

Sebaran Perjalanan Bus Berdasarkan Asal Tujuan Penumpang Terminal di Kota Surabaya untuk Pergerakan Perjalanan di Wilayah Jawa Timur

Distribution of Bus Trips Based on Origin and Destination of Terminal Passengers in Surabaya City for Travel Movement in East Java Region

R. Endro Wibisono¹, Kusuma Refa Haratama²

¹Prodi D4 Transportasi, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya. Email : endrowibisono@unesa.ac.id

²Prodi D4 Transportasi, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya. Email : kusumaharatama@unesa.ac.id

Abstrak

Pada transportasi darat, terminal menjadi bagian dari jaringan pelayanan transportasi sebagai simpul dari suatu rangkaian jaringan transportasi darat di tiap kota. Laju perjalanan yang tinggi oleh kendaraan umum seperti bus yang tidak diimbangi pengaturan lalu lintas yang baik akan menimbulkan permasalahan seperti kemacetan. Tujuan penelitian untuk mengetahui pola pergerakan perjalanan (*Trip Distribution*) penumpang bus di beberapa wilayah di Jawa Timur dalam suatu Matrik Asal Tujuan (MAT) dengan menggunakan Metode Sintetis yaitu Model Gravity Unconstrained. Alternatif metode untuk mengkalibrasi parameter dalam model gravity yakni α dan β , yang merupakan parameter fungsi hambatan (aksesibilitas) antar zona $F(C_{id})$. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pendekatan deskriptif kuantitatif dengan menggunakan media aplikasi *Google Earth* untuk mengukur jarak antar kota satu dengan kota lain. Hasil perhitungan diperoleh nilai Alpha (α) 5.82 dan *R Square* terbaik 0.0917 dengan $y = 13.682x$ untuk MAT Power dan nilai Beta (β) 0.0098 dan nilai *R Square* terbaik 0,0635 dengan $y = 1E - 10x$ untuk MAT Ekponensial. Sehingga didapatkan rumus permodelan sebaran untuk penumpang bus zona Jawa Timur $T_{ij} = 1 \cdot -10^{10} \cdot P_i \cdot E_j \cdot \exp(0.0098 \cdot C_{ij})$.

Kata Kunci: Bus; Matrik Asal Tujuan; Model Gravity; Terminal; *Trip Distribution*.

Abstract

In land transportation, the terminal is part of the transportation service network as a node of a series of land transportation networks in each city. High travel rates by public vehicles such as buses that are not matched by good traffic arrangements will cause problems such as congestion. The study was conducted to determine the pattern of travel movements (Trip Distribution) of bus passengers in several regions in East Java in an Origin-Destination Matrix (MAT) using the Synthetic Method, namely the Unconstrained Gravity Model. Alternative methods for calibrating parameters in the gravity model are α and β , which are parameters of the barrier function (accessibility) between zones $F(C_{id})$. The approach used in this research is a quantitative descriptive approach using the Google Earth application media to measure the distance between one city and another. The results obtained Alpha (α) value of 5.82 and the best R Square of 0.0917 with $y = 13.682x$ for MAT Power and Beta (β) value of 0.0098 and the best R Square value of 0.0635 with $y = 1E - 10x$. The distribution modeling formula for East Java zone bus passengers $T_{ij} = 1 \cdot -10^{10} \cdot P_i \cdot E_j \cdot \exp(0.0098 \cdot C_{ij})$.

Keywords: Bus; Origin-Destination Matrix; Gravity Model; Terminal; *Trip Distribution*.

PENDAHULUAN

Transportasi diartikan sebagai perpindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan, serta transportasi atau perangkutan juga merupakan bagian kegiatan ekonomi yang bersangkutan paut dengan pemenuhan kebutuhan manusia dengan cara mengubah letak geografis barang atau orang (Cesar, Costa, and

Oktaviyanti 2015). Perencanaan transportasi adalah suatu proses yang bertujuan untuk mengembangkan sistem transportasi yang memungkinkan manusia dan barang bergerak atau berpindah tempat dengan dinamis dan tanggap terhadap perubahan tata guna lahan, keadaan ekonomi, dan pola arus lalu lintas. Untuk mengembangkan sistem transportasi yang

memungkinkan manusia dan barang bergerak atau berpindah tempat dengan aman dan murah yang diperlukan adalah memperkirakan jumlah serta lokasi kebutuhan akan transportasi (misalnya total pergerakan, baik untuk angkutan umum maupun angkutan pribadi) pada masa mendatang atau pada tahun rencana yang akan digunakan untuk berbagai kebijakan investasi perencanaan transportasi. (Wakkary.M.Z, 2022).

Prasarana transportasi dijabarkan dalam bentuk jaringan transportasi dan simpul transportasi merupakan sub sistem yang saling berinteraksi dan bekerja secara sinergis dalam menunjang aktivitas transportasi. Pada transportasi darat khususnya transportasi jalan, terminal menjadi bagian dari jaringan pelayanan transportasi sebagai simpul dari suatu rangkaian jaringan transportasi jalan (Nursetyo 2016). Permasalahan transportasi akan timbul jika kebutuhan sarana dan prasarana transportasi yang digunakan tidak memadai dengan jumlah penumpang yang akan menggunakan jasa transportasi (Saputri, 2018).

Sebagai ibukota Provinsi Jawa Timur, Surabaya menjadi kota metropolitan terbesar kedua setelah Jakarta. Selain itu, Surabaya merupakan salah satu kota paling maju di Provinsi Jawa Timur baik dari segi ekonomi, jasa, industri,, maupun transportasi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik 2021, Kota Surabaya memiliki jumlah penduduk sebanyak 3.158.943 jiwa. Semakin bertambahnya jumlah penduduk di Kota Surabaya memicu aktivitas perpindahan yang semakin tinggi pula, sehingga mengakibatkan pertumbuhan kendaraan pribadi terus meningkat yang kemudian menyebabkan meningkatnya pergerakan perjalanan yang begitu besar (Prayoga, 2022). Peningkatan pergerakan perjalanan dapat meningkatkan arus lalu lintas yang kemudian menimbulkan kemacetan di beberapa titik, sehingga mengakibatkan tidak seimbangnya volume lalu lintas dengan kapasitas ruas jalan tersebut (Wijatmiko 2012). Hal itu dikarenakan kurangnya informasi mengenai kondisi arus lalu lintas, sehingga pengguna jalan sulit untuk memilih dan menentukan rute perjalanan terbaik yang akan dilaluinya.

Dengan terjadinya peristiwa tersebut, maka distribusi pergerakan antar zona perlu diukur untuk mengetahui persebaran pergerakan kendaraan pada daerah tersebut sehingga terciptanya keseimbangan volume lalu lintas dengan kapasitas ruas jalan tersebut. Dengan demikian penelitian berjudul “Analisis Sebaran Perjalanan Bus Berdasarkan Asal Tujuan Penumpang Terminal di Kota Surabaya untuk Pergerakan Perjalanan di Wilayah Jawa Timur” perlu dilakukan. Gambaran pola pergerakan kendaraan atau sebaran perjalanan dapat diketahui dengan membentuk

pergerakan transportasi sebagai suatu matrik asal tujuan (MAT) (Djuniati 2010).

Matrik Asal Tujuan (MAT) adalah matriks berdimensi dua yang berisi informasi besarnya pergerakan antar zona dalam daerah tertentu.

Tabel 1. Matrik Asal Tujuan

To	1	2	3	...	N	O_i
From						
1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	·	T_{1N}	O_1
2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	·	T_{2N}	O_2
3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	·	T_{3N}	O_2
·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
N	T_{N1}	T_{N2}	T_{N3}	·	T_{Nn}	O_n
D_d	D_1	D_2	D_3	·	D_n	T

Dalam Tabel 1 diatas untuk setiap sel matriks berisi informasi pergerakan antar zona. Sel dari setiap baris i berisi informasi mengenai pergerakan mengenai pergerakan yang berasal dari zona i tersebut kesetiap zona tujuan d.

Keterangan (Manoppo et al. 2011) :

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

O_i = Jumlah pergerakan yang berasal dari zone i

D_d = Jumlah pergerakan menuju zone tujuan d

T = Total matriks

Salah satu cara untuk membentuk MAT adalah dengan model gravity. Model gravity ini mempunyai ciri bangkitan dan tarikan pergerakan berkaitan dengan beberapa parameter zona asal, misalnya populasi dan nilai MAT yang berkaitan dengan fungsi waktu, jarak, dan biaya. Menurut Tamin (1997), bentuk umum dari gravity model adalah :

$$T_{id} = O_i \cdot D_d \cdot A_i \cdot B_d \cdot F(C_{id}) \dots\dots\dots [1]$$

Dengan nilai :

$$A_i = \frac{1}{\sum_d (B_d \cdot D_d \cdot f_{id})} \dots\dots\dots [2]$$

$$B_d = \frac{1}{\sum_i (A_i \cdot O_i \cdot f_{id})} \dots\dots\dots [3]$$

Fungsi hambatan digunakan untuk mengkalibrasi parameter – parameter dari Model Gravity sehingga perbedaan antara distribusi pergerakan yang dihitung dari hasil model (T_{id} -model) dengan distribusi pergerakan yang diperoleh dari data pengamatan (T_{id} -data) memberikan harga yang minimum. Ada tiga bentuk metode analisis regresi yang dapat digunakan untuk mengkalibrasi Model Gravity, yaitu :

$$F_{id} = \exp(-\beta \cdot C_{id}) \dots\dots\dots [4]$$

$$F_{id} = \exp(-\beta \cdot \log \log e \cdot C_{id}) \dots\dots\dots [5]$$

$$F_{id} = \exp(-\beta \cdot \log \log e \cdot C_{id} - \beta \cdot C_{id}) \dots\dots\dots [6]$$

Dengan :

β = parameter dari model yang belum diketahui yang harus dikalibrasi

C_{id} = fungsi jarak atau waktu atau biaya perjalanan

Menurut Tamin (1997), nilai R^2 dapat dicari dengan menggunakan perumusan metode Hyman (1969). Perumusan nilai R^2 ini dipilih sehingga biaya rata – rata perjalanan yang didapat dari pengamatan sama dengan yang dihasilkan dalam proses pemodelan.

Batasan masalah pada penelitian ini hanya menggunakan data penumpang bus zona Jawa Timur, analisis hasil pada penelitian ini hanya menggunakan Model UCGR (*UnConstrained Gravity*) dan hanya mengambil data penduduk dan PDRB dari Badan Pusat Statistik tahun 2016 – 2020.

METODE

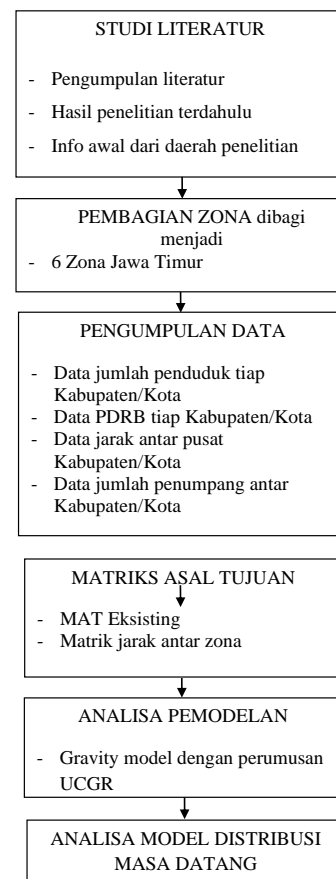
Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan cara pengumpulan data sekunder. Data yang diperoleh didapat dari referensi tertentu atau literatur-literatur yang berkaitan dengan sebaran perjalanan terminal. Pengumpulan data sekunder bertujuan untuk mengetahui sebaran perjalanan terminal di kota Surabaya untuk pergerakan perjalanan di wilayah Jawa Timur.

Penelitian dilakukan di berbagai wilayah di Jawa Timur. Penelitian ini terdapat satu zona, yakni zona Jawa Timur. Zona Jawa Timur adalah Kabupaten/Kota Propinsi Jawa Timur yang diukur jarak nya dari satu Kabupaten/Kota ke yang lain. Jarak diukur dari titik tengah suatu Kabupaten/Kota.

Tabel 2. Zona Jawa Timur

No	Zona Jawa Timur
1	Madura
2	Surabaya
3	Banyuwangi-Probolinggo
4	Sidoarjo-Mojokerto
5	Malang-Batu
6	Blitar-Tulungagung-Probolinggo-Bojonegoro-Kediri

Pendekatan yang digunakan dalam penyusunan tulisan ini yaitu pendekatan deskriptif kuantitatif. Untuk pengukuran jarak menggunakan Software *Google Earth*. Pengamatan dilakukan pada zona Jawa Timur. Penentuan zona Jawa Timur dibagi menjadi 6 bagian seperti pada Tabel 2. Dengan demikian dapat dilihat pergerakan pada beberapa Kabupaten/Kota tersebut apakah cukup berpengaruh terhadap sebaran penumpang Bus Antar Kota dan Kabupaten. Hal tersebut dapat dilihat hasilnya dalam MAT eksisting.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model UCGR mempunyai satu batasan yaitu total pergerakan yang dihasilkan harus sama dengan total pergerakan yang telah diperkirakan pada tahap bangkitan pergerakan. Model yang didapat tidak harus menghasilkan total yang sama dengan total pergerakan dari zona ke zona yang diperkirakan pada bangkitan pergerakan. Pada Tabel 3 ditunjukkan data penumpang dari asal-tujuan setiap zona, sedangkan pada Tabel 4 ditunjukkan data jarak antar zona yang dibutuhkan. Data lain yang dibutuhkan yaitu data penduduk dan PDRB masing-masing zona, pada Tabel 5 ditunjukkan data penduduk dan PDRB masing-masing zona.

Tabel 3. Data Penumpang Bus Zona Jawa Timur

OD Data Bus	1	2	3	4	5	6
MDR 1		16	6	3	5	2
SBY 2	16		200		284	237
BWI - PRB 3	10	71		5		
SDA - MJK 4			50			50
MLG - BTU 5	10	196				
BI - TL - PO -BO - KDR	10	170				

Tabel 4. Data Jarak Antar Zona Jawa Timur (km)

OD Data Bus	1	2	3	4	5	6
MDR 1		67.3	211.	95.3	14	191.
SBY 2	67.3		158.		77.	
BWI - PRB 3	211.	158.7		144.		
SDA - MJK 4	2	8		75		136.
MLG - BTU 5			144.			74
BI - TL - PO - BO - KDR	191.	117.4				
	87	66				

Data jarak antar zona di dapat dari pengukuran yang dilakukan pada web aplikasi google earth. Pengambilan titik dilakukan dengan memperkirakan dimana titik tengah atau daerah yang bisa diambil titik tarik atau titik perwakilan setiap zona.

Tabel 5. Data Penduduk dan PDRB Zona Jawa Timur

OD Data Bus	Penduduk	PDRB
MDR 1	979249	22118
SBY 2	2878634	379497
BWI - PRB 3	1014338	39380
SDA - MJK 4	1148568	1794889
MLG - BTU 5	1221386	58725
BI - TL - PO - BO - KDR	896791	41026

Data populasi dan data PDRB kita dapatkan dari Badan Pusat Statistik wilayah masing- masing yang termasuk dalam zona. data yang diambil 5 tahun kebelakang, yaitu dimulai dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2020.

Permodelan Bus Zona Jawa Timur

Tabel 6. Gravity Eksponensial Faktor R^2 Parameter Jarak

Beta (β)	R^2
0.063	0.1001

Pada Tabel 6 R Square MAT Eksponensial menunjukkan nilai R Square terbaik 0,1001 dengan $y = 2E - 08x$

Tabel 7. Gravity Power Faktor R^2 Parameter Jarak

Alpha (α)	R^2
4.7	0.0967

Pada Tabel 7 R Square MAT Power menunjukkan nilai R Square terbaik 0.0967 dengan $y = 0.1087x$.

MAT Model Eksponensial

Pembentukan sebaran penumpang matrik asal tujuan (MAT) telah dibentuk dan ditabelkan pada aplikasi *Microsoft excel*, tahapan selanjutnya rekapitulasi sampel penumpang dalam satu tahun yang

di dapat dari hasil perkalian jarak dengan beta nya. MAT Model merupakan salah satu langkah dari pengerjaan MAT Eksponensial, pada Tabel 8 ditunjukkan MAT Model yang didapatkan dari MAT Eksponensial.

Tabel 8. MAT Eksponensial Empiris Bus Zona Jawa Timur

	1	2	3	4	5	6
1		1.07E+02	1.28E-03	8.66E+01	1.24E-01	4.52E-03
2	1.83E+01		1.03E-01		2.55E+01	1.44E+00
3	7.47E-04	3.48E-01		3.99E+00		
4			9.90E-02			1.71E-01
5	5.83E-02	6.98E+01				
6	2.23E-03	4.16E+00				

MAT Model Power

Pembentukan sebaran penumpang matrik asal tujuan (MAT) telah dibentuk dan ditabelkan pada aplikasi *Microsoft excel*, tahapan selanjutnya rekapitulasi sampel penumpang dalam satu tahun yang di dapat dari hasil jarak yang dipangkat oleh alfa nya. MAT Empiris merupakan salah satu langkah dari pengerjaan MAT Power, pada Tabel 9 ditunjukkan MAT Empiris yang didapatkan dari MAT Power.

Tabel 9. MAT Power Empiris Bus Zona Jawa Timur

	1	2	3	4	5	6
1		1.03E+02	4.97E-02	9.52E+01	4.34E-01	8.13E-02
2	1.77E+01		5.58E-01		2.41E+01	2.40E+00
3	2.89E-02	1.90E+00		1.39E+01		
4			3.44E-01			4.69E-01
5	2.04E-01	6.61E+01				
6	4.01E-02	6.91E+00				

Sum Square of Error

Percobaan *trial and error* yang telah dilakukan pada *Microsoft excel* sebelumnya. Pengambilan hasil percobaan *trial and error* dipilih dengan hasil R square terbaik. Langkah selanjutnya membandingkan hasil *sum square of error* antara *sheet* MAT Eksponensial dengan *sheet* MAT Power. R square terbaik sudah dipilih dan ditunjukkan pada Tabel 8 untuk R square MAT Eksponensial dan Tabel 9 untuk R square MAT Power. R Square terpilih dapat dihitung hasil SSE nya, Tabel 10 menunjukkan *Sum Square of Error* MAT

Ekspensial dan Tabel 8 *Sum Square of Error* MAT Power.

Tabel 10. *Sum Square of Error* MAT Ekspensial

Asal	Tujuan	MAT Empiris	MAT Survei	SE
1	1			
	2	1.07E+02	1.60E+01	8.30E+03
	3	1.28E-03	6.00E+00	3.60E+01
	4	8.66E+01	3.00E+00	6.99E+03
	5	1.24E-01	5.00E+00	2.38E+01
	6	4.52E-03	2.00E+00	3.98E+00
2	1	1.83E+01	8.10E+01	3.93E+03
	2			0.00E+00
	3	1.03E-01	2.00E+02	
	4			
	5	2.55E+01	2.84E+02	6.68E+04
	6	1.44E+00	2.37E+02	5.55E+04
3	1	7.47E-04	1.00E+01	1.00E+02
	2	3.48E-01	7.10E+01	4.99E+03
	3			
	4	3.99E+00	5.00E+00	1.02E+00
	5			
	6			
4	1			
	2			
	3	9.90E-02	5.00E+01	2.49E+03
	4			
	5			
	6	1.71E-01	5.00E+01	2.48E+03
5	1	5.83E-02	1.00E+01	9.88E+01
	2	6.98E+01	1.96E+02	1.59E+04
	3			
	4			
	5			
	6			
6	1	2.23E-03	1.00E+01	1.00E+02
	2	4.16E+00	1.70E+02	2.75E+04
	3			
	4			
	5			
	6			
SSE				195,302.31

Tabel 11. *Sum Square of Error* MAT Power

Asal	Tujuan	MAT Empiris	MAT Survei	SE
1	1			
	2	1.03E+02	1.60E+01	7.64E+03
	3	4.97E-02	6.00E+00	3.54E+01
	4	9.52E+01	3.00E+00	8.51E+03
	5	4.34E-01	5.00E+00	2.08E+01
	6	8.13E-02	2.00E+00	3.68E+00
2	1	1.77E+01	8.10E+01	4.00E+03
	2			
	3	5.58E-01	2.00E+02	3.98E+04
	4			
	5	2.41E+01	2.84E+02	6.76E+04
	6	2.40E+00	2.37E+02	5.50E+04
3	1	2.89E-02	1.00E+01	9.94E+01
	2	1.90E+00	7.10E+01	4.78E+03
	3			
	4	1.39E+01	5.00E+00	7.84E+01
	5			
	6			
4	1			
	2			
	3	3.44E-01	5.00E+01	2.47E+03
	4			
	5			
	6	4.69E-01	5.00E+01	2.45E+03
5	1	2.04E-01	1.00E+01	9.60E+01
	2	6.61E+01	1.96E+02	1.69E+04

3				
4				
5				
6				
6	1	4.01E-02	1.00E+01	
	2	6.91E+00	1.70E+02	2.66E+04
3				
4				
5				
6				
SSE				236031.80

Hasil dari perbandingan, akan ditemukan nilai SSE yang lebih kecil antara MAT Ekspensial dengan MAT Power. MAT Ekspensial terlihat lebih kecil nilai *sum square of error* pada tabel dibandingkan nilai MAT Power.

KESIMPULAN

Model sebaran untuk penumpang Bus zona Jawa Timur menggunakan fungsi hambatan ekspensial berupa jarak dengan parameter populasi penduduk dan PDRB asumsi, dengan nilai Beta (β) sebesar 0.063. Sehingga rumus pemodelannya adalah:

$$T_{ij} = 2 \cdot 10^{-8} \cdot P_i \cdot E_j \cdot \exp(0.063 \cdot C_{ij}) \dots \dots \dots [7]$$

Dimana :

P_i = Parameter populasi penduduk zona asal

E_j = Parameter ekonomi zona tujuan (PDRB)

C_{ij} = Jarak antar zona asal dan tujuan

REFERENSI

- Cesar, Manuel, Rui Costa, and Mega Oktaviyanti. 2015. "Trip Distribution Di Kota Pangkalpinang." (22117142).
- Djuniati, S. 2010. "Formulasi Model Gravity Penyebaran Perjalanan Penumpang." 85–96.
- Lumy, Denny George et al. 2018. "Jurnal Pembangunan Ekonomi Dan Keuangan Daerah Vol.19 No.2 (2018)." 19(2):1–16.
- Manoppo, Mecky R. E. et al. 2011. "PERJALANAN DI KOTA MANADO." 1(1):17–23.
- Nursetyo, Gatot. 2016. "Kajian Manajemen Sirkulasi Terminal Bus (Studi Kasus : Terminal Bus Tirtonadi Surakarta)." *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur* 18(22):1–7.
- Wakkary.M.Z, 2012 Perencanaan, Untuk and Dan

- Pengembangan. 2022. "40318-86942-1-Sm." 20(April):67–74.
- Prayoga, M.Rama Kukuh. 2022. "PERENCANAAN JARINGAN TRAYEK SUROBOYO BUS SURABAYA."
- Saputri, R. G. 2018. *Evaluasi Kinerja Trayek Bus Kota Surabaya (Rute Bungurasih-Perak).*
- Wijatmiko, T. 2012. "Analisis Trip Distribution Dan Trip Assignment Pada Jalan Arteri Relokasi Porong Sidoarjo."
- Yarzuna, Noor Robi. 2019. "Permodelan Sistem Administrasi Kependudukan Di Kelurahan Bedingin Dengan Menggunakan PHP & MYSQL." 1–17.