

EVALUASI MODEL FISIK SISTEM INFORMASI DINI LALU LINTAS 2013

Disi M Hanafiah



**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

EVALUASI MODEL FISIK SISTEM INFORMASI DINI LALULINTAS 2013

Penulis:

Disi M Hanafiah

Cetakan Ke-1 Desember 2013

© Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

No. ISBN : 978-602-264-041-7

Kode Kegiatan : PPK2 - 001 107 G 13

Kode Publikasi : IRE – TR - 111 /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

Tri Cahyo Pangestu

Yosi Samsul Maarif, S.Sn

Penerbit :

ADiKA

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 978-602-264-041-7



**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 Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2013, pada paket pekerjaan Penyusunan Naskah Ilmiah Evaluasi Model Fisik Sistem Informasi Dini Lalu Lintas DIPA Puslitbang Jalan dan Jembatan. Pandangan yang disampaikan di dalam publikasi ini merupakan pandangan penulis dan tidak selalu menggambarkan pandangan dan kebijakan Kementerian Pekerjaan Umum 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 perbanyakan informasi secara eksklusif untuk perorangan dan pemanfaatan nonkomersil dengan pemberitahuan yang memadai kepada Kementerian Pekerjaan Umum. Tulisan ini dapat digunakan secara bebas sebagai bahan referensi, pengutipan atau peringkasan yang dilakukan seijin pemegang HAKI dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebut sumbernya.

Buku pada terbitan edisi pertama didesain dalam cetakan hitam putih, akan tetapi versi e-book dari buku ini telah didesain untuk dicetak berwarna. Buku versi e-book dapat diunduh dari website pusjatan.pu.go.id serta untuk keperluan pencetakan bagi perorangan dan pemanfaatan non-komersial dapat dilakukan melalui pemberitahuan yang memadai kepada Kementerian Pekerjaan Umum.



PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (Pusjatan) adalah lembaga riset yang berada di bawah 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

Solusi yang efektif dalam meminimalkan kemacetan ditengah segala keterbasan sarana fisik infrastruktur adalah dengan cara penggunaan dan penerapan Intelligent Transportation System, yang salah satunya adalah memberi informasi kepada pengguna jalan dengan menggunakan Variable Message Sign.

Sistem Informasi Dini Lalulintas (SINDILA-01) merupakan sistem yang dikembangkan oleh PUSJATAN yang merupakan sistem pengolahan data terpadu yang berkaitan dengan volume, jenis kendaraan, kondisi lalu lintas dan kondisi lingkungan jalan. Selain untuk kebutuhan verifikasi data volume lalulintas, sistem ini juga dapat berguna sebagai induk pengawasan jarak jauh kondisi aktual lalulintas pada ruas-ruas vital seperti lokasi rawan kecelakaan, lokasi rawan longsor, atau lokasi rawan macet, untuk menunjang sistem monitoring lalulintas terpadu yang bersifat permanen ataupun sementara dengan manfaat meningkatkan kinerja jalan dan keselamatan jalan.

Teknik monitoring terhadap sistem yang telah terpasang sangat diperlukan oleh para stakeholder karena merupakan bagian yang sangat penting didalam memaksimalkan fungsi dan manfaat keberadaan sistem yang diimplementasikan.

Evaluasi terhadap VMS baik dari segi penempatan, dimensi dan informasi yang disampaikan sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil yang maksimal didalam merancang suatu model fisik.

Bandung, Desember 2013

Penulis



DAFTAR ISI

PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Sasaran	4
1.5 Ruang lingkup	4
BAB 2. Perkembangan teknologi SISTEM VMS	5
2.1 Sensor	5
2.1.1 Sensor Intrusif 5	
2.1.1.1 Tube Jalan (<i>Road Tube</i>)	5
2.1.1.2 Sensor Loop - Piezo	6
2.1.2 Sensor Nonintrusif 7	
2.1.2.1 Kamera Penghitung Kendaraan Otomatis (<i>Camera Using Image Analyzer</i>)	7
2.1.2.2 Radar	8
2.1.3 Teknologi Penghitung lalu lintas yang telah diimplementasikan di Indonesia	9
2.1.3.1 Sensor Loop-Piezo	9
2.1.3.2 Akurasi	10
2.1.3.3 Kelebihan dan Kekurangan	11
2.1.3.4 Kamera Lalu Lintas (<i>Traffic Camera/ Video Image Processing</i>)	12
2.1.3.5 Akurasi	14
2.1.3.6 Keuntungan Dan Kerugian	15
2.2 Pengenalan VMS	16
2.3 Desain Sistem VMS yang Digunakan di Berbagai Negara	17
2.4 Tipe VMS dan Kegunaannya	18

2.5	Tipe Teknologi Layar	20
2.6	Berbagai Komponen VMS dan Masing-Masing Fungsinya	22
2.7	Komputer Kontrol	24
2.8	Jenis Komunikasi yang Paling Umum yang Terlibat Dalam VMS	24
2.9	Diagnosis dan Pemecahan Masalah	25
2.10	Sistem Evaluasi VMS di Wisconsin Amerika Serikat	25
BAB 3.	KINERJA MODEL FISIK	27
3.1	Spesifikasi Sistem VMS Pusjatan	27
3.2	Pemeliharaan dan Perbaikan DI PUSJATAN	29
3.2.1	Bagian Sensor	31
3.2.2	Bagian Server dan Perangkat lunak Pengolah Data	34
3.2.3	Bagian Variable Message Signs (VMS)	36
3.3	Contoh Formulir Pemantauan Sistem VMS	37
BAB 4.	EVALUASI SISTEM INFORMASI DINI LALU LINTAS	39
4.1	Sistem Evaluasi di Pusjatan	39
4.1.1	Data Hasil Kuesioner	40
4.1.2	Saran dari Responden	47
BAB 5.	PENUTUP	49
	Daftar Pustaka	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Data Logger dan Selang Sensor	6
Gambar 2	Penempatan Loop Dan Sensor yang Melintang Tegak Lurus Terhadap Jalan	7
Gambar 3	Loop Yang Telah Dipasang Di Lajur Jalan	7
Gambar 4	Proses Membuat Virtual Loops Menggunakan Perangkat Lunak Layar Monitor	8
Gambar 5	Contoh Gambar Sensor Dari Produk Wavetronix	8
Gambar 6	Foto Lokasi Penempatan PLATO Pada Jalur Lalu Lintas	9
Gambar 7	Peta Lokasi Penempatan PLATO Di Pulau Jawa	10
Gambar 8	Grafik Perbedaan Antara Sistem Manual Dan Plato	11
Gambar 9	Ilustrasi Dimensi Sensor Dan Contoh Pembacaan Yang Salah	12
Gambar 10	Lokasi Penempatan Traffic Kamera	13
Gambar 11	Tampilan Perangkat Lunak VMS Dari Meja Operator	13
Gambar 12	Motor Dan Mobil Jalan Berdampingan Di Dalam Virtual Loop	14
Gambar 13	Mobil Dan 2 Buah Motor Berjalan Berdampingan di Dalam Virtual Loop	15
Gambar 14	Contoh Skema Koneksi Sensor- Sensor,TMC dan VMS Layar	17
Gambar 15	Contoh Skema Koneksi Langsung Sensor Dan VMS Layar	18
Gambar 16	Contoh Model Portable VMS	19
Gambar 17	Contoh Permanen VMS	19
Gambar 18	Tipe Flip Disk	20
Gambar 19	Tipe LED	20
Gambar 20	Tipe Fiber Optic	21
Gambar 21	Tipe Hibrid	21
Gambar 22	Bagan Alir VMS di AS	22
Gambar 23	Bentuk Beacon yang Disertai Dengan Bagan	23
Gambar 24	Skema koneksi Sensor-sensor, VMS Layar, dan TMC Pusjatan	29
Gambar 25	Tiang Sensor	30
Gambar 26	Ruang Sensor	30
Gambar 27	Ruang Sensor	31
Gambar 28	Skema Tiang Sensor	31
Gambar 29	Proses Pemantauan	33
Gambar 30	Tampilan Perangkat Lunak Pengolah Data	34
Gambar 31	Skema Pada Tiang VMS	36
Gambar 32	Jumlah Aktivitas Melewati Ruas Pasteur Dalam Satu Hari	40

Gambar 33	Jumlah Aktivitas Melewati Ruas Pasteur Dalam Satu Minggu	41
Gambar 34	Waktu Aktivitas Melewati Ruas Pasteur Dalam Satu Minggu	41
Gambar 35	Jumlah Responden Yang Mengetahui Adanya VMS	42
Gambar 36	Jumlah Responden yang Dapat Melihat VMS Pada Saat Mengemudi	43
Gambar 37	Persepsi Ukuran VMS Menurut Responden	43
Gambar 38	Persepsi Tulisan atau Huruf Di VMS	44
Gambar 39	Persepsi Informasi yang Disampaikan oleh VMS	45
Gambar 40	Pengaruh Informasi terhadap Pemilihan Lajur Alternatif	45
Gambar 41	Persepsi manfaat VMS bagi pengguna Jalan	46
Gambar 42	Kegiatan Survei Wawancara VMS	47

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Perbandingan Perhitungan Menggunakan Sistem Manual dan Plato	10
Tabel 2	Spesifikasi di VMS	27
Tabel 3	Spesifikasi di Tiang Sensor	28
Tabel 4	Tabel Perbandingan Keadaan Lapangan dengan Informasi VMS	35
Tabel 5	Formulir Pemantauan Terhadap Sindila-01 Pusjatan	38

■ 1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pesatnya pertumbuhan kendaraan di Indonesia pada dekade terakhir ini telah menempatkan infrastruktur transportasi jalan berada di bawah tekanan yang berat dan di lain pihak pembangunan untuk penambahan infrastruktur jalan belum dapat mengimbangnya. Kondisi tersebut mengakibatkan aliran lalu lintas terganggu dan berakibat terjadi kemacetan lalu lintas dan bahkan sampai dengan kejadian kecelakaan lalu lintas. Kemacetan lalu lintas bisa berdampak terhadap berbagai kerugian, baik secara ekonomi, polusi udara akibat emisi gas buang kendaraan, maupun berpengaruh negatif terhadap kualitas kehidupan.

Sebagian orang beranggapan bahwa kemacetan lalu lintas merupakan akibat dari permintaan yang melebihi kapasitasnya. Solusi langsung dengan cara konvensional biasanya adalah dengan menambah kapasitas secara fisik, misalnya penambahan lajur atau panjang jalan. Hal ini tentunya akan membutuhkan lahan, biaya yang besar serta kegiatan non teknis yang tinggi, tetapi belum tentu dapat menyelesaikan masalah sesuai tujuan awal. Chao Chen (2011), berpendapat bahwa sebagian besar penyebab kemacetan lalu lintas di negara-negara berkembang lebih disebabkan oleh ketidak efisienan dalam operasional.

Salah satu cara untuk mengurangi dampak masalah transportasi jalan, adalah dengan melengkapi perlengkapan jalan yang ada, seperti melengkapi rambu-rambu yang ada dengan menambahkan rambu elektronik sebagai penyedia informasi dan telekomunikasi, yaitu dengan memanfaatkan transportasi cerdas atau Intelligent Transport System (ITS). Ketika unsur lalu lintas (jalan, kendaraan, dan orang) terintegrasi secara bersama untuk membentuk sebuah sistem informasi yang disebut dengan transportasi cerdas (Intelligent Transport System atau ITS), teknologi ini berpotensi membantu dalam mengurangi kemacetan lalu lintas, meningkatkan keselamatan dan mengurangi polusi udara.

Telah dilaksanakannya implementasi model fisik Sistem Informasi Dini Lalu lintas pada tahun sebelumnya untuk studi Intelligent Transport System (ITS). Model

fisik yang telah diimplementasikan ini berupa Unit Pemantauan (monitoring) dan Informasi Lalu Lintas (UMILL) dengan bagian-bagiannya yang terdiri atas sensor pendeteksi jumlah kendaraan dan kecepatan kendaraan, perangkat lunak (perangkat lunak) pengolah data kecepatan dan volume kendaraan untuk dijadikan informasi kondisi lalu lintas dan ujungnya adalah berupa rambu elektronik atau Variable Message Signs (VMS) yang digunakan untuk memberikan informasi kepada pengguna jalan.

Dari hasil studi tahun 2012 didapat pengaruh yang cukup signifikan dengan adanya informasi kondisi lalu lintas diatas jembatan Pasopati ke arah Gasibu melalui model fisik yang diimplementasikan. Berdasarkan pengukuran volume kendaraan pada jam puncak sore didapat penurunan volume kendaraan sekitar 20% ke arah Jembatan Pasopati pada saat VMS memberi informasi kondisi macet atau padat pada sore hari.

Sistem Informasi Dini Lalu lintas yang telah dikembangkan oleh Pusjatan ini merupakan sistem yang mengintegrasikan Variable Message Signs (VMS) dengan sensor penghitung lalu lintas sehingga menjadi sebuah informasi yang bermanfaat bagi pengguna jalan.

Pusjatan memberi nama model fisik ini dengan nama Sistem Informasi Dini Lalu lintas atau Sindila-01. Diberikannya nama baru untuk sistem ini karena di dalamnya dilakukan suatu penelitian dengan mengembangkan suatu perangkat lunak yang diuji coba parameternya (kecepatan dan volume lalu lintas) kemudian diolah untuk dijadikan suatu informasi kondisi lalu lintas yang akurat bagi pengguna jalan secara aktual atau up to date.

Cara kerja dari Sindila-01 yang dikembangkan di Pusjatan adalah dengan menempatkan sensor pendeteksi kendaraan (deteksi kecepatan dan volume kendaraan) di lokasi yang bermasalah, seperti adanya panjang antrean kendaraan yang disertai dengan penurunan kecepatan yang cukup besar sehingga menurunkan kinerja jalan tersebut, oleh karena itu volume dan kecepatan di lokasi dapat terpantau. Data dari sensor pendeteksi kendaraan diteruskan ke bagian pengolahan (server). Pada bagian server data-data dari sensor yang diperoleh per 5 menit dilanjutkan untuk diolah menjadi informasi kondisi lalu lintas (lengang, lancar, padat dan macet). Setelah informasi kondisi lalu lintas per 5 menit ini didapatkan, diteruskan ke media rambu elektronik dalam hal ini berupa VMS untuk diinformasikan kepada pengguna jalan.

Evaluasi yang dilakukan pada model fisik Sindila-01 meliputi pemeliharaan dan perbaikan terhadap model fisik yang disertai dengan evaluasi terhadap model fisik dari segi pengguna jalan dengan tujuan akhir adalah kemanfaatan

dari model fisik yang telah diimplementasikan di jalan Dr. Djundjuna (Pasteur). Pemeliharaan dan perbaikan terhadap model fisik meliputi tiga bagian yaitu: sensor, perangkat lunak dan VMS.

Bagian yang paling utama dari rangkaian Sindila-01 bagi pengguna jalan adalah bagian rambu elektronik atau VMS. Pada bagian ini fungsi VMS sangat berperan penting baik dari segi lokasi penempatan, ukuran VMS, ukuran huruf, jenis huruf dan jenis informasi yang digunakan bagi pengemudi. Tetapi pada Naskah Ilmiah ini tidak akan dikaji secara mendalam mengenai fungsinya tetapi dititik beratkan kepada pemeliharaan, perbaikan serta evaluasi Sistem Informasi Dini Lalu Lintas yang telah diimplementasikan.

Hal ini sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 550-553/PRT/M/2005 mengenai Organisasi dan Tata Laksana Balai sebagai UPT di lingkungan Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. UPT tersebut mendukung pelaksanaan penelitian dan pengembangan teknologi di bidang jalan dan jembatan. Balai Teknik Lalu Lintas dan Lingkungan Jalan mempunyai tugas melaksanakan penelitian dan pengembangan, serta pengujian dan penyiapan saran teknis teknologi lalu-lintas dan lingkungan jalan (Permen PU No. 550 / PRT/M/2005 tentang Organisasi dan Tata Kerja Balai Teknik lalu Lintas dan Lingkungan Jalan) oleh karena itu diperlukan adanya pemeliharaan rutin serta kajian yang lebih mendalam untuk memberikan saran teknis mengenai teknologi lalu lintas dan lingkungan jalan.

1.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan- permasalahan yang sudah berkembang saat ini meliputi hal-hal berikut:

- a. Pengguna jalan, khususnya pengemudi sering terjebak kemacetan karena tidak adanya informasi mengenai kondisi jalan didepannya.
- b. Berbagai solusi yang dilakukan untuk mengatasi kemacetan menjadi tidak berguna karena tidak ada pemantauan (monitoring) dan evaluasi terhadap model solusi.
- c. Solusi mengatasi kemacetan yang dibuat masih jarang dievaluasi dari segi pengguna jalan.

1.3 Tujuan

Tujuan pemantauan (monitoring) dan evaluasi ini adalah untuk memaksimalkan penerapan model fisik agar dapat diimplementasikan secara maksimal oleh para penyelenggara jalan, dan dapat dimanfaatkan oleh para pengguna jalan untuk memberikan kelancaran dan ketertiban lalu lintas .

1.4 Sasaran

- a. Memperoleh gambaran perilaku model fisik Sistem Informasi Dini Lalu lintas (Sindila-01) sebagai dasar untuk melakukan pemeliharaan dan perbaikan yang diperlukan.
- b. Mengetahui seberapa besar informasi VMS yang disampaikan dapat efektif membantu pengguna jalan

1.5 Ruang lingkup

Memantau dan mengevaluasi model fisik yang meliputi sistem, kinerja sistem, dan penyampaian informasi yang disampaikan kepada pengguna jalan.

■ 2. Perkembangan Teknologi Sistem VMS

2.1 Sensor

Secara umum, sensor yang digunakan untuk perangkat penghitung volume lalu lintas secara otomatis dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu

- Metode intrusif pada dasarnya terdiri atas perekam data dan sensor. Sensor ditempatkan pada atau di dalam permukaan perkerasan untuk mendeteksi kendaraan yang lewat. Karena sensor yang ditempatkan di perkerasan jalan, hal itu cenderung dipengaruhi oleh kondisi perkerasan yang buruk dan harus dihapus dan diinstal ulang jika ada perubahan penyaluran
- Metode nonintrusif, menggunakan sensor yang ditempatkan tidak pada atau bukan di permukaan perkerasan, tetapi di atas atau di pinggir jalan. Hal ini membuat metode non intrusif mudah disesuaikan dengan kondisi baru dan akurasi tidak dipengaruhi oleh kondisi buruk perkerasan.

2.1.1 Sensor Intrusif

2.1.1.1 Tube Jalan (Road Tube)

Selang (tube) pneumatik mendeteksi pergerakan kendaraan melalui selang yang tertekan oleh ban dan ini menciptakan pulsa udara yang menutup diafragma dalam merekam satu sumbu kendaraan (biasanya setengah kendaraan) ke dalam perhitungan satu buah kendaraan keseluruhan. Tube harus dipasang sesuai dengan pedoman berikut: pneumatik detektor tube mencatat sumbu kendaraan dan penghitung mengasumsikan bahwa dua sumbu kendaraan (axle) sama dengan satu kendaraan. Sistem ini lebih memperkirakan jumlah kendaraan dan faktor koreksi harus diterapkan, dihitung dari jumlah data (sedikit jumlah sampel jika diperlukan, tetapi termasuk data volume puncak dan bukan).



Gambar 1 - Data Logger dan Selang Sensor

Kelebihan:

- 1) Kecepatan instalasi untuk merekam data sementara,
- 2) penggunaan catu daya rendah,
- 3) biaya rendah, dan
- 4) sederhana dalam perbaikan

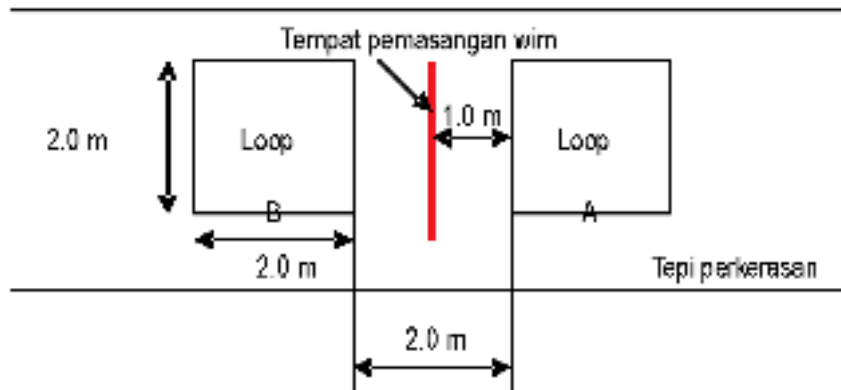
Kekurangan:

- 1) instalasi membutuhkan pekerja dalam jalur lalu lintas,
- 2) kesalahan pemasangan mengakibatkan hilangnya data,
- 3) sensitif terhadap perubahan udara,
- 4) tidak cocok dengan cuaca dingin karena selang dapat mengeras,
- 5) selang mudah dipotong karena vandalisme atau keausan lalu lintas,
- 6) tidak cocok digunakan untuk banyak lajur, dan
- 7) penghitungan jumlah sumbu kendaraan menjadi tidak akurat ketika volume kendaraan tinggi

2.1.1.2 Sensor Loop - Piezo

Adalah sensor ini ditempatkan melintang di atas permukaan jalan, kemudian alat tersebut akan menghitung kendaraan berdasarkan jumlah gandar serta menghitung beban dari setiap jenis kendaraan, kecuali sepeda motor. Metode perhitungannya adalah dengan menempatkan sensor di atas permukaan jalan.

Sistem ini hanya dapat digunakan ketika kendaraan bergerak dengan kecepatan di atas 16 km/jam. Sistem piezoelectric ini tidak dapat digunakan dengan baik ketika kendaraan bergerak dengan lambat atau berhenti, lalu bergerak. Beberapa bahan piezoelectric sensitif terhadap suhu dan tidak baik terhadap suhu yang dingin.



Gambar 2 - Penempatan Loop Dan Sensor Yang Melintang Tegak Lurus Terhadap Jalan.



Gambar 3 - Loop Yang Telah Dipasang Di Lajur Jalan

2.1.2 Sensor Nonintrusif

2.1.2.1 Kamera Penghitung Kendaraan Otomatis (Camera Using Image Analyzer)

Sensor kamera penghitung kendaraan otomatis, adalah sensor pendeteksi kendaraan berupa virtual loop sehingga akan mempermudah proses setting karena tidak akan mengganggu sesuatu di permukaan perkerasan. Alatnya akan dipasang di atas ruas yang akan ditinjau dan cara perhitungannya adalah dengan membaca panjang kendaraan.



Gambar 4 - Proses Membuat Virtual Loops Menggunakan Perangkat lunak Melalui Layar Monitor

2.1.2.2 Radar

Radar digunakan sebagai teknologi pendeteksi Kendaraan dengan menggunakan gelombang microwave sebagai detektor. Teknologi ini jarang digunakan di Indonesia dan Pusjatan mulai mempelajari teknologi ini sejak tahun 2011 dan masih dalam proses mengeksplorasi. Beberapa referensi menjelaskan bahwa teknologi ini dapat diandalkan untuk mendeteksi kendaraan yang bergerak lambat dan bukan kendaraan yang bergerak cepat. Keakuratan sistem ini tidak berkurang secara signifikan dalam kondisi lalu lintas berhenti dan bergerak. Keuntungan tersebut ini membuat teknologi ini sesuai untuk digunakan di persimpangan.



Gambar 5 - Contoh Gambar Sensor Dari Produk Wavetronix

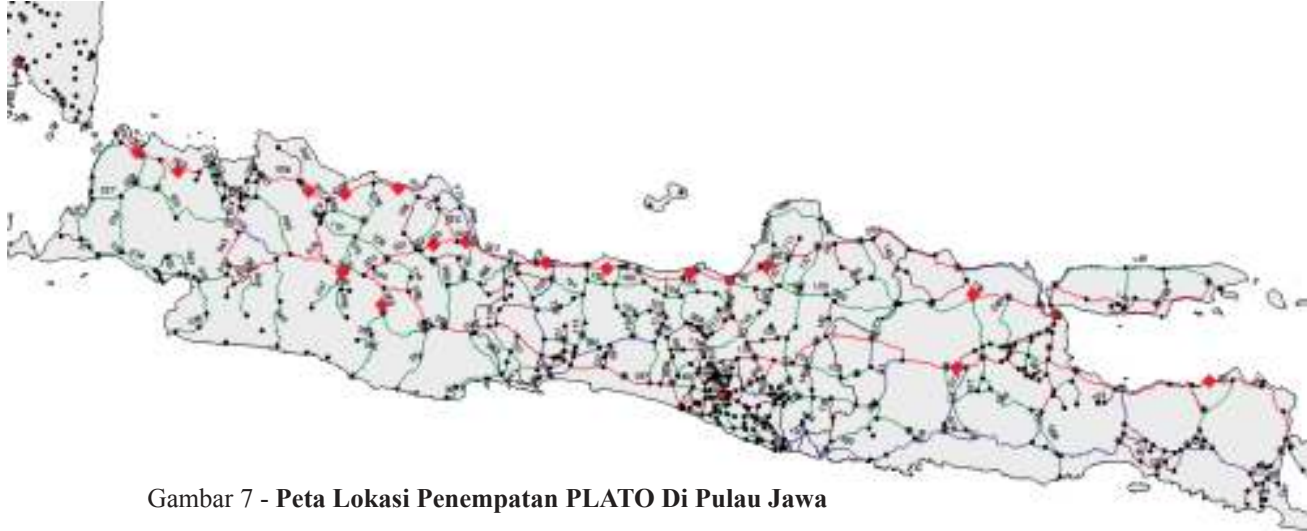
2.1.3 Teknologi Penghitung lalu lintas yang telah diimplementasikan di Indonesia

2.1.3.1 Sensor Loop-Piezo

Pada tahun 2006, ada sebuah program yang menjadikan Pusjatan sebagai pusat data lalu lintas dan untuk itu Pusjatan mendirikan pusat penelitian dan kegiatan pembangunan untuk mencapai tujuan tersebut. Salah satu kegiatan pembangunannya adalah dengan mengembangkan alat lalu lintas otomatis lokal yang bernama Plato. Plato mengadopsi kombinasi dari teknologi loop dan piezo, oleh karena itu tidak hanya jumlah kendaraan yang akan dicatat tetapi juga klasifikasi kendaraan berdasarkan jumlah poros atau axle juga. Plato telah diinstal dilokasi strategis yaitu Jalan Nasional sebagai instrumen untuk mengumpulkan data lalu lintas selama 24 jam. Dengan data ini, Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) di lokasi strategis seperti Jalan Nasional dapat dikumpulkan setiap tahun dan sangat berguna untuk memprediksi pertumbuhan lalu lintas dan indikator kinerja lainnya. Dari tahun 2006 hingga tahun 2010, Pusjatan telah memasang enam belas buah PLATO yang tersebar di seluruh Pulau Jawa.



Gambar 6 - Foto Lokasi Penempatan PLATO Pada Jalur Lalu Lintas



Gambar 7 - Peta Lokasi Penempatan PLATO Di Pulau Jawa

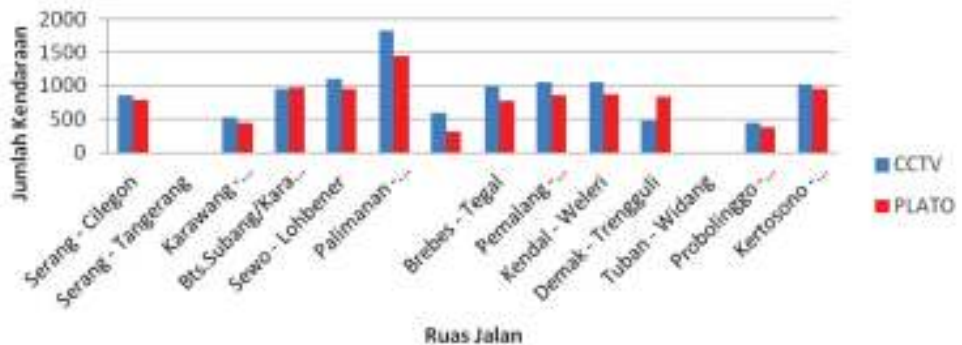
2.1.3.2 Akurasi

Pada tahun 2010, kegiatan evaluasi dilakukan untuk mengamati keakuratan sistem loop piezo (Plato) yang telah diinstal. Evaluasi bertujuan untuk menemukan keakuratan sistem jika dibandingkan dengan hasil penghitungan manual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum penghitungan volume lalu lintas yang menggunakan sistem ini lebih rendah dibandingkan dengan sistem manual, tetapi ada beberapa lokasi yang menunjukkan lebih tinggi daripada hitungan manual. Perbedaan (error) bervariasi dari 6% menjadi 46%. Secara rata-rata perbedaan untuk semua lokasi adalah sekitar 20%. Kesalahan ini tampak terlalu tinggi dan perlu ditingkatkan akurasinya agar lebih baik.

Tabel 1 - Perbandingan Perhitungan Menggunakan Sistem Manual Dan Plato

No.	Provinsi	Ruas Jalan	Lalu Lintas		Perbedaan	% Perbedaan
			CCTV	Plato		
1	Banten	Serang - Cilegon	864	789	-75	-8.7%
2	Banten	Serang - Tangerang	-	-	-	-
3	Jawa Barat	Karawang - Cikampek	534	445	-89	-16.7%
4	Jawa Barat	Bts.Subang/Karawang - Pamanukan	953	971	18	1.9%
5	Jawa Barat	Sewo - Lohbener	1106	957	-149	-13.5%
6	Jawa Barat	Palimanan - Cirebon	1819	1453	-366	-20.1%
7	Jawa Barat	Batas Majalengka/Cirebon (Prapatan)-Kadipaten	597	321	-276	-46.2%
8	Jawa Tengah	Brebes - Tegal	1000	776	-224	-22.4%
9	Jawa Tengah	Pemalang - Pekalongan	1046	859	-187	-17.9%
10	Jawa Tengah	Kendal - Weleri	1046	872	-174	-16.6%
11	Jawa Tengah	Demak - Trengguli	473	832	359	75.9%
12	Jawa Timur	Tuban - Widang	-	-	-	-
13	Jawa Timur	Probolinggo - Mlandingan	444	374	-70	-15.8%
14	Jawa Timur	Kertosono - Nganjuk	1023	953	-70	-6.8%

Perbandingan Antara Sistem Manual dan Plato



Gambar 8 - Grafik Perbedaan Antara Sistem Manual Dan Plato

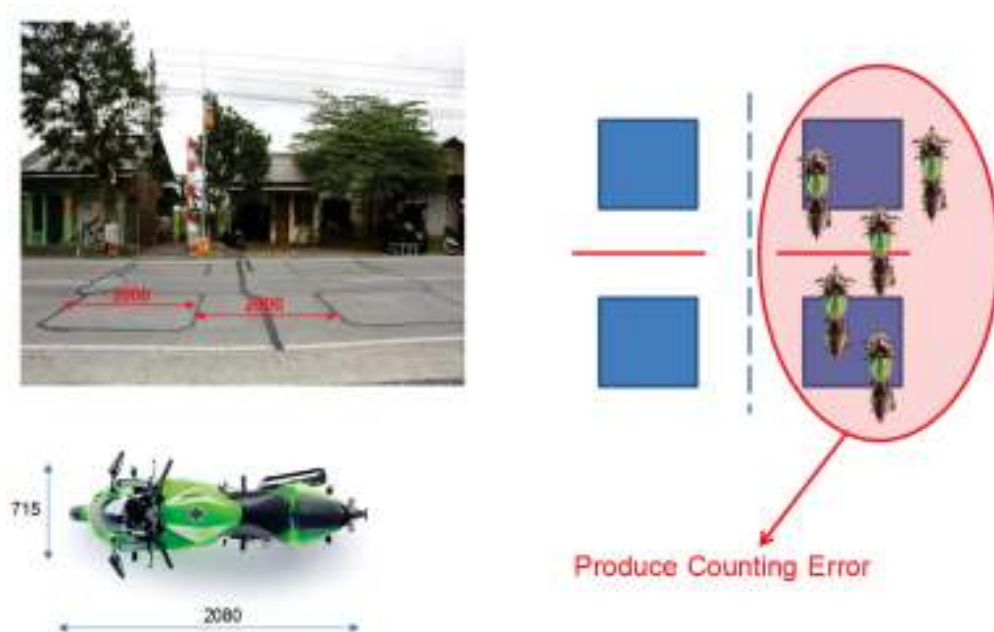
2.1.3.3 Kelebihan dan Kekurangan

Kelebihan dan Kekurangan dari sistem ini adalah sebagai berikut
Kelebihannya adalah:

- didukung oleh banyaknya penjual atau vendor;
- kemudahan instalasi untuk kondisi volume lalu lintas rendah; dan
- dapat menghitung kendaraan berdasarkan jumlah sumbu kendaraan.

Kekurangannya adalah:

- diperlukannya permukaan jalan yang baik;
- dibutuhkan instalasi di badan jalan;
- diperlukan perawatan yang sangat intensif terkait masalah beban lalu lintas berlebih;
- sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca; dan
- tidak dapat menghitung kendaraan khususnya sepeda motor yang berjalan berdampingan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 9 - Ilustrasi Dimensi Sensor Dan Contoh Pembacaan Yang Salah

2.1.3.4 Kamera Lalu Lintas (Traffic Camera/ Video Image Processing)

PUSJATAN telah mencoba menggunakan kamera lalulintas sejak 2011 sampai 2013. Penggunaan kamera lalu lintas untuk menghitung volume lalu lintas telah diuji di jalan tol, jalan perkotaan dan jalan pedesaan. Kamera lalu lintas telah diuji untuk menghitung volume, kecepatan dan jarak antar kendaraan. Klasifikasi Kendaraan dibagi menjadi tiga kelas berdasarkan panjang. Klasifikasi kelas telah diuji meliputi:

- 1) kelas 1 kendaraan panjang: $\leq 2,5$ m,
- 2) kelas 2 kendaraan panjang: $2,51 \text{ m} \leq x \leq 5,5$ m, dan
- 3) kelas 3 kendaraan panjang: ≥ 5.51 m.



Gambar 10 - Lokasi Penempasn Traffic Kamera

Penggunaan lain dari kamera lalu lintas yang telah dilaksanakan oleh Pusjatan adalah sensor untuk Variabel Message Signs (VMS) atau papan informasi elektronik yang dapat berubah. Pengujian dilakukan arah jalan ke Jembatan Pasupati, Pasteur, Bandung. Data dari sensor yang digunakan meliputi data volume lalu lintas per 5 menit dan kecepatan rata-rata data per 5 menit. Data Volume ini kemudian diolah menjadi data derajat kejenuhan. Data derajat kejenuhan kemudian dibandingkan dengan kecepatan rata-rata dalam rentang waktu yang sama. Hasilnya ditunjukkan di bawah ini.

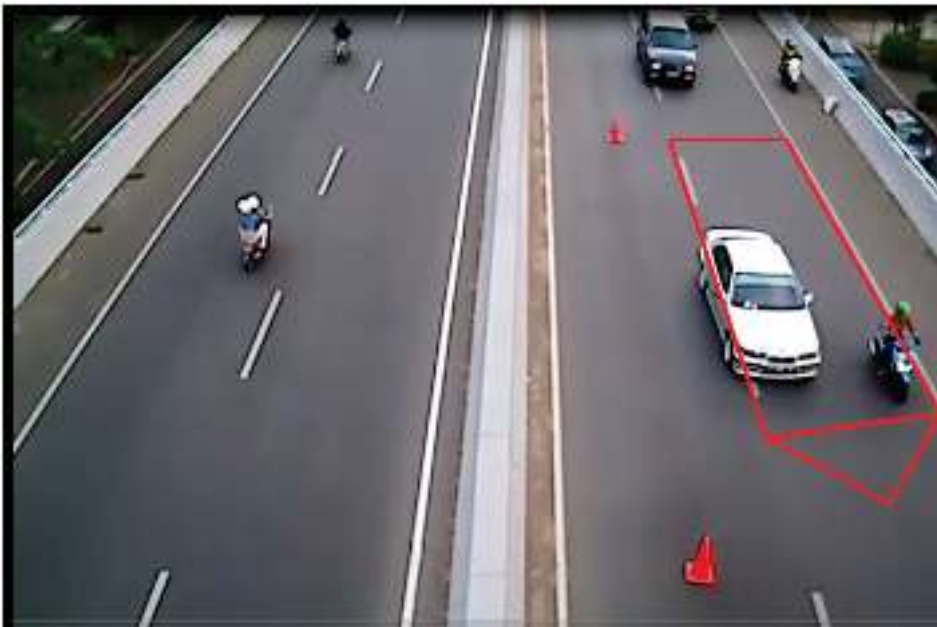


Gambar 11 - Tampilan Perangkat Lunak VMS Dari Meja Operator

2.1.3.5 Akurasi

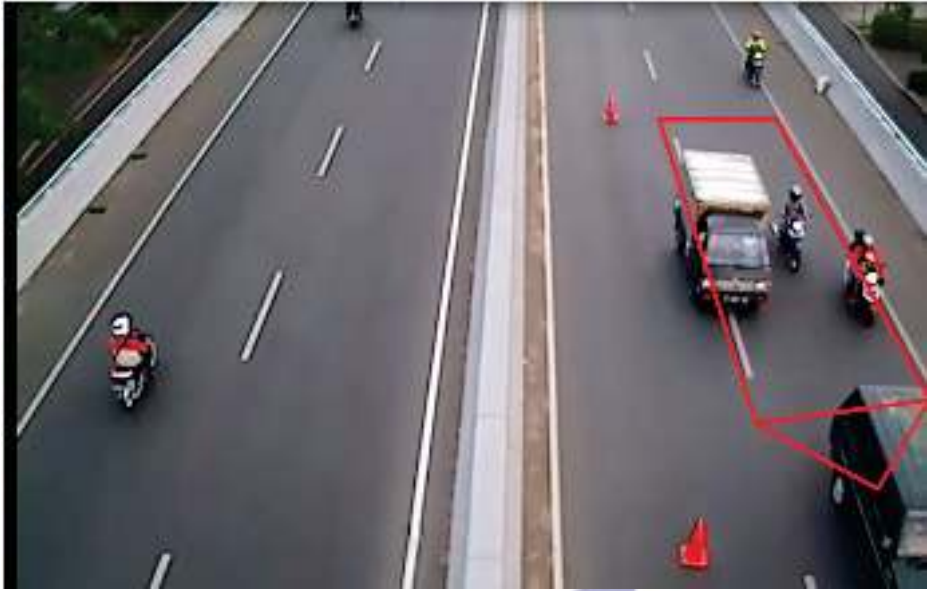
Keakuratan penggunaan sensor kamera adalah sekitar 85% untuk jalan perkotaan karena sepeda motor yang dihitung, sedangkan untuk jalan tol tingkat akurasi dapat mencapai 95% karena tidak menghitung sepeda motor.

Ketidakakuratan kamera lalu lintas adalah ketika sepeda motor berjalan bersama mobil seperti dibawah ini akan dibaca satu kendaraan yang lebih panjang dari mobil putih karena ban depan sepeda di atas ujung depan mobil. Hal ini dapat kita lihat pada kotak merah pada gambar berikut.



Gambar 12 - Motor dan mobil jalan berdampingan di dalam Virtual Loop

Ketidakakuratan lain adalah ketika dua sepeda motor yang berada di virtual loop (garis kotak merah) pada gambar di bawah ini tidak dapat membaca 2 sepeda motor, tetapi akan membaca 1 buah kendaraan yang panjangnya melebihi mobil boks yang ada dalam kotak. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 13 - Mobil dan 2 buah motor berjalan berdampingan di dalam Virtual Loop

Teknologi sensor non-intrusive menjadi lebih tidak akurat ketika pembacaan dilakukan pada malam hari dengan kondisi pencahayaan kurang sehingga pembacaan akan didasarkan pada panjang sorotan lampu.

2.1.3.6 Keuntungan Dan Kerugian

Keuntungan menggunakan teknologi ini adalah sebagai berikut.

- instalasi mudah karena tidak mengganggu lalu lintas.
- ukuran sensor sangat sederhana dan kecil,
- tidak memerlukan banyak pekerja di dalam instalasi,
- dapat menghitung sepeda motor berdasarkan panjang.
- dapat mengklasifikasikan kendaraan menjadi 3 kelas berdasarkan panjang.

kekurangan menggunakan teknologi ini adalah sebagai berikut.

- motor yang berjalan berdampingan tidak dapat dihitung secara akurat.
- kondisi cuaca mempengaruhi keakuratan misalnya: kabut dan hujan.
- tidak dapat mendeteksi dimensi kendaraan.
- Tidak bisa mengklasifikasikan kendaraan berdasarkan jumlah sumbu atau axle.

2.2 Pengenalan VMS

VMS adalah perangkat lalu lintas yang digunakan untuk memberikan pelayanan kepada pengguna atau pengemudi kendaraan berupa informasi mengenai arah perjalanannya. VMS adalah sinyal lalu lintas yang memberi informasi kepada pengguna jalan tentang kondisi lalu lintas, kondisi permukaan jalan, dan informasi lain seperti jalan alternatif jika volume lalu lintas tinggi, keadaan cuaca, terjadi insiden termasuk kecelakaan lalu lintas. VMS ini biasanya dipasang diatas jembatan penyeberangan jalan, di bahu jalan atau diatas struktur jalan. informasi VMS ini paling sering ditampilkan secara realtime dan dapat dikontrol baik dari lokasi terpencil, terpusat maupun secara lokal dilokasi. Informasi yang ditampilkan melalui VMS dapat dihasilkan dari informasi yang secara otomatis disampaikan, diketik secara manual, diprogram, ataupun dijadwalkan oleh personel atau operator. (VMS Student Handbook department of Transportation Washington State, 2010).

Informasi bagi pengguna jalan meliputi

1. informasi penutupan jalan,
2. informasi perbaikan jalan,
3. kegiatan-kegiatan tertentu,
4. kondisi cuaca,
5. kondisi lalu lintas,
6. peringatan kejahatan,
7. waktu tempuh,
8. kecelakaan, dan
9. informasi lainnya.

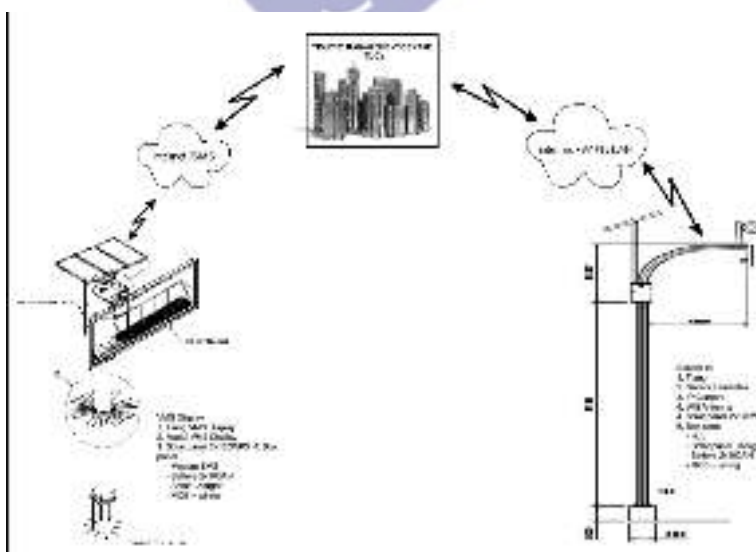
Hal penting dari sebuah VMS adalah dapat memberikan waktu kepada pengemudi di dalam mengambil keputusan terkait untuk menghindari kecelakaan, persiapan terhadap kondisi buruk di jalan atau untuk memberikan arah perjalanan.

2.3 Desain Sistem VMS yang Digunakan di Berbagai Negara

Secara garis besar teknologi ITS yang digunakan untuk mengatasi kemacetan di berbagai negara menggunakan dua buah sistem. Secara sederhana, sistem-sistem ini terdiri atas berikut.

1. Sistem dengan Bantuan Pusat Manajemen Lalu Lintas (Traffic Management Centre)(TMC)

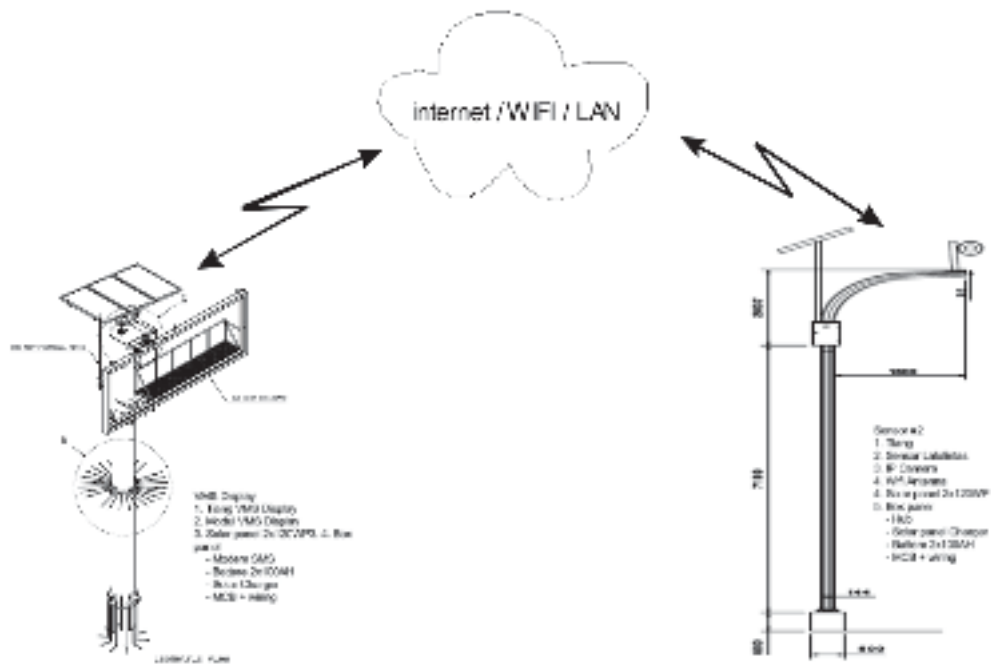
Biasanya data yang akan dipantau dan diatur berupa data tabular dan data video. Data dan video hasil dari sensor di lapangan dikirim ke pusat manajemen lalu lintas dengan menggunakan jaringan internet. kemudian di pusat manajemen lalu lintas diolah menjadi informasi yang berguna untuk pengguna jalan. Dengan menggunakan koneksi internet, data hasil olah tersebut dikirim lagi ke rambu elektronik atau Variable Message Sign (VMS). Tujuan sistem ini adalah agar data dan informasi dapat terekam di pusat manajemen lalu lintas untuk kepentingan pemantauan yang lebih intensif dengan jalur atau lajur yang dipantau yang merupakan pusat kegiatan atau daerah penting. Untuk sistem seperti ini diperlukan koneksi internet yang sangat stabil dengan kecepatan yang tinggi. Hal ini sangat diperlukan mengingat adanya jarak antara pusat manajemen dan lokasi pemantauan. Kemudian data yang akan diinformasikan harus dalam keadaan terkini. Apabila koneksi internet tidak stabil dan kecepatannya tidak baik, data yang diinformasikan kepada pengguna jalan dapat menyesatkan pengguna jalan karena adanya penundaan informasi yang disampaikan. Secara garis besar sistem dengan melibatkan TMC dapat dilihat pada pada ilustrasi gambar di bawah ini.



Gambar 14 -
Contoh Skema
Koneksi Sensor-
Sensor,TMC dan
VMS Layar

2. Sistem Tanpa Bantuan Pusat Manajemen Lalu Lintas (Traffic Management Centre)(TMC) atau Sistem Langsung

Sistem ini diterapkan pada jalan-jalan yang tidak diperlukan pemantauan khusus biasanya digunakan pada lokasi-lokasi jalan pedesaan atau lokasi jalan yang terganggu karena adanya kegiatan di badan jalan yang bersifat sementara. Fungsi utamanya hampir sama dengan nomor 1, yaitu untuk menginformasikan kepada pengguna mengenai kondisi lalu lintas di depannya. Sistem koneksi yang digunakan biasanya hanya menggunakan Wifi atau LAN mengingat lokasi sensor dan rambu elektronik tidak terlalu jauh atau hanya terpaut beberapa ratus meter.



Gambar 15 - Contoh Skema Koneksi Langsung Sensor Dan VMS Layar

2.4 Tipe VMS dan Kegunaannya

Tipe dari rambu elektronik meliputi hal-hal berikut.

1. Portabel VMS

Digunakan untuk pemasangan sementara dan tampilan informasi bergantung pada berbagai lokasi, sebagai contoh adanya kegiatan konstruksi di pinggir jalan, bencana, pengalihan rute ataupun penutupan jalan. Jenis ini biasanya dilengkapi dengan solar panel dan generator atau bekerja menggunakan listrik PLN.



Gambar 16 - Contoh Model Portable VMS

2. Fix atau Permanen VMS

Untuk jenis ini VMS ditempelkan secara permanen, baik pada tiang di pinggir jalan maupun pada bagian jembatan. Kegunaannya lebih banyak dan tampilan informasinya akan lebih beragam karena ukurannya jauh lebih besar dari portable VMS.



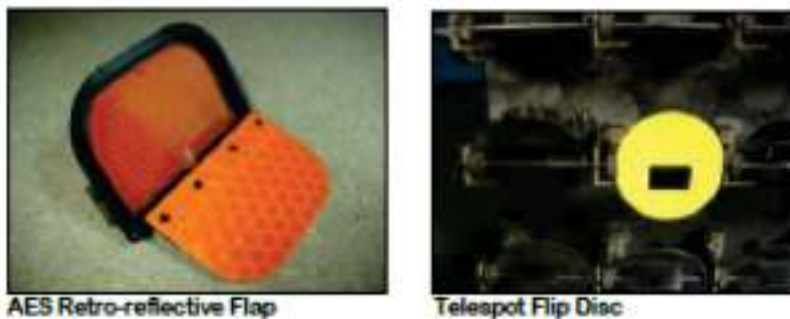
Gambar 17 - Contoh Permanen VMS

2.5 Tipe Teknologi Layar

Terdapat empat buah teknologi layar yang sudah diimplementasikan di Amerika, yaitu sbb.

1. Flip Disk

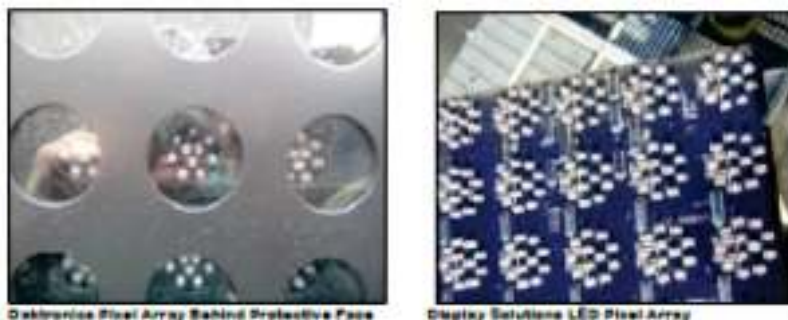
Teknologi ini menggunakan sistem yang melingkar, persegi panjang dengan disk kecil, setiap disk dapat berputar untuk membentuk karakter sehingga ketika dibalik membentuk pesan.



Gambar 18 - Tipe Flip Disk

2. Light Emitting Diode (LED)

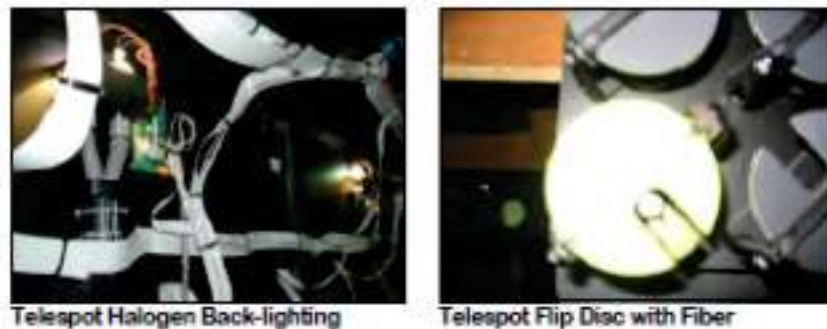
Teknologi LED menggunakan cluster dioda solid-state yang membentuk piksel tunggal. Ketika tegangan diterapkan, setiap cluster dioda bersinar. Dengan memutar tegangan on atau off, setiap cluster piksel yang dimanipulasi membentuk pesan yang diinginkan.



Gambar 19 - Tipe LED

3. Fiber Optik

Serat optik teknologi VMS menggunakan kumpulan helai serat optik, yang digantung untuk setiap piksel dari sumber lampu. Sebuah sumber lampu tunggal akan menerangi beberapa piksel. Untuk mengontrol piksel yang ditampilkan, jendela ditempatkan di depan setiap piksel. Jika pesan ditampilkan, jendela magnetis dikendalikan agar membuka atau tetap menutup untuk membentuk karakter atau pola.



Gambar 20 - Tipe Fiber Optic

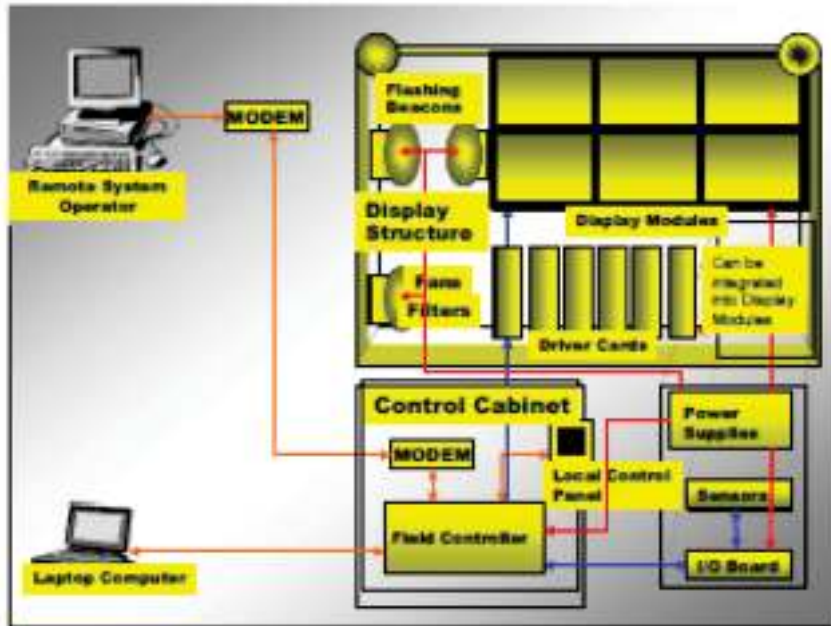
4. Hibrid

Teknologi ini menggabungkan ketiga teknologi yang sudah dijelaskan sehingga ketika piksel mati, permukaan reflektir diputar atau dibalik untuk memblokir sumber cahaya.



Gambar21 - Tipe Hibrid

2.6 Berbagai Komponen VMS dan Masing-Masing Fungsinya



Gambar 22 - Bagan Alir VMS di AS

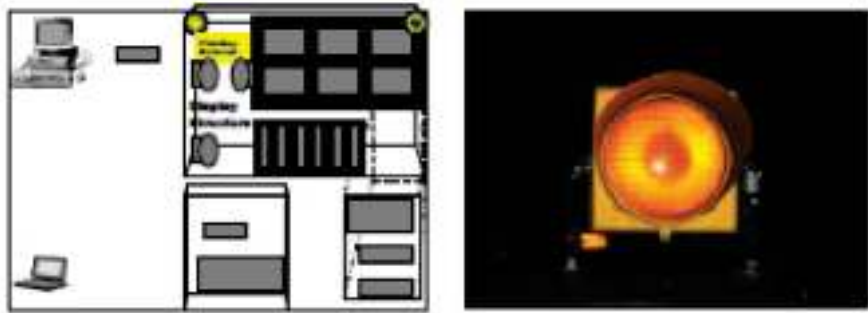
Komponen VMS dan fungsinya meliputi hal-hal berikut.

1. Struktur VMS

Struktur VMS biasanya terbuat dari aluminium, bersifat terang dan anti-silau. Beberapa tampilan yang lebih baru menonjolkan LED atau lensa. Struktur dirancang untuk menjadi tahan terhadap suhu dan faktor cuaca lainnya. Sebagian besar komponen utama VMS terkandung dalam struktur VMS.

2. Beacon

Flashers atau beacon adalah alat yang digunakan untuk menarik perhatian lebih ketika sebuah pesan penting sedang ditampilkan. Alat ini dapat dipasang di atas VMS dan dipasang dibagian atas struktur VMS, atau pada tiang di dekatnya. Alat ini harus dipasang sebanyak 2-3 perangkat berkedip, Bergantung pada ukuran tanda.



Gambar 23- Bentuk Beacon yang Disertai Dengan Bagan

3. Modul Layar VMS

Modul layar yang terkandung dalam VMS membentuk tampilan matriks. Setiap modul terdiri atas beberapa piksel. Piksel dikonfigurasi dalam kolom dan baris. Ketika diaktifkan bersama-sama, piksel membentuk karakter, angka, dan huruf. Dengan kelompok dari beberapa modul, pesan dapat ditampilkan.

4. Penggerak Layar (Driver display)

Penggerak layar adalah sirkuit yang mengontrol hasil data ke modul layar. Biasanya satu penggerak per modul, meskipun beberapa tanda-tanda mengandung baris dan kolom penggerak, atau bahkan satu penggerak yang mengontrol beberapa modul. Penggerak terletak di atau dekat modul layar mereka kontrol. Penggerak layar yang dialamatkan dan ditetapkan untuk setiap lokasi modul dalam layar matriks. Hal ini untuk menjamin karakter yang diinginkan akan ditampilkan pada modul yang benar.

5. Power Supplies

VMS berisi beberapa pasokan listrik DC yang memberikan energi modul dan komponen lainnya. Pasokan listrik ini bisa berlebihan, yang berarti bahwa jika salah satu gagal, yang lain akan memberikan kompensasi. Hal ini memungkinkan untuk operasi layar terganggu.

6. Sensor

VMS terdiri atas beberapa sensor yang memungkinkan pengontrol lapangan beradaptasi dengan perubahan lingkungan. Sensor- sensor tersebut diantaranya:

- Sensor Suhu: Sensor ini membaca suhu internal dan eksternal. Bidang pengontrol bereaksi sesuai dengan panas atau mendinginkan VMS.

- Sensor cahaya: Sensoir ini merekam perubahan tingkat cahaya dari luar VMS. Sensor ini berguna untuk merubah tingkat intensitas layar untuk mengkompensasi kondisi siang dan malam.

2.7 Komputer Kontrol

Kontrol komputer adalah Komputer yang digunakan untuk mengoperasikan, memperbaiki, dan memelihara VMS, yang terdiri atas hal-hal berikut.

Lokal komputer: Sebuah sistem kontrol lokal yang terdiri dari laptop dengan perangkat lunak kontrol. Alat ini digunakan untuk membantu teknisi lapangan dengan pemecahan masalah, diagnostik, dan perbaikan. Laptop terhubung langsung ke pengontrol lapangan dengan menggunakan kabel serial RS-232..

Remote komputer: sebuah sistem remote control yang terdiri atas setup komputer yang lebih besar yang terhubung melalui jaringan. Hal ini memungkinkan operator dan teknisi untuk mendiagnosis dan mengendalikan tampilan VMS dari jauh.

2.8 Jenis Komunikasi yang Paling Umum yang Terlibat Dalam VMS

Jenis-jenis komunikasinya adalah sbb.

1. Koneksi Dial-up

Saluran telepon kabel dihubungkan dengan modem, yang digunakan untuk membuat koneksi jarak jauh dengan tanda-tanda. Tanda-tanda tersebut memiliki nomor telepon sendiri yang digunakan untuk akses. Pengontrol lapangan harus diatur untuk mengakomodasi jenis komunikasi ini.

2. Saluran Khusus/Dedicated Line (Point To Point)

Kabel tembaga digunakan untuk menghubungkan antar koneksi sehingga sistem koneksinya akan terjamin karena adanya sistem kabel yang tidak terganggu oleh jaringan lain.

3. Serat (Fiber) Optik

Kabel serat optik ini adalah kabel khusus yang didesain untuk menangkap sinyal dengan jarak jauh dan dengan tingkat kestabilan yang sangat tinggi.

4. Koneksi Radio

Biasanya alat ini ditempatkan di lokasi terpencil, ketika saluran kabel telepon atau serat optik tidak tersedia di lokasi ini sehingga sinyal radio menjadi alternatif di dalam sistem komunikasi VMS.

2.9 Diagnosis dan Pemecahan Masalah

Perangkat lunak yang ada di VMS biasanya terdiri atas alat-alat yang digunakan untuk mengatasi masalah kegagalan.

Alat-alat tersebut biasanya terdiri atas

- pembacaan sensor cahaya,
- pembacaan sensor temperatur,
- pembacaan power supply,
- piksel atau test lampu,
- test informasi, dan
- pembacaan komunikasi bermasalah atau tidak.

2.10 Sistem Evaluasi VMS di Wisconsin Amerika Serikat

Program ITS di University Wisconsin di Madison melakukan survei dengan tujuan menilai dari sisi pengemudinya. Opini tentang kondisi perjalanan di Wisconsin adalah dengan menyelidiki tingkat pengetahuan pengemudi mengenai isu-isu di jalan bebas hambatan serta menentukan kesadaran pengguna dan persepsi VMS.

Secara ringkas yang ingin diketahui oleh Wisconsin Department of Transportation Research, Development & Technology dari kacamata pengemudi adalah sebagai berikut.

- Tanggap darurat yang cepat serta mengurangi kemacetan lalu lintas dianggap sebagai kebutuhan penting .
- Mempertahankan kualitas pengemudi (kenyamanan) dan kondisi perkerasan jalan keseluruhan yang diinginkan .
- Pengguna bersedia untuk mengubah waktu perjalanan untuk menghindari atau meminimalkan kemacetan .
- Pengguna merasa bahwa batas kecepatan yang tidak dipatuhi dan hukum yang lebih ketat perlu ditegakkan .

- Pengguna cukup akrab dengan kedua VMS dan rampameter .
- Tanda-tanda pesan VMS berguna untuk melaporkan kondisi cuaca dan lalu lintas . Namun, lebih diperbaruinya pesan akan sangat membantu bagi para pengguna .
- Rampameter telah efektif dalam mengendalikan kemacetan

Secara ringkas evaluasi yang dilakukan meliputi:

- persepsi umum tentang mengemudi dan jasa transportasi di wisconsin,
- persepsi dan pengetahuan tentang vms,
- persepsi dan pengetahuan tentang rampametering,
- persepsi tentang mengemudi di jalur bebas hambatan di wisconsin,
- karakteristik demografi,
- saran-saran dari para pengemudi, dan
- kesimpulan dan rekomendasi.



3. Kinerja Model Fisik

3.1 Spesifikasi Sistem VMS Pusjatan

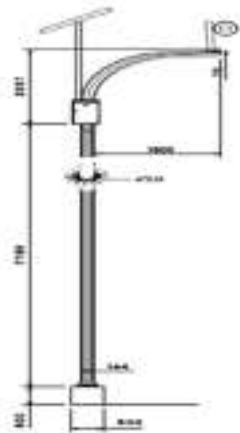





Spesifikasi sistem VMS atau Sindila-01 dibagi menjadi dua bagian fisik, yaitu bagian sensor dan bagian VMS. Kedua bagian ini merupakan bagian yang sangat vital karena menyangkut keberlangsungan sistem serta dari segi fisik menyangkut estetika juga. Detail dari setiap bagian sistem fisik Sindila-01 dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 2 - Spesifikasi di VMS

Actuated VMS	
A	POLE MOUNT, 6 meter tinggi Pole dia. 100 mm, 6 meter tinggi - Tahan korosi - Baja dengan mutu ST 37 - Nilai tahanan tegangan tarik baja 445 MPa - Mempunyai beban angin maksimum 100 kg/m² - Dapat tahan dengan ukuran 100 x 100 mm tebal 45 mm, dengan menggunakan dal dengan tebal 10 mm - Tangkai dal dengan diameter 6" tebal 45 mm dan dengan ketinggian minimal 50 mm dari tanah - Pada ujung tangkai terdapat penyangga modul VMS - Pada ujung tangkai terdapat penyangga modul kamera
B	Actuated VMS VMS Display - Teknologi LED - Ukuran frame 1000 x 800 mm - Pemrosesan 24 bit - Dapat menerima input 8 kanal VMS Controller - Komutasi RS-232 atau RS-485 - Dapat menerima input 8 kanal Solar Panel 120 Wp, 12 V Baterai 120 Ah, 12 V Kabel & Connector for SP Baterai 100 Ah, 12 V ODL Endurance with peak mount clamp SP Charger Control PAPAR INFORMASI NEGSIATAN Frame Informasi Kapitalis ukuran 400 mm x 600 mm

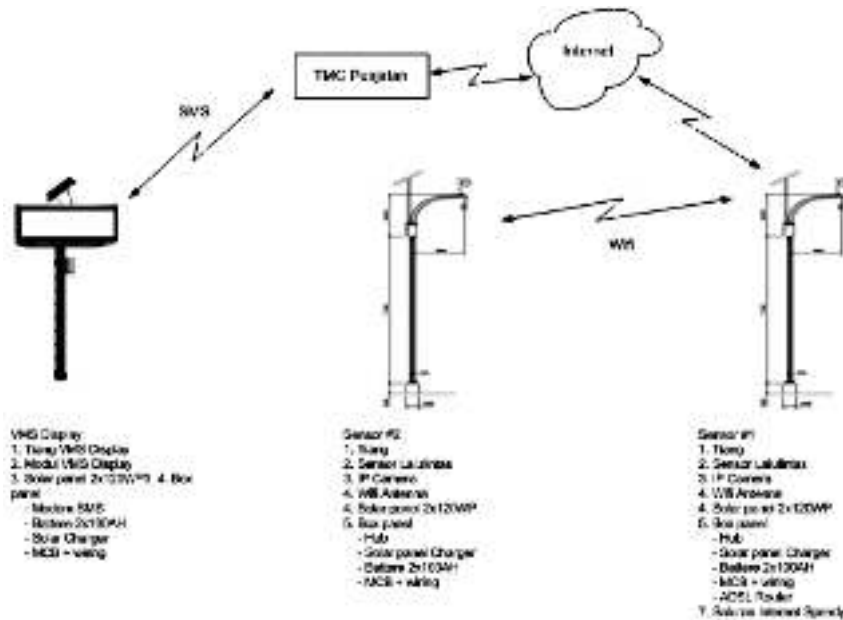
Secara teknis bahwa peralatan logam yang digunakan di bagian luar atau yang terkena langsung dengan matahari spesifikasi besinya adalah besi galvanis, besi ini merupakan standar besi anti karat yang sangat cocok untuk pemakaian luar atau terkena langsung dengan sinar matahari serta perubahan cuaca lainnya.

Tabel 3 - Spesifikasi di Tiang Sensor

No.	ITEM DESKRIPSI	GAMBAR
1.	SENSOR TRAFFIC	
A.	POLE TOWER 9 mtr Pole Hexagon Tower, Hexagon 9 mtr Terdiri dari komponen sebagai berikut: • Pole Hexagon Tower, Hexagon 9 mtr • Solar Panel Mounting for 120 WP • Main Junction Box • Pembed Pole Tower • Steel Rod • Ring dengan matrik 57037 • Minimum tegangan iduk baja S45 NPA • Mampu menahan beban angin maksimum 100 km/jam • Base plate dengan ukuran 300 x 300 mm tebal 15 mm, surface menggunakan plat dengan ketebal 10 mm • Tiang vertikal dengan diameter 47 mm 4,5 mm dan dengan ketinggian minimal 8,2 m dari tanah • Tidak menggunakan las untuk penyengga solar panel	
	Solar Panel Mounting • Junction box dengan 10 kawat tembaga • Pembed Pole Tower	
B.	Solar Panel 120 WP, 12 V System Solar Panel 120 WP - 12 V • 12V/100 (120WP) • Material : monocrystalline silicon material • Max voltage : 17,6 VDC • Open circuit Voltage > 21,6 VDC • Short Circuit Current > 7,78A • Max Power Current > 7,1A • Max Power Voltage > 17 VDC	
	Kabel & Connector for SP • 252 mm NYWHP • Male and Female type Solar Panel Connector	
	Battery 100 AH, 12 V • Nominal Voltage/tekanan : 12 V • Capacity : 100 AH • Bahan : o Cover : Reinforced polypropylene o Separator : Absorbent Glass Mat (AGM) o Terminals : copper alloy	
	ODU Enclosure, with pre mount clamp • Battery : 12V 200 Ah dengan voltage max 14,1 Volt • Ukuran box : 400x600x225 mm • Standard IP65	
	SP Charger Control • Maximum Current : 10A • Rated Voltage : 12V/24V Auto detection • Battery type : Gel, Sealed, Flooded • Protection : Full Electronic protection • Max PV input voltage : 60VDC	

3.2 Pemeliharaan dan Perbaikan DI PUSJATAN

Secara garis besar skema sistem Sindila-01 yang dikembangkan oleh Pusjatan dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 24 - Skema koneksi Sensor-sensor, VMS Layar, dan TMC Pusjatan

Teknologi yang telah dikembangkan oleh tim PUSJATAN dalam hal ini adalah teknologi dari sistem informasi dini lalu lintas di ruas jalan perkotaan. Pemeliharaan dan perbaikan terhadap Sistem Informasi Dini Lalu lintas di Pusjatan tahun 2013 bertujuan untuk mengetahui durabilitas dan kecocokan perangkat lunak dalam menginformasikan data.

Teknologi Sistem Informasi Dini Lalu lintas yang dipantau atau dipelihara tersebut dibagi menjadi tiga bagian, yaitu sebagai berikut.

1. Bagian Sensor

Yang dipantau pada bagian ini meliputi tiang, daya, sensor (perangkat keras dan perangkat lunak), IP camera, mini PC, modem serta koneksi internet.



Gambar 25 - Tiang Sensor.

2. Server dan Perangkat lunak Pengolah Data

Alat ini mendeteksi durabilitas atau kestabilan perangkat lunak pengolah data di dalam mengolah dan menyampaikan hasil atau informasi ke VMS



Gambar 26 - Ruang Sensor

Pemantauan (monitoring) pada bagian tiang sensor terdiri atas hal-hal berikut.

1) Tiang

- a. melakukan pembersihan tiang dari debu dan kotoran yang menempel;
- b. apabila ada karat melakukan perbaikan dan pengecatan.

2) Kelistrikan (daya)

- a. mengukur normalitas arus yang dikirimkan dari solar panel menuju solar charger;
- b. mengukur normalitas solar charger di dalam mengirimkan dan memutuskan arus;
- c. mengukur lamanya arus yang dapat disimpan oleh aki baterai;
- d. mengukur pemakaian total ampere dari peralatan yang memerlukan arus listrik di tiang sensor;
- e. membersihkan bagian atas dari solar panel; dan
- f. Mengukur semua peralatan yang memerlukan arus listrik, di antaranya yaitu: wifi antena outdoor, sensor penghitung kendaraan (collect-R), Ip kamera, dan adaptor modem.

3) Sensor (Perangkat Keras Dan Perangkat Lunak)

- a. pada bagian perangkat lunak adalah dengan melakukan penarikan data untuk dievaluasi; apakah sensor mengirimkan data secara terus-menerus kemudian hasilnya diambil untuk dievaluasi. hasil evaluasi terdiri atas stabilitas pengiriman data selama proses pengawasan, ketepatan pembacaan jenis kendaraan, dan pembacaan kecepatan setiap jenis kendaraan.
- b. pada bagian perangkat keras diperiksa fisik dari sensor kamera, baik pada bagian lensa, bagian selubung maupun koneksi kabelnya
- c. pada bagian lensa dilakukan pembersihan untuk menghindari debu dan jamur yang menempel.
- d. pada bagian koneksi kabel diperiksa konektornya serta karet anti air yang menempel pada bagian belakang sensor sebagai pelindung kabel dari masuknya air.

4) IP kamera

- a. melakukan pemeriksaan fisik dari kamera, bagian lensa, bagian selubung ataupun koneksi kabelnya;
- b. memeriksa sistem ip yang ada pada kamera dan di tes kembali koneksinya;
- c. melakukan pembersihan bagian kamera dan doom yang menempel pada kamera;

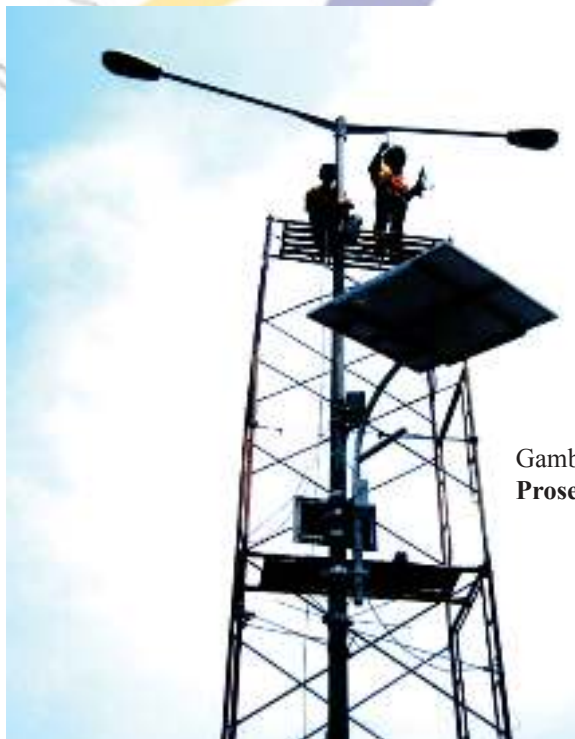
- d. melakukan pembersihan lensa kamera untuk menghindari menempelnya jamur dan debu;
- e. melakukan pemeriksaan konektor pada kamera, baik konektor ip maupun power.

5) Mini PC (Portable Computer)

- a. melakukan pengecekan pada bagian perangkat lunak (os, perangkat lunak collect-r yang berfungsi sebagai penerima dan pengirim data tabular ke sever melalui jaringan internet);
- b. mengecek perangkat keras baik koneksi maupun kompatibilitas;
- c. melakukan pembersihan hardisk; dan
- d. mengecek perangkat lunak pengirim data.

6) Modem, Hub Dan Koneksi Internet

- a. melakukan pengecekan terhadap koneksi modem;
- b. mengecek pulsa dan masa aktif kartu internet;
- c. melakukan pengisian pulsa internet;
- d. melakukan pengecekan terhadap hub; dan
- e. melakukan cek koneksi jaringan dan kecepatannya.



Gamba29 -
Proses Pemantauan

3.2.2 Bagian Server dan Perangkat lunak Pengolah Data

Pemantauan pada bagian server adalah dengan melakukan pengecekan terhadap server baik perangkat keras server yang telah di aktifkan selama setahun lebih maupun pengecekan terhadap data yang dikirimkan oleh mini pc ke server. Secara lengkapnya pemantauan meliputi hal-hal berikut.









- a. membersihkan bagian dalam dari perangkat keras dari debu;
- b. memastikan bahwa power supply dari server masih berfungsi dengan baik;
- c. memastikan bahwa data dari sensor masih mengirim data ke folder di server secara terus menerus;
- d. memastikan bahwa hardisk belum terisi penuh oleh data;
- e. memastikan bahwa seluruh data dari lapangan tersimpan dengan baik dan secara beraturan tersimpan sesuai waktunya di server sehingga memudahkan pada saat data pada hari tertentu yang akan di gunakan; dan
- f. memonitor dan memastikan secara terus menerus bahwa perangkat lunak berjalan dengan baik di dalam memproses data dan menjadi sebuah informasi bagi pengguna jalan.



Gambar 30 - Tampilan Perangkat Lunak Pengolah Data

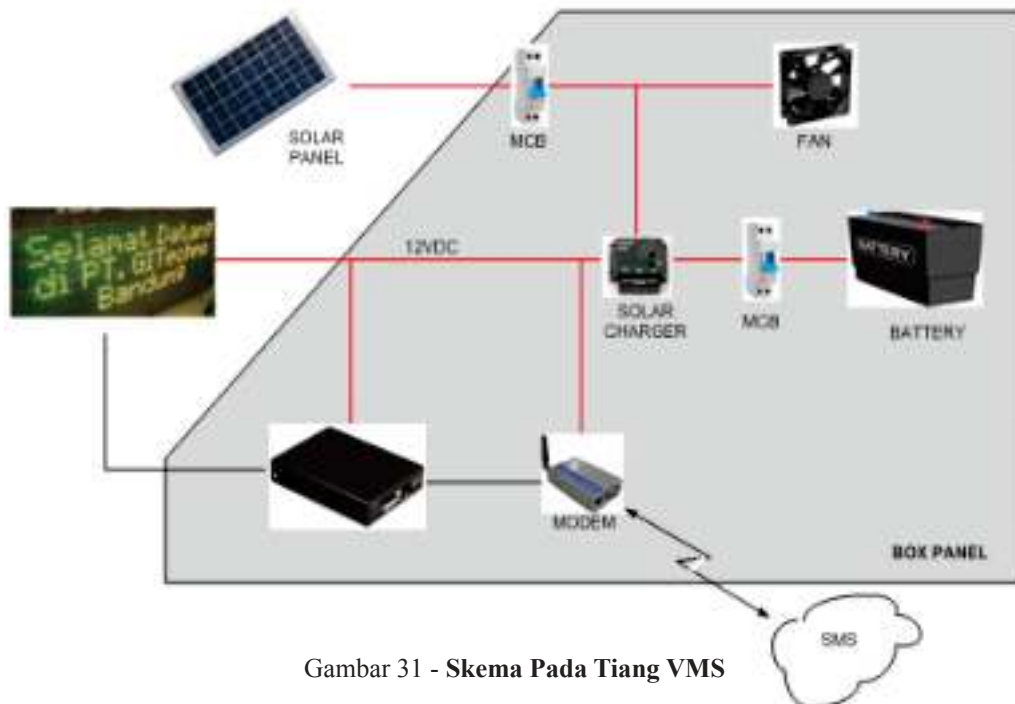
- g. memastikan bahwa parameter-parameter untuk informasi VMS berjalan dengan baik. misal: nilai kecepatan rata-rata sepeda motor diperkotaan menjadi diatas 120 km/jam pada siang hari sementara sensor ditempatkan di jalan perkotaan. Hal ini harus dicurigai mengingat kecepatan rata-rata maksimal dari sepeda motor di perkotaan hanya 60km/jam
- h. mencocokkan bahwa informasi yang disampaikan VMS dengan hasil video real time dari CCTV adalah sama. untuk lebih jelasnya, hal tersebut dapat dilihat pada pada gambar berikut.

Tabel 4 - Tabel Perbandingan Keadaan Lapangan dengan Informasi VMS

Tingkat Pelayanan	Luaran Alat	Visual di lapangan
Lancar, Kec 58 km/jam		
Lancar, Kec 52 km/jam		
Macet, Kec 6 km/jam		
Macet, Kec 9 km/jam		

3.2.3 Bagian Variable Message Signs (VMS)

Bagian VMS atau rambu elekt ronik terletak pada posisi yang sangat strategis dan terlihat oleh pengguna jalan sehingga fungsi pemantauan pada lokasi ini juga sangat penting karena merupakan ujung dari semua proses yang dipantau. Secara lengkap untuk skema peralatan pada tiang VMS yang telah dipantau dapat dilihat pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 31 - Skema Pada Tiang VMS

Bagian -bagian yang dipantau meliputi hal-hal berikut.

1) Tiang

- a. melakukan pembersihan tiang dari debu dan kotoran yang menempel;
- b. mengecek fungsi dari engsel penutup belakang boks vms dari karat dan macet akibat cuaca serta melakukan perbaikan jika ada kerusakan; dan
- c. apabila ada karat dilakukan perbaikan dan pengecatan.

2) Boks VMS

- a. melakukan pembersihan boks dari debu dan kotoran yang menempel;
- b. membersihkan pelapis kaca bagian depan vms dari debu dan kotoran yang menempel;

- c. melakukan pengecatan untuk bagian boks yang berkarat; dan
- d. mengecek fungsi dari engsel penutup belakang boks vms dari karat dan macet akibat cuaca serta melakukan perbaikan jika ada kerusakan.

3) Konektivitas VMS

- a. melakukan pengecekan terhadap koneksi modem;
- b. mengecek konektor dari modul ke layar (biasanya berkarat karena cuaca);
- c. mengecek pulsa atau kuota internet dan masa aktif kartu;
- d. melakukan pengecekan terhadap koneksi modem;
- e. melakukan pengecekan terhadap hub; dan
- f. melakukan cek koneksi jaringan dan kecepatannya.

4) Led

- a. mengecek sel atau led yang mati dan menggantinya;
- b. melakukan cek modul led; dan
- c. mengecek intensitas cahaya led serta memastikan berfungsi dengan normal.

5) Kelistrikan

- a. mengganti solar panel dengan listrik pln karena daya vms cukup besar sehingga faktor cuaca atau kurangnya sinar matahari menjadi faktor penyebab dibutuhkan tenaga listrik;
- b. melakukan kontrol serta mencatat terhadap kuota vms secara berkala dan melakukan pengisian pulsa apabila pulsa habis (berdasarkan hasil pemantauan dan evaluasi bahwa kuota listrik perbulan adalah Rp.40.000,-)

3.3 Contoh Formulir Pemantauan Sistem VMS

Untuk melakukan suatu pemantauan diperlukan suatu panduan khusus yaitu berupa formulir sehingga ketika penyurvei atau bagian terkait melakukan pemantauan, petugas sudah mengetahui apa yang harus dilakukan di dalam melaksanakan tugasnya. Berikut merupakan contoh pemantauan yang dilakukan oleh TIM pemantauan VMS Pusjatan.

Tabel 5 - Formulir Pemantauan Terhadap Sindila-01 Pusjatan.

[illegible]

■ 4. Evaluasi Sistem Informasi Dini Lalu Lintas

4.1 Sistem Evaluasi di Pusjatan

Sistem Informasi Dini Lalu lintas yang diteliti oleh tim Pusjatan merupakan sistem yang terdiri atas sensor, server pengolah data dan informasi serta VMS sebagai alat penginformasi kondisi lalu lintas bagi pengguna jalan. Sehingga keberadaan VMS menjadi kunci atau sarana komunikasi bagi para pengguna jalan.

Teknik pengevaluasian yang digunakan dalam kegiatan mengevaluasi model fisik ini mengikuti hasil evaluasi untuk VMS yang telah dilakukan di Wisconsin Amerika Serikat tahun 2004 yang dikerjakan oleh *Wisconsin Department of Transportation Research, Development & Technology*.

Untuk lebih memaksimalkan manfaat dari model fisik Sistem Informasi Dini Lalu lintas ini diperlukan suatu evaluasi dari kacamata atau sisi pengguna jalan, di antaranya mengenai

- a. keberadaannya,
- b. posisi,
- c. ukuran atau dimensi,
- d. informasi yang disampaikan,
- e. pengaruh bagi pengguna jalan, dan
- f. manfaat.

Secara lengkap hasil dari evaluasi terhadap VMS yang diimplementasikan di Pasteur khususnya depan Hotel ASTON dapat dilihat pada sub bab di bawah ini.

4.1.1 Data Hasil Kuesioner

1. Berapa kali dalam sehari melewati Jalan Pasteur
 - a. satu
 - b. dua
 - c. tiga
 - d. empat
 - e. lebih dari empat kali

Jawaban hasil survei adalah sebagai berikut.

Responden yang paling banyak melakukan aktivitas bolak-balik diruas Jalan Pasteur setiap hari adalah dua kali dalam sehari melewati Pasteur dengan jumlah responden mencapai 83 orang atau 62% dari total responden. Hal ini membuktikan bahwa jalur Pasteur merupakan ruas yang digunakan untuk aktivitas sehari-hari. Secara lengkap hal tersebut dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 32 Jumlah Aktivitas Melewati Ruas Pasteur Dalam Satu Hari

2. Berapa kali dalam seminggu melewati Jalan Pasteur
 - a. satu
 - b. dua
 - c. tiga
 - d. empat
 - e. lebih dari empat kali

Jawaban hasil survei adalah sebagai berikut.

Tingkat aktivitas dari responden yang melewati ruas Pasteur mencapai lebih dari empat kali dalam seminggu dengan jumlah responden mencapai 112 orang atau 84% dari total responden. Hal ini membuktikan bahwa ruas Pasteur ini digunakan oleh pengguna jalan komuter. Secara lengkap hal tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 33 - Jumlah Aktivitas Melewati Ruas Pasteur Dalam Satu Minggu

3. Jam berapa melewati Jalan Pasteur arah pasupati
- a. dini hari (0.00- 04.59)
 - b. pagi (05.00 - 09.59)
 - c. siang (10.00 - 14.59)
 - d. sore (15.00 - 18.59)
 - e. malam (20.00 - 23.59)

Jawaban hasil survei adalah sebagai berikut.

Responden paling banyak melakukan aktivitas pada pagi hari pukul 05.00 - 09.59 yang melewati ruas Jalan Pasteur arah jembatan Pasupati dengan jumlah responden mencapai 103 orang atau 77% dari total responden 133 orang yang melakukan aktivitas pada pagi hari. Secara lengkap hal tersebut dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 34 - Waktu Aktivitas Melewati Ruas Pasteur Dalam Satu Minggu

4. Apakah responden mengetahui keberadaan VMS/rambu elektronik di median jalan (depan Aston) Pasteur Bandung
- a. tahu b. tidak tahu

Jawaban hasil survei adalah sebagai berikut.

Responden yang mengetahui keberadaan VMS mencapai 98% atau 130 orang dari 133 orang responden mengetahui adanya VMS yang terletak di median Jalan Pasteur. Secara lengkap hal tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 35 - Jumlah Responden Yang Mengetahui Adanya VMS

5. Apakah responden dapat melihat dengan jelas keberadaan VMS pada saat mengemudi
- a. sangat tidak terlihat b. tidak terlihat c. cukup terlihat
- d. terlihat e. sangat terlihat

Jawaban hasil survei adalah sebagai berikut.

Responden yang paling banyak menjawab pertanyaan diatas dengan jawaban terlihat mencapai 58 orang, kemudian diikuti dengan cukup terlihat 45 orang dan sangat terlihat hanya 23 orang. Dari jawaban para responden ini bahwa jawaban responden cukup bervariasi dengan persentase tertinggi menjawab terlihat dengan persentase mencapai 45%. Secara lengkap dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

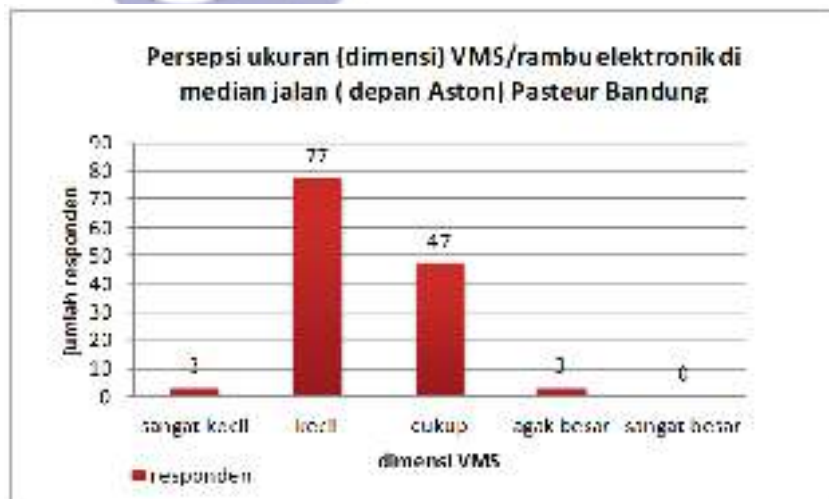


Gambar 36 - Jumlah Responden yang Dapat Melihat VMS Pada Saat Mengemudi

6. Apakah ukuran (dimensi) VMS/rambu elektronik di median jalan (depan Aston) Pasteur Bandung
- a. sangat kecil b. kecil c. cukup d. agak besar e. sangat besar

Jawaban hasil survei adalah sebagai berikut.

Responden yang memilih untuk pertanyaan di atas adalah ukurannya kecil dengan jumlah responden mencapai 77 orang atau 59%, sedangkan yang menjawab cukup mencapai 47 orang atau sekitar 36% dari total responden dan sisanya bervariasi. Secara lengkap hal tersebut dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

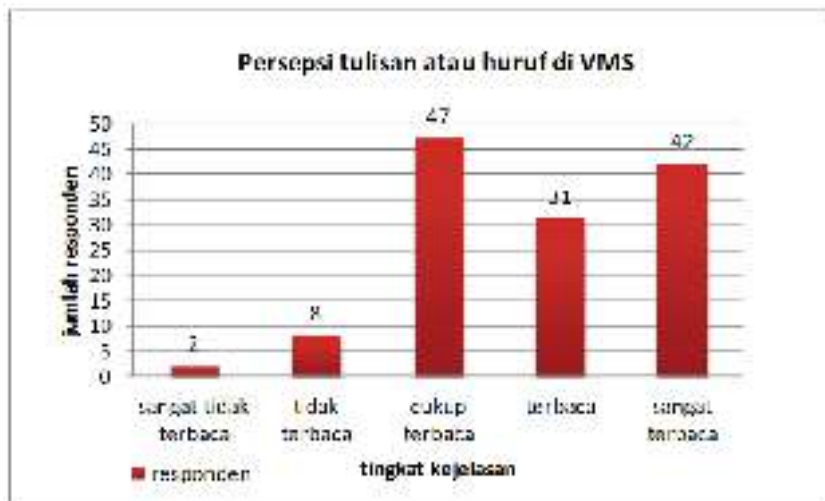


Gambar 37 - Persepsi Ukuran VMS Menurut Responden

7. Apakah responden dapat membaca tulisan dengan jelas di VMS
- a. sangat tidak terbaca b. tidak terbaca c. cukup terbaca
 - d. terbaca e. sangat terbaca

Jawaban hasil survei adalah sebagai berikut.

Responden yang paling banyak memilih untuk pertanyaan di atas adalah cukup terbaca yang mencapai 47 responden atau sekitar 36% dari total responden sedangkan yang memilih jawaban terbaca mencapai 24%, dan sangat terbaca mencapai 32%. Secara lengkap hal tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

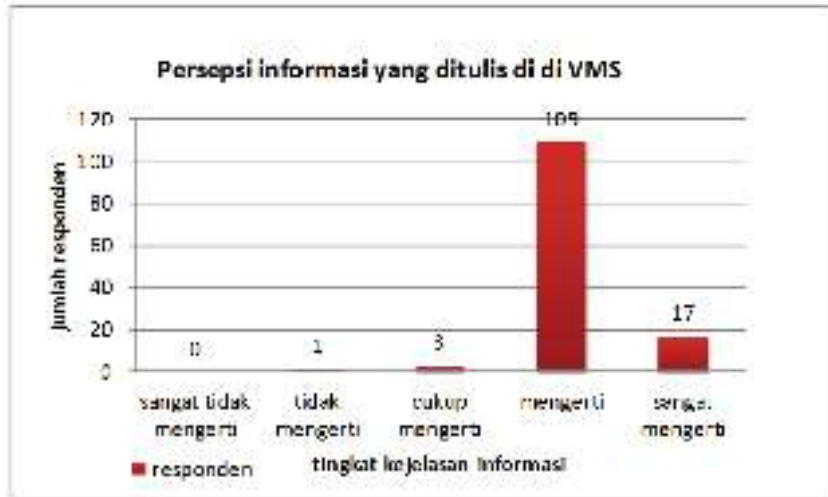


Gambar 38 - Persepsi Tulisan atau Huruf Di VMS

8. Apakah responden dapat mengerti maksud dari informasi yang ditulis di VMS
- a. sangat tidak mengerti b. tidak mengerti c. cukup mengerti
 - d. mengerti e. sangat mengerti

Jawaban hasil survei adalah sebagai berikut.

Responden yang paling banyak memilih untuk pertanyaan diatas adalah dengan jawaban mengerti dengan jumlah responden yang memilih mencapai 109 orang atau sekitar 84% responden menjawab mengerti dengan informasi yang disampaikan oleh VMS. Secara lengkap hal tersebut dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

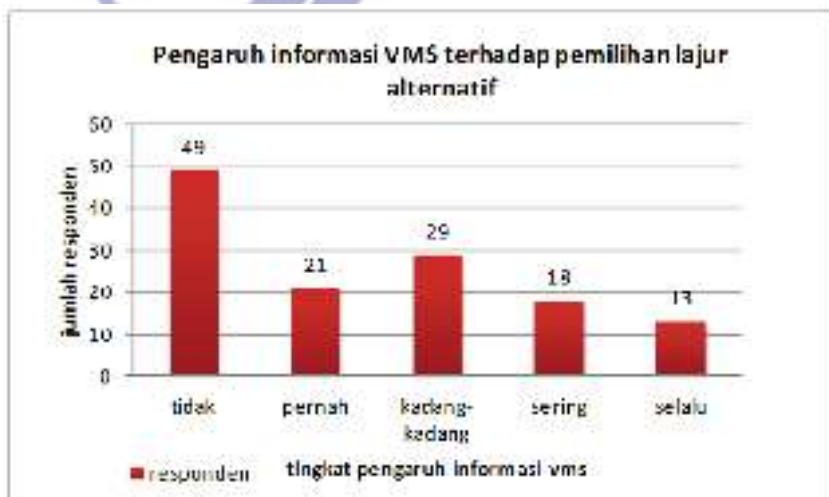


Gambar 39 - Persepsi Informasi yang Disampaikan oleh VMS

9. Ketika VMS menyatakan kondisi macet, apakah responden mencari alternatif jalan lain
 a. tidak b. pernah c. kadang-kadang d. sering e. selalu

Jawaban hasil survei adalah sebagai berikut.

Untuk pertanyaan di atas, jawaban Responden cukup bervariasi, tetapi jumlah responden yang menjawab tidak adalah yang paling banyak dengan jumlah 49 responden atau sekitar 38% dari total responden. sedangkan 4 jawaban lainnya dipilih tetapi dengan persentase yang lebih sedikit. Secara lengkap hal tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 40 - Pengaruh Informasi terhadap Pemilihan Lajur Alternatif

10. Apakah keberadaan VMS bermanfaat bagi responden
- sangat tidak bermanfaat
 - tidak bermanfaat
 - cukup bermanfaat
 - bermanfaat
 - sangat bermanfaat

Jawaban hasil survei adalah sebagai berikut.

Untuk pertanyaan tersebut jawaban responden adalah sangat positif yaitu menjawab bahwa VMS bermanfaat bagi pengguna jalan dengan total responden yang memilih mencapai 64 responden atau sekitar 49%, sedangkan 59 responden atau 45% dari total responden memilih sangat bermanfaat dan sisanya menjawab cukup bermanfaat dengan persentase mencapai 5%. Secara lengkap hal tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 41 - Persepsi manfaat VMS bagi pengguna Jalan

Efektivitas dari VMS dapat terlihat pada jawaban dari pertanyaan-pertanyaan nomor 5, 7, 8, 9, dan 10. Efektivitas dari suatu VMS ternilai ketika keberadaan VMS sudah terlihat keberadaannya oleh pengguna jalan, Tulisan di VMS sudah dapat terbaca dan dapat dimengerti oleh para pengguna jalan, VMS sudah dapat memengaruhi rute pengemudi ketika melihat informasi VMS dan yang terakhir adalah bahwa pengguna jalan sudah menganggap bahwa VMS sangat bermanfaat.

4.1.2 Saran dari Responden

Pada kuesioner yang disebarakan ada butir saran yang boleh diisi oleh para responden. Dari beberapa saran dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut.

- a. vms perlu diperbanyak di lokasi-lokasi lainnya,
- b. ukuran vms perlu diperbesar,
- c. lokasi penempatannya, jika dapat lebih jauh dari lokasi yang sekarang,
- d. tulisan di vms jika dapat jangan kecepatan tetapi kecepatan rata-rata.



Gambar 42 - Kegiatan Survei Wawancara VMS



■ 5. Penutup

Naskah ilmiah ini berguna sebagai panduan sederhana khususnya untuk para pemangku kepentingan dan umumnya untuk masyarakat yang ingin mengimplementasikan sistem Informasi Dini Lalu lintas yang telah dikembangkan oleh Pusjatan dengan penekanan pada teknik pemeliharaan dan teknik pengevaluasian terhadap VMS yang telah diimplementasikan oleh Pusjatan.

Teknik evaluasi mengikuti hasil kegiatan evaluasi yang telah dilakukan oleh di Wisconsin Amerika Serikat tahun 2004 yang dikerjakan oleh Wisconsin Department of Transportation Research, Development & Technology untuk kegiatan evaluasi VMS.

Pemantauan sistem informasi dini lalu lintas merupakan kegiatan wajib dan harus dilakukan oleh para pemangku kepentingan yang bersangkutan dalam rangka memelihara kelangsungan sistem di dalam menginformasikan kondisi lalu lintas.

Hasil evaluasi dari model fisik, khususnya VMS Pusjatan, merupakan gambaran manfaat VMS bagi para pengguna jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Teknik Lalu lintas dan Lingkungan Jalan. Puslitbang Jalan Dan Jembatan Kementerian Pekerjaan Umum. Naskah Ilmiah Traffic Managemnt Centre 2011.
- Washington State Department of Transportation (Desember 2010), Introduction to Variable Message Signs, Student Handbook
- Bin Ran, Bridget Barrett, Emily JohnsonWisconsin, Department of Transportation (October 2004),. Evaluation of Variable Message Signsin Wisconsin: Penggerak Survey, Final Report No. 0092-45-17
- M. Wardman P. Bonsall & J. Shires (1998), Penggerak Response to Variable Message Signs: A Stated Preference Investigation, Transpn. Res.-C, Vol.5, No.6, pp389-405.
- Mohamed A. Abdel-Aty (2000), Using ordered probit modeling to study the effect of ATIS on transit ridership. Transpn. Res.-C 9, pp 265-277.
- Department of Maintenance and Operations (May 2011), New York State Thruway Authority , Guidelines For Use Of Variable Message Signs (VMS), TAP-633