

ANALISA BANGKITAN PERJALANAN DAN *TRIP DISTRIBUTION* DI SURABAYA UTARA

Ibnu Sholichin

Program Studi Teknik Sipil

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

e-mail: ibnu_sholichin@yahoo.com

ABSTRAK

Dengan semakin berkembangnya Surabaya sebagai ibu kota Propinsi Jawa Timur dan kota terbesar kedua di Indonesia dibutuhkan suatu perencanaan transportasi yang baik. Wilayah Surabaya Utara pada saat ini sangat berkembang pesat, terlebih dengan selesainya Jembatan Suramadu. Hal ini menyebabkan bangkitan perjalanan dan *trip distribution* di wilayah ini berkembang semakin pesat. Dari hasil penelitian didapatkan jumlah bangkitan perjalanan di wilayah Surabaya Utara untuk mobil 180.497 kendaraan, sepeda motor 195.568 kendaraan dan angkutan umum 265.276 kendaraan. Besarnya *trip distribution* matrik asal tujuan tahun 2015 di wilayah Surabaya Utara adalah untuk moda mobil pribadi 246.334 kendaraan, moda sepeda motor 267.511 kendaraan, dan moda angkutan umum 364.646 kendaraan.

Kata kunci: bangkitan perjalanan, *trip distribution*, transportasi umum.

PENDAHULUAN

Di Indonesia, permasalahan transportasi sudah sedemikian parahnya, khususnya di beberapa kota besar seperti DKI Jakarta, Surabaya, Medan dan Bandung. Penyebabnya adalah meningkatnya jumlah perjalanan yang dilakukan penduduk tiap harinya. Untuk mengatasi permasalahan transportasi ini perlu peningkatan dan implementasi perencanaan dan pemodelan transportasi, terutama untuk transportasi perkotaan. Terbukti pada akhir-akhir ini perencanaan dan pemodelan transportasi sangat berperan dalam memecahkan berbagai permasalahan transportasi.

Kota Surabaya secara administratif terbagi menjadi 5 (lima) wilayah pembantu yang terdiri dari 31 kecamatan dan 163 kelurahan. Luas Kota Surabaya sekitar 326,36 km². Salah satu wilayah pembantu yang ada di Kota Surabaya adalah Surabaya Utara. Wilayah Surabaya Utara terdiri dari 5 (lima) kecamatan dengan total jumlah penduduk 530.540 jiwa.

Sebagai salah satu bagian dari Kota Surabaya, wilayah Surabaya Utara disibukkan oleh aktivitas kegiatan sehari-hari penduduk Surabaya Utara. Beberapa aktivitas tersebut adalah pergi ke sekolah,

kantor, belanja dan lain sebagainya. Dalam melaksanakan aktivitas kegiatan sehari-hari tersebut, tiap penduduk selalu melakukan perjalanan dari rumah/pemukiman ke lokasi dimana mereka akan melakukan aktivitas sehari-hari. Kawasan-kawasan yang diidentifikasi sebagai pusat bangkitan perjalanan antara lain pemukiman-pemukiman yang berada di Kecamatan Bulak, Semampir dan Kenjeran. Sedangkan kawasan-kawasan yang diidentifikasi menarik perjalanan antara lain di Kecamatan Krembangan berupa kawasan pangkalan Angkatan Laut dan Pabean Cantikan berupa kawasan pelabuhan, perusahaan pelayaran dan ekspedisi (muatan kapal laut) serta Jembatan Suramadu sebagai penghubung Kota Surabaya dengan kota di Pulau Madura.

Dari uraian di atas dapat ditarik permasalahan, yakni:

- Berapakah jumlah bangkitan di wilayah Surabaya Utara?
- Berapa besarnya *trip distribution* di wilayah Surabaya Utara tahun 2010?
- Berapa besarnya *trip distribution* matrik asal tujuan tahun 2015 di wilayah Surabaya Utara?

TINJAUAN PUSTAKA

Model dan Perannya

Model dapat didefinisikan sebagai bentuk penyederhanaan suatu realita, termasuk diantaranya:

- Model fisik (model arsitek, model teknik sipil, wayang golek dan lain-lain).
- Peta dan diagram (grafis).
- Model statistika dan matematika (persamaan) yang menerangkan beberapa aspek fisik, sosial-ekonomi dan model transportasi.

Model merupakan cerminan dan penyederhanaan realita untuk tujuan tertentu, seperti memberikan penjelasan, pengertian serta peramalan. Beberapa model dapat mencerminkan realita secara tepat. Secara umum dapat dikatakan bahwa semakin mirip suatu model dengan realitanya, semakin sulit model tersebut dibuat.

Model grafis adalah model yang menggunakan gambar, warna dan bentuk sebagai media penyampaian informasi mengenai realita. Model grafis sangat diperlukan, khususnya untuk transportasi, karena diperlukan untuk mengilustrasikan terjadinya pergerakan (arah dan besarnya) yang terjadi dan beroperasi secara spasial (ruang).

Model matematis menggunakan persamaan atau fungsi matematika sebagai media dalam usaha mencerminkan realita. Walaupun merupakan penyederhanaan, model matematis bisa sangat kompleks dan membutuhkan data yang sangat banyak dan waktu penyelesaian yang sangat lama. Beberapa keuntungan dalam pemakaian model matematis dalam perencanaan transportasi adalah bahwa sewaktu pembuatan formulasi, kalibrasi serta penggunaannya, para perencana dapat belajar banyak melalui eksperimen tentang kelakuan dan mekanisme internal dari sistem yang sedang dianalisis.

Pemilihan Pendekatan Model

Kebijakan transportasi yang akan diambil atau diputuskan oleh para pengambil keputusan biasanya menggunakan hasil perencanaan dan pemodelan transportasi sebagai alat bantu dalam mengambil keputusan. Oleh sebab itu, para

pengambil keputusan lebih mempunyai wewenang dalam menentukan kebijakan yang akan ditentukan dibandingkan dengan para perencana transportasi. Hal ini karena para pengambil keputusan memperhitungkan faktor yang lain, seperti lingkungan, keamanan, pertahanan, ekonomi dan sosial budaya yang mungkin tidak terpikirkan oleh para perencana transportasi.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan pendekatan analitis yang akan dipakai, antara lain sebagai berikut:

- Pengambilan keputusan
- Persyaratan ketepatan
- Tersedianya data yang dibutuhkan
- Kemutakhiran pemodelan
- Sumber daya yang tersedia
- Persyaratan proses data
- Tingkat kemampuan perencana dan penelitian

Model Perencanaan Empat Tahap

Jenis pemodelan ini sangat kompleks, membutuhkan banyak data dan waktu yang lama dalam proses pengembangan dan pengkalibrasiannya. Akan tetapi, model ini dapat disederhanakan agar dapat memenuhi kebutuhan perencanaan transportasi di daerah yang mempunyai keterbatasan waktu dan biaya.

Model perencanaan empat tahap terdiri dari:

1. Model Bangkitan Perjalanan
2. Model Sebaran Perjalanan
3. Model Pemilihan Moda
4. Model Pemilihan Rute

Model perencanaan transportasi empat tahap ini, semenjak diperkenalkan pemakaiannya disebut dengan pendekatan konvensional dalam menaksir jumlah kebutuhan perjalanan dalam wilayah perkotaan.

Model Bangkitan Perjalanan/Pergerakan (*Trip Generation*)

Bangkitan perjalanan dapat diartikan sebagai banyaknya jumlah perjalanan yang dibangkitkan oleh suatu zona (kawasan) per satuan waktu. Dari pengertian tersebut, maka bangkitan perjalanan merupakan tahap pemodelan transportasi yang bertugas untuk memperkirakan dan meramalkan jumlah (banyaknya) perjalanan yang berasal

(meninggalkan) dari suatu zona/kawasan/petak lahan dan jumlah (banyaknya) perjalanan yang datang/tertarik (menuju) ke suatu zona/kawasan/petak lahan pada masa yang akan datang (tahun rencana) per satuan waktu.

Secara sederhana dapat diartikan bahwa jumlah perjalanan adalah fungsi dari tata guna lahan/kawasan/zona yang menghasilkan perjalanan tersebut dan dapat pula berbentuk model sederhana seperti persamaan fungsional berikut:

$$\text{Jumlah Trip } (Q_{\text{trip}}) = f(\text{TGL}) \dots \dots \dots (1)$$

dengan:

Q_{Trip} = Jumlah perjalanan yang timbul dari suatu tata guna lahan (zona) per satuan waktu

f = Fungsi matematik

TGL = Karakteristik-karakteristik dan sosio-ekonomi tata guna lahan (zona) dalam lingkup wilayah kajian

Dalam prosesnya, bangkitan perjalanan ini dianalisis secara terpisah menjadi dua bagian yaitu:

1. Produksi Perjalanan/Perjalanan yang dihasilkan (*Trip Production*)
Merupakan banyaknya (jumlah) perjalanan/pergerakan yang dihasilkan oleh zona asal (perjalanan yang berasal). Dengan lain pengertian merupakan perjalanan/pergerakan/arus lalu lintas yang meninggalkan suatu lokasi tata guna lahan/zona/kawasan.
2. Penarik Perjalanan/Perjalanan yang Tertarik (*Trip Attraction*)
Merupakan banyaknya (jumlah) perjalanan/pergerakan yang tertarik ke zona tujuan (perjalanan yang menuju). Dengan lain pengertian merupakan perjalanan/pergerakan/arus lalu lintas yang menuju atau datang ke suatu lokasi tata guna lahan/zona/kawasan.

Basis Perjalanan

Basis perjalanan merupakan tempat di mana lokasi perjalanan diawali/dimulai dan di mana lokasi perjalanan diakhiri/selesai. Terdapat pengertian dasar yang perlu dipahami, yaitu:

- Perjalanan (*Trip*)
Merupakan pergerakan/perjalanan satu arah dari zona asal ke zona tujuan dengan maksud tertentu.
- Perjalanan Berbasis Rumah (*Home Based Trip/Resident*)
Merupakan perjalanan yang salah satu atau kedua zonanya (asal dan tujuan) adalah rumah dan diakhiri di rumah atau salah satunya diawali dari rumah dan diakhiri di zona yang tidak ada sangkut pautnya dengan rumah serta sebaliknya diawali dari zona yang tidak ada sangkut pautnya dengan rumah dan diakhiri di rumah.
- Perjalanan Berbasis bukan Rumah (*Non Home Based Trip*)
Merupakan perjalanan yang baik asal dan tujuannya, tidak berhubungan sama sekali dengan rumah, biasanya juga disebut dengan perjalanan berbasis zona (*Zone Based Trip*) karena tempat asal dan tujuannya adalah zona yang tidak ada sangkut pautnya dengan rumah.

Pendekatan Analisis

Terdapat dua pendekatan analisis yang dipakai dalam mengestimasi kebutuhan perjalanan pada tahap bangkitan perjalanan ini. Pendekatan yang dimaksud adalah:

1. Pendekatan Agregat
Pendekatan yang dilakukan secara menyeluruh (total) dengan memahami atribut-atribut zona, baik zona asal atau tujuan seperti sosial ekonomi suatu zona, penduduk zona, perkembangan wilayah dan pola tata guna lahan sebuah zona.
2. Pendekatan Disagregat
Pendekatan yang dilakukan per individu dengan memahami langsung atribut-atribut elemen yang lebih kecil.

Metode Analisis

1. Metode Analisis Regresi Linear:
 - Regresi Linear Sederhana (*Simple Linear Regression*)
 - Regresi Linear Berganda (*Multiple Linear Regression*)
2. Metode Analisis Kategori/Klasifikasi Silang

Model Sebaran Perjalanan (*Trip Distribution*)

Sebaran perjalanan merupakan jumlah (banyaknya) perjalanan yang bermula dari suatu zona asal yang menyebar ke banyak zona tujuan atau sebaliknya jumlah (banyaknya) perjalanan/yang datang mengumpul ke suatu zona tujuan yang tadinya berasal dari sejumlah zona asal.

Distribusi perjalanan ini sangat membantu untuk melihat dengan mudah apa yang disebut dengan pola perjalanan antar zona. Dan untuk melihat pola perjalanan antar zona berupa arus pergerakan (kendaraan, penumpang dan barang) dalam area studi selama periode waktu tertentu digunakan sebuah alat yang berupa matrik berdimensi dua (baris x kolom) yang disebut dengan Matrik Pergerakan atau Matrik Asal Tujuan yang diringkaskan dengan MAT dalam istilah asingnya adalah *Origin-Destination Matrix* atau *O-D matrix*.

Terdapat beberapa metode (model matematis-statistik) untuk memperkirakan jumlah perjalanan antar zona pada periode tahun rencana jika faktor pertumbuhan telah diketahui. Yang sering dipergunakan adalah sebagai berikut:

- Metode Faktor Pertumbuhan (*Growth Factor Model*)

Model berasumsi bahwa pola pergerakan pada saat sekarang dapat diproyeksikan ke masa mendatang dengan menggunakan tingkat pertumbuhan zona yang berbeda-beda. Terdapat lima model dalam metode Faktor Pertumbuhan ini, yaitu:

1. Model Seragam (*Uniform*)
2. Model Rata-rata (*Average*)
3. Model Fratar
4. Model Detroit
5. Model Furness

- Metode Sintetis

Terdapat tiga model dalam metode sintetis ini, yaitu:

1. Model Gravity (*Gravity Model*)

Model ini berasumsi bahwa ciri bangkitan dan tarikan pergerakan berkaitan dengan beberapa parameter zona asal, seperti populasi, aksesibilitas sebagai fungsi dari jarak, waktu, biaya.

2. Model *Opportunity* (O)

- *Intervening Opportunity*
- *Competing Opportunity*

3. Model *Gravity-Opportunity* (GO)

- Metode Analisa Regresi Linear
- Program Linear

Model Pemilihan Moda (*Moda Split*)

Pemilihan moda merupakan model terpenting dalam perencanaan transportasi. Tidak seorang pun yang dapat menyangkal bahwa moda angkutan umum jauh lebih efisien daripada moda angkutan pribadi. Selanjutnya jika ada pengendara yang berganti ke moda transportasi angkutan umum, maka angkutan pribadi mendapatkan keuntungan dari perbaikan tingkat pelayanan akibat pergantian moda tersebut. Oleh karena itu masalah pemilihan moda merupakan tahap terpenting dalam perencanaan dan kebijakan transportasi. Hal ini menyangkut efisiensi pergerakan di daerah perkotaan, ruang yang harus disediakan kota untuk dijadikan prasarana transportasi dan banyaknya pilihan moda transportasi yang dapat dipilih penduduk.

Faktor Yang Mempengaruhi Pemilihan Moda (*Moda Split*)

Faktor yang mempengaruhi pemilihan moda ini dapat dikelompokkan menjadi empat, sebagaimana berikut:

1. Ciri Pengguna Jalan
2. Ciri Pergerakan
3. Ciri Fasilitas Moda Transportasi
4. Ciri Kota atau Zona

Model pemilihan moda yang baik harus mempertimbangkan semua faktor tersebut. Mudah dilihat bagaimana konsep biaya gabungan (*Generalize Cost*) dapat digunakan untuk menyatakan beberapa faktor kuantitatif. Dari semua model pemilihan moda, pemilihan peubah yang digunakan sangat tergantung pada:

- a. Orang yang memilih model tersebut.
- b. Tujuan pergerakan.
- c. Jenis model yang digunakan.

Analisis Model Pemilihan Moda (*Moda Split*)

Analisis model yang digunakan dalam pemilihan moda antara lain:

1. Model Analisis Regresi atau Kategori Zona.
2. Model Sintetis
 - Model Kombinasi Sebaran Pergerakan-Pemilihan Moda
 - Model Pemilihan Multimoda
 - Kalibrasi Model Logit-Biner
 - Kalibrasi Model Pemilihan Moda Berhierarchy
3. Model Kebutuhan Langsung
4. Model Pemilihan Diskrit
5. Model Logit-Multinomial (LM)

Model Pemilihan Rute (*Trip Assignment*)

Tahapan pemodelan transportasi *Trip Assignment* ini adalah mengalokasikan setiap pergerakan antar zona kepada berbagai rute yang paling sering digunakan oleh seseorang yang bergerak dari zona asal ke tujuan.

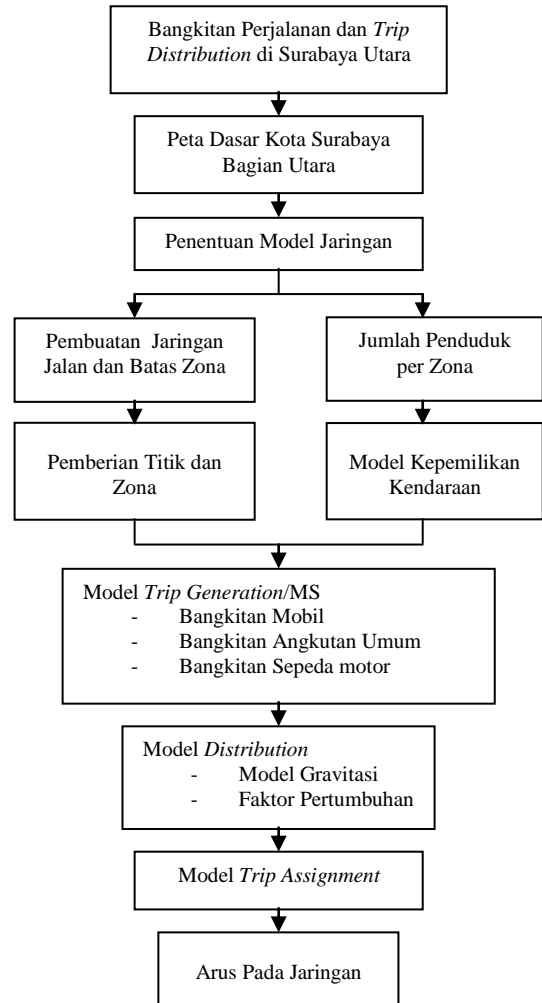
Dasar dari pemilihan rute ini adalah:

- a. Rute terpendek dengan memperhitungkan jarak terpendek, waktu tempuh terpendek, biaya termurah.
- b. Rute nyaman
- c. Rute teraman
- d. Kebiasaan

Trip Assignment ini terdiri dari:

- a. Pembebanan ruas, digunakan untuk alternatif ruas pembebanan yang sangat terbatas, dengan model yang digunakan adalah:
 - Model *All or Nothing* murni
 - Model kurva diversi
 - Model JICA
- b. Pembebanan jaringan, alternatif ruas pembebanan seluruh jaringan, model yang digunakan adalah:
 - Model *All or Nothing* Murni
 - Model *All or Nothing* Bertahap

METODE



Gambar 1. Bagan Alir Pemodelan Transportasi

- Dalam penelitian ini, langkah pertama yang dilakukan adalah dengan mencari peta dasar Kota Surabaya bagian Utara, jumlah penduduk Kota Surabaya bagian Utara.
- Penentuan model jaringan, dalam menentukan model jaringan ini yang perlu dilakukan adalah pembuatan jaringan jalan dan batas zona pada peta dasar Kota Surabaya bagian Utara, mengetahui jumlah penduduk per-zona di Surabaya bagian Utara. Langkah kedua adalah pemberian titik dan zona pada jaringan jalan dan batas zona yang telah ditentukan sebelumnya. Selain itu juga menentukan model kepemilikan kendaraan dari jumlah penduduk per-

zona dengan menggunakan rumus model kepemilikan kendaraan sebagai berikut:

- Model kepemilikan kendaraan sepeda motor 0,5 P
- Model kepemilikan mobil penumpang 0,4 P

- Model *Trip Generation* (MS). Setelah diketahui model kepemilikan kendaraan langkah selanjutnya adalah dengan membuat Model *Trip Generation/Modal Split* untuk mobil, angkutan umum dan sepeda motor. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Bangkitan mobil

$$B^m = 0,9 M + 0,8 \dots\dots\dots(2)$$

2. Bangkitan sepeda motor

$$B^s = 0,8 S + 1,2 \dots\dots\dots(3)$$

3. Bangkitan angkutan umum

$$B^a = 0,5 P + 2,3 \dots\dots\dots(4)$$

- Model *Trip Distribution*. Setelah model *Trip Generation/MS*, tahapan pemodelan selanjutnya adalah *Trip Distribution* dengan menggunakan Model Gravitasi dan *Growth Factor Model*. Model Gravitasi ini untuk mengetahui bahwa bangkitan dan tarikan pergerakan berkaitan dengan beberapa parameter zona asal, seperti populasi, aksesibilitas sebagai fungsi dari jarak, waktu, biaya. Persamaan yang digunakan adalah:

$$T_{id} = O_i \cdot D_d \cdot A_i \cdot B_d \cdot f(C_{id}) \dots\dots\dots(5)$$

dengan: $A_i = \frac{1}{\sum_d B_d \cdot D_d \cdot f_{id}} \dots\dots\dots(6)$

$$B_d = \frac{1}{\sum_i A_i \cdot O_i \cdot f_{id}} \dots\dots\dots(7)$$

Sedang $f(C_{id})$ merupakan fungsi hambatan, yang diekspresikan dengan jarak, biaya, dan waktu tempuh. Dalam penyelesaiannya menggunakan metode PCGR (*Production Constrain Gravity*). *Growth Factor Model* ini berasumsi bahwa pola pergerakan pada saat sekarang dapat diproyeksikan ke masa mendatang dengan menggunakan tingkat pertumbuhan zona yang berbeda-beda, secara umum persamaan adalah sebagai berikut:

$$T_{id} = t_{id} \cdot E \dots\dots\dots(8)$$

T_{id} = Pergerakan pada masa datang dari zona asal i ke zona tujuan d

t_{id} = Pergerakan pada masa sekarang dari zona asal i ke zona tujuan d

E = Tingkat pertumbuhan

Dalam penelitian ini digunakan metode rata-rata, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$T_{id} = t_{id} \cdot \frac{E_i + E_d}{2} \dots\dots\dots(9)$$

dengan:

$$E_i = \frac{T_i}{t_i} \dots\dots\dots(10)$$

$$E_d = \frac{T_d}{t_d} \dots\dots\dots(11)$$

E_i, E_d = Tingkat pertumbuhan zona i dan d

T_i, T_d = Total pergerakan masa datang yang berasal dari zona asal i dan zona tujuan d

T_i, t_d = Total pergerakan masa sekarang yang berasal dari zona asal i dan zona tujuan d

Dalam tahapan pemodelan transportasi ini diperlukan data jarak antar zona untuk menentukan matrik C_{ij} selain itu dengan menggunakan asumsi β sebesar 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembagian Zona

Pembagian zona berdasarkan batas administratif kecamatan-kecamatan yang ada di wilayah penelitian. Jumlah kecamatan yang ada di Surabaya Utara adalah 5 (lima), maka sehingga jumlah zona juga 5 (lima) zona. Pembagian zona yang ada di Surabaya Utara dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian Zona di Wilayah Studi

NO.	KODE ZONA	NAMA ZONA
1.	1	Kecamatan Krembangan
2.	2	Kecamatan Pabean Cantikan
3.	3	Kecamatan Semampir
4.	4	Kecamatan Kenjeran
5.	5	Kecamatan Bulak

Sumber : Hasil Pengolahan Data.

Jumlah Penduduk

Salah satu wilayah pembantu yang ada di Kota Surabaya adalah Surabaya Utara. Wilayah Surabaya Utara terdiri dari 5 (lima) kecamatan dengan total jumlah penduduk 530.540 jiwa. Untuk jumlah penduduk berdasarkan kecamatan di Surabaya Utara dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Jumlah Penduduk Wilayah Surabaya Utara

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk		Total
		Laki-laki	Perempuan	
1	Krembangan	60.785	59.313	120.098
2	Pabean Cantikan	45.301	43.764	89.065
3	Semampir	92.545	90.589	183.134
4	Kenjeran	53.707	52.260	105.967
5	Bulak	16.312	15.964	32.276

Sumber: Surabaya Dalam Angka 2009

Dari data jumlah penduduk wilayah Surabaya Utara terlihat bahwa Kecamatan Semampir mempunyai jumlah penduduk sebanyak 183.134 jiwa, diikuti dengan Kecamatan Krembangan sebanyak 120.098 jiwa, Kenjeran sebanyak 105.967 jiwa, Pabean Cantikan sebanyak 89.065 jiwa dan terakhir adalah Kecamatan Bulak sebanyak 32.276 jiwa.

Kepemilikan Kendaraan

Tabel 3 memperlihatkan jumlah kepemilikan kendaraan bermotor baik roda dua maupun roda empat. Jumlah kepemilikan kendaraan bermotor baik roda dua dan roda empat diperoleh dari rumus. Model kepemilikan kendaraan menurut tingkat ekonomi dikalikan dengan jumlah populasi (P). Untuk wilayah Surabaya Utara tingkat ekonominya termasuk tingkat ekonomi menengah. Model kepemilikan kendaraan sepeda motor $0,5 P$ sedangkan untuk mobil penumpang $0,4 P$ sehingga diperoleh hasil seperti yang terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Jumlah Kendaraan Bermotor di Wilayah Surabaya Utara

No	Kecamatan	Jumlah Sepeda Motor	Jumlah Mobil Penumpang
1	Krembangan	60.049	48.039
2	Pabean Cantikan	44.533	35.626
3	Semampir	73.254	54.940
4	Kenjeran	53.707	52.260
5	Bulak	12.910	9.683

Sumber: Surabaya Dalam Angka 2009

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa Kecamatan Semampir menempati peringkat pertama dalam kepemilikan jumlah kendaraan bermotor baik roda dua dan empat.

Jaringan Jalan di Wilayah Surabaya Utara

Pada Tabel 4 berikut ini menunjukkan Jaringan Jalan yang terdapat di wilayah Surabaya Utara.

Tabel 4. Data Jaringan Jalan di Wilayah Surabaya Utara

No	Nama Jalan
1	Prapat Kurung
2	Tanjung Priok
3	Tanjung Perak
4	Jakarta
5	Hangtuah
6	Danakarya
7	Mrutu Kalianyar
8	Wonosari Lor
9	Kedung Mangu
10	Wonokusumo
11	Sidotopo
12	Dukuh Bulak Banteng
13	Kedinding Lor
14	Sidoyoso Wetan
15	Tambak Wedi
16	Kedung Cowek
17	Nambangan
18	Kedung Cowek
19	Tambak Deres
20	Rajawali
21	Kembang Jepun

Lanjutan Tabel 4

No	Nama Jalan
22	Kapasan
23	Kenjeran
24	Indrapura
25	Jembatan Merah
26	Tembaan
27	Undaan

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Matrik Jarak

Dari hasil pembuatan zona peta Surabaya Utara, langkah selanjutnya adalah menentukan jarak antar zona dengan melewati jaringan jalan yang ada menggunakan metode rute terpendek.

Tabel 5. Matrik Jarak dari Hasil Pengamatan di Peta

i/j	1	2	3	4	5
1	1	1,7	4,45	7,9	10,49
2	1,7	1	2,26	6,1	8,7
3	4,45	2,26	1	3,78	6,42
4	7,9	6,1	3,78	1	3,82
5	10,49	8,7	6,42	3,82	1

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Trip Generation dan Modal Split

Tabel 6 memperlihatkan jumlah bangkitan perjalanan tiap zona. Model bangkitan perjalanan tiap zona diperoleh dengan menggunakan rumus model TG/MS. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Bangkitan Mobil $B^m = 0,9M+0,8$
- Bangkitan Sepeda Motor $B^s = 0,8S +1,2$
- Bangkitan Angkutan Umum $B^a = 0,5P+2,3$

Dari hasil perkalian diperoleh hasil seperti yang terdapat pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Jumlah Bangkitan Perjalanan Tiap Zona

No	Kecamatan	Jumlah Bangkitan		
		Mobil	Sepeda Motor	Angkutan Umum
1	Krembangan	43.236,08	48.040,4	60.050,2
2	Pabean Cantikan	32.064,2	35.627,2	44.533,7
3	Semampir	49.446,98	58.604,08	91.568,2
4	Kenjeran	47.034,8	42.966,8	52.984,7
5	Bulak	8.715,32	10.329,52	16.139,2
	TOTAL	180.497	195.568	265.276

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Terlihat bahwa jumlah bangkitan terbesar terdapat pada Kecamatan Semampir yaitu 49.446,98 untuk mobil, 58.604,08 untuk sepeda motor dan 91.568,2 untuk angkutan umum.

Trip Distribution

Langkah pertama dalam melakukan perhitungan *trip distribution* dengan *Gravity Model* dengan batasan bangkitan (*Production Constraint Gravity = PCGR*) adalah menentukan matrik jarak, matrik *deterrence factor* (faktor penghambat) dan total *trip production* tiap zona. Untuk matrik jarak sudah dihitung dan ada pada Tabel 5, sedangkan total *trip production* tiap zona untuk moda mobil, sepeda motor dan angkutan umum ada pada Tabel 6. Perhitungan matrik *deterrence factor* (faktor penghambat) mengikuti fungsi eksponensial negatif ($\exp(-\beta C_{ij})$) dengan asumsi nilai $\beta = 0,05$, maka diperoleh matrik *deterrence factor* (faktor penghambat) seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Matrik *Deterrence Factor* (Faktor Penghambat) di Wilayah Studi

i/j	1	2	3	4	5
1	0,951229	0,918512	0,800515	0,67368	0,591851
2	0,918512	0,951229	0,893151	0,737123	0,647265
3	0,800515	0,893151	0,951229	0,827787	0,725423
4	0,67368	0,737123	0,827787	0,951229	0,826133
5	0,591851	0,647265	0,725423	0,826133	0,951229

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dengan menggunakan rumus umum *Gravity Model* dengan batasan bangkitan (*Production Constraint Gravity = PCGR*):
 $T_{id} = O_i \cdot D_d \cdot A_i \cdot B_d \cdot f(C_{id}) \dots\dots\dots(12)$
 dengan syarat batas yaitu:

$$B_d = 1 \text{ untuk seluruh } d$$

$$A_i = \frac{1}{\sum_d B_d \cdot D_d \cdot f_{id}}$$

Maka hasilnya dapat dilihat pada Tabel 8-10.

Tabel 8. *Trip Distribution* Tahun 2010 untuk Mobil Pribadi

ij	1	2	3	4	5	Oi
1	13840	20046	5824	2450	1076	43236
2	9634	14965	4684	1933	849	32064
3	13586	22737	8072	3512	1539	49446
4	12503	20520	7681	4413	1916	47034
4	2292	3759	1404	800	460	8715
Dj	51854	82027	27665	13108	5841	180495

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Tabel 9. *Trip Distribution* Tahun 2010 untuk Sepeda Motor

ij	1	2	3	4	5	Oi
1	15378	22273	6471	2723	1196	48040
2	10704	16628	5204	2148	943	35627
3	16102	26948	9567	4163	1824	58604
4	11421	18745	7017	4032	1751	42966
4	2716	4455	1664	948	546	10329
Dj	56321	89050	29923	14012	6259	195566

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Tabel 10. *Trip Distribution* Tahun 2010 untuk Angkutan Umum

ij	1	2	3	4	5	Oi
1	19222	27841	8088	3403	1495	60050
2	13380	20785	6505	2684	1179	44533
3	25159	42106	14948	6504	2850	91568
4	14084	23116	8653	4972	2159	52984
5	4244	6961	2601	1481	853	16139
Dj	76089	120810	40795	19044	8535	265274

Sumber: Hasil Pengolahan Data.

Dari Tabel 6, jumlah bangkitan perjalanan di Surabaya Utara tahun 2010 adalah untuk mobil pribadi 180.497 kendaraan, sepeda motor 195.568 kendaraan, dan angkutan umum 265.276 kendaraan. Dengan cara yang sama seperti *trip distribution* tahun 2010 maka diperoleh Matrik Asal Tujuan tahun 2015 serta Matrik Asal Tujuan seperti terlihat pada Tabel 11-13.

Tabel 11. Matrik Asal Tujuan Perjalanan Penduduk dengan Moda Mobil Pribadi Tahun 2015

ij	1	2	3	4	5	Oi
1	19173	24871	7751	3391	1513	56698
2	12380	17173	5777	2481	1107	38917
3	22945	34653	13131	5925	2634	79288
4	17291	25416	10206	6096	2688	61697
4	2704	3948	1589	942	551	9734
Dj	74493	106060	38453	18835	8493	246334

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Tabel 12. Matrik Asal Tujuan Perjalanan Penduduk dengan Moda Sepeda Motor Tahun 2015

ij	1	2	3	4	5	Oi
1	21262	27570	8590	3758	1677	62857
2	13729	19036	6402	2750	1227	43143
3	27144	40978	15523	7005	3115	93766
4	15765	23164	9299	5555	2451	56234
4	3198	4668	1878	1114	652	11511
Dj	81098	115416	41693	20182	9123	267511

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Tabel 13. Matrik Asal Tujuan Perjalanan Penduduk dengan Moda Angkutan Umum 2015

i/j	1	2	3	4	5	Oi
1	26459	34292	10686	4679	2089	78205
2	17084	23676	7964	3423	1528	53675
3	42227	63717	24141	10903	4852	145840
4	19354	28423	11412	6823	3012	69024
4	4975	7257	2920	1734	1016	17901
Dj	110098	157365	57123	27562	12497	364646

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari Tabel 8, 9 dan 10, *trip distribution* di Surabaya Utara tahun 2010 adalah untuk mobil pribadi 180.495 kendaraan, sepeda motor 195.566 kendaraan, dan angkutan umum 265.274 kendaraan. Sedangkan *trip distribution* tahun 2015 di wilayah Surabaya Utara adalah untuk mobil pribadi 246.334 kendaraan, sepeda motor 267.511 kendaraan, dan angkutan umum 364.646 kendaraan.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa bangkitan perjalanan dan *trip distribution* di Surabaya Utara didapatkan hasil :

1. Jumlah bangkitan di wilayah Surabaya Utara untuk mobil 180.497 kendaraan, sepeda motor 195.568 kendaraan dan angkutan umum 265.276 kendaraan.
2. Besarnya *trip distribution* di wilayah Surabaya Utara tahun 2010 adalah untuk moda mobil pribadi 180.495 kendaraan, moda sepeda motor 195.566 kendaraan, dan moda angkutan umum 265.274 kendaraan.
3. Besarnya *trip distribution* Matrik Asal Tujuan tahun 2015 di wilayah Surabaya Utara adalah untuk moda mobil pribadi 246.334 kendaraan, moda sepeda motor 267.511 kendaraan, dan moda angkutan umum 364.646 kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

Abubakar, I., 1996, *Menuju Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang Tertib*, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat.

Arsyad, M., 2002, *Penentuan Kapasitas Optimum Angkutan Kota Studi Kasus: Rute Pasar Antasari-Terminal KM 6 di Kota Banjarmasin*, Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Departemen Pekerjaan Umum, 2001, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta

Departemen Perhubungan, 1995, *Menuju Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang Tertib*, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Jakarta.

Hobbs, F. D., 1995, *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Tamin, O. Z., 2000, *Perencanaan dan Permodelan Transportasi*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Vuchic, V.R., 1981, *Urban Public Transportation System and Technology*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

Warpani, S., 1990, *Merencanakan Sistem Pengangkutan*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Warpani, S., 1990, *Pengelolaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.