

# ITS UNTUK JALAN ANTAR KOTA

ERWIN KUSNANDAR



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN**

Jl.A.H Nasution No.264 P.O BOX 2 Bandung 40294 Indonesia Telp (022) 7802251 Fax (022) 7802726 email: [pusjatan@pusjatan.pu.go.id](mailto:pusjatan@pusjatan.pu.go.id)

# ITS UNTUK JALAN ANTAR KOTA

Penulis: **Erwin Kusnandar**

Cetakan Ke-1 Desember 2013

© Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

No. ISBN : 978-602-264-044-8

Kode Kegiatan : PPK2 - 001 107 A 13

Kode Publikasi : IRE – TR - 112 /ST/2013

## **Koordinator Penelitian**

Ir. IGW Samsi Gunarta, M. Appl. Sc  
PUSLITBANG JALAN DAN JEMBATAN

## **Ketua Program Penelitian**

Ir. Erwin Kusnandar

## **Editor**

Ir. Sri Hendarto, M.Sc

## **Layout dan Design**

Yosi Samsul Maarif, S.Sn

## **Diterbitkan oleh :**

The logo for ADiKA CV, featuring the word 'ADiKA' in a stylized, bold, sans-serif font. The 'A' is a triangle, and the 'i' has a dot. The letters are black.

ADiKA CV ( Anggota IKAPI )

## **Bekerja sama dengan**

Kementerian Pekerjaan Umum  
Badan Penelitian dan Pengembangan  
Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan  
Jl. A.H. Nasution No. 264 Ujungberung - Bandung 40294

## **Pemesanan melalui:**

Perpustakaan Puslitbang Jalan dan Jembatan  
info@pusjatan.pu.go.id

ISBN 978-602-264-044-8



**KEANGGOTAAN SUB TIM  
TEKNIS BALAI TEKNIK LALU LINTAS &  
LINGKUNGAN JALAN**

**Ketua:**

Ir. Agus Bari Sailendra, MT.

**Sekretaris:**

Ir. Nanny Kusminingrum

**Anggota:**

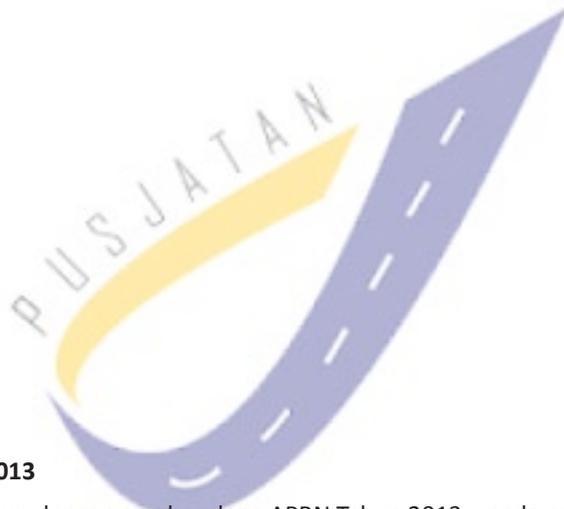
Ir. Gandhi Harahap, M.Eng.

DR. Ir. IF Poernomosidhi, M.Sc.

DR. Ir. Hikmat Iskandar, M.Sc.

Ir. Sri Hendarto, M.Sc.

DR. Ir. Tri Basuki Juwono, M.Sc.



**© PUSJATAN 2013**

Naskah ini disusun dengan sumber dana APBN Tahun 2013 , pada paket pekerjaan Naskah Ilmiah ITS Untuk Jalan Antar Kota DIPA Puslitbang Jalan dan Jembatan.

Pandangan-pandangan yang disampaikan di dalam publikasi ini merupakan pandangan penulis dan tidak selalu menggambarkan pandangan dan kebijakan Kementerian Pekerjaan Umum, unsur pimpinan, maupun institusi pemerintah lainnya. Penggunaan data dan informasi yang dimuat di dalam publikasi ini sepenuhnya merupakan tanggung jawab penulis.

Kementerian Pekerjaan Umum mendorong percetakan dan memperbanyak informasi secara eksklusif untuk perorangan dan pemanfaatan nonkomersil dengan pemberitahuan yang memadai kepada Kementerian Pekerjaan Umum. Pengguna dibatasi dalam menjual kembali, mendistribusikan atau pekerjaan kreatif turunan untuk tujuan komersil tanpa izin tertulis dari Kementerian Pekerjaan Umum.

Buku ini juga dibuat versi e-book dan dapat diunduh dari website [pusjatan.pu.go.id](http://pusjatan.pu.go.id).



## **PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN**

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (Pusjatan) adalah lembaga riset yang berada dibawah Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Lembaga ini memiliki peranan yang sangat strategis di dalam mendukung tugas dan fungsi Kementerian Pekerjaan Umum dalam menyelenggarakan jalan di Indonesia. Sebagai lembaga riset, Pusjatan memiliki visi sebagai lembaga penelitian dan pengembangan yang terkemuka dan terpercaya, dalam menyediakan jasa keahlian dan teknologi bidang jalan dan jembatan yang berkelanjutan, dan dengan misi sebagai berikut:

- 1) Meneliti dan mengembangkan teknologi bidang jalan dan jembatan yang inovatif, aplikatif, dan berdaya saing,
- 2) Memberikan pelayanan teknologi dalam rangka mewujudkan jalan dan jembatan yang handal, dan
- 3) Menyebar luaskan dan mendorong penerapan hasil penelitian dan pengembangan bidang jalan dan jembatan.

Pusjatan memfokuskan dukungan kepada penyelenggara jalan di Indonesia, melalui penyelenggaraan litbang terapan untuk menghasilkan inovasi teknologi bidang jalan dan jembatan yang bermuara pada standar, pedoman, dan manual. Selain itu, Pusjatan mengemban misi untuk melakukan advis teknik, pendampingan teknologi, dan alih teknologi yang memungkinkan infrastruktur Indonesia menggunakan teknologi yang tepat guna. Kemudian Pusjatan memiliki fungsi untuk memastikan keberlanjutan keahlian, pengembangan inovasi, dan nilai-nilai baru dalam pengembangan infrastruktur.

# ■ PRAKATA

---

**B**anyak permasalahan sistem transportasi jalan yang terjadi pada koridor/jaringan jalan utama antar kota, tentang kejadian yang menyebabkan hambatan lalu lintas diakibatkan oleh; ketidaksesuaian elemen infrastruktur jalan dengan ketentuan yang ada atau adanya insiden, itu semua yang menyebabkan waktu tempuh perjalanan menjadi lama dan tidak jelas kapan dan berakhir kejadian tersebut.

Koridor jalan utama antar kota, mempunyai kehasan yang spesifik dalam perencanaan manajemen lalu lintas, menyangkut masalah dan kebutuhan yang sesuai dengan wilayah geografis. Berbagai strategi manajemen termasuk penerapan teknologi Intelligent Transportation Systems (ITS) yang harus disesuaikan dengan kebutuhan. Teknologi ITS tersebut, bisa memberikan potensi yang signifikan terhadap peningkatan kinerja sistem transportasi jalan.

Buku ini, membahas tentang teknologi lalu lintas, ITS, dan gambaran umum sistem transportasi jalan utama antara kota. Metoda yang digunakan untuk itu, melalui analisis kualitatif dengan sasaran merumuskan penerapan teknologi ITS dalam mencapai potensi dalam mengurangi masalah transportasi jalan utama antar kota.

Dengan adanya buku ini, diharapkan bisa bermanfaat dalam menambah wawasan dan membantu para pemangku kepentingan dalam membuat panduan dalam penerapan teknologi ITS di jalan utama antara kota.

Bandung, November 2013



# DAFTAR ISI

PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
<b>1. PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
<b>2. TANTANGAN DAN PELUANG</b>	<b>3</b>
2.1 TRANSPORTASI JALAN	4
2.2 KARAKTERISTIK LALU LINTAS	5
2.3 INFRASTRUKTUR JALAN	7
2.4 FASILITAS PENDUKUNG PERJALANAN	8
2.5 KEMACETAN LALU LINTAS	9
2.5.1 Penyebab Kemacetan	10
2.5.2 Durasi Hambatan	20
2.5.2.1 Hambatan Akibat Persimpangan	20
2.5.2.2 Hambatan Akibat Pasar Tumpah	21
2.5.2.3 Hubungan Guna Lahan dengan Kecepatan Kendaraan	22
2.6 MANAJEMEN LALU LINTAS	26
<b>3. MANAJEMEN TRANSPORTASI JALAN</b>	<b>27</b>
3.1 MANAJEMEN LALU LINTAS	27
3.2 TEKNIK LALU LINTAS	28
3.2.1 Aliran Lalu Lintas	29
3.2.2 Jarak Pandang	32
3.2.3 Kinerja Lalu Lintas	35
3.3 MENGUKUR DAN PENYEBAB KEMACETAN LALU LINTAS	37
3.3.1 Mengukur Kemacetan Lalu Lintas	37
3.3.2 Penyebab Kemacetan Lalu Lintas	39
3.4 INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEM	43
3.4.1 Arsitektur ITS	44
3.4.2 Lingkup Layanan Teknologi ITS	47
3.4.3 Traffic Data Collection	49

3.4.4	Traffic Monitoring Center (TMC):	52
3.4.5	Unsur Infrastruktur Transportasi Cerdas	54
3.4.6	Informasi	55
3.4.7	Proses Informasi	57
3.4.8	Isu Kebutuhan Informasi	59
3.4.8.1	Pengendalian Arus Lalu Lintas	59
3.4.8.2	Pengendalian Insiden	63
3.4.8.3	Fasilitas Pendukung Perjalanan	65
3.4.9	Integrasi Stakeholder	65
3.4.9.1	Integrasi Horisontal	66
3.4.9.2	Integrasi Vertikal	67
3.4.9.3	Kemitraan Swasta	68
3.4.10	Standar	68
<b>4.</b>	<b>PEMILIHAN TEKNOLOGI ITS JALAN ANTAR KOTA</b>	<b>71</b>
4.1	PEMILIHAN TEKNOLOGI ITS	71
4.2	TAHAP PEMETAAN	77
4.2.1	Tahap Inventarisasi Masalah Lalu lintas	77
4.2.2	Tahap Identifikasi Masalah	78
4.2.3	Tahap Pemilihan Parameter Desain	79
4.2.4	Tahap Monitoring dan Evaluasi	80
4.3	INTEGRASI LAYANAN ITS	80
<b>5.</b>	<b>PENUTUP</b>	<b>81</b>
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>86</b>

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pertumbukan Kendaraan Bermotor (Badan Pusat Statistik, tahun 2011)	6
Gambar 2.2	Penggabungan lajur dari 3 menjadi 2	12
Gambar 2.3	Penyempitan di daerah pendekat fasilitas jalan persimpangan	12
Gambar 2.4	Penyempitan pada fasilitas jalan putaran penggabungan arus lalu lintas	13
Gambar 2.5	Konflik pada fasilitas jalan putaran balik arah (U-Turn)	13
Gambar 2.6	Penyempitan pada ruas jalan (dimensi lebar berubah)	14
Gambar 2.7	Kecelakaan lalu lintas	15
Gambar 2.8	Pekerjaan di ruas jalan	16
Gambar 2.9	Pekerjaan penggantian jembatan di Pantura Brebes	16
Gambar 2.10	Longsor badan jalan	17
Gambar 2.11	Situasi banjir di badan jalan	18
Gambar 2.12	Hambatan samping sisi jalan, adanya pasar tumpah	19
Gambar 2.13	Hambatan karena adanya fasilitas perlitanan kereta api sebidang	20
Gambar 3.1	Kemacetan dan hubungan mendasar antara laju aliran dan kepadatan	38
Gambar 3.2	Hubungan umum antara variable arus lalu lintas	38
Gambar 3.3	Hubungan Sub-sistem / Komponen Unsur Lalu Lintas dalam Teknologi ITS3-19	44
Gambar 3.4	Arsitektur Sistem Teknologi ITS3-21	45
Gambar 3.6	Radar dan Closed circuit television (CCTV)	49
Gambar 3.7	Deteksi otomatis sistem laser/radar	50
Gambar 3.8	Sistem kerja deteksi lalu lintas	50
Gambar 3.9	Contoh Traffic Control Centre (Dia, 2000)	54
Gambar 3.10	DMS dan VMS secara permanen	56
Gambar 3.11	Portabel DMS dan VMS yang bisa dipindah-pindah	56
Gambar 3.5	Instalasi dan matrik Teknologi ITS	58
Gambar 3.12	Contoh pemasangan ramp metering	61
Gambar 3.13	Informasi penggunaan lajur khusus kendaraan berat (VMS)	62
Gambar 3.14	Informasi penggunaan lajur khusus Bus (VMS)	63

# DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Panjang jalan sesuai status jalan di Indonesia	7
Tabel 2.2	Tundaan yang terjadi di persimpangan	21
Tabel 2.3	Fluktuasi pengembangan kecepatan kendaraan sesuai jenis pola guna lahan	23
Tabel 2.4	Fluktuasi pengembangan kecepatan kendaraan sesuai jenis pola guna lahan	24
Tabel 2.5	Fluktuasi pengembangan kecepatan kendaraan sesuai jenis pola guna lahan	25
Tabel 3.1	Derajat kejenuhan dan kondisi aliran lalu lintas	35
Tabel 3.2	Hubungan korelasi (v/c) terhadap LOS	36
Tabel 3.3	Syarat Minimal Kecepatan Operasional	36
Tabel 3.4	Faktor desain geometrik menyebabkan pengurangan kapasitas	39
Tabel 3.5	Persentase kapasitas efektif jalan dalam kondisi kejadian	42
Tabel 4.1	Masalah dan Pilihan Teknologi ITS Pada Lingkup Pengendalian Lalu Lintas	72
Tabel 4.2	Masalah dan Pilihan Teknologi ITS Pada Lingkup Manajemen Insiden	74
Tabel 4.3	Masalah dan Pilihan Teknologi ITS Pada Lingkup Fasilitas Pendukung Perjalanan	76
Tabel 4.4	Inventarisasi Masalah Sistem Transportasi Jalan	78
Tabel 4.5	Identifikasi Masalah Sistem Transportasi Jalan	78
Tabel 4.6	Kriteria Pemilihan Parameter Desain	79
Tabel 4.7	Monitoring dan Evaluasi	80

# 1. Pendahuluan

Banyaknya jumlah kendaraan yang operasional di jalanan di Indonesia pada dekade terakhir ini, telah menempatkan infrastruktur transportasi jalan berada di bawah tekanan yang berat, tapi dilain pihak penambahan kapasitas dan jaringan jalan belum bisa mengimbangnya. Kondisi tersebut, sedikit saja ada gangguan pada aliran lalu lintas bisa menyebabkan terjadinya hambatan-hambatan sampai dengan kemacetan dan bahkan kecelakaan lalu lintas. Kemacetan lalu lintas bisa berdampak terhadap berbagai kerugian, baik secara sosial ekonomi, kesehatan, dan kualitas lingkungan.

Sebagian orang percaya bahwa kemacetan lalu lintas sebagai akibat permintaan lalu lintas melebihi kapasitasnya, solusi langsung dengan cara konvensional, yaitu dengan menambah kapasitas jalan secara fisik, seperti penambahan lajur atau panjang jalan, ini tentunya akan membutuhkan dukungan sumber daya yang tinggi, seperti; lahan, logistik, non-teknis lainnya, cara ini belum tentu juga bisa menyelesaikan masalah sesuai tujuan awal. "Chao Chen" 2011, berpendapat bahwa dari sebagian besar penyebab kemacetan lalu lintas di negara-negara berkembang lebih disebabkan oleh ketidak efisienan dalam operasional berlalu lintas. Kalau dilihat dari aspek fatalitas akibat kecelakaan lalu lintas, bahwa, hampir dua-pertiga dari jumlah kecelakaan terjadi di jalan antar kota. Adanya kekhawatiran dalam perjalanan antar kota terjadinya kecelakaan menjadi lebih tinggi, maka perjalanan pada infrastruktur transportasi tersebut harus lebih diperhatikan.

Salah satu cara untuk mengurangi dampak masalah transportasi jalan, yaitu dengan cara meningkatkan produktifitas infrastruktur transportasi jalan yang ada dengan lebih efisien, yaitu dengan teknologi transportasi

yang cerdas yang disebut dengan “Intelligent Transportation Systems” (ITS). Teknologi ini, berpotensi bisa meningkatkan kinerja sistem transportasi jalan, seperti; keselamatan, mobilitas/kelancaran, kualitas lingkungan dan pada akhirnya berdampak pada peningkatan produktivitas. Teknologi ITS telah dikembangkan sejak tahun 60-an secara luas di Negara, seperti; Amerika, Jepang, Eropa dan Negara berkembang lainnya.

Area layanan teknologi ITS bisa dimanfaatkan oleh semua kebutuhan sistem transportasi jalan, seperti diantaranya; untuk mengurangi kemacetan lalu lintas (Advanced Traffic Management Systems), informasi tentang kondisi jalan/lingkungan/lalu lintas (Advanced Traveller Information Systems), dan perlengkapan kendaraan yang dilengkapi alat pemandu (Advanced Vehicle Control Systems). Area layanan tersebut, terkait langsung dengan peningkatan produktivitas infrastruktur transportasi jalan, untuk itu lingkup area pembahasan dalam buku ini lebih difokuskan pada area layanan teknologi ITS pada Advanced Traveller Management Systems dan Ad-advanced Traveller Information Systems.

Metoda pembahasan yang dilakukan secara analisis kualitatif meliputi: gambaran tentang tantangan dan peluang infrastruktur jalan utama antara kota yang ada, teknologi manajemen lalu lintas, dan pemilihan teknologi ITS untuk jalan utama antar kota.

Tujuan dari tulisan buku ini, pertama adalah untuk memberi wawasan tentang konsep membangun teknologi ITS yang bisa membantu memecahkan permasalahan sistem transportasi jalan, kedua merupakan tujuan khusus sebagai bahan masukan dalam penyusunan kebijakan manajemen lalu lintas dengan mengaplikasikan ITS untuk jalan utama antar kota.

## ■ 2. Tantangan dan Peluang

---

Jaringan jalan antar kota sebagai katalisator dalam pembangunan sosial ekonomi dan penyebaran hasil pembangunan itu sendiri, perannya yang sangat strategis dituntut prasarana penyebar luaskan tersebut bisa memberikan kinerjanya yang baik dan efisien.

Masalah transportasi pada jaringan jalan antar kota yang menonjol adalah tidak jelasnya waktu tempuh perjalanan, banyaknya pada segmen jalan tertentu pengemudi tidak bisa mengembangkan kecepatan kendaraannya sesuai dengan ciri fungsi jalan antara kota, bahkan bisa terjadi kemacetan lalu lintas. Secara umum ada dua kelompok penyebab hambatan atau kemacetan lalu lintas, pertama akibat faktor infrastruktur jalan yang tidak sesuai spesifikasi dan kebutuhan lalu lintas (kapasitas), kedua akibat lingkungan seperti tingginya faktor hambatan samping sisi jalan. Masalah transportasi pada jalan antar kota tersebut, merupakan masalah sulit karena pihak otoritas jalan masih terkendala dengan keterbatasan sumber daya yang ada.

Apapun kondisi Infrastruktur transportasi jalan yang ada tersebut, merupakan suatu aset paling berharga yang perlu dioptimalkan keberadaannya untuk mempertahankan dan kelanjutan pembangunan sosial, ekonomi dan pengembangan wilayah sekarang dan masa akan datang. Kondisi infrastruktur jalan dan permintaan lalu lintas yang ada, masih bisa diproduktifitaskan dengan manajemen lalu lintas modern yang lebih cerdas, seperti ITS.

Identifikasi permasalahan sistem transportasi jalan perkotaan merupakan langkah awal untuk bisa menentukan solusi apa yang bisa dilakukan. Pada bab tantangan dan peluang, menguraikan tentang permasalahan unsur sistem transportasi jalan dan peluang-peluang bentuk penanganan yang bisa dilakukan dengan sistem transportasi yang cerdas (ITS).

## 2.1 Transportasi Jalan

Transportasi adalah perpindahan orang dan barang dari suatu tempat ke tempat lain, ini bisa dilakukan dengan berbagai jenis prasarana transportasi, seperti dilakukan di; darat, udara, laut, dan sungai. A. Munawar, menjelaskan bahwa ada lima unsur pokok yang terlibat dalam sistem transportasi yaitu: orang yang membutuhkan, barang yang dibutuhkan, kendaraan sebagai sarana angkut, jalan sebagai prasarana angkut, dan organisasi sebagai pengelola.

Secara umum prasarana transportasi tersebut, berfungsi sebagai katalisator dalam mendukung pertumbuhan wilayah, pertumbuhan ekonomi, dan sebagai alat persatuan dan kesatuan bangsa. Sedangkan secara khusus, prasarana transportasi berfungsi sebagai perangsang bagi timbul dan tumbuhnya sub sektor-sub sektor perekonomian lainnya. Untuk itu, prasarana maupun sarana transportasi dituntut bisa memberikan layanan yang baik sehingga kebutuhan akan efisiensi bertransportasi bagi pelaku aktivitas bisa tercapai, yang pada akhirnya bisa mencapai tujuan dalam meningkatkan produktivitas dan daya saing industri wilayah/nasional dan internasional.

Banyak faktor yang bisa mempengaruhi kinerja sistem transportasi dalam mencapai tujuan sesuai dengan fungsi-fungsi yang ada pada sistem transportasi yang sudah direncanakan. Faktor tersebut bisa disebabkan dari faktor internal dan eksternal. Faktor internal menyangkut ketersediaan dan kondisi dari sarana dan prasarana transportasi serta barang itu sendiri yang akan diangkut. Faktor eksternal, menyangkut kebijakan dalam bentuk landasan hukum/kebijakan dalam membangun sampai dengan pengoperasian lalu lintas. Sebagai contoh, kebijakan seperti yang diamanatkan dalam Peraturan Pemerintah, No. 34/2006 tentang Jalan, pada Pasal 4, menyatakan bahwa “Penyelenggara jalan umum wajib mengusahakan agar jalan dapat digunakan sebesar-besarnya untuk kemakmuran rakyat, terutama untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi nasional, dengan mengusahakan agar biaya umum perjalanan menjadi serendah-rendahnya. Dukungan untuk perwujudan tujuan dari Pasal 4 tersebut, diperlukan tindakan nyata dalam mengurangi permasalahan yang terjadi dari setiap faktor internal dan eksternal, dimana kebijakan PP tersebut yang dijabarkan lagi lebih teknis operasional dalam Peraturan Menteri.

Dalam sub-bab buku ini, pembahasan masalah transportasi jalan fokus pada jenis prasarana transportasi jalan yang ada di permukaan jalan (kinerja lalu lintas) dengan segala bentuk dan kejadian yang terjadi pada prasarana jalan, lebih khusus lagi pada prasarana transportasi jalan pada jaringan jalan perkotaan. Jaringan jalan perkotaan, sesuai dengan UU. No. 38. Tahun 2004, tentang jalan, bahwa jalan diklasifikasi berdasarkan pada; sistem, fungsi, status, dan kelas. Hal tersebut dimaksudkan, selain untuk efisiensi penggunaan jaringan jalan juga dalam rangka pembagian kewenangan dalam pembinaan jalan itu sendiri, sehingga jelas pihak otoritas jalan mana yang bertanggung jawab dalam penyelenggaraan jalan tertentu. Secara garis besar landasan pendekatan pengelompokan jalan adalah sebagai berikut:

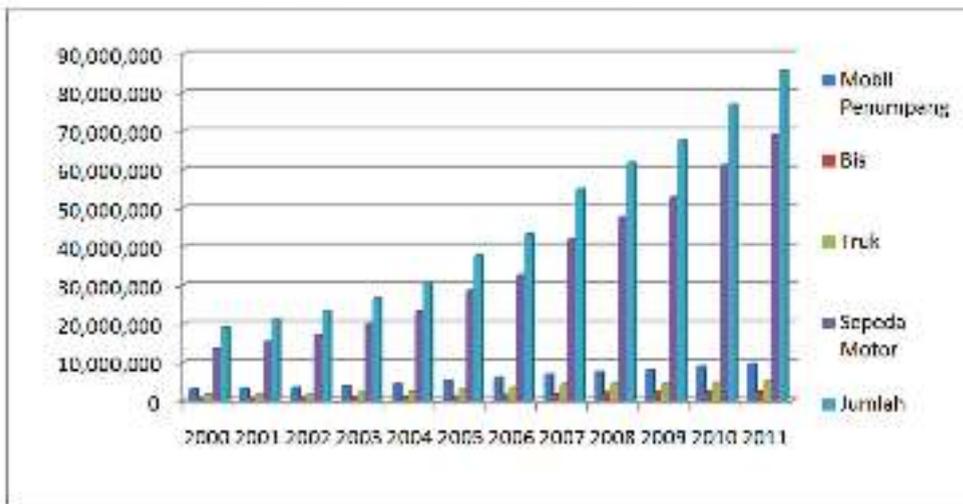
- Klasifikasi jalan berdasarkan sistem dilakukan untuk memisahkan lalu lintas perkotaan dengan lalu lintas antar kota, sistem jaringan jalan primer diperuntukkan bagi lalu lintas antar kota (inter-urban) dan sistem jaringan jalan sekunder untuk lalu lintas perkotaan (urban);
- Klasifikasi jalan berdasarkan fungsi (arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan) dilakukan untuk memisahkan lalu lintas berdasarkan karakteristik jarak dan kecepatan perjalanan;
- Klasifikasi jalan berdasarkan status (Nasional, Provinsi, Kabupaten, Kota, dan Desa) dilakukan untuk mendistribusikan kewenangan penyelenggaraan jalan ke semua level Pemerintahan (Nasional, Provinsi, Kabupaten/Kota), sehingga kegiatan TURBINBANGWAS dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien;
- Klasifikasi jalan berdasarkan kelas (jalan bebas hambatan, jalan raya, jalan sedang, dan jalan kecil) dilakukan untuk memudahkan dalam mengklasifikasi spesifikasi bentuk penyediaan prasarana jalan yang meliputi pengendalian, seperti; jalan masuk, persimpangan sebidang, jumlah dan lebar lajur, ketersediaan median, dan pagar.

## 2.2 Karakteristik Lalu Lintas

Sesuai dengan amanat UU. No. 38. Tahun 2004 bahwa, jaringan jalan diklasifikasikan sesuai dengan sistem jaringan, fungsi, dan kelas jalan, dimana masing-masing tersebut baik aspek geometri jalan dan lalu lintasnya sudah ditetapkan besaran nilai parameter perencanaan yang sudah ditetapkan. Sebagai contoh, jika jalan berfungsi arteri maka ciri-ciri lalu lintas, kendaraan

jarak jauh dengan kecepatan kendaraan relatif tinggi, untuk itu maka semua elemen geometri jalan dan kelas jalan diikat oleh kecepatan rencana dan volume lalu lintas yang direncanakan, ini dimaksudkan untuk mengefisienkan sistem pengoperasian lalu lintas. Namun, parameter perencanaan/desain seperti diuraikan tersebut di atas, dalam operasional merupakan parameter yang dinamis yang bisa berubah-ubah sesuai dengan faktor pembentuknya (permintaan lalu lintas dan kondisi lingkungan). Ini bisa terlihat secara visual, bahwa setelah jalan beroperasi permintaan lalu lintas dan lingkungan sisi jalan bisa berfluktuasi sesuai dengan aktivitas ekonomi.

Indonesia pada dekade sekarang ini, sedang melaksanakan tahapan-tahapan pembangunan di segala bidang, dampak keberhasilan dari setiap tahapan pembangunan tersebut sudah kelihatan cukup signifikan, seperti salah satu contoh indikator keberhasilan yang diantaranya adalah, ditunjukkan oleh tingginya jumlah kepemilikan kendaraan atau jumlah kendaraan yang operasional di jalanan dengan mobilitas tinggi. Jumlah kendaraan sampai dengan tahun 2011, sudah mencapai angka 85 juta kendaraan dengan pertumbuhan setiap tahunnya secara linier berkisar 11%. Dengan rician, untuk jenis kendaraan sepeda motor 80% dan sisanya oleh jenis kendaraan roda empat, lebih jelasnya karakteristik jumlah dan pertumbuhan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1  
Pertumbuhan Kendaraan Bermotor (Badan Pusat Statistik, tahun 2011)

Jumlah kendaraan tersebut, merupakan pelaksana yang menjalankan volume transportasi di Indonesia, yaitu berkisar 85%-nya. Tidak ada kebijakan atau strategi yang jelas dari Pemerintah sebagai pemegang otoritas untuk mengatur jumlah komposisi penggunaan jenis moda prasarana transportasi dengan lainnya (udara, kereta, dan laut).

Dengan kondisi seperti tersebut, beban jaringan jalan terhadap permintaan lalu lintas cukup berat dan kompleks, karena pembangunan infrastruktur jalan secara fisik, selalu terkandala dengan keterbatasan-keterbatasan dalam penyediaan lahan dan logistik lainnya (diuraikan lebih lanjut pada sub-bab 2,3).

Dampak dari permasalahan lalu lintas dan sediaan infrastruktur jalan serta lingkungan jalan, banyaknya segmen jalan dan persimpangan tertentu pada jaringan jalan utama antar kota pada saat jam sibuk sering terjadi hambatan perjalanan atau kemacetan lalu lintas dan bahkan sampai bisa terjadi kecelakaan lalu lintas.

## 2.3 Infrastruktur Jalan

Sediaan prasarana transportasi jalan di Indonesia sampai dengan akhir tahun 2011 baru berjumlah 496.000 Km, yang terbagi atas jalan Nasional 38.570 Km, jalan Provinsi 53.642 Km, dan jalan Kabupaten/Kota 404.395 Km. Tingkat pertumbuhan panjang jalan pertahun, untuk jalan Nasional relatif tidak ada penambahan berarti, jalan Provinsi mengalami pertumbuhan secara rata-rata berkisar 5%, sedangkan jalan Kabupaten dan Kota dengan pertumbuhan berkisar 2%. Tren pertumbuhan panjang jalan tersebut, yang kami catat mulai tahun 2009 s/d 2011, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Panjang jalan sesuai status jalan di Indonesia**

Panjang Jalan (Km)				
Tahun	Negara	Provinsi	Kab/Kota	Jumlah
2009	38 570	48 020	389 747	476 337
2010	38 570	52 273	395 453	486 296
2011	38 570	53 642	404 395	496 607

Dengan sediaan jumlah panjang jalan dan pembebanan volume lalu lintas serta hambatan karena faktor lingkungan, seperti diuraikan tersebut di atas, jaringan jalan antar kota terutama pada segmen jalan dengan guna

lahan sisi jalan sudah terbangun dan banyak penduduknya. Pada segmen jalan tersebut, sering mengalami hambatan laju pergerakan lalu lintas dengan derajat kejenuhan mendekati kapasitasnya.

Otoritas jalan dengan berbagai keterbatasan yang ada, maka kebijakan dalam membangun infrastruktur jalan masih menerapkan kebijakan skala prioritas. Kebijakan pembangunan yang dilakukan dengan mengaplikasikan rancangan teknis hasil optimalisasi, sebagai hasil kompromi pilihan yang terbaik yang bisa dilakukan (diuraikan lebih lanjut pada sub-bab 2.5).

Apapun kondisi Infrastruktur transportasi jalan yang ada tersebut, merupakan suatu aset paling berharga untuk mempertahankan dan keberlanjutan pembangunan sosial, ekonomi dan pengembangan wilayah sekarang dan masa akan datang. Kondisi infrastruktur jalan yang ada, yang masih bisa untuk diproduktifikan dengan manajemen lalu lintas modern dengan cara penerapan teknologi transportasi yang cerdas.

## 2.4 Fasilitas Pendukung Perjalanan

Dalam masyarakat modern semua mekanisme aktifitas kehidupan dituntut untuk lebih efisien, begitu pula yang terjadi dalam sistem transportasi jalan, bahwa pengguna jalan dalam perjalanan ingin mendapatkan kepastian dan kenyamanan, keselamatan, dan kelancaran. Itu semua sebagai modal awal bagi pelaku perjalanan untuk bisa memperkirakan waktu tempuh perjalanan yang akan dicapai terutama perjalanan yang dilakukan pada jaringan jalan antar kota, karena waktu tempuh merupakan kebutuhan yang mendasar dalam perjalanan dalam mengefisienkan waktu yang produktif bagi pengguna jalan.

Informasi tentang kondisi infrastruktur jalan dan lalu lintas, serta informasi tentang fasilitas pendukung perjalanan merupakan bagian dalam menentukan waktu perjalanan. Fasilitas pendukung perjalanan, seperti lokasi; pengisian bahan bakar, tempat istirahat (rest area), polisi, ATM, rumah sakit, dan bengkel kendaraan (service), serta lainnya. Seperti kita ketahui, bahwa Informasi tentang jenis fasilitas pendukung dan lokasinya yang ada pada jaringan jalan antar kota, masih belum diatur dengan keberadaan merupakan kepemilikan individu, sehingga informasi tersebut aspek keseragaman ukuran, bentuk simbol, dan tulisan yang membingungkan pengguna jalan.

## 2.5 Kemacetan Lalu Lintas

Kemacetan lalu lintas terjadi ketika pada titik bagian tertentu jalan, dimana terjadi pasokan permintaan lalu lintas dalam waktu tertentu melebihi sediaan infrastruktur jalan yang ada, ini bisa terjadi di ruas jalan atau di persimpangan. Penyebab lain kemacetan lalu lintas terjadi akibat kecerobohan pengemudi yang bereaksi tidak tepat untuk situasi lalu lintas yang terjadi, sebagai contoh; pengemudi terlalu lambat menjalankan kendaraannya pada lajur tertentu dan membiarkan kendaraan lain mengantri di belakangnya tanpa memberi celah untuk mendahului, atau pengemudi melihat masalah tertentu lalu bereaksi yang menyebabkan gangguan yang berantai pada kendaraan lainnya atau di belakangnya, ini bisa menyebabkan “Shockwave” kemacetan lalu lintas, di mana satu kendaraan melambat menciptakan efek riak yang bergerak mundur antrian lalu lintas sampai berhenti. Sebagian besar kemacetan lalu lintas seperti itu, maka setiap kendaraan akan mengganggu mobilitas kendaraan lain. Adanya kemacetan lalu lintas pada suatu rute perjalanan seperti itu, bahwa pengemudi harus menyadari bahwa gangguan pada laju kendaraan apapun penyebabnya secara berkala akan muncul di rute jalan.

Dampak negatif dari adanya kejadian kemacetan lalu lintas:

- Membuang-buang waktu bagi pengemudi dan penumpang yang produktif.
- Menambah tingginya biaya operasi kendaraan, karena akselerasi, pengereman, dan bahan bakar.
- Ketidakmampuan untuk meramalkan waktu perjalanan yang akurat.
- Pengendara menjadi stres dan frustrasi, mendorong kemarahan dan mengurangi kesehatan.
- Berpeluang terjadinya tabrakan, kendaraan dengan kendaraan atau kendaraan dengan pejalan kaki, karena jarak yang ketat untuk berhenti - dan -bergerak, dan lainnya.

Dari permasalahan dan dampak dengan adanya kemacetan atau hambatan lalu lintas dalam perjalanan antara kota bagi pengguna jalan, maka “Waktu tempuh perjalanan” menjadi kebutuhan yang utama, selain informasi berkaitan dengan fasilitas pendukung perjalanan (sub-bab 2.4).

### 2.5.1 Penyebab Kemacetan

Isu sekarang ini yang terjadi pada jaringan jalan utama antar kota, seperti telah diurankan pada sub-bab sebelumnya, berkaitan dengan masalah kapasitas jalan atau tidak optimalnya sediaan infrastruktur jalan dan pengendalian lalu lintas yang menjadikan buruknya kondisi kinerja transportasi jalan (mobilitas, keselamatan, kelancaraan, dan lingkungan). Hasil dari kajian studi terdahulu dan observasi lapangan yang dilakukan pada ruas jalan utama antara kota mengindikasikan, bahwa terjadinya kemacetan atau hambatan lalu lintas tersebut, seperti karena hal-hal sebagai berikut:

- Pembebanan volume lalu lintas yang tinggi terutama saat jam sibuk, tetapi dilain pihak sediaan prasarana transportasi untuk bisa mendukung permintaan lalu lintas tersebut belum bisa dipenuhi, ini sering terjadi pada segmen jalan yang sudah terbangun dan padat penduduknya. Kondisi seperti ini, sering berdampak kepada kemacetan lalu lintas dengan durasi yang cukup signifikan, ini bisa dikategorikan sebagai kejadian kemacetan lalu lintas berulang.
- Kebijakan pembangunan yang dilaksanakan masih merupakan hasil kompromi pilihan yang terbaik yang bisa dilakukan (optimization) dan bertahap (a gradual). Menjadikan pada bagian tertentu ruas jalan bisa ditemui dengan elemen geometri jalan yang tidak sesuai dengan ketentuan teknis jalan (standar), seperti terjadi pengecilan jalan (bottleneck), kelandaian yang berat, perlintasan KA sebidang, dan lainnya. Kondisi infrastruktur seperti ini pada saat jam sibuk lalu lintas, sering terjadi kemacetan bahkan kecelakaan lalu lintas, ini bisa dikategorikan sebagai kejadian kemacetan lalu lintas berulang.
- Pada segmen ruas jalan terbangun dan banyak penduduknya, faktor hambatan samping terhadap pergerakan laju kendaraan menjadi tinggi, seperti adanya; parkir, pejalan kaki, pedagang kaki lima/pasar tumpah, naik turun penumpang, dan akses keluar masuk kendaraan. Kondisi seperti ini dan berdampak kepada kemacetan lalu lintas, ini bisa dikategorikan sebagai kejadian kemacetan lalu lintas berulang.
- Bentuk pengendalian lalu lintas, seperti yang terjadi pada persimpangan sebidang menggunakan APILL yang tidak adaptif dan kurang optimal serta tidak terkordinasi dengan persimpangan lainnya yang berdekatan. Kondisi seperti ini akan berdampak kepada kemacetan lalu lintas, ini bisa dikategorikan sebagai kejadian kemacetan lalu lintas berulang.

- Bentuk pengendalian lalu lintas lainnya, seperti diberlakukan pembatasan kecepatan (speed limit) pada segmen jalan tertentu karena alasan keselamatan lalu lintas. Manajemen lalu lintas seperti ini dan bisa berdampak kepada hambatan lalu lintas.
- Insiden karena ada kejadian kecelakaan lalu lintas yang bisa terjadi dimana saja dan waktu kapan saja. Kejadian ini, bisa berdampak pada kemacetan lalu lintas, ini bisa dikategorikan sebagai kejadian kemacetan lalu lintas tidak berulang.
- Insiden karena ada kejadian bencana alam, seperti; banjir, hujan, longsor/ambles, dan lainnya, dan ini berdampak kepada kemacetan lalu lintas yang bisa dikategorikan sebagai kejadian kemacetan lalu lintas tidak berulang.
- Sedangkan insiden karena ada kejadian pekerjaan jalan, dan bisa berdampak kepada kemacetan lalu lintas, ini bisa dikategorikan sebagai kejadian kemacetan lalu lintas tidak berulang.

Hasil identifikasi permasalahan seperti diuraikan tersebut, dan dikonfrontir dengan kondisi yang ada di lapangan pada jalan utama antar kota berfungsi arteri dan kolektor di Pulau Jawa, adanya yang bisa dianggap sebagai studi kasus yang perlu menerapkan teknologi ITS. Berikut ini adalah, fotret kondisi infrastruktur jalan dan lalu lintas hasil observasi lapangan yang berpotensi terhadap kemacetan lalu lintas sesuai dengan ciri-ciri permintaan keadaan infrastruktur jalan yang ada yang umum terjadi saat volume lalu lintas tinggi/padat, yang diantaranya adalah seperti diuraikan berikut ini:

### **1) Pengecilan jalan**

Pengecilan unsur badan jalan, seperti; jalur atau lajur (bottleneck), ini umumnya terjadi pada titik bagian tertentu jalan yang ada fasilitas penggabungan arus lalu lintas (merging traffic flow), seperti; di daerah pendekat (approach) persimpangan, on ramp, dan pada pelebaran jalan yang dilakukan secara bertahap atau adanya perubahan bentuk konfigurasi/tipe jalan, lebih jelas seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2. Berikut ini beberapa contoh lokasi pengecilan pada daerah pendekat, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3, 2.4, 2.5, dan 2.6.



**Gambar 2.2** Penggabungan lajur dari 3 menjadi 2



**Gambar 2.3** Penyempitan di daerah pendekat fasilitas jalan persimpangan



**Gambar 2.4**  
Penyempitan pada fasilitas jalan putaran penggabungan arus lalu lintas (*on ramp*)



**Gambar 2.5A**  
Konflik pada fasilitas jalan putaran balik arah (U-Turn)



**Gambar 2.5B** Konflik pada fasilitas jalan putaran balik arah (U-Turn)



**Gambar 2.6A** Penyempitan pada ruas jalan (dimensi lebar berubah)



**Gambar 2.6B** Penyempitan pada ruas jalan (dimensi lebar berubah)

## 2) Lebar Efektif Jalan Mengecil

Pengecilan badan jalan, akibat mengecilnya lebar efektif sebagian atau semuanya dari unsur-unsur badan jalan, seperti; bahu, lajur, dan jalur. Kondisi ini, terjadi karena adanya insediden kecelakaan lalu lintas, pekerjaan jalan, atau kejadian alam. Berikut ini beberapa contoh lokasi pengecilan pada unsur badan jalan, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7 s/d 2.10.



**Gambar 2.7** Kecelakaan lalu lintas



**Gambar 2.8 Pekerjaan di ruas jalan**



**Gambar 2.9A Pekerjaan penggantian jembatan di Pantura Brebes**



**Gambar 2.9B Pekerjaan penggantian jembatan di Pantura Brebes**



**Gambar 2.10 Longsor badan jalan**

### 3) Kejadian Alam

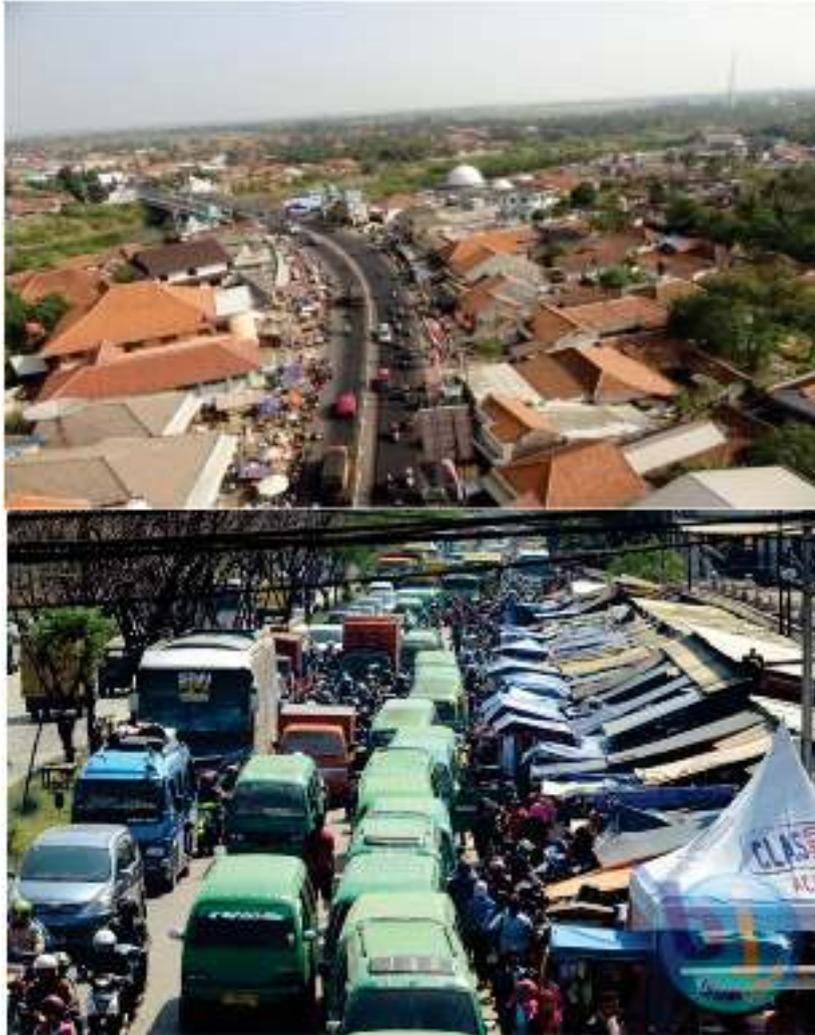
Adanya kejadian alam, seperti; banjir, hujan, atau asap kejadian tersebut, jika terjadi pada badan jalan sebagian atau seluruhnya yang berdampak pada kemacetan lalu lintas. Berikut ini, contoh lokasi adanya kejadian alam banjir, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Situasi banjir di badan jalan

### 4) Hambatan Samping

Pada segmen jalan dengan lingkungan sisi jalan terbangun dan berpenduduk padat, fenomenanya akan selalu diikuti dengan aktifitas yang menyebabkan tingginya hambatan samping, seperti; pedagang kaki lima, pasar tumpah, dan pejalan kaki, parkir, dll. Berikut ini, contoh lokasi segmen jalan dengan hambatan samping tinggi (pasar tumpah), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12.



**Gambar 2.12** Hambatan samping sisi jalan, adanya pasar tumpah

**5) Perlintasan KA Sebidang**

Adanya perlintasan kereta api sebidang, kondisi ini dengan frekwensi penutupan yang pada, bisa berdampak pada kemacetan lalu lintas. Berikut ini, contoh lokasi adanya perlintasan kereta api sebidang, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.13.



**Gambar 2.13** Hambatan karena adanya fasilitas perlintasan kereta api sebidang

## **2.5.2 Durasi Hambatan**

Definisi dari hambatan lalu lintas, adalah adanya perbedaan waktu tempuh antara dua keadaan, yaitu dalam keadaan tidak ada gangguan dengan yang ada gangguan lalu lintas. Jenis hambatan lalu lintas yang umum terjadi pada jalan antar kota, seperti akibat adanya persimpangan sebidang dan pasar tumpah. Hasil kajian observasi lapangan yang dilakukan di jalan antar kota pada jaringan jalan sistem primer, untuk mendapatkan durasi hambatan akibat adanya persimpangan sebidang dan pasar tumpah serta melihat hubungan antara jenis guna lahan dengan kecepatan yang bisa dikembangkan pengemudi.

### **2.5.2.1 Hambatan Akibat Persimpangan**

Pada ruas jalan utama antar kota masih banyak persimpangan sebidang dengan bentuk pengendalian lalu lintas dengan alat pengedali isyarat lalu lintas (APILL). Seperti kita ketahui, bahwa kapasitas jaringan jalan, akan lebih banyak ditentukan oleh kapasitas di persimpangan, karena persimpangan tempat konsentrasi perpindahan lalu lintas. Kondisi tersebut, akan berpotensi terjadinya hambatan akibat terjadi konflik dan friksi antara

kendaraan dengan kendaraan atau kendaraan dengan pejalan kaki, ini bisa menyebabkan terjadinya hambatan dan bahkan kecelakaan lalu lintas.

Hambatan persimpangan sebidang yang dikendalikan dengan APILL pada sistem jaringan jalan utama antar kota, banyak yang sudah bisa dikategorikan mengganggu aliran lalu lintas, terutama persimpangan yang berada di segmen jalan dengan guna lahan yang sudah terbangun atau ruas jalan antar kota sistem primer yang masuk perkotaan (sistem sekunder). Berikut ini, hasil pengukuran tundaan pada beberapa persimpangan, baik yang diatur dengan sistem prioritas (unsignallight) maupun APILL yang berada di jalur jalan Pantura Jawa Barat dan Jawa Tengah, sebagai kasus studi adalah; persimpangan Bundaran Sumedang, persimpangan Kadipaten, persimpangan jalan bypass Cirebon, persimpangan Brebes, dan persimpangan Simpang tiga Solo dengan ke Magelang.

Data tundaan persimpangan yang ditunjukkan pada Tabel 2.2, merupakan data hasil perataan hasil beberapa kali pengukuran selama waktu jam sibuk. Pengukuran waktu tundaan persimpangan, adalah selisih saat melintasi satu segmen ruas jalan tanpa persimpangan dengan segmen ruas jalan diatur dengan APILL dan/atau sistem prioritas.

**Tabel 2.2 Tundaan yang terjadi di persimpangan**

No.	Jenis Simpang	Lokasi	Tundaan (detik)
1	Dengan APILL	Dalam kota	700
2		Luar kota/transisi	600
3	Prioritas	Dalam kota	250
4		Luar kota/transisi	90

*Sumber: Hasil litbang, 2013.*

Sebagai catatan, tundaan yang masih disarankan akibat melintasi persimpangan tidak lebih dari 300 detik.

### 2.5.2.2 Hambatan Akibat Pasar Tumpah

Hambatan atau kemacetan lalu lintas akibat adanya pasar tumpah di jalan utama antara kota, sudah merupakan isu nasional, dan agak sulit mencari metoda penanganannya selain aspek biaya, lahan, dan non-teknisnya yang sulit dan kompleks. Untuk itu, tim mencoba mengukur seberapa besar lama tundaan selama menempuh segmen jalan dengan adanya pasar tumpahnya.

Dari tiga lokasi pasar tumpah yang ada di jalur jalan Pantura dengan konfigurasi jalan 4 lajur 2 arah terbagi (4/2-D) dengan panjang segmen jalan

berkisar 300 meter pengukuran dilakukan saat jam sibuk pagi. Waktu yang dibutuhkan untuk melintasi 300 meter dibutuhkan waktu sampai 20 s/d 35 menit.

### **2.5.2.3 Hubungan Guna Lahan dengan Kecepatan Kendaraan**

Nilai kapasitas jalan dan kecepatan kendaraan menurut manual kapasitas jalan Indonesia (MKJI) 1997, Ditjen Bina Marga, bisa dipengaruhi oleh salah satu pembentuknya seperti faktor hambatan samping, dan hambatan samping tersebut dipengaruhi lagi oleh jenis guna lahan sisi jalan. Untuk memberikan gambaran dampak dari perubahan jenis guna lahan terhadap perilaku pengemudi, dilakukan survei kecepatan setempat (spot speed) di beberapa ruas jalan utama antar kota dengan berbagai konfigurasi jalan dan jenis guna lahan. Jenis lahan dikelompokkan ke dalam enam kelompok sebagai berikut; kebun rakyat, perkebunan, pemukiman, campuran pemukiman dan perdagangan, perdagangan, dan pabrik. Data hasil perataan kecepatan setempat tersebut, menunjukkan dari setiap jenis konfigurasi jalan, kecepatan berfluktuasi sesuai jenis guna lahan, adalah sebagai berikut:

#### **1) Konfigurasi jalan 4/2-D;**

Pada guna lahan perkebunan pengembangan kecepatan paling tinggi, yaitu berkisar 70 km/jam dan yang rendah terjadi pada guna lahan perdagangan sebesar 40 km/jam.

#### **2) Konfigurasi jalan 2/2-UD;**

Pada guna lahan perkebunan pengembangan kecepatan paling tinggi, yaitu berkisar 60 km/jam dan yang rendah terjadi pada guna lahan perdagangan sebesar 30 km/jam.

#### **3) Konfigurasi jalan 3/1-UD;**

Pada guna lahan perkebunan rakyat pengembangan kecepatan paling tinggi, yaitu berkisar 70 km/jam dan yang rendah terjadi pada guna lahan permukiman dan perdagangan yaitu 35 km/jam.

Data selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 2.3 untuk jalan bertipe 4/2-D, Tabel 2.4 untuk tipe jalan 2/2-UD, dan Tabel 2.5 untuk tipe jalan 3/1.

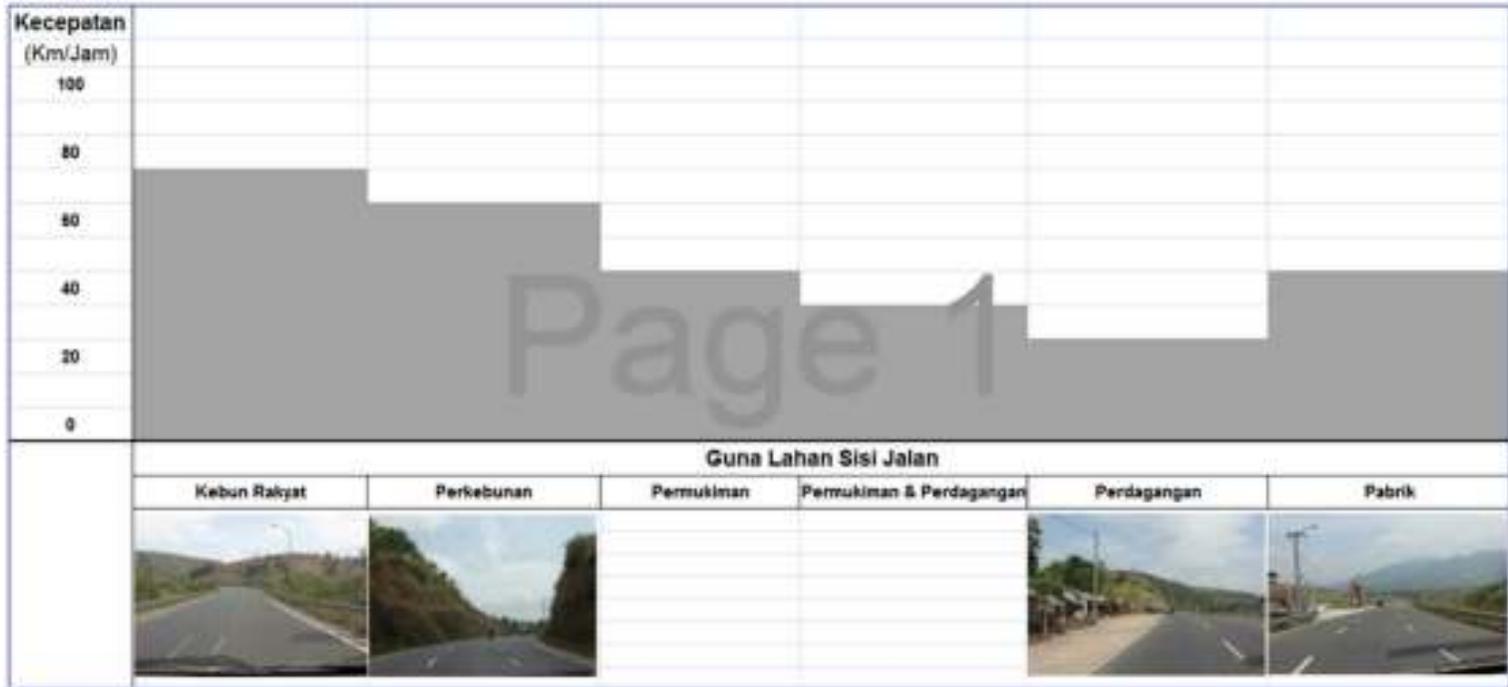
Hambatan samping yang paling tinggi dan berpotensi terhadap kemacetan lalu lintas, dan ini banyak terjadi di jalan antara kota, yaitu kegiatan pasar tradisional yang tumpah ke badan jalan.

Kecepatan (Km/Jam)	Guna Lahan Sisi Jalan					
	Kebun Rakyat	Perkebunan	Pemukimatan	Pemukiman & Perdagangan	Perdagangan	Fabrik
100						
80						
60						
40						
20						
0						

Tabel 2.3 Fluktuasi pengembangan kecepatan kendaraan sesuai jenis pola guna lahan Pada Tipe Jalan 4/2-D



Tabel 2.4 Fluktuasi pengembangan kecepatan kendaraan sesuai jenis pola guna lahan Pada Tipe Jalan 2/2-UD



Tabel 2.5 Fluktuasi pengembangan kecepatan kendaraan sesuai jenis pola guna lahan Pada Tipe Jalan 3/1-UD

## 2.6 Manajemen Lalu Lintas

Jaringan jalan utama antar kota merupakan koridor jalan, yang bisa terjadi melintasi batas antar area administratif pemerintah daerah yang otonom, dan seperti kita ketahui bahwa kewenangan manajemen lalu lintas berada di pemerintah daerah seperti Kabupaten atau Kota. Walaupun prinsip pengaturan dan pengendalian yang ada manajemen lalu lintas secara garis besar sudah ditetapkan oleh Nasional, adakalanya daerah menyesuaikan kembali sehubungan kondisi kondisi fisik dan lalu lintas (ego kepentingan sektoral yang tinggi).

Tantangan permasalahan manajemen lalu lintas ini sangat kompleks variabel/komponen penyebabnya dan saling terkait, serta sulit untuk mendapatkan solusi pemecahannya. Secara umum permasalahan yang terjadi pada aspek manajemen lalu lintas pada jaringan jalan utama antar kota ini, kurangnya kontrol pengendalian pembangunan jenis guna lahan dan zonasi kebijakan makro, sehingga menyebabkan pola kepadatan fisik dan penduduk yang tidak teratur. Namun, masih ada ruang untuk memperkenalkan kebijakan untuk mendorong pembangunan berorientasi mobilitas perjalanan dengan mengoptimalkan sumbu struktural yang ada. Selain itu, perlu bahwa semua pihak yang terlibat dalam pengelolaan sistem transportasi jalan memainkan peran dalam menghadapi berbagai tantangan dalam rangka mencapai tujuan nasional yang efisien, selamat, dan bertanggung jawab terhadap lingkungan transportasi jalan.

# ■ 3. Manajemen Transportasi Jalan

## 3.1 Manajemen Lalu Lintas

Prasarana transportasi jalan, awalnya dipahami dan dirancang untuk bisa memberikan terus menerus akan mobilitas dan berkeselamatan sesuai peran dan fungsi jalan itu sendiri. Namun, karena zona ruang sebagai pusat aktifitas yang membangkitkan dan menarik lalu lintas sesuai intensitas bangkitan dan tarikan lalu lintas dan ciri-ciri karakteristik fisik dan lalu lintas zona yang dilalui dan dihubungkannya, yang terus tumbuh dan mengembang dari waktu ke waktu, adakalanya permintaan bangkitan dan tarikan lalu lintas tersebut tidak selalu bisa diimbangkan dengan fasilitas prasarana transportasi jalan yang ada, maka akan berdampak pada penurunan mobilitas dan keselamatan. Itu artinya diperlukan penyesuaian layanan fasilitas infrastruktur transportasi jalan dan pengendalian lalu lintas, agar prasarana tersebut selalu memenuhi tujuan awal dalam pemenuhan kinerja transportasi, seperti pemenuhan kinerja akan; mobilitas, lancar, selamat, dan ramah terhadap lingkungan jalan.

Pada tahap awal penyesuaian untuk pemenuhan kinerja transportasi sesuai permintaan lalu lintas, umumnya dilakukan dengan rekayasa dan manajemen lalu lintas. Manajemen lalu lintas merupakan alat yang sangat diperlukan (indispensable) dalam memecahkan masalah transportasi jalan dalam menanggapi permintaan lalu lintas yang dinamis. Tujuan utama dari manajemen lalu lintas adalah untuk memaksimalkan kapasitas jalan dengan meminimalkan dampak buruk terhadap lingkungan. Sasaran yang dicapai dilapangan meliputi:

- Usaha peningkatan kapasitas jalan ruas, persimpangan, dan/atau jaringan jalan;
- Pemberian prioritas bagi jenis kendaraan atau pemakai jalan tertentu;
- Penyesuaian antara permintaan perjalanan dengan tingkat pelayanan tertentu dengan mempertimbangkan keterpaduan intra dan antar moda;
- Penetapan sirkulasi lalu lintas, larangan dan/atau perintah bagi pemakai jalan.

Tugas manajemen lalu lintas pada dasarnya cukup sederhana, yaitu memanfaatkan infrastruktur jalan untuk mencapai kapasitas optimal. Manajemen lalu lintas, merupakan penggabungan dari manajemen personil, konsep, strategi operasional, dan kronologis dalam mengontrol dan mengatur lalu lintas.

Manajemen lalu lintas jaringan jalan antar kota dapat dikelompokkan pada dua kelompok area, yaitu area lokal dan area wilayah. Sistem manajemen lalu lintas area lokal lebih bersifat taktis, dengan menargetkan pada peningkatan kapasitas dan hambatan samping, pencegahan kerusakan aliran dan peningkatan keselamatan jalan. Pada area wilayah lebih bersifat strategis, yaitu kontrol lalu lintas yang beroperasi pada jaringan secara regional menerus dan memiliki penekanan yang lebih kuat pada penghematan waktu perjalanan.

Kewenangan manajemen lalu lintas, sesuai dengan perundang-undangan dan peraturan yang ada di Indonesia, sepenuhnya ada pada otoritas di pemerintah daerah (Kabupaten atau Kota).

## 3.2 Teknik Lalu Lintas

Dalam aliran lalu lintas di jalan, untuk mencapai gerakan yang aman dan efisien diperlukan teknik lalu lintas, diperlukan pemahaman terlebih dahulu tentang perilaku lalu lintas itu sendiri. Untuk itu, diperlukan pengetahuan mendalam tentang parameter variabel aliran lalu lintas (volume/aliran, kecepatan, kepadatan) dan hubungan-hubungan timbal balik diantara variabel. Bahwa di dalam perilaku hubungan antara variabel lalu lintas akan berubah mengikuti kombinasi besaran parameter variabel, secara individu maupun sekelompok unit variabel tersebut akan selalu berinteraksi. Jadi karakteristik arus lalu lintas di jalan yang ditetapkan akan bervariasi selain dari sistem lalu lintasnya itu sendiri dipengaruhi faktor luar, seperti; bentuk ukuran penyedia prasarana dan lingkungan.

Dalam sub-bab ini, akan menguraikan tentang karakteristik lalu lintas yang berkaitan dengan parameter variabel lalu lintas sebagai pembentuk fluktuasi kondisi kinerja lalu lintas, seperti terjadinya arus stabil, arus tidak stabil, dan arus kritis ditinjau dari prinsip dasar arus lalu lintas secara garis besar.

### 3.2.1 Aliran Lalu Lintas

Teori aliran lalu lintas dianalogkan seolah-olah lalu lintas itu sebagai benda cair yang mengalir, yang memperlakukan lalu lintas sebagai seperangkat partikel. Dengan demikian ada tiga karakteristik lalu lintas yang utama yang bisa menunjukkan kualitas dari arus tersebut, yaitu parameter variabel lalu lintas, seperti; volume, kepadatan, dan kecepatan.

Parameter variabel lalu lintas tersebut, bisa dilihat secara makroskopik yang mencirikan lalu lintas secara keseluruhan sebagai pengukuran kuantitas atau kualitas (volume, kepadatan, dan kecepatan). Mikroskopis yang mempelajari perilaku kendaraan, seperti; pemisahan antara kendaraan yaitu headway atau pemisahan antara kendaraan yang dapat berupa waktu atau ruang headway.

Arus lalu lintas mikroskopis mensimulasikan perilaku kendaraan secara individu sementara arus lalu lintas makroskopik mensimulasikan perilaku dalam aliran lalu lintas secara keseluruhan. Secara konseptual, akan terlihat bahwa arus lalu lintas mikroskopis akan lebih akurat, karena akan didasarkan pada perilaku pengemudi. Dimana pengemudi cenderung untuk berperilaku dalam kisaran yang cukup konsisten, dengan demikian arus lalu lintas cenderung memiliki beberapa konsistensi yang wajar dan secara kasar dapat didekati secara matematis. Pendekatan yang paling banyak digunakan adalah model Greenshields, yang mengemukakan bahwa hubungan antara variabel volume, kecepatan atau dengan kepadatan adalah hubungan yang linier. Jadi dalam teknik lalu lintas untuk tujuan perencanaan dan desain, bisa mengasumsikan bahwa perubahan dalam rentang waktu tertentu dapat diprediksi.

#### **Pengertian dari variabel lalu lintas, yaitu;**

1. Volume Lalu Lintas; adalah jumlah kendaraan yang melewati sebuah titik di jalan atau jalur tertentu atau arah jalan selama interval waktu tertentu. Merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam menilai tingkat kinerja lalu lintas masa sekarang dan masa akan datang, dalam hal sejauhmana prasarana transportasi jalan bisa memberikan pelayanan terhadap pemakainya. Volume pada dasarnya merupakan proses perhitungan yang berhubungan dengan jumlah pergerakan lalu lintas per satuan waktu pada lokasi tertentu. Lalu lintas kendaraan akan terdiri atas berbagai jenis kendaraan seperti, kendaraan penumpang, kendaraan truk, kendaraan bus, dan sepeda motor. Untuk menyamakan besaran volume dalam satuan yang sama, maka

setiap jenis kendaraan tertentu dikonfersikan terlebih dahulu pada satuan ekivalen mobil standar, yang dalam hal ini adalah kendaraan penumpang yaitu Ekivalen Mobil Penumpang (EMP). EMP merupakan faktor ekivalen yang sudah menunjukkan berbagai aspek kendaraan penumpang seperti, kecepatan, akselerasi/deselerasi, dan ruang yang digunakan dalam arus lalu lintas. Besaran EMP akan berbeda manakala digunakan di jalan perkotaan, antar kota, dan persimpangan, besaran EMP lebih jelas bisa dilihat di Manual Kapasitas jalan Indonesia tahun 1997 (MKJI). Jadi besaran volume lalu lintas/Satuan waktu setelah diekivalenkan EMP menjadi Satuan Mobil Penumpang/Satuan waktu.

Volume lalu lintas dalam interval yang lebih pendek dari satu hari (24 jam) akan lebih mencerminkan keadaan yang harus diperhatikan dalam perencanaan geometrik dan manajemen lalu lintas, waktu yang sangat pendek tetapi sering berulang seperti saat jam sibuk adalah lebih penting. Dalam banyak hal waktu satu jam memenuhi persyaratan, tetapi akan tidak bijaksana perencanaan berdasarkan dari waktu sibuk yang didapat dari seluruh tahun, itu sesuatu perencanaan yang tidak ekonomis.

2. Kecepatan; adalah laju perjalanan yang biasanya dinyatakan dalam satuan kilometer per jam (Km/Jam) atau panjang jalan yang ditempuh dibagi dengan waktu tempuhnya. Kecepatan kendaraan berkaitan dengan prasarana transportasi jalan terbagi atas dua bagian yang berbeda, yaitu kecepatan sebagai parameter disain dan kecepatan sebagai ukuran kinerja lalu lintas. Kecepatan sebagai parameter perencanaan yang dalam hal ini kecepatan rencana, kecepatan rencana yang ditetapkan konsekwensinya akan mengikat semua komponen geometri jalan. Kecepatan sebagai ukuran kinerja lalu lintas adalah kecepatan yang bisa dikembangkan oleh pengemudi saat melintas di jalan, kecepatan yang bisa dikembangkan pengemudi erat kaitannya dengan aspek jenis kendaraan, lingkungan, dan kondisi emosi pengemudi itu sendiri, seperti laki/perempuan dan tua/muda.

Kecepatan kendaraan dalam teknik lalu lintas yang umum sering digunakan untuk menilai kinerja lalu lintas terdiri atas tiga jenis yaitu :

- Kecepatan setempat (spot speed), adalah kecepatan kendaraan pada suatu segmen jalan, diukur dari suatu tempat yang ditentukan.
- Kecepatan Bergerak (running speed) adalah kecepatan kendaraan rata-rata pada suatu jalur pada saat kendaraan bergerak dan didapat dengan membagi panjang jalur dibagi dengan lama waktu kendaraan bergerak.

- Kecepatan Perjalanan (overall travel speed) adalah adalah waktu kumulatif yang bisa ditempuh dari suatu panjang jalan pada suatu rute tertentu, yang didalamnya termasuk unsur-unsur waktu berhenti (delay) dan waktu bergerak (running). Dengan didapatnya waktu perjalanan, jarak perjalanan, dan waktu tundaan maka dengan persamaan sederhana bisa didapat kecepatan perjalanan dan kecepatan bergerak.

Metoda yang biasa digunakan untuk mendapatkan waktu perjalanan adalah :

- Metoda test laju kendaraan (floating car).
- Metoda pengamatan plat observation.
- Metoda observasi kendaraan dari titik tertentu.

Yang lebih mungkin untuk bisa dilaksanakan dengan situasi kondisi pada ruas jalan dengan lalu lintas relatif padat dan kemungkinan terjadinya tundaan bisa dimana saja sepanjang rute tertentu, maka metoda floating car yang lebih cocok. Floating car banyak cara yang diantaranya adalah :

Mengamati kendaraan yang diambil sebagai sampel dengan cara diikuti oleh kendaraan observer, dimana segala kejadian pergerakan yang terjadi pada kendaraan sampel dicatat, kendaraan observer sebagai sampel kendaraan dengan catatan mengikuti arus yang ada yang wajar.

Waktu selama pengukuran dalam perjalanan bisa digunakan untuk berbagai kegiatan sepeerti ;

- Mengidentifikasi masalah segala kejadian selama diperjalanan
- Mengidentifikasi masalah fasilitas prasarana jalan.

3. Kapasitas; adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (misalnya rencana geometri, lingkungan, komposisi lalu lintas dan sebagainya, biasanya dinyatakan dalam kend/jam atau smp/jam). Setelah jalan beroperasi maka akan ada yang disebut dengan kapasitas operasional, itu merupakan perkalian dari kapasitas dasar pada kondisi ideal dengan faktor-faktor penyesuaian seperti, geometri, hambatan samping, lebar efektif jalan, dan lingkungan. Pada jalan perkotaan faktor yang sangat besar pengaruhnya terhadap kapasitas adalah faktor lebar efektif jalan, sebagai akibat adanya aktifitas yang ada di samping jalan, seperti pejalan kaki, pedagang kaki lima, parkir, naik turun penumpang, dll.

4. Waktu headway sebagai perbedaan waktu antara dua kendaraan berturut-turut ketika mereka melewati titik tertentu.

Dari hubungan antara parameter lalu lintas tersebut, sebagai contoh model Greenshields, akan memberikan suatu gambaran kondisi aliran lalu lintas yang bisa dinyatakan dalam tiga katagori kondisi, yang dimulai dari kondisi arus lalu lintas stabil, arus lalu lintas tidak stabil, dan arus lalu lintas kritis. Pada saat kondisi aliran lalu lintas kritis, sedikit saja ada gangguan pada aliran lalu lintas tersebut, baik karena gangguan akibat faktor infrastruktur jalan, lalu lintas, atau pengemudi/kendaraan, itu bisa berdampak pada kondisi seperti kemacetan lalu lintas.

### 3.2.2 Jarak Pandang

Kemampuan pengemudi untuk melihat apa yang ada di depannya saat mengemudi di jalan, adalah penting. Keadaan situasi pada jalan dan kecepatan kendaraan yang dikembangkannya merupakan subyek bagi kontrol dan mengukur kemampuan kendaraan dan dirinya atas dasar latihan dan pengalaman. Untuk keamanan di jalan, pembuat disain harus menyediakan jarak pandangan sedemikian rupa, tentang panjang yang cukup sehingga pengemudi dapat mengendalikan pengoperasian kendaraan untuk menghindari tabrakan dengan objek penghalan. Atau pengendalian lain, seperti untuk; pindah lajur untuk melakukan penyiapan, pindah lajur untuk melakukan belokan, dan/atau atas perintah informasi yang disampaikan oleh rambu-rambu lalu lintas.

Ada empat aspek jarak pandang yang akan dibahas pada sub-bab ini, semuanya berkaitan dengan menterjemahkan persepsi dan kemampuan pengemudi dalam menilai kondisi situasi lapangan dan informasi yang disampaikan rambu-rambu, adalah:

- Jarak pandangan yang dibutuhkan untuk kendaraan berhenti, yang dapat diterapkan pada semua jalan.
- Jarak pandangan yang dibutuhkan untuk melakukan penyiapan kendaraan lain, yang dapat diterapkan pada jalan tertentu.
- Jarak pandangan untuk mengambil keputusan pada lokasi yang rumit.
- Kriteria pengukuran jarak pandangan untuk keperluan disain.

## Jarak Pandang Henti:

Jarak pandangan, adalah panjang badan jalan yang dapat terlihat di muka oleh pengemudi. Jarak pandangan yang tersedia pada badan jalan harus cukup panjang sehingga membuat kendaraan yang melintas dengan kecepatan yang dikembangkan sesuai kecepatan rencana, untuk bisa berhenti sebelum mencapai objek penghalan yang diam pada jalur jalan yang akan dilaluinya. Panjang yang lebih besar adalah yang paling diinginkan, jarak pandangan pada tiap titik sepanjang jalan paling sedikit harus seperti yang dibutuhkan untuk pengemudi atau kendaraan yang dibawah rata-rata untuk melakukan penghentian.

Jarak pandangan henti terdiri atas dua bagian jarak, yaitu:

- Jarak yang dilintasi oleh kendaraan, ketika pengemudi melihat adanya objek penghalan yang menyebabkan pengemudi harus melakukan pengereman sampai pada rem diinjak (jarak akibat proses waktu reaksi); dan
- Jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan dari mulai pengereman dilakukan.

Proses terjadinya jarak tersebut, berurutan dimulai dari akibat proses waktu reaksi dan proses terjadinya pengereman.

## Waktu Reaksi:

Waktu reaksi pengereman adalah interval dari ketika pengemudi menyadari sebuah halangan pada badan jalan didepannya yang memerlukan pengereman, sampai benar-benar melakukan mengerem kendaraannya. Pada kondisi tertentu, seperti pada keadaan darurat yang ditandai oleh lampu sinyal di belakang (*flashing light*) menyala, reaksi pengemudi menyelesaikan tugasnya hampir secara sekejap dan mendadak. Pada kebanyakan kondisi lainnya, pengemudi tidak saja harus melihat tapi juga harus dapat mengenali apakah objek tersebut objek yang diam atau bergerak lambat berdasar penampakan berlawanan dari latar belakang badan jalan dan objek-objek lain seperti, dinding, pagar, pepohonan, tiang-tiang, atau jembatan.

Menentukan hal tersebut memerlukan waktu, dan jumlah waktu yang diperlukan sangat bervariasi tergantung dari jauh dekatnya objek, ketajaman penglihatan pengemudi, ketangkasan alami reaksi pengemudi, visibilitas cuaca, jenis dan kondisi badan jalan, dan sifat alam dari benda halangan. Kecepatan kendaraan dan lingkungan badan jalan kemungkinan

mempegaruhi pula waktu reaksi. Normalnya, seorang pengemudi yang melintas dengan kecepatan yang sama atau mendekati kecepatan rencana, lebih siaga dari yang melintas (melakukan perjalanan) dengan kecepatan yang lebih rendah. Seorang pengemudi pada jalan perkotaan dihadapkan pada potensi konflik dengan mobil yang diparkir yang tak dapat diperkirakan jumlahnya, jalan lokal perumahan, dan banyaknya penyeberang jalan kemungkinan besar lebih siaga daripada pengemudi yang sama bila mengemudi pada fasilitas yang terbatas aksesnya dimana kondisi seperti itu hampir tidak ada.

Studi atas waktu reaksi, yang direkomendasikan adalah 2.5 detik, waktu tersebut dianggap sesuai dengan kondisi yang lebih rumit.

Perkiraan jarak akibat dari proses waktu reaksi, yang berjalan sesuai kecepatan rencana, dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$d1 = 0,278VT$$

Dimana:

- d1 = Jarak henti (Meter)
- V = Kecepatan rencana (Km/Jam)
- a = Percepatan rata-rata (m/det<sup>2</sup>)

Jarak Pengereman: Perkiraan jarak henti dari suatu kendaraan pada badan jalan yang datar, yang berjalan sesuai kecepatan rencana, dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$d2 = 0,039 \frac{V^2}{a}$$

Dimana:

- d = Jarak henti (Meter)
- V = Kecepatan rencana (Km/Jam)
- a = Percepatan rata-rata (m/det<sup>2</sup>)

Jadi jarak pandangan henti..... (d) = d1 + d2.

Dari konsep filosofi jarak pandang tersebut, sebagai dasar dalam merencanakan tata letak perambuan dan penempatan alat komponen manajemen lalu lintass, hal-hal yang bisa ditarik sebagai rumusan dasar adalah untuk:

- Waktu yang dibutuhkan untuk membaca sesuatu pesan atau simbol.
- Waktu yang dibutuhkan untuk bereaksi pada informasi yang muncul.

- Waktu yang dibutuhkan untuk proses kendaraan hingga berhenti atau ekuivalen dengan jarak pandangan henti maksimum.

### 3.2.3 Kinerja Lalu Lintas

Untuk mengukur kinerja lalu lintas di jalan dapat dinilai dengan menggunakan indikator parameter variabel lalu lintas secara individu maupun secara hubungan timbalbalik. Kinerja lalu lintas seperti telah diuraikan di atas, bisa dipengaruhi oleh bentuk penyedia prasarana jalan itu sendiri, maka ada dua analisis yang khusus untuk mengukur kinerja jalan, yaitu untuk bentuk fasilitas ruas jalan dan persimpangan, metoda pendekatan analisis adalah:

- Untuk ruas jalan, bisa digunakan dengan tingkat kejenuhan atau volume dibagi dengan kapasitasnya ( $V/C$ ), kecepatan, dan kepadatan.
- Untuk persimpangan, bisa digunakan dengan tundaan dan kapasitas sisa (Kejenuhan).

Kondisi aliran lalu lintas yang paling kritis, yaitu manakala nilai  $V/C$  sudah melebihi nilai satu (1) atau permintaan lalu lintas sudah melebihi kapasitasnya. Bersamaan dengan itu, kecepatan kendaraan mendekati berhenti. Kondisi aliran lalu lintas seperti tersebut, bisa dikatakan sudah mengalami kemacetan lalu lintas. Adanya kemacetan lalu lintas akan menyebabkan penambahan waktu perjalanan yang sudah standar, ada dua nilai waktu standar yang umum digunakan, pertama adalah waktu tempuh dalam kondisi arus bebasnya (nominal 50 Km/Jam), dan yang lainnya adalah waktu tempuh di bawah aliran bebasnya.

Berikut ini, uraian tentang kondisi aliran lalu lintas yang terjadi pada jalan, seperti dikatakan:

- Kondisi aliran lalu lintas di jalan sesuai indikator derajat kejenuhan lalu lintas yang terjadi, seperti diuraikan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Derajat kejenuhan dan kondisi aliran lalu lintas.**

Derajat Kejenuhan ( $V/C$ )	Kondisi Aliran Lalu Lintas
< 0.8	Kondisi stabil
0,8 - 1,0	Kondisi tidak stabil
>1,0	Kondisi kritis

Sumber: Tamim (2000).

Kondisi aliran lalu lintas di jalan sesuai indikator derajat kejenuhan lalu lintas dengan tingkat pelayanan jalan (Level of Service/LOS) yang terjadi, serta cirri-ciri lalu lintas yang terjadi, seperti diuraikan pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Hubungan korelasi (v/c) terhadap LOS**

(v/c)	Tingkat Pelayanan	Keterangan
< 0,60	A	Arus lancar, volume rendah, kecepatan tinggi
0,6 - 0,7	B	Arus stabil, volume sesuai untuk jalan luar kota, kecepatan terbatas
0,7 - 0,8	C	Arus stabil, volume sesuai untuk jalan kota, kecepatan dipengaruhi oleh lalu-lintas
0,8 - 0,9	D	Mendekati arus tidak stabil, kecepatan rendah
0,9 - 1,0	E	Mendekati arus tidak stabil, volume pada/mendekati kapasitas, kecepatan rendah
> 1,00	F	Arus terhambat, kecepatan rendah, volume di atas kapasitas, banyak berhenti

Sumber: Morlok, (1991)

Standar pelayanan minimal (SPM) jalan, memperinci lagi bahwa, operasional kinerja lalu lintas harus sesuai dengan fungsi dan bentuk penyedia jalan, seperti diuraikan pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3 Syarat Minimal Kecepatan Operasional**

Fungsi Jalan	Lebar Minimal Jalan (Meter)	Kecepatan Minimal (km/jam)			
		Dasar (2-2/UD) (MKJI)	Arus Bebas (MKJI)	Operasi v/c= 0,85)	Saran SPM
Arteri Primer	11	68	49	24,5	25
Kolektor Primer	9,0	67	45	22,5	25
Lokal Primer	6,5	63	40	20	20
Arteri					
Sekunder	11	51	34	17	20
Kolektor Sekunder	9,0	48	32	16	20

Keterangan : SPM (Standar Pelayanan Minimal)

## 3.3 Mengukur dan Penyebab Kemacetan Lalu Lintas

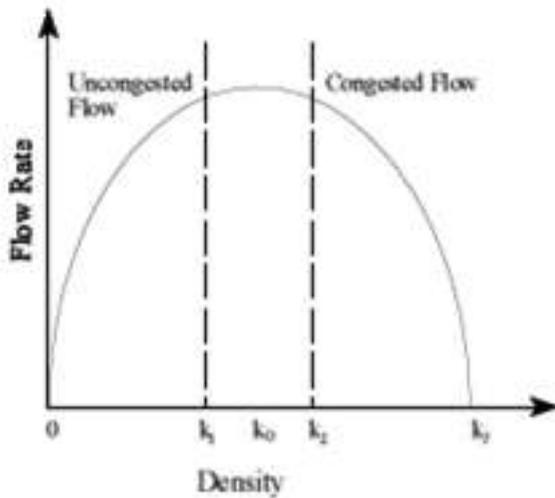
### 3.3.1 Mengukur Kemacetan Lalu Lintas

Mengukur kemacetan lalu lintas, dari sudut pandang pengguna jalan, bahwa jalan penuh sesak, terjadi antrian, pergerakan kendaraan tersendat-sendat (stop and go), manuver terbatas, dan mulai frustrasi serta tidak nyaman. Sedangkan dari sudut pandang para ahli teknik lalu lintas, seperti sudah diterangkan di atas, bahwa kemacetan ditinjau dari hubungan variabel lalu lintas (seperti volume, kecepatan, kepadatan), variabel tersebut akan membentuk hubungan yang secara empiris berupa kurva. Sebagai contoh seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan 3.2, yang mengilustrasikan hubungan mendasar antara volume (flow rate) dan kepadatan (density), bahwa, dengan peningkatan kepadatan lalu lintas dari nol untuk beberapa nilai  $k$ , hingga mencapai capaian nilai  $k_1$  ini, didefinisikan sebagai uncongested, dan dengan peningkatan kepadatan dari  $k_1$  sampai nilai  $k_2$ , operasi lalu lintas menjadi tidak stabil, dan kemungkinan adanya gangguan pada aliran lalu lintas tersebut maka akan berdampak serius. Kenaikan lebih lanjut dalam kepadatan di atas nilai  $k_0$ , secara teoritis mencapai nol. Rezim arus lalu lintas yang terjadi pada kepadatan lebih besar dari  $k_0$ , diklasifikasikan sebagai dalam keadaan lalu lintas macet.

Cara lain, mendefinisikan kemacetan lalu lintas tergantung pada sejumlah faktor termasuk geometrik jalan, komposisi lalu lintas, dan kebiasaan mengemudi. Manual Kapasitas Jalan HCM 2001, mendefinisikan kepadatan jalan dalam kondisi macet, yaitu, pada tingkat layanan F, dengan kecepatan kendaraan yang bisa dikembangkan, untuk mobil penumpang antara 24,8 dan 29,9 Km/Jam per lajur, tergantung pada aliran bebas jalan tersebut. McDermott telah melaporkan bahwa jalur hunian (ukuran pengganti untuk densitas) di kisaran 0 sampai 20 persen, 20 sampai 30 persen, dan 30 sampai 100 persen menunjukkan uncongested, tidak stabil (kemacetan yang akan datang) dan kurva operasi yang berhubungan hunian jalur untuk laju aliran dan kecepatan rata-rata ruang. Sebagai hunian jalur melebihi 20 persen, kecepatan perjalanan di jalan berkurang, hal tersebut karena:

- Ada kesenjangan yang lebih kecil dan lebih pendek antara kendaraan.
- Pengemudi memiliki kesulitan yang lebih besar dalam pindah jalur.

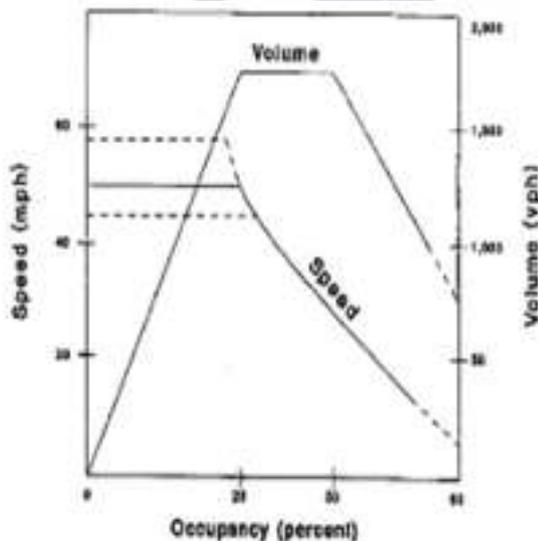
- Pada umumnya ada kondisi lalu lintas dengan aliran yang lebih padat.



Sumber: Highway Capacity Manual. Special Report 209, TRB, National Research Council, Washington, DC, 1994.

**Gambar 3.1** Kemacetan dan hubungan mendasar antara laju aliran dan kepadatan

Seiring dengan peningkatan volume lalu lintas dan mendekati kapasitas, akan terjadi kemacetan lalu lintas. Volume biasanya digunakan untuk melacak riwayat kejadian dan untuk memprediksi terjadinya kemacetan yang akan datang di bagian jalan.



Sumber: Highway Capacity Manual. Special Report 209, TRB, National Research Council, Washington, DC, 1994.

**Gambar 3.2** Hubungan umum antara variable arus lalu lintas

### 3.3.2 Penyebab Kemacetan Lalu Lintas

Kemacetan lalu lintas bisa terjadi karena permintaan atau kejadian lalu lintas, bisa karena dari faktor dalam (sistem lalu lintasnya) atau dari faktor luar (geometri jalan atau lingkungan). Volume lalu lintas sebagai variabel faktor dalam, adakalanya dalam keadaan rendah dan adakalanya tinggi, variabel ini bisa berfluktuasi tergantung pola karakteristik lalu lintas (waktu aktifitas kerja).

Sejalan dari pola karakteristi lalu lintas dan infrastruktur jalan yang ada (variabel tetap), maka bentuk kemacetan lalu lintas dapat terjadi dalam dua bentuk, yaitu kemacetan berulang dan tidak berulang.

#### 1. Kemacetan berulang.

Kemacetan berulang umumnya disebabkan oleh permintaan lalu lintas yang melebihi kapasitasnya, akibat permintaan rutin lalu lintas karena lonjakan pada sistem transportasi jalan, seperti lalu lintas komuter, belanja, atau perjalanan akhir pekan, namun kemacetan berulang dapat memiliki dampak yang tak terduga dalam hal durasi dan tingkat keparahan. Penyebab utama umumnya akibat adanya pembatasan dari elemen geometri jalan yang tetap.

Sebagai contoh terjadi kemacetan pada segmen jalan tertentu, sebagai akibat karena kapasitas dasar jalan biasanya tidak tetap sepanjang ruas jalan, bisa terjadi karena ketidak sesuaian dengan ketentuan teknis semestinya, seperti; pengurangan lajur, lengkung horozontal dan vertikal, atau faktor topografi. Pada Tabel 3.4. menguraikan beberapa desain geometri jalan yang tidak sesuai dengan ketentuan standar, ini bisa menyebabkan potensi pengurangan kapasitas jalan dan bisa menjadi sumber kemacetan lalu lintas.

**Tabel 3.4 Faktor desain geometrik menyebabkan pengurangan kapasitas**

Faktor Desain	Menghasilkan
Pengurangan lajur	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dapat menyebabkan kemacetan lalu lintas.</li><li>• Meskipun jalan menurun pada jalur ke luar ramp, dengan volume lalu lintas dapat melebihi kapasitas yang ada.</li><li>• Saat menjalin dapat menciptakan kekacauan, menyebabkan kecepatan berkurang, dan menurunkan kapasitas. (Dapat menyebabkan masalah dimana beberapa lajur menyatu tanpa bisa mempertahankan jumlah yang sama dari setiap lajur).</li></ul>
Lengkung horisontal	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lengkung horisontal cukup tajam dapat mengurangi kapasitas.</li><li>• Dalam aliran padat, kendaraan dapat menyeberang ke lajur sebelah, karena ragu-ragu.</li><li>• Terjadi penurunan kecepatan sesaat dan periode tersebut arus tidak stabil dapat mengakibatkan kemacetan.</li></ul>

<p style="text-align: center;"><b>Lengkung vertikal</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengurangi nilai kapasitas, terutama dengan kedatangan jenis kendaraan berat (truck).</li> <li>• Meskipun standar desain menerapkan pembatasan pada nilai yang dapat diterima, pengaruhnya kecil, dan tidak terasa adanya perubahan kecepatan, perubahan kecepatan tersebut mempengaruhi lalu lintas berikutnya, dan itu dapat mengakibatkan kemacetan.</li> <li>• Peningkatan lengkung vertikal di terowongan membatasi kapasitas.</li> </ul>
<p><b>Fitur fisik lainnya:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lebar lajur</li> <li>• Ketentuan lateral</li> <li>• Desain ramp</li> <li>• Kondisi permukaan jalan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lebar lajur memiliki lebar lebih kecil, kurang dari 3,6 meter (standar), bisa mengurangi kapasitas.</li> <li>• Penghalang lateral dapat mengurangi kapasitas jika berada lebih mendekati 1,8 meter ke lajur gerak. Contoh meliputi: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abutment jembatan.</li> <li>- Dinding penahan.</li> <li>- Tiang penerangan.</li> <li>- Tanda-tanda pendukung/rambu.</li> </ul> </li> <li>• Mengecilnya lebar bahu jembatan (tidak sama dengan bahu jalan sebelumnya) dilaporkan mengakibatkan penurunan nilai kapasitas.</li> <li>• Gerakan jalinan pada titik-titik dekat akses keluar/masuk, dapat menurunkan nilai kapasitas.</li> </ul>

Sumber: *Freeway Management Handbook, Report No. FHWA-SA-97-064*

## 2. Kemacetan tidak berulang.

Kemacetan tidak berulang umumnya terjadi bisa secara acak, bisa terjadi kapan saja dan dimana saja, umumnya lebih banyak disebabkan oleh adanya kejadian yang tidak terduga, seperti; insiden (kecelakaan dan kejadian alam), adanya pekerjaan jalan. Namun kejadian seperti adanya pekerjaan jalan dan operasi lalu lintas yang berakibat pada kemacetan bisa dikategorikan kemacetan tidak berulang.

### a. Kecelakaan lalu lintas

Kecelakaan lalu lintas, adalah kejadian yang melibatkan kendaraan dengan kendaraan, kendaraan dengan lingkungannya, dan dari faktor kendaraan itu sendiri. Akibat dari adanya kecelakaan di badan jalan maka aliran lalu lintas akan terganggu, hal ini yang sering terjadi dalam transportasi jalan, karena atau sebagai contoh:

- Menurunnya kapasitas jalan, karena lebar efektif jalur/lajur berkurang, karena terpakai oleh korban kecelakaan dan petugas penolong/evakuasi.
- Jumlah permintaan lalu lintas di lokasi kejadian kecelakaan meningkat, karena tersendat/terhalang.
- Jalur/lajur untuk lalu lintas evakuasi terhalang oleh kendaraan yang terjebak.

## **b. Kejadian alam**

Kejadian alam, bisa disebabkan oleh cuaca atau bencana. Cuaca dapat menjadi sumber kemacetan lalu lintas, seperti; hujan yang secara signifikan dapat mengurangi kapasitas jalan karena air yang menggenang atau aliran (run-off) dapat mengurangi pergerakan aliran lalu lintas. Sedang bencana alam, bisa berdampak pada kerusakan atau penutupan badan jalan, seperti; longsor, amblas, dan pohon tumbang, ini bisa menjadi sumber kemacetan lalu lintas, karena hambatan laju kendaraan atau lebar efektif kapasitas jalan berkurang.

## **3. Pekerjaan jalan**

Pekerjaan jalan seperti, adanya peningkatan dan/atau pemeliharaan jalan yang menyebabkan terjadinya kemacetan lalu lintas dengan penundaan waktu yang signifikan. Kegiatan tersebut, dapat mengurangi nilai kapasitas yang tidak sesuai dengan permintaan (karena diblokirnya sebagian jumlah lajur).

Dampak dari kegiatan tersebut terhadap operasi lalu lintas dapat dikurangi dengan menerapkan langkah-langkah seperti berikut:

- Jadwal kegiatan dilakukan pada saat lalu lintas lengang, seperti di malam hari atau pada akhir pekan.
- Lengkapi semua kegiatan dengan perambuan sementara, terutama pada bagian pendekat dan lokasi tertentu.
- Memberikan jalur atau rute alternatif yang memadai dan informasi terlebih dahulu untuk pengguna jalan yang akan memasuki lokasi kegiatan.
- Laporkan penundaan kegiatan yang akan terjadi, saat berlangsungnya kegiatan.

## **4. Operasional lalu lintas:**

Operasional lalu lintas, dapat menjadi sumber kemacetan lalu lintas, karena permintaan lalu lintas banyak dan tersendat atau karena adanya kendaraan berat dalam aliran lalu lintas. Beberapa faktor operasional lalu lintas yang dapat menyebabkan terjadinya kemacetan di jalan, seperti akan hal:

- Pengaturan persimpangan tidak optimal, dengan ciri permintaan melebihi kapasitas tersedia, terjadi konflik pergerakan lalu lintas, terjadi antrian di persimpangan dengan waktu yang panjang.

- Kontrol lintasan, seperti dalam hal; batas kecepatan, channelization, dan faktor risiko pinggir jalan/hambatan samping.

Sesaat setelah kejadian/aksiden, kapasitas jalan berkurang tidak proporsional karena penurunan lebar efektif jalan. Tabel 3.5 menunjukkan nilai pengurangan kapasitas yang terjadi di jalan, dengan ukuran yang berbeda dari setiap jenis kejadian yang berbeda pula.

**Tabel 3.5 Persentase kapasitas efektif jalan dalam kondisi kejadian**

Jumlah Lajur Perarah	Shoulder Disablement	Kerusakan Bahu	Lajur Ditutup		
			Satu	Dua	Tiga
2	0.95	0.81	0.35	0	N/A
3	0.99	0.83	0.49	0.17	0
4	0.99	0.85	0.58	0.25	0.13
5	0.99	0.87	0.65	0.40	0.20
6	0.99	0.89	0.71	0.50	0.25
7	0.99	0.91	0.75	0.57	0.36
8	0.99	0.93	0.78	0.63	0.41

Sumber: Freeway Management Handbook, Report No. FHWA-SA-97-064

Beberapa metode analisis yang tersedia untuk mengukur besarnya masalah operasional kinerja lalu lintas yang berpotensi dengan masalah kemacetan lalu lintas di jalan. Teknik lalu lintas (Traffic engineering) dasar yang dapat digunakan untuk mengukur masalah-masalah operasional kinerja lalu lintas diantaranya :

- Analisis kapasitas dan tingkat pelayanan jalan.
- Analisis penyempitan jalan (Bottleneck).
- Analisis antrian.
- Analisis waktu tempuh perjalanan dan kelambatan (delay).
- Analisis Crash, dan
- Studi asal dan tujuan perjalanan .

## 3.4 Intelligent Transportation System

Kemajuan teknologi yang pesat pada dekade sekarang ini, telah membuat banyak peluang baru bagi para profesional transportasi untuk memberikan layanan transportasi yang lebih efektif dan efisien, yang bisa merespon segala bentuk permintaan layanan sistem transportasi yang lebih cerdas. Teknologi dalam layanan transportasi tersebut, apa yang disebut dengan “Intelligent Transportation Systems” (ITS). ITS adalah suatu proses teknologi telekomunikasi dan informasi dalam mengintegrasikan unsur lalu lintas secara cerdas, seperti; orang/pengemudi, kendaraan, dan infrastruktur jalan, yang secara diagram arsitektur seperti diilustrasikan pada Gambar 3.3. ITS mencakup berbagai teknologi apapun yang diterapkan untuk sistem transportasi untuk ditransfer sebagai informasi kepada pengguna jalan, untuk meningkatkan kinerja lalu lintas, seperti; keselamatan, mobilitas, kelancaran, produktivitas, dan kinerja lingkungan sisi jalan.

- Sebuah sistem teknologi menunjukkan perilaku informasi cerdas seperti ITS, minimal harus memiliki kemampuan sebagai berikut:
- Durasi waktu proses untuk menghasilkan informasi harus secara real time;
- Bisa mengingat dan membaca sejumlah data yang besar dengan berbagai disiplin ilmu yang berbeda;
- Menunjukkan beberapa proses yang adaptif dengan situasi dan permintaan, dan perilaku berorientasi pada tujuan;
- Sistem ini juga harus mampu menangani input yang tak terduga atau belajar dari pengalaman;
- Sistem harus dapat menggunakan simbolis dalam bahasa abstraksi dan bisa berkomunikasi dengan sistem lain;

Dalam penerapan manajemen lalu lintas dengan memanfaatkan teknologi ITS, secara proses kelebihan manajemen lalu lintas dengan cara konvensional yang sering digunakan selama ini dapat ditambah dan ditingkatkan oleh teknologi yang ada di ITS.



Gambar 3.3

Hubungan Sub-sistem / Komponen Unsur Lalu Lintas dalam Teknologi ITS

### 3.4.1 Arsitektur ITS

Dalam rangka untuk lebih memahami bagaimana proses teknologi ITS bekerja, yaitu; bagaimana mengubah sistem transportasi, bagaimana teknologi dapat digunakan untuk mencapai tujuan, dan langkah-langkah penting untuk melihat fungsi potensial dari ITS dalam setiap komponen kunci dari sistem, seperti; kendaraan (vehicle), pengguna (traveler), infrastruktur jalan (road side), dan sistem komunikasi saling berhubungan.

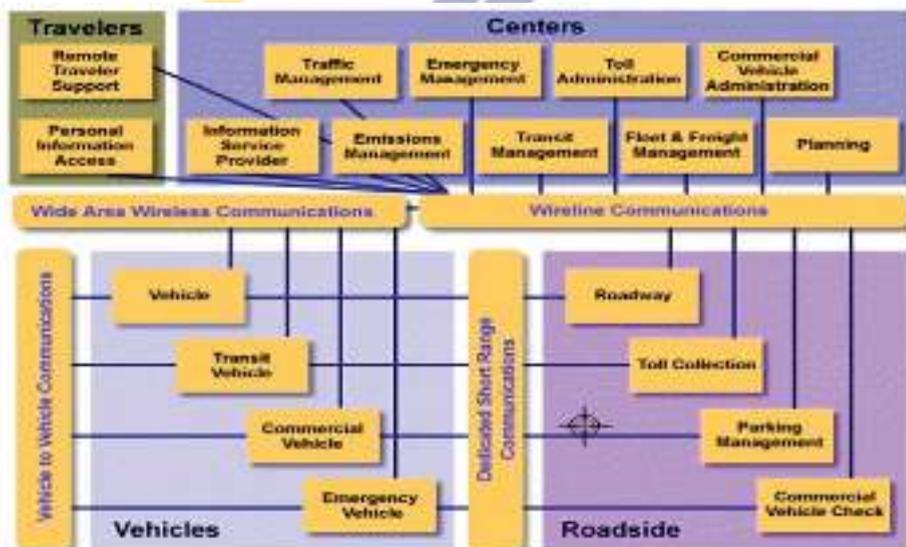
Dalam arsitektur sistem ITS, terdiri atas empat bagian sub-sistem, yaitu:

- Sub-sistem Center; system untuk memberikan dukungan informasi bagi kebutuhan pengguna jasa transportasi, seperti; perencanaan, layanan penyedia informasi, manajemen emisi, manajemen angkutan umum, manajemen armada dan pengangkutan (Information Service Provider, Emissions management, Transit Management, Fleet and Freight Management, and Planning). Untuk dukungan layanan informasi tersebut, tentunya management center perlu dukungan oleh landasan teori, seperti; traffic management, emergency management, toll administration, commercial vehicle administration, dan lainnya.

- Sub-sistem Traveler; sistem untuk memberikan dukungan informasi kepada pengguna jalan atau informasi pribadi (Remote traveler support dan Personal information access).
- Sub-sistem Vehicle, system untuk memberikan dukungan informasi kepada kebutuhan pengguna jalan, seperti; kendaraan pribadi, kendaraan angkutan, kendaraan umum, dan kendaraan darurat (Ambulance/derek) (Vehicle, transit vehicle, commercial vehicle, emergency vehicle).
- Sub-sistem Roadside, system untuk memberikan dukungan informasi bagi kebutuhan kegiatan operasional yang ada di badan jalan, seperti; jalan itu sendiri, transaksi pembayaran tol, dan parkir kendaraan, dan kendaraan umum.

Lebih jelasnya komponen sub-sistem dari arsitektur ITS, seperti diilustrasikan pada Gambar 3.4. Arsitektur tersebut, diadov dari buku *“Regional ITS Architecture Guidance Document, US Deoartmesit of Transportation*, ini merupakan prinsip dasar arsitektur ITS yang dikembangkan di Amerika Serikat.

Pada prinsipnya arsitektur ITS, tidak berkomunikasi diantra komponennya, karena pada dasarnya komponen tersebut secara substansial adalah bebas, dan tidak dapat bertukar materi, mereka hanya berkolaborasi melalui pertukaran informasi.



Gambar 3.4 Arsitektur Sistem Teknologi ITS

Arsitektur ITS tersebut, merupakan kerangka kerja dalam membangun ITS, digunakan sebagai pendekatan sistem rekayasa dalam menentukan program dan tujuan manajemen transportasi jalan/lalu lintas dalam menggunakan teknologi ITS. Tidak dimaksudkan untuk menentukan teknologi tertentu yang akan digunakan dalam aplikasi, hanya untuk menentukan dan mengalokasikan fungsi-fungsi yang harus dilakukan oleh subsistem/kompomen. Hubungan konektivitas antara sub-sistem dalam arsitektur ITS yang logis, biasanya diilustrasikan dalam bentuk diagram alir, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4. Dimana garis hitam menggambarkan hubungan antara sub-sistem, oval yang berwarna merah muda mewakili keempat sub-sistem yang saling berkomunikasi point to point, menggunakan media wireless atau wireline.

Arsitektur ITS, adanya dua kelompok yang secara umum bisa digunakan, yaitu arsitektur secara nasional dan arsitektur secara lokal/daerah. Arsitektur nasional sebagai rencana induk kebutuhan standar untuk pegangan dalam pelaksanaan, dan biasanya sudah konsensus di antara stakeholder terkait. Sedangkan arsitektur daerah, pada dasarnya merupakan pengembangan dari arsitektur ITS nasional, yang sudah disesuaikan atau ditambah untuk kepentingan dan kebutuhan daerah yang spesifik. Tujuan dari adanya dua pembagian tersebut, adalah untuk menggambarkan dan mendokumentasikan integrasi nasional dan daerah sehingga perencanaan dan penyebaran dapat berlangsung dengan cara yang terorganisir dan terkoordinasi. Biasanya, setiap stakeholder baik secara organisasi vertikal maupun horisontal memiliki kepentingan sektoral dan itu bisa terjadi tumpang tindih.

Membuat arsitektur ITS, merupakan tahap persiapan awal dalam membangun ITS dan akan melibatkan stakeholder terkait sesuai dengan area wilayah yang akan dilayani, untuk itu maka arsitektur ITS tersebut, harus dikonsensuskan terlebih dahulu diantara stakeholder dan pihak-pihak yang terlibat. Peran dan tanggung jawab dari setiap unsur stakeholder harus konsisten sampai dengan tahap pengoperasian ITS.

Pengembangan arsitektur ITS untuk memasukkan ide-ide baru perlu terus menerus diperbaharui sesuai dengan perkembangan dan kebutuhan dimasa akan datang. Namun paling tidak perencanaan arsitektur bisa mengakomodasi hal-hal sebagai berikut:

1. Penjelasan akan situasi kondisi cakupan wilayah;
2. Identifikasi unsur stakeholder dan pihak yang terkait lainnya;

3. Mengidentifikasi peran dan tanggung jawab dari setiap unsur stakeholder;
4. Setiap perjanjian (yang ada atau baru) yang diperlukan untuk operasi, termasuk bisa mempengaruhi operasional ITS yang interoperabilitas dan penggunaan standar ITS;
5. Persyaratan fungsional sub-sistem;
6. Persyaratan antarmuka dan pertukaran informasi diantara sub-sistem, mengalir sebagaimana diilustrasikan dalam bagan arsitektur.
7. Identifikasi standar ITS dalam mendukung interoperabilitas nasional maupun daerah, dan
8. Buat urutan kegiatan yang diperlukan untuk implementasi.

### **3.4.2 Lingkup Layanan Teknologi ITS**

Dari diagram dasar sistem arsitektur ITS (Gambar 3.4) dimana semua komponen transportasi yang saling terkoneksi dan bisa dikembangkan lebih lanjut sesuai kebutuhan. Atas dasar itu, maka teknologi ITS bisa dimanfaatkan untuk semua kebutuhan bertransportasi (pengguna jasa, penyedia jasa dan pengelola jasa transportasi. Lingkup layanan teknologi ITS pada sistem transportasi jalan, secara garis besar dapat dibagi menjadi dua kelompok area layanan, yaitu area layanan ITS yang utama dan yang khusus.

Lingkup teknologi ITS utama, meliputi area layanan yang ada pada:

- Advanced Traffic Management Systems (ATMS);
- Advanced Traveller Information Systems (ATIS);
- Advanced Vehicle Control Systems (AVCS).

Lingkup teknologi ITS khusus, meliputi area layanan yang ada pada:

- Advanced Public Transport Systems (APTS);
- Commercial Vehicle Operations (CVO).

Dalam tulisan ini, karena sasaran diarahkan pada peningkatan kinerja transportasi dipermukaan jalan melalui produktifitas infrastruktur jalan dan lalu lintas yang ada. Untuk itu, fokus pembahasan lingkup ITS lebih difokuskan pada lingkup ITS utama, yaitu terkait dengan layanan ATMS, ATIS, dan AVCS.

## **1. *Advanced Traffic Managemen Systems (ATMS);***

Banyak dikenal sebagai salah satu metoda langsung untuk mengurangi kemacetan lalu lintas khususnya daerah perkotaan (Sutandi, 2006). Salah satu contoh adalah, Advanced Traffic Control Systems (ATCS), adalah alat yang efektif dalam mengkoordinasi traffic signal di simpang untuk mengurangi delays, stops, dan konsumsi bahan bakar (Sutandi, 2010, Midenet, Sophie, 2004, Taylor, James C, 2004, Ogden and Taylor, 1999, Hendrickson, 1998), memaksimalkan throughput sebagai respon terhadap kebutuhan lalu lintas melalui sensor dan detektor, (Giannakodakis, 1995), dan meningkatkan keselamatan (PATH, ITS, 2005).

Secara lebih detail, ATMS terutama berfokus pada memaksimalkan efisiensi dari eksisting infrastruktur. Pengumpulan data dilakukan dari berbagai sumber di lapangan, seperti menggunakan sensor atau loop detector di permukaan jalan dan (closed circuit television/CCTV), serta pedestrian push button di simpang. Data ini kemudian ditransmisikan melalui sistem komunikasi ke traffic control/management centre (TMC) untuk dianalisis menggunakan perangkat lunak yang dinamis sebagai bagian integral dari ATMS. Analisis terhadap kinerja lalu lintas dilakukan dengan menyesuaikan parameter-parameter lalu lintas secara real time. Hasil analisis akan digunakan untuk mengontrol operasional berbagai komponen dari traffic control system, misalnya traffic signal (APILL) di simpang dan ramp metering. Data disimpan dalam bentuk basis data berisi data eksisting dan data historis.

Beberapa contoh ATMS adalah:

- Adaptive Traffic Control Systems;
- Automatic Incident Detection;
- Ramp Metering;
- Electronic Toll Collection;
- Electronic Road Pricing.

## **2. *Advanced Traveller Information Systems (ATIS)***

ATIS memberi informasi secara real time kepada pengguna jalan (traveler) tentang keadaan lingkungan jalan dan kondisi lalu lintas sehingga kemudian mempengaruhi perilaku pengguna jalan dalam menentukan pilihan rute jalan, moda transportasi, dan waktu perjalanan. Tujuan sistem yang didukung teknologi canggih ini adalah meningkatkan keselamatan pengguna jalan dan berperan meminimalkan kemacetan lalu lintas.

Secara lebih detail, informasi tentang keadaan lingkungan jalan yang disajikan dapat berupa informasi cuaca (hujan, mendung, berawan), kondisi parkir, jadwal dan waktu tempuh moda transportasi umum, dan kondisi polusi. Sedangkan informasi tentang kondisi lalu lintas jalan, antara lain kecepatan berkendara di jalan tertentu, waktu tempuh ke lokasi tertentu, kemacetan lalu lintas di daerah tertentu, adanya kecelakaan, insiden, pekerjaan jalan, dan alternatif rute yang sebaiknya dipilih untuk menghindari kemacetan. ATIS disampaikan kepada pengguna jalan melalui signs display/variable message signs (VMS) di sepanjang jalan yang dilalui, internet, radio, telepon, fax, dan mobile phone.

### **3. Advanced Vehicle Control Systems (AVCS)**

Untuk meningkatkan keselamatan jalan dengan dukungan sistem canggih dalam kendaraan yang memandu pengemudi untuk menghindari terjadinya kecelakaan. Salah satu penerapan AVCS adalah Automated Highway Systems (AHS).

#### **3.4.3 Traffic Data Collection**

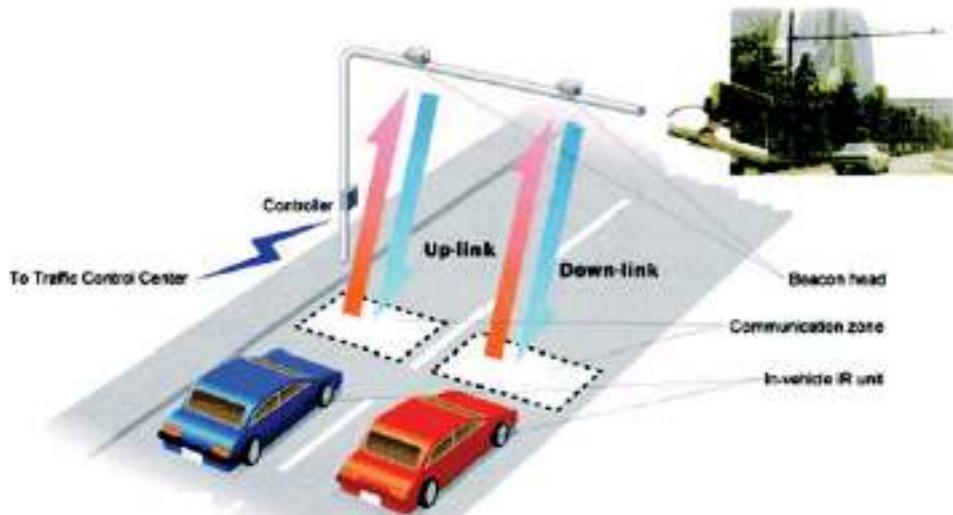
Pengumpul data lalu lintas (traffic data collection) menggunakan alat pendeteksi/sensor (detection devices) yang dipasang di sisi/badan jalan. Untuk menjaga ketelitian dan agregat data lalu lintas, dilakukan dengan dukungan teknologi software dan hardware dengan durabilitas yang tinggi. Pendeteksi cara otomatis dengan sistem identifikasi kendaraan yang umum dilakukan dalam aplikasi ITS, seperti dengan sistem; pencitraan video (closed circuit television/CCTV), radar atau laser, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6, 3.7, dan 3.8.



**Gambar 3.6 Radar dan Closed circuit television (CCTV)**



Gambar 3.7 Deteksi otomatis sistem laser/radar



Gambar 3.8 Sistem kerja deteksi lalu lintas

Data karakteristik lalu lintas ini dapat mencakup berbagai informasi, seperti lokasi geografis, kecepatan, jumlah, dan pola perilaku, yang dikombinasikan untuk mendapatkan perkiraan kondisi lalu lintas. Ada banyak tantangan yang unik bisa mempengaruhi karakteristik data, seperti:

- Data volume besar dari sumber yang berbeda harus dikumpulkan pada waktu yang tepat untuk mendukung representasi lalu lintas real-time.
- Beberapa strategi diperlukan untuk mengelola karakteristik kesalahan dari aliran data yang berbeda, menyaring data yang buruk dan penanganan kesenjangan dalam data.
- Tipe data yang berbeda harus digabungkan untuk secara akurat mewakili informasi lalu lintas.
- Data harus dikonversi ke dalam format standar yang dapat diinterpretasikan oleh pusat control/manajemen (TMC).

Mempertimbangkan kebutuhan untuk pengumpulan data lalu lintas saat ini, hal yang harus diperhatikan adalah:

- Integrasikan data sensor lalu lintas yang berbeda (sensor loop, floating car data, sensor video dan data mobil).
- Mengintegrasikan sumber data lalu lintas yang sama dari vendor yang berbeda.
- Mendapatkan waktu yang konsisten dan koordinat ruang dari berbagai jenis data sensor lalu lintas.
- Menyesuaikan untuk frekuensi yang berbeda akuisisi, 2 menit untuk sistem sensor tetap, 5 menit untuk data floating car, dan tidak meratanya distribusi sensor.
- Memperluas kurangnya data lalu lintas. Algoritma ekspansi lalu lintas data yang dibutuhkan karena kurangnya sensor dan keterbatasan metode akuisisi data lalu lintas.
- Modifikasi data tidak normal, tidak dapat diandalkan, atau hilang karena kesalahan hardware, gangguan komunikasi, gangguan kebisingan, faktor cuaca, dan kecelakaan lalu lintas.

Perangkat data lalu lintas diklasifikasikan berdasarkan berbagai fungsinya sesuai dengan peruntukan data tersebut, seperti untuk melaksanakan fungsi:

- Deteksi data lalu lintas; menghitung jumlah, kecepatan, jarak antara yang terklasifikasi dalam berbagai jenis kendaraan.
- Deteksi kecelakaan (insiden).
- Diteksi ramp metering (pada jalan utama, atau jalan bebas hambatan).

- Sinyal kontrol di persimpangan (alat pengendali isyarat lalu lintas / APILL).

Banyak penyedia perangkat deteksi lalu lintas, menawarkan produknya sekarang ini dengan berbagai inovasi dan kelebihan lainnya. Untuk itu asosiasi ITS seluruh dunia, telah membentuk ketentuan dan standar yang harus dilakukan, baik oleh penyedia/pabrik maupun pengguna. Dimana lembaga internasional seperti FHWA dan negara-negara di Eropa, standarisasi telah dilaksanakan dan dikembangkan di Jerman, Belanda, dan Perancis, bahwa semua peralatan pengumpulan data lalu lintas yang dibuat dan dibeli akan menggunakan format dan protokol yang seragam dan tujuan komunikasi yang sama. Proses ini telah meningkatkan kualitas dan akurasi data yang dikumpulkan serta meningkatkan keandalan peralatan itu sendiri. Sisi lain yang didapat lebih menguntungkan, menyangkut biaya awal dalam peningkatan peralatan bila dibandingkan dengan peralatan non-standar.

#### **3.4.4 Traffic Monitoring Center (TMC):**

Traffic Management Center (TMC) merupakan bagian yang strategis dalam rangkaian tahapan proses teknologi ITS, TMC menjalankan fungsi secara proaktif dalam tiga fungsi yaitu, fungsi mengatur lalu lintas data, fungsi menganalisa data, dan fungsi memonitor situasi lapangan, dalam menjalankan fungsinya ITS didukung perangkat analisis software. Fungsi mengatur lalu lintas data yaitu, mengatur keluar masuk, data masuk/input sebagai hasil dari proses traffic data collecting, data keluar/output sebagai hasil proses analisis menjadi data informasi dan pengendalian lalu lintas untuk disampaikan kepada pengguna jalan, dalam berbagai media, seperti; VMS, Radio, Telepon seluler, dll), dan sebagian data informasi dijadikan sebagai data base/bank. Dalam proses analisa untuk menghasilkan informasi dan pengendalian, pada dasarnya merupakan proses dari prinsip dasar rekayasa lalu lintas (Traffic engineering) dan manajemen lalu lintas. Dalam analisa ini, merupakan analisis yang kompleks dan berlapis untuk itu perlu didukung dengan sistem software yang handal. Penerapan sistem software yang beragam akan menimbulkan masalah apabila tidak didesain dengan konsep yang cermat. Isu-isu masalah akan muncul terutama dalam mengintegrasikan sistem, komunikasi data, interfacing, dan sinkronisasi dari berbagai layanan masalah transportasi.

Berbagai jenis dan jumlah data baik data input maupun output untuk melayani jaringan jalan, jadi TMC pada dasarnya harus bisa menyediakan kemampuan interfacing diperlukan. Diperlukan suatu gambaran diagram sistem arsitektur yang memungkinkan integrasi semua sistem, arsitektur tersebut harus merangkum sifat kebiasaan sistem inti TMC, sehingga setiap sistem tambahan dapat dengan mudah terkoneksi, jangan sampai tidak memiliki kemampuan untuk interfacing. Untuk menyajikan current real-time data kepada pengguna jalan, maka fungsi pemrosesan data tidak hanya menggunakan data eksisting, tetapi juga data historis. Seluruh data ini diperlukan untuk mengevaluasi kinerja jaringan jalan.

Secara umum fungsi TMC adalah sebagai berikut:

- Pengelolaan sistem kontrol lalu lintas dan asset.
- Respon Insiden dan fungsi pemulihan kondisi lalu lintas.
- Fungsi tanggap darurat.
- Pemantauan dan pengawasan kondisi jaringan transportasi.
- Akuisisi dan komunikasi informasi lalu lintas.

Model algoritma data dengan menggunakan komputer diperlukan dalam mengolah data menjadi informasi yang akurat. Informasi yang disajikan antara lain adaptive traffic control, ramp metering, automated incident detection, travel time estimation, real-time traffic information, digitised maps, alternative routes dan route guidance. Data dan informasi hasil analisis ini disajikan untuk keperluan adaptive traffic control system (Dia, 2000).

Sistem pendukung komunikasi dibutuhkan untuk melakukan transmisi data yang diperoleh, antara kendaraan, antara kendaraan dan infrastruktur jalan, dan antara sistem infrastruktur seperti antara traffic signal controllers dan the traffic control centre. Gambar 3.9 menunjukkan contoh traffic control/management centre.



Gambar 3.9 Contoh Traffic Control Centre (Dia, 2000)

### 3.4.5 Unsur Infrastruktur Transportasi Cerdas

Unsur infrastruktur transportasi cerdas dalam mendukung layanan teknologi ITS, yang umum biasa dilakukan pada jaringan jalan antar kota, unsur tersebut dilatar belakangi oleh permasalahan seperti berikut ini:

1. Mix Traffic, jenis lalu lintas yang bercampur saat memasuki daerah perkotaan (lalu lintas menerus bercampur dengan lalu lintas komuter), yang masing-masing berbeda karakteristik perilaku dan kepentingan.
2. Pemeliharaan jalan relative jarang, kondisi permukaan jalan kurang baik dan kerusakan bisa terjadi secara mendadak (lubang atau retak).
3. Geometrik komponen alinemen jalan (kelandaian, kurva, jarak pandang, dan lainnya) umumnya mendekati maksimum dari ketentuan parameter yang ditentukan.
4. Sering dijumpai perbedaan pengembangan kecepatan kendaraan operasional yang besar yang dilakukan pengemudi.
5. Jarak perjalanan jauh/panjang.
6. Sedikit pilihan alternative rute dan perlunya navigasi.

7. Kondisi cuaca bisa berubah-ubah sehingga menghambat deteksi darurat yang cepat dan tanggap.
8. Kurangnya penegakan hukum, sehingga mengundang pelanggaran keselamatan (melebihi batas kecepatan).
9. Pengguna jalan sangat membutuhkan layanan informasi, seperti fasilitas pendukung perjalanan (pom bensin, puskesmas, dan jasa lainnya).

### 3.4.6 Informasi

Ide dasar dari teknologi ITS, adalah memberi informasi kepada pengguna jalan untuk dipengaruhi agar penggunaan jalan lebih efisien dalam melakukan perjalanan, dengan cara mengoptimalkan kapasitas infrastruktur jalan dan lalu lintas yang ada. Media untuk menyampaikan informasi kepada pengguna jalan, bisa melalui media seperti; dynamic message signs (DMS), variable message signs (VMS) (rambu elektronik), radio, internet, layanan short messaging (SMS), ponsel seluler, siaran televisi dan alat modern media lainnya. Sistem tersebut dapat memberikan informasi secara real-time.

Pengemudi mengandalkan berbagai macam informasi untuk kontrol bimbingan dan navigasi, untuk menyesuaikan dengan kondisi jalan dan medan melalui visual “isyarat;” seperti tanda, peraturan, peringatan, dan tanda-tanda panduan lainnya. Jenis informasi yang disampaikan umumnya menyangkut; waktu perjalanan, panduan rute, kecepatan perjalanan, keterlambatan, kecelakaan, kejadian insiden, jalan yang harus dilakukan, dan adanya zona pekerjaan jalan. Dengan adanya informasi tentang kondisi dan pengendalian jalan dan lalu lintas, pengemudi atau pengguna jalan akan melakukan pilihan-pilihan bertransportasi, seperti akan hal; waktu keberangkatan, rute yang dipilih, jenis moda, dan kesiapan mental dengan kondisinya ada.

Dalam tulisan ini, lebih banyak menguraikan pada media informasi DMS dan VMS, DMS dimana informasi terus berubah-ubah didasarkan atas beberapa kondisi di lapangan. VMS memiliki pesan secara statis yang dapat berubah melalui pusat kontrol (TMC). Secara visual pesan-pesan informasi tersebut dalam bentuk rambu elektronik, yang dapat ditempatkan secara permanen atau sementara dan lain bisa bisa dipindah-pindah pada lokasi yang berbeda dalam bentuk portabel, lebih jelas seperti ditunjukkan pada Gambar 3.10 dan 3.11.



Gambar 3.10 DMS dan VMS secara permanen



Gambar 3.11  
Portabel DMS dan VMS yang bisa dipindah-pindah

### 3.4.7 Proses Informasi

Ada dua bagian tahapan untuk bisa mendefinisikan informasi dalam teknologi ITS kepada pengguna jalan, pertama informasi yang terjadi diantara komponen unsur lalu lintas secara antar muka, yaitu antara kendaraan, orang, dan jalan sebagai data input untuk diolah menjadi data informasi kepada pengguna jalan pada traffic management center (TMC). TMC dalam proses diagram informasi teknologi ITS, yang dimulai dari bagian traffic data collection-traffic management center-traffic information, yang masing-masing bagian tersebut mempunyai peran dan fungsi, yaitu:

Traffic data collection; menjalankan fungsi mendapatkan kondisi data infrastruktur jalan dan variabel lalu lintas;

Traffic management center; menjalankan fungsi menganalisa data hasil masukan dari traffic data collection dan data base/empiris lainnya untuk menjadi data informasi kepada pengguna jalan;

Traffic information; merupakan media informasi kepada pengguna jalan seperti yang umum sering digunakan yaitu telephon seluler, radio, internet, dan rambu elektronik (VMS);

Proses aliran mendapatkan informasi yang dimulai dari hulu sampai hilir tersebut, lebih jelasnya seperti ditunjukkan pada Gambar 3.5. Jadi informasi dalam ITS sebagai hasil proses pengawasan (surveillance), untuk memberikan informasi tentang kondisi lapangan.

Dengan adanya informasi kepada seluruh pengguna atau penyelenggara transportasi (lembaga dan/atau operator), maka operator terkait dengan substansi informasi akan merespon untuk urusan masing-masing, seperti; manajemen insiden, manajemen kemacetan, manajemen kecelakaan, untuk selanjutnya berkomunikasi dengan layanan darurat (patroli jalan raya/ Polri, pejabat perhubungan, layanan ambulans, pemadam kebakaran, bina marga, dan lainnya). Sedangkan dengan pengguna jalan umum/masyarakat akan merespon sesuai substansi informasi, untuk dapat menyesuaikan dengan kondisi infrastruktur jalan dan lalu lintas yang terjadi atau disarankan.



Gambar 3.5 Instalasi dan matrik Teknologi ITS

### **3.4.8 Isu Kebutuhan Informasi**

Pelaku perjalanan, waktu tempuh perjalanan menjadi ukuran yang perlu dipertimbangkan, agar perjalanan tersebut bisa lebih efisien. Banyak isu-isu penyebab yang bisa menghambat waktu perjalanan menjadi lebih besar dari waktu yang dianggap wajar. Penyebab hambatan umumnya terjadi di jalan perkotaan adalah adanya kemacetan lalu lintas atau hambatan-hambatan lain yang menyebabkan pengemudi hanya bisa mengembangkan kecepatan yang relatif rendah. Penyebab tersebut jika sampai terjadinya kemacetan lalu lintas, kemacetan itu dikategorikan sebagai kemacetan lalu lintas berulang. Informasi tentang lokasi dan kondisi lalu lintas tersebut, dalam teknologi ITS bisa diinformasikan, sehingga dengan pilihan-pilihan sistem transportasi oleh pengguna jalan, perjalanan tersebut akan lebih efisien dan paling tidak bisa terjadi pengurangan intensitas kemacetan atau hambatan.

Informasi tentang lokasi dan kondisi lalu lintas dalam perjalanan menjadi kebutuhan untuk setiap pengguna jalan, dan untuk itu teknologi ITS adalah jawabannya.

Permasalahan lalu lintas yang sering terjadi pada area jalan perkotaan dan secara umum sering memanfaatkan teknologi ITS untuk bisa dikurangi dampaknya. Berikut ini penyebab masalah tersebut, dikelompokkan sesuai dengan lingkupnya, yaitu pada; pengendalian lalu lintas, kejadian insiden, dan informasi terkait dengan fasilitas pendukung perjalanan.

#### **3.4.8.1 Pengendalian Arus Lalu Lintas**

Isu pengendalian lalu lintas yang dikenal luas pada jaringan jalan utama antar kota dan dapat memanfaatkan teknologi ITS, meliputi:

##### **1. Pengendalian Lalu Lintas Persimpangan**

Pengendalian lalu lintas pada persimpangan sebidang dengan alat pengendali isyarat lalu lintas (APILL) dengan cara konvensional untuk persimpangan individual, masih banyak dilakukan. Cara ini, sistem pengendalian lampu sinyal berdasarkan time-of-day cycle timing untuk setiap waktu yang diberikan dari setiap arah pergerakan lalu lintas tertentu, berubah berdasarkan setting cycle-time yang sudah diprogram sebelumnya di dalam prosesor. Dalam rangka untuk mengubah pola siklus dan distribusi waktu, seseorang harus pergi ke sinyal dan secara manual mengubahnya.

Dewasa ini, sistem sinyal terpadu telah banyak yang menggunakan, terutama di kota-kota besar seperti Jakarta dan Bandung, serta lainnya.

Sistem sinyal yang terintegrasi memungkinkan otoritas perhubungan untuk mengkoordinasikan aliran lalu lintas di sepanjang jalan dengan mengendalikan waktu sinyal pada pengendali sinyal individual. Pengendalian dengan sistem adaptif (Adaptive and Advanced Signal Control Systems), adalah layanan pengendalian lalu lintas dari beberapa persimpangan secara terkoordinasi dalam satu koridor/zona tertentu yang sudah ditetapkan. Sistem kontrol tersebut terintegrasi dipusat kontrol TMC, sehingga pengaturan lalu lintas persimpangan secara dinamis dan terus-menerus. Parameter sinyal waktu untuk mendistribusikan waktu perkaki simpang dalam satu putaran waktu (cycle time) disesuaikan berdasarkan volume lalu lintas saat ini (real time).

Berdasarkan kajian beberapa literatur yang diterbitkan, adanya manfaat positif dari sistem kontrol lalu lintas adaptif terhadap sistem waktu tetap. Manfaat tersebut, antara lain; adanya penurunan akan waktu tempuh, penurunan akan waktu delay, penurunan jumlah kendaraan yang berhenti dipersimpangan, dan penurunan akan emisi gas buang kendaraan.

Sistem kontrol sinyal harus memiliki kemampuan untuk mengoptimalkan arus lalu lintas dengan mengatur lampu lalu lintas dan operasi koordinasi antara setiap sinyal untuk memaksimalkan orang dan throughput kendaraan dan meminimalkan delay melalui respon yang tepat terhadap perubahan pola permintaan.

## **2. Pengendalian Penggabungan Arus**

Untuk mengontrol kondisi lalu lintas pada ruas dan penggabungan ruas jalan yang mencapai kepadatan melebihi kapasitasnya dengan kecepatan rendah, dan/atau saat arus lalu lintas bergabung (seperti di on-ramp) dimana celah (gap) yang ada tidak sesuai dengan ketentuan, aliran lalu lintas saat itu akan membentuk turbulensi yang berdampak pada ketidak stabilan aliran sampai pada kondisi kemacetan dan atau kecelakaan lalu lintas. Untuk kondisi aliran lalu lintas seperti tersebut, merupakan saat-saat kritis. Cara penanganan yang paling sederhana tentunya dengan mengurangi asupan lalu lintas, melalui kontrol "ramp metering".

Ramp metering telah terbukti menjadi cara yang paling efektif dan efisien untuk mengontrol dan mencegah terbentuknya kemacetan atau kecelakaan lalu lintas. Ramp meter umumnya digunakan di jalan raya utama, yaitu pada daerah pelandaian (ramp). Pada daerah on-

ramp tersebut, dipasang APILL untuk mengatur asupan lalu lintas baik dari segi jumlah maupun frekwensi sesuai parameter sinyal yang telah ditentukan secara real time atau sesuai hasil data empiris dan kapasitas yang ada.



**Gambar 3.12** Contoh pemasangan ramp metering

### 3. Pengendalian Lajur Khusus

Apabila kondisi lalu lintas pada ruas jalan mendapat beban volume lalu lintas yang padat dengan kecepatan rendah serta berpotensi terjadinya kemacetan. Umumnya dengan kondisi lalu lintas seperti tersebut sering memberlakukan penggunaan lajur khusus, lajur khusus biasanya diperuntukan untuk jenis kendaraan besar atau berat, seperti; truck dan bus. Lajur khusus untuk kendaraan truck biasa digunakan pada segmen jalan dengan kelandaian menanjak. Untuk itu, diperlukan adanya pilihan kebijakan pengendalian lalu lintas, seperti;

- Memindahkan orang/penumpang sebanyak mungkin bukan kendaraan yang sebanyak mungkin, dan
- Kendaraan berat/truck yang bergerak sangat lambat, akan mengganggu kendaraan lain yang bisa mengembangkan kecepatan lebih tinggi.

Pengendalian lajur khusus, dapat membantu peningkatan kinerja sistem transportasi di permukaan jalan, seperti; kelancaran, keselamatan. Pada Gambar 3.13 contoh penggunaan lajur khusus untuk jenis kendaraan truck dan Gambar 3.14. untuk jenis kendaraan bus.



Gambar 3.13 Informasi penggunaan lajur khusus kendaraan berat (VMS)



Gambar 3.14 Informasi penggunaan lajur khusus Bus (VMS)

#### 4. Pengendalian Batas Kecepatan

Apabila pada satu segmen jalan berpotensi terjadinya kecelakaan baik untuk dirinya sendiri atau untuk pihak lain, seperti dikarenakan adanya:

- Elemen geometri jalan yang tidak sesuai dengan ketentuan teknis yang disyaratkan.
- Adanya fasilitas umum yang membangkitkan terjadinya pejalan kaki, seperti adanya; sekolah, rumah sakit, perdagangan, dan lainnya.

Pada segmen jalan dengan kondisi seperti tersebut, diperlukan kebijakan untuk memberlakukan pembatasan batas kecepatan. Pembatasan kecepatan kendaraan dapat membantu pengurangan jumlah kecelakaan lalu lintas atau dampak yang lebih fatal.

##### 3.4.8.2 Pengendalian Insiden

Insiden, adalah segala sesuatu kejadian di jalan yang mengakibatkan terjadinya hambatan dan atau kemacetan lalu lintas, umumnya disebabkan karena adanya kegiatan pekerjaan jalan, adanya kejadian kecelakaan lalu lintas, dan adanya kejadian akibat alam seperti; adanya banjir, hujan besar, longsor, amblas, dan lainnya. Kemacetan lalu lintas yang terjadi akibat dari adanya insiden, ini dikategorikan sebagai kemacetan tidak berulang.

## 1. Pengendalian Kecelakaan

Dalam perjalanan, kejadian kecelakaan bisa terjadi dimana saja dan kapan saja dan pelakunya bisa siapa saja. Penyebab terjadinya juga bisa disebabkan oleh bermacam sebab, bisa karena faktor; pengemudi/orang, kendaraan, jalan, atau lingkungan, itu semua sangat sulit untuk diperkirakan. Sebagai seorang ahli jalan raya atau keselamatan (safety) jalan bisa memperkirakan potensi terjadinya kecelakaan, atas pertimbangan dari kondisi geometri jalan dan lingkungan serta dari data pengalaman, seperti sudah teridentifikasinya daerah rawan kecelakaan (black-spot).

Ada dua bagian pengendalian kecelakaan lalu lintas di jalan, yaitu; pertama pengendalian yang sifatnya memberi informasi adanya lokasi yang membahayakan perjalanan pengguna jalan, kedua pengendalian yang sifatnya manajemen evakuasi korban dan mengurai aliran lalu lintas jika terjadi kemacetan lalu lintas. Pengendalian kecelakaan dapat membantu waktu evakuasi korban lebih cepat dan mengurangi dampak lebih fatal, serta mengurangi waktu keterlambatan perjalanan.

## 2. Pengendalian Kejadian Alam

Bencana akibat kejadian alam di badan jalan, seperti disebabkan adanya; banjir, longsor, amblas, asap atau lainnya, yang bisa menyebabkan terganggunya aliran lalu lintas sampai bisa terjadi kemacetan lalu lintas. Waktu kejadian bencana tersebut sangat sulit untuk bisa ditentukan, namun sebagai seorang ahli jalan raya atau bencana bisa memperkirakan potensi terjadinya kejadian alam yang membahayakan, atas pertimbangan dari kondisi topografi dan lingkungan serta dari data pengalaman, seperti sudah teridentifikasinya ciri-ciri gejala alam.

Pengendalian akibat adanya kejadian alam, lebih bersifat untuk memberi informasi kepada pengguna jalan dan pilihlah rute alternatif. Pengendalian akibat adanya bencana alam dapat; membantu pengurangan jumlah korban pelaku dan kejadian kemacetan lebih parah.

## 3. Pekerjaan Jalan

Adanya pekerjaan jalan, seperti; peningkatan, pemeliharaan, dan survei, kegiatan tersebut akan mengambil sebagian dari lajur lalu lintas, dan ini akan berdampak pada hambatan lalu lintas sampai dengan terjadinya kemacetan. Program kegiatan pelaksanaan pekerjaan jalan

dan dampak-dampaknya yang akan terjadi terhadap aliran lalu lintas sudah bisa diperkirakan.

Untuk menghindari hambatan lalu lintas lebih parah, pengendalian dan informasi kepada pengguna jalan perlu dilakukan. Pengendalian dan informasi akibat adanya kegiatan pekerjaan jalan, bisa membantu pengurangan jumlah korban pelaku kemacetan lalu lintas dan pilihan rute alternatif yang bisa dilakukan.

### **3.4.8.3 Fasilitas Pendukung Perjalanan**

Untuk bisa memberikan kenyamanan dan kepastian dalam perjalanan antar kota, perlu adanya dukungan informasi akan fasilitas pendukung bagi pelaku perjalanan, ini diperlukan manakala pelaku perjalanan membutuhkan fasilitas tersebut. Fasilitas pendukung yang umum sering dibutuhkan meliputi fasilitas seperti:

1. Bimbingan rute perjalanan (navigasi).
2. Tempat istirahat (rest area).
3. Pengisian bahan bakar.
4. Polisi.
5. Rumah sakit.
6. ATM dan Bank.
7. Benkel mobil (service).
8. Lokasi-lokasi fasilitas umum lainnya.

### **3.4.9 Integrasi Stakeholder**

Perencanaan dan pengoperasian teknologi ITS, yang melibatkan unsur lalu lintas (infrastruktur jalan, orang, dan kendaraan) dan dukungan lainnya seperti teknologi hardware dan software, akan banyak melibatkan stakeholder dan pihak-pihak lain, seperti; otoritas penyelenggara jalan (bina marga dan perhubungan darat), polisian, penyedia dan pengguna jasa transportasi, dan pabrik, serta pihak lain yang terlibat. Untuk memberikan keputusan dan arahan dalam menentukan tujuan, sasaran, dan kebijakan dalam proses perencanaan transportasi jalan yang sesuai dengan area wilayah layanan secara geografis yang spesifik dan independen, diperlukan keputusan yang konsensus diantara stakeholder terkait tersebut. Langkah untuk itu, adalah adanya wadah dan proses yang terintegrasi, ini penting karena diperlukan

peenyamaan kepentingan sektoral dan dukungan selanjutnya. Integrasi stakeholder ITS sebagai media untuk kerja sama dalam mempromosikan konsep, tugas, dan tanggung jawab siapa dan melakukan apa.

Langkah integrasi diperlukan untuk mendukung pembangunan dan penyebaran ITS, dengan tujuan yang diantaranya adalah:

- Untuk memperkenalkan portofolio teknologi ITS, dan menganalisis dampak-dampaknya;
- Untuk mengusulkan kerangka kerja yang dapat menilai kesiapan kelembagaan suatu daerah untuk membangun dan penyebaran ITS;
- Untuk menerapkan kerangka penyebaran dalam dua konteks area dan koridor jalan;
- Untuk mengembangkan rekomendasi, didasarkan pada kerangka ini, untuk transformasi kelembagaan secara area layanan atau koridor jalan.

Masalah kerja sama integrasi seringkali terbentur dengan hambatan-hambatan yang sulit untuk diatasi, terutama saat program pelaksanaan dimulai. Biasanya pada saat yang bersamaan, mereka hanya memaksakan diri dengan batas-batas birokrasi sektoral.

Bentuk integrasi stakeholder untuk kerja sama ini, harus bekerja dalam tiga dimensi, yaitu; secara struktur lembaga/institusi dan jajarannya secara horizontal, vertikal, dan kemitraan swasta.

#### **3.4.9.1 Integrasi Horisontal**

Integrasi horisontal antar stakeholder independen yang berada pada tingkatan hirarki yang sama (individu), baik pada tataran lokal, daerah, maupun nasional. Manakala suatu area layanan ITS secara geografis tertentu, bisa dalam batas-batas area kota, metropolitan, atau suatu koridor jalan. Integrasi horisontal tersebut, akan melibatkan pihak-pihak lain (area tetangga yang terliput manajemen lalu lintas), karena jaringan jalan bisa terjadi lintas batas administrasi.

Dalam lingkup kegiatan ITS, biasanya ada bagian-bagian yang berkaitan dengan aspek lain, seperti; infrastruktur jalan, lingkungan, penggunaan lahan, lalu lintas, transportasi, hukum, dan teknologi, serta lainnya. Integrasi horizontal pada dasarnya untuk menyatukan keahlian yang spesifik dan berbeda (independen), mereka memiliki pengaruh yang relatif sama.

Langkah ini, berarti ada dialog untuk melaksanakan pembangunan ITS di wilayah bersangkutan, untuk kerjasama dalam mengoptimalkan proses dan manfaat yang maksimal.

Pengalaman sering menunjukkan bahwa unsur stakeholder yang independen tetapi mempunyai pengaruh yang sama, lembaga ini sering tidak berinteraksi erat satu dengan lainnya.

### **3.4.9.2 Integrasi Vertikal**

Selain integrasi horizontal, integrasi vertikal adalah bentuk lain dari kerjasama yang harus dipertimbangkan saat pembangunan ITS. Integrasi vertikal mengacu pada struktural organisasi institusi itu sendiri dari pusat sampai daerah, dalam berbagai tingkatan pemerintahan, seperti; nasional, daerah, dan lokal. Dalam kegiatan ITS sering melibatkan instansi berkaitan dalam kebijakan, misalnya; pembiayaan apakah dibebankan kepada pemerintah nasional, daerah, atau lokal dalam saat pembangunan atau operasionalnya. Masalah kebijakan tersebut perlu upaya yang harus dikoordinasikan, agar penyebaran aplikasi ITS tersebut, bisa mencapai manfaat maksimal.<sup>9</sup>

Di negara berkembang, kadang-kadang komunikasi secara vertikal merupakan salah satu masalah. Pemerintah nasional cenderung menetapkan suatu kebijakan dengan tujuan tertentu tanpa masukan dari tingkat pemerintahan yang lebih rendah. Padahal tujuan daerah mungkin sangat berbeda dari tujuan nasional, untuk keberhasilan pelaksanaan ITS, tujuan dari semua tingkat pemerintahan harus selaras.

Untuk memfasilitasi proses tersebut di atas, banyak negara telah mengembangkan, atau sedang dalam proses pengembangan, dimana konsep arsitektur nasional ITS yang ditetapkan untuk memandu dalam implementasi. Maka dalam menetapkan pilihan bentuk arsitektur ITS, yang sudah mengakomodasi aspek standarisasi, terminologi, elemen fisik, dan arus informasi, serta konsekuensi tugas dan tanggung jawab. Untuk itu dalam menetapkan pilihan bentuk arsitektur ITS, semua stakeholder harus sudah konsensus. Dalam aplikasi bisa melibatkan beberapa lapisan pemerintah, maka integrasi vertikal adalah penting untuk keberhasilan.

Kepemimpinan dan komunikasi merupakan tantangan untuk mencapai integrasi vertikal, banyak strategi yang sama untuk mencapai integrasi horizontal dapat digunakan untuk mencapai integrasi vertikal. Selain itu, penciptaan arsitektur ITS nasional sangat membantu dalam mengembangkan strategi terkoordinasi secara top-down.

Di masa depan, diperlukan upaya-upaya untuk mengkoordinasikan secara integrasi internasional, yang dijabarkan lagi pada tataran ITS nasional, daerah, sampai pada tataran lokal. Integrasi seperti itu, adanya potensi untuk bisa dilakukan.

### **3.4.9.3 Kemitraan Swasta**

Teknologi ITS, baik hardware maupun software akan melibatkan pihak-pihak lain di luar otoritas penyelenggara jalan/lalu lintas, ini akan melibatkan kemitraan pihak publik/swasta. Pihak otoritas jalan/lalu lintas, tidak mendalami atau berbeda dalam disiplin ilmu terutama pada aspek pengembangan dan pengelolaan sistem infrastruktur alat, seperti; sensor lalu lintas, sinyal isyarat lalu lintas, pengumpulan tol, media informasi, dan lainnya.

Otoritas penyelenggara jalan/lalu lintas mempunyai konsep pada manajemen lalu lintas termasuk teknologi ITS, dan pihak swasta yang mengadakan dari berbagai jenis komponen yang dibutuhkan. Untuk itu, kedua belah pihak perlu untuk bekerja sama untuk mencapai keberhasilan yang optimal. Sebagai contoh kerja sama; komponen infrastruktur pengumpulan data untuk sistem informasi bagi pengguna jalan yang dapat diinstal oleh pihak swasta, dan informasinya disebarakan melalui saluran pihak swasta lain.

Selain persyaratan teknis yang spesifik, beberapa keuntungan lain untuk kemitraan publik/swasta dalam aplikasi teknologi ITS, tanpa kerjasama pihak swasta pembangunan dan pengoperasian akan sangat mahal bagi otoritas untuk membiayai sendiri.

### **3.4.10 Standar**

Perangkat alat elemen-elemen teknologi ITS mulai dari traffic data collection, traffic management center, dan media informasi, itu semua bisa diproduksi oleh berbagai penyedia (industri) yang masing-masing akan mengeluarkan spesifikasi yang berbeda walaupun tujuan dan caranya sama. Perbedaan sistem kerja setiap komponen karena diproduksi oleh sumber yang berbeda. Maka standarisasi elemen alat, memiliki peran penting dalam sistem perangkat teknologi ITS untuk semua fase operasi termasuk desain, antarmuka, kerangka kerja, kinerja, metodologi, dan terminologi. Untuk mencapai tujuan membangun sistem perangkat alat teknologi ITS yang sesuai dengan tujuan semula, maka sarana tersebut harus saling kompatibilitas.

Untuk itu, maka konsensus dalam standar perangkat teknologi ITS, adalah kesepakatan sukarela yang dibentuk oleh industri, pemerintah, pengguna, dan organisasi pengembangan standar seperti SNI. Hal ini akan mengurangi potensi mubazir dan membingungkan, terminologi (kamus data) di ATIS harus distandardisasi sehingga orang memahami pengukuran dan bentuk sistem informasi.

Contoh aspek teknologi yang membutuhkan standar, seperti; ATIS, peta, pengumpulan tol elektronik, dan frekwensi komunikasi dan termasuk data base. Misalnya data base, ini harus standar sehingga setiap jenis perangkat bantuan navigasi dapat mengakses semua jenis database.

Standarisasi internasional dalam ITS, di bawah payung Organisasi Internasional untuk Standardisasi (ISO), adalah ISO / TC 22 (di dalam kendaraan transportasi informasi dan sistem kontrol) dan ISO / TC 204 (transportasi informasi dan sistem kontrol).





## ■ 4. Pemilihan Teknologi ITS Jalan Antar Kota

---

### 4.1 Pemilihan Teknologi ITS

Berbagai permasalahan yang terjadi pada sistem transportasi jalan antar kota, yang diakibatkan oleh keterbatasan sumber daya yang ada pada setiap aspek; infrastruktur jalan, lalu lintas, lingkungan, dan pengendalian jalan dan lalu lintas yang dilakukan, menyebabkan sistem transportasi tersebut yang tidak efisien, seperti ditunjukkan dengan hasil kinerja lalu lintas yang terjadi di permukaan jalan, yaitu; mobilitas yang rendah, sering terjadi hambatan dan kemacetan lalu lintas, dan sulitnya untuk memperkirakan waktu tempuh yang akan dicapai.

Dengan melihat permasalahan sistem transportasi jalan yang ada dan potensi jika menerapkan layanan transportasi jalan dengan teknologi ITS, bahwa kinerja sistem transportasi akan lebih baik dalam hal; meningkatkan keselamatan, meningkatkan mobilitas, meningkatkan kelancaran, dan cenderung teknologi yang digunakan memiliki manfaat terhadap lingkungan dan penggunaan energi bahan bakar kendaraan. Secara keseluruhan penerapan teknologi ITS tersebut menjadikan sistem transportasi jalan lebih efisien.

Namun persoalannya bagaimana memilih jenis layanan teknologi tersebut, yang sesuai dengan konten masalah yang ada baik dari aspek teknis dan non-teknis, serta sejauhmana dampak-dampak negatifnya bisa dikurangi. Seperti dijelaskan diawal, bahwa fokus utama pembahasan layanan teknologi ITS lebih pada area dalam mengoptimalkan infrastruktur jalan dan lalu lintas yang ada, agar lebih produktif. Dengan pola pikir, bahwa permasalahan sistem transportasi jalan tersebut sering terjadi dan bisa ditangani dengan cara yang terbaik yang bisa dilakukan. Pada bab ini, akan menguraikan pilihan-pilihan teknologi dari layanan teknologi ITS yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna jalan antar kota, seperti menyangkut kebutuhan akan; informasi waktu perjalanan, informasi rute perjalanan, informasi kejadian insiden, dan informasi pendukung perjalanan jasa.

Tabel di bawah ini, adalah list dari beberapa skenario kejadian lalu lintas dan kebutuhan informasi bagi pengguna jalan dengan memanfaatkan layanan teknologi ITS, tahapan yang dilakukan merupakan metode yang khas untuk memenuhi kebutuhan informasi tersebut. Pada Tabel 4.1 menguraikan pemilihan teknologi ITS pada lingkup pengendalian lalu lintas, sedang pada Tabel 4.2 menguraikan pemilihan teknologi ITS pada lingkup manajemen insiden, dan Tabel 4.3 menguraikan pemilihan teknologi ITS pada lingkup fasilitas pendukung perjalanan. Ini, dimaksudkan untuk memberi panduan bagi para praktisi di lapangan jika ingin menerapkan layanan teknologi ITS untuk jaringan antar kota.

**Tabel 4.1**  
**Masalah dan Pilihan Teknologi ITS Pada Lingkup Pengendalian Lalu Lintas.**

No.	Obyek Kejadian	Sekala Gangguan	Jenis Penanganan	Sistem Kerja	Jenis dan Media Informasi	Jenis Perangkat Alat
1	Integrasi dan kontrol lalu lintas persimpangan sebidang.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dalam satu koridor jalan bisa ada lebih dari satu persimpangan.</li> <li>Delay/antrian lalu lintas di persimpangan yang tinggi.</li> <li>Kategori kejadian berulang.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Persimpangan dikendalikan dengan APILL.</li> <li>Beberapa persimpangan dengan APILL dikoordinasikan, seperti system SCATS, melalui pusat analisis/ kendali lalu lintas (TMC).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tetapkan criteria parameter delay dan kecepatan bergerak</li> <li>Sensor data lalu lintas dilakukan dengan Adaptive and Advanced Signal Control Systems.</li> <li>Data lalu lintas dikirim ke TMC secara real time.</li> <li>TMC dengan fungsinya untuk menganalisa data lalu lintas menjadi pengendalian lalu lintas pada APILL dan informasi kepada pengguna jalan.</li> </ul>	<p><b>Jenis informasi:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Adanya persimpangan yang diatur dengan APILL...</li> <li>Waktu tempuh perjalanan dalam satu koridor jalan.</li> <li>Kecepatan kendaraan yang disarankan.</li> </ul> <p><b>Media informasi:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rambu elektronik (VMS).</li> <li>Lainnya sesuai kebutuhan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensor data lalu lintas.</li> <li>Perangkat APILL.</li> <li>Rambu elektronik.</li> <li>Pusat kendali lalu lintas (TMC).</li> </ul>

2	Penggabungan arus.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terjadi kepadatan lalu lintas dengan kecepatan rendah, pada ruas jalan setelah on-ramp.</li> <li>• Jarak celah untuk penggabungan arus lalu lintas tidak terpenuhi.</li> <li>• Sering terjadi kecelakaan pada area penggabungan arus.</li> <li>• Katagori kejadian berulang.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diinformasi kepada pengguna jalan, tentang kondisi lalu lintas.</li> <li>• Pengendalian asupan lalu lintas dengan dipasang ramp metering pada on ramp.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tetapkan criteria parameter kepadatan dan jarak minimum untuk penggabungan arus.</li> <li>• Sensor data lalu lintas dilakukan dengan Adaptive and Advanced Signal Control Systems.</li> <li>• Data lalu lintas dikirim ke TMC secara real time atau diproses langsung ditempat.</li> <li>• TMC dengan fungsinya untuk menganalisa data lalu lintas menjadi pengendalian lalu lintas pada ramp meter/APILL dan informasi kepada pengguna jalan.</li> <li>• Pengendalian bisa diintegrasikan dengan ramp metering lainnya yang berdekatan dan dimonitor dan dikendalikan dari pusat kendali lalu lintas (TMC).</li> </ul>	<p><b>Jenis informasi:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adanya penggabungan arus lalu lintas atau.</li> <li>• Adanya pengendalian lalu lintas dengan ramp metering.</li> </ul> <p><b>Media informasi:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rambu elektronik (VMS).</li> <li>• Lainnya sesuai kebutuhan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor data lalu lintas.</li> <li>• Perangkat Ramp Metering/ APILL.</li> <li>• Rambu elektronik.</li> <li>• Pusat control lalu lintas.</li> </ul>
3	Lajur khusus.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terjadi kepadatan lalu lintas dengan kecepatan rendah.</li> <li>• Komposisi jenis kendaraan berat dan besar cukup tinggi.</li> <li>• Kelandaian jalan curam.</li> <li>• Kesulitan untuk mendahulu jenis kendaraan besar atau berat (bus dan truck).</li> <li>• Katagori kejadian berulang.</li> </ul>	<p>Perlu diberlakukan kebijakan, seperti;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memindahkan orang/penumpang sebanyak mungkin, bukan memindahkan kendaraan sebanyak mungkin.</li> <li>• Kendaraan berat seperti truck, tidak mengganggu kendaraan lain yang bisa mengembangkan kecepatan lebih tinggi.</li> <li>• Dengan alasan tersebut, maka diberlakukan adanya lajur khusus bus atau truck.</li> <li>• Diinformasi kepada pengguna jalan, tentang kondisi lalu lintas melalui pusat kendali lalu lintas (TMC).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tetapkan criteria parameter kepadatan dan jumlah lajur minmum.</li> <li>• Sensor data lalu lintas, seperti; automatic traffic counting atau CCTV.</li> <li>• Data dab monitor CCTV menginformasikan terjadi kepadatan lalu lintas.</li> </ul>	<p>Jenis informasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adanya penggunaan lajur khusus.</li> </ul> <p>Media informasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rambu elektronik (VMS).</li> <li>• Lainnya sesuai kebutuhan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor data lalu lintas.</li> <li>• Rambu elektronik.</li> <li>• Pusat kendali lalu lintas.</li> </ul>

4	Pembatasan batas kecepatan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terjadi ketidaksesuaian elemen geometri jalan dengan ketentuan yang disyaratkan.</li> <li>• Lingkungan/guna lahan sisi jalan yang tidak mendukung untuk berkecepatan tinggi, seperti; sekolah/perdagangan, dll.</li> <li>• Sering terjadi kecelakaan lalu lintas.</li> <li>• Fatalitas akibat kecelakaan tinggi/parah.</li> <li>• Katagori kejadian berulang.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diberlakukan pembatasan kecepatan untuk satu koridor atau segmen jalan tertentu.</li> <li>• Batas kecepatan yang disarankan disesuaikan dengan kondisi setempat dan dampak kecelakaan yang mungkin terjadi.</li> <li>• Diinformasi kepada pengguna jalan, tentang kondisi lalu lintas melalui pusat kendali lalu lintas (TMC).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifikasi kondisi infrastruktur jalan, lalu lintas, dan lingkungan, apakah diperlukan pembatasan kecepatan.</li> <li>• Jika diperlukan seberapa panjang area pembatasan.</li> <li>• Menginformasikan adanya pengendalian batas kecepatan lalu lintas kepada pengguna jalan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rambu elektronik (VMS).</li> <li>• Lainnya sesuai kebutuhan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rambu elektronik.</li> <li>• Pusat kendali lalu lintas.</li> </ul>
---	-----------------------------	---	--	--	--	---

**Tabel 4.2**  
**Masalah dan Pilihan Teknologi ITS Pada Lingkup Manajemen Insiden.**

No.	Obyek Kejadian	Sekala Gangguan	Jenis Penanganan	Sistem Kerja	Jenis dan Media Informasi	Jenis Perangkat Alat
1	Pengendalian kecelakaan lalu lintas berulang.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sering terjadi kecelakaan.</li> <li>• Akibat kejadian kecelakaan berpotensi terjadinya hambatan sampai dan/atau kemacetan lalu lintas.</li> <li>• Lokasi sudah teridentifikasi dari pengalaman atau dinyatakan sebagai daerah black spot.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimonitor dengan CCTV, terintegrasi dengan pusat kendali lalu lintas.</li> <li>• Diperlukan pengendalian lalu lintas setelah kejadian sampai kembali dalam keadaan normal.</li> <li>• Menyediakan rute alternatif.</li> <li>• Pemasangan rambu sementara.</li> <li>• Diinformasi kepada pengguna jalan, tentang kondisi lalu lintas melalui pusat kendali lalu lintas (TMC).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil monitor CCTV, dianalisa dipusat kendali lalu lintas (TMC), menghasilkan informasi meliputi lokasi, sekala gangguan/dampak, dan manajemen lalu lintas yang diperlukan.</li> <li>• Informasi disebar ke; operator tanggap darurat (pengguna jalan, medis, polisi, dan pemadam kebakaran).</li> <li>• Bentuk pengendalian lalu lintas (Perambuan lalu lintas sementara).</li> </ul>	<p><b>Jenis informasi:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adanya kejadian kecelakaan (lokasi kejadian dan petunjuk yang harus dilakukan pengguna jalan, meliputi perkiraan waktu pemulihan, rute alternative, dan tata tertib lalu lintas).</li> </ul> <p><b>Media informasi:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rambu elektronik (VMS).</li> <li>• Lainnya sesuai kebutuhan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CCTV atau Sensor data lalu lintas.</li> <li>• Rambu elektronik.</li> <li>• Perlengkapan jalan lainnya.</li> <li>• Fasilitas komunikasi di sisi jalan</li> <li>• Pusat kendali lalu lintas.</li> </ul>

2	Pengendalian kecelakaan lalu lintas tidak berulang.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akibat kejadian kecelakaan akan berpotensi terjadinya hambatan sampai kemacetan lalu lintas.</li> <li>• Lokasi kejadian bisa terjadi dimana saja.</li> <li>• Waktu kejadian bisa terjadi kapan saja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secara teknis memonitor kejadian kecela lalu lintas tidak berulang, kesulitan akan sumber daya.</li> <li>• Informasi adanya kejadian kecelakaan bisa lewat pengemudi, masyarakat, atau petugas yang ada ditempat kejadian.</li> <li>• Informasi disampaikan ke pusat pengendali lalu lintas, via telepon dan lainnya.</li> <li>• Pemasangan rambu sementara.</li> <li>• Diinformasi kepada pengguna jalan, tentang kondisi lalu lintas melalui VMS dari pusat kendali lalu lintas (TMC).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TMC mendapat informasi secara manual, dianalisis untuk menghasilkan informasi, meliputi; lokasi, sekala gangguan, dampak, dan rute alternative (manajemen lalu lintas).</li> <li>• Informasi disebar ke; pengguna jalan, operator tanggap darurat (medis, polisi, dan pemadam kebakaran).</li> <li>• Bentuk pengendalian lalu lintas.</li> </ul>	<p>Jenis informasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adanya kejadian kecelakaan (lokasi dan petunjuk yang harus dilakukan pengguna jalan).</li> </ul> <p>Media informasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rambu elektronik (VMS) portable.</li> <li>• Lainnya sesuai kebutuhan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rambu elektronik.</li> <li>• Perlengkapan jalan lainnya.</li> <li>• Pusat kendali lalu lintas.</li> </ul>
3	Pengendalian kejadian alam.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potensi kejadian alam, seperti; banjir, longsor, amblas, hujan, gunung meletus di Indonesia cukup tinggi.</li> <li>• Dampak dari kejadian alam tersebut, dengan sekala ringan sampai dengan besar, terhadap terjadinya hambatan sampai dengan terjadi kemacetan lalu lintas atau jalan ditutup.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimonitor dengan CCTV apabila lokasi sudah teridentifikasi, terintegrasi dengan pusat kendali lalu lintas.</li> <li>• Atau mendapat informasi dari pihak lain, tentan terjadinya kejadian alam.</li> <li>• Diperlukan pengendalian lalu lintas setelah kejadian sampai kembali dalam keadaan normal.</li> <li>• Menyediakan rute alternative.</li> <li>• Pemasangan rambu sementara.</li> <li>• Diinformasi kepada pengguna jalan, tentang kondisi lalu lintas melalui pusat kendali lalu lintas (TMC).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil monitor CCTV dan informasi manual lainnya, dianalisa dipusat kendali lalu lintas (TMC), untuk menghasilkan informasi meliputi lokasi, sekala gangguan/ dampak, dan manajemen lalu lintas.</li> <li>• Informasi disebar ke; operator tanggap darurat (pengguna jalan, medis, polisi, dan pemadam kebakaran).</li> <li>• Bentuk sistem pengendalian lalu lintas.</li> </ul>	<p>Jenis informasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adanya kejadian bencana alam (lokasi kejadian dan petunjuk yang harus dilakukan pengguna jalan, meliputi perkiraan waktu pemulihan, rute alternative, dan tata tertib lalu lintas).</li> </ul> <p>Media informasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rambu elektronik (VMS).</li> <li>• Lainnya sesuai kebutuhan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rambu elektronik.</li> <li>• Perlengkapan jalan lainnya.</li> <li>• Pusat kendali lalu lintas.</li> <li>• Fasilitas komunikasi di sisi jalan.</li> <li>• Peta dasar jaringan jalan dan evakuasi.</li> </ul>

4	Pekerjaan jalan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerjaan jalan, seperti; peningkatan, pemeliharaan, survey, dan lainnya bisa terjadi mana dan kapan saja.</li> <li>• Dampak dari pekerjaan jalan tersebut, dimulai dari skala ringan sampai dengan besar, terhadap terjadinya hambatan sampai atau kemacetan lalu lintas.</li> <li>• Pada dasarnya program pelaksanaan pekerjaan jalan, oleh otoritas bisa direncanakan sampai pada dampak terhadap lalu lintas yang akan terjadi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengendalian lalu lintas selama pekerjaan sampai kembali dalam keadaan normal.</li> <li>• Pemasangan rambu sementara.</li> <li>• Menyediakan rute alternative.</li> <li>• Diinformasi kepada pengguna jalan, tentang kondisi lalu lintas dengan VMS atau media lainnya melalui pusat kendali lalu lintas (TMC).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentuk sistem pengendalian lalu lintas (sekala dampak, waktu, dan manajemen lalu lintas sementara).</li> <li>• Merencanakan perambuan sementara.</li> </ul>	<p>Jenis informasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adanya pekerjaan jalan (lokasi kejadian dan petunjuk yang harus dilakukan pengguna jalan).</li> </ul> <p>Media informasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rambu elektronik (VMS).</li> <li>• Perambuan sementara.</li> <li>• Lainnya sesuai kebutuhan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rambu elektronik.</li> <li>• Perlengkapan jalan lainnya.</li> <li>• Pusat kendali lalu lintas.</li> </ul>
---	------------------	---	---	--	--	--

**Tabel 4.3**

**Masalah dan Pilihan Teknologi ITS Pada Lingkup Fasilitas Pendukung Perjalanan**

No.	Obyek Kejadian	Jenis Penanganan	Sistem Kerja	Jenis dan Media Informasi	Jenis Perangkat Alat
1	Bimbingan rute perjalanan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disediakan peta jaringan jalan, yang memberikan informasi tentang: rute alternatif, data tentang jalan (fungsi jalan, kelas jalan, jarak tempuh per pusat aktivitas/kota).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inpentarisasi data jalan.</li> <li>• Informasi tentang rute perjalanan, bisa disampaikan melalui: Internet/ geogravis position system (GPS), Telepon seluler, dan lainnya.</li> </ul>	<p>Jenis informasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informasi tentang alternative ruteperjalanan, berikut data-data pendukungnya, seperti; jarak tempuh, fungsi jalan, kelas jalan.</li> </ul> <p>Media informasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rambu elektronik (VMS).</li> <li>• Internet.</li> <li>• Telepon seluler.</li> <li>• Lainnya sesuai kebutuhan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rambu elektronik.</li> <li>• Telepon seluler.</li> <li>• GPS.</li> </ul>
2	Lokasi penting, seperti: 1.Tempat istirahat (rest area). 2.Polisi. 3.Rumah sakit. 4.ATM atau Bank. 5.POM Bahan Bakar. 6.Bengkel Mobil (Service).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disediakan peta lokasi fasilitas pendukung perjalanan, meliputi fasilitas-fasilitas pendukung yang diperlukan;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventarisasi jenis dan lokasi fasilitas pendukung perjalanan.</li> <li>• Informasi tentang lokasi fasilitas, bisa disampaikan melalui: Internet/ geogravis position system (GPS), Telepon seluler, dan lainnya.</li> </ul>	<p>Jenis informasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informasi tentang lokasi dan jarak tempat fasilitas pendukung perjalanan.</li> </ul> <p>Media informasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rambu elektronik (VMS).</li> <li>• Internet.</li> <li>• Telepon seluler.</li> <li>• Lainnya sesuai kebutuhan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rambu elektronik.</li> <li>• Telepon seluler.</li> <li>• GPS.</li> </ul>

Catatan:

• Penggunaan media informasi kepada pengguna jalan, seperti; rambu elektronik (VMS), radio, telepon seluler, internet, dan lainnya. Ini disesuaikan dengan kebutuhan dan sumber daya yang tersedia.

## 4.2 Tahap Pemetaan

Teknologi ITS merupakan upaya untuk memanfaatkan teknologi dalam meningkatkan kinerja sistem transportasi pada berbagai lingkup layanan transportasi. Pada lingkup transportasi jalan pada pembahasan buku ini, yang difokuskan pada lingkup untuk mengoptimalkan jaringan jalan dan lalu lintas yang ada (existing) untuk lebih produktif dan efisien.

Seperti uraian sebelumnya, bahwa kebutuhan pengguna jalan dalam melakukan perjalanan di jaringan jalan antar kota, dimana variabel “Waktu tempuh” perjalanan menjadi kebutuhan utama. Dengan variabel tersebut, sudah bisa mencerminkan kinerja variabel lalu lintas lainnya, seperti; keselamatan, mobilitas, kelancaran, dan membaiknya lingkungan sisi jalan yang diakibatkan oleh lalu lintas.

Baik buruknya variabel waktu tempuh perjalan, sangat ditentukan keberadaan dan intensitas penyebab hambatan dan kemacetan lalu lintas yang terjadi disempanjang rute perjalanan. Untuk itu, dalam rangka solusi penanganan masalah buruknya waktu tempuh yang akan ditangani dengan manajemen lalu lintas dengan menerapkan teknologi ITS, perlu pentahapan, seperti; inventarisasi permasalahan sistem transportasi, identifikasi masalah, pemilihan parameter desain, dan pengawasan.

Pada tahap pemetaan, penetapan tujuan dan sasaran harus didefinisikan terlebih dahulu, maka sistem harus dirancang untuk memenuhi tujuan dan sasaran tersebut. Dimaksudkan untuk memberikan gambaran tentang proses pengambilan perencanaan yang harus dilakukan, mulai dari merencanakan, merancang, dan menginstal sistem operasional.

### 4.2.1 Tahap Inventarisasi Masalah Lalu lintas

Tahap inventarisasi masalah lalu lintas, merupakan tahap pengumpulan data-data pendukung dan lokasi yang sering menjadikan kemacetan atau kecelakaan lalu lintas (blackspot). Informasi tersebut, bisa didapat dari hasil pelaporan petugas atau hasil observasi langsung. Berikut ini, pada Tabel 4.4 tahapan langkah-langkah dalam pengumpulan data.

**Tabel 4.4 Inventarisasi Masalah Sistem Transportasi Jalan.**

No.	Kegiatan	Keterangan
1	Inventarisasi masalah sistem transportasi jalan, seperti; hambatan, kemacetan, dan kecelakaan lalu lintas.	Mengumpulkan data-data tentang lokasi bermasalah di lapangan dan data penunjang terkait langsung dengan masalah dan bentuk penanganan.
2	Siapkan peta jaringan jalan yang sudah terklasifikasi atas unsur; sistem jaringan jalan, fungsi jalan, dan kelas jalan;	Sebagai bahan kebijakan dalam menetapkan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skala prioritas penanganan.</li> <li>• Alternatif pilihan bentuk penanganan.</li> <li>• Mengetahui status jalan (pengelola).</li> </ul>
3	Siapkan peta pola pergerakan lalu lintas;	Sebagai bahan kebijakan dalam menetapkan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengetahui arah pergerakan lalu lintas</li> </ul>
5	Siapkan data geometri jalan;	Sebagai bahan kebijakan dalam menetapkan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapasitas dasar dan operasional.</li> <li>• Lokasi dan jarak penempatan elemen/ perangkat ITS.</li> <li>• Rekayasa lalu lintas.</li> </ul>
6	Siapkan peta/data pembebanan lalu lintas untuk setiap ruas jalan;	Sebagai bahan kebijakan dalam menetapkan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapasitas dasar dan operasional.</li> <li>• Manajemen lalu lintas.</li> </ul>
7	Tetapkan lokasi yang sering terjadi kemacetan lalu lintas atau lokasi yang sering terjadi kecelakaan lalu lintas (Blackspot);	Sebagai bahan kebijakan dalam menetapkan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skala prioritas penanganan.</li> <li>• Mengintegrasikan dari berbagai jenis pelayanan teknologi ITS.</li> </ul>
8	Siapkan data lokasi berbagai jenis fasilitas pendukung perjalanan, seperti; rumah sakit, polisi, atm, rumah makan, pom bensin, dan lainnya;	Sebagai bahan kebijakan dalam menetapkan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengetahui jumlah dan lokasi layanan teknologi ITS.</li> </ul>

#### 4.2.2 Tahap Identifikasi Masalah

Setelah terinventarisasi data-data terkait dengan sering terjadinya kemacetan atau kecelakaan lalu lintas, tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi permasalahan, berkaitan dengan penyebab dan dampak-dampak yang bisa ditimbulkan. Berikut ini pada Tabel 4.5, menguraikan tentang kegiatan dalam mengidentifikasi, adalah sebagai berikut;

**Tabel 4.5 Identifikasi Masalah Sistem Transportasi Jalan.**

No.	Kegiatan	Keterangan
1	Identifikasi masalah sistem transportasi jalan.	Merumuskan latar belakang persoalan yang dialami oleh system transportasi jalan di perkotaan, yang diakibatkan oleh ketidak siapan infrastruktur jalan dan lingkungan terhadap permintaan lalu lintas.

2	Identifikasi kondisi yang ada sekarang (existing).	<p>Merumuskan hal-hal berikut ini:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penyebab hambatan atau kemacetan lalu lintas.</li> <li>• Skala hambatan atau kemacetan lalu lintas.</li> <li>• Lama kejadian.</li> <li>• Dampak yang ditimbulkan.</li> <li>• Keterlibatkan pihak lain, non teknis.</li> <li>• Ada kebutuhan informasi lokasi aspek pendukung perjalanan.</li> </ul>
3	Identifikasi langkah penanganan.	<p>Merumuskan hal-hal berikut ini:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perlu tidaknya penanganan masalah dilakukan dengan teknologi ITS, jika Ya, selanjutnya.</li> <li>• Jenis layanan teknologi ITS apa yang akan dilakukan.</li> <li>• Buat konsep system arsitektur ITS dari unsur-unsur ITS.</li> <li>• Buat konsep dan simulasikan masalah dan penanganan ditinjau dari aspek manajemen lalu lintas dan traffic engineering.</li> <li>• Buat flowchart proses secara arsitektur ITS.</li> <li>• Jika diperlukan dan berpotensi informasi aspek pendukung perjalanan, bias dilakukan.</li> <li>• Membuat keputusan jenis pengendalian dan bentuk informasi yang disampaikan kepada pengguna jalan.</li> <li>• Dan tahap lainnya.</li> </ul>

### 4.2.3 Tahap Pemilihan Parameter Desain

Setelah ditetapkannya lokasi yang bermasalah (hambatan dan kemacetan lalu lintas) dan sudah diidentifikasi dan dirumuskan dari setiap lokasi masalah. Tahap selanjutnya adalah menetapkan nilai parameter desain dari setiap analisis pembentuk masalah dan penanganan, diuraikan pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6 Kriteria Pemilihan Parameter Desain**

No.	Kegiatan	Keterangan
1	Pemilihan parameter desain.	Menetapkan besaran nilai yang dipakan untuk menetapkan kondisi yang terjadi dan yang direncanakan (penanganan).
2	Penetapan kriteria hambatan atau kemacetan lalu lintas existing.	<p>Merumuskan dan menetapkan hal-hal berikut ini, pada ruas jalan atau spot/persimpanagan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berapa waktu tempuh normal yang dibutuhkan.</li> <li>• Berapa waktu tempuh yang bermasalah.</li> <li>• Metoda yang dolakuka dari hasil survey waktu tempuh yang didalamnya terdiri atas running speed dan delay.</li> </ul>

3	Penetapan peramalan umur rencana dari penanganan dengan menerapkan teknologi ITS.	Merumuskan hal-hal berikut ini: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menetapkan criteria nilai variable lalu lintas rencana (kecepatan, volume, headway).</li> <li>• Menetapkan umur rencana dari penanganan yang diambil.</li> </ul>
---	---	---

#### 4.2.4 Tahap Monitoring dan Evaluasi

Setelah tahapan mulaim dari perencanaan sampai dengan pembangunan, tahap selanjutnya adalah tahap monitoring dan evaluasi. Tahap ini, akan memberikan informasi yang dibutuhkan untuk melakukan fungsi-fungsi elemen, akan diuraikan pada Tabel 4.7. di bawah ini.

**Tabel 4.7 Monitoring dan Evaluasi**

No.	Kegiatan	Keterangan
1	Monitoring dan evaluasi	Memonitor dan mengevaluasi dampak lalu lintas yang terjadi dan sistem kerja perangkat teknologi ITS.
2	Mengukur kondisi lalu lintas dan lingkungan yang terjadi di lapangan (setelah operasi).	Memonitor dan menganalisis variabel kinerja lalu lintas sesuai dengan tujuan semula, seperti pada: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, dan rasio volume dibagi kapasitasnya (derajat kejenuhan).</li> <li>• Waktu tempuh perjalanan.</li> </ul>
3	Monitoring kinerja sistem, sub-sistem, dan fungsi pendukung lainnya (setelah operasi).	Memonitor apakah sistem teknologi telekomunikasi dan informasi berjalan sesuai tujuan, seperti yang ada pada masing-masin elemen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Traffic data collection</i> menjalankan fungsinya.</li> <li>• <i>Traffic monitoring center</i> menjalankan fungsinya.</li> <li>• Rambu elektronik (VMS) menjalankan fungsinya.</li> </ul>

### 4.3 Integrasi Layanan ITS

Area manajemen lalu lintas, bisa mencakup area secara jaringan wilayah atau koridor/ruas jalan. Untuk mengefisienkan manajemen operasional, maka semua jenis layanan teknologi ITS, seperti; pengendalian persimpangan, ramp metering, penerapan lajur khusus, batas kecepatan, informasi fasilitas perjalanan, dan lainnya yang ada pada satu kewenangan otoritas tertentu bisa diintegrasikan dalam satu pusat kontrol seperti TMC. Aplikasi layanan teknologi ITS, bisa saja diselesaikan secara lokal mulai dari koleksi data, dianalisis di server sendiri lalu diinformasikan melalui VMS atau isyarat lalu lintas lainnya.

## ■ 5. Penutup

---

Jalan utama antar kota berfungsi arteri primer dewasa ini di Indonesia, merupakan jalan yang strategis sebagai pendukung utama dalam peningkatan pembangunan; sosial, ekonomi, dan pengembangan wilayah. Untuk itu prasarana transportasi jalan tersebut, harus bisa memberikan layanan yang optimal dalam operasionalnya, seperti terpenuhinya akan; keselamatan, mobilitas, kelancaran, ekonomis, dan berdampak minimal terhadap kerusakan lingkungan, serta efisien. Berbagai persoalan infrastruktur jalan dan lalu lintas dengan penanganan yang tidak optimal karena keterbatasan sumberdaya yang ada. Dari permasalahan sistem transportasi jalan yang ada, dimana hasil kajian ini mengindikasikan bahwa, di Negara berkembang termasuk di Indonesia bahwa, salah satu penyebabnya adalah tidak efisiennya dalam mengoperasikan infrastruktur jalan dan lalu lintas yang ada.

Era masyarakat modern, bahwa efisiensi dalam semua proses kegiatan merupakan tuntutan dan kebutuhan, dan itu hampir sudah diterapkan disemua aspek kegiatan, begitu juga pada aspek transportasi jalan. Jadi dalam manajemen lalu lintas dengan menerapkan teknologi ITS merupakan kebutuhan sekarang dan akan datang. Ini, didorong dengan kemajuan teknologi; elektronik, komputer, dan komunikasi dalam beberapa tahun terakhir ini, telah merubah semua sistem kerja kegiatan termasuk memfasilitasi untuk teknologi ITS.

Hasil review analisa kualitatif dari beberapa referensi, studi terdahulu, dan identifikasi dalam observasi lapangan tentang fakta-fakta data menegaskan adanya potensi permasalahan lalu lintas di jalan utama antar kota yang bisa ditangani dengan teknologi layanan ITS. Beberapa hal yang bisa dirumuskan, sebagai bagian dari penutup tulisan ini, yang diantaranya:

- 1) Penerapan teknologi ITS ini, terbukti menjadi cara yang efektif untuk membuat sistem transportasi jalan yang ada lebih; lebih selamat, lebih produktif, lebih dapat diandalkan dan ramah lingkungan tanpa harus secara konvensional/fisik mengubah infrastruktur jalan.

- 2) Teknologi ITS, memiliki potensi untuk meningkatkan kapasitas infrastruktur jalan dan jaringan yang ada, dibandingkan dengan cara konvensional/fisik yang belum tentu bisa menjawab sesuai tujuan semula.
- 3) Teknologi ITS, bisa merubah prosedur membangun manajemen lalu lintas lebih efisien, mulai dari saat merancang, mengelola, dan mengoperasikan sistem transportasi yang ada.
- 4) Interoperabilitas sistem ITS bisa membuka potensi penuh akan berbagai layanan untuk semua kebutuhan system transportasi.
- 5) Penerapan teknologi ITS pada jaringan jalan di Indonesia, tidak bisa sepenuhnya mengikuti langkah-langkah keberhasilan Negara maju, karena berbeda karakteristik fisik infrastruktur dan perilaku lalu lintas yang berbeda, kondisi karakteristik lokal sangat berpengaruh dan itu perlu diakomodasi untuk disesuaikan.
- 6) Penerapan teknologi ITS di Indonesia memiliki tantangan dan kendala terutama pada aspek sumber daya, tetapi sekaligus juga kesempatan, kesempatan ini memungkinkan pada Negara berkembang seperti Indonesia akan mendapat lompat ke system transportasi-enabled, karena ditunjang oleh teknologi dan peralatan yang siap pakai.
- 7) Tingkat keberhasilan ITS harus mendapat nilai tambah dibandingkan dengan penanganan masalah transportasi jalan dengan cara konvensional, karena investasi teknologi ITS mahal.
- 8) Investasi ITS tampaknya sesuatu yang mahal, untuk itu pilihan dalam berinvestasi bisa dilakukan dengan kerjasama pihak swasta atau menggunakan teknologi yang menghasilkan pendapatan.
- 9) Masalah manajemen operasional ITS menyangkut; organisasi, keuangan, peraturan, dan jenis informasi akan melibatkan banyak pihak, untuk itu stakeholder yang terlibat memerlukan integrasi secara berjenjang, baik vertikal maupun horizontal. Untuk itu dalam merancang bagan struktur arsitektur ITS, diperlukan konsensus diantara stakeholder.

# DAFTAR PUSTAKA

- Adler, Jeffrey, 2000, Introduction to Telecommunications, Proceedings of Short course on Intelligent Transportation Systems, 2-3 November 2000, The University of Queensland, Brisbane, Australia.
- AWA Plessey, 1996, Bandung Area Traffic Control, Final System Design, Directorate General of Land Transport, Ministry of Communications, Government of Republic of Indonesia.
- AWA Plessey, 1997, Bandung "After" Traffic Study, Supply and Installation of An Area Traffic Control ATC, System Bandung, Volume I.
- Chao Chen, Zhanfeng Jia and Pravin Varaiya, Causes and Cures of Highway Congestion, August 18, 2001, University of California, Berkeley
- Lelitha Vanajakshi, Gitakrishnan Ramadurai, and Asha Anand, 2010, Centre of Excellence in Urban Transport IIT Madras, ITS Synthesis Report on ITS Including Issues and Challenges in India.
- Sandi Shih Lin, 2003, An Institutional Development Framework For ITS, Massachusetts Institute of Technology.
- Dia, Hussein, 2000, Introduction of ITS, Proceedings of Short course on Intelligent Transportation Systems, 2-3 November 2000, The University of Queensland, Brisbane, Australia.
- Giannakodakis, G., 1995, 'The Strategic Application of Intelligent Transport Systems ITS', Technical Note, Road and Transport Research, Volume 4, no. 4, pp. 56-63.
- Hendrickson, C & Ritchie, S., 1998, 'Applications of Advanced Technologies in Transportation', 5th International Conference of American Society of Civil Engineers, ASCE, proceedings, April 1998, 1801 Alexander Bell Drive Reston, Virginia 20191 – 4400, USA. ITS Australia, Intelligent Transportation System Australia [online] available from <http://www.its-australia.com.au/>, access 2005.
- Hong-En LIN, Michael A P TAYLOR, and Rocco ZITO, Arterial Road Travel Time Prediction, University of South Australia.
- Karl, Charles A Jr dan Trayford, Roslyn, 2000, Deliver of Real Time and Predictive Travel Time Information: Experiences from a Melbourne Trial, 7th ITS World Congress, Turin, 6-9 November, paper no. 3513.

- Lees, John, 2000, STREAMS- Queensland's Intelligent Transport System, Proceedings of Short course on Intelligent Transportation Systems, 2-3 November 2000, The University of Queensland, Brisbane, Australia.
- Michalopoulos, P.G., Jacobson, R.D., Anderson, C.A. and DeBruyker, B., 1993, Automatic Incident Detection Through Video Image Processing, *Traffic Engineering and Control*, 34(2),66-75.
- Ogden, KW & Taylor, SY., 1999, *Traffic Engineering and Management*, Institute of Transport Studies, Department of Civil Engineering, Monash University, Clayton Vic 3168, Australia.
- PATH, ITS., 2005, The Intelligent Transportation Systems Decision Support System Web site [online] available from [http://www.path.berkeley.edu/Signal Control System](http://www.path.berkeley.edu/Signal%20Control%20System).
- Midenet, S, Boillot, F & Pierrela, J-C., 2004, 'Signalised Intersection with Real-time adaptive Control on Field Assessment of CO2 and Pollutant Emission Reduction', *Transportation Research Part D, Transport and Environment*, volume 9, issue 1, pp. 29 – 47, January 2004, available from <http://www.sciencedirect.com/science/article>.
- Robert Gordon, 2009, *Intelligent Freeway Transportation Systems, Functional Design*, Springer Dordrecht Heidelberg London New York
- Reid, P. and Pymont, B., 1997, SAFE-T-CAM Benefits of Using This AVI System to Regulate Fatigue, Improve Road and Vehicle Safety and Driver Behaviour, Proceedings of the Third International Conference of ITS Australia, Brisbane, Australia.
- Sutandi, AC & Dia, H., 2005, 'Evaluation of the Impacts of Traffic Signal Control Parameters on Network Performance', the 27th Conference of the Australian Institutes of Transport Research, proceedings, December 2005, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia.
- Sutandi, A. Caroline (2006) *Performance Evaluation of Advanced Traffic Control Systems In A Developing Country*, PhD Dissertation, Department of Civil Engineering, The University of Queensland, Brisbane, Australia.
- Sutandi, A. Caroline. (2007) *Advanced Traffic Control Systems Impacts On Environmental Quality In A Large City In A Developing Country*, *Journals of Eastern Asia Society of Transportation Studies*, Volume 7, 2007, ISSN: 1881-1124, pp. 1169 – 1179.

- Sutandi, A. Caroline, 2010, Green Transport Using Advanced Technologies In Large City In Developing Country, Proceeding of 1st International Conference of Sustainable Building and Infrastructure, July 2010, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Toshiyuki Yokota NRI, 2004, ITS Technical Note For Developing Countries, World Bank.
- Taylor, JC, Mc Kenna, PG, Young, PC, Chotai, A & Mackinon, M., 2004, 'Macroscopic Traffic Flow Modelling and Ramp Metering Control Using Matlab / Simulink', Environmental Modelling and Software, volume 19, issue 10, pp 975 – 988, October 2004.
- Warnock, Chris, 2000, ITS Application in QR City Train, Proceedings of Short course on Intelligent Transportation Systems, 2-3 November 2000, The University of Queensland, Brisbane, Australia.
- Webb, Adrian, 2000, Integrated Ticketing: Smartcard Based Ticketing Systems for Public Transport, Proceedings of Short course on Intelligent Transportation Systems, 2-3 November 2000, The University of Queensland, Brisbane, Australia.
- Regional ITS Architecture Guidance Document, Developing Using and Maintaining an ITS Architecture you Region, U.S. Department of Transportation, October 2001.
- Richard V. Tayleur, Brian L. Smith, Ph.D, Michael J. Demetsky, Ph.D, Planning For Intelligent Transportation Systems In Small Urban Areas, Virginia Transportation Research Council, September 1997.
- A Sectoral e-Business Watch study by SE Consult, The potential of Intelligent Transport Systems for reducing road transport related greenhouse gas emissions, December 2009.
- ITS Toolbox for Rural and Small Urban Areas, Rural ITS Toolbox and Deployment Plan, New York State Department of Transportation, December 1998.