

EKUIVALEN KENDARAAN RINGAN DAN KAPASITAS DASAR SIMPANG

HIKMAT ISKANDAR



**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

Ekuivalen Kendaraan Ringan dan Kapasitas Dasar Simpang

Penulis:

Hikmat Iskandar

Cetakan Ke-1 Desember 2014

© Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

No. ISBN : 978-602-264-046-2

Kode Kegiatan : PPK2 - 001 107 I 13

Kode Publikasi : IRE – TR - 113/SM/2013

Koordinator Penelitian

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

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 978-602-264-046-2



**ANGGOTA TIM TEKNIS BALAI
TEKNIK LALU LINTAS DAN
LINGKUNGAN JALAN**

Ketua :

Ir. Agus Bari Syailendra, MT.

Sekretaris:

Ir. Nani Kusminingrum

Anggota:

Ir. Gandhi Harahap, M.Eng.

DR. Ir. IF Poernomosidhi, M.Sc.

Prof. Ir. Munawar, M.Sc., Ph.D.

Ir. Hikmat Iskandar, M.Sc., Ph.D.

Ir. Sri Hendarto, M.Sc.

Ir. Tri Basuki Juwono, M.Sc., Ph.D.



© PUSJATAN 2013

Naskah ini disusun dengan sumber dana APBN 2013, pada Paket Kerja Pengkinian Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.

Pandangan yang disampaikan dalam publikasi ini tidak menggambarkan pandangan dan kebijakan Kementerian Pekerjaan Umum, unsur pimpinan, maupun institusi pemerintyah lainnya. Kementerian Pekerjaan Umum tidak menjamin akurasi data yang disampaikan dalam publikasi ini, dan tanggung jawab atas data dan informasi sepenuhnya dipegang oleh penulis.

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



PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN

Merupakan lembaga penelitian dan pengembangan yang bertanggung jawab mencari berbagai invensi di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi jalan dan jembatan serta menggali potensi pendaayagunaannya.

Memiliki visi sebagai lembaga penelitian dan pengembangan terkemuka dengan misi:

- 1) meneliti dan mengembangkan teknologi bidang jalan dan jembatan yang inova-tif, aplikatif, dan berdaya saing,
- 2) memberikan pelayanan teknologi dalam rangka mewujudkan jalan dan jemba-tan yang handal, dan
- 3) menyebar luaskan dan mendorong penerapan hasil penelitian dan pengem-bangan bidang jalan dan jembatan .

■ PRAKATA

Sesuai dengan perkembangan per lalu-lintasan di Indonesia dan pertimbangan para pakar dan praktisi, Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI'97) yang digunakan mulai tahun 1997, dipandang perlu untuk dimutakhirkan. Pemutakhiran dimulai dari Bab VI Jalan Luar Kota, dilanjutkan dengan bab-bab berikutnya hingga pada bahasan mengenai persimpangan. Pada pemutakhiran bab-bab tersebut, nilai-nilai ekuivalen kendaraan ringan dan kapasitas dasar dikaji ulang serta gaya penulisannya diperbaharui sesuai dengan gaya penulisan Pedoman Teknis yang disusun oleh Badan Standarisasi Nasional tahun 2007. Fokus naskah ilmiah ini pada Simpang tak Bersinyal.

Naskah ini disusun sebagai hasil kajian terhadap dokumen MKJI'97, untuk menetapkan metoda pengkinian nilai ekuivalen kendaraan ringan dan Kapasitas dasar simpang tak bersinyal. Hasilnya, kemudian menjadi dasar dilaksanakannya kegiatan pemutakhiran nilai-nilai tersebut. Penelitian ini dilakukan oleh Tim Litbang di Balai Teknik Lalu-lintas dan Lingkungan Jalan, Puslitbang Jalan dan Jembatan, Balitbang Kementerian Pekerjaan Umum. Tim akan mengumpulkan sampel arus dipersimpangan-persimpangan tak bersinyal terpilih, untuk kemudian dianalisa yang hasilnya akan dibandingkan dengan nilai yang ada dalam MKJI'97 dan menjadi dasar pengkinian nilai-nilai dalam MKJI'97.

Dalam pengerjaannya, banyak hal yang disesuaikan dengan perkembangan per lalu-lintasan dewasa ini sehingga dimungkinkan belum tepat dan masih harus disempurnakan. Untuk hal ini, penulis berharap kritik dan saran dari semua pihak bagi penyempurnaannya agar menjadi bermanfaat, dan untuk itu diucapkan terima kasih.

Bandung, Desember 2013

Penulis,

Ir. Hikmat Iskandar, M.Sc., Ph.D.



Daftar Isi

| | |
|--|-----------|
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR ISTILAH DAN NOTASI | ix |
| | |
| 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 2. TUJUAN DAN SASARAN | 3 |
| 3. KAJIAN LITERATUR | 3 |
| 3.1. ekr dan C0 dalam MKJI'97 | 3 |
| 3.2. Cara penetapan ekr pada simpang tak bersinyal | 5 |
| 3.3. Cara menetapkan tipe simpang | 6 |
| | |
| 4. METODOLOGI | 7 |
| 4.1. Metoda penetapan ekr | 7 |
| 4.2. Metoda penetapan C_0 | 9 |
| 4.3. Metoda pengumpulan data | 10 |
| | |
| 5. HASIL dan ANALISIS | 11 |
| 5.1. Pengumpulan data | 11 |
| 5.2. Pengkinian nilai ekivalen kendaraan ringan | 14 |
| 5.3. Pengkinian nilai kapasitas dasar (C_0) | 15 |
| | |
| 6. PEMBAHASAN | 21 |
| 7. KESIMPULAN DAN SARAN | 22 |
| | |
| DAFTAR PUSTAKA | 23 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------------|--|----|
| Gambar 1 | Rambu yang digunakan dalam simpang prioritas | 1 |
| Gambar 2 | Pengidentifikasian masing-masing lengan simpang untuk penentuan jumlah lajur | 6 |
| Gambar 3 | Penempatan ruang jalan oleh KR dan SM | 8 |
| Gambar 4 | Lokasi ujicoba di Bandung | 8 |
| Gambar 5 | Tipikal rekaman arus lalu lintas yang masuk simpang menggunakan kamera IP Fisheye | 13 |
| Gambar 6 | Tipikal rekaman arus lalu lintas yang masuk simpang menggunakan kamera IP normal biasa | 13 |
| Gambar 7 | Situasi salah satu lengan Simpang Jalan Lodaya - Jalan Palasari, Bandung | 14 |
| Gambar 8 | Simpang-322 (kiri) dan Simpang 422 (kanan), Bandung | 17 |
| Gambar 9 | Simpang-322 (kiri) dan Simpang-422 (kanan), Sidoarjo - Surabaya | 17 |
| Gambar 10 | Simpang-344 dan Simpang-422, Makassar | 17 |
| Gambar 12 | Simpang-324 dan Simpang-424, Cirebon | 18 |
| Gambar 13. | Distribusi frekuensi kumulatif Kapasitas Dasar Simpang-3 | 19 |
| Gambar 14. | Distribusi frekuensi kumulatif Kapasitas Dasar Simpang-4 | 19 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|---------|---|----|
| Tabel 1 | Nilai ekr pada simpang tak bersinyal | 4 |
| Tabel 2 | Nilai kapasitas dasar berdasarkan tipe simpang | 5 |
| Tabel 3 | Penentuan jumlah lajur simpang tak bersinyal berdasarkan Gambar 2 | 7 |
| Tabel 4 | Kode tipe simpang | 7 |
| Tabel 3 | Lokasi-lokasi simpang tak bersinyal yang telah diobservasi | 11 |
| Tabel 5 | Contoh data hasil pemindaian arus di Simpang Jalan Lodaya - Jalan Palasari, Bandung, 2013 | 15 |
| Tabel 6 | Batas variasi empiris dalam penentuan Kapasitas Simpang | 16 |
| Tabel 7 | Batas variasi data empiris untuk kapasitas Simpang | 16 |
| Tabel 8 | Nilai ekivalen kendaraan ringan untuk KS dan SM | 20 |
| Tabel 9 | Perbandingan nilai kapasitas dasar MKJI 1997 dengan hasil analisis | 20 |

DAFTAR ISTILAH DAN NOTASI

| Istilah | Uraian |
|---|--|
| Arus lalu lintas belok kanan (q_{BKa}) | Jumlah kendaraan-kendaraan yang membelok ke kanan dari suatu pendekat (kend/jam atau skr/jam) |
| Arus lalu lintas belok kiri (q_{BKl}) | jumlah kendaraan-kendaraan yang membelok ke kiri dari suatu pendekat (kend/jam atau skr/jam) |
| Arus lalu lintas total jalan mayor (q_{ma}) | Jumlah kendaraan-kendaraan yang masuk simpang dari arah semua jalan mayor (kend/jam atau skr/jam) |
| Arus lalu lintas total jalan minor (q_{mi}) | Jumlah kendaraan-kendaraan yang masuk simpang dari arah semua jalan minor (kend/jam atau skr/jam) |
| Belok ke kiri (BKl) | Indeks untuk arus lalu lintas belok ke kiri |
| Belok ke kanan (BKa) | Indeks untuk arus lalu lintas belok ke kanan |
| Derajat kejenuhan (DJ) | Rasio antara arus lalu lintas terhadap kapasitas |
| Faktor koreksi lebar pendekat (FLP) | Faktor koreksi nilai kapasitas dasar sehubungan dengan ketidakbakuan lebar rata-rata pendekat-pendekat simpang |
| Faktor koreksi ukuran kota (FUK) | Faktor koreksi nilai kapasitas dasar sehubungan dengan ukuran kota. Semakin besar ukuran kota semakin banyak populasinya semakin padat lalu lintasnya, dan semakin agresif para pengemudinya |
| Faktor koreksi hambatan samping (FHS) | Faktor koreksi nilai kapasitas dasar akibat tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan arus kendaraan tak bermotor |
| Faktor koreksi arus belok kiri (FBKl) | Faktor koreksi nilai kapasitas dasar akibat arus lalu lintas belok kiri |
| Faktor koreksi arus belok kanan (FBKa) | Faktor koreksi nilai kapasitas dasar akibat arus lalu lintas belok kiri |
| Faktor koreksi arus minor (FRmi) | Faktor koreksi nilai kapasitas dasar akibat arus lalu lintas dari jalan minor |
| Ekivalensi kendaraan ringan (ekr) | Faktor konversi untuk jenis kendaraan sedang, kendaraan berat, dan sepeda motor dibandingkan terhadap kendaraan ringan sehubungan dengan dampaknya terhadap kapasitas jalan |
| Jalan mayor dan jalan minor | Jalan mayor adalah jalan yang paling penting pada suatu simpang, misalnya dalam hal klasifikasi jalan. Pada simpang-3, jalan yang menerus selalu ditentukan sebagai jalan mayor |
| Jumlah lajur | Banyaknya lajur jalan untuk satu arah lalu lintas, ditentukan oleh lebar rata-rata pendekat. Jika lebar rata-rata pendekat $\leq 5,5m$, maka pendekat tersebut dikategorikan satu lajur untuk arah masuk tersebut atau dua lajur untuk dua arah. Jika lebar rata-rata pendekat $> 5,5m$, maka pendekat tersebut dikategorikan dua lajur untuk arah masuk atau empat lajur untuk dua arah |
| Kapasitas dasar (C_0) | Arus lalu lintas total maksimum yang masuk ke simpang yang dapat dipertahankan selama waktu paling sedikit satu jam dalam kondisi cuaca dan geometrik yang baku (kend/jam atau skr/jam) |
| Hambatan samping | Interaksi antara arus kendaraan-kendaraan dan kegiatan samping simpang jalan yang menyebabkan menurunnya kapasitas jalan pendekat yang bersangkutan |

| | |
|---|---|
| Kendaraan berat | Kendaraan bermotor dengan dua sumbu atau lebih, beroda 6 atau lebih, panjang kendaraan 12m atau lebih dengan lebar sampai dengan 2,5m, meliputi bus besar, truk besar 2 atau 3 sumbu (tandem), truk tempelan, dan truk gandengan |
| Kendaraan ringan | Kendaraan bermotor dengan dua gandar beroda empat, panjang kendaraan tidak lebih dari 5,5m dengan lebar sampai 2,1m, meliputi sedan, minibus (termasuk angkot), mikrobis (termasuk mikrolet, oplet metromini), pick-up, dan truk kecil |
| Kendaraan sedang | Kendaraan bermotor dengan dua gandar beroda empat atau enam, dengan panjang kendaraan antara 5,5m s.d. 9m, meliputi bus sedang dan truk sedang |
| Kendaraan tak bermotor | Kendaraan yang tidak menggunakan motor, bergerak ditarik oleh orang atau hewan, termasuk sepeda, becak, kereta dorongan, dokar, andong, gerobak |
| Lebar pendekat | Lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, diukur di bagian tersempit atau diukur pada jarak 10m dari garis batas pertemuan dua lengan simpang, yang digunakan oleh lalu lintas yang bergerak masuk simpang. Secara praktis, untuk lengan yang melayani dua arah arus lalu lintas, LP adalah lebar lengan simpang dibagi dua. Apabila pendekat tersebut sering digunakan untuk parkir, maka LP yang ada harus dikurangi 2m |
| Lurus | Indeks untuk arus lalu lintas yang lurus |
| Peluang antrian | Peluang terjadinya antrian kendaraan yang mengantri di sepanjang pendekat (m) |
| Pendekat | Jalur pada lengan simpang untuk kendaraan mengantri sebelum masuk ke simpang melewati garis henti. Bila gerakan lalu lintas ke kiri atau ke kanan dipisahkan dengan pulau lalu lintas, lengan simpang dapat mempunyai dua atau lebih pendekat. Pendekat jalan mayor disebut B dan D, pendekat jalan minor disebut A dan C |
| Persimpangan | Pertemuan dua atau lebih ruas jalan, dapat berbentuk simpang atau simpang APILL atau bundaran atau simpang tak sebidang |
| Rasio arus belok (RB) | Perbandingan antara arus belok terhadap arus total simpang |
| Rasio arus belok kiri (R_{BKA}) | Perbandingan antara arus belok kanan terhadap arus total simpang |
| Rasio kendaraan tak bermotor (R_{KTB}) | Perbandingan antara arus kendaraan tak bermotor terhadap jumlah arus kendaraan bermotor dan kendaraan tak bermotor |
| Rasio arus mayor terhadap arus minor (R_{mami}) | Perbandingan antara arus lalu lintas total pada jalan mayor terhadap arus lalu lintas total pada jalan minor |
| Rasio arus jalan minor (R_{mi}) | Perbandingan antara arus lalu lintas total pada jalan minor terhadap arus lalu lintas total simpang |
| Satuan kendaraan ringan (skr) | Satuan arus lalu lintas, dimana arus dari berbagai tipe kendaraan diekivalenkan terhadap kendaraan ringan, termasuk kendaraan sedang, kendaraan berat, dan sepeda motor dengan menggunakan nilai ekr |
| Sepeda motor | Kendaraan bermotor beroda dua dan/atau tiga |
| Simpang tak bersinyal | Pertemuan dua atau lebih ruas jalan sebidang yang tidak diatur oleh APILL |
| Tipe median jalan mayor | Klasifikasi tipe median pada jalan mayor, tergantung pada kemungkinan penggunaannya, disebut lebar jika digunakan untuk menyeberangi jalan mayor dalam dua tahap |

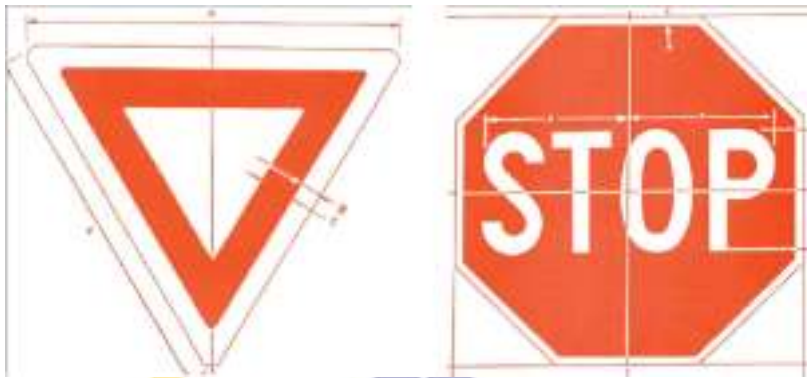
| | |
|----------------------------------|--|
| Tipe simpang | Simpang yang diberi kode terdiri dari tiga angka, angka pertama menunjukkan jumlah lengan simpang, angka kedua menunjukkan jumlah lajur pada pendekat jalan mayor. Tambahkan huruf M pada angka ke 4 menunjukkan adanya median pada jalan mayor. Contoh, 424 adalah simpang-4 lengan yang merupakan pertemuan antara jalan minor tipe dua lajur dua arah, dan jalan mayor tipe 4 lajur 2 arah. Kode 424M menunjukkan bahwa pada jalan mayor ada median |
| Ukuran kota | Ukuran kota diukur dari jumlah penduduk dalam wilayah perkotaan, bukan ukuran luas wilayah administratif |
| Volume lalu lintas total (Q) | Jumlah kendaraan-kendaraan yang masuk simpang dari semua arah, dinyatakan dalam kend/hari atau skr/hari |
| Simpang perkotaan/semi perkotaan | Simpang antara segmen-segmen jalan yang di sisi kiri dan atau kanannya terdapat perkembangan lahan yang permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan, termasuk segmen jalan di atau dekat pusat perkotaan |





1. Pendahuluan

Simpang tak bersinyal adalah pertemuan dua atau lebih jalan sebidang yang pengaturan arus lalu lintasnya dilakukan menggunakan sistem prioritas. Ruas jalan yang utama (jalan mayor) mendapat prioritas untuk berjalan. Ruas jalan yang tidak utama (jalan minor) mendapat prioritas setelah ruas jalan utama. Didalam prakteknya, pengaturan prioritas tersebut diwujudkan menggunakan rambu dan marka. Simpang prioritas boleh jalan langsung jika aman, ditandai dengan marka garis ganda melintang terputus-putus dan rambu segitiga (Gambar 1). Simpang prioritas wajib berhenti dulu sebelum masuk simpang, ditandai dengan marka garis menerus melintang dan rambu Stop (Gambar 1).



Gambar 1 - Rambu yang digunakan dalam simpang prioritas boleh jalan jika aman (gambar kiri), dan wajib berhenti sebelum masuk (gambar kanan)

Kapasitas simpang tak bersinyal ditentukan oleh arus maksimum yang bisa disalurkan melalui lengan-lengan simpangnya. Satuan yang umum terkait dengan kapasitas jalan adalah kendaraan per jam (kend./jam). Untuk membakukan satuan kapasitas jalan, satuan kend./jam yang terdiri dari berbagai jenis kendaraan, dibuat satuan perbandingan dari jenis kendaraan lain terhadap jenis kendaraan yang dibakukan. Kendaraan baku adalah kendaraan ringan (KR) sehingga nilai ekuivalennya adalah satu. Kendaraan-kendaraan jenis lain, yaitu kendaraan sedang (KS), kendaraan berat (KB), dan sepeda motor (SM), memiliki nilai ekuivalen terhadap KR (ekr) yang tidak sama dengan satu, tergantung dari dimensi kendaraan dan kemampuan bermanuver didalam variasi kerapatan dan kecepatan arus lalu lintas.

Sejak MKJI'97 (DJB, 1997) dirumuskan dan disosialisasikan, manual tersebut telah banyak digunakan baik untuk tujuan perencanaan, pengoperasian, maupun evaluasi kinerja jalan. Dalam kurun kurang lebih 13 tahun, banyak hal dalam lalu lintas di Indonesia yang berubah, diantaranya populasi kendaraan dan SM, serta regulasi tentang jalan yaitu UU No.38/2004 tentang jalan (PRI, 2004), PP Nomor 34/2006 tentang jalan (PRI, 2006), dan UU No.22/2009 (PRI, 2009) tentang lalu lintas dan angkutan jalan (LLAJ), PP No.32/2011 tentang manajemen dan rekayasa, analisis dampak, serta manajemen kebutuhan lalu lintas, beserta PP yang lain yang mungkin akan muncul melengkapi UU yang baru baik tentang jalan maupun tentang LLAJ. Disamping itu, para pakar dan praktisi berpendapat (lihat Antono dkk, 2009; Dishub, 2009; DJB, 2009; DLLAJ, 2009; Erwin Dkk., 2009) bahwa perlu dilakukan evaluasi terhadap MKJI'97 terkait dengan perubahan-perubahan tersebut. Berdasarkan hal-hal itu, dilakukan pengkinian MKJI'97 yang sebagian hasilnya menjadi bahan Naskah ilmiah ini.

Fokus naskah ini adalah nilai ekr dan kapasitas dasar (C_0) simpang tak bersinyal yang digunakan dalam MKJI'97.

Untuk melakukan pengkinian MKJI 1997 pada bab 3 simpang tak bersinyal, perlu dilakukan pengukuran ulang arus lalu lintas sebagai sampel pada simpang-simpang tak bersinyal di kota-kota di Indonesia yang melingkupi tipe-tipe simpang yang representasi. Simpang yang umum dan dipandang perlu dikinikan, dengan memperhatikan beberapapendapat, adalah:

- 1) Simpang tak bersinyal 3-lengan tipe 322,
- 2) Simpang tak bersinyal 3-lengan tipe 324, dan
- 3) Simpang tak bersinyal 4-lengan tipe 424.

C_0 simpang tak bersinyal sesuai dengan teori (USHCM, 2010) didasarkan pada konsep "gap acceptance" (gap=celah waktu dan acceptancediterima) kendaraan pada arus lalu lintas mayor yang dapat dimasuki arus kendaraan dari jalan minor dengan berbagai kondisi fisik dan operasional lalu lintas di simpang, diantaranya adalah lebar lengan simpang dan kondisi arus lalu lintas. Kondisi ini terjadi dengan asumsi bahwa arus merupakan pergerakan kendaraan-kendaraan baik yang beroda 4 atau lebih maupun SM, yang teratur dalam satu lajur. Kendaraan dari jalan minor memotong (memasuki simpang) dengan menunggu celah waktu yang bisa diterima untuk dimasukinya. Kondisi arus seperti ini pada umumnya di jalan-jalan di perkotaan di Indonesia jarang terjadi. Kendaraan dari jalan minor sering atau pada umumnya memasuki simpang tidak mengikuti aturan celah waktu yang aman, tetapi pada umumnya memaksa sekalipun celah waktunya pendek. Dengan kondisi ini, kapasitas simpang tak

bersinyal sulit ditetapkan berdasarkan teori celah waktu yang diterima. MKJI'97 menetakannya berdasarkan cara empirik. Hal ini yang kemudian menjadi topik penelitian ini.

2. Tujuan dan Sasaran

Menetapkan secara empiris nilai ekr dan C0 dari tipe-tipe simpang:

- 1) Simpang 3 lengan tipe 322 dan tipe 324;
- 2) Simpang 4 lengan tipe 424, dan tipe

3. Kajian Literatur

Lingkup kajian literatur ini meliputi: 1) nilai-nilai ekr dan C0 yang akan dikinikan dalam MKJI'97, 2) cara menetapkan nilai ekr, 3) cara menetapkan C0, 4) dan cara-cara mengumpulkan data arus lalu lintas untuk penetapan ekr dan C0.

3.1. ekr dan C0 dalam MKJI'97.

Kapasitas simpang tak bersinyal di Indonesia berbeda dengan yang diaplikasikan di dunia barat (misalnya US HCM 2010). Alasannya adalah, bahwa perilaku lalu-lintas pada simpang tak bersinyal dalam hal mengikuti aturan prioritas, hampir tidak diikuti. Disiplin aturan antri disepanjang lajur jalan sulit dimodelkan dalam bentuk persamaan matematis, sehingga model matematis aturan prioritas yang memberi kesempatan jalan bagi kendaraan-kendaraan dari jalan minor berdasarkan celah waktu yang diterima pada jalan mayor, tidak dapat dibentuk. Perilaku pengemudi seperti tersebut di atas, berbeda sekali dengan pengemudi di kebanyakan negara Barat, yang mengakibatkan metode manual kapasitas dari negara Barat tidak mungkin diaplikasikan di Indonesia. Hasil kajian MKJI'97 yang paling menentukan dari perilaku lalu-lintas adalah bahwa hampir dua pertiga dari seluruh kendaraan yang datang dari jalan minor melintasi simpang tak bersinyal dengan perilaku tidak menunggu celah waktu yang dapat diterima dan celah waktu kritis yang menjadi batas celah waktu bagi kendaraan untuk tidak memaksa masuk simpang. Celah waktu memaksa tersebut sangat rendah yaitu sekitar 2 detik.

Metode perhitungan kapasitas simpang tak bersinyal MKJI'97 meliputi perkiraan kapasitas terkait dengan ukuran-ukuran kondisi geometrik,

lingkungan, dan komposisi jenis-jenis kendaraan dalam arus lalu-lintas. MKJI'97 menggunakan nilai ekivalen mobil penumpang (emp) untuk menyeragamkan satuan sebagai pengaruh dari berbagai jenis kendaraan dalam arus lalu lintas. Dalam pemutakhiran ini, istilah emp disesuaikan lagi dengan istilah yang digunakan dalam laporan MKJI'97 (Sweroad 1994), yaitu light vehicle equivalent (lve) yang di bahasa Indonesiakan menjadi ekivalen kendaraan ringan (ekr). Nilai emp yang digunakan dalam MKJI'97 ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Nilai ekr pada simpang tak bersinyal.

| Jenis Kendaraan | ekr |
|-----------------------|------|
| Kendaraan Ringan (KR) | 1,00 |
| Kendaraan Berat (KB) | 1,30 |
| Sepeda Motor (SM) | 0,50 |

Kapasitas total untuk seluruh lengan simpang adalah hasil perkalian antara C_0 yaitu kapasitas pada kondisi ideal dengan faktor-faktor penyesuaian dan dengan memperhitungkan pengaruh kondisi lapangan terhadap kapasitas. Bentuk model kapasitas simpang tak bersinyal adalah seperti pada persamaan 1.

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{TL} \times F_{HS} \times F_{KTB} \times F_{BKa} \times F_{qmi} \dots\dots\dots 1)$$

Keterangan:

- FLP = faktor pengaruh lebar rata-rata pendekat
- FM = faktor pengaruh tipe median jalan mayor
- FUK = faktor pengaruh ukuran kota
- FTL = faktor pengaruh lingkungan jalan
- FHS = faktor pengaruh hambatan samping
- FKTB = faktor pengaruh rasio kendaraan tak bermotor
- FBKi = faktor pengaruh rasio arus yang belok-kiri
- FBKa = faktor pengaruh rasio arus yang belok-kanan
- Fqmi = faktor pengaruh rasio arus jalan minor terhadap arus total = Q_{mi}/Q_{tot}

Dalam beberapa manual perhitungan kapasitas (misal US HCM 2010), sudut pada simpang miring mempunyai pengaruh terhadap kapasitas. Arus pada simpang-simpang tak bersinyal di Indonesia, tidak berdasarkan metode “celah waktu yang diterima” dan tidak ada pula perbedaan yang jelas antara jalan mayor dan jalan minor, sehingga tidak memperhitungkan kapasitas per pendekat melainkan kapasitas simpang secara keseluruhan. Dengan demikian,

sudut belok pendekat pada simpang miring tidak diperhitungkan. MKJI'97 menggunakan nilai C_0 simpang tak bersinyal seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai C_0 berdasarkan tipe simpang.

| Tipe Simpang | C_0 (skr/jam) |
|---------------------|-----------------------------------|
| 322 | 2700 |
| 342 | 2900 |
| 324 atau 344 | 3200 |
| 422 | 2900 |
| 424 atau 444 | 3400 |

3.2. Cara penetapan ekr pada simpang tak bersinyal

Ekr dapat ditetapkan menggunakan pendekatan headway (waktu antara) yang diterapkan terhadap arus lalu lintas yang mengalir di lengan simpang tak bersinyal pada saat arus berjalan (Sweroad & PT Bina Karya, 1994; Bang & Palgunadi, 1994). Cara ini menetapkan ekr dengan membandingkan nilai rata-rata waktu antara dua kendaraan per jenis yang beriringan dalam satu iringan arus lalu lintas. Dalam kondisi arus lalu lintas yang dibatasi hanya untuk kendaraan roda empat atau lebih, pendekatan ini dapat diterapkan dengan satu syarat bahwa kendaraan-kendaraan yang berjalan, harus beriringan dalam lajur lalu lintasnya. Jika syarat beriringan ini tidak dipenuhi, misalnya ruang disekitar kendaraan-kendaraan disisipi kendaraan lain seperti SM, maka perhitungan waktu antara dua kendaraan yang beriringan menjadi sulit, terutama jika porsi SM tinggi. Kesulitan menganalisis kondisi arus yang seperti ini dengan pendekatan waktu antara juga dialami dalam menganalisis data ruas jalan antar kota dan ruas jalan perkotaan (Iskandar, 2010, 2011).

Pendekatan lain yang mungkin dilakukan atau dikembangkan untuk menganalisis ekr arus yang mengandung SM dengan porsi tinggi dan bergerak tidak beriringan, yaitu:

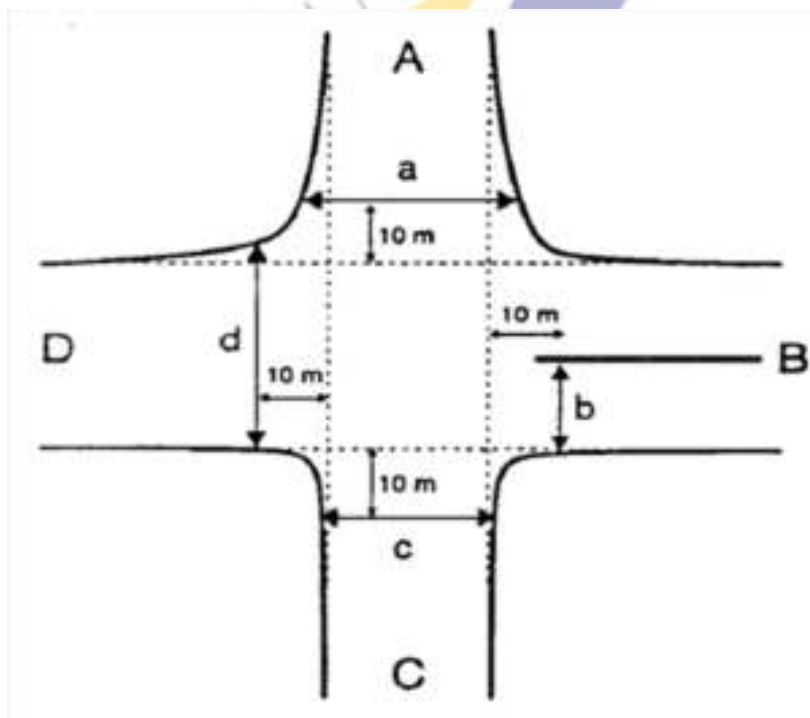
1. Cara waktu antara yang dimodifikasi. Arus lalu lintas kendaraan roda 4 atau lebih dianalisis dengan menganggap bahwa SM tidak ada atau bukan anggota arus lalu lintas tetapi dianggap sebagai hambatan sampling.
2. Cara perbandingan ruang jalan yang digunakan kendaraan. Ruang yang digunakan kendaraan untuk masing-masing jenis kendaraan dalam

kondisi arus jenuh dibandingkan. Cara perbandingan penggunaan ruang oleh kendaraan-kendaraan ini telah dicoba untuk kondisi arus lalu lintas dalam segmen jalan perkotaan (Iskandar, 2011) dan memberikan hasil yang cukup baik.

3.3. Cara menetapkan tipe simpang

Ketentuan dalam penetapan nilai kapasitas dasar (C_0) simpang tak bersinyal berdasarkan pada tipe simpang tersebut sebagai fungsi dari kemampuan simpang tersebut dalam menampung jumlah kendaraan yang antri saat memasuki mulut simpang yang direpresentasikan melalui jumlah lajur pada tiap-tiap lengan pendekat simpang. Jumlah lajur tersebut ditentukan dengan membandingkan antara lebar satu lengan simpang (pendekat dan keluar) dengan lebar lajur standar yang berlaku di Indonesia, yaitu sebesar 2,75 m untuk satu lajur.

Gambar 2 menunjukkan penentuan tipe simpang berdasarkan data geometrik simpang, sedangkan tabel 3 memberikan ketentuan dalam menentukan jumlah lajur untuk satu lengan simpang, baik pendekat maupun keluar.



Gambar 2 -
Pengidentifikasian masing-masing lengan simpang untuk penentuan jumlah lajur

Tabel 3. Penentuan jumlah lajur simpang tak bersinyal berdasarkan Gambar 2

| Lebar rata-rata pendekat mayor (B-D) dan minor (A-C) | Jumlah lajur (untuk kedua arah) |
|---|------------------------------------|
| $L_{p\ BD} = \frac{(b+d)}{2} < 5,5m$ | 2 |
| $L_{p\ BD} \geq 5,5m$ (ada median Pada lengan B) | 4 |
| $L_{p\ AC} = \frac{(a+c)}{2} < 5,5m$ | 2 |
| $L_{p\ AC} \geq 5,5m$ | 4 |

Tipe simpang ditetapkan pada jumlah lengan simpang dan jumlah lajur pada jalan mayor dan jalan minor dengan kode tiga angka (Tabel 4). Jumlah lengan sendiri adalah jumlah lengan untuk lalu lintas masuk atau keluar atau keduanya.

Tabel 4. Kode tipe Simpang

| Kode Tipe Simpang | Jumlah Lengan Simpang | Jumlah lajur jalan minor | Jumlah Lajur jalan mayor |
|----------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 322 | 3 | 2 | 2 |
| 324 | 3 | 2 | 4 |
| 422 | 4 | 2 | 2 |
| 424 | 4 | 2 | 4 |

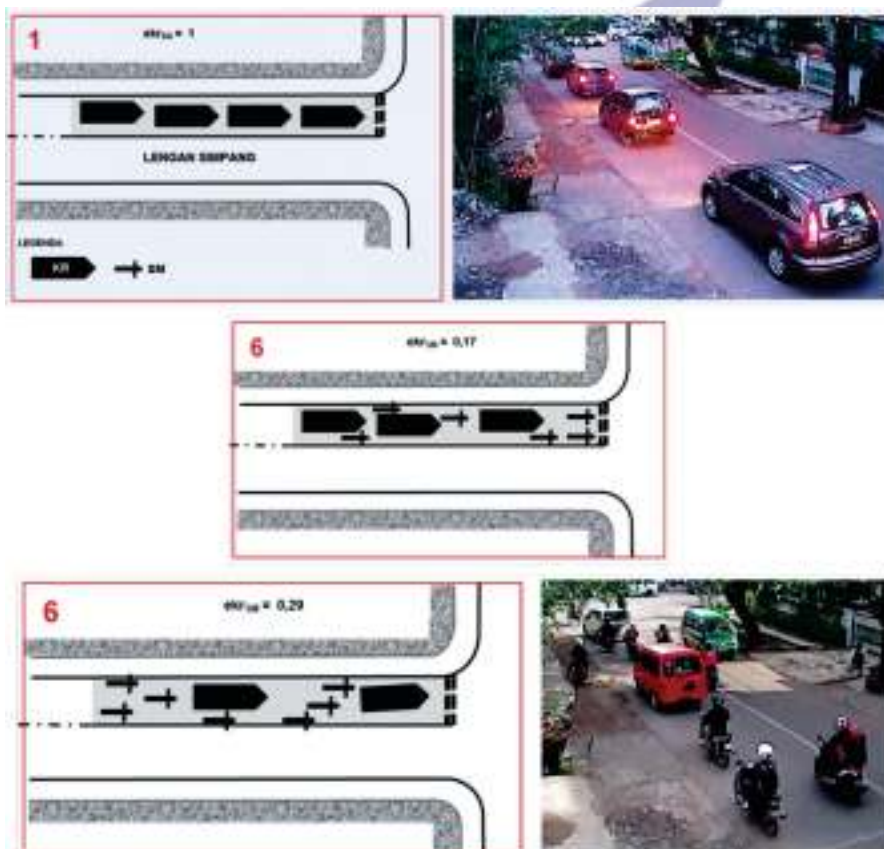
4. METODOLOGI

4.1. Metoda penetapan ekr

Jenis-jenis kendaraan yang bermacam-macam, dikelompokkan menjadi 4, yaitu 1) sepeda motor (SM), 2) Kendaraan ringan (KR), 3) Kendaraan Sedang (KS) yaitu semua Truk dan Bus, kecuali truk gandengan dan truk tempelan, dan 4) Truk Besar (TB) yaitu truk gandengan dan truk tempelan. Pada kondisi-kondisi persimpangan di dalam kota, jenis kendaraan TB khususnya pada Simpang-Simpang di perkotaan tidak diizinkan beroperasi sehingga dapat diabaikan, atau jika ada hanya sedikit sekali dan beroperasi diluar jam sibuk sehingga dalam konteks kapasitas dapat diabaikan. Kendaraan TB dianggap hanya diizinkan beroperasi di jalan-jalan kelas satu, seperti jalan arteri dan kolektor dalam sistem primer.

Untuk menetapkan ekr, akan digunakan pendekatan penggunaan ruang oleh kendaraan-kendaraan. Pendekatan penggunaan ruang lajur jalan oleh kendaraan-kendaraan akan diterapkan pada arus yang campur dan tidak beraturan. Perbandingan jumlah kendaraan per jenis yang menempati ruang lajur jalan pendekat akan menjadi dasar penetapan ekr. Sebagai dasar perbandingan ditetapkan jenis kendaraan ringan yang menempati ruang jalan dengan ukuran panjang 5,5m dan lebar selebar lajur jalan. Dianggap bahwa kecepatan arus kendaraan pada lengan Simbang adalah sama, sehingga kosekuensinya tidak ada perbedaan ekr untuk arus dengan kecepatan yang berlainan.

ekr_{KR} ditetapkan satu, ekr_{SM} dapat ditetapkan sebesar 0,5 jika beriringan segaris dengan kendaraan lain, kecuali kondisi dalam arusnya tidak beraturan. Dalam hal penggunaan ruang, 1 KR dapat ditempati oleh 6 SM dan 1 KS dapat ditempati oleh 2 KR. Dengan anggapan ini maka nilai ekr_{KS}=2 dan ekr_{SM}=1/6=0,17 (lihat Gambar 3).



Gambar 3. Penempatan ruang jalan oleh KR dan SM

Jika arus cukup padat, maka kondisi tersebut dapat diberlakukan. Tetapi dalam beberapa kondisi, kepadatan arus lebih rendah sehingga ruang yang tersedia hanya digunakan sebagian, khususnya SM sehingga nilai ekr_{SM} nya lebih besar dari 0,17 (dalam contoh Gambar 3, misalnya 0,29) dan mungkin akan mencapai 0,5. Nilai $ekr_{SM}=0,29$ diperoleh dari terdapatnya 7 SM yang menempati 2 ruang KR, sehingga dihitung $ekr_{SM}=2/7=0,29$. Untuk kondisi-kondisi seperti ini perlu diobservasi variasi-variasinya untuk menetapkan batasan-batasannya.

Untuk mendukung pendekatan pemanfaatan ruang sebagaimana dijelaskan, diperlukan data berupa images yang menggambarkan beberapa keadaan. Karena yang menjadi tujuan akhirnya adalah menetapkan kapasitas, maka keadaan-keadaan arus yang diobservasi adalah keadaan yang relatif paling padat. Dengan demikian, data dapat berupa video emages pada kondisi padat yaitu sekitar jam 06-09 pagi dan jam 15-18. Dari video images tersebut, diobservasi dengan memindai kondisi terpadat untuk dijadikan dasar menetapkan ekr , khususnya ekr_{SM} .

4.2. Metoda penetapan C_0

Penetapan nilai C_0 didasarkan pada variasi arus lalu lintas pada pendekat simpang tak bersinyal. Diperlukan data arus lalu lintas jam-jaman pada kondisi jam sibuk pagi, siang, dan sore. Analisis terhadap data untuk menetapkan C_0 meliputi tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Data arus pada kondisi padat atau jenuh disurvei di persimpangan-persimpangan terpilih, meliputi tpe 322, 324, 424, dan 444. Masing-masing tipe simpang diharapkan dapat merepresentasikan kondisi lalu lintas Indonesia. Survei hanya melibatkan kondisi arus dalam keadaan jenuh, padat, sehingga survei akan dilakukan pada waktu sibuk pagi, mulai jam 06.00 s.d. jam 09.00 dan waktu sibuk sore, mulai jam 16.00 s.d. 18.00.
2. Data dikumpulkan menggunakan alat video recorder.
3. Data jumlah kendaraan per jenis yang menempati lajur ruang jalan dihitung dari mengobservasi melalui play back rekaman arus.
4. ekr dianalisis dari data butir 3) dan 4) masing-masing dengan cara seperti diuraikan pada butir IV.1.
5. Data arus jenuh perkomposisi dihitung dari Play back rekaman secara manual. Data arus jenuh per jenis dikonversi satuannya menjadi skr per jam menggunakan hasil ekr butir 4).

6. Masing-masing sampel simpang diklasifikasikan tipe simpangnya berdasarkan ketentuan yang terdapat pada butir III.3.
7. Sampel simpang yang bertipe sama disatu-kelompokan, agar dapat dilihat varian datanya dan diuji secara statistik untuk menemukan hubungan antara besaran lebar pendekat (yang bertipe sama) dengan arus lalu lintasnya.
8. Setelah teruji secara statistik (dengan mengeliminasi sampel data yang tidak valid), ditentukan besaran nilai kapasitas dasar masing-masing tipe simpang secara empiris sesuai dengan kondisi yang ada di Indonesia saat ini. Penetapan C0 didasarkan atas nilai tertinggi atau nilai yang mewakili di atas 99 persentile.
9. Hasil akhir yang diperoleh dievaluasi dan dibandingkan dengan nilai MKJI'97.

4.3. Metoda pengumpulan data.

1. Simpang-simpang yang akan menjadi lokasi penelitian, diobservasi terlebih dahulu berdasarkan hal-hal:
 - a. bentuknya, terutama lebar lajur pendekat yang disyaratkan minimal 1 lajur 2,75m,
 - b. perlengkapan jalannya, meliputi kelengkapan marka dan rambu. Dipilih 3 tipe simpang yang akan diamati, yaitu simpang tak bersinyal tipe 324, 424, dan 444. Masing-masing simpang diharapkan memiliki 3 sampel.
2. Dua data dasar yang perlu dikumpulkan, yaitu: 1) data fisik geometrik persimpangan berikut kondisi sisi jalannya, dan 2) data arus lalu lintas dari setiap pendekat secara simultan.
3. Data fisik simpang yang dikumpulkan, dilakukan secara manual, menggunakan meteran dan penggambaran. Data sekunder akan sangat membantu. Data luaran adalah gambar berskala dari simpang berupa gambar teknis eksisting termasuk alat-alat perlengkapan jalannya.
4. Data arus lalu lintas dilapangan berupa images video arus lalu lintas, yang direkam menggunakan Video Camera ReCOrder pada setiap kaki simpang, masing-masing mulai jam 06.00 s.d. jam 09.00 dan jam 15.00 s.d. jam 18.00.

5. HASIL dan ANALISIS

5.1. Pengumpulan data

Pengamatan lapangan telah dilaksanakan di kota-kota Jakarta, Cirebon, Tasikmalaya, Makassar, Cikampek, Yogyakarta, Semarang, Surabaya, Medan. Dari pengamatan lapangan tersebut, diketahui bahwa keberadaan simpang tak bersinyal dengan kondisi arus lalu lintas yang cukup padat untuk diobservasi sebagai dasar penetapan kapasitas sulit ditemukan di kota-kota tersebut di atas. Pada umumnya simpang yang menjadi pertemuan dua jalan utama telah diatur menggunakan APILL. Adapun simpang tak bersinyal yang ditemukan, lebih banyak terdapat di wilayah pemukiman. Hal tersebut menyebabkan arus lalu lintasnya tidak terlalu padat. Akibat terbatasnya calon lokasi observasi, pencarian dilakukan hingga ke daerah pinggiran kota guna mendapatkan lokasi yang memenuhi kriteria.

Pada pelaksanaan pengumpulan data di kota-kota tersebut, telah dilakukan survai primer di lokasi-lokasi sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Lokasi-lokasi simpang tak bersinyal yang telah diobservasi

| No | Kota | Simpang 3 | Simpang 4 |
|----|---------------------|---------------------------------------|--|
| 1 | Bandung | Jalan Martanegara-Jalan Maskumambang | Jalan Palasari-Jalan Lodaya, |
| 2 | Semarang | Jalan Diponegoro-Jalan Letjen Suprpto | Jalan Sompok-Jalan Lempersari |
| 3 | Yogyakarta | Jalan Seturan-Jalan Babarsari | Jalan Godean-Jalan Tambak |
| 4 | Sidoarjo (Surabaya) | Jalan Salam Suko-Jalan Cemengkalang | Jalan Untung Suropati-Jalan R.A. Kartini |
| 5 | Makassar | Jalan Lanto Daeng Pasewang-Jalan Rusa | i. Jalan Mappanyukki-Jalan Kasuari ii. Jalan Mappaodang – Jalan Andi Mangerangi |
| 6 | Tasikmalaya | Jalan M. Hatta-Jalan Ahmad Yani | Jalan Mitrabatik-Jalan Bojong Tengah |
| 7 | Cirebon | Jalan Siliwangi-Jalan M. Toha | Jalan Sudharsono-Jalan Setiabudi |
| 8 | Medan | Jalan Sakti Lubis-Jalan STM | i. Jalan Gunung Krakatau-Jalan Bukit Barisan I/Jalan Bukit Barisan II ii. Jalan Kapten Muslim-Jalan Bukit Barisan |

Sebelum pengambilan data, selalu dilakukan uji Coba baik alat maupun metode survey. Contoh ujicoba yang dilakukan di Bandung, dipilih di Simpang 4 Jalan Palasari-Jalan Lodaya (Gambar 4).



100



Gambar 5.
Tipikal rekaman arus lalu lintas yang masuk simpang menggunakan kamera IP Fisheye



Gambar 6.
Tipikal rekaman arus lalu lintas yang masuk simpang menggunakan kamera IP normal biasa

5.2. Pengkinian nilai ekivalen kendaraan ringan

Data arus pada lengan simpang berupa video image selama enam jam, masing-masing pada jam sibuk pagi dan jam sibuk sore. Dari video image tersebut, dipilih melalui pemindaian, gambar pada saat kondisi ruang lengan simpang terisi cukup banyak kendaraan, dengan harapan diperoleh kondisi dimana ruang lengan Simpang terisi penuh. Dalam setiap jam data, diperoleh paling tidak sepuluh pemindaian. Contoh hasil pemindaian dapat dilihat pada Gambar 7. dan Tabel 5.



Gambar 7.

Situasi salah satu lengan Simpang Jalan Lodaya - Jalan Palasari, Bandung.

Pada Gambar 7 terlihat bahwa pada lengan Simpang tersebut, kondisi antrian KR adalah 5. Satu SM disamping kiri KR kedua, praktis tidak mengurangi kapasitas lajur tersebut. Kondisi ini dianggap kondisi terpadat, sehingga jika ruang jalan pada lajur ini diisi SM dan penuh sehingga tidak ada ruang lagi untuk KR atau KS, maka ekr_{SM} untuk kondisi ini adalah $5/jumlah\ SM$. jika SM dalam kondisi ini ada 34, maka $ekr_{SM} = 5/29 = 0,17$. Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan pada setiap images hasil pemindaian pada lengan Simpang. Setiap pemindaian dilakukan jika arus lalu lintas yang mengantri sebelum masuk Simpang dipandang terpadat. Contoh hasil kompilasi data dengan cara tersebut disajikan pada Tabel 5.

Pada Simpang tersebut, kondisi SM sekalipun sudah mencapai rata-rata sekitar 75%, tetapi sangat jarang satu ruang KR dipakai oleh sampai 6 SM, sehingga nilai ekr_{SM} -nya pun selalu di atas 0,17. Dalam kondisi SM yang hanya hadir sedikit, SM dapat dianggap dalam kondisi 2 SM beriringan sehingga $ekr_{SM}=0,5$. Kondisi seperti ini yang paling banyak terjadi, sehingga nilai ekr_{SM} pada umumnya 0,5. Beberapa keadaan terjadi seperti ditunjukkan pada Tabel 5 pada jam 17-18, diperoleh nilai 0,29 dan 0,40. Kondisi ini hanya dua kejadian dari seluruh yang dipindai. Nilai rata-rata ekr_{SM} dari pemindaian kondisi ini adalah $ekr_{SM}=0,46$ dan ini berlaku untuk $q=1603\text{kend/jam}$ dengan porsi SM 75%.

Tabel 5.
Contoh data hasil pemindaian arus di Simpang Jalan Lodaya - Jalan Palasari, Bandung, 2013.

| Waktu | Volume kendaraan | | | Q kend/Jam | Sample Data Capture | | | ekr_{SM} |
|-------------|------------------|----|-------------|---------------|---------------------|----|----|------------|
| | KR | KS | SM | | KR | KS | SM | |
| 07.00-08.00 | 193 24% | 5 | 630 76% | 828 | 1 | 0 | 2 | 0.50 |
| | | | | | 1 | 0 | 4 | 0.50 |
| | | | | | 2 | 0 | 1 | 0.50 |
| | | | | | 2 | 0 | 3 | 0.50 |
| | | | | | 0 | 0 | 2 | 0.50 |
| | | | | | 3 | 0 | 1 | 0.50 |
| | | | | | 0 | 0 | 3 | 0.50 |
| | | | | | 0 | 0 | 4 | 0.50 |
| | | | | | 1 | 0 | 3 | 0.50 |
| | | | | | 1 | 0 | 8 | 0.50 |
| 17.00-18.00 | 404 25% | 4 | 1195 75% | 1603 | 2 | 0 | 1 | 0.50 |
| | | | | | 2 | 0 | 4 | 0.50 |
| | | | | | 4 | 0 | 2 | 0.50 |
| | | | | | 4 | 0 | 5 | 0.40 |
| | | | | | 4 | 0 | 7 | 0.29 |
| | | | | | 6 | 0 | 2 | 0.50 |
| | | | | | 0 | 0 | 6 | 0.50 |
| | | | | | | | | |

5.3. Pengkinian nilai kapasitas dasar (C_0)

Penentuan kapasitas dasar didasarkan pada pendekatan empiris, bukan berdasarkan teori gap acceptance seperti di negara-negara barat. Hal ini dikarenakan tingginya prosentase jenis kendaraan sepeda motor selama proses pengambilan data primer. Untuk simpang 4-lengan, prosentase sepeda motor dapat mencapai maksimum 90%, sedangkan untuk simpang 3-lengan maksimum hampir mendekati 80%. Oleh karenanya sesuai dengan hipotesis awal, pendekatan analisis dilakukan dengan cara empiris sesuai dengan kondisi eksisting yang ada.

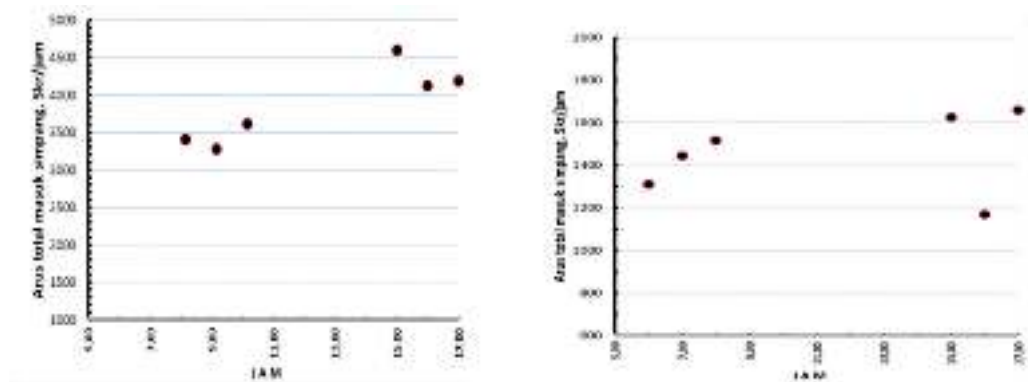
Nilai kapasitas dasar ditentukan untuk satu simpang (3-lengan dan 4-lengan), dimana sebaran besaran arus yang dapat dialirkan selama jam-jam puncak pada sampel simpang-simpang yang bertipe sama (322, 422, dst.) ditarik rata-rata arusnya untuk mendapatkan besaran nilai kapasitas dasar eksisting persimpangan-persimpangan tak bersinyal di Indonesia. Sebagai Contoh, beberapa diagram dibawah ini menunjukkan kurva hubungan antara arus masuk simpang dalam satuan skr/jam pada jam-jam sibuk.

Tabel 6.
Batas variasi empiris dalam penentuan Kapasitas Simpang

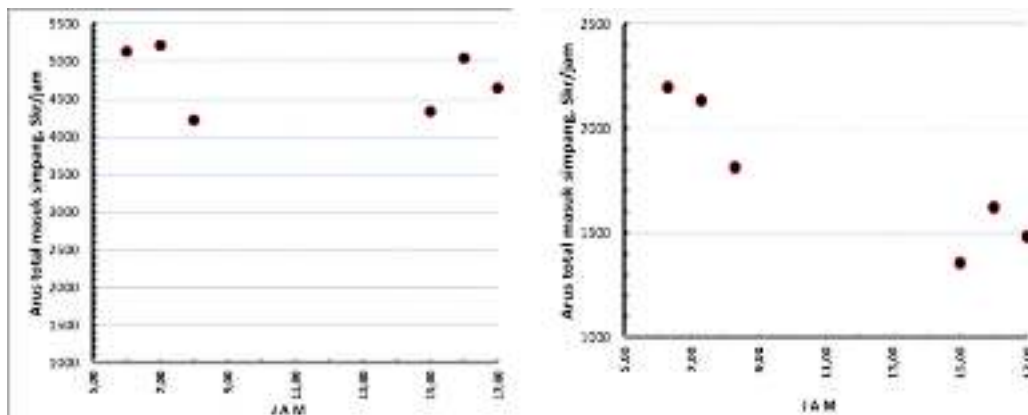
| | Simpang-3 | | | Simpang-4 | | |
|----------------|-----------|------|------|-----------|------|------|
| | Rata-rata | Min | Maks | Rata-rata | Min | Maks |
| L_p , m | 4.59 | 6.53 | 2.67 | 3.66 | 2.79 | 4.53 |
| q, skr/jam | 2212 | 3950 | 902 | 1511 | 741 | 3050 |
| R_{BQ} , % | 24 | 45 | 10 | 21 | 9 | 39 |
| R_{BQa} , % | 24 | 47 | 8 | 17 | 8 | 33 |
| R_{mi} , % | 26 | 50 | 9 | 49 | 34 | 71 |
| R_{mini} , % | 375 | 1045 | 101 | 109 | 40 | 195 |
| Q_{Q2} , % | 24 | 35 | 11 | 19 | 10 | 34 |
| Q_{K2} , % | 3 | 13 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| Q_{SM} , % | 74 | 88 | 57 | 80 | 65 | 90 |

Tabel 7. Batas variasi data empiris untuk kapasitas Simpang

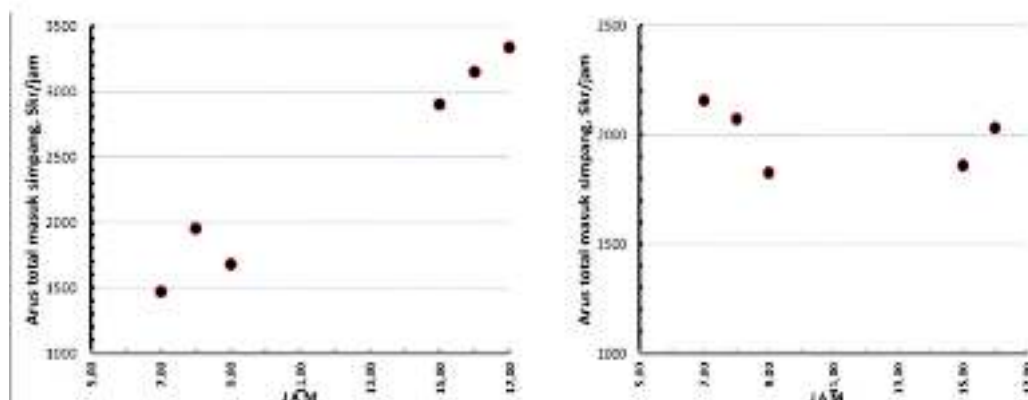
| Variabel | Simpang-3 | | | Simpang-4 | | |
|---------------|-----------|---------|----------|-----------|---------|----------|
| | Rata-rata | Minimum | Maksimum | Rata-rata | Minimum | Maksimum |
| L_p , m | 4,90 | 3,50 | 7,00 | 5,40 | 3,50 | 9,10 |
| R_{BKI} , % | 0,26 | 0,06 | 0,50 | 0,17 | 0,10 | 0,29 |
| R_{BKa} , % | 0,29 | 0,09 | 0,51 | 0,13 | 0,00 | 0,26 |
| R_{mi} , % | 0,29 | 0,15 | 0,41 | 0,38 | 0,27 | 0,50 |
| Q_{K2} , % | 56 | 34 | 78 | 56 | 29 | 75 |
| Q_{K2} , % | 5 | 1 | 10 | 3 | 1 | 7 |
| Q_{SM} , % | 32 | 15 | 54 | 33 | 19 | 57 |
| R_{KTR} | 0,07 | 0,01 | 0,25 | 0,08 | 0,01 | 0,22 |



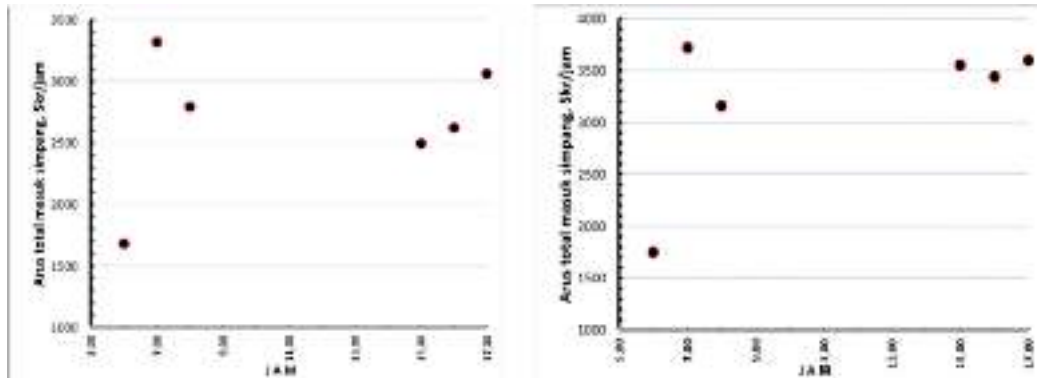
Gambar 8. Simpang-322 (kiri) dan Simpang 422 (kanan), Bandung



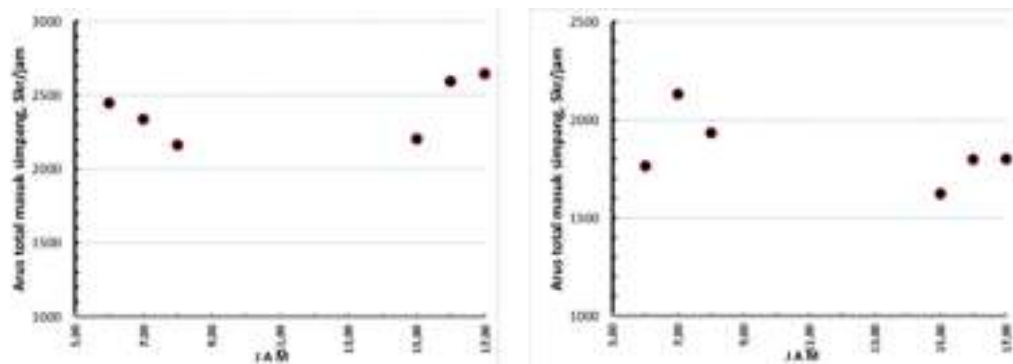
Gambar 9. Simpang-322 (kiri) dan Simpang-422 (kanan), Sidoarjo - Surabaya



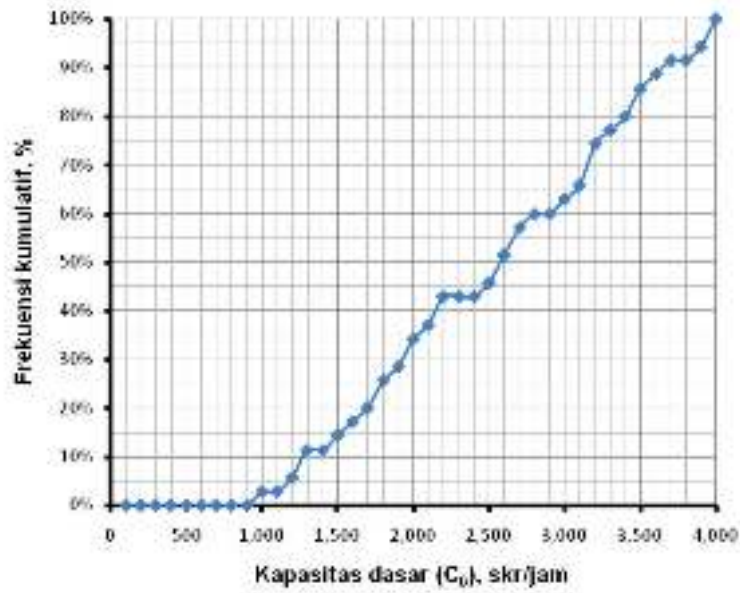
Gambar 10. Simpang-344 dan Simpang-422, Makassar



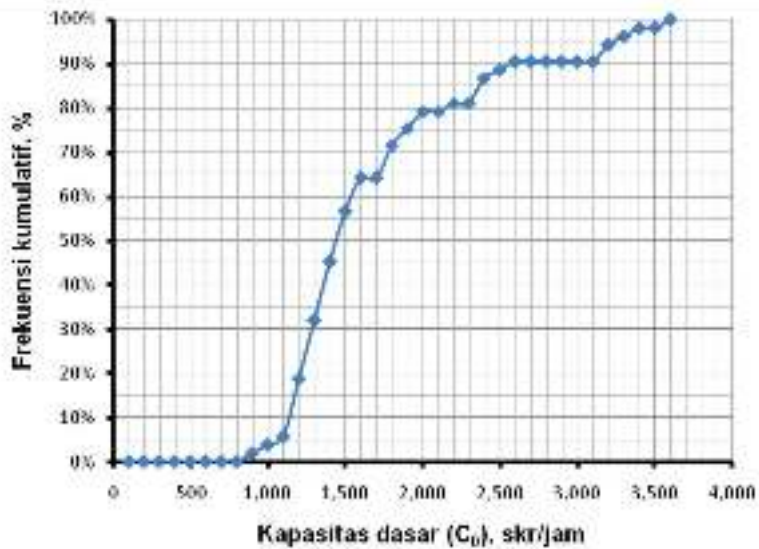
Gambar 11. Simpang-344 dan Simpang-422, Medan



Gambar 12. Simpang-324 dan Simpang-424, Cirebon



Gambar 13. Distribusi frekuensi kumulatif Kapasitas Dasar Simpang-3



Gambar 14. Distribusi frekuensi kumulatif Kapasitas Dasar Simpang-4

Perhitungan arus total masuk ke simpang seperti ditunjukkan dalam diagram-diagram di atas dinyatakan dalam satuan skr/jam dengan menggunakan faktor konversi ekr yang diturunkan sesuai cara yang dijelaskan di muka. Nilai ekr tersebut seperti ditunjukkan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Nilai ekivalen kendaraan ringan untuk KS dan SM

| Jenis kendaraan | ekr | |
|-----------------|----------------------------------|--------------------------|
| | $Q_{TOTAL} \geq 1000$ skr/jam | $Q_{TOT} < 1000$ skr/jam |
| KR | 1,0 | 1,0 |
| KS | 1,8 | 1,3 |
| SM | 0,2 | 0,5 |

Nilai-nilai ekr tersebut pada MKJI'97 tidak dibedakan untuk semua arus masuk persimpangan. Pada Tabel 5 di atas, untuk arus yang padat, $Q_{TOT} \geq 1000$ skr/jam nilai ekr berbeda.

Terdapat perbedaan besaran kapasitas dasar antara MKJI 1997 dengan kondisi eksisting hasil dari analisis, tabel berikut menunjukkan perbedaan tersebut:

Tabel 9. Perbandingan nilai kapasitas dasar MKJI 1997 dengan hasil analisis

| Tipe SIMPANG | Total arus masuk simpang (ekr/jam) | |
|--------------|---------------------------------------|-----------|
| | MKJI 1997 | MKJI'2013 |
| 322 | 2700 | 3400 |
| 342 | 2900 | - |
| 324 | 3200 | 4300 |
| 344 | 3200 | 2400 |
| 422 | 2900 | 3400 |
| 424 | 3400 | 3400 |
| 444 | 3400 | - |

Tabel di atas menunjukkan bahwa nilai kapasitas dasar saat ini secara umum lebih besar dari nilai sebelumnya (sesuai dengan hipotesis awal), adapun pengecualian pada tipe simpang 344 (simpang 3-lengan, dengan 4 lajur 2 arah untuk masing-masing lengannya) dikarenakan selama proses pengumpulan data primer, tipe simpang ini sudah menggunakan sinyal untuk pengaturan lalu lintasnya, adapun yang masih belum menggunakan sinyal seperti pada sampel dikarenakan kondisi lalu lintasnya yang masih rendah, sehingga penentuan arus maksimum pada simpang tipe ini sulit ditentukan. Alasan penggunaan sinyal pada simpang berlaku pula pada simpang tipe 342 (simpang 3-lengan, dengan 4 lajur 2 arah untuk jalan minor dan 2 lajur 2 arah untuk jalan mayor) dan tipe 444 (simpang 4-lengan, dengan 4 lajur 2 arah untuk masing-masing lengannya), simpang bertipe ini telah menggunakan sinyal untuk pengaturan lalu lintasnya, sehingga pada saat pengumpulan data, simpang tipe ini tidak dapat diambil sampelnya.

6. PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan selama satu tahun, di berbagai lokasi di Indonesia, disimpulkan bahwa teori yang berlaku di negara maju untuk perhitungan kapasitas simpang tak bersinyal, tidak diterapkan di Indonesia. Perhitungan kapasitas simpang tak bersinyal di negara maju menggunakan teori “celah yang dapat diterima atau gap acceptance”, dimana arus kendaraan dari jalan minor menunggu celah yang aman dari arus kendaraan dari jalan utama, untuk memasuki/menyeberangi lengan lainnya.

Penentuan kapasitas dasar simpang tak bersinyal di Indonesia berdasarkan fakta empiris dengan memperhitungkan kondisi geometrik, lingkungan, dan kebutuhan lalu lintas. Hal ini dikarenakan, sistem prioritas yang berlaku di simpang tak bersinyal di negara-negara maju, tidak berlaku di Indonesia, baik wajib henti sebelum memasuki simpang, maupun prioritas wajib mendahulukan kendaraan dari arah lain.

Ketentuan-ketentuan yang digunakan dalam MKJI 1997, masih digunakan dalam pedoman. Hal ini dikarenakan ketentuan-ketentuan tersebut dipertimbangkan masih relevan dan berlaku untuk diterapkan pada kondisi yang ada saat ini.

Ketentuan-ketentuan tersebut yaitu dalam penentuan penggunaan jenis persimpangan baru yang masih menggunakan analisis biaya siklus hidup (BSH).

Untuk penentuan kapan suatu persimpangan membutuhkan peningkatan, digunakan analisis kapasitas yang dapat mempertahankan derajat kejenuhan (DJ) kurang dari atau sama dengan 0,85.

Dalam penentuan kinerja lalu lintas, masih digunakan parameter tundaan (T), sebagai fungsi dari DJ. Perkiraan besar T didasarkan atas 4 parameter, yaitu:

1. Arus total simpang
2. Rasio arus mayor terhadap arus minor
3. Rasio arus belok kanan dan belok kiri
4. Ukuran kota

Selain itu, parameter kinerja lalu lintas simpang tak bersinyal dari MKJI terdahulu yang digunakan yaitu peluang antrian. Hal ini disebabkan karena tidak berlakunya sistem prioritas maupun mendahulukan kendaraan yang berada di ruas jalan mayor, sehingga antrian tidak dapat diperkirakan, namun hanya berupa suatu potensi terjadinya antrian, yang disebut dengan peluang antrian (PA).

7. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. pemutakhiran nilai ekr dilakukan secara empirik, menggunakan data yang analisisnya berdasarkan beberapa pendekatan. Nilai akhir ditetapkan dengan mempertimbangkan hasil dari ketiga pendekatan tersebut (lihat Tabel 4).
2. Pemutakhiran nial C0 dilakukan secara empirik, menggunakan data arus jenuh lalu lintas total yang memasuki persimpangan yang diobservasi langsung, dan ditetapkan berdasarkan tipe simpangnya (lihat Tabel 5).

DAFTAR PUSTAKA

- Antono S.P., Davey K., Efi Novara, 2009: "Pengkinian MKJI". Makalah disajikan dalam workshop permasalahan MKJI'97, 14 May 2009, Pusjatan, Bandung.
- Bang, K.L., Palgunadi, 1994: Capacity and Driver Behaviour in Indonesian Signalised Intersections. Proceedings of the SeCOnd International Symposium on Highway Capacity, Sydney, Australia 1994.
- Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Barat (Dishub Jabar), 2009: "Pengkinian Manual Kapasitas Jalan Indonesia". Makalah disajikan dalam workshop permasalahan MKJI'97, 14 May 2009, Pusjatan, Bandung.
- Direktorat Jenderal Bina Marga (DJB M), 2009: "Pemanfaatan dan usulan pengkinian MKJI, beberapa pokok pikiran dalam rangka pemutahiran MKJI". Makalah disajikan dalam workshop permasalahan MKJI'97, 14 May 2009, Pusjatan, Bandung.
- DJB M, 1997: "Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)". Final Report tertanggal 25 Februari 1997 dari konsultan Sweroad yang bekerja sama dengan PT Bina Karya (persero) kepada Direktorat Bina Jalan Kota - DJB M, Jakarta.
- Direktorat Lalu-lintas dan Angkutan Jalan (DLLAJ), 2009: "Pemanfaatan dan usulan pengkinian MKJI, beberapa pokok pikiran dalam rangka pemutahiran MKJI". Makalah disajikan dalam workshop permasalahan MKJI'97, 14 May 2009, Pusjatan, Bandung.
- Erwin K, dkk., 2009: "Pengkinian Manual Kapasitas Jalan Indoneisa". Laporan penelitian Balai Teknik Lalu-lintas dan Lingkungan Jalan, tahun anggaran 2009 Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Bandung.
- Iskandar H., 2010. "Pemutakhiran Manual Kapasitas Jalan Indonesia, ruas jalan antar kota". Laporan penelitian Pusjatan, Bandung.
- Iskandar H., 2011. "Naskah Ilmiah I: Ekuivalen kendaraan ringan dan kapasitas dasar jalan perkotaan". Draft naskah ilmiah, Pusjatan, Bandung.
- Munawar A., 2009: "Pengkinian Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997". Makalah dipresentasikan pada workshop permasalahan MKJI'97, 14 May 2009, Pusjatan, Bandung.
- Pemerintah Republik Indonesia (PRI), 2011: "Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.19/PRT/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Persyaratan Perencanaan Teknis Jalan".

- Pemerintah Republik Indonesia (PRI), 2011: “Peraturan Pemerintah No.32/2011 tentang Manajemen dan Rekayasa, Analisa dampak, serta pengaturan kebutuhan lalu lintas”.
- PRI, 2009: “Undang-undang Republik Indonesia nomor 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan”
- PRI, 2006: “Peraturan Pemerintah nomor 34 tahun 2006 tentang jalan”
- PRI, 2004: “Undang-undang Republik Indonesia nomor 38 tahun 2004 tentang jalan”
- Sweroad in Association with PT Bina Karya (Persero), 1993: “Indonesian Highway Capacity Manual Project, Phase 1: Urban Roads”. Final Report of Consulting services for Highway Capacity Manual to Direktorat Bina Kota, no.09/T/BNKT/ 1993 , Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Sweroad bekerja sama dengan PT Bina Karya (Persero), 1997: “Manual Kapasitas Jalan Indonesia”. Direktorat Bina Kota, Direktorat Jenderal Bina Marga (Laporan konsultan yang tidak diterbitkan), Jakarta Februari 1997.

