

BAB II

STUDI PUSTAKA

Pada Bab ini membahas tentang tinjauan mengenai teori-teori terhadap judul tulisan yang ingin peneliti lakukan. Dalam hal ini serupa bahwa tinjauan pustaka adalah fungsi hipotesis dalam penelitian.

2.1 PKJI 2014

Pada tahun 2014, PU sudah mengeluarkan pembaharuan terkait MKJI yang diberi nama Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia yang lebih dikenal dengan PKJI 2014. PKJI 2014 yang merupakan standar dari perencanaan teknis jalan keluaran Departemen PU yang digunakan kalangan praktisi dan akademis di bidang konstruksi jalan dan lalu lintas. Keseluruhan jenis jalan yang melingkupi :

1. Kapasitas Jalan Antar Kota
2. Kapasitas Jalan Perkotaan
3. Kapasitas Jalan Bebas Hambatan
4. Kapasitas Simpang APILL
5. Kapasitas Simpang
6. Kapasitas Jalanan dan Bundaran

Pada Metode PKJI 2014, umumnya terfokus pada nilai nilai ekivalen mobil penumpang (emp) atau ekivalen kendaraan ringan (ekr), dan kapasitas dasar (Co). Nilai ekr mengecil sebagai akibat dari meningkatnya proporsi sepeda motor dalam arus lalu lintas yang juga mempengaruhi nilai dari Co.

Tujuan analisa PKJI 2014 adalah untuk dapat melaksanakan Perancangan (*planning*), Perencanaan (*design*), dan Pengoperasionalan lalu-lintas (*traffic operation*) simpang bersinyal, simpang tak bersinyal dan bagian jalinan dan bundaran, ruas jalan (jalan perkotaan, jalan luar kota dan jalan bebas hambatan).

Terdapat tiga macam analisis perancangan/pembuatan jalan, yaitu :

1. Analisis Perancangan (*planning*), yaitu : Analisis terhadap penentuan denah dan rencana awal yang sesuai dari suatu fasilitas jalan yang baru berdasarkan ramalan arus lalu-lintas.
2. Analisis Perencanaan (*design*), yaitu : Analisis terhadap penentuan rencana geometrik detail dan parameter pengontrol lalu lintas dari suatu fasilitas jalan baru atau yang ditingkatkan berdasarkan kebutuhan arus lalu lintas yang diketahui.
3. Analisis Operasional, yaitu : Analisis terhadap penentuan perilaku lalu lintas suatu jalan pada kebutuhan lalu lintas tertentu. Analisis terhadap penentuan waktu sinyal untuk tundaan terkecil. Analisis peramalan yang akan terjadi akibat adanya perubahan kecil pada geometrik, arus lalu lintas dan kontrol sinyal yang digunakan.

Tujuan dari penerbitan buku PKJI 2014 adalah untuk menyebarluaskan, mempopulerkan, dan mengajarkan bagaimana menggunakan kepada pengguna jasa, penyedia jasa, pembina jasa, sehingga bisa didapatkan keseragaman dalam perencanaan, perancangan, dan analisis fasilitas lalu lintas jalan di Indonesia dan bisa digunakan secara tepat guna. Metode PKJI 2014 ini direncanakan terutama

untuk pengguna dapat memperkirakan perilaku lalu lintas dari suatu fasilitas pada kondisi lalu lintas, geometric, dan keadaan lingkungan tertentu.

Unsur-unsur lalu lintas dalam PKJI 2014 adalah :

1. Jenis kendaraan, baik itu kendaraan ringan, kendaraan berat, sepeda motor, dan kendaraan tak motor
2. Karakteristik Jalan, berupa geometric jalan, dan jenis-jenis hambatan lalu lintas
3. Karakteristik lalu lintas yang berupa volume, dan kecepatan.

Adapun hubungan mendasar antara kecepatan dan volume adalah dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang sampai dengan kepadatan kritis (volume maksimum) tercapai. Setelah kepadatan kritis tercapai maka kecepatan rata-rata ruang dan volume akan berkurang.

2.1.1 Jenis Kendaraan

Dalam PKJI 2014, yang disebut sebagai unsur lalu lintas adalah benda atau pejalan kaki yang menjadi bagian dari lalu lintas. Sedangkan kendaraan adalah unsur lalu lintas diatas roda. Sebagai unsur lalu lintas yang paling berpengaruh dalam analisis, kendaraan dikategorikan menjadi empat jenis, yaitu :

1. Kendaraan Ringan (KR)

Kendaraan bermotor beroda empat, dengan dua gandar berjarak 2-3 m (termasuk kendaraan penumpang, opelet, mikro bis, angkot, mikro bis, pick up, dan truk kecil.

2. Kendaraan Berat (KB)

Kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,5m biasanya beroda lebih dari empat (bus, dan truk besar atau container).

3. Sepeda Motor (SM)

Kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda (termasuk sepeda motor, kendaraan roda tiga).

4. Kendaraan Tak Bermotor (KTB)

Kendaraan bertenaga manusia atau hewan diatas roda (sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong).

2.1.2 Karakteristik Jalan

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

1. Geometrik

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

- Tipe jalan adalah tipe potongan melintang yang ditentukan oleh lajur dan arah pada suatu segmen jalan.
- Lebar jalur lalu lintas adalah lebar dari jalur jalan yang dilewati.
- Karakteristik bahu : kapasitas, dan kecepatan pada arus tertentu, bertambah sedikit dengan bertambahnya lebar bahu.

- Ada atau tidaknya median (terbagi atau tak terbagi), median yang direncanakan dengan baik meningkatkan kapasitas. Tetapi mungkin ada alasan lain mengapa median tak diinginkan, misalnya kekurangan tempat, biaya, jalan masuk ke prasarana samping jalan tersebut.
- Lengkung vertical, ini mempunyai dua pengaruh makin berbukit jalannya, makin lambat kendaraan bergerak di tanjakan dan juga pundak bukit mengurangi jarak pandang. Kedua pengaruh ini mempengaruhi kapasitas kinerja pada ruas jalan tersebut.
- Lengkung horizontal, jalan banyak tikungan tajam memaksa kendaraan untuk bergerak lebih lambat daripada di jalan lurus, agar yakin bahwa ban mempertahankan gesekan yang aman dengan permukaan jalan.
- Jarak pandang, apabila jarak pandangnya panjang, menyalip akan lebih mudah dan kecepatan serta kapasitas lebih tinggi. Meskipun sebagian tergantung pada lengkungan, jarak pandang juga tergantung pada ada tidaknya penghalang pandangan dari tumbuhan, pagar, bangunan dan lain lain.

2. Hambatan samping

Kondisi lingkungan dan adanya tempat tempat yang menimbulkan bangkitan dan tarikan lalu lintas seperti pertokoan dan perkantoran selalu diikuti kegiatan samping, misalnya pejalan kaki, parkir kendaraan, keluar dan masuknya kendaraan, naik dan turun penumpang kendaraan umum, kendaraan lambat dan pedagang kaki lima. Dalam PKJI 2014 kegiatan samping tersebut disebut faktor hambatan samping. Hambatan samping adalah istilah yang digunakan untuk menunjukkan keterkaitan antara arus lalu lintas dan kegiatan sepanjang sisi

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

- Pejalan kaki
- Pemberhentian angkutan umum dan kendaraan lain
- Kendaraan lambat misalnya becak dan kereta kuda
- Kendaraan masuk dan keluar dari lahan di samping jalan

Banyaknya kegiatan samping jalan di Indonesia sering menimbulkan konflik, hingga menghambat arus lalu lintas.

2.1.3 Karakteristik Lalu Lintas

Aliran lalu lintas pada suatu ruas jalan raya terdapat 3 variabel utama yang digunakan untuk mengetahui karakteristik lalu lintas , yaitu :

1. Volume Lalu Lintas

Volume adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu ruas jalan selama satu satuan waktu (jam). Volume lalu lintas terbentuk dari pergerakan individu pengendara dan kendaraan yang melakukan interaksi satu sama lain pada suatu ruas jalan dan lingkungannya. Jika volume lalu lintas lebih besar dari kapasitas jalan maka akan terjadi hambatan pada akhirnya terjadi penurunan tingkat pelayanan ruas jalan bersangkutan. Volume lalu lintas suatu jalan raya dihitung berdasarkan jumlah kendaraan yang melewati titik yang tetap pada jalan dalam satuan waktu.

$$V = \frac{n}{T} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

V = Volume lalu lintas yang melewati suatu titik (skr/kend atau skr/jam)

n = Jumlah kendaraan yang melewati suatu jalan (skr/jam)

T = waktu pengamatan (km/jam)

2. Kecepatan Lalu Lintas

Kecepatan adalah tingkat gerakan dalam suatu jarak tertentu dalam satuan waktu (km/jam). Dalam pergerakan lalu lintas, tiap kendaraan berjalan pada kecepatan yang berbeda. Berdasarkan jenis waktu tempuh, kecepatan dapat dibedakan menjadi :

1. Kecepatan setempat adalah kecepatan kendaraan pada suatu saat diukur dari suatu tempat yang ditentukan.
2. Kecepatan bergerak adalah perbandingan antara jumlah jarak yang ditempuh dengan waktu selama keadaan bergerak.
3. Kecepatan perjalanan adalah perbandingan antara jumlah jarak yang ditempuh dengan waktu perjalanan yang digunakan menemukan jarak tertentu.

Dalam perhitungannya kecepatan rata rata dibedakan menjadi dua yaitu:

1. *Time Mean Speed*

Adalah sebagai kecepatan rata rata dari seluruh kendaraan yang melewati suatu titik dari jalan selama periode tertentu.

2. *Space Mean Speed*

Yakni kecepatan rata rata dari seluruh kendaraan yang menempati Penggalan jalan selama periode waktu tertentu.

Kecepatan adalah sebagai rasio jarak yang dijalani dan waktu perjalanan.

Hubungan yang ada adalah :

$$S = \frac{d}{t} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

S = Kecepatan (km/jam, m/det)

d = Jarak yang ditempuh kendaraan (km,m)

t = Waktu tempuh kendaraan (jam,det)

3. 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.

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

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

Dimana :

D = Kepadatan kendaraan (kendaraan/km)

V = Volume kendaraan (kendaraan/jam)

S = Kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam)

2.1.4 Hubungan Volume dan Kecepatan

Hubungan mendasar antara volume dan kecepatan adalah dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruang-nya akan berkurang sampai kepadatan kritis (volume maksimum) tercapai.

2.1.5 Hubungan Kecepatan dan Kepadatan

Kecepatan akan menurun apabila kepadatan bertambah. Kecepatan arus bebas akan terjadi apabila kepadatan sama dengan nol, dan pada saat kecepatan sama dengan nol maka akan terjadi kemacetan (jam density)

2.1.6 Hubungan Volume dan Kepadatan

Volume maksimum (V_m) terjadi pada saat kepadatan mencapai D_m (kapasitas jalur jalan sudah tercapai). Telah mencapai titik ini volume akan menurun walaupun kepadatan bertambah sampai terjadi kemacetan di titik kepadatan.

2.2 Kapasitas Jalan

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu. Untuk jalan dua lajur dua arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah). Tetapi untuk jalan dengan banyak lajur, arus dipisahkan per arah dan kapasitas ditentukan per lajur. Kapasitas merupakan ukuran kerja pada kondisi bervariasi, yang dapat diterapkan pada suatu lokasi tertentu atau suatu jaringan jalan yang sangat kompleks. Kapasitas bervariasi menurut kondisi lingkungannya dikarenakan beragamnya geometrik jalan, kendaraan, pengendara dan kondisi lingkungan.

Berdasarkan PKJI 2014, kapasitas ruas jalan perkotaan dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut ini :

$$C = C_o \times F_{CLJ} \times F_{CPA} \times F_{CHS} \times F_{CUK} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

C = Kapasitas (skr/jam)

C_o = Kapasitas dasar (skr/jam)

F_{CLJ} = Faktor penyesuaian kapasitas terkait lebar jalur atau jalur lalu lintas

F_{CPA} = Faktor penyesuaian kapasitas terkait pemisah arah hanya pada jalan tak terbagi

F_{CHS} = Faktor penyesuaian kapasitas terkait KHS pada jalan berbahu atau berkerb

F_{CUK} = Faktor Penyesuaian terkait ukuran kota

2.2.1 Kapasitas Dasar (C_o)

Kapasitas dasar adalah jumlah kendaraan atau orang maksimum yang melintas suatu penampang jalan tertentu selama satu jam pada kondisi jalan dan lalu lintas yang ideal. Ditetapkan dengan mengacu pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.1 Kapasitas Dasar

Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (skr/jam)	Catatan
Empat lajur terbagi (4/2T) / jalan satu arah	1650	Per lajur (satu arah)
Dua Lajur tak terbagi (2/2TT)	2900	Per lajur (dua arah)

(Sumber : PKJI 2014)

2.2.2 Faktor Koreksi Lebar Jalan (F_{CLJ})

Semakin lebar lajur jalan semakin tinggi kapasitas demikian sebaliknya semakin sempit semakin rendah kapasitas, karena pengemudi harus lebih waspada pada lebar lajur yang lebih sempit. Lebar standar lajur yang digunakan adalah 3,5 m dengan perincian kalau lebar maksimum kendaraan adalah 2,5 m maka masih ada ruang besar dikiri kanan kendaraan sebesar masing-masing 0,5 m.

Ditetapkan dengan mengacu pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.2 Faktor Penyesuaian Lebar Lajur

Tipe Jalan	Lebar jalur efektif (W_e) (m)	F_{CLJ}
Empat lajur terbagi (4/2T) / jalan satu arah	Lebar Per Lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
	4,00	1,08
Dua lajur tak terbagi (2/2 TT)	Lebar Jalur 2 arah	
	5,00	0,56
	6,00	0,87
	7,00	1,00
	8,00	1,14
	9,00	1,25
	10,00	1,29
	11,00	1,34

(Sumber : PKJI 2014)

2.2.3 Faktor Korelasi Arah Lalu Lintas (FC_{PA})

Faktor penyesuaian kapasitas terkait pemisah arah hanya pada jalan tak terbagi. Untuk jalan tak terbagi, peluang terjadinya kecelakaan depan lawan depan atau lebih dikenal dengan laga kambing lebih tinggi sehingga menambah kehati-hatian pengemudi sehingga dapat mengurangi kapasitas seperti ditunjukkan dalam tabel berikut sebagai berikut :

Tabel 2.3 Faktor Penyesuaian Pemisah Arah

Pemisah Arah Sp %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
F_{SP}	2/2 TT	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

(Sumber : PKJI 2014)

2.2.4 Faktor Koreksi KHS Pada Jalan Berbahu atau Berkerb (FC_{HS})

Semakin dekat hambatan samping semakin rendah kapasitas. Penurunan kapasitas ini terjadi karena terjadi peningkatan kewaspadaan pengemudi untuk melalui jalan tersebut sehingga pengemudi menurunkan kecepatan menambah jarak antara yang ber dampak pada penurunan kapasitas jalan.

Ditetapkan dengan mengacu pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.4 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat KHS Pada Jalan Berbahu (FCHS)

Tipe Jalan	KHS	FCHS			
		Lebar Efektif Bahu Jalan W_s (m)			
		$\leq 0,5$	1	1,5	$\geq 2,0$
4/2 TT	SR	0,96	0,98	1,01	1,03
	R	0,94	0,97	1	1,02
	S	0,92	0,95	0,98	1
	T	0,88	0,92	0,95	0,98
	TS	0,84	0,88	0,92	0,96
2/2 atau Jalan Satu Arah	SR	0,94	0,96	0,99	1,01
	R	0,92	0,94	0,97	1
	S	0,89	0,92	0,95	0,98
	T	0,82	0,86	0,9	0,95
	TS	0,73	0,79	0,85	0,91

(Sumber : PKJI 2014)

Tabel 2.5 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat KHS Pada Jalan Berkereb (FCHS)

Tipe Jalan	Gesekan Samping	Faktor Penyesuaian Untuk Hambatan Samping dan Lebar Kerb Jalan FSF			
		Lebar Efektif Bahu Jalan W_s (m)			
		$\leq 0,5$	1	1,5	$\geq 2,0$
4/2 TT	SR	1	1,01	1,01	1,02
	R	0,97	0,98	0,99	1
	S	0,93	0,95	0,97	0,99
	T	0,87	0,9	0,93	0,96
	TS	0,81	0,85	0,88	0,92
2/2 atau Jalan Satu Arah	SR	0,98	0,99	0,99	1
	R	0,93	0,95	0,96	0,98
	S	0,87	0,89	0,92	0,95
	T	0,78	0,81	0,84	0,88
	TS	0,68	0,72	0,77	0,82

(Sumber : PKJI 2014)

2.2.5 Faktor Penyesuaian Kapasitas Terkait Ukuran Kota (FC_{UK})

Semakin besar ukuran kota semakin besar kapasitas jalannya. Ditetapkan dengan mengacu pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.6 Faktor Penyesuaian Kapasitas Terkait Ukuran Kota (FC_{UK})

Penduduk Kota (juta penduduk)	FC_{UK}
< 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 2014)

2.2.6 Derajat Kejenuhan

Derajat Kejenuhan (D_j) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja dan segmen jalan. Derajat Kejenuhan (D_j) dihitung dengan menggunakan arus lalu lintas dan kapasitas dinyatakan dalam smp/jam. Digunakan untuk menganalisa tingkat kinerja dan jam puncak, menurut MKJI (1997) persamaan untuk mencari besarnya kejenuhan adalah sebagai berikut :

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

Keterangan :

D_j = derajat kejenuhan

Q = volume kendaraan (skr/jam)

C = kapasitas jalan (skrp/jam)

Jika nilai $D_j < 0,75$, maka jalan tersebut masih layak, tetapi jika $D_j > 0,75$, maka diperlukan penanganan pada jalan tersebut untuk mengurangi kepadatan atau

kemacetan. Kemacetan lalu lintas pada suatu ruas jalan disebabkan oleh volume lalu lintas yang melebihi kapasitas yang ada. Solusi yang dapat dilakukan adalah dengan menaikkan kapasitas atau mengurangi volume lalu lintas. Biasanya kapasitas dapat diperbaiki dengan jalan mengurangi penyebab gangguan, misalnya dengan memindahkan tempat parkir, mengontrol pejalan kaki atau dengan memindahkan lalu lintas ke rute yang lainnya atau mungkin dengan cara pengaturan yang lain seperti membuat jalan satu arah.

Standar pelayanan minimal di bidang jalan ini dikembangkan dalam sudut pandang publik sebagai pengguna jalan, dimana ukurannya merupakan indikator yang diinginkan oleh pengguna. Basis SPM dikembangkan dari tiga keinginan dasar pengguna jalan yaitu kondisi jalan yang baik (tidak ada lubang), jalan tidak macet (lancar sepanjang waktu), dan jalan dapat digunakan sepanjang tahun (tidak banjir sepanjang musim hujan). (Aulia, M.D, 2013).

SPM tersebut terbagi menjadi dua, yaitu untuk jaringan jalan dan ruas jalan. Konsep jaringan jalan adalah kondisi pelayanan prasarana jalan secara system untuk suatu wilayah tertentu, sedangkan untuk ruas jalan tinjauan dilakukan secara individual ruas per ruas. Dalam SPM jaringan jalan terdapat tiga aspek bidang pelayanan, yaitu aksesibilitas, mobilitas, dan kecelakaan. Sedangkan untuk ruas jalan standar pelayanan minimal terdiri atas 2 bidang, yaitu kondisi jalan (secara fisik) dan kondisi pelayanan jalan (operational). (Aulia, M.D, 2013).

Tabel 2.7 Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat Pelayanan	Faktor Penyesuaian Kapasitas Terkait Ukuran Kota (FC_{UK})	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 stabil, kecepatan masih dapat dikendalikan. V/C masih dapat ditolerir	0,75 – 0,84
E	Arus tidak stabil kecepatan terkadang terhenti, permintaan sudah mendekati kapasitas	0,85 – 1,00
F	Arus dipaksakan, kecepatan rendah, volume diatas kapasitas, antrian panjang (macet)	$\geq 1,00$

(Sumber : PKJI 2014)

2.2.7 Kelebihan dan Kelemhan Metode PKJI 2014

Kelebihan metode ini adalah :

1. Untuk kinerja ruas jalan, PKJI 2014 membagi tipe ruas jalan untuk jalan perkotaan dan jalur luar kota
2. PKJI 2014 menyediakan perhitungan kinerja untuk bundaran, simpang bersinyal, dan simpang tak bersinyal
3. Perhitungan berdasarkan PKJI 2014 merupakan analisis yang ditinjau secara makroskopis

Kelemahan metode ini adalah perhitungan hanya sebatas menentukan kapasitas ruas jalan dan tingkat pelayanannya, dan tidak dapat digunakan untuk melihat atau menganalisis secara jaringan.

2.3 Kecepatan Arus Bebas (V_B)

Nilai V_B jenis kendaraan ringan (KR) ditetapkan sebagai kriteria dasar untuk kinerja segmen jalan, nilai V_B untuk kendaraan berat (KB) dan sepeda motor (SM) ditetapkan hanya sebagai referensi. V_B untuk KR biasanya 10-15% lebih tinggi dari tipe kendaraan lainnya.

$$V_B = (V_{BD} + V_{BL}) \times FV_{BHS} \times FV_{BUK} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

V_B = Kecepatan arus bebas untuk KR pada kondisi lapangan (km/jam)

V_{BD} = Kecepatan arus bebas dasar untuk KR

V_{BL} = Nilai penyesuaian kecepatan akibat lebar jalan (km/jam)

FV_{BHS} = faktor penyesuaian kecepatan bebas akibat hambatan samping pada jalan yang memiliki bahu atau jalan yang dilengkapi kereb/trotoar dengan jarak kereb ke penghalang terdekat lihat

FV_{BUK} = Faktor penyesuaian kecepatan bebas untuk ukuran kota

2.3.1 Kecepatan Arus Bebas Dasar (V_{BD})

Kecepatan arus bebas dasar mengacu pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.8 Kecepatan Arus Bebas Dasar

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

(Sumber : PKJI 2014)

2.3.2 Nilai Penyesuaian Kecepatan Akibat Lebar Jalan (V_{BL})

Nilai penyesuaian kecepatan akibat lebar jalan mengacu pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.9 Nilai Penyesuaian Kecepatan Akibat Lebar Jalan

Tipe Jalan	Lebar Jalur Efektif (m)	V_{BL} (km/jam)
4/2 TT atau Jalan Satu Arah	3	-4
	3,25	-2
	3,5	0
	3,75	2
	4	4
2/2 T	5	-9,5
	6	-3
	7	0
	8	3
	9	4
	10	6
	11	7

(Sumber : PKJI 2014)

2.3.3 Faktor Penyesuaian Kecepatan Bebas Akibat Hambatan Samping Pada Jalan Yang Memiliki Bahu Atau Jalan Yang Dilengkapi Kereb/Trotoar (FV_{BHS})

Faktor penyesuaian kecepatan bebas akibat hambatan samping pada jalan yang memiliki bahu atau jalan yang dilengkapi kereb/trotoar mengacu pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.10 Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Hambatan Samping, FV_{BHS} , Untuk Jalan Berbahu Dengan Lebar Eefektif L_{BE}

Tipe Jalan	KHS	FV_{BHS}			
		L_{BE} (m)			
		≤ 5 m	≤ 1 m	$\leq 1,5$ m	≥ 2 m
4/2 T	Sangat Rendah	1,02	1,03	1,03	1,04
	Rendah	0,98	1	1,02	1,03
	Sedang	0,94	0,97	1	1,02
	Tinggi	0,89	0,93	0,96	0,99
	Sangat Tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
2/2 TT atau Jalan Satu Arah	Sangat Rendah	1	1,01	1,01	1,01
	Rendah	0,96	0,98	0,99	1
	Sedang	0,9	0,93	0,96	0,99
	Tinggi	0,82	0,86	0,9	0,95
	Sangat Tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

(Sumber : PKJI 2014)

Tabel 2.11 Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Hambatan Samping, FV_{BHS} , Untuk Jalan Berkereb Dengan Lebar Eefektif L_{BE}

Tipe Jalan	KHS	FV_{BHS}			
		L_{BE} (m)			
		≤ 5 m	≤ 1 m	$\leq 1,5$ m	≥ 2 m
4/2 T	Sangat Rendah	1	1,01	1,01	1,02
	Rendah	0,97	0,98	0,99	1
	Sedang	0,93	0,95	0,97	0,99
	Tinggi	0,87	0,9	0,93	0,96
	Sangat Tinggi	0,81	0,85	0,88	0,92
2/2 TT atau Jalan Satu Arah	Sangat Rendah	0,98	0,99	0,99	1
	Rendah	0,93	0,95	0,96	0,98
	Sedang	0,87	0,89	0,92	0,95
	Tinggi	0,78	0,81	0,84	0,88
	Sangat Tinggi	0,68	0,72	0,77	0,82

(Sumber : PKJI 2014)

2.3.4 Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Ukuran Kota (FV_{UK})

Faktor penyesuaian untuk pengaruh ukuran kota mengacu pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.12 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	Faktor Penyesuaian Untuk Ukuran Kota
<0.1	0,9
0,1 - 0,5	0,93
0,5 - 1,0	0,95
1,0 - 3,0	1
> 3,0	1,03

(Sumber : PKJI 2014)

2.4 Greenshield

Greenshield (Wohl and Martin, 1967; Pignataro, 1973; Salter, 1978; and Hobbs, 1997) merumuskan hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan. Model ini adalah model yang paling awal dalam upaya mengamati perilaku lalu lintas. Greenshield yang melakukan yang melakukan studi pada jalan-jalan di kota Ohio, dimana kondisi lalu lintas memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara bebas (steady state condition). Greenshield mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan bersifat linear. Hubungan linear antara kecepatan dan kepadatan, sebagai berikut :

$$V_s = V_f - \left(\frac{V_f}{D_j}\right) \cdot D \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana : V_s = Kecepatan rata-rata dalam keadaan arus lalu lintas padat

V_f = Kecepatan rata-rata dalam keadaan arus lalu lintas bebas

D_j = Kepadatan jenuh

D = Kepadatan (km/jam)

Untuk mendapatkan nilai dari konstanta V_f dan D_j , maka data diatas dapat diubah menjadi persamaan linier, sebagai berikut :

$$Y = a + b \cdot x \dots\dots\dots(2.8)$$

Misalnya : $y = V_s$; $a = V_f$; $b = - \left(\frac{V_f}{D_j}\right)$; dan $x = D$

Dari persamaan tersebut didapatkan hubungan kepadatan – arus lalu lintas, sebagai berikut :

$$Q = V_f \cdot D - \frac{V_f}{D_j} \cdot D^2 \dots\dots\dots(2.9)$$

Dan hubungan antara arus lalu-lintas dengan kecepatan, sebagai berikut :

$$Q = D_j \cdot V_s - \frac{D_j}{V_f} \cdot V_s^2 \dots\dots\dots(2.10)$$

Untuk mendapatkan kepadatan apabila arus lalu lintas maksimum adalah, sebagai berikut :

$$\frac{dQ}{dD} = Vf - \left(2 \cdot \frac{Vf}{Dj} \cdot D \right) = 0 \dots \dots \dots (2.11)$$

$$D = Dmax = \frac{1}{2} Dj \dots \dots \dots (2.12)$$

Untuk memperoleh kecepatan dan arus lalu lintas maksimum adalah, sebagai berikut :

$$\frac{dQ}{dVs} = Dj - \left(2 \cdot \frac{Dj}{Vf} \cdot Vs \right) = 0 \dots \dots \dots (2.13)$$

$$s = Vmax = \frac{1}{2} \cdot Vf \dots \dots \dots (2.14)$$

$$Qmax = Dmax \cdot Vmax = \frac{Dj \cdot Vf}{4} \dots \dots \dots (2.15)$$

2.4.1 Hubungan Volume dan Kecepatan

Hubungan volume dan kecepatan merupakan fungsi parabolic dengan bentuk persamaan, sebagai berikut :

$$Q = Dj \cdot Vs - \left(\frac{Dj}{Vf} \right) \cdot Vs^2 \dots \dots \dots (2.16)$$

2.4.2 Hubungan Volume dan Kepadatan

Hubungan volume dan kecepatan merupakan fungsi parabolic dengan bentuk persamaan, sebagai berikut :

$$Q = Vf \cdot D - \left(\frac{Vf}{Dj} \right) \cdot D^2 \dots \dots \dots (2.17)$$

Volume maksimum didapat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Qmax = \frac{Dj \cdot Vf}{4} \dots \dots \dots (2.18)$$

Kecepatan pada saat volume maksimum didapat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_s = V_m = \frac{V_f}{2} \dots \dots \dots (2.19)$$

2.4.3 Volume Maksimum

Persamaan volume maksimum sebagai berikut :

$$Q_{maks} = \frac{D_j \cdot V_s}{4} \dots \dots \dots (2.20)$$

2.4.4 Kelebihan dan Kelemahan Metode Greenshield

Kelebihan metode ini adalah :

1. Pemodelan sederhana dan tidak rumit
2. kecepatan arus bebas dan kerapatan maksimum dapat mudah ditentukan

Kelemahan metode ini adalah beberapa studi setelahnya menunjukkan bahwa hubungan antara kecepatan dan kerapatan tidak sepenuhnya linier.

2.5 Greenberg

Greenberg (Wohl and Martin, 1967; Pignataro, 1973; Salter, 1978; and Hobbs, 1997) merumuskan hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan. Model Greenberg adalah meodel kedua yang mensurvey hubungan kecepatan pada aliran lalu lintas pada jalan maupun terowongan, oleh karena itu Greenberg mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara kecepatan-kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi eksponensial. Pada model Greenberg ini diperlukan pengetahuan tentang parameter-parameter kecepatan optimum dan kerapatan kondisi jam. Hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan dengan mempergunakan asumsi persamaan konsinuitas, sebagai berikut :

$$\frac{dV_s}{dt} = -\left(\frac{c}{D}\right) \cdot \frac{dD}{dX} \dots \dots \dots (2.21)$$

Dimana : V_s = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)

D = Kepadatan (km/jam)

x = Jarak tempuh (km)

t = Waktu yang diperlukan menumpuh jarak X (jam)

c = konstanta

Greenberg mendapatkan hubungan antara kecepatan dan kepadatan berbentuk logaritma dengan persamaan, sebagai berikut :

$$V_s = V_m \cdot \ln \frac{D_j}{D} \dots \dots \dots (2.22)$$

Untuk itu nilai konstanta V_m dan D_j maka persamaan diubah menjadi persamaan linear, sebagai berikut :

$$Y = a + b \cdot x \quad V_s = V_m \cdot \ln \frac{D_j}{D} \dots \dots \dots (2.23)$$

Sehingga : $V_s = V_m \cdot \ln (D_j) - V_m \cdot \ln (D)$

Dimana : $y = V_s$; $a = V_m \cdot \ln (D_j)$; $b = -V_m$; dan $x = \ln (D)$

Untuk mendapatkan hubungan antara volume dan kepadatan maka $V_s = Q/D$ di subsitusikan ke persamaan, sebagai berikut :

$$Q = V_m \cdot D \cdot \ln \left(\frac{D_j}{D}\right) \quad V_s = V_m \cdot \ln \frac{D_j}{D} \dots \dots \dots (2.24)$$

Untuk mendapatkan hubungan antara volume dan kepadatan maka $D = Q/V_s$ di subsitusikan ke persamaan, sebagai berikut :

$$Q = V_s \cdot D_j \cdot \exp\left(-\frac{V_s}{V_m}\right) \quad V_s = V_m \cdot \ln \frac{D_j}{D} \dots \dots \dots (2.25)$$

Untuk volume maksimum, persamaan sebagai berikut :

$$Q_m = D_m \times V_m \quad V_s = V_m \cdot \ln \frac{D_j}{D} \dots \dots \dots (2.26)$$

Dimana : D_m = Kepadatan maksimum, dan V_m Kecepatan maksimum

2.5.1 Hubungan Kepadatan dan Kecepatan

Mengemukakan suatu hipotesa bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan berbentuk logaritmik dengan persamaan, sebagai berikut :

$$V_s = V_m \cdot \ln \left(\frac{D_j}{D} \right) \quad V_s = V_m \cdot \ln \frac{D_j}{D} \dots \dots \dots (2.27)$$

Dimana : V_m = kecepatan pada saat volume maksimum

D_j = Kepadatan pada saat macet

Untuk mendapat nilai konstanta V_m dan D_j maka persamaan diubah menjadi persamaan linear $y = a + bx$, sebagai berikut :

$$V_s = V_m \cdot \ln (D_j) - V_m \cdot \ln (D) \dots \dots \dots (2.28)$$

Dengan memisalkan : $y = V_s$; $a = V_m \cdot \ln (D_j)$; $b = -V_m$; dan $x = \ln (D)$

2.5.2 Hubungan Volume dan Kecepatan

Hubungan volume dan kecepatan pada model Greenberg yaitu dengan menggunakan persamaan, sebagai berikut :

$$Q = V_s \cdot D_j \cdot \exp\left(-\frac{V_s}{V_m}\right) \dots \dots \dots (2.29)$$

2.5.3 Hubungan Volume Dan Kepadatan

Hubungan volume dan kepadatan ini berlaku persamaan, sebagai berikut :

$$Q = V_m \cdot D \cdot \ln \left(\frac{D_j}{D} \right) \dots \dots \dots (2.30)$$

2.5.4 Volume Maksimum

Persamaan volume maksimum sebagai berikut :

$$Q_{\text{maks}} = (D_j \times V_m)/e = V_m \times D_m \dots \dots \dots (2.31)$$

(catatan nilai $e = 2,718282$)

2.5.5 Kelebihan dan Kelemahan Metode Greenberg

Kelebihan metode ini adalah :

1. Modelan sederhana dan tidak rumit
2. kecepatan arus bebas dan kerapatan maksimum dapat mudah ditentukan

Kelemahan metode ini adalah tidak dapat mempresentasikan lalu lintas dengan baik pada kerapatan rendah.

2.6 Underwood

Underwood (Wohl and Martin, 1967; Pignataro, 1973; Salter, 1978; and Hobbs, 1997) merumuskan hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan. Model Underwood ini mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara kepadatan-kecepatan bukan merupakan fungsi linier melainkan fungsi logaritmik (hubungan eksponensial).

Hubungan antara kecepatan dan kepadatan merupakan hubungan eksponensial dengan bentuk persamaan, sebagai berikut :

$$V_s = V_f \cdot \exp\left[-\frac{D}{D_m}\right] \dots\dots\dots (2.32)$$

Dimana : V_f = Kecepatan pada saat arus LL bebas

D_m = Kepadatan saat volume maksimum

Untuk mendapatkan nilai V_f dan D_m maka persamaan diubah menjadi persamaan linear, sebagai berikut :

$$y = a + b.x \dots\dots\dots (2.33)$$

selanjutnya di logaritman menjadi persamaan sebagai berikut :

$$\ln V_s = \ln \left[V_f \cdot \exp\left(-\frac{D}{D_m}\right) \right] \dots\dots\dots (2.34)$$

$$Ln = Vf + \left[-\frac{D}{Dm}\right] \dots\dots\dots(2.35)$$

$$Ln Vs = Ln . Vf - \frac{D}{Dm} \dots\dots\dots(2.36)$$

Dengan memisalkan : $y = Ln . Vs$; $a = Ln . Vf$; $b = -1/Dm$; $x = D$

Bila persamaan $Vs = Q/D$ maka hubungan volume dan kepadatan adalah

$$Q = D . Vf . \exp \left[-\frac{D}{Dm}\right] \dots\dots\dots(2.37)$$

Volume maksimum untuk model underwood juga dihitung menggunakan persamaan, sebagai berikut:

$$Qm = Dm \times Vm \dots\dots\dots(2.38)$$

2.6.1 Hubungan Kecepatan dan Kepadatan

Underwood mengemukakan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan adalah eksponensial dengan bentuk persamaan, sebagai berikut :

$$Vs = Vf . \exp \left(-\frac{D}{Dm}\right) \dots\dots\dots(2.39)$$

Dimana : Vf = kecepatan pada kondisi arus bebas

Dm = Kepadatan pada saat volume maksimum

2.6.2 Hubungan Volume Dan Kecepatan

Pada hubungan volume dan kecepatan model underwood ini berlaku persamaan, sebagai berikut :

$$Q = Vs . Dm . Ln \left(\frac{Vf}{Vs}\right) \dots\dots\dots(2.40)$$

2.6.3 Hubungan Volume Dan Kepadatan

Hubungan volume dan kepadatan model underwood ini berlaku persamaan, sebagai berikut :

$$Q = D \cdot Vf \cdot \exp\left(-\frac{D}{Dm}\right) \dots\dots\dots(2.41)$$

2.6.4 Volume Maksimum

Di dapatkan persamaan, sebagai berikut :

$$Q_{max} = Dm \times \frac{Vf}{exp} \dots\dots\dots(2.42)$$

2.6.5 Kelebihan dan Kelemahan Metode Underwood

Kelebihan metode ini adalah :

1. Pemodelan sederhana dan tidak rumit
2. Memperbaiki kelemahan Greenberg pada kerapatan rendah.

Kelemahan metode ini adalah pada kerapatan tinggi, kecepatan akan turun secara otomatis tanpa menyentuh garis kecepatan = 0, sehingga kerapatan maksimum tidak tercapai.

2.7 Regresi Linear

Regresi linear adalah metode statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat antara variable factor penyebab (X) terhadap variabel akibatnya. Faktor penyebab pada umumnya dilambangkan dengan (X) atau disebut juga dengan predictor sedangkan variabel akibat dilambangkan dengan (Y) atau disebut juga dengan response. Regresi linear sederhana atau sering disingkat dengan SLR (simple linear regression) juga merupakan salah satu metode statistik

yang dipergunakan dalam produksi untuk melakukan peramalan ataupun prediksi tentang karakteristik kualitas maupun kuantitas.

Analisa regresi mempelajari bentuk hubungan antara satu atau lebih perubah/variable bebas (x) dengan satu peubah tak bebas (Y). Dalam penelitian peubah bebas (X) biasanya peubah yang ditentukan oleh peneliti secara bebas misalnya volume kendaraan, lama kendaraan menempuh jarak yang telah ditentukan, dan kecepatan kendaraan saat melewati ruas jalan tersebut.

Analisa regresi linear adalah metode statistic yang dapat digunakan untuk mempelajari hubungan antar sifat permasalahan yang sedang diselidiki. Untuk menentukan nilai konstanta a dan koefisien regresi b, maka akan digunakan persamaan :

$$b = \frac{n \sum x_1 y_1 - \sum x_1 \sum y_1}{n \sum x_1^2 - (\sum x_1)^2} \dots \dots \dots (2.43)$$

$$a = y_1 - b \cdot x_1 \dots \dots \dots (2.44)$$

Dimana : $y_1 = \frac{\sum y_1}{n}$

$$x_1 = \frac{\sum x_1}{n}$$

2.8 Analisis Korelasi

Korelasi merupakan istilah yang biasa digunakan untuk menggambarkan ada tidaknya hubungan suatu hal dengan hal yang lain. Sedangkan analisis korelasi adalah suatu cara atau metode untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan linear antar variabel. Apabila terdapat hubungan maka perubahan-perubahan yang terjadi pada salah satu variabel (X) akan mengakibatkan terjadinya perubahan pada variabel lainnya (Y).

Analisis korelasi seringkali digunakan untuk menyatakan derajat kekuatan hubungan antara dua variabel. Dengan mengetahui hubungan antara dua variabel, kita bisa mendeskripsikan bagaimana gambaran yang lebih bermanfaat dari data-data yang dimiliki. Derajat atau tingkat hubungan antara dua variabel diukur dengan indeks korelasi yang disebut koefisien korelasi dan ditulis dengan simbol R . apabila nilai koefisien korelasi tersebut dikuadratkan (R^2), maka disebut sebagai koefisien determinasi yang berfungsi untuk melihat sejauh mana ketepatan fungsi regresi. Dengan menggunakan rumus sbb :

$$R = \frac{n \sum x_1 y_1 - \sum x_1 \sum y_1}{\sqrt{(n \sum x_1^2 - \sum x_1^2)(n \sum y_1^2 - \sum y_1^2)}} \dots \dots \dots (2.45)$$

Dimana : R = Koefisien Korelasi

R^2 = Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi dikatakan sesuai atau baik jika nilai r mendekati +1.

2.9 Penelitian-Penelitian Sebelumnya

Berikut penelitian-penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Efektivitas Model Karakteristik Arus Lalu Lintas Ruas Jalan Raya Bungkut Madya Kota Madya Surabaya (Perbandingan Model Greenshield dan Greenberg), oleh Hendrata Wibisana, tahun 2007.
2. Analisa Dan Solusi Kemacetan Lalu Lintas Di Ruas Jalan Kota (Studi Kasus Jalan Imam Bonjol – Jalan Sisingamangaraja), oleh Cindy Novalia, Rahayu Sulistiyorini, Sasana Putra, Tahun 2016.
3. Analisa Ruas Jalan Majapahit Kota Semarang, oleh Nina Anindyawati, Tahun 2015.
4. Analisa Kapasitas Berdasarkan Pemodelan Greenshield, Greenberg, Underwood dan Analisa Kinerja Jalan Pada Ruas Jalan Sam Ratulangi

Manado, oleh Greysti S. J. Timpal, Theo K. Sendow, Audie L. Rumanyar, Tahun 2018.

5. Evaluasi Perhitungan Kapasitas Menurut Metode MKJI 1997 Dan Metode Perhitungan Kapasitas Dengan Menggunakan Analisa Perilaku Karakteristik Arus Lalu Lintas pada Ruas Jalan Antar Kota (Manado-Bitung), oleh Taufan Guntur Stallone Merentek, Theo K. Shendow, Mecky R. E. Manoppo, Tahun 2016.
6. PKJI 2014 “Perhitungan Kapasitas Jalan Indonesia”. Direktorat Jenderal Bina Marga.
7. Analisis Kebutuhan Jalan Di Kota Baru Tegalluar Kabupaten Bandung, oleh M. Donie Aulia, ST.,MT, Tahun 2013.