

Kode>Nama Rumpun Ilmu: 421/TEKNIK SIPIL

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DOSEN PEMULA**



**ANALISA PENGARUH LAMPU JALAN TERHADAP
INDEKS TINGKAT PELAYANAN JALAN DENGAN
PERBANDINGAN METODE GREENSHIELD DAN
METODE GREENBERG**

TIM PENGUSUL

Mukhlis, S.T.,M.T

NIDN : 0022108001

Revianty Nurmeyliandari,S.T.,M.T

NIDN : 0226088501

Dibiayai oleh:

**Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat
Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian
Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian
Nomor: 002/SP2H/LT/DRPM/II/2016, tanggal 17 Februari 2016**

**UNIVERSITAS BINA DARMA
Oktober 2016**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Analisa Pengaruh Lampu Jalan Terhadap Indeks Tingkat Pelayanan Jalan Dengan Perbandingan Metode Greenshield Dan Metode Greenberg

Peneliti/Pelaksana

Nama Lengkap : MUKHLIS S.T., M.T.
Perguruan Tinggi : Universitas Bina Darma
NIDN : 0022108001
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
Program Studi : Teknik Sipil
Nomor HP : 081278442442
Alamat surel (e-mail) : mukhlisnb@gmail.com

Anggota (1)

Nama Lengkap : REVIANTY NURMEYLIANDARI S.T, M.T
NIDN : 0225058401
Perguruan Tinggi : Universitas Bina Darma
Institusi Mitra (jika ada) : -
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 11.600.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp 11.600.000,00

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik


(Dr. Firdaus, S.T, M.T)
NIP/NIK 060109230

Palembang, 15 - 10 - 2016
Ketua,


(MUKHLIS S.T., M.T.)
NIP/NIK 198010222005011002

Menyetujui,
Direktur LPPM


(Dr. H. Hardiansyah, M.Si.)
NIP/NIK 196610181992031008

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN	i
DAFTAR ISI	ii
RINGKASAN.....	iii

BAB 1. PENDAHULUAN

- 1.1. Latar Belakang
- 1.2. Perumusan Masalah

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

- 2.1. Penelitian Terdahulu
- 2.2. Perlengkapan Jalan
 - 2.2.1. Lampu Penerangan Jalan
- 2.3. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997
 - 2.3.1. Ruas
 - 2.3.2. Segmen Jalan
 - 2.3.3. Perilaku Lalu lintas
- 2.4. Klasifikasi Jalan
- 2.5. Volume Lalu Lintas
 - 2.5.1. Lalu Lintas Harian Rata – Rata
 - 2.5.2. Volume Jam Perencanaan
 - 2.5.3. Kapasitas
- 2.6. Besaran Satuan Mobil Penumpang
- 2.7. Hubungan arus/ volume lalu lintas dengan kecepatan
- 2.8. Arus Lalu Lintas
- 2.9. Jalur Lalu Lintas
- 2.10. Lajur Lalu Lintas
- 2.11. Tingkat Pelayanan (LOS)
- 2.12. Kerapatan
- 2.13. Teknik Pengambilan Sempel
- 2.14. Radar Kecepatan
 - 2.14.1. Alat radar Pengukur kecepatan
 - 2.14.2. Penggunaan radar kecepatan

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

- 3.1. Tujuan Penelitian
- 3.2. Manfaat Penelitian

BAB 4. METODE PENELITIAN

- 4.1. Lokasi Penelitian
- 4.2. Pemilihan Tempat Lokasi
- 4.3. Bagan Alur Penelitian
- 4.4. Metode Pengumpulan Data
- 4.5. Prosedur Penelitian

- 4.6 Survei
- 4.6.1. Persiapan Sebelum Survei
- 4.6.2. Pelaksanaan Survei Kendaraan

BAB 5. HASIL YANG DICAPAI

- 5.2 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata
- 5.3. Distribusi Kecepatan
 - 5.3.1. Pengambilan Sampel Uji Kecepatan Kendaraan
 - 5.3.2. Frekuensi Kecepatan Kendaraan
- 5.4. Perhitungan Untuk Kapasitas Jalan
 - 5.4.1. Metode Greenshields
 - 5.4.2. Metode Greenberg
- 5.5. Indeks Pelayanan

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

- 6.1. Kesimpulan
- 6.2. Saran

DAFTAR PUSTAKA.....	14
LAMPIRAN-LAMPIRAN	15

RINGKASAN

Suatu jalan yang baik didesain dapat melayani pengguna jalan baik pada waktu siang dan malam hari. Untuk kenyamanan pengguna jalan berkendara di malam hari, jalan harus dilengkapi lampu jalan. Lampu jalan adalah bagian dari bangunan pelengkap jalan yang diletakkan atau dipasang di kiri dan kanan jalan dan atau di tengah (di bagian median jalan) yang digunakan untuk menerangi jalan maupun lingkungan di sekitar jalan yang diperlukan termasuk persimpangan jalan, jalan layang, jembatan, dan jalan di bawah tanah. Perbedaan waktu siang dan malam hari akan mengakibatkan variasi kecepatan kendaraan yang melintas pada suatu jalan. Untuk menjelaskan hubungan karakteristik lalu lintas yaitu volume, kecepatan, dan kerapatan digunakan Metode Greenshield dimana metode ini menggunakan pendekatan linear dan Metode Greenberg yang menggunakan pendekatan logaritmik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa indeks tingkat pelayanan jalan pada siang hari dan malam hari dengan menggunakan lampu jalan. Analisis indeks tingkat pelayanan jalan dengan metode Greenshield dan metode Greenberg, dilaksanakan pada kondisi jalan yang baik atau mulus, bebas hambatan, sedikit tikungan, dan memiliki lampu jalan yang berfungsi secara maksimal dan dapat menerangi jalan di malam hari. Dengan demikian dapat dilakukan analisis kecepatan kendaraan di siang dan malam hari, dan dengan menggunakan kedua metode tersebut dapat dianalisis indeks tingkat pelayanan jalan. Lokasi yang cukup layak di kota Palembang adalah jalan Tanjung api-api di Kota Palembang, karena jalan tersebut memenuhi kriteria tersebut.

Kata kunci : Indeks Tingkat Pelayanan, Jalan, Greenshield, Greenberg

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur di Indonesia saat ini terus dilaksanakan, dalam rangka memenuhi kebutuhan sarana dan prasarana bagi kelangsungan berbagai aktivitas kegiatan manusia. Salah satu infrastruktur yang selalu menjadi prioritas pembangunan setiap tahunnya adalah jalan. Jalan merupakan suatu akses penghubung antara daerah satu dengan daerah lainnya, sehingga dengan dibukanya suatu jalan dapat meningkatkan perekonomian suatu wilayah. Jalan juga sebagai alat penghubung distribusi barang dan jasa dari satu wilayah ke wilayah lainnya.

Suatu jalan yang baik didesain untuk dapat melayani pengguna jalan, baik pada waktu siang dan malam hari. Untuk kenyamanan pengguna jalan dalam berkendara di malam hari, jalan harus dilengkapi lampu jalan. Lampu jalan adalah bagian dari bangunan pelengkap jalan yang diletakkan atau dipasang di kiri dan kanan jalan dan atau di tengah (di bagian median jalan) yang digunakan untuk menerangi jalan, lingkungan di sekitar jalan yang diperlukan, serta termasuk persimpangan jalan, jalan layang, jembatan, dan jalan di bawah tanah.

Di dalam perencanaan sebuah jalan raya harus dapat diperhitungkan kendaraan rencana yang akan melalui jalan, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan, serta tingkat pelayanan jalan. Dimana parameter-parameter tersebut merupakan faktor penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu jalan. Perbedaan waktu dalam berkendara pada siang dan malam hari memberikan variasi kecepatan yang akan mempengaruhi kerapatan atau kepadatan jalan tersebut sehingga juga berpengaruh pada indeks tingkat pelayanan jalan.

Menurut C. Jotin Khisty dan B. Kent Lall dalam Novrizal Harahap terdapat tiga variabel utama digunakan untuk menjelaskan arus lalu lintas dan karakteristik lalu lintas yaitu adalah kecepatan, volume, dan kepadatan.

Analisis indeks tingkat pelayanan jalan dengan metode *Greenshield* dan metode *Greenberg*, dilaksanakan pada kondisi jalan yang baik atau mulus,

bebas hambatan, sedikit tikungan, dan memiliki lampu jalan yang berfungsi secara maksimal dan dapat menerangi jalan di malam hari. Dengan demikian dapat dilakukan analisis kecepatan kendaraan di siang dan malam hari, dan dengan menggunakan kedua metode tersebut dapat di analisis indeks tingkat pelayanan jalan. Lokasi yang memenuhi kriteria tersebut di Kota Palembang adalah jalan Tanjung api-api Palembang.

1.2. Perumusan Masalah

Kondisi jalan yang baik adalah kondisi jalan yang dapat memberikan kenyamanan berkendara bagi pengguna jalan baik di siang hari maupun malam hari. Untuk itu diperlukan bangunan pelengkap jalan agar jalan dapat berfungsi secara maksimal. Salah satu bangunan pelengkap jalan adalah lampu jalan, lampu jalan berfungsi untuk membantu para pengguna jalan agar dapat berkendara lancar di malam hari. Sehingga yang menjadi rumusan masalah dalam penulisan ini adalah:

1. Bagaimana indeks tingkat pelayanan jalan pada siang hari dan malam hari dengan penggunaan lampu jalan.
2. Apakah lampu jalan pada malam hari mempengaruhi kecepatan kendaraan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Yan Dwitama, ST. pada tahun 2014 telah melakukan penelitian mengenai studi indeks tingkat pelayanan jalan Sukarno Hatta Kota Palembang dengan metode Greenshield pada kondisi siang hari dan malam hari dengan pencahayaan lampu jalan. Penelitian ini menyatakan bahwa distribusi kecepatan 85 persen pengguna kendaraan pada kondisi siang hari adalah 42 km/jam dan 44 km/jam, untuk distribusi kecepatan 15 persen pengguna kendaraan adalah 22 km/jam dan 23 km/jam. Sedangkan distribusi kecepatan 85 persen pengguna kendaraan pada malam hari adalah 49 km/jam dan 49 km/jam, untuk distribusi kecepatan 15 persen pengguna kendaraan 24 km/jam dan 23 km/jam. Maka selisih 85 persen pengguna kendaraan siang dan malam hari adalah 7 km/jam dan 5 km/jam. Bila dalam persentasi maka kecepatan kendaraan pada kondisi mala meningkat menjadi 16,67 % dan 11,36 %. Kemudian selisih distribusi kecepatan 15 persen pengguna kendaraan pada siang dan malam hari addalah 2 km/jam dan 0 km/jam. Bila dalam persentasi maka kecepatan kendaraan pada kondisi malam meningkat menjadi 9,09 % dan 0 %. Untuk pengaruh lampu jalan terhadap tingkat pelayanan jalan Soekarno Hatta dilakukan uji hipotesis. Dengan menggunakan motode Greenshield diatas makan hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa untuk 85 persen kecepatan kendaraan pada kondisi malam hari dengan adanya lampu jalan meningkat sebesar 16,67% dan 11,36% dari kondisi siang hari, sedangkan untuk 15 persen kecepatan kendaraan pada kondisi malam hari dengan adanya lampu jalan meningkat sebesar 9,09% dan 0% dari kondisi siang hari dan hasil uji hipotesis menyatakan bahwa kualitas pelayanan jalan pada kondisi siang dan malam hari tidak berubah secara signifikan atau pengaruh lampu jalan tidak mempengaruhi kualitas pelayanan jalan.

Sebagaimana Aztri Kurnia, ST. MT. Pada tahun 2012 telah melakukan penelitian mengenai pengaruh dari lampu jalan terhadap distribusi kecepatan saat berkendara di malam hari. Penelitian ini membandingkan *Quality of Roadway Service* dari dua skenario pada siang dan malam hari dalam cuaca kering. *Quality*

of Roadway Service dapat diperkirakan dengan membandingkan distribusi kecepatan kumulatif. 15 persen kecepatan pengguna kendaraan selama siang hari adalah 61 km/jam, menurun menjadi 59 km/jam pada kondisi malam hari. 85 persen kecepatan pengguna kendaraan pada siang hari dan malam hari adalah masing-masing 88 km/jam dan 85 km/jam. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perbedaan 85 persen dan 15 persen kecepatan pengguna kendaraan pada siang dan malam hari secara statistik tidak signifikan. Kecepatan optimal selama siang hari adalah 46,17 km/jam sedangkan pada malam hari adalah menurun menjadi 44,42 km/jam. Karena kecepatan adalah parameter terdistribusi, variasi dalam 32,67 km/jam sampai 59,67 km/jam untuk kecepatan dapat diabaikan dan QRS diasumsikan tidak berpengaruh. Hal ini menunjukkan bahwa QRS pada malam hari di bawah sistem pencahayaan standar yang tepat tidak terpengaruh secara signifikan dibandingkan dengan kondisi siang hari.

2.2. Perlengkapan Jalan

2.2.1. Lampu Penerangan Jalan

Lampu penerangan jalan adalah bagian dari bangunan pelengkap jalan yang dapat diletakkan atau dipasang di kiri atau kanan jalan dan atau di tengah (di bagian median jalan) yang digunakan untuk menerangi jalan maupun lingkungan di sekitar jalan yang diperlukan termasuk persimpangan jalan (intersection), jalan layang (interchange, overpass, fly over), jembatan dan jalan di bawah tanah (underpass, terowongan).

Lampu penerangan yang dimaksud adalah suatu unit lengkap yang terdiri dari sumber cahaya (lampu / lumener), elemen – elemen optic (pemantul/reflector, pembias / refractor, penyebar / diffuser). Elemen – elemen elektrik (konektor ke sumber tenaga / power supply dan lain - lain), struktur penopang yang terdiri dari lengan penopang, tiang penopang vertikal dan pondasi tiang lampu.

2.3. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, jalan perkotaan merupakan segmen jalan yang mempunyai perkembangan secara permanen dan

menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan, apakah berupa perkembangan lahan atau bukan. Termasuk jalan di atau dekat pusat perkotaan dengan penduduk lebih dari 100.000, maupun jalan di daerah perkotaan dengan penduduk kurang dari 100.000 dengan perkembangan samping jalan yang permanen dan menerus.

Tipe jalan pada jalan perkotaan adalah sebagai berikut ini. :

1. Jalan dua lajur dua arah (2/2 UD).
2. Jalan empat lajur dua arah.
 - a. Tak terbagi (tanpa median) (4/2 UD).
 - b. Terbagi (dengan median) (4/2 D).
3. Jalan enam lajur dua arah terbagi (6/2 D).
4. Jalan satu arah (1-3/1).

Menurut Highway Capacity Manual (HCM) 1994, jalan perkotaan dan jalan luar kota adalah jalan bersinyal yang menyediakan pelayanan lalu lintas sebagai fungsi utama, dan juga menyediakan akses untuk memindahkan barang sebagai fungsi pelengkap.

2.3.1. Ruas

Jalan merupakan semua bagian dari jalur gerak (termasuk perkerasan), median, dan pemisah luar.

2.3.2. Segmen Jalan

Segmen jalan didefinisikan sebagai panjang jalan di antara dan tidak dipengaruhi oleh simpang bersinyal atau simpang tak bersinyal utama, dan mempunyai karakteristik yang hampir sama sepanjang jalan (MKJI 1997).

2.3.3. Perilaku Lalu lintas

Perilaku lalu lintas menyatakan ukuran kuantitas yang menerangkan kondisi yang dinilai oleh pembina jalan. Perilaku lalu lintas pada ruas jalan meliputi kapasitas, derajat kejenuhan, waktu tempuh, dan kecepatan tempuh rata-rata (MKJI 1997).

a) Derajat Kejenuhan

Menurut MKJI, derajat kejenuhan merupakan rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas pada bagian jalan tertentu, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai derajat kejenuhan untuk ruas jalan adalah 0,75. Angka tersebut menunjukkan apakah segmen jalan yang diteliti memenuhi kriteria kelayakan dengan angka derajat kejenuhan dibawah 0,75 atau sebaliknya.

b) Kecepatan dan Waktu Tempuh

Kecepatan dinyatakan sebagai laju dari suatu pergerakan kendaraan dihitung dalam jarak persatuan waktu (km/jam) (F.D Hobbs, 1995).

Pada umumnya kecepatan dibagi menjadi tiga jenis sebagai berikut ini.

1. Kecepatan setempat (Spot Speed), yaitu kecepatan kendaraan pada suatu saat diukur dari suatu tempat yang ditentukan.
2. Kecepatan bergerak (Running Speed), yaitu kecepatan kendaraan rata-rata pada suatu jalur pada saat kendaraan bergerak dan didapat dengan membagi panjang jalur dibagi dengan lama waktu kendaraan bergerak menempuh jalur tersebut.
3. Kecepatan perjalanan (Journey Speed), yaitu kecepatan efektif kendaraan yang sedang dalam perjalanan antara dua tempat dan merupakan jarak antara dua tempat dibagi dengan lama waktu kendaraan menyelesaikan perjalanan antara dua tempat tersebut.

MKJI menggunakan kecepatan tempuh sebagai ukuran utama kinerja segmen jalan. Kecepatan tempuh merupakan kecepatan rata-rata (km/jam) arus lalu lintas dari panjang ruas jalan dibagi waktu tempuh rata-rata kendaraan yang melalui segmen jalan tersebut. (MKJI 1997).

Kecepatan tempuh merupakan kecepatan rata-rata dari perhitungan lalu lintas yang dihitung berdasarkan panjang segmen jalan dibagi dengan waktu tempuh rata-rata kendaraan dalam melintasinya (HCM, 1994).

Sedangkan waktu tempuh (TT) adalah waktu rata-rata yang dipergunakan kendaraan untuk menempuh segmen jalan dengan panjang tertentu, termasuk tundaan, waktu henti, waktu tempuh rata-rata kendaraan didapat dari

membandingkan panjang segmen jalan L (km) (MKJI 1997, Handayani Nur A, 2007).

Waktu tempuh merupakan waktu rata-rata yang dihabiskan kendaraan saat melintas pada panjang segmen jalan tertentu, termasuk di dalamnya semua waktu henti dan waktu tunda (HCM, 1994).

2.4. Klasifikasi Jalan

Jalan terbagi atas terbagi atas:

- a. Jalan Arteri
- b. Jalan Kolektor
- c. Jalan Lokal

Jalan Arteri : Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata – rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

Jalan Kolektor : Jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri – ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata – rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

Jalan Lokal : Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri – ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata- rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2.5. Volume Lalu Lintas

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalu lintas yang digunakan "volume". Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit).

Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih besar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan. Sebaliknya jalan yang terlalu besar untuk volume lalu lintas yang rendah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudikan kendaraannya pada kecepatan yang lebih tinggi sedangkan kondisi jalan belum tentu memungkinkan, dan disamping itu mengakibatkan biaya pembangunan yang jelas tidak pada tempatnya.

Satuan volume lalu lintas yang umumnya dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar lajur adalah :

- a. Lalu lintas harian rata – rata
- b. Volume jam perencanaan
- c. Kapasitas

2.5.1 Lalu Lintas Harian Rata – Rata

Lalu lintas harian rata – rata adalah volume lalu lintas rata–rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal 2 jenis lalu lintas harian rata–rata, yaitu lalu lintas harian rata – rata tahunan (LHRT) dan lalu lintas harian rata–rata (LHR).

LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata – rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

$$\text{LHRT} = \frac{\text{jumlah lalu lintas harian rata – rata}}{365}$$

LHRT dinyatakan dalam smp/hari/2 arah atau kendaraan/hari/2 arah untuk 2 jalur 2 arah, smp/hari/1 arah atau kendaraan/hari/1 arah untuk jalan berlajur banyak dengan median, atau dengan kata lain lalu lintas harian juga didapat dari rumus :

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}}$$

2.5.2 Volume Jam Perencanaan

LHR dan LHRT adalah volume lalu lintas dalam 1 hari, sehingga nilai LHR dan LHRT itu tidak dapat memberikan gambaran tentang fluktuasi arus lalu lintas lebih pendek dari 24 jam.

Arus lalu lintas bervariasi dari jam ke jam berikutnya dalam 1 hari, maka sangatlah cocok jika volume lalu lintas dalam 1 jam dipergunakan untuk perencanaan. Volume dalam 1 jam dipakai untuk perencanaan dinamakan "Volume Jam Perencanaan (VJP)".

2.5.3 Kapasitas

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur jalan selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu.

Perbedaan antara VJP dengan kapasitas adalah VJP menunjukkan jumlah arus lalu lintas yang direncanakan akan melintasi suatu penampang jalan selama 1 jam, sedangkan kapasitas menunjukkan jumlah arus lalu lintas yang maksimum dapat melewati penampang tersebut dalam waktu 1 jam sesuai dengan kondisi jalan (sesuai dengan lebar lajur, kebebasan samping, kelandaian, dll). Nilai kapasitas dapat diperoleh dari penyesuaian kapasitas dasar dengan kondisi jalan yang direncanakan.

Menurut Oglesby dan Hicks (1993), kapasitas suatu ruas jalan dalam suatu sistem jalan adalah jumlah kendaraan maksimum yang memiliki kemungkinan yang cukup untuk melewati ruas jalan tersebut (dalam satu maupun dua arah) dalam periode waktu tertentu dan di bawah kondisi jalan dan lalu lintas yang umum.

Menurut HCM 1994, kapasitas didefinisikan sebagai penilaian pada orang atau kendaraan masih cukup layak untuk memindahkan sesuatu, atau keseragaman segmen jalan selama spesifikasi waktu dibawah lalu lintas dan jam sibuk.

Ada tiga metode dalam menghitung kapasitas jalan :

- Metode Greenshield
- Metode Greenberg
- Metode Underwood

Metode yang di pilih dalam penghitungan kapasitas jalan pada penelitian ini salah satunya adalah Metode *Greenberg*. Sehingga dapat disimpulkan untuk model greenberg bahwa volume maksimum sebagai berikut :

$$V_m = (D_j \cdot S_m) / e \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

V_m = kapasitas atau volume maksimum (kendaraan/jam)

D_j = kepadatan pada kondisi lalu lintas macet total kendaraan/km)

S_m = kecepatan pada kondisi lalu lintas sangat rendah atau pada kondisi kepadatan mendekati 0 (nol) atau kecepatan arus bebas (km/jam).

A. Metode Greenberg

Bersumber dari buku Ofyar Z Tamin, Mengasumsikan bahwa arus lalu lintas mempunyai kesamaan dengan arus fluida. Greenberg (1959) mengadakan studi yang dilakukan diterowongan Lincoln, dan menganalisis hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan dengan mempergunakan asumsi persamaan kontinuitas dari persamaan benda cair, greenberg mengansumsikan bahwa hubungan matematis antara kepadatan – kecepatan (D-S) bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi eksponensial. Persamaan dasar model greenberg dapat dinyatakan melalui persamaan berikut ini :

$$\frac{dVs}{dt} = -\left(\frac{c}{D}\right) \cdot \frac{dD}{dX} \dots\dots\dots (2.2)$$

- Dimana :
- VS = Kecepatan rata-rata ruang ((km/jam),
 - D = Kepadatan (kend/km),
 - X = Jarak tempuh (km),
 - t = Waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak X (jam),
 - c = Konstanta.

Prosedur perhitungan analisis regresi-linear hubungan matematis antara kecepatan-kepadatan (model greenberg) serta menganggap bahwa hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan adalah Eksponensial (model *Greenberg*), Dalam menentukan hubungan matematis antara kecepatan-kepadatan, volume-kepadatan, volume-kecepatan, maka digunakan persamaan Transformasi Linear dapat disederhanakan dan ditulis kembali sebagai persamaan linear $Y_i = A + BX_i$ dengan mengasumsikan $S = Y_i$ dan $L_n D = X_i$. Dengan mengetahui beberapa set data S_i dan D_i yang bisa didapat dari hasil survei Kecepatan dan kepadatan arus lalu lintas, maka dengan menggunakan analisis regresi-linear, parameter A dan B dapat dihitung dan dihasilkan beberapa nilai berikut :

$$A = -\frac{LnC}{b} \text{ dan } B = \frac{1}{b}, \text{ dan akhirnya di dapat nilai } b = \frac{1}{B} \text{ dan nilai } C = e^{\frac{-A}{B}}$$

Selanjutnya, seluruh analisis dihitung dengan model Greenberg =

$$B = \frac{(N \sum_{i=1}^N X_i \cdot Y_i) - (\sum_{i=1}^N X_i) \cdot (\sum_{i=1}^N Y_i)}{N \sum_{i=1}^N (X_i)^2 - (\sum_{i=1}^N X_i)^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$A = \bar{Y} - B \bar{X} \dots\dots\dots (2.4)$$

Selanjutnya, dengan menggunakan nilai A dan B dihasilkan nilai

$$b = \frac{1}{B} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$C = e^{\frac{-A}{B}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan menggunakan nilai b dan C, maka dapat ditentukan hubungan matematis antarparameter sebagai berikut :

$$\text{Hubungan Kecepatan-Kepadatan : } S = A - B \ln D \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\text{Hubungan Volume-Kepadatan : } V = A - B D \ln D \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\text{Hubungan Volume-Kecepatan : } V = C S e^{b \cdot S} \dots\dots\dots (2.9)$$

b. Volume Maksimum

Volume maksimum dapat di hitung dengan persamaan:

$$\frac{\partial V}{\partial D} = 0 \text{ di dapat :}$$

$$- D_M = e^{\ln C - 1} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\frac{\partial V}{\partial S} = 0 \text{ di dapat :}$$

$$- S_M = - \frac{1}{b} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$- V_M = D_M \cdot S_M \dots\dots\dots (2.12)$$

Faktor yang mempengaruhi kapasitas jalan kota adalah lebar jalur atau lajur, ada tidaknya pemisah atau median jalan, hambatan bahu jalan, gradient jalan, di daerah perkotaan atau luar kota, ukuran kota.

2.6. Besaran Satuan Mobil Penumpang

Besaran satuan mobil penumpang bervariasi menurut lokasi apakah itu di perkotaan atau di jalan raya, ataupun di persimpangan. Tabel berikut menunjukkan satuan mobil penumpang yang biasanya digunakan di Indonesia di tunjukan dalam tabel 2.1. berikut :

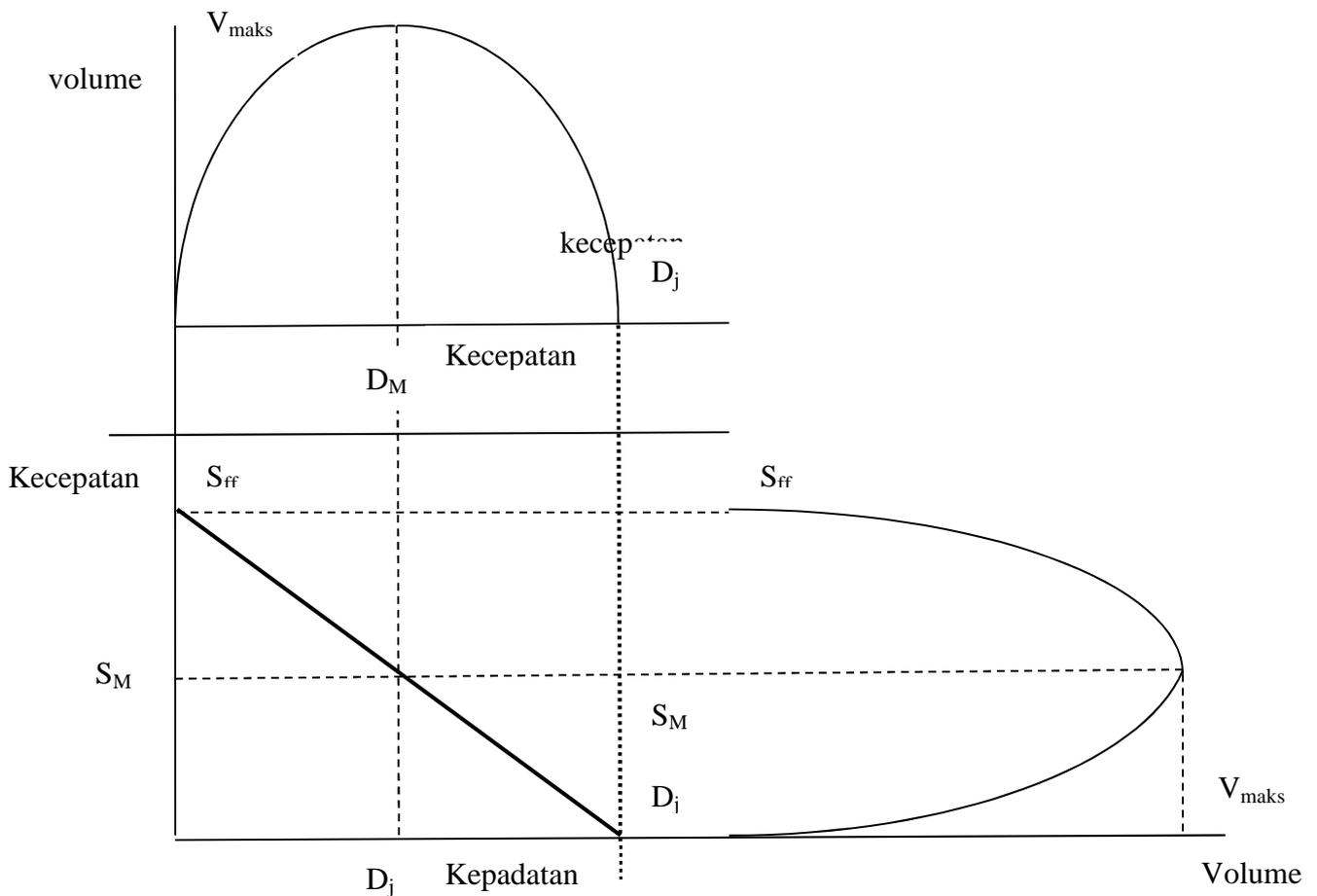
Tabel 2.1. Satuan Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	Jalan Raya	Perkotaan
Mobil penumpang, taxi, pickup, minibus	1	1
Sepeda Motor	0,5 – 1	0,2 – 0,5
Bus, truk 2 dan 3 sumbu	3	2
Bus tempel, truk > 3 sumbu	4	3

(sumber : http://id.wikibooks.org/wiki/rekayasa_lalu_lintas/karakteristik_arus_lalu_lintas)

2.7. Hubungan antara besarnya arus/ volume lalu lintas dengan kecepatan

Hubungan antara Kecepatan, Volume dan Kepadatan Arus Lalu-lintas Variabel utama yang mempengaruhi karakteristik aliran lalulintas di jalan raya adalah : Kecepatan, volume dan kepadatan lalu lintas. Hubungan antara kecepatan arus, dan kerapatan akan ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1. Grafik hubungan antara kecepatan, volume dan kepadatan
 (sumber : www.wikipedia.com)

- a) Hubungan kecepatan dan kepadatan adalah linier yang berarti bahwa semakin tinggi kecepatan lalu lintas dibutuhkan ruang bebas yang lebih besar antar kendaraan yang mengakibatkan jumlah kendaraan perkilometer menjadi lebih kecil.
- b) Hubungan kecepatan dan arus adalah parabolik yang menunjukkan bahwa semakin besar arus kecepatan akan turun sampai suatu titik yang menjadi puncak parabola tercapai kapasitas setelah itu kecepatan akan semakin rendah lagi dan arus juga akan semakin mengecil.
- c) Hubungan antara arus dengan kepadatan juga parabolik semakin tinggi kepadatan arus akan semakin tinggi sampai suatu titik dimana kapasitas terjadi, setelah itu semakin padat maka arus akan semakin kecil.

Dengan demikian, aliran, kecepatan, dan kepadatan dinyatakan sebagai persamaan berikut :

$$V = S \times D \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

- V = volume (kendaraan/jam)
- S = Kecepatan rata-rata perjalanan (km/jam)
- D = rata-rata kepadatan (kendaraan/km)

2.2. Arus Lalu Lintas

Menurut MKJI 1997, nilai arus lalu lintas mencerminkan komposisi lalu lintas, dengan menyatakan arus dalam satuan mobil penumpang (SMP). Semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) diubah menjadi satuan mobil penumpang (SMP) dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (EMP) yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan berikut ini.

1. Kendaraan ringan (LV), termasuk mobil penumpang, minibus, pick up, truk kecil, jeep.
2. Kendaraan berat (HV), termasuk truk dan bus.
3. Sepeda motor (MC).
4. Kendaraan tidak bermotor (UM).

Ukuran arus lalu lintas meliputi besaran – besaran di bawah ini :

- Volume (Q) adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu pada saat tertentu.
- Besar arus (q) adalah besaran jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dalam waktu satu jam.
- Waktu antara (ht) atau time headway adalah selisih waktu dua buah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu.
- Waktu antara rata – rata ($ht-av$) adalah rata – rata semua waktu antara yang dinyatakan dalam detik per kendaraan.
- Running Speed* adalah kecepatan rata – rata suatu kendaraan pada sebuah potongan jalan dan dihitung dari jarak yang ditempuh dibagi dengan waktu tempuh.

2.9. Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian dari jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Batas jalur lalu lintas dapat berupa :

- Median
- Bahu
- Trotoar



Gambar 2.2. Batas jalur lalu lintas (Sumber : www.wikipedia.com)

Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa lajur, dan juga terdiri dari beberapa tipe, diantaranya :

- 1 lajur – 2 lajur – 2 arah
- 1 lajur – 2 lajur – 1 arah
- 2 lajur – 4 lajur – 2 arah

- 2 jalur – n lajur – 2 arah, dimana n = jumlah lajur.

2.10. Lajur Lalu Lintas

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka jalur jalan, memiliki lebar jalur yang cukup dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana.

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan. Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu pada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, dimana untuk suatu ruas jalan dinyatakan oleh rasio antara volume terhadap kapasitas yang nilainya tidak lebih dari 0.80.

2.11. Tingkat Pelayanan (LOS)

Tingkat Pelayanan menurut Ofyar.Z Tamin (2000) terdiri dari Tingkat Pelayanan (tergantung-arus) dan Tingkat Pelayanan (tergantung-fasilitas) yang perbandingannya terdapat pada arus dan fasilitas.

Tabel 2.2. Kriteria Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat Pelayanan	Kondisi Arus	Derajat Kejenuhan
A	Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang diinginkan tanpa hambatan	0 – 0,02
C	Arus stabil, tapi 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 hambata-hambatan yang besar.	> 1,00

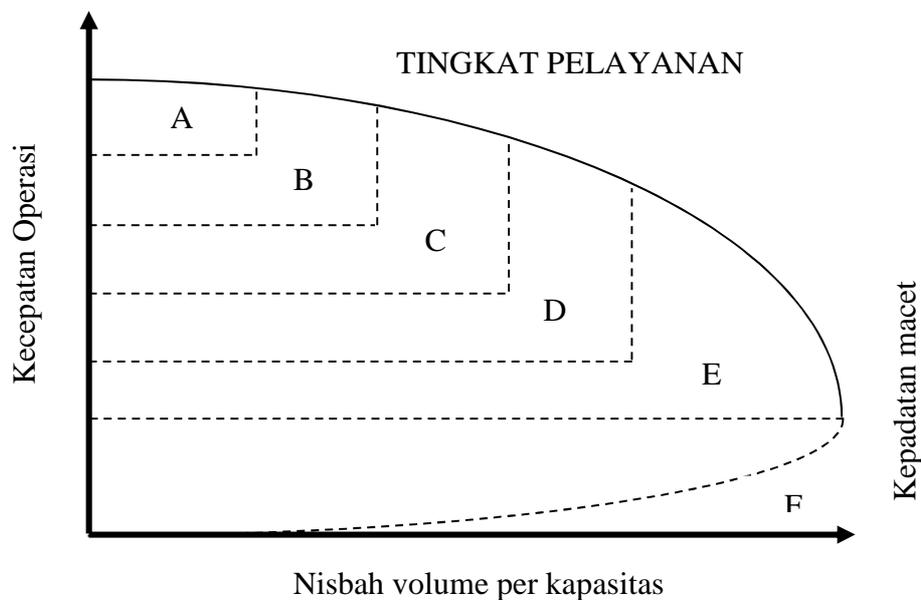
(Sumber : Morlok (1991))

Perilaku lalu lintas diwakili oleh tingkat pelayanan (LOS), yaitu ukuran kualitatif yang mencerminkan persepsi para pengemudi dan penumpang mengenai karakteristik kondisi operasional dalam arus lalu lintas (HCM,1994).

Menurut HCM Special Report 1994, tingkat pelayanan adalah kemampuan ruas jalan dan/atau persimpangan untuk menampung lalu-lintas pada keadaan tertentu.

Menurut Alamsyah (1993), tingkat pelayanan jalan adalah kondisi operasional dalam arus lalu lintas yang penilaiannya oleh pemakai jalan (pada umumnya dinyatakan dalam kecepatan, waktu tempuh, kebebasan bergerak, interupsi lalu lintas, kenyamanan dan keselamatan). Kinerja ruas jalan juga didefinisikan sebagai sejauh mana kemampuan jalan menjalankan fungsinya, (Morlok,1978).

Enam tingkat pelayanan diabatasi untuk setiap tipe dari fasilitas lalu lintas yang akan digunakan dalam prosedur analisis, yang disimbolkan dengan huruf A sampai dengan F, dimana Level of Service (LOS) A menunjukkan kondisi operasi terbaik, dan LOS F paling jelek. Kondisi LOS yang lain ditunjukkan berada diantaranya. Di Indonesia, kondisi pada tingkat pelayanan (LOS) diklasifikasikan atas berikut ini. Gambar 2.14 yang mempunyai 6 (enam) buah tingkat pelayanan (*level of service*), yaitu :



Gambar 2.3. Tingkat Pelayanan (Sumber : Ofyar Z Tamin)

1. Tingkat Pelayanan A

- a. Kondisi arus bebas dengan volume lalu lintas rendah dan kecepatan tinggi.
- b. Kepadatan lalu lintas sangat rendah dengan kecepatan yang dapat dikendalikan oleh pengemudi berdasarkan batasan kecepatan maksimum/minimum dan kondisi fisik jalan.
- c. Pengemudi dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkan tanpa atau dengan sedikit tundaan.

2. Tingkat Pelayanan B

- a. Arus stabil dengan volume lalu lintas sedang dan kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas,
- b. Kepadatan lalu lintas rendah, hambatan internal lalu lintas belum mempengaruhi kecepatan,
- c. Pengemudi masih cukup punya kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatannya dan lajur jalan yang digunakan.

3. Tingkat Pelayanan C

- a. Arus stabil tetapi kecepatan dan pergerakan kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas yang lebih tinggi,
- b. Kepadatan lalu lintas meningkat, dan hambatan internal meningkat;
- c. Pengemudi memiliki keterbatasan untuk memilih kecepatan, pindah lajur atau mendahului.

4. Tingkat Pelayanan D

- a. Arus mendekati tidak stabil dengan volume lalu lintas tinggi dan kecepatan masih ditolerir namun sangat terpengaruh oleh perubahan kondisi arus,
- b. Kepadatan lalu lintas sedang, fluktuasi volume lalu lintas dan hambatan temporer dapat menyebabkan penurunan kecepatan yang besar,
- c. Pengemudi memiliki kebebasan yang sangat terbatas dalam menjalankan kendaraan, kenyamanan rendah, tetapi kondisi ini masih dapat ditolerir untuk waktu yang sangat singkat.

5. Tingkat Pelayanan E

- a. arus lebih rendah daripada tingkat pelayanan D dengan volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan dan kecepatan sangat rendah,

- b. kepadatan lalu lintas tinggi karena hambatan internal lalu lintas tinggi,
- c. pengemudi mulai merasakan kemacetan-kemacetan durasi pendek.

6. Tingkat Pelayanan F

- a. Arus tertahan dan terjadi antrian kendaraan yang panjang,
- b. Kepadatan lalu lintas sangat tinggi dan volume rendah serta terjadi kemacetan untuk durasi yang cukup lama,
- c. Dalam keadaan antrian, kecepatan maupun volume turun sampai 0.

2.12. Kerapatan

Kerapatan (density) didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang jalur atau lajur, dan secara umum dinyatakan dalam kendaraan per kilometer atau kendaraan per kilometer per lajur (HCM, 1994). Sedangkan menurut MKJI 1997, kerapatan adalah rasio perbandingan arus terhadap kecepatan rata-rata, dinyatakan dalam kendaraan (smp) per kilometer (km).

Arus, kecepatan, dan kerapatan merupakan unsur dasar pembentuk aliran lalu lintas. Pola hubungan yang diperoleh dari ketiga unsur tersebut adalah:

- 1. arus dengan kerapatan,
- 2. kecepatan dengan kerapatan,
- 3. arus dengan kecepatan.

Pada penelitian ini digunakan MKJI 1997 sebagai pedoman untuk analisisnya, karena berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Institut Teknologi Bandung (ITB S2 STJR) pada tahun 80-an ditunjukkan bahwa penggunaan manual kapasitas negara barat memberikan hasil yang tidak sesuai karena komposisi lalu lintas dan perilaku pengemudi di Indonesia yang berbeda (MKJI 1997).

2.13. Teknik Pengambilan Sempel

Dasar pemikiran yang melatarbelakangi penggunaan sampel (Remenyi, 1995) pp.207) yaitu :

- a. Biaya di mana penelitian dapat menentukan banyaknya sampel tetap berdasarkan ketentuan yang benar juga disertai keterbatasan biayayang

tersedia. Semakin banyak data yang ingin di kumpulkan, maka semakin besar pula biaya yang harus dikeluarkan.

- b. Waktu, dengan penggunaan sampel dapat dilakukan pengumpulan data dengan lebih cepat.

Menurut Remenyi (1995 pp.208-210), teknik pemilihan sampel dapat dibedakan menjadi dua katagori luas, yaitu yang dinamakan *nonprobability samples* dan *probability samples*. Teknik pemilihan sampel yang dapat dianalisa oleh teknik statistik adalah yang berkategori *probability samples* , dapat dibentuk menjadi :

- a. *Simple Random Sampling*, yaitu pengambilan sampel dari populasi yang dipilih secara acak dengan kemungkinan terpilih yang sama.
- b. *Systematic Sampling*, yaitu pengambilan sampel menggunakan metode yang sistematis dan menggunakan prosedur tertentu.
- c. *Stratified Sampling*, yaitu pengambilan sampel dengan melakukan pembagian menjadi kelompok-kelompok yang sejenis (*homogenous groups*) atau golongan strata tertentu, dan kemudian sampel tersebut diambil dari grup-grup itu yang lalu digabung menjadi satu kesatuan sampel.
- d. *Cluster Sampling*, yaitu pengambilan sampel secara kelompok dengan cara membagi-bagi suatu objek menjadi objek yang lebih kecil (*clusters*) yang mewakili populasi.
- e. *Multi-Stage Sampling*, yaitu pengambilan sampel dengan dua tahap yaitu melibatkan pemilihan secara acak terhadap objek clusters yang di sambung dengan pemilihan secara acak terhadap anggota-anggotadi dalam clusters tersebut.

2.14. Radar Kecepatan

2.14.1. Alat radar Pengukur kecepatan

Alat/radar kecepatan yang berkerja atas dasar efek Dopler, yang memancarkan suatu gelombang radar yang diarahkan pada suatu objek yang bergerak (mobil) dan dipantulkan kembali ke alat untuk kemudian oleh perangkat ini diukur kecepatan objek tersebut.

Perkembangan terbaru yang sudah mulai banyak digunakan adalah kecepatan dengan menggunakan kamera digital (Microdigicam) yang bisa mengukur kecepatan dari pergerakan gambar yang direkam untuk kemudian diolah menjadi data kecepatan. Adapun modifikasi alat radar kecepatan sekarang ini adalah pistol radar atau speed gun ataupun laser gun yang digunakan dalam penegakan hukum dan penelitian masalah lalu-lintas. Perangkat ini dapat berupa perangkat yang bisa dipegang dengan tangan (portabel) sehingga disebut sebagai radar gun, ataupun ditempatkan diatas mobil patroli polisi lalu-lintas ataupun ditempatkan diatas jalan, untuk dua yang terakhir biasanya dilengkapi dengan kamera untuk merekam Tanda Nomor Kendaraan Bermotor/Plat nomor.

Berikut ini contoh alat radar penghitung kecepatan seperti :

a) Speed Gun Velocity

Speed Gun Bushnell seri ' Velocity " ini merupakan Bushnell dengan kemampuan tingkat akurasi yg lebih tinggi, layar yg lebih lebar dan pilihan kecepatan miles/ km serta pengoperasian yang sangat mudah digunakan. Radar gun atau speed gun ini merupakan alat yang membantu mengetahui kecepatan benda yang meluncur/ bergerak (Mobil, motor, kapal, bola dll) , didukung dengan teknologi digital DSP(digital speed technology) yang menjamin tingkat akurasi yang tinggi. Yang akan ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Speed Gun Velocity (Sumber : www.wikipedia.com)

2.14.2. Penggunaan radar kecepatan

Radar kecepatan digunakan untuk:

- a) Sebagai alat untuk mengukur kecepatan dalam melakukan penegakan hukum/enforcement terhadap pelanggar batas kecepatan yang ditetapkan pada suatu ruas jalan.
- b) Sebagai alat dalam membuat kajian kecepatan pada suatu kawasan atau ruas dalam kaitannya dengan:
 1. Penurunan angka kecelakaan lalu-lintas
 2. Mengukur kecepatan rata-rata, 85 percentile kecepatan, dalam kaitannya dengan penetapan batas kecepatan.
 3. Mengukur kinerja lalu lintas, untuk selanjutnya digunakan dalam perencanaan dan manajemen lalu lintas.

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis indeks tingkat pelayanan Jalan Tanjung Api-api pada siang hari dan malam hari dengan menggunakan metode greenshield dan greenberg.
2. Menganalisis perbedaan kecepatan kendaraan pada saat siang hari dan malam hari dengan adanya lampu jalan.

3.2. Manfaat Penelitian

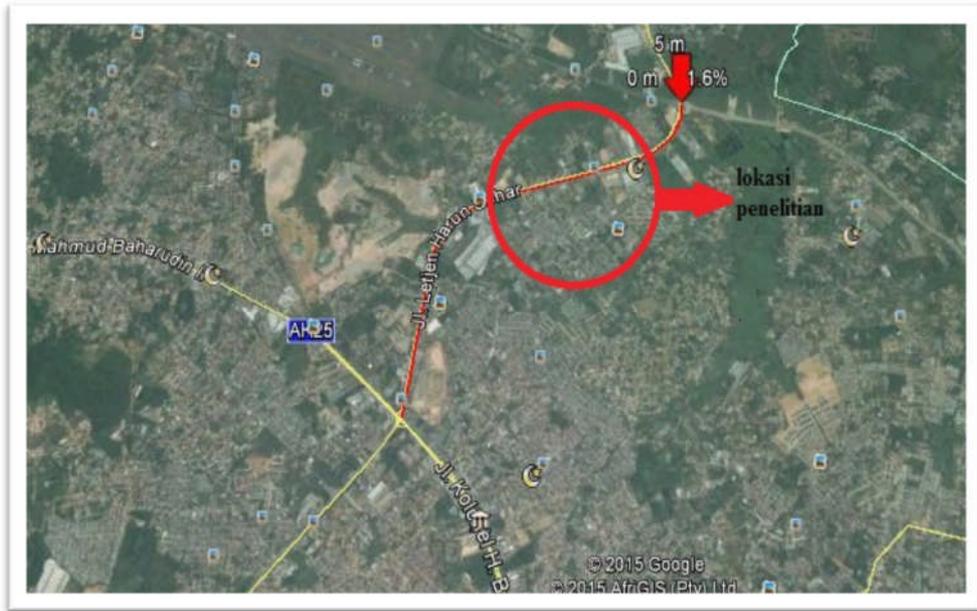
Setelah penelitian ini dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat diantaranya:

1. Dapat mengetahui metode mana yang memberikan hasil yang lebih baik untuk menjelaskan arus lalu lintas dan karakteristik lalu lintas yaitu kecepatan, volume, dan kepadatan.
2. Bagi Pemerintah, memberikan masukan indeks tingkat pelayanan jalan tersebut untuk pengambilan keputusan yang berkaitan dengan jalan tersebut.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Ruas Jalan Letjen Harun Sohar yang terletak di Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan. Panjang ruas jalan yang distabilisasi adalah $\pm 1,5$ km. Berikut Foto peta lokasi penelitian :



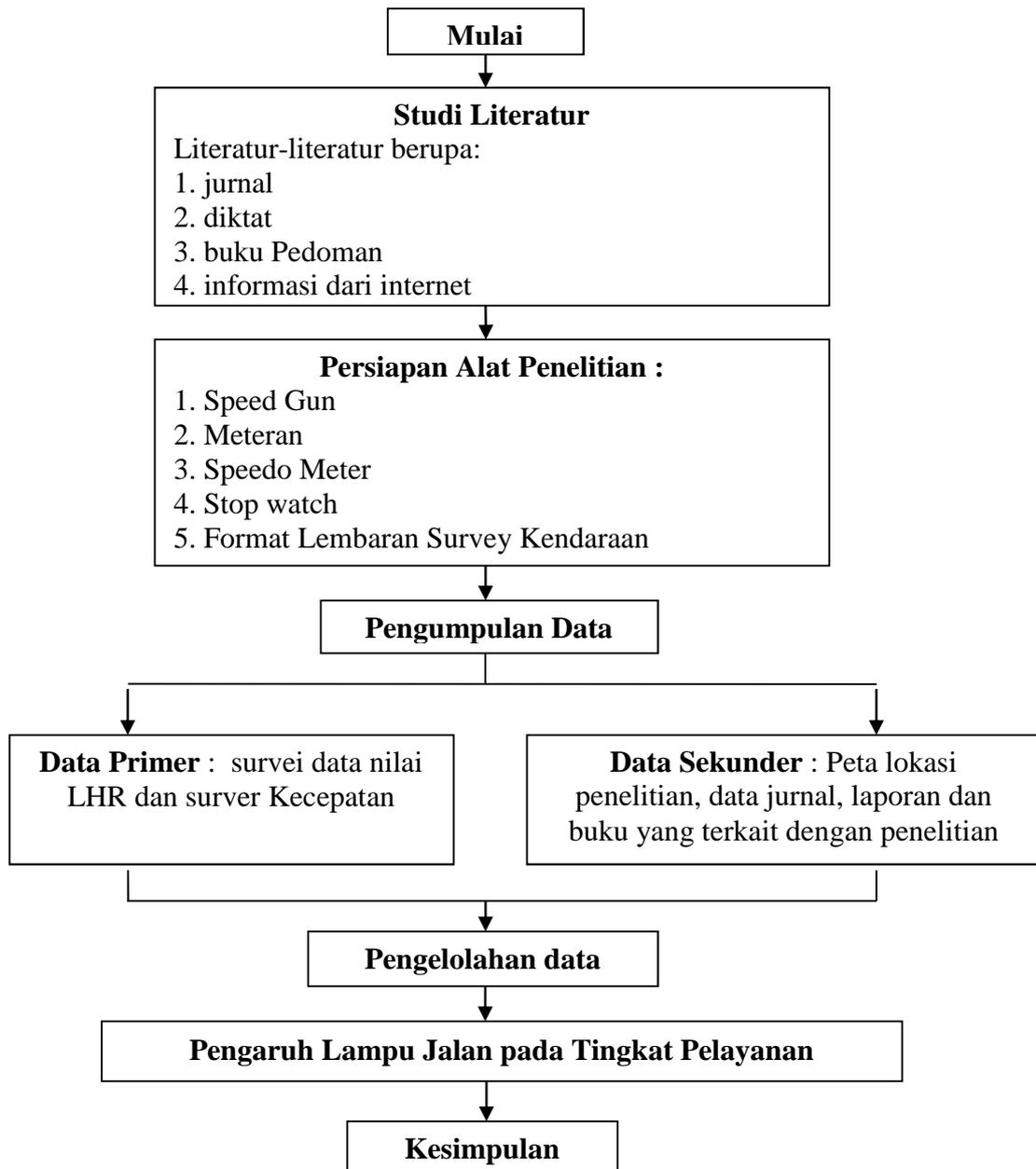
Gambar 4.1. Peta Lokasi Penelitian

4.2. Pemilihan Tempat Lokasi

Pada penelitian ini lokasi penelitian yang di pilih bertempat di Jalan Letjen Harun Sohar dan memiliki kriteria sebagai berikut :

1. Jalan bebas hambatan dan tidak ada kemacetan.
2. Pada malam hari, pada titik jalan yang di tinjau memiliki pencahayaan lampu jalan yang baik.
3. Memiliki unsur geometri yang masuk dalam kriteria untuk dijadikan sebagai tempat penelitian seperti tipe jalan (4/2 UD), Lebar jalur ± 10.3 m, Alinyemen jalan datar dan lurus.

4.3. Bagan Alur Penelitian



Gambar 4.2 Bagan Alur Penelitian

4.4. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan suatu cara atau proses yang sistematis dalam pengumpulan, pencatatan, dan penyajian fakta untuk mencapai tujuan tertentu. Tujuan pengumpulan data dalam penelitian ini adalah untuk memperoleh faktor-faktor untuk melakukan analisa kinerja perkerasan jalan.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa :

1. Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer adalah usaha pengumpulan data dan informasi dengan cara melakukan survei data lalu-lintas harian rata-rata (LHR) dan survei kecepatan.

2. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder adalah pengumpulan data dan informasi yang dapat dari literatur yang berkaitan dengan penelitian berupa Peta Lokasi Penelitian, jurnal, laporan, dan buku-buku yang berkaitan dengan penelitian.

4.5. Prosedur Penelitian

Adapun tahapan prosedur penelitian ini :

1. Pembelian alat *speed gun* akan digunakan sebagai alat pengukur kecepatan kendaraan.
2. Melakukan survei pemilihan titik lokasi yang akan dijadikan tempat penelitian berdasarkan karakteristik geometri jalan.
3. mencatat panjang dan lebar Jalan Letjen Harun Sohar bertujuan untuk menentukan kelas jalan tersebut.
4. pencatatan lalu-lintas harian kendaraan 24 jam yang dilakukan selama 7 hari.
5. Pemilihan hari survey kecepatan kendaraan menggunakan alat *speed gun* di ambil dari hari kepadatan pada data LHR yang dilakukan selama 7 hari, yaitu jatuh pada hari selasa. Kemudian juga pada waktu yang diambil untuk survey kecepatan kendaraan adalah 2 jam terpadat siang dan terpadat malam.
6. pembagian waktu pencatatan data kecepatan kendaraan dibagi dengan durasi 15 menit perjamnya.
7. Data dari hasil penelitian yang telah dicatat, kemudian dianalisa dengan menggunakan persamaan Greenshields dan Greenberg dalam perhitungan

kapasitas jalan.

8. Hasil dari analisa perhitungan kapasitas jalan kemudian di klarifikasikan kedalam tingkat pelayanan apa, pengaruh lampu jalan di Jalan Letjen Harun Sohar Palembang Provinsi Sumatera Selatan.

4.6 Survei

4.6.1. Persiapan Sebelum Survei

Survei adalah cara yang digunakan untuk mendapatkan data primer yang dibutuhkan dan data yang langsung di dapat di lapangan. Adapun alat yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Speed Gun. Speed gun adalah alat pengukur kecepatan kendaraan. Alat ini digunakan untuk mengukur kecepatan yang ditembakkan kearah kendaraan.
2. Meteran. Meteran adalah alat yang digunakan untuk mengukur lebar tiap lajur ada Jalan Letjen Harun Sohar agar dapat menentukan kelas jalan pada jalan tersebut.
3. Rol meter adalah Alat bantu yang digunakan untuk mengukur panjang segmen jalan yang di tinjau.
4. Stop Watch. Alat yang digunakan untuk mengatur durasi waktu kendaraan yang lewat yaitu 15 menit perjam.
5. Format Lembaran Survey Kendaraan. Berikut ini adalah lembaran-lembaran survei yang digunakan pada penelitian pada Jalan Letjen Harun Sohar:
 1. Format Lembaran Survey LHR.
 2. Format Lembaran Survey Kecepatan.

4.6.2. Pelaksanaan Survei Kendaraan

a. Survei Lalu-lintas Harian Rata-rata

Pelaksanaan pengumpulan data penelitian pengaruh lampu jalan pada indeks tingkat pelayanan jalan ini dimulai dengan melakukan survei lalu-lintas harian rata-rata atau yang di singkat LHR. Survei data LHR ini sendiri dilakukan 24 jam penuh selama 3 hari. Survei dilakukan dengan pembagian beberapa shift waktu, masing-masing 2 orang surveyor mendapat tugas selama 6 jam, berikut pembagian shift waktu survey LHR di lapangan :

1. Pukul 06.00 – 14.00
2. 14.00 – 22.00
3. 22.00 – 06.00

Ada juga jenis-jenis kendaraan yang dicatat dalam survei LHR ini, di antaranya :

1. Sepeda Motor
2. Kendaraan ringan pribadi, Mobil Pick-up, Kendaraan Ringan Umum
3. Bus Besar, Bus Kecil
4. Truk 2 sumbu 4 roda, Truk 2 sumbu 6 roda, Truk 3 sumbu, Truk gandeng, Truk trailer.

b. Survei Kecepatan Kendaraan

Setelah data LHR di dapat maka survei selanjutnya adalah survei kecepatan kendaraan dengan menggunakan alat pengukur kecepatan bernama *speed gun*.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini yang akan di bahas adalah tentang analisa dan pembahasan mengenai data yang sudah di dapatkan berdasarkan hasil survei yang akan di bagi menjadi dua bagian, pertama berisi data geometrik jalan, data lampu jalan, dan data survei seperti survei lalu lintas harian rata-rata/LHR dan survei kecepatan yang telah di proses, yang bertujuan untuk membuatnya menjadi lebih sederhana. Bagian kedua berisi mengenai analisa data menggunakan metode *greenberg*, dan *green shield* kemudian diklasifikasikan kedalam indeks tingkat pelayanan.

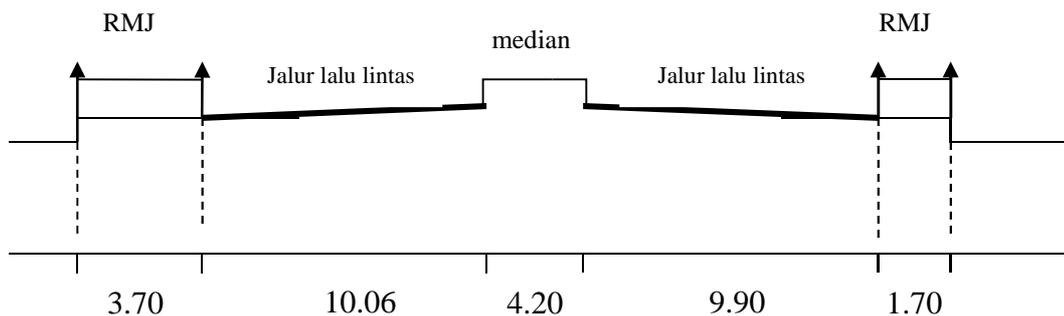
5.1. Data Umum Tempat Survey

Dalam pembahasan ini, data umum yang akan dimasukkan adalah data yang berkaitan dengan geometrik jalan serta data lampu jalan.

5.1.1. Data Geometrik Jalan

Data geometrik yang ada pada ruas Jalan Letjen Harun Sohar Palembang yang telah di peroleh, dari hasil survei langsung di lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

1. Gambar potongan melintang Jalan Letjen Harun Sohar Palembang



Gambar 5.1. Potongan melintang Jalan Letjen Harun Sohar
(Sumber : PU Bina Marga/P2JN)

2. Tipe dan Lebar Jalan

Ruas jalan lokasi penelitian merupakan jalan bebas hambatan dengan empat lajur dua arah terbagi (4/2 D), di mana *Divided* atau terbagi.

Ruas jalan Letjen Harun Sohar yang ditinjau ini juga memiliki dua jalur, yang lebar 1 jalur ± 10.3 meter, lebar median ± 3.80 meter jadi total lebar ruas jalan Letjen Harun Sohar yang di tinjau ditambah dengan lebar median ± 14 meter dan tidak memiliki trotoar.

3. Alinyemen Jalan

Alinyemen pada ruas jalan ini mempunyai 2 macam, antara lain :

- alinyemen Horizontal : ruas jalan lurus mempunyai panjang ± 3.220 km.
- Alinyemen Vertikal : ruas jalan datar mempunyai panjang ± 3.220 km.

5.1.2. Data Lampu Jalan

Beriku ini adalah data lampu jalan sesuai dengan hasil tinjauan langsung pada ruas Jalan Letjen Harun Sohar :

1. Tinggi Tiang Lampu Jalan

Tinggi lampu jalan yang ada pada Jalan Letjen Harun Sohar ini mempunyai ketinggian berkisar antara 10 sampai 15 meter, sesuai dengan standar perencanaan tinggi tiang lampi jalan di Indonesia.

2. Jarak Antar Tiang Lampu Serta Waktu Penerangan

Tiang lampu di ruas jalan ini mempunyai jarak antar tiang sepanjang 35 meter, dengan penerangan antara pukul 17.30 WIB – 06.30 WIB

5.2 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata

Untuk survei harian rata-rata di lakukan 24 jam penuh tanpa henti selama 2 hari. Dalam survei LHR ini tidak menggunakan rumus melainkan hanya menghitung total kendaraan yang melewati ruas jalan. Kemudian kendaraan yang lewat di kelompokkan ke dalam beberapa jenis kendaraan. Diantaranya :

1. Sepeda motor
2. Kendaraan ringan pribadi, mobil pick-up, kendaraan ringan umum
3. Bus besar, bus kecil
4. Truck 2 sumbu 4 roda, truck 3 sumbu, truck gandeng, truck traile.

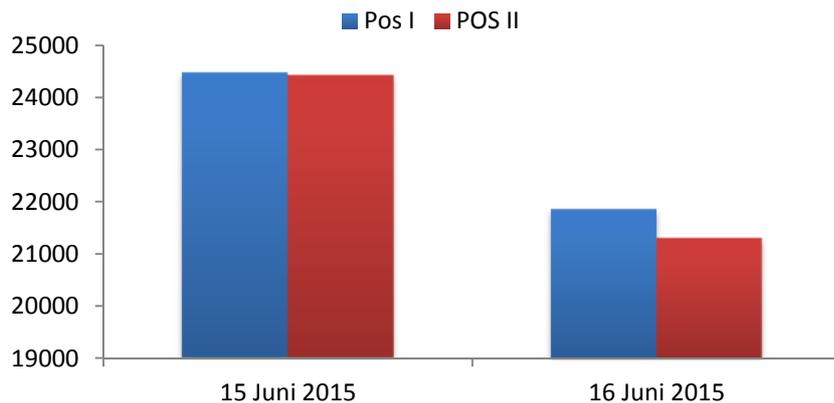
Adapun data survei yang telah di dapat dengan cara melakukan survei

secara langsung, selama 2 hari yaitu Senin dan Selasa berikut dengan keterangan volume setiap Pos/Jalur, dapat dilihat pada tabel 5.1 di bawah ini :

Tabel 5.1. Data LHR di ruas jalan Letjen Harun Sohar

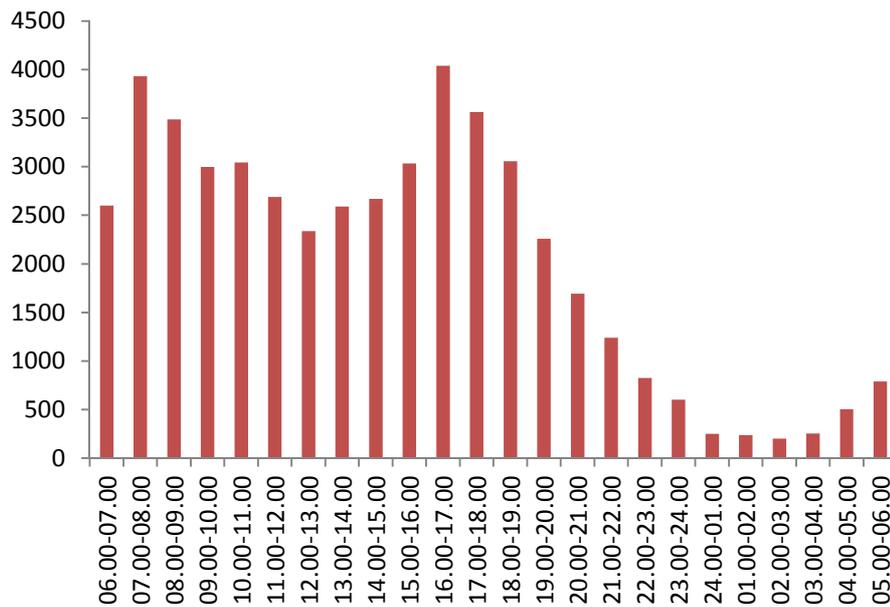
Hari	Tanggal	Pos I	Pos II
		Volume (smp/hari)	Volume (smp/hari)
Senin	15 Juni 2015	24466	24420
Selasa	16 Juni 2015	21859	21311

Adapun grafik 5.2 dibawah ini menunjukkan data hari terpadat untuk 2 jam siang dan 2 jam malam berdasarkan data LHR dari tabel pada Lampiran, dimana grafik ini untuk menentukan hari terpadat kendaraan yang melintas yang akan menjadi hari dilaksanakannya survey kecepatan. Maka grafik 4.2 dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 5.2. Volume Kendaraan Yang Melintas

Dapat dilihat dari grafik 5.2 diatas dapat ditentukan hari untuk melakukan survei kecepatan yang jatuh pada hari Senin. Dimana pada kondisi pada siang hari dimulai pukul 07.00-08.00 WIB di lanjutkan pada pukul 16.00-17.00 WIB dan untuk malam hari di mulai dari jam 17.00 sampai 20.00 WIB di tunjukan pada Gambar 5.3 di bawah ini :



Gambar 5.3. Jam Terpadat

5.3. Distribusi Kecepatan

5.3.1. Pengambilan Sampel Uji Kecepatan Kendaraan

Pada survei penelitian ini dilakukan uji pengambilan sampel kendaraan. Teknik pemilihan sampel yang dapat dianalisa oleh teknik statistik pada penelitian kali ini menggunakan *Stratified Random Sampling*.

Stratified Random Sampling yaitu pengambilan sampel dari populasi yang di pilih secara acak dengan melakukan pembagian menjadi kelompok-kelompok yang sejenis (*homogenous groups*) atau golongan strata tertentu, dan kemudian sampel tersebut diambil dari grup-grup itu yang lalu di gabung menjadi satu kesatuan sampel dan berdasarkan perhitungan rumus Slovin (Umar, 2000, p78).

$$n = \frac{N}{(1+N.e^2)} \dots\dots\dots (4.1)$$

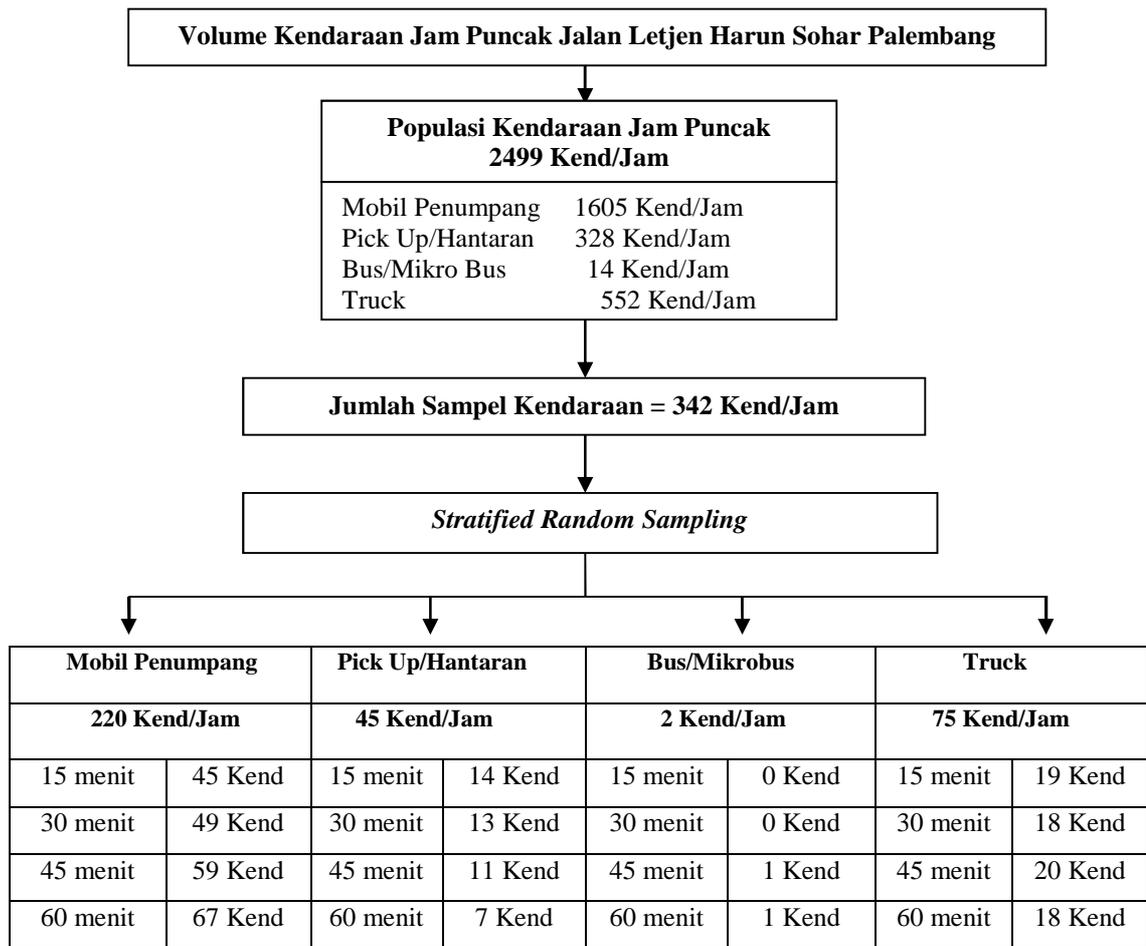
Dimana:

n adalah jumlah sampel (banyaknya kendaraan)

N adalah jumlah populasi

e adalah tingkat signifikan persentase kesalahan yang diperbolehkan yaitu 10%

Bagan hasil pengambilan sampel kendaraan per 15 menit :



Gambar 5.4. Bagan pembagian sampel.

5.3.2. Frekuensi Kecepatan Kendaraan

a. Kondisi Siang Hari

1. Jalur simpang Lampu Merah Tanjung Api-api - Bandara SMB II.

Adapun data distribusi kecepatan dalam kondisi siang hari untuk jalur simpang Lampu Merah Tanjung Api-api menuju simpang Bandara SMB II, dapat dilihat pada tabel 5.2 dibawah ini :

Tabel 5.2. Data Distribusi Kecepatan

Kecepatan (km/jam)	Frekuensi (fi)	Nilai Tengah (NTKi)	fi x NTKi
0-10	0	5	0
11-20	0	15,5	0
21-30	2	25,5	51
31-40	21	35,5	745,5
41-50	181	45,5	8235,5
51-60	271	55,5	15040,5
61-70	156	65,5	10218
71-80	50	75,5	3775
81-90	5	85,5	427,5
91-100	0	95,5	0
Jumlah	686		38493
Kecepatan= $\Sigma (fi \times NTKi) / \Sigma fi$			56

Berdasarkan data distribusi kecepatan pada tabel 5.2, dapat diketahui bahwa kecepatan pengguna kendaraan pada kondisi siang hari adalah 56 km/jam.

2. *Jalur simpang Bandara SMB II - simpang Lampu Merah Tanjung Api-api.*

Adapun data distribusi kecepatan dalam kondisi siang hari untuk jalur simpang Bandara SMB II menuju simpang Lampu Merah Tanjung Api-api, dapat dilihat pada tabel 5.3 di bawah ini :

Tabel 5.3. Data Distribusi Kecepatan

Kecepatan (km/jam)	Frekuensi (fi)	Nilai Tengah (NTKi)	fi x NTKi
0-10	0	5	0
11-20	0	15,5	0
21-30	8	25,5	204
31-40	56	35,5	1988
41-50	211	45,5	9600,5
51-60	223	55,5	12376,5
61-70	144	65,5	9432
71-80	37	75,5	2793,5
81-90	7	85,5	598,5
91-100	0	95,5	0
Jumlah	686		36993
Kecepatan= $\Sigma (fi \times NTKi) / \Sigma fi$			54

Berdasarkan data distribusi kecepatan pada tabel 5.3, dapat diketahui bahwa kecepatan pengguna kendaraan pada kondisi siang hari adalah 54 km/jam.

b. Kondisi Malam Hari

1. Jalur simpang Lampu Merah Tanjung Api-api - simpang Bandara SMB II.

Adapun data distribusi kecepatan dalam kondisi malam hari untuk jalur simpang Lampu Merah Tanjung Api-api menuju simpang Bandara SMB II., dapat dilihat pada tabel 5.4 di bawah ini :

Tabel 5.4. Data Distribusi Kecepatan

Kecepatan (km/jam)	Frekuensi (fi)	Nilai Tengah (NTKi)	fi x NTKi
0-10	0	5	0
11-20	1	15,5	15,5
21-30	1	25,5	25,5
31-40	52	35,5	1846
41-50	165	45,5	7507,5
51-60	223	55,5	12376,5
61-70	175	65,5	11462,5
71-80	57	75,5	4303,5
81-90	13	85,5	1111,5
91-100	0	95,5	0
Jumlah	687		38649
Kecepatan= $\Sigma (fi \times NTKi) / \Sigma fi$			56

Berdasarkan data distribusi kecepatan pada tabel 5.4, dapat diketahui bahwa kecepatan pengguna kendaraan pada kondisi malam hari adalah 56 km/jam.

2. Jalur simpang Bandara SMB II - simpang Lampu Merah Tanjung Api-api.

Adapun data distribusi kecepatan dalam malam hari untuk jalur simpang Bandara SMB II menuju simpang Lampu Merah Tanjung Api-api, dapat dilihat pada tabel 5.5 dibawah ini :

Tabel 5.5. Data Distribusi Kecepatan

Kecepatan (km/jam)	Frekuensi (fi)	Nilai Tengah (NTKi)	fi x NTKi
0-10	0	5	0
11-20	1	15,5	15,5
21-30	12	25,5	306
31-40	62	35,5	2201
41-50	242	45,5	11011
51-60	234	55,5	12987
61-70	102	65,5	6681
71-80	30	75,5	2265
81-90	3	85,5	256,5
91-100	0	95,5	0
Jumlah	686		35723
Kecepatan = $\Sigma (fi \times NTKi) / \Sigma fi$			52

Berdasarkan data distribusi kecepatan pada tabel 5.5, dapat diketahui bahwa kecepatan pengguna kendaraan pada kondisi malam hari adalah 52 km/jam.

5.4. Perhitungan Untuk Kapasitas Jalan

5.4.1. Metode Greenshields

1. Jalur Sp. Lampu Merah Tanjung Api-api – Sp. Bandara SMB II (Siang)

Dari pengolahan data arus lalu lintas dan kecepatan (Lampiran) maka diperoleh hasil Permodelan Greenshields sebagai berikut :

$$B = -1,48$$

$$A = 68,27$$

$$S_{ff} = A = 68,27 \text{ km/jam}$$

$$D_j = 46,20 \text{ smp/km}$$

$$\text{Hubungan Kecepatan-Kepadatan} : S = 68,27 - 1,48 D$$

$$\text{Hubungan Volume-Kepadatan} : V = 68,27 D - 1,48 D^2$$

$$\text{Hubungan Volume-Kecepatan} : V = 46,20 S - 0,68 S^2$$

$$\text{Kepadatan Maksimum (Dm)} = 23,10 \text{ smp/km}$$

$$\text{Kecepatan Maksimum (Sm)} = 34,14 \text{ km/jam}$$

$$\text{Volume Maksimum (Vm)} = 2365,59 \text{ smp/jam}$$

2. Jalur Sp. Lampu Merah Tanjung Api-api – Sp. Bandara SMB II (Malam)

Dari pengolahan data arus lalu lintas dan kecepatan (Lampiran) maka diperoleh hasil Permodelan Greenshields sebagai berikut :

$$B = -3,21$$

$$A = 73,81$$

$$S_{ff} = A = 73,81 \text{ km/jam}$$

$$D_j = 22,96 \text{ smp/km}$$

$$\text{Hubungan Kecepatan-Kepadatan} : S = 73,81 - 3,21 D$$

$$\text{Hubungan Volume-Kepadatan} : V = 73,81 D - 3,21 D^2$$

$$\text{Hubungan Volume-Kecepatan} : V = 22,96 S - 0,311 S^2$$

$$\text{Kepadatan Maksimum (Dm)} = 11,48 \text{ smp/km}$$

$$\text{Kecepatan Maksimum (Sm)} = 36,90 \text{ km/jam}$$

$$\text{Volume Maksimum (Vm)} = 1271,11 \text{ smp/jam}$$

3. Jalur Sp. Bandara SMB II – Sp. Lampu Merah Tanjung Api-Api (Siang)

Dari pengolahan data arus lalu lintas dan kecepatan (Lampiran) maka diperoleh hasil Permodelan Greenshields sebagai berikut :

$$B = -1,31$$

$$A = 66,27$$

$$S_{ff} = A = 66,27 \text{ km/jam}$$

$$D_j = 50,41 \text{ smp/km}$$

$$\text{Hubungan Kecepatan-Kepadatan} : S = 66,27 - 1,31 D$$

$$\text{Hubungan Volume-Kepadatan} : V = 66,27 D - 1,31 D^2$$

$$\text{Hubungan Volume-Kecepatan} : V = 50,41 S - 0,76 S^2$$

$$\text{Kepadatan Maksimum (Dm)} = 25,21 \text{ smp/km}$$

$$\text{Kecepatan Maksimum (Sm)} = 33,14 \text{ km/jam}$$

$$\text{Volume Maksimum (Vm)} = 2505,74 \text{ smp/jam}$$

4. Jalur Sp. Bandara SMB II – Sp. Lampu Merah Tanjung Api-Api (Malam)

Dari pengolahan data arus lalu lintas dan kecepatan (Lampiran) maka diperoleh

hasil Permodelan Greenshields sebagai berikut :

$$B = -1,31$$

$$A = 66,27$$

$$S_{ff} = A = 66,27 \text{ km/jam}$$

$$D_j = 50,41 \text{ smp/km}$$

$$\text{Hubungan Kecepatan-Kepadatan} : S = 66,27 - 1,31 D$$

$$\text{Hubungan Volume-Kepadatan} : V = 66,27 D - 1,31 D^2$$

$$\text{Hubungan Volume-Kecepatan} : V = 50,41 S - 0,76 S^2$$

$$\text{Kepadatan Maksimum (Dm)} = 11,27 \text{ smp/km}$$

$$\text{Kecepatan Maksimum (Sm)} = 36,74 \text{ km/jam}$$

$$\text{Volume Maksimum (Vm)} = 1242,57 \text{ smp/jam}$$

5.4.2. Metode Greenberg

1. Jalur Sp. Lampu Merah Tanjung Api-api – Sp. Bandara SMB II (Siang)

Dari pengolahan data arus lalu lintas dan kecepatan (Lampiran) maka diperoleh hasil Permodelan Greenberg sebagai berikut :

$$B = -10,57$$

$$A = 78,16$$

$$b = -0,09$$

$$C = 1631,33$$

$$\text{Hubungan Kecepatan-Kepadatan} : S = 78,16 - 10,57 \ln D$$

$$\text{Hubungan Volume-Kepadatan} : V = 78,16 D - 10,57 D \ln D$$

$$\text{Hubungan Volume-Kecepatan} : V = 1631,33 S e^{(-0,09 S)}$$

$$\text{Kepadatan Maksimum (Dm)} = 603 \text{ smp/km}$$

$$\text{Kecepatan Maksimum (Sm)} = 10 \text{ km/jam}$$

$$\text{Volume Maksimum (Vm)} = 6326 \text{ smp/jam}$$

2. Jalur Sp. Lampu Merah Tanjung Api-api – Sp. Bandara SMB II (Malam)

Dari pengolahan data arus lalu lintas dan kecepatan (Lampiran) maka diperoleh hasil Permodelan Greenberg sebagai berikut :

$$B = -5,94$$

$$A = 68,58$$

$$b = -0,17$$

$$C = 103176,92$$

$$\text{Hubungan Kecepatan-Kepadatan} : S = 68,58 - 5,94 \ln D$$

$$\text{Hubungan Volume-Kepadatan} : V = 68,58 D - 5,94 D \ln D$$

$$\text{Hubungan Volume-Kecepatan} : V = 103176,92 S e^{(-0,17 S)}$$

$$\text{Kepadatan Maksimum (Dm)} = 38210 \text{ smp/km}$$

$$\text{Kecepatan Maksimum (Sm)} = 6 \text{ km/jam}$$

$$\text{Volume Maksimum (Vm)} = 225636 \text{ smp/jam}$$

3. Jalur Sp. Bandara SMB II – Sp. Lampu Merah Tanjung Api-Api (Siang)
 Dari pengolahan data arus lalu lintas dan kecepatan (Lampiran) maka diperoleh hasil Permodelan Greenberg sebagai berikut :

$$B = -9,23$$

$$A = 74,75$$

$$b = -0,11$$

$$C = 3298,86$$

$$\text{Hubungan Kecepatan-Kepadatan} : S = 74,75 - 9,23 \ln D$$

$$\text{Hubungan Volume-Kepadatan} : V = 74,75 D - 9,23 D \ln D$$

$$\text{Hubungan Volume-Kecepatan} : V = 3298,86 S e^{(-0,11 S)}$$

$$\text{Kepadatan Maksimum (Dm)} = 1219 \text{ smp/km}$$

$$\text{Kecepatan Maksimum (Sm)} = 9 \text{ km/jam}$$

$$\text{Volume Maksimum (Vm)} = 11167 \text{ smp/jam}$$

4. Jalur Sp. Bandara SMB II – Sp. Lampu Merah Tanjung Api-Api (Malam)
 Dari pengolahan data arus lalu lintas dan kecepatan (Lampiran) maka diperoleh hasil Permodelan Greenberg sebagai berikut :

$$B = -6,65$$

$$A = 67,80$$

$$b = -0,15$$

$$C = 26889,29$$

$$\text{Hubungan Kecepatan-Kepadatan} : S = 67,80 - 6,65 \ln D$$

$$\text{Hubungan Volume-Kepadatan} : V = 67,80 D - 6,65 D \ln D$$

$$\text{Hubungan Volume-Kecepatan} : V = 26889,29 S e^{(-0,15 S)}$$

$$\text{Kepadatan Maksimum (Dm)} = 9950 \text{ smp/km}$$

$$\text{Kecepatan Maksimum (Sm)} = 7 \text{ km/jam}$$

$$\text{Volume Maksimum (Vm)} = 130567 \text{ smp/jam}$$

5.5. Indeks Pelayanan

Ruas Jalan	Kecepatan (km/jam)		
	Freeflow	Greenshield	Greenberg
Sp.TAA - SP. Bandara (Siang)	56	34,14	10
Sp.TAA - SP. Bandara (Malam)	56	36,9	6
SP. Bandara - Sp.TAA (Siang)	54	33,14	9
SP. Bandara - Sp.TAA (Malam)	52	36,74	7

Berdasarkan pemodelan yang diambil pada siang hari pada jam puncak baik Metode Greenberg menunjukkan tingkat pelayanan F. Metode Greenshield menunjukkan tingkat pelayanan C.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa pada Jalan Letjen Harun Sohar Palembang, didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Lalu Lintas Harian Rata-rata/LHR dilakukan di Jalan Letjen Harun Sohar, jam terpadat yaitu hari Senin dengan volume kendaraan pada pos 1 dan 2 adalah 24466 smp/hari dan 24420 smp/hari.
2. Distribusi kecepatan pengguna kendaraan pada kondisi siang hari adalah 54 km/jam dan 56 km/jam. Sedangkan distribusi kecepatan pengguna kendaraan pada kondisi malam hari adalah 52 km/jam dan 56 km/jam.
3. Tingkat Pelayanan Jalan pada Jalan Letjen Harun Sohar dengan metode greenshield tingkat pelayanan C dan greenberg menunjukkan tingkat pelayanan F.

6.2. Saran

1. Dalam menentukan distribusi kecepatan kendaraan agar data memiliki tingkat keakuratan yang baik, sebaiknya data kecepatan kendaraan pada saat survey menggunakan alat *Speed Gun*.
2. Penelitian laporan ini mengurai indeks tingkat pelayanan jalan Letjen Harun Sohar yang mana untuk memperoleh data kecepatannya dilakukan survei pada kondisi jam terpadat. Untuk penelitian selanjutnya tentang pengaruh lampu jalan, saya sarankan untuk pengambilan data kecepatan dilakukan juga survei pada kondisi jam kepadatan terendah. Hal ini dimaksudkan sebagai pembandingan untuk penelitian kondisi jam terpadat dan juga saat kondisi jam kepadatan terendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Banks, J.H. 2002. *Introduction to Transportation Engineering*. 2nd ed. McGraw-Hill. New York.
- Bialek, W. Bottou, L. dan Still, S. *Geometric Clustering using the Information Bottleneck method*. Jurnal Princeton University. Princeton.
- Budiarto, A. (1998), *Pengaruh 'Bottleneck' Terhadap Karakteristik Lalu Lintas*, Tesis, ITB, Bandung
- Cambridge Systematics, Inc. 2005. *An Initial Assessment of Freight Bottlenecks on Highways*. Jurnal Battelle Memorial Institute Columbus, Ohio.
- Chen, C. Skabardonis, A. dan Varaiya, P. 2003. *Systematic Identification of Freeway Bottlenecks*. Jurnal University of California, Berkeley. Washington,DC.
- Direktorat Jenderal Bina Marga (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Bina Karya . Jakarta.