

PERMINTAAN PERJALANAN ANGKUTAN UMUM MASSAL KOTA SURABAYA

MASS TRANSPORTATION TRAVEL DEMAND OF SURABAYA CITY

Djoko Priyo Utomo

Pusat Teknologi Industri dan Sistem Transportasi
Deputi Teknologi Industri Rancang Bangun dan Rekayasa - BPPT
Gedung Teknologi 2 BPPT Lantai 3, Kawasan PUSPIPTEK, Tangerang Selatan
Telp: 021-75875938; Fax. 021-75875946
Email: djokopriyo@yahoo.com

Abstrak

Sebagaimana kota-kota metropolitan di dunia, kemacetan menjadi permasalahan utama dalam bidang transportasi perkotaan. Kemacetan terjadi pada umumnya karena ketidakseimbangan antara penyediaan (*supply*) dengan permintaan (*demand*). Usaha untuk menekan jumlah kendaraan di jalan, salah satunya, adalah dengan mempromosikan penggunaan angkutan umum kota. Oleh karena itu diperlukan sebuah perencanaan penyediaan fasilitas angkutan umum. Untuk memperkirakan permintaan angkutan umum dibangun model lalu lintas yang mereplikasikan bangkitan, pola dan pembebanan perjalanan. Hasil kalibrasi model distribusi perjalanan menggunakan gravity model diperoleh fungsi impedance yang terbentuk dari fungsi waktu perjalanan dengan faktor β sebesar 0.063. Perbedaan *mean trip length* model (dengan *observed* adalah -5,4%. *Mean trip length* (MTL) model dengan angkutan umum adalah 17,04 menit dan hasil survai 18,02 menit. Model yang terbangun validasinya cukup baik dengan indikator R^2 terhadap data *observed* sebesar 0,88. Hasil dari seluruh tahapan proses pemodelan diperoleh total permintaan perjalanan dengan angkutan umum tahun 2030 diperkirakan mencapai 67.800.434 penumpang/tahun.

Kata kunci: angkutan umum masal, distribusi perjalanan, *gravity model*.

Abstract

As metropolitan cities in the world, congestion becomes a major problem in the field of urban transport. Congestion occurs generally due to an imbalance between supply and demand. Attempts to reduce the number of vehicles on the road, one of which, is to promote the utilization of public transport. Therefore we need a plan for the provision of public transport facilities. To estimate the demand for public transport, it is built transport model which is replicating the trip generation, trip distribution and trip assignment. The results of the trip distribution model calibration using a gravity model obtained impedance function which is formed from travel time function by a β factor of 0.063. Mean trip length difference between model and observed is equal -5,4%. Mean trip length (MTL) model utilizing public transport is about 17.04 minutes whereas MTL resulted from traffic survey is about 18.02 minutes. The model validation is quite well with observed data by showing the R^2 indicator of about 0.88. The results from all stages modeling process obtained total travel demand by public transport in the year of 2030 is estimated at about 67,800,434 passengers/year.

Keywords: mass transit, trip distribution, gravity model.

Diterima (received) : 19 Juni 2013, Direvisi (reviewed) : 22 Juni 2013,
Disetujui (accepted) : 12 Juli 2013

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jumlah penduduk Kota Surabaya pada tahun 2011 mencapai angka 3.024.321 jiwa sehingga dikategorikan sebagai salah satu kota metropolitan di Indonesia. Sebagaimana kota-kota metropolitan di dunia maka kemacetan menjadi permasalahan utama dalam bidang transportasi perkotaan. Kemacetan terjadi pada umumnya karena ketidak seimbangan antara penyediaan (*supply*) dengan permintaan (*demand*). Keterbatasan penyediaan ini disebabkan berbagai faktor antara lain keterbatasan ruang dan keterbatasan kemampuan pemerintah dalam mendanai pembangunan infrastruktur (jaringan jalan) perkotaan. Pada sisi lain permintaan transportasi terus tumbuh sejalan dengan pertumbuhan perekonomian kota. Permintaan transportasi di Kota Surabaya tidak semata karena pertumbuhan Kota Surabaya melainkan juga karena adanya dan semakin berkembangnya kota-kota disekitarnya, seperti Kabupaten Gresik, Kabupaten Bangkalan, Kabupaten Mojokerto, Kota Mojokerto, Kabupaten Sidoarjo, dan Kabupaten Lamongan yang sering dikenal sebagai Kawasan Metropolitan Gerbangkertasusila.

Usaha menekan jumlah kendaraan di jalan, salah satunya, adalah dengan mengarahkan orang untuk mau beralih ke angkutan umum, dimana pada saat yang sama, sistem angkutan umum ditata sedemikian sehingga menjadi sangat menarik untuk digunakan. Ke depan, suka tidak suka, dengan keterbatasan ruang kota untuk pengembangan jaringan jalan, pemerintah harus menyediakan sistem angkutan umum massal cepat untuk mengakomodasi meningkatnya permintaan perjalanan di dalam kota dan daerah sekitar.

Untuk memprakirakan kebutuhan angkutan umum massal dan menentukan rute pelayanannya, salah satu tahapannya membutuhkan sebuah model distribusi perjalanan yang dapat mereplikasikan asal dan tujuan perjalanan penduduk kota yang akan digunakan untuk tahap pembebanan perjalanan (*traffic/transit assignment*).

Model distribusi perjalanan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model gravity dengan fungsi impedan menggunakan fungsi eksponensial¹⁾ dari parameter waktu perjalanan. Pemilihan waktu perjalanan sebagai fungsi impedan

karena umumnya di daerah kota besar pemilihan rute perjalanan sangat dipengaruhi oleh waktu perjalanan dibandingkan jarak perjalanan. Dalam memilih lintasan perjalanan, jarak yang lebih pendek belum tentu memberikan waktu perjalanan yang lebih singkat.

Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian adalah untuk mendapatkan model distribusi perjalanan yang dikelompokkan berdasarkan moda yang digunakan oleh penduduk di Kota Surabaya.

Tujuan penelitian adalah untuk mengkalibrasi data lapangan menjadi persamaan matematis model distribusi perjalanan yang dapat mereplikasikan kondisi lapangan sebagai salah satu tahap dalam analisa permintaan perjalanan untuk angkutan umum masal kota Surabaya.

BAHAN DAN METODE

Dalam melakukan analisis pemodelan maka hal utama yang perlu didefinisikan adalah menentukan daerah kajian studi yaitu suatu daerah geografis yang didalamnya terletak semua zona asal dan zona tujuan yang diperhitungkan dalam model kebutuhan akan transportasi. Sebuah zona mempunyai sebuah pusat zona (*centroid*). Pusat zona dianggap sebagai tempat atau lokasi awal pergerakan lalu lintas dari zona tersebut dan akhir pergerakan lalu lintas yang menuju ke zona tersebut.

Pada masing-masing zona diperlukan data yang mempunyai pengaruh terhadap pola perjalanan, antara lain seperti: letak geografis, tata guna lahan, jumlah penduduk, tingkat pendapatan masyarakat, kepemilikan kendaraan dan ketersediaan akses dari masing-masing zona.

Letak geografis zona akan menentukan asal dan tujuan perjalanan, tata guna lahan akan memberikan indikasi kepada jumlah tarikan perjalanan (*trip attraction*), jumlah penduduk akan memberikan pengaruh kepada jumlah pelaku perjalanan (*trip production*), tingkat pendapatan akan mempengaruhi tingkat kemampuan dalam melakukan perjalanan, kepemilikan kendaraan akan memberikan kemudahan dalam melakukan perjalanan, sedangkan ketersediaan akses akan menentukan rute yang akan dipilih.

Dalam membagi wilayah menjadi zona-zona yang lebih kecil perlu adanya dasar pembagian zona yang harus dipertimbangkan adalah sebagai berikut²⁾:

1. Keceragaman tata guna lahan

Keceragaman penggunaan lahan akan menjadi tolak ukur dalam usaha membagi wilayah menjadi beberapa zona. Hal ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik perjalanan tiap-tiap zona pada kondisi penggunaan lahan tertentu seperti zona dengan penggunaan lahan untuk industri, perumahan, pariwisata, jasa komersial, fasilitas umum, perkantoran, pertanian/perikanan, hutan lindung dan sebagainya. Seperti diketahui bahwa lahan untuk industri akan menghasilkan jumlah perjalanan yang berbeda dengan lahan yang digunakan untuk jasa komersial maka sebaiknya pembagian zona didasarkan pada keceragaman tata guna lahan sehingga memudahkan dalam proses perhitungan bangkitan perjalanan.

2. Ketersediaan akses

Ketersediaan akses merupakan faktor penting dalam pembagian zona karena dengan adanya akses dari dan ke zona lainnya akan memberikan pengaruh terhadap hubungan antar zona sehingga timbul bangkitan perjalanan antara zona satu dengan zona lainnya.

3. Ketersediaan data

Pada setiap zona perencanaan diperlukan beberapa data sebagai bahan analisis. Oleh sebab itu pembagian zona harus mempertimbangkan ketersediaan data yang telah dibuat oleh pihak atau instansi tertentu sebagai basis pengumpulan data. Sebagai contoh adalah data tentang kependudukan, tenaga kerja, kepemilikan kendaraan dan lain-lain yang tersedia pada tiap-tiap kecamatan dan kelurahan/desa sehingga perlu dipertimbangkan pembagian zona kecil atas dasar pembagian wilayah administrasi.

4. Keceragaman luas area

Luas antara satu zona dengan zona lainnya yang berada di dalam daerah kajian sedapat mungkin diupayakan tidak berbeda terlalu jauh. Hal tersebut agar bangkitan perjalanan yang dibangkitkan oleh tiap zona tersebut nilainya tidak berbeda jauh antara satu zona dengan zona lainnya.

Dengan dasar pertimbangan pembagian zona seperti diuraikan sebelumnya, maka untuk kegiatan penelitian ini Wilayah studi dipersiapkan untuk dibagi menjadi zona-zona kecil berbasis pada wilayah kelurahan. Hal ini dilakukan dengan maksud agar mudah mendapatkan data-data tentang kondisi setiap zona lalu lintas, antara lain tentang kependudukan.

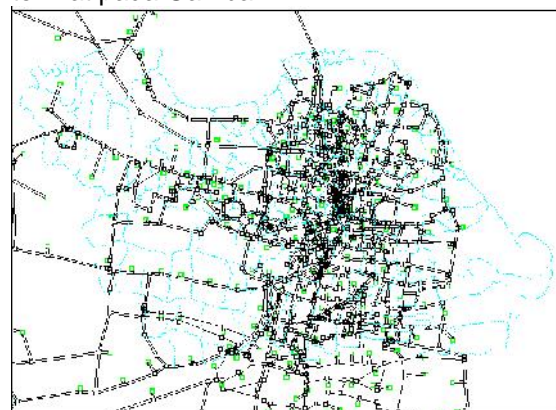
Pembagian zona tersebut disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 1.



Gambar 1.
Zona Lalu lintas di Kota Surabaya

Setiap zona membutuhkan data penduduk yang sangat penting dalam proses pengembangan model baik mulai dari pengembangan model bangkitan perjalanan sampai dengan model distribusi perjalanan.

Untuk keperluan model dari sisi penyediaan (*supply side*), disusun data-data tentang kondisi jalan⁵⁾ (*link*) dari sistem jaringan jalan di Kota Surabaya yang berisi informasi tentang panjang, jumlah lajur per jalur, arah arus, kapasitas jalur, fungsi volume dan kelambatan (*volume delay function*) serta moda yang dapat melalui jalan tersebut. Oleh karena itu data tentang kondisi jaringan jalan perlu diketahui. Jaringan jalan kota selanjutnya dibangun ke dalam alat bantu perangkat lunak seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2.
Komputerisasi Jaringan Jalan

Dari sisi permintaan (*demand side*), pola perjalanan penduduk kota Surabaya yang akan dimodelkan diperoleh dengan menggunakan teknik wawancara ke rumah tangga (*home interview survey*). Jumlah rumah tangga yang disurvei adalah sekitar 1% dari populasi jumlah rumah tangga kota Surabaya atau sekitar 7.631 rumah tangga.

Tabel 1.
Zona Lalu Lintas

Zona	Kelurahan	Zona	Kelurahan	Zona	Kelurahan	Zona	Kelurahan
1	Krembangan Selatan	43	Genteng	85	Sonokwijen	125	Margorejo
2	Kemayoran	44	Kapasari	86	Putat Gede	126	Jemur Wonosari
3	Perak Barat	45	Ketabang	87	Simomulya	127	Siwalankerto
4	Dupak	46	Peneleh	88	Petemon	128	Wonokromo
5	Morokrembangan	47	Alun-Alun Contong	89	Sawahan	129	Jagir
6	Bongkaran	48	Bubutan	90	Banyu Urip	130	Ngagel
7	Nyemplungan	49	Gundih	91	Putat Jaya	131	Ngagel Rejo
8	Krembangan Utara	50	Jepara	92	Kupang Krajan	132	Darmo
9	Perak Timur	51	Tembok Dukuh	93	Pakis	133	Sawung Galing
10	Perak Utara	52	Asemrowo	94	Tegalsari	134	Jambangan
11	Ampel	53	Genting	95	D.R. Sutomo	135	Karah
12	Pegirian	54	Kalianak	96	Kedungdoro	136	Kebonsari
13	Wonokusumo	55	Greges	97	Keputran	137	Pagesangan
14	Ujung	56	Tambak Langon	98	Wonorejo	138	Dukuh Pakis
15	Sidotopo	57	Gedangasin	99	Gubeng	139	Dukuh Kupang
16	Tanah Kali Kedinding	58	Tandes Lor	100	Mojo	140	Gunung Sari
17	Sidotopo Wetan	59	Gadel	101	Airlangga	141	Pradah Kalikendal
18	Bulak Banteng	60	Tandes Kidul	102	Kertajaya	142	Wiyung
19	Tambak Wedi	61	Tubanan	103	Baratajaya	143	Jajar Tunggal
20	Kedung Cowek	62	Karangpoh	104	Pucang Sewu	144	Babadan
21	Komplek Kenjeran	63	Balongsari	105	Keputih	145	Balas Krumprik
22	Kenjeran	64	Bibis	106	Gebang Putih	146	Bangkingan
23	Bulak	65	Manukan Kulon	107	Klampis Ngases	147	Jeruk
24	Sukoliilo	66	Buntaran	108	Menur Pumpungan Nginden	148	Lakarsantri
25	Mulyorejo	67	Manukan Wetan	109	Jangkungan	149	Lidah Kulon
26	Manyar Sabrangan	68	Banjar Sugihan	110	Semolowaru	150	Lidah Wetan
27	Kejawen Putih Tambak	69	Kandangan	111	Medokan Semampir	151	Sumur Welut
28	Kalisari	70	Klakah Rejo	112	Kali Rungkut	152	Karang Pilang
29	Dukuh Sutorejo	71	Sememi	113	Rungkut Kidul	153	Kebraon
30	Kalijudan	72	Tambakoso Wilangun	114	Kedung Baruk	154	Kedurus
31	Tambak Sari	73	Romo Kalisari	115	Panjaringan Sari	155	Warugunung
32	Ploso	74	Pakal	116	Wonorejo	156	Ketintang
33	Gading	75	Babat Jerawat	117	Medokan Ayu	157	Menanggal
34	Pacar Kembang	76	Tambak Dono	118	Kutisari	158	Dukuh Menanggal
35	Rangkah	77	Sumber Rejo	119	Kendangsari	159	Gayungan
36	Pacar Keling	78	Benowo	120	Tanggilis Mejoyo	160	Gunung Anyar
37	Simokerto	79	Sambi Kerep	121	Panjang Jiwo	161	Rungkut Tengah
38	Kapasan	80	Made	122	Prapen	162	Rungkut Menanggal
39	Sidodadi	81	Beringin	123	Sidoresmi	163	Gunung Anyar Tambak
40	Simolawang	82	Lontar	124	Bendulmerisi		
41	Tambak Rejo	83	Sukomanunggal				
42	Embong Kaliasin	84	Tanjungsari				

Informasi hasil survei wawancara rumah tangga terdiri **pertama**, informasi umum rumah tangga (pendapatan, jumlah anggota keluarga, pekerjaan, kepemilikan kendaraan dan lain-lain), **kedua**, informasi perjalanan setiap anggota keluarga berupa semua aktivitas perjalanan responden yang dilakukan sepanjang hari pada hari sebelumnya (satu hari sebelum wawancara) berupa waktu perjalanan, asal, tujuan dan maksud perjalanan serta moda transportasi yang digunakan.

Hasil dari survei wawancara rumah tangga diperoleh data asal – tujuan perjalanan penduduk kota Surabaya. Dengan data tersebut dapat diketahui jumlah produksi perjalanan (*trip production*) dan tarikan perjalanan (*trip attraction*) tiap zona lalu lintas.

Informasi asal tujuan perjalanan disusun sedemikian membentuk matrik asal tujuan perjalanan dengan ordo 163 x 163 dan secara bersama-sama dengan matrik waktu perjalanan, sebagai variabel fungsi impedance, antar zona digunakan untuk proses kalibrasi model untuk mendapatkan model distribusi perjalanan (*trip distribution model*).

Proses kalibrasi meliputi¹⁾: (a) spesifikasi fungsi matematis untuk membentuk fungsi impedance $f(T_{ij})$ yang mereplikasikan bentuk dari *trip-length frequency distribution* hasil survei dan (b) menentukan parameter-parameter dari fungsi ini sehingga *mean trip length* model lalu lintas sama dengan hasil survei lalu lintas.

Alur pikir²⁾ yang digunakan dalam pembuatan model dapat dilihat pada Gambar 3. Data survei *Origin-Destination* (O-D) dipakai untuk mengkalibrasi model sesuai dengan metode yang dipakai di mana dalam penelitian ini digunakan *Fully Constraint/Doubly Constraint Gravity Model*. Model gravity dalam penelitian ini dilakukan dengan fully/doubly constraint karena persamaan model dikekang oleh jumlah perjalanan baik pada sisi asal maupun tujuan perjalanan. Penjumlahan produksi perjalanan dari tiap-tiap zona asal harus sama dengan jumlah total *trip production*, dilain sisi, penjumlahan tarikan perjalanan dari tiap-tiap zona tujuan harus sama

dengan jumlah total *trip attraction*⁶⁾. Selanjutnya dari proses kalibrasi tersebut akan menghasilkan model distribusi perjalanan yang berisi pola asal tujuan perjalanan (*O-D model*).

Apakah model distribusi perjalanan terkalibrasi dapat digunakan sebagai alat bantu dalam memprediksi perjalanan di masa mendatang atau tidak diperlukan uji validasi model yang dapat memberikan gambaran tentang keakuratan model yang sudah terkalibrasi tersebut terhadap kondisi sebenarnya di lapangan. Proses validasi dapat dilakukan dengan metode analisa regresi untuk melihat seberapa jauh kemiripan hasil model dengan hasil survei. Apabila terbukti model yang terbentuk valid maka model itu dapat dipakai untuk memprakirakan pola perjalanan (O-D matrik) pada tahun-tahun yang akan datang. Apabila belum valid, maka proses harus diulang dari awal.

Persamaan *Fully Constrained Gravity Model* adalah sebagai berikut¹⁾:

$$Q_{ij} = \frac{k_i k_j P_i A_j}{f(T_{ij})} \quad (1)$$

dimana

$$k_i = \left\{ \frac{\sum k_j A_j}{f(T_{ij})} \right\}^{-1} \quad (2)$$

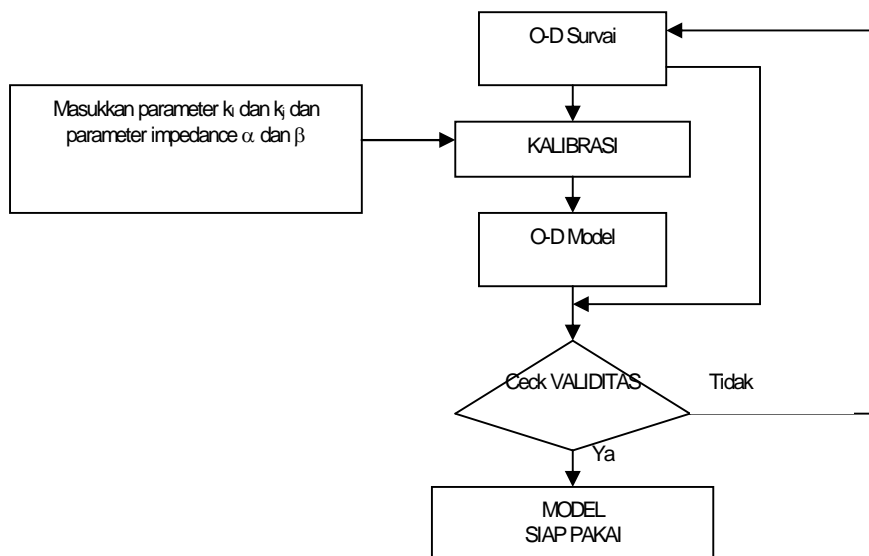
$$k_j = \left\{ \frac{\sum k_i P_i}{f(T_{ij})} \right\}^{-1} \quad (3)$$

Keterangan:

- Q_{ij} = Perjalanan dari zona i ke j
- k_i = konstanta produksi zona i
- k_j = konstanta tarikan zona j
- P_i = produksi perjalanan dari zona i
- A_j = tarikan perjalanan ke zona j
- $f(T_{ij})$ = fungsi impedance

Fungsi impedansi yang digunakan dalam pemodelan ini adalah '*exponential function*' dengan persamaan sebagai berikut:

$$f(T_{ij}) = \exp(\beta T_{ij}) \quad (4)$$



Gambar 3. Alur Pemodelan

Fungsi impedance yang digunakan di dalam model gravity ini merupakan fungsi dari waktu perjalanan antar zona (*travel time*). Dalam menentukan parameter-parameter kalibrasi, proses dilakukan dengan cara iteratif sedemikian hingga diperoleh perbedaan antara *mean trip length* model dan survei sekitar 3%¹⁾.

Kalibrasi model

Prosedur paling sederhana dalam proses kalibrasi adalah menghitung demand model menggunakan nilai parameter β pada suatu range tertentu dengan cara 'trial and error' sedemikian sehingga diperoleh nilai β yang memenuhi¹⁾:

$$\frac{(\sum \sum Q'_{ij} f(T_{ij}))}{\sum \sum Q'_{ij}} = \frac{(\sum \sum Q_{ij} f(T_{ij}))}{\sum \sum Q_{ij}} \dots (5)$$

Nilai parameter yang rendah menunjukkan *mean trip length* model relatif panjang dan nilai parameter yang tinggi menunjukkan *mean trip length* model relatif pendek.

Algoritma untuk memperkirakan nilai parameter model dan *balancing factors* (konstanta produksi dan tarikan) adalah sebagai berikut¹⁾:

Step 1: Pilih nilai awal parameter kalibrasi dan hitung *balancing factors*. Sebagai contoh, ambil $\beta = 1$, dan gunakan semua k'_j dengan 1. *Balancing factors* diselesaikan dengan prosedur iterasi, dengan mengasumsikan nilai baik k_i maupun k'_j . Nilai awal yang dipilih tidak

penting karena *balancing factors* akan ditemukan. Untuk memulai proses iterasi, asumsikan $k'_j = 1.0$ dan hitung k_i dan selanjutnya k_j dari iterasi ini digunakan sebagai input dalam menghitung k'_j pada iterasi berikutnya. Konvergensi dicapai jika nilai k_i dalam iterasi ke-n sama dengan nilai k_i dalam iterasi ke-(n-1).

Step 2: Masukkan *balancing factors* ke dalam persamaan model distribusi perjalanan (persamaan 1) dan hitung matrix model O-D.

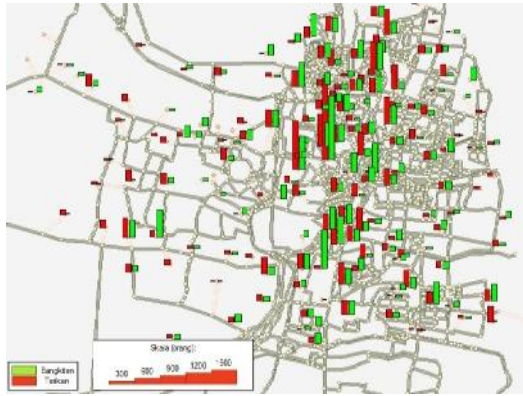
Step 3: Hitung *mean trip length* dari semua perjalanan dalam matrix model O-D.

Step 4: Bandingkan *mean trip length* model dan survei dan sesuaikan parameter kalibrasi dengan menaikkan nilai parameternya jika *mean trip length* model terlalu besar, dan menurunkannya jika *mean trip length* model terlalu kecil.

Step 5: Pilih parameter kalibrasi lain dan ulangi step 1 sampai 4 sampai diperoleh kriteria kalibrasi yang memuaskan.

Model trip distribusi terkalibrasi diperoleh dengan melakukan iterasi sampai sepuluh kali untuk mencapai hasil yang konvergen. Data bangkitan perjalanan (*trip generation*) yang terdiri dari produksi perjalanan (*trip production*) dan tarikan perjalanan (*trip attraction*) masing-masing zona serta data besarnya jumlah perjalanan antar pasangan zona pada tahun dasar di daerah studi merupakan masukan utama disamping matrik waktu perjalanan antar zona yang digunakan sebagai impedance model.

Produksi dan tarikan perjalanan tiap-tiap zona perencanaan dengan menggunakan moda angkutan umum yang digunakan pada tahun 2011 berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4.
Bangkitan Perjalanan Moda Angkutan Umum Tahun 2011

Fungsi impedansi yang terbentuk dari fungsi waktu perjalanan mempunyai faktor β sebesar 0,063. Persamaan terkalibrasi tersebut adalah sebagai berikut:

$$Q_{ij} = k_i k_j P_i A_j/d^{0,063} \quad (6)$$

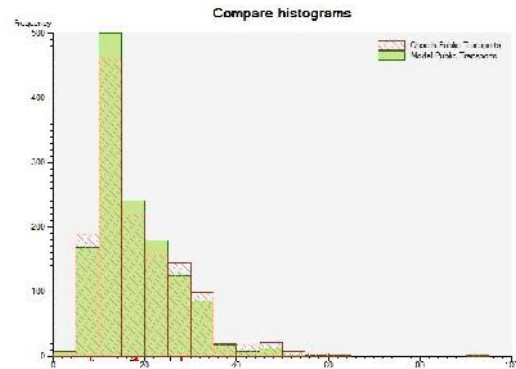
Di mana d adalah waktu perjalanan antar zona lalu lintas. Fungsi impedansi pada kondisi konvergen terjadi dengan perbedaan *mean trip length* antara model dan hasil survei dengan moda angkutan umum adalah sebesar -5,4%. *Mean trip length (MTL)* model distribusi perjalanan dengan angkutan umum adalah 17,04 menit dan hasil survei 18,02 menit.

Diagram histogram yang memberikan gambaran antara bentuk distribusi frekuensi *mean trip length* model dan hasil survei pada penggunaan moda angkutan umum berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melihat validitas model, digunakan metode sederhana dengan analisa regresi untuk melihat seberapa besar hubungan antara pola perjalanan model dengan kondisi lapangan (hasil survei). Asal tujuan perjalanan hasil survei (Q_{ij}) sebagai *dependent variable* (Y) dan hasil pemodelan (Q_{ij}^{\wedge}) sebagai *independent variable* (X), dan b adalah koefisien regresi, secara umum persamaan regresi adalah sebagai berikut⁴⁾:

$$Y = a + bX \quad (7)$$



Gambar 5.
Perbandingan MTL model dan observasi (HBPT)
(HBPT: Home Base by Public Transport)

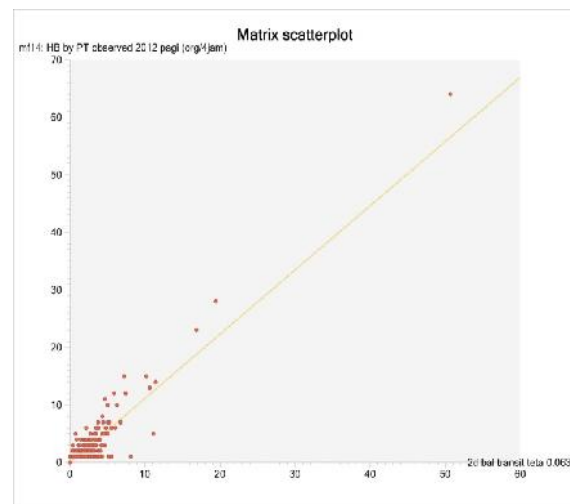
Dari analisa regresi dengan *confidence level* 95% diperoleh bahwa R^2 adalah sebesar 0.88 Yang berarti kedekatan antara model dengan keadaan lapangan relatif bagus. Adapun hasil persamaan regresi tersebut adalah sebagai berikut:

$$y = -0,00588x + 1,1158$$

dimana :

- y : asal-tujuan perjalanan hasil survei
- x : asal-tujuan perjalanan hasil model

Untuk mempermudah secara visual perbedaan hasil model dengan data observasi dengan analisa regresi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6.
Hubungan model dan survei

Hasil pemodelan

Hasil pengembangan model distribusi perjalanan di kota Surabaya dapat ditampilkan dalam gambar garis keinginan (*desired lines*) yang dapat memberikan informasi tentang besar kecilnya interaksi antar zona secara grafis. Garis keinginan untuk moda angkutan umum dapat dilihat pada Gambar 7.

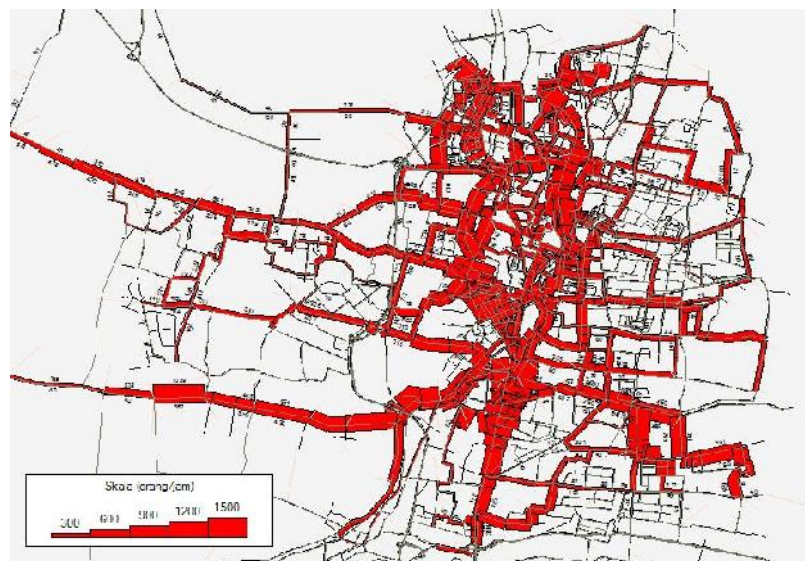
Selanjutnya dengan memasukkan O-D matrix ke dalam sistem jaringan (proses pembebanan perjalanan) diperoleh data jumlah perjalanan pada setiap segmen jaringan. Informasi ini membantu dalam

mengidentifikasi pada jaringan mana jumlah perjalanan yang diperkirakan naik angkutan umum masal cukup potensial. Hasil pembebanan perjalanan pada tahun dasar (2011) disajikan pada Gambar 8.



Gambar 7.

Desired Lines Moda Angkutan Umum Tahun Dasar 2011 (perjalanan orang/jam)

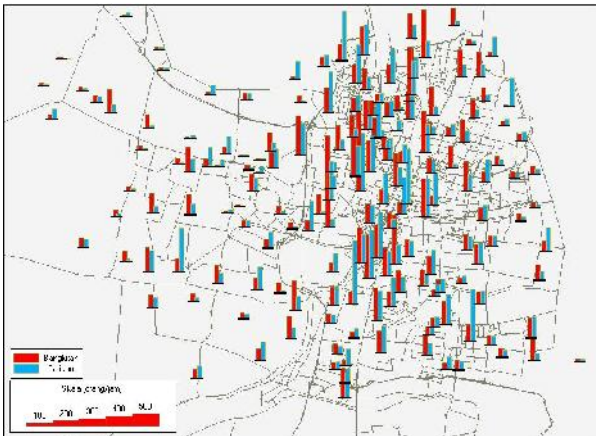


Gambar 8.

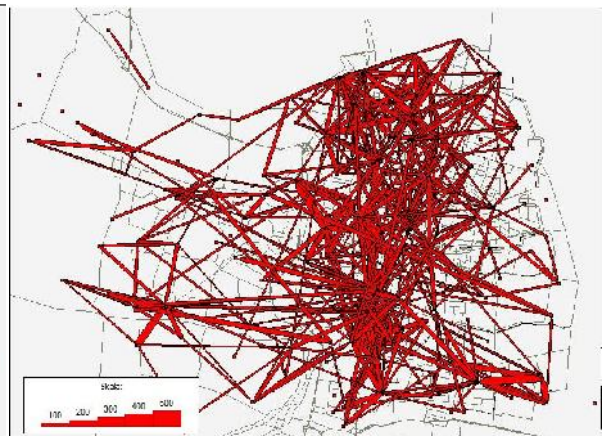
Pembebanan Perjalanan Dengan Angkutan Umum Tahun Dasar (Tahun 2011)

Selanjutnya untuk memperkirakan besarnya perjalanan pada tahun 2030 digunakan data perkiraan produksi dan tarikan perjalanan pada tahun yang sama (tahun 2030). Besarnya produksi dan tarikan perjalanan di daerah studi pada tahun 2030 dapat dilihat pada Gambar 9. Dengan memasukkan bangkitan perjalanan tahun 2030 tersebut ke dalam model distribusi perjalanan tahun dasar yang telah divalidasi, dapat diperoleh prakiraan distribusi perjalanan tahun 2030. Pola perjalanan berupa garis keinginan di daerah studi tahun 2030 disajikan pada Gambar 10.

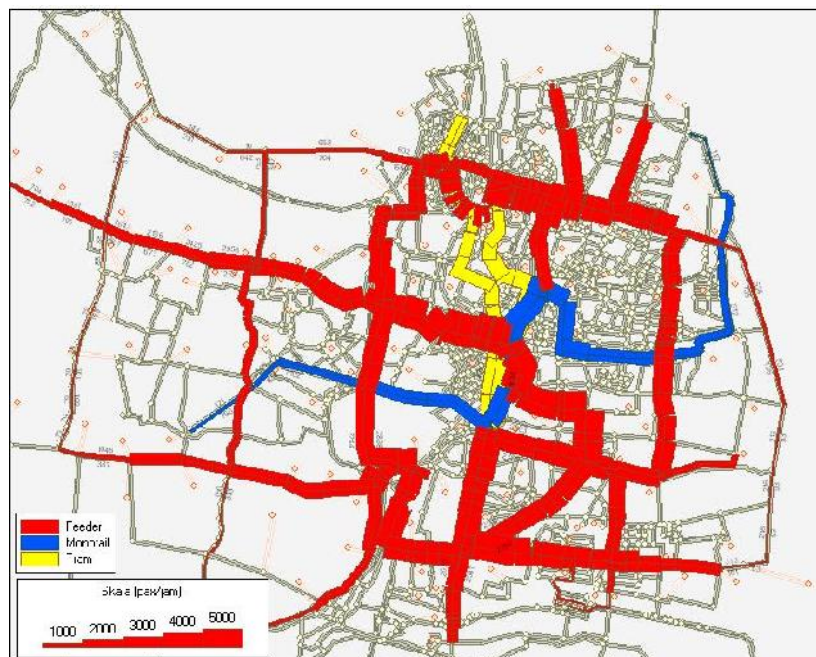
Dengan melakukan proses pembebanan (*traffic assignment*) terhadap distribusi perjalanan ke dalam sistem jaringan akan diperoleh jumlah perjalanan pada jaringan di tahun 2030. Pada proses pembebanan, dilakukan pada kondisi tarif jaringan feeder Rp. 4.000,- dan jaringan angkutan umum masal (monorel dan trem Rp. 10.000,-). Permintaan monorel diberi warna biru (Timur – Barat) dan trem warna kuning (Utara – Selatan). Perkiraan jumlah total perjalanan pada jaringan pada tahun 2030 dapat dilihat pada Gambar 11. dan Tabel 2.



Gambar 9.
Bangkitan Perjalanan Tahun 2030



Gambar 10.
Desired Lines di atas 50 trip Tahun Dasar 2030
(perjalan orang/jam)



Gambar 11.
Pembebanan Perjalanan Tahun 2030

Tabel 2.
Perkiraan Jumlah Penumpang Monorel
dan Trem Tahun 2030 (pax/thn)

Tahun	Bentuk Jaringan Grid
2014	50.012.877
2015	50.973.124
2016	51.951.808
2017	52.949.283
2018	53.965.909
2019	55.002.054
2020	56.058.094
2021	57.134.409
2022	58.231.390
2023	59.349.433
2024	60.488.942
2025	61.650.329
2026	62.834.016
2027	64.040.429
2028	65.270.005
2029	66.523.189
2030	67.800.434

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa hasil kalibrasi model distribusi perjalanan menggunakan fungsi eksponensial pada faktor impedansi dengan waktu perjalanan diperoleh parameter β sebesar 0.063 memberikan perbedaan mean trip length antara model dan survai sebesar -5,4%.

Berdasarkan validasi model dengan menggunakan metode regresi memberikan gambaran bahwa model yang dikembangkan cukup baik dalam mereplikasi kondisi lapangan ditunjukkan oleh besarnya R^2 sebesar 0,88 sehingga model ini dapat dipakai dalam proses peramalan perjalanan penduduk Kota Surabaya di masa mendatang.

Koridor yang cukup potensial untuk diterapkan monorel dan trem sebagai angkutan umum massal di Kota Surabaya adalah koridor Waru – Jembatan merah (tanjung Perak), melalui ITS – Darmo Satelit, Rungkut – Tunjungan, Tandes – Tunjungan dengan perkiraan jumlah penumpang total pada tahun 2030 sebesar 67.800.434 penumpang/tahun untuk dua arah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada Dinas Perhubungan Surabaya dan pihak-pihak lain yang telah membantu data dan informasi sehingga tulisan ini dapat disusun.

DAFTAR PUSTAKA

1. Black, J.A., *Urban Transport Planning: "The Analysis of Travel Demand"*, Cromm Helm, London, 1981, hal. 61-104.
2. Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, *Surabaya Dalam Angka*, 2011
3. Dajan, Anto, *Pengantar Metode Statistik Jilid I*, LP3ES, 1993, hal 367 – 369
4. Dinas PU Bina Marga dan Pematuan Kota Surabaya, 2011
5. <http://www.icpsr.umich.edu/CrimeStat/files/CrimeStatChapter.14.pdf>