

MODEL PEMBEBANAN LALU LINTAS UNTUK TIPIKAL JARINGAN JALAN PERKOTAAN

Natalia Tanan

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

Jl. A.H. Nasution 264 Bandung 40294

E-mail : lia_tanan@yahoo.com

Diterima : 4 Februari 2009; Disetujui : 21 Desember 2009

ABSTRAK

Kota-kota di Indonesia sebagai pusat kegiatan akan selalu menghadapi permasalahan pergerakan kendaraan yang mana memerlukan sarana dan prasarana. Oleh karena itu perlu diteliti mengenai pola pembebanan pergerakan pada jaringan jalan di perkotaan. Dengan diketahuinya model pembebanan jaringan, memungkinkan dilakukannya estimasi biaya perjalanan antar zona. Hasil estimasi biaya ini akan menjadi masukan bagi proses peramalan manfaat untuk mengevaluasi kinerja suatu usulan alternatif skema perencanaan yang menjadi tujuan dari sebagian besar studi transportasi. Dalam proses pembebanan rute (Trip Assignment), dikenal beberapa metoda untuk menghitung jumlah pembebanan pergerakan (volume lalulintas) pada setiap ruas jalan. Dalam studi ini dicobakan 2 (dua) metode pembebanan pada jaringan jalan Kota Cimahi, yakni: metode All-or-Nothing dan metode Keseimbangan (Equilibrium). Untuk mengetahui metoda pembebanan yang terbaik, arus lalulintas hasil estimasi/pemodelan dibandingkan dengan arus lalu lintas hasil ekspektasi/survey langsung di lapangan. Arus lalu lintas lapangan (ekspektasi) adalah hasil survey arus lalu lintas pada 11 (sebelas) ruas yang ada dalam wilayah Kota Cimahi yang meliputi pergerakan pada jalan arteri, kolektor serta lokal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembebanan keseimbangan lebih sesuai diterapkan di jaringan jalan dalam kota Cimahi saat ini, dimana kondisi transportasinya sudah mulai macet di beberapa titik. Namun pada beberapa ruas khususnya ruas jalan di pinggiran Kota Cimahi, seperti ruas jalan Ciwaruga-Cibabat, jalan Kolonel Masturi-Lembang, dan jalan Soreang-Nanjung model all-or-nothing lebih sesuai dengan kondisi lapangan (ekspektasi).

Kata kunci: arus lalu lintas, jaringan jalan, pembebanan, all-or-nothing, equilibrium

ABSTRACT

Indonesia cities always face transportation problem. The movement in the urban road network needs transportation means, services and infrastructures. Therefore, trip assignment pattern of urban road network needs to be researched. There are several Trip Assignment Methods which can be used to calculate the traffic volume on each modeled roads. In this paper, two methods of traffic assignments are used, i.e.: All or Nothing and Equilibrium. To find the best method, the predicted traffic flow produced by each model was compared to the real traffic flow collected by traffic counting survey. Traffic flow from 11 links were taken for comparison. These cover the movements on arterial, collector, and local roads. The result showed that equilibrium method gave the best result for the urban network of Kota Cimahi. But all-or-nothing method gave the best result for the rural network at Kota Cimahi (such as Jl. Ciwaruga-Jl.Cibabat, Jl. Kol. Masturi-Lembang, Jl. Soreang-Nanjung).

Keywords: traffic flow, road network, assignment all-or-nothing, equilibrium

PENDAHULUAN

Kota-kota di Indonesia sebagai pusat kegiatan tidak akan terlepas dari masalah pergerakan kendaraan maupun pergerakan orang. Pergerakan tersebut tentu saja memerlukan sarana dan prasarana. Oleh karena itu perlu diteliti mengenai pola pembebanan pergerakan pada jaringan jalan di perkotaan.

Tujuan model pembebanan atau pemilihan rute (*assignment*) ialah untuk mengalokasikan matrik perjalanan yang dikenal dengan Matriks Asal Tujuan (MAT) ke dalam jaringan jalan untuk mereproduksi arus lalu lintas di setiap ruas jalan yang masuk ke dalam model jaringan yang dianalisis. Pembebanan dilakukan dengan membandingkan kinerja rute-rute yang menghubungkan setiap zona yang ada, sedemikian rupa sehingga seluruh pergerakan antar zona yang ada (isi sel MAT) akan terdistribusi ke ruas-ruas jalan. Hasil akhir model pembebanan ini adalah informasi mengenai representasi arus lalu lintas hasil pemodelan di dalam jaringan jalan.

Atas dasar informasi arus lalu lintas tersebut akan memungkinkan dilakukannya estimasi biaya perjalanan antar zona. Hasil estimasi biaya ini akan menjadi masukan bagi proses peramalan manfaat untuk mengevaluasi kinerja suatu usulan alternatif skema perencanaan yang menjadi tujuan dari sebagian besar studi transportasi.

KAJIAN PUSTAKA

Prinsip Umum Model Pembebanan

Terdapat beragam teknik pembebanan yang dapat digunakan, mulai dari metoda manual sampai dengan metoda yang membutuhkan prosedur iterasi yang kompleks. Pada prinsipnya teknik pembebanan tersebut didasarkan pada dua tahapan proses berikut:

- Pertama, pengukuran dan perbandingan biaya dari setiap alternatif rute yang berkompetisi diantara setiap pasangan zona.
- Kedua, pengalokasian elemen (isi sel) MAT ke tiap rute yang berkompetisi berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan pada langkah pertama.

Struktur Model Pemilihan Rute

Struktur model merupakan faktor penting yang harus selalu diperhatikan ketika kita mencoba memprediksi pembebanan/ pemilihan rute pada model jaringan jalan. Secara umum, perjalanan antara sepasang zona asal-tujuan belum tentu dapat dihitung dengan tepat, karena dalam model pembebanan perhitungan dilakukan dengan sel matriks perjalanan yang teragregasi. Apalagi alokasi matriks tersebut ke setiap alternatif rute yang ada dihitung secara bersamaan untuk sejumlah besar pasangan zona asal-tujuan.

Detail karakteristik jaringan jalan seperti ukuran zona, *centroid connector*, dan kepadatan jaringan merupakan faktor penting dalam pemodelan yang akan mempengaruhi akurasi pembebanan dan jumlah sumber daya yang dibutuhkan untuk menjalankannya.

Sistem Zona

Daerah studi untuk suatu kajian transportasi didefinisikan sebagai daerah dimana arus lalu lintas di ruas atau di persimpangan jalan akan secara langsung terpengaruh dengan penerapan kebijakan investasi maupun kebijakan operasi yang dimodelkan. Batas daerah studi merupakan garis imajiner yang dibentuk untuk menandai dan memisahkan jaringan jalan dan sistem zona yang masuk di dalam wilayah studi dengan yang dianggap berada di luar dari sistem yang dipelajari.

Model sistem transportasi jalan untuk suatu wilayah studi terdiri dari dua elemen model yakni sistem zona dan sistem jaringan jalan. Sistem zona terdiri dari zona-zona yang membagi daerah studi ke dalam beberapa bagian sebagai tingkat agregasi terkecil pembangkit dan penarik perjalanan. Umumnya zona dilengkapi dengan pusat zona atau *centroid* yang diasumsikan sebagai titik awal atau akhir perjalanan.

Pada prinsipnya, pembagian zona sebaiknya didasarkan pada kehomogenan atribut populasi yang mempengaruhi perilaku perjalanan. Dalam hal ini populasi sebagai pembangkit perjalanan untuk berbagai keperluan (bekerja, sekolah, belanja, bisnis, sosial, dan lain-lain) umumnya didasarkan pada perilaku individu atau kelompok individu (keluarga, perumahan, kelurahan, kecamatan, atau kabupaten).

Akan tetapi untuk membagi zona berdasarkan kehomogenan perilaku permintaan perjalanan akan sulit diterapkan, karena data eksisting untuk itu tidak tersedia. Di Indonesia data sosial ekonomi (yang dikumpulkan oleh BPS) yang umumnya digunakan untuk mengkalibrasi model transportasi umumnya dikumpulkan dengan basis wilayah administrasi (misalnya kelurahan, kecamatan, kabupaten atau propinsi). Biasanya zona dibagi berdasarkan batas administrasi yang ada, tergantung lingkup studi yang dilaksanakan.

Meskipun pembagian zona berdasarkan wilayah administrasi ini bukanlah pilihan terbaik dalam membentuk sistem zona, akan tetapi data administratif inilah sumber satu-satunya yang ada di Indonesia saat ini. Dengan demikian mau tidak mau kita sebaiknya tetap mengacu kepada data ini untuk membentuk sistem zona untuk mengurangi kebutuhan dana untuk mengumpulkan data baru jika kita ingin membentuk sistem zona yang lebih baik dengan prinsip homogenitas.

Tingkat Detail Jaringan Jalan

Dalam model pembebanan tidak mungkin semua ruas yang ada dapat dimasukkan kedalam model karena harus disesuaikan dengan tingkat detail zonanya. Sebagai batasan dalam penyederhanaannya tingkat detail model harus dapat memenuhi kriteria akurasi pembebanan, terutama pada ruas-ruas tertentu yang ditinjau.

Model Pemilihan Rute

Arus lalu lintas pada suatu ruas jalan dalam suatu jaringan dapat diperkirakan sebagai hasil proses pengkombinasian informasi MAT, deskripsi sistem jaringan dan pemodelan pemilihan rute. Prosedur pemilihan rute bertujuan memodel perilaku pelaku pergerakan

dalam memilih rute yang menurut mereka merupakan rute terbaiknya. Dengan kata lain, dalam proses pemilihan rute, pergerakan antara dua zona (yang didapat dari tahap sebaran pergerakan) untuk moda tertentu (yang didapat dari tahap pemilihan moda) dibebankan ke rute tertentu yang terdiri atas ruas jaringan jalan tertentu (atau angkutan umum). Jadi dalam pemodelan pemilihan rute ini dapat diidentifikasi rute yang akan digunakan oleh setiap pengendara sehingga akhirnya didapat jumlah pergerakan pada setiap ruas jalan.

Dengan mengasumsikan bahwa setiap pengendara memilih rute yang meminimumkan biaya perjalanannya (rute tercepat jika dia lebih mementingkan waktu dibandingkan jarak atau biaya), maka adanya penggunaan ruas yang lain mungkin disebabkan oleh perbedaan persepsi pribadi tentang biaya atau mungkin juga disebabkan oleh keinginan menghindari kemacetan. Tabel 1 memperlihatkan klasifikasi model pemilihan rute.

Mengacu pada tabel tersebut, efek stokastik timbul karena adanya perbedaan persepsi setiap pengendara tentang biaya perjalanan, sedangkan efek batasan kapasitas timbul karena biaya perjalanan (dalam hal ini komponen waktu tempuh) tergantung pada arus lalu lintas. Dengan kata lain, kedua efek tersebut terjadi bersamaan, khususnya di daerah perkotaan, sehingga model pemilihan rute yang terbaik harus mengikutsertakan kedua efek tersebut. Efek stokastik merupakan faktor yang dominan pada tingkat arus lalu lintas yang rendah, sedangkan efek batasan-kapasitas dominan pada tingkat arus lalu lintas yang tinggi (Ortuzar, JD and Willumsen, 1990).

Tabel 1. Klasifikasi model pemilihan rute

Kriteria	Efek stokastik dipertimbangkan	
	Tidak	Ya
Efek batasan kapasitas dipertimbangkan ?	Tidak	All-or-nothing
	Ya	Keseimbangan Wardrop
		Stokastik murni (Dial, Burrel)
		Keseimbangan-Pengguna-stokastik (KPS)

Sumber: Ortuzar and Willumsen (1990)

Model All-or-Nothing

Model ini merupakan model pemilihan rute yang paling sederhana, yang mengasumsikan bahwa semua pengendara berusaha meminimumkan biaya perjalanannya yang tergantung pada karakteristik jaringan jalan dan asumsi pengendara. Jika semua pengendara memperkirakan biaya ini dengan cara yang sama, pastilah mereka memilih rute yang sama. Biaya ini dianggap tetap dan tidak dipengaruhi oleh efek kemacetan.

Metode ini menganggap bahwa semua perjalanan dari zona asal *i* ke zona tujuan *d* akan mengikuti rute tercepat. Dalam kasus tertentu, asumsi ini dianggap cukup realistis, misalnya untuk daerah pinggiran kota yang jaringan jalannya tidak begitu rapat dan yang tingkat kemacetannya tidak begitu berarti. Tetapi asumsi ini menjadi tidak realistis jika digunakan untuk daerah perkotaan yang sering mengalami kemacetan. Model ini merupakan model tercepat dan termudah dan sangat berguna untuk jaringan jalan yang tidak begitu rapat yang hanya mempunyai beberapa rute alternatif saja.

Model Keseimbangan

Jika seseorang mengabaikan efek stokastik dan menganggap batasan-kapasitas sebagai salah satu mekanisme proses penyebaran pergerakan dalam suatu jaringan, maka beberapa set model harus dipertimbangkan. Model ini menggunakan prinsip keseimbangan Wardrop. Asumsi dasar pemodelan keseimbangan adalah, pada kondisi macet, setiap pengendara akan berusaha meminimumkan biaya perjalanannya dengan beralih menggunakan rute alternatif. Bagi pengendara tersebut, biaya dari semua alternatif rute yang ada diasumsikan diketahui secara implisit dalam pemodelan. Jika tidak satupun pengendara dapat memperkecil biaya tersebut, maka sistem dikatakan telah mencapai kondisi keseimbangan. Prinsip ini dapat didefinisikan sebagai berikut: Dalam kondisi keseimbangan, lalu lintas akan mengatur dirinya sendiri dalam jaringan yang macet sehingga tidak ada satupun pengendara dapat mengurangi biaya perjalanannya dengan mengubah rute.

Jika semua pengendara mempunyai asumsi yang sama terhadap biaya (tidak ada efek stokastik), maka: pada kondisi keseimbangan,

lalu lintas akan mengatur dirinya sendiri dalam jaringan yang macet sehingga semua rute yang digunakan antar pasangan asal-tujuan mempunyai biaya yang sama dan minimum, sedangkan semua rute yang tidak digunakan mempunyai biaya sama atau lebih mahal.

Dapat disimpulkan bahwa sistem tersebut mencapai kondisi keseimbangan menurut pandangan pengguna. Oleh karena itu, kondisi ini disebut kondisi keseimbangan-pengguna (*user equilibrium*). Model keseimbangan ini dianggap sebagai salah satu model pemilihan rute terbaik untuk kondisi macet.

Kapasitas Ruas Jalan

Definisi dari kapasitas (*C*) berdasarkan MKJI '97 adalah jumlah arus maksimum yang melintasi suatu ruas jalan per jam yang dapat dipertahankan pada suatu kondisi tertentu. Kapasitas dapat dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per jam (smp/jam). Persamaan umum untuk menghitung kapasitas (*C*) suatu ruas jalan menurut IHCM'97 ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$C = C_o * FC_w * FC_{sp} * FC_{sf} * FC_{cs} = (\text{smp/jam}) \quad \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- C* = Kapasitas (smp/jam),
- C_o* = Kapasitas dasar untuk kondisi tertentu /ideal (smp/jam),
- FC_w* = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas,
- FC_{sp}* = Faktor penyesuaian pemisahan arah,
- FC_{sf}* = Faktor penyesuaian hambatan samping,
- FC_{cs}* = Faktor penyesuaian ukuran kota.

Studi Terdahulu

Pada studi "Pengembangan Perangkat Lunak Optimalisasi Kinerja Jaringan Jalan untuk Mereduksi Dampak Kemacetan Lalu Lintas" yang dilakukan pada tahun 2006, pemilihan rute/pembebanan dilakukan untuk mereduksi kemacetan lalu lintas yang ada selama ini di kota Cimahi. Studi ini menggunakan perangkat lunak TRANSCAD sebagai alat bantu. Bentuk penanganan kemacetan lalu lintas yang dilakukan dalam kajian ini dibuat dalam 2 skenario penanganan yaitu:

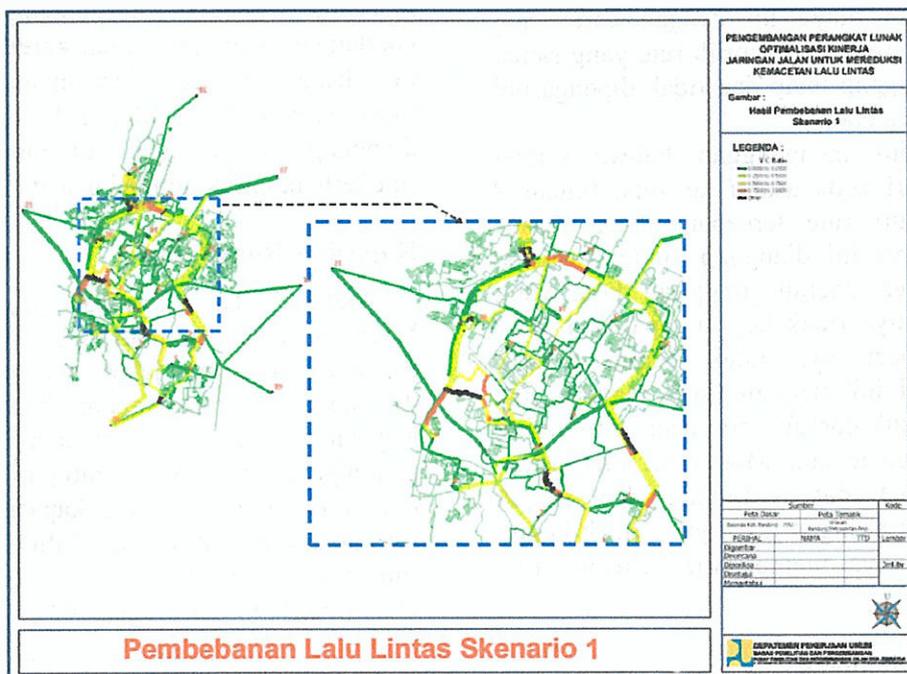
1. Penambahan jaringan jalan raya secara melingkar (*ring road*),

- Merubah pola arus lalu lintas pada ruas jalan tertentu daru dua arah menjadi satu arah.

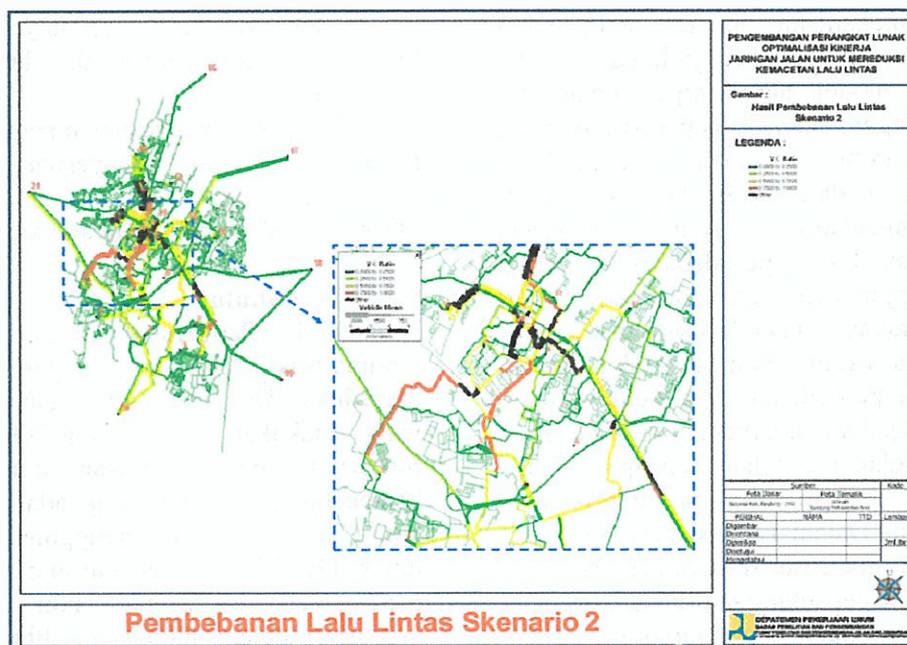
Model yang dihasilkan berupa model visual, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.

HIPOTESIS

Jaringan jalan dalam kota akan cenderung menggunakan model pembebanan keseimbangan (*equilibrium*). Sedangkan jaringan jalan luar kota cenderung menggunakan model pembebanan *all-or-nothing*.



Gambar 1. Pembebanan Jaringan Jalan Oleh Kendaraan (Skenario 1)



Gambar 2. Pembebanan Jaringan Jalan Oleh Kendaraan (Skenario 2)

METODOLOGI

Untuk melaksanakan proses pembebanan diperlukan sejumlah data dan model estimasi sebagai prasyarat berjalannya model tersebut. Gambar 3 menyajikan masukan, proses, dan keluaran model pembebanan.

Data masukan bagi proses model pembebanan merangkum karakteristik sistem jaringan transportasi yang terdiri dari besaran kapasitas, kecepatan, dan fungsi hubungan antara kecepatan dan volume lalu lintas di ruas jalan, serta jumlah permintaan perjalanan antar zona-zona yang ada di wilayah studi.

Model pembebanan digunakan untuk mendekati perilaku pengguna jalan dalam memilih rute perjalanan dengan *setting* karakteristik jaringan yang ada dan kriteria serta faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku mereka dalam memilih rute. Dalam model pembebanan faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku pemilihan rute setiap individu pelaku perjalanan akan digeneralisasi untuk mengurangi kompleksitas model sehingga akan mudah ditangani.

Faktor penting yang harus diperhatikan ketika akan merekonstruksi distribusi lalu lintas dengan model pembebanan adalah struktur model yang digunakan. Struktur model ini berkaitan dengan detail ukuran zona, kepadatan jaringan, jumlah dan posisi *centroid connectors*, dan lain-lain. Struktur model sangat berpengaruh terhadap akurasi hasil pembebanan dan jumlah sumber daya yang dibutuhkan untuk menjalankan model tersebut. Pentingnya struktur model perlu ditegaskan kembali mengingat banyak studi dilakukan tanpa memperhatikan faktor ini. Jika hal ini terjadi kemungkinan besar tampilan hasil model pembebanannya tidak akan dapat merepresentasikan dengan baik distribusi arus lalu lintas aktual di jaringan jalan yang ditinjau

Indikator Uji Statistik

Tingkat akurasi MAT yang dihasilkan dari data arus lalu lintas dapat ditentukan dengan menggunakan beberapa indikator uji statistik. Beberapa indikator uji statistik yang dapat digunakan untuk membandingkan MAT hasil penaksiran dengan MAT hasil pengamatan:

a. Sum of Square Error (SSE)

Indikator statistik SSE dapat didefinisikan sebagai persamaan:

$$SSE = \sum_i \sum_d (\hat{T}_{id} - T_{id})^2 \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- \hat{T}_{id} = MAT hasil pengamatan
- T_{id} = MAT hasil penaksiran
- i = zona asal
- d = zona tujuan

Dimana makin besar nilai SSE, maka ketidakakuratan MAT hasil penaksiran dibandingkan dengan MAT hasil pengamatan akan semakin besar. Demikian juga sebaliknya, makin kecil nilai SSE menunjukkan tingkat kemiripan yang tinggi antar MAT yang diperbandingkan.

b. Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien Determinasi (R^2) didefinisikan sebagai nisbah antara variasi terdefinisi dengan variasi total Nilai R^2 berkisar antara 0 s/d 1. Besarnya nilai R^2 menyatakan proporsi total variasi yang dapat dijelaskan melalui persamaan regresi yang telah diperoleh. Nilai R^2 yang mendekati 1 (satu) menunjukkan tingkat kemiripan yang tinggi antara data yang diperbandingkan.

Metoda Pemilihan Rute

Dalam hal ini dilakukan 2 (dua) metoda pemilihan rute, yakni:

- Metode keseimbangan (*equilibrium*),
- Metode *all-or-nothing*.

Dari hasil kedua metode tersebut akan dilihat metode mana yang sesuai dengan kondisi transportasi di Kota Cimahi saat ini. Kemudian hasil tersebut akan dibandingkan dengan teori yang mendukung.

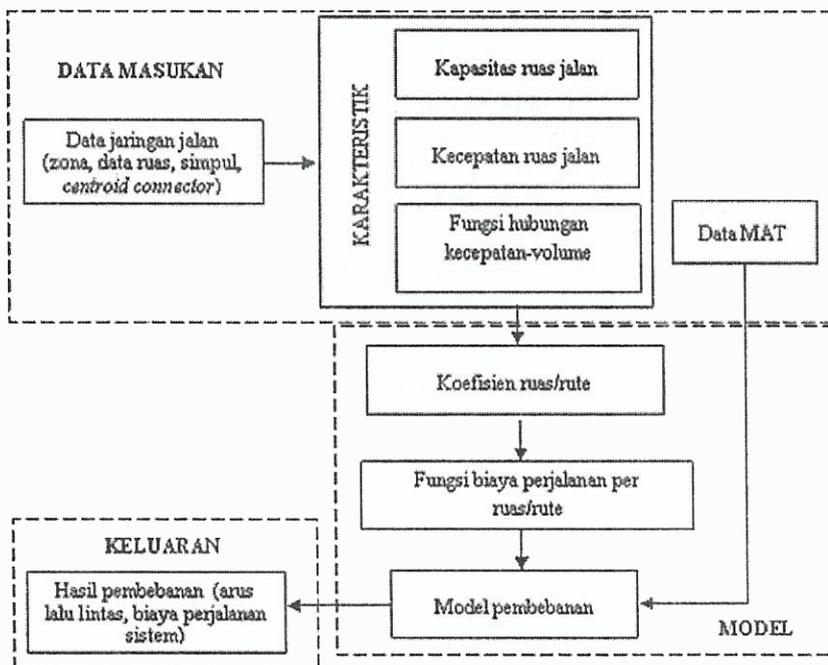
HASIL DAN ANALISIS

Dalam studi ini pemilihan rute dilakukan untuk melihat model pembebanan yang sesuai dengan kondisi transportasi eksisting di Kota Cimahi. Dalam hal ini model pembebanan yang dipilih antara lain model pembebanan keseimbangan (*equilibrium*) dan model pembebanan *all-or-nothing*. Penentuan model

yang sesuai dengan kondisi transportasi Kota Cimahi dilakukan dengan melihat indikator statistik dalam hal ini menggunakan nilai *Sum Square Error* (SSE) arus ekspektasi dengan arus prediksi pada beberapa ruas jalan.

Sistem Zoning

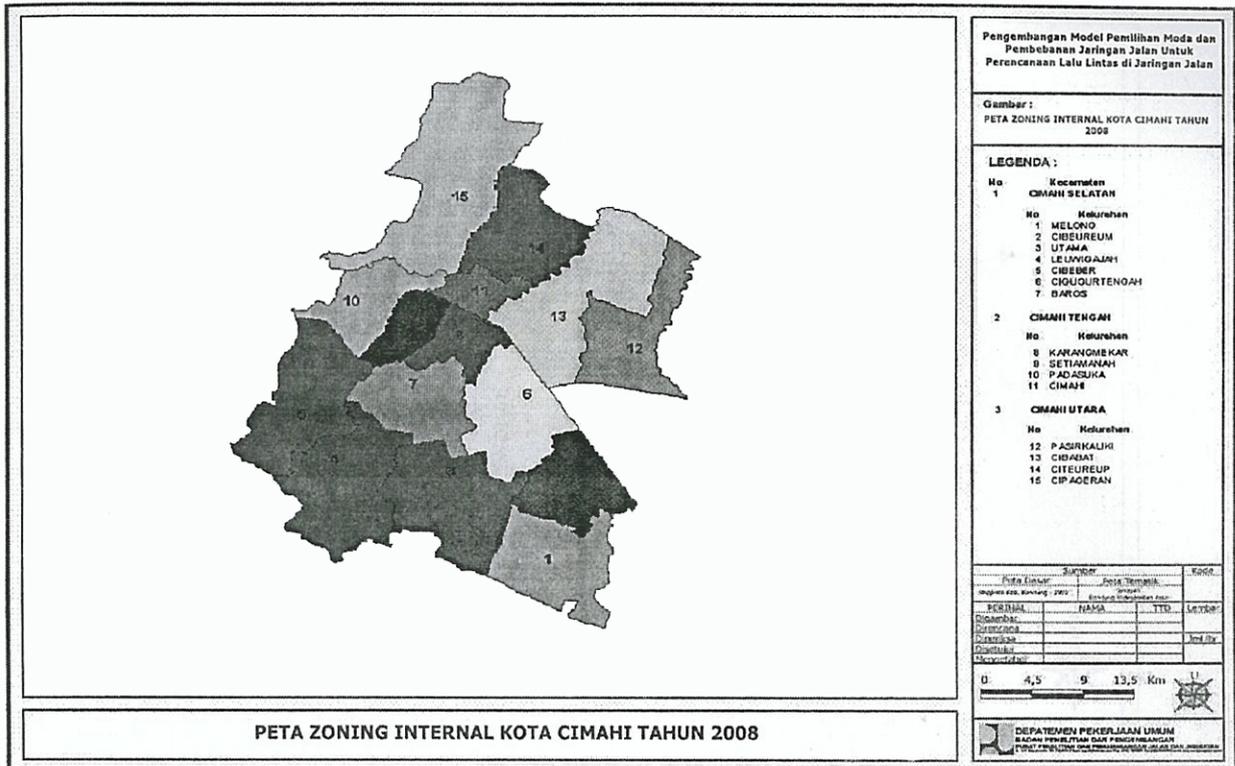
Dalam studi ini pembagian zona dilakukan berdasarkan wilayah administrasi. Dimana zona internal terdiri dari 15 zona berdasarkan jumlah kecamatan yang ada di Kota Cimahi. Sedangkan zona eksternal terdiri dari 6 zona berdasarkan wilayah kegiatan di sekitar Kota Cimahi.



Gambar 3. Bagan alir proses pemodelan pemilihan rute

Tabel 2. Model sistem zona wilayah studi

Nomor Zona	Nama Zona	Keterangan
1001	Padasuka	Zona internal
1002	Leuwi Gajah	Zona internal
1003	Melong	Zona internal
1004	Cibabat	Zona internal
1005	Cigugur Tengah	Zona internal
1006	Pasirkaliki	Zona internal
1007	Citeureup	Zona internal
1008	Cipageran	Zona internal
1009	Karang Mekar	Zona internal
1010	Cimahi	Zona internal
1011	Setiamanah	Zona internal
1012	Cibeber	Zona internal
1013	Baros	Zona internal
1014	Utama	Zona internal
1015	Cibeureum	Zona internal
1016	Kabupaten Bandung (UTARA)	Zona eksternal : Lembang , subang
1017	KOTA Bandung (UTARA)	Zona eksternal : Geger kalong, Cimbulcuit, Dago, Jatayu
1018	KOTA Bandung (TENGAH)	Zona eksternal : Merdeka, Braga, Pahlawan
1019	KOTA Bandung (SELATAN)	Zona eksternal : Buah Batu, Lingkar selatan
1020	Kabupaten Bandung (SELATAN)	Zona eksternal : Sorcang, Banjaran
1021	Kabupaten Bandung (Barat)	Zona eksternal : Padalarang, Purwakarta



Gambar 4. Pembagian zona internal kota Cimahi

Sistem Jaringan Jalan

Jaringan jalan terdiri dari ruas jalan atau *link* yang umumnya diberi atribut panjang, kapasitas, dan kecepatan operasinya. Pertemuan antar ruas jalan disebut dengan simpul atau *node* yang dapat berupa persimpangan jalan (dengan atau tanpa lampu pengatur lalu lintas), sedangkan untuk studi jaringan transportasi regional antar kota simpul dapat berupa kota. Setiap ruas jalan yang dikodefikasi harus dilengkapi dengan beberapa atribut ruas yang menyatakan perilaku, ciri, dan kemampuan ruas jalan dalam mengalirkan arus lalu lintas. Beberapa atribut tersebut adalah panjang ruas, kecepatan ruas (kecepatan arus bebas atau kecepatan sesaat), dan kapasitas ruas yang dinyatakan dalam bentuk Satuan Mobil Penumpang (smp) per jam. Kondisi jaringan jalan eksisting di Kota Cimahi dapat dilihat pada Gambar 5.

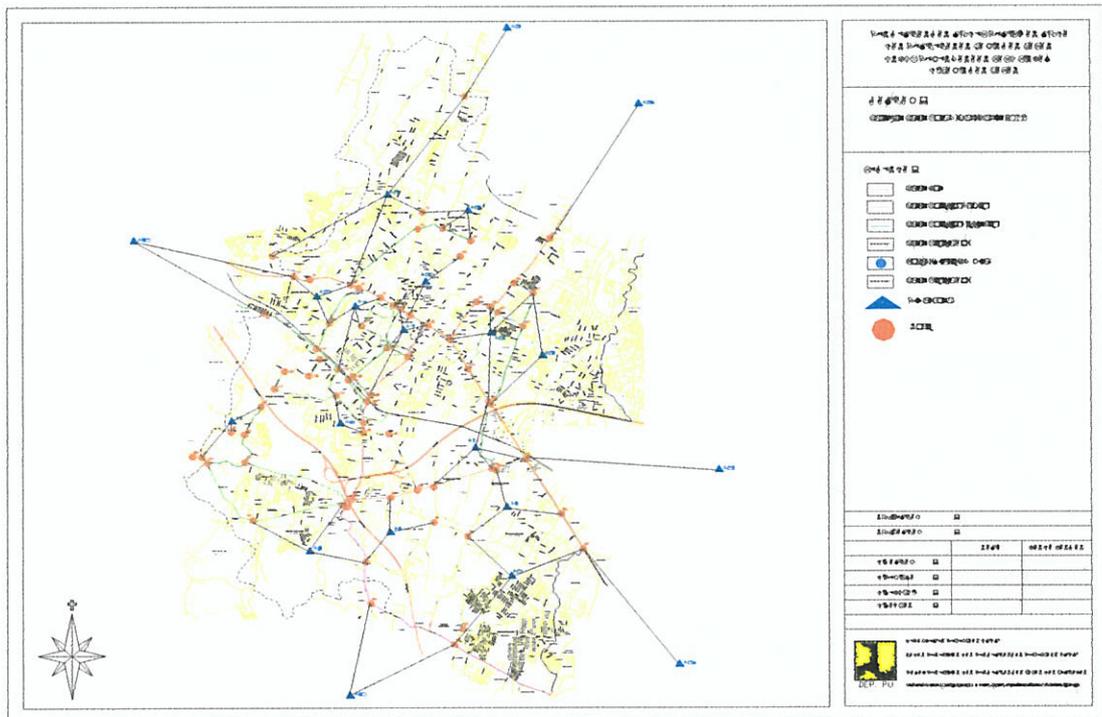
Matriks Asal Tujuan (MAT)

Cara paling sederhana untuk menghasilkan matriks perjalanan adalah membentuk matriks langsung dari laporan-laporan pengamatan

perjalanan yang diekspansi. Ini diistilahkan dengan pemodelan jenuh (*saturated model*) dengan satu pengamatan untuk setiap parameter yang diestimasi. Tipe matriks ini mungkin digunakan untuk keperluan evaluasi rencana dan sebagai input untuk model trip distribusi sintetik.

Matriks perjalanan yang dibentuk langsung dari pengamatan yang diekspansi terdiri dari perhitungan jumlah total pergerakan yang diperoleh dari survei, dalam hal ini hasil survei *home interview*. Kemudian hasil survei tersebut diperluas berdasarkan jumlah penduduk tiap zona untuk memperoleh jumlah permintaan perjalanan antar zona.

MAT hasil ekspansi ini dinyatakan dalam satuan perjalanan per hari seperti yang terlihat pada Tabel 3. Sedangkan dalam pembebanan akan digunakan MAT dalam satuan smp per jam yang ditunjukkan pada Tabel 4. Untuk mengkonversi MAT (perjalanan/hari) menjadi MAT (smp/jam) dilakukan dengan asumsi 1 smp = 4 orang atau perjalanan serta faktor $k = 0,09$ untuk jalan dalam kota (MKJI 1997) (faktor 'k' adalah rasio antara arus jam rencana dan LHRT).



Gambar 5. Sistem node jaringan jalan eksisting kota Cimahi

Tabel 3. MAT wilayah kajian (perjalanan/hari)

Nama Zona	Nomor Zona	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021
Padasuka	1001	0	359	359	1078	180	539	180	359	539	2516	719	180	1078	180	1258	180	719	1258	719	359	539
Louwi Gajah	1002	486	0	4244	1853	4394	136	1742	250	710	248	3081	5774	5652	3906	7089	131	904	201	440	261	396
Melong	1003	680	6061	0	2222	1153	190	305	350	1820	895	3856	261	641	2138	24792	61	2845	5612	308	183	554
Cibabat	1004	1393	1293	2212	0	2624	2601	6239	4068	1582	712	1239	1424	730	162	3048	42	3455	3449	420	125	1134
Cigugur Tengah	1005	244	4355	1163	2927	0	2600	875	504	357	749	163	187	6449	2390	5700	44	909	1411	221	131	398
Pasirkallik	1006	365	136	193	2520	3026	0	109	125	59	83	81	93	77	85	178	22	1019	502	110	65	595
Citeureup	1007	192	1281	608	6680	866	107	0	2765	2612	588	1917	441	602	134	1956	34	-356	158	1735	103	312
Cipageran	1008	679	252	359	3204	256	127	2635	0	2643	2313	2264	520	995	158	990	41	421	747	205	243	368
Karang Tengah	1009	320	713	2032	1743	362	60	2484	2748	0	618	3415	327	67	298	933	19	2480	1144	676	57	87
Cimahi	1010	1313	183	1042	894	834	92	735	2451	679	0	164	943	52	459	837	15	992	338	223	220	67
Seliamanah	1011	594	3141	2827	1293	168	166	2526	2141	3467	253	0	1137	3731	1555	1082	27	1518	1102	134	80	483
Cibeber	1012	165	5674	282	1256	186	92	590	509	241	730	1209	0	1657	230	1922	29	153	408	149	68	537
Baros	1013	1103	6294	438	600	6072	77	370	1278	67	94	3677	1690	0	2022	1809	25	769	1024	998	74	122
Utama	1014	150	4665	2374	163	2386	84	134	154	291	408	1696	229	2162	0	4798	27	1113	123	1219	80	244
Cibeureum	1015	1577	7025	27529	2748	6769	177	1977	975	1228	967	1052	1933	2378	4186	0	56	5570	2602	1427	169	513
Kab. Bandung (Utara)	1016	41	46	65	45	46	23	37	42	20	14	27	31	26	29	60	0	38	34	37	22	33
Kota Bandung (Utara)	1017	854	952	1695	3489	724	1196	383	440	2494	946	1567	164	805	1194	4359	38	0	705	193	115	174
Kota Bandung (Tengah)	1018	1215	193	6611	3780	1764	486	155	715	1098	296	1042	399	872	121	2277	31	161	0	157	93	141
Kota Bandung (Selatan)	1019	784	218	622	427	221	110	1756	202	572	267	131	150	986	1644	286	35	182	162	0	105	160
Kab. Bandung (Selatan)	1020	257	143	204	140	145	72	115	265	63	219	86	99	81	90	187	23	120	106	116	0	105
Kab. Bandung (Barat)	1021	540	200	571	979	609	604	185	185	88	61	480	551	133	251	524	32	167	148	163	97	0

Tabel 4. MAT wilayah kajian (smp/jam)

Nama Zona	Nomor Zona	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021
Padasuka	1001	0	8	8	24	4	12	4	8	12	57	16	4	24	4	28	4	16	28	16	8	12
Leuwi Gajah	1002	11	0	95	42	99	3	39	6	16	6	69	130	127	88	160	3	20	5	10	6	9
Melcong	1003	15	136	0	50	26	4	7	8	41	16	87	6	14	48	558	1	64	126	7	4	12
Cibabat	1004	31	29	50	0	59	59	140	92	36	16	28	32	16	4	69	1	78	78	9	3	26
Cigugur Tengah	1005	5	98	26	66	0	59	20	11	8	17	4	4	145	54	128	1	20	32	5	3	9
Pasirkaliki	1006	8	3	4	57	68	0	2	3	1	2	2	2	2	4	1	23	11	2	1	13	
Citeureup	1007	4	29	14	150	19	2	0	62	59	13	43	10	14	3	44	1	8	4	39	2	7
Cipageran	1008	15	6	8	72	6	3	59	0	59	52	51	12	22	4	22	1	9	17	5	5	8
Karang Tengah	1009	7	16	46	39	8	1	56	62	0	14	77	7	2	7	21	1	56	26	15	1	2
Cimahi	1010	30	4	23	20	19	2	17	55	15	0	4	21	1	10	19	1	22	8	5	5	2
Seliamanah	1011	13	71	64	29	4	4	57	48	78	6	0	26	84	35	24	1	34	25	3	2	11
Cibeber	1012	4	132	6	28	4	2	13	11	5	16	27	0	37	5	43	1	3	9	3	2	12
Baros	1013	25	142	10	14	137	2	8	29	2	2	83	38	0	45	41	1	17	23	22	2	3
Utama	1014	3	105	53	4	53	2	3	3	7	9	38	5	49	0	108	1	25	3	27	2	5
Cibeureum	1015	35	158	619	62	152	4	44	22	28	22	24	43	54	94	0	1	125	59	32	4	12
Kab. Bandung (Utara)	1016	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Kota Bandung (Utara)	1017	19	21	38	79	16	27	9	10	56	21	35	4	18	27	98	1	0	16	4	3	4
Kota Bandung (Tengah)	1018	27	4	149	85	40	11	3	16	25	7	23	9	20	3	51	1	4	0	4	2	3
Kota Bandung (Selatan)	1019	18	5	14	10	5	2	40	5	13	6	3	3	22	37	6	1	4	4	0	2	4
Kab. Bandung (Selatan)	1020	6	3	5	3	3	2	3	6	1	5	2	2	2	2	4	1	3	2	3	0	2
Kab. Bandung (Barat)	1021	12	5	13	22	14	14	4	4	2	1	11	12	3	6	12	1	4	3	4	2	0

Penggunaan Perangkat Lunak SATURN

Dalam tulisan ini, pembebanan jaringan menggunakan bantuan perangkat lunak SATURN. SATURN (*Simulation and Assignment of Traffic on Urban Road Network*) adalah suatu perangkat lunak komputer yang dikembangkan oleh *Institute of Transport Studies, University of Leeds*. SATURN dilengkapi dengan standar model pembebanan lainnya, seperti *All or Nothing*, keseimbangan *Wardrop*, pembebanan *Multi Rute Burrel* (SUE) dan lain-lain (Dick Van Vliet, 1995).

Input SATURN terdiri dari dua bagian yang penting, yaitu pemodelan jaringan (*network*) dan MAT, dimana pemodelan jaringan (*network*) dapat dikodekan dalam dua level detail yaitu :

1. Jaringan simulasi (*simulation network*), yang didasarkan pada data-data ruas jalan termasuk persimpangan.
2. Jaringan penyangga (*buffer network*), terdiri dari data-data kondisi jaringan jalan.

Sedangkan hasil/ keluaran dari SATURN berupa arus lalu lintas (flow) sepanjang ruas dan waktu tempuh.

Secara garis besar, proses kerja menggunakan perangkat lunak SATURN dapat dilihat pada Gambar 6.

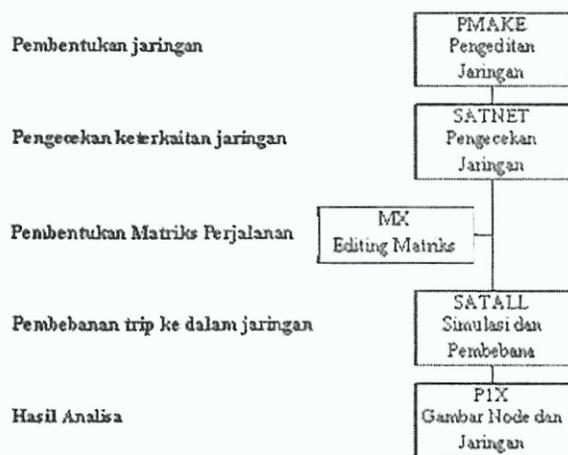
Desire Line Bangkitan/Tarikan

Garis keinginan (*desire line*) menggambarkan besarnya pergerakan antar zona

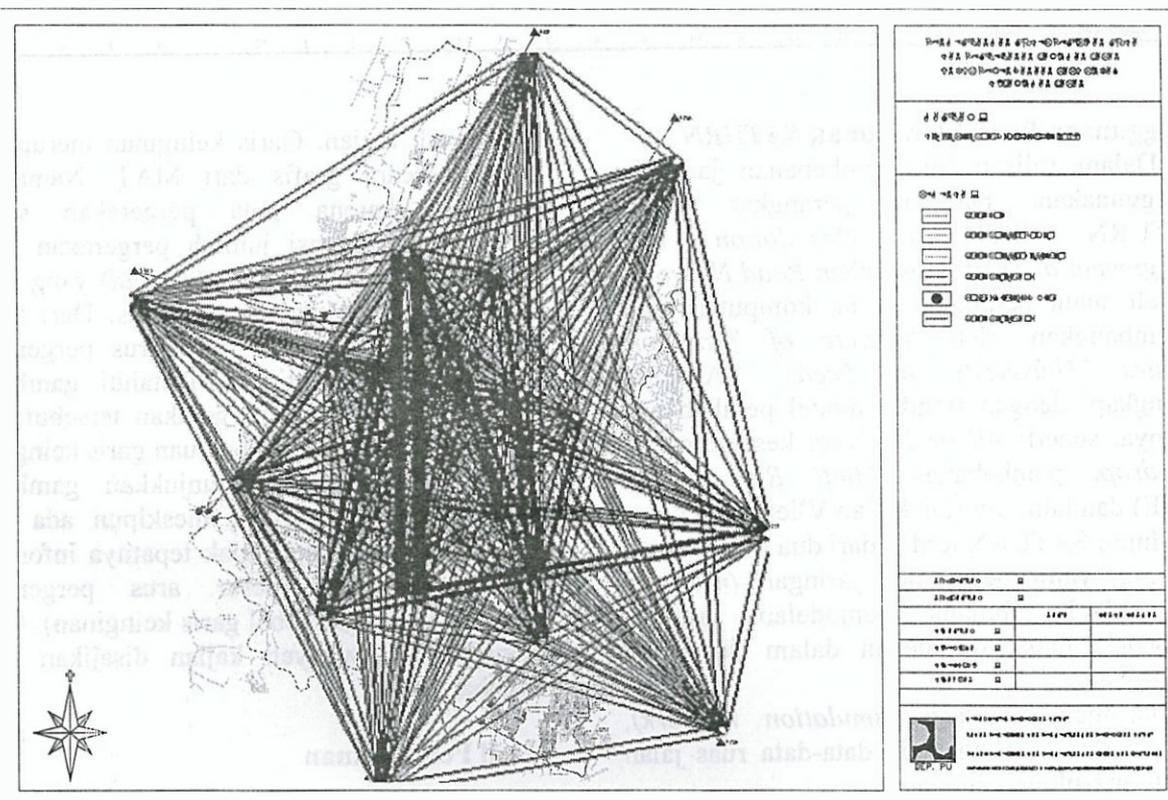
di wilayah kajian. Garis keinginan merupakan bentuk secara grafis dari MAT. Nama ini diberikan karena pola pergerakan selain mempunyai dimensi jumlah pergerakan, juga mempunyai dimensi ruang (*spasial*) yang lebih mudah digambarkan secara grafis. Dari MAT dapat diketahui secara tepat arus pergerakan antar zona tetapi tidak diketahui gambaran arah atau orientasi pergerakan tersebut. Hal ini dapat diatasi dengan bantuan garis keinginan (*desire line*) yang menunjukkan gambaran pergerakan yang terjadi, meskipun ada juga kelemahannya berupa tidak tepatnya informasi arus pergerakan (besar arus pergerakan dinyatakan dengan tebal garis keinginan). Garis keinginan di wilayah kajian disajikan pada Gambar 7.

Hasil Pembebanan

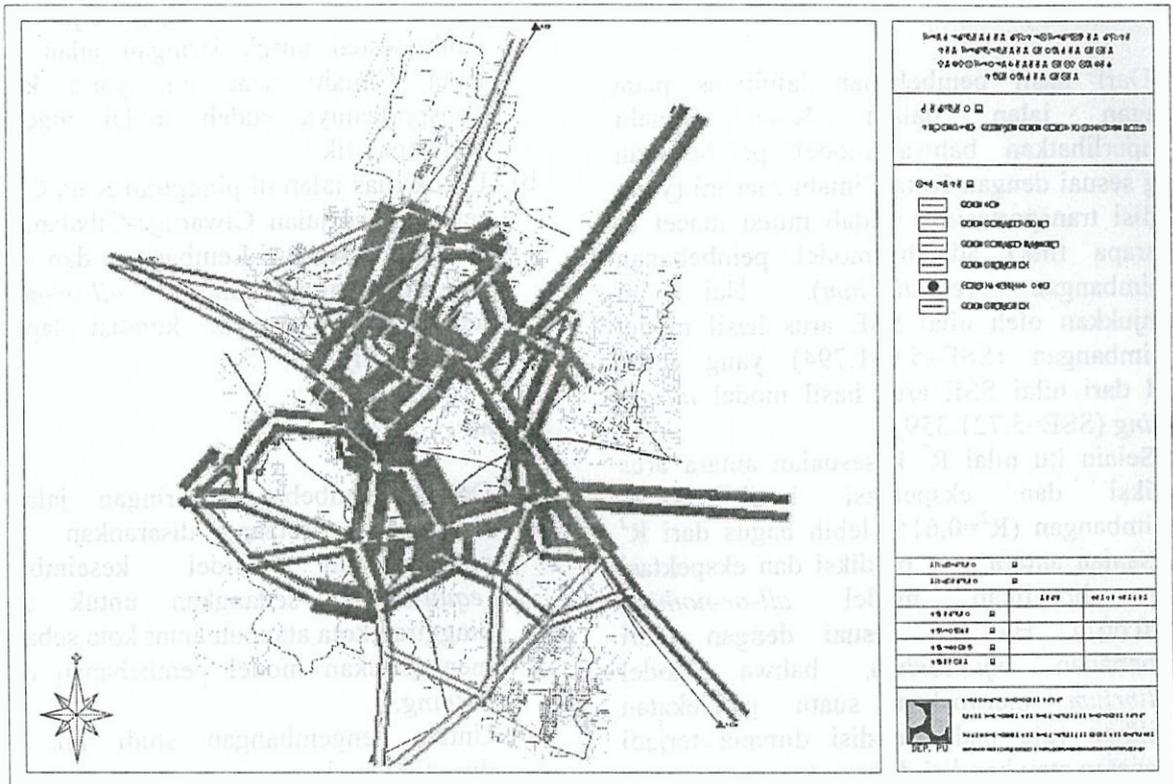
Hasil pembebanan dalam bentuk ketebalan garis (*band width*) yang menunjukkan volume pada masing-masing ruas dapat dilihat pada Gambar 8. Pada Tabel 5 ditampilkan kondisi Arus Lalu Lintas di Beberapa Ruas Berdasarkan Hasil Survei *Traffic Counting* (TC) dan Hasil Prediksi Berdasarkan Metode Keseimbangan dan Metode *All-or-Nothing*. Grafik hasil prediksi arus lalu lintas berdasarkan hasil survei TC dan hasil prediksi ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 6. Garis Besar Proses Analisa Menggunakan SATURN



Gambar 7. Desire Line bangkitan/ tarikan kota Cimahi Tahun 2008

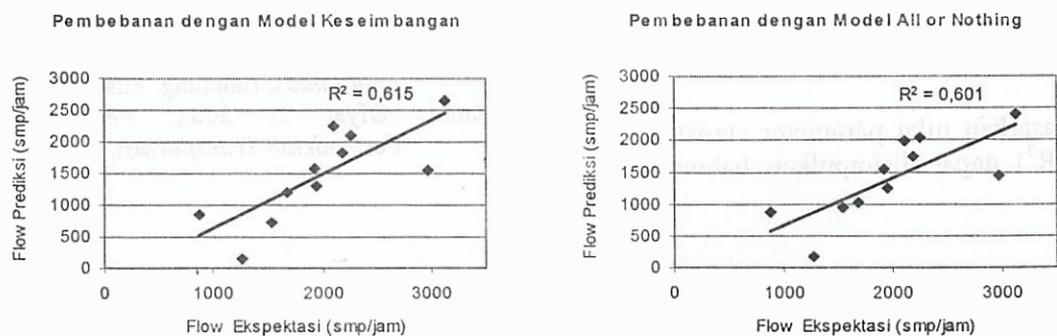


Gambar 8. Demand flow jaringan jalan kota Cimahi Tahun 2008

Tabel 5. Arus lalu lintas ekspektasi dan prediksi

No	Ruas	LHR (smp/hr)	Flow (smp/jam)	Metode Keseimbangan		Metode All or Nothing	
				Flow (smp/jam)	SSE	Flow (smp/jam)	SSE
1	S. Nanjung-S.Leuwigajah	21.350	1.922	1.564	127.653	1.537	147.845
2	Jl. Dustira-Cimahi	21.574	1.942	1.302	409.203	1.232	503.149
3	Ciwaruga-Cibabat	9.711	874	845	831	871	8
4	Jl. Sriwijaya-Jl.Gandawijaya	24.174	2.176	1.830	119.394	1.724	203.838
5	Jl. Gandawijaya-Jl.Ry.Cimahi	18.614	1.675	1.209	217.753	1.024	424.635
6	Jl.Kol.Masturi-Lembang	17.060	1.535	732	645.651	949	343.635
7	Cimindi-Leuwigajah	24.981	2.248	2.100	21.956	2.023	50.921
8	Soreang-Nanjung	14.068	1.266	153	1.238.484	170	1.200.541
9	Jl. Ry.Cimahi-Jl.Ry.Barat	23.348	2.101	2.241	19.583	1.975	15.866
10	Cimindi-Bandung	32.882	2.959	1.545	2.000.782	1.443	2.298.195
11	Jl. Ry.Barat-Padalarang	34.769	3.129	2.639	240.503	2.399	532.726
Jumlah					5.041.794		5.721.359

Keterangan: *) Hasil Survei TC



Gambar 9. Grafik arus lalu lintas berdasarkan hasil survei TC dan hasil prediksi

PEMBAHASAN

Dari hasil pembebanan lalu lintas pada jaringan jalan dalam Kota Cimahi memperlihatkan bahwa model pembebanan yang sesuai dengan Kota Cimahi saat ini (yang kondisi transportasinya sudah mulai macet di beberapa titik) adalah model pembebanan keseimbangan (*equilibrium*). Hal ini ditunjukkan oleh nilai SSE arus hasil model keseimbangan (SSE=5.041.794) yang lebih kecil dari nilai SSE arus hasil model *all-or-nothing* (SSE=5.721.359).

Selain itu nilai R^2 kesesuaian antara arus prediksi dan ekspektasi hasil model keseimbangan ($R^2=0,615$) lebih bagus dari R^2 kesesuaian antara arus prediksi dan ekspektasi yang dihasilkan model *all-or-nothing* ($R^2=0,601$). Hal ini sesuai dengan teori pembebanan *equilibrium*, bahwa model *equilibrium* merupakan suatu pendekatan pemilihan rute pada kondisi dimana terjadi kemacetan atau kondisi dimana kemacetan akan mempengaruhi pergerakan.

Sementara itu pada beberapa ruas khususnya ruas jalan di pinggiran Kota Cimahi, seperti ruas jalan Ciwaruga-Cibabat, jalan Kolonel Masturi-Lembang, dan jalan Soreang-Nanjung menunjukkan tren yang berbeda. Pada ruas-ruas tersebut model *all-or-nothing* lebih sesuai dengan kondisi lapangan (ekspektasi). Hal ini sesuai dengan prinsip model *all-or-nothing* yang merupakan model pemilihan rute yang mengasumsikan bahwa semua pengendara berusaha meminimumkan biaya perjalanannya yang tergantung pada karakteristik jaringan jalan dan asumsi pengendara. Biaya ini dianggap tetap dan tidak dipengaruhi oleh efek kemacetan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Berdasarkan nilai parameter statistik (SSE dan R^2) dapat disimpulkan bahwa model

pembebanan keseimbangan (*equilibrium*) lebih sesuai untuk jaringan jalan dalam Kota Cimahi saat ini, yang kondisi transportasinya sudah mulai macet di beberapa titik.

- Untuk ruas jalan di pinggiran Kota Cimahi, seperti ruas jalan Ciwaruga-Cibabat, jalan Kolonel Masturi-Lembang, dan jalan Soreang-Nanjung model *all-or-nothing* lebih sesuai dengan kondisi lapangan (ekspektasi).

Saran

- Dalam pembebanan jaringan jalan di wilayah perkotaan disarankan untuk menggunakan model keseimbangan (*equilibrium*) sedangkan untuk daerah pinggiran kota ataupun antar kota sebaiknya menggunakan model pembebanan *all-or-nothing*.
- Untuk pengembangan studi ini, perlu dipertimbangkan persepsi pengendara dalam pembebanan jaringan jalan atau yang lebih dikenal dengan model stokastik baik untuk model keseimbangan maupun *all-or-nothing*.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Jakarta: Dep. PU.
- Dick Van Vliet. 1995. *SATURN 9.2 User Manual*, Leeds : The Institute for Transport Studies The University of Leeds.
- Ortuzar, JD and Willumsen. 1990. *Modelling Transport*, Chichester : John Wiley & Sons.
- Puslitbang Jalan dan Jembatan. 2006. *Pengembangan Perangkat Lunak Optimalisasi Kinerja Jaringan Jalan Untuk Mereduksi Dampak Kemacetan Lalu Lintas*, Bandung: Pusjatan.
- Tamin, Ofyar Z. 2002. *Perencanaan dan Permodelan Transportasi*, Bandung: ITB.