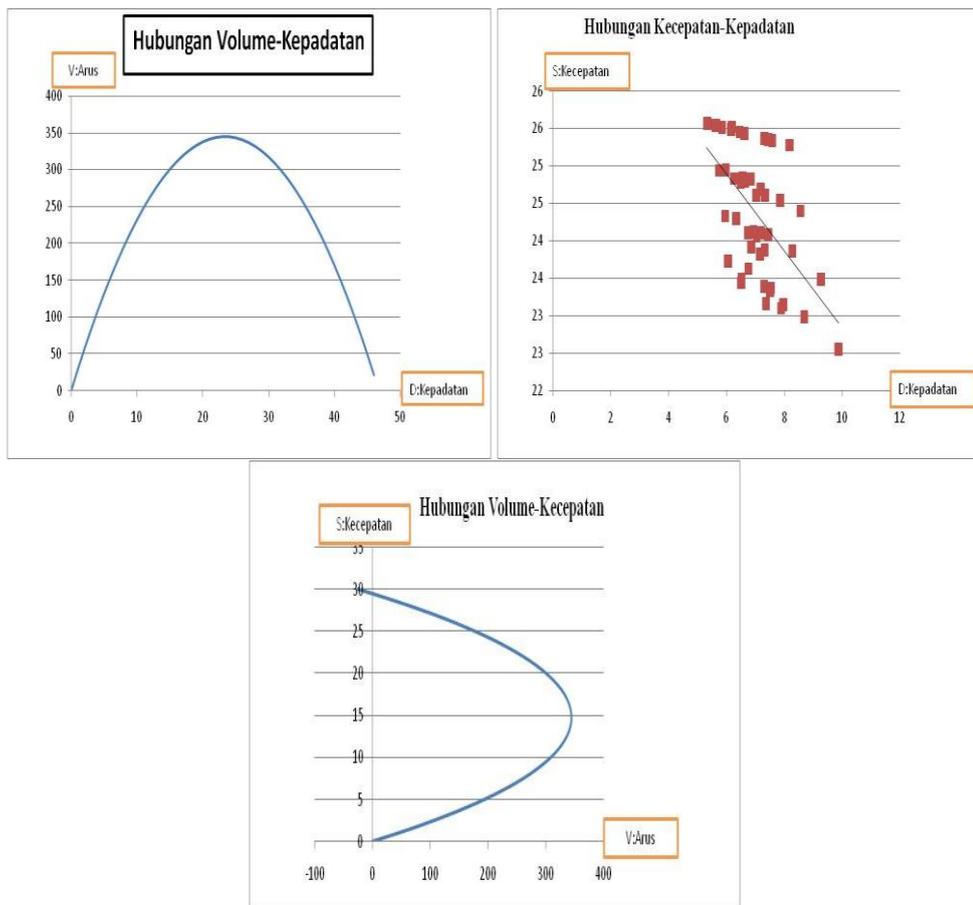
Dengan memasukkan paralelisme (2.45) kedalam (2.41) disajikan sebuah keluaran akhir atau variabel V_M dibawah ini,

$$V_M = \frac{Sff}{e} \cdot D_M \cdot (\ln Sff - \ln Sff + 1) \dots \dots \dots (2.46)$$

$$V_M = \frac{D_M \cdot Sff}{e} \dots \dots \dots (2.47)$$

Teknik pengerjaan yang sama saja dengan kedua versi yang sebelumnya, hanya saja bedanya versi ini menggunakan eksponensial untuk mendapatkan keterkaitan antara S-D. Data yang digunakan tetap hasil survey.

Gambar yang menunjukkan keterkaitan pergerakan dan kepadatan menjelaskan bahwa semakin meningkatnya pergerakan yang terjadi maka semakin tinggi kepadatan yang terjadi seiring adanya penambahan pergerakan atau arus sampai pada titik paling tinggi atau maksimal dimana kendaraan yang lewat hampir melewati daya tampung jalan sebenarnya. Titik dimana kendaraan yang lewat hampir mencapai daya tampung maka akan menyebabkan perubahan pada perilaku lalu lintas.



Gambar 2.1 Kaitan ilmu pasti Volume, Kecepatan dan Kepadatan

Arusnya tidak meningkat namun mengalami penurunan dan kendaraan mengalami adanya perhentian atau tidak stabilnya pergerakan. Grafik yang menggambarkan bagaimana keterkaitan antara kecepatan dan kepadatan sama penjelasannya dengan grafik yang awal. Dimana artinya adalah jika kepadatan nya 0 maka kecepatan bisa saja maksimal karena tidak adanya pergerakan yang diciptakan oleh kendaraan lainnya. Apabila kepadatan mengalami kenaikan maka kecepatan akan secara otomatis menurun.

Kecepatan mulai tidak stabil jika pergerakan tidak stabil dan menyebabkan adanya perhentian. Ketika terjadi perhentian maka pergerakan tidak ada. Grafik yang menjelaskan keterkaitan antara pergerakan dengan kecepatan. Hampir sama karena ketiga gambar saling keterkaitan. Tidak ada pergerakan pada jalan maka bisa dikatakan kecepatan bisa sebesarnya, bila ada kendaraan lain maka kecepatan akan dikurangi. Kecepatan semakin menurun dan pergerakan juga maka terjadi perhentian.

D. Gelombang Kejut

Gelombang kejut merupakan hal yang bisa menunjukkan bagaimana perilaku pergerakan di jalan. Perubahan yang terjadi ketika adanya pergerakan suatu lalu lintas disebut sebagai gelombang kejut. Peristiwa ini terjadi ketika adanya pengurangan pergerakan lalu lintas, maka kepadatan kendaraan yang ada pada daerah sebelum terjadinya suatu gangguan akan meningkat dan hal itu mengakibatkan terjadinya sebuah antrian yang dikarenakan karena turunnya kecepatan. Tamin (2008) berspekulasi bahwa gelombang kejut boleh terjadi di dua situasi yang berbeda, yaitu gelombang kejut gerak maju (*forward moving shock wave*) dan gelombang kejut mundur (*backward moving shock wave*). Perhitungannya dijadikan sebagai pondasi dalam ditentukannya panjang antrian dan waktu penormalan akibat berkurangnya Daya tampung jalan atau akibat jalur yang ditutup. Hal tersebut dianalisis setelah diketahui kaitan ilmu pasti antara pergerakan dan kepadatan sebagaimana dengan yang telah dijelaskan sebelumnya. Gelombang kejut digunakan dalam ulasan ini sebagai awal perhitungan panjang antrian.

Angka T merupakan waktu penormalan setelah adanya gelombang kejut yang terjadi atau merupakan waktu sejak adanya penormalan lajur hingga antrian berakhir.

Gelombang kejut memiliki 6 jenis, yaitu:

- gelombang kejut pada saat diam di depan,
- gelombang kejut mundur yang terjadi akibat adanya gambaran dari gelombang kejut yang sebelumnya,
- gelombang kejut ketika terjadi pergerakan maju atau pemulihan,

- gelombang kejut yang terjadi saat pergerakan diam di belakang,
- gelombang kejut yang terjadi ketika pergerakan mundur dan akan mengalami sebuah pemulihan,
- gelombang kejut maju akibat gambaran dari gelombang kejut yang didepan.

Pergerakan yang terjadi dititik A saat masuk kedalam keadaan dititik B yang mengalami gangguan. Keadaan dititik C merupakan pergerakan maksimum pada ruas jalan yang diambil nilai antara keterkaitan antara terjadinya pergerakan dan kepadatan melalui versi ketiga yang sebelumnya dibahas. Ketika t1 mengalami gangguan yang mengakibatkan pengecilan sehingga keadaan berubah menjadi keadaan dititik B. Setelahnya maka akan terbentuk pula pengecilan didaerah hilir dan berubah menjadi D. Jadi bisa tarik hasil akhirnya bahwa ada 3 gelombang kejut yang terjadi bila dimulai dari t1 dititik garis henti, yaitu :

$$\Omega_{DB} = \frac{VB-VD}{DB-DD} = SB \dots\dots\dots (2.48)$$

$$\Omega_{AB} = \frac{VB-VA}{DB-DA} \dots\dots\dots (2.49)$$

Pergerakan dititik A,B dan D tetap terjadi dan gelombang kejut tetap terbentuk di keadaan C dalam waktu t2 dan pergerakan akan semakin meningkat dari yang tadinya VB menjadi menyentuh derajat kejenuhan. Karena hal itu terjadi, maka terbentuk kembali lah gelombang kejutnya,

$$\Omega_{DC} = \frac{VC-VD}{DC-DD} \dots\dots\dots (2.50)$$

$$\Omega_{CB} = \frac{VB-VC}{DB-DC} \dots\dots\dots (2.51)$$

Pergerakan dititik D,C,B dan A tetap terjadi sampai dengan Ω_{AB} dan Ω_{CD} menggapai t3. Rentang waktu t3 dan t2 dihitung dengan

$$t3 - t2 = r \left| \frac{\Omega_{AB}}{\Omega_{CB} - \Omega_{AB}} \right| \dots\dots\dots (2.52)$$

$$\Omega_{DA} = \frac{VA-VD}{DA-DD} = SA \dots\dots\dots (2.53)$$

Gelombang kejut Ω_{AC} bergerak maju sehingga menghasilkan nilai yang positif, sementara Ω_{AB} dan Ω_{CB} bergerak mundur kebelakang sehingga menghasilkan nilai negatif

$$\Omega_{AC} = \frac{v_C - v_A}{D_C - D_A} \dots \dots \dots (2.54)$$

Waktu yang diperlukan untuk menormalkan keadaan disebut dengan T sesuai yang dibahas sebelumnya. Dengan kata lain $T = t_4 - t_2$

$$t_4 - t_2 = \frac{r \cdot \Omega_{AB}}{(\Omega_{CB} - \Omega_{AB})} - \left| \frac{\Omega_{CB}}{\Omega_{AB}} + 1 \right| \dots \dots \dots (2.55)$$

Ketika di t_5 gelombang kejut yang terjadi mulai berulang walaupun pergerakan yang di garis depan mulai normal, sampai saat kendaraan dititik hilir memperoleh ruang gerak yang cukup.

