

**ESTIMASI MATRIKS ASAL TUJUAN
BERDASARKAN
DATA TELEPON SELULER
Studi Kasus: Provinsi Bali**

Revy Safitri
Program Magister Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan
Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha No. 10 Bandung
40132 Telp./Fax: 62-22-2506445
email: revy.safitri@gmail.com

Idwan Santoso
Program Magister Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan
Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha No. 10 Bandung
40132 Telp./Fax: 62-22-2506445
email: idwan2003@yahoo.com

Sony Sulaksono Wibowo
Program Magister Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan
Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha No. 10 Bandung
40132 Telp./Fax: 62-22-2506445
email: sonyssw@si.itb.ac.id

Abstract

Origin - Destination Matrix is a two-dimensional matrix that contains travel demand information between different locations (zones). Based on previous researches, it is known that using mobile phone data has great potential for estimating OD Matrix effectively. The purpose of this research to assess OD matrix estimation based on mobile phone data that recording continuously Base Transceiver Station (BTS) location which connected to mobile station as long as the device is powered on, case study in Bali Province. The approach to estimate OD matrix based on mobile phone data is by generating individual trajectory based the temporal sequence of location BTS data for each mobile phone users. Results of OD matrix estimation based on mobile phone data show the hourly and daily trip patterns of mobile phone users from cellular provider in Bali Province. The conclusions of this research describe limitations of OD Matrix estimation based on mobile phone data and future research extension.

Keywords: Origin – Destination Matrix, Mobile Phone Data, Base Transceiver Station, Trajectory

Abstrak

Matriks Asal Tujuan adalah matriks berdimensi dua yang berisi informasi mengenai besarnya pergerakan antar lokasi (zona) di dalam daerah tertentu. Berdasarkan penelitian – penelitian sebelumnya, diketahui bahwa pemanfaatan data telepon seluler memiliki potensi yang besar dalam mengestimasi MAT secara efektif. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji estimasi MAT berdasarkan data telepon seluler yang berisi informasi lokasi *Base Transceiver Station* (BTS) yang terhubung dengan perangkat telepon seluler (*mobile station*) dari waktu ke waktu selama kondisi aktif dengan wilayah studi di Provinsi Bali. Pendekatan yang digunakan dalam mendefinisikan pergerakan asal tujuan berdasarkan data telepon seluler adalah dengan membangun *trajectory* individu berdasarkan data lokasi BTS yang diurutkan berdasarkan waktu (*temporal sequence*) untuk masing – masing pengguna telepon seluler. Hasil estimasi MAT berdasarkan data telepon seluler akan menunjukkan pola pergerakan pengguna telepon seluler pada periode tiap jam dan harian di wilayah Provinsi Bali. Sedangkan, di dalam kesimpulan dijelaskan keterbatasan dari estimasi MAT berdasarkan data telepon seluler dari penelitian ini dan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

Kata kunci: Matriks Asal Tujuan, Data Telepon Seluler, Base Transceiver Station, Trajectory

PENDAHULUAN

Permasalahan transportasi telah menjadi isu penting terutama di wilayah perkotaan. Dalam penanganan masalah transportasi tersebut, hampir semua metode pemecahan masalah transportasi membutuhkan informasi dasar yang mempresentasikan distribusi pergerakan, dimana dinyatakan dalam Matriks Asal Tujuan (MAT). MAT adalah matriks berdimensi dua yang berisi informasi mengenai besarnya pergerakan antarlokasi (zona) di dalam daerah tertentu. Informasi MAT dapat diperoleh dengan menggunakan metode konvensional dan metode tidak konvensional (Tamin, 2008). Metode konvensional yaitu dengan menaksir secara langsung sampel MAT dari lapangan, biasa dilakukan dengan cara survei wawancara, foto udara, dan metode menggunakan bendera. Kelemahan metode ini cenderung membutuhkan waktu yang sangat lama, biaya yang sangat mahal, tenaga kerja yang banyak, mengganggu pergerakan arus lalu lintas, dan yang terpenting hasil akhirnya hanya berlaku untuk selang waktu yang singkat. Sedangkan, metode tidak konvensional menaksir MAT dengan menggunakan data arus lalu lintas. Dimana kelemahannya sangat bergantung pada perhitungan arus lalu lintas yang akan digunakan.

Disisi lain meningkatnya permasalahan transportasi pada saat ini, terjadi kemajuan teknologi yang sangat pesat dibidang telekomunikasi. Dimana, adanya peningkatan jumlah pelanggan telepon seluler di seluruh penjuru dunia. Di Indonesia sendiri, pada tahun 2013, jumlah pelanggan telepon seluler mencapai angka 313,22 juta. Sedangkan, data penduduk Indonesia hasil sensus 2010 menunjukkan angka 238,51 juta dan pada proyeksi tahun 2013 diperkirakan penduduk Indonesia berada diangka 248,8 juta. Ini artinya, pada tahun 2013 jumlah pelanggan telepon seluler telah melampaui jumlah penduduk Indonesia. Fenomena ini yang kemudian menarik perhatian para peneliti untuk mengembangkan metode baru dalam mengestimasi MAT dengan memanfaatkan data teleponseluler. Menurut Caceres, dkk, 2007, mengestimasi MAT dengan memanfaatkan data telepon seluler memiliki potensi yang besar untuk menghasilkan MAT dengan kualitas yang baik dan berbiaya lebih murah dibandingkan metode konvensional. Selain itu, berdasarkan beberapa penelitian lain yang diketahui bahwa pemanfaatan data seluler memiliki potensi yang besar dalam mengestimasi MAT. (Zhang dkk, 2010, Papacharalampous, 2014. Rajna. 2014)

Penelitian ini mencoba mengkaji estimasi MAT berdasarkan data telepon seluler dengan wilayah studi di salah satu provinsi di Indonesia, yaitu Provinsi Bali. Dimana, data telepon seluler yang digunakan berupa data yang berisi informasi lokasi *Base Transceiver Station* (BTS) yang terhubung dengan perangkat telepon seluler (*mobile station*) dari waktu ke waktu selama kondisi aktif.

KAJIAN PUSTAKA

1. Data Telepon Seluler

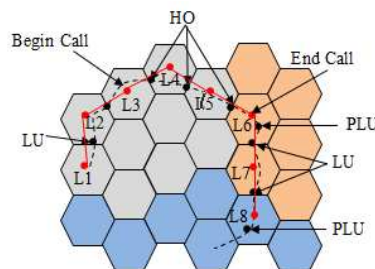
Data telepon seluler merupakan jejak digital yang ditinggalkan perangkat telepon seluler (*mobile station*) dan tercatat dalam sistem jaringan seluler. Informasi yang diberikan data telepon seluler secara umum, terdiri dari:

- User ID : nomor telepon pengguna seluler sebagai anonim
- Timestamp : waktu (tanggal, jam, menit, detik)
- LAC : *Location Area Code* mewakili lokasi pelayanan jaringan seluler

- CI : *Cell ID* mewakili radio/ antenna pemancar operator

Data telepon seluler yang dikumpulkan oleh operator seluler dibagi ke dalam 2 kategori, yaitu berdasarkan aktifitas (*event*) dan jaringan (*network*) (Calabrese, 2011). Dalam penelitian ini, data telepon seluler yang digunakan merupakan data berdasarkan jaringan (*network*) yang berisi informasi lokasi *Base Transceiver Station* (BTS) yang terhubung dengan perangkat telepon seluler (*mobile station*) dari waktu ke waktu selama kondisi aktif. Data ini dikumpulkan oleh operator dengan tujuan agar dapat memberikan pelayanan optimal kepada pengguna layanan seluler tersebut. Proses pencatatan data berdasarkan jaringan (*network*) ke dalam sistem jaringan seluler apabila terjadi aktifitas berikut ini:

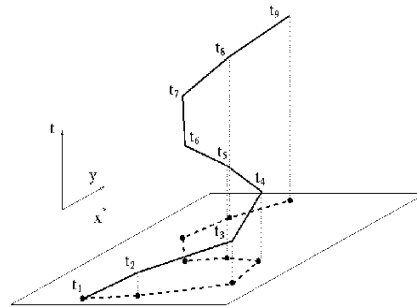
- *Hand Over* (HO): proses perubahan pelayanan/peng-handle-an sebuah *mobile station* dari suatu antenna BTS ke satu antenna BTS lain dikarenakan adanya pergerakan *mobile station* yang menjauhi antenna BTS awal dan mendekati antenna BTS baru. *Hand Over* hanya terjadi pada saat *mobile station* sedang melakukan hubungan dengan *mobile station* lain, misalnya panggilan telepon.
- *Location Update* (LU): sama halnya dengan HO tetapi terjadi pada saat *mobile station* sedang bebas (tidak melakukan *call*).
- *Periodic Location Update* (PLU): informasi lokasi pelayanan akan otomatis tercatat secara berkala dalam sistem jaringan seluler pada periode waktu tertentu yang ditentukan oleh operator, namun biasanya di atur setiap 2 jam.



Gambar 1 Lintasan Lokasi Perangkat Telepon Seluler (*Mobile Station*) Menggunakan Data Berdasarkan Jaringan (*Network*)

2. Trajectory Data

Perangkat telepon seluler (*mobile station*) meninggalkan jejak digital sebagai lintasan, yang menggambarkan pergerakan dari penggunaannya. Dimana akan menghasilkan jenis data baru yang disebut dengan lintasan objek bergerak atau yang disebut dengan *trajectory*. Dikutip dari *Introduction to Moving Data and Moving Object Databases*, (Bogorny & Shekhar, 2008): *Trajectory* data merupakan data yang direpresentasikan dengan kumpulan titik – titik yang terletak dalam ruang dan waktu tertentu atau yang disebut dengan data *spatio-temporal*. (Giannotti, 2007). $T = (t_1, x_1, y_1), \dots, (t_n, x_n, y_n) \Rightarrow$ Posisi pada waktu t_i dengan koordinat (x_i, y_i)



Gambar2 Trajectory Data

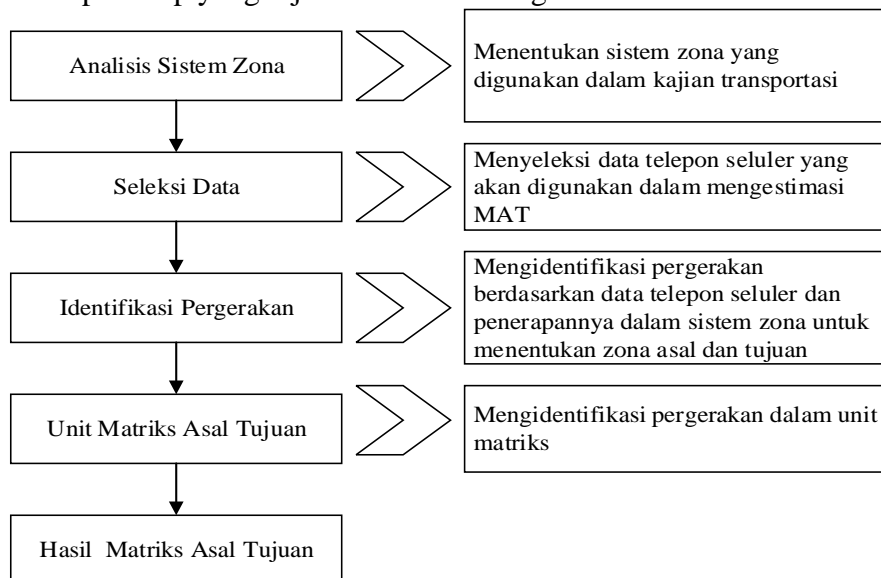
DATA DAN METODOLOGI

1. Data

Dalam penelitian ini, data utama yang dibutuhkan merupakan data telepon seluler. Dimana, data telepon seluler yang digunakan merupakan data **berdasarkan jaringan (network)** yang berisi informasi lokasi *Base Transceiver Station* (BTS) yang terhubung dengan perangkat telepon seluler (*mobile station*) dari waktu ke waktu pada saat kondisi aktif. Data yang dikumpulkan berasal dari nomor lokal *provider* seluler Telkomsel di Provinsi Bali selama 7 hari (1 minggu) pada bulan Oktober 2014 dengan total keseluruhan data sebanyak $\pm 1,7$ juta. Berdasarkan rekapitulasi data, diketahui bahwa data yang dikumpulkan selama 1 minggu ternyata memiliki kekurangan data, dimana ada data yang hilang pada jam tertentu. Hal ini dikarenakan ada data yang tidak tercatat ke dalam sistem pada jam tertentu. Disamping data telepon seluler, diperlukan juga data pendukung lain berupa data BTS Telkomsel dan data administrasi wilayah studi.

2. Pengolahan Data

Dalam mengestimasi MAT berdasarkan data seluler, tahap pengolahan data dibagi menjadi beberapa tahap yang dijelaskan dalam diagram alir berikut ini.



Gambar3 Tahap Pengolahan Data

a. Analisis Sistem Zona

Dalam penelitian ini, pembagian zona tidak hanya mengacu pada sistem pembagian wilayah secara administratif tapi juga dipengaruhi oleh keberadaan BTS (*Base Transceiver Station*) Telkomsel. Hal ini dikarenakan pergerakan orang yang terjadi

didasarkan pada informasi lokasi *Base Transceiver Station* (BTS) yang terhubung dengan perangkat telepon seluler (*mobile station*) dari waktu ke waktu pada saat kondisi aktif yang tercatat di dalam sistem *provider* seluler Telkomsel. Berdasarkan analisis sistem zona, batasan zona yang digunakan dalam penelitian ini meliputi batasan zona kabupaten/ kotadan zonakecamatan. Dimana, zonakabupaten/ kota terdiri dari 9 zona internal dan 3 zona eksternal. Sedangkan, zonakecamatan berasal dari 3 kabupaten/ kota yang memiliki tingkat kepadatan penduduk tertinggi, yaitu: Denpasar, Badung, dan Gianyar. Sehingga, terdapat 17 zona internal dan zona eksternal yang berasal dari kabupaten/ kota di luar Denpasar, Badung, dan Gianyar.

b. Seleksi Data Telepon Seluler

Seleksi data merupakan tahapan untuk menyaring data telepon seluler yang akan digunakan dalam mengestimasi MAT. Dimana, pengguna telepon seluler yang hanya memiliki 1 data yang tercatat dan berasal dari lokasi BTS yang sama dalam periode 1 hari dapat dinyatakan tidak melakukan pergerakan. Sehingga, data tersebut tidak dapat digunakan dalam mengestimasi MAT.

c. Identifikasi Pergerakan Berdasarkan Data Telepon Seluler

Pendekatan awal yang dilakukan untuk mengidentifikasi pergerakan dalam mengestimasi MAT berdasarkan data telepon seluler adalah membangun *trajectory* individu berdasarkan data lokasi BTS yang terhubung dengan perangkat telepon seluler (*mobile station*) yang diurutkan berdasarkan waktu (*temporal sequence*) untuk masing – masing pengguna telepon seluler yang direpresentasikan sebagai berikut:

$$L_u = (l_u^1, l_u^2, \dots, l_u^n)$$

L = lokasi BTS yang terhubung dengan perangkat telepon seluler (*mobile station*)

u = pengguna telepon seluler

Kemudian, lokasi BTS yang terhubung dengan perangkat telepon seluler (*mobile station*) untuk masing – masing pengguna telepon seluler didefinisikan ke dalam sistem zona. yang direpresentasikan sebagai berikut:

$$Z_u = (z_u^1, z_u^2, \dots, z_u^n)$$

Z = zona

u = pengguna telepon seluler

Selanjutnya, pergerakan dapat diidentifikasi dengan metode *trip – based*, dimana dari lintasan yang terbentuk pergerakan didefinisikan sebagai lintasan/ jalur yang terbentuk antara dua zona yang berbeda untuk tiap *trajectory* individu pengguna telepon seluler.

d. Unit Matriks Asal Tujuan

Matriks asal tujuan memberikan informasi mengenai pergerakan pada periode waktu tertentu. Dalam penelitian ini, berdasarkan analisis *cycle time* digunakan unit matriks tiap jam dan hari baik untuk MAT antar zonakabupaten/ kotamaupun antarkecamatan.

e. Hasil Matriks Asal Tujuan

Hasil akhir dari pengolahan data merupakan akumulasi trip yang bergerak dari zona asal dan menuju zona tujuan yang sama pada rentang waktu tertentu dari seluruh pengguna telepon seluler yang ditampilkan dalam bentuk matriks. Dalam penelitian ini, MAT

yang dihasilkan merepresentasikan pergerakan pengguna telepon seluler di Provinsi Bali dalam periode tiap jam dan harian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Total Pergerakan Antar Zona

Total pergerakan pengguna telepon seluler ($\sum_i \sum_d Tid$) merupakan jumlah pergerakan pengguna telepon seluler yang berasal dari zona asal atau jumlah pergerakan pengguna telepon seluler yang menuju zona tujuan.

Total pergerakan pengguna telepon seluler antar zona kabupaten/ kota ($\sum_i \sum_d Tid$) di Provinsi Bali dijelaskan pada tabel berikut ini.

Tabel 1 Rekapitulasi Total Pergerakan Pengguna Telepon Seluler Antar Zona Kabupaten/ Kota di Provinsi Bali

Hari/ Tanggal	Total Data Telepon Seluler yang Tercatat	$\sum_i \sum_d Tid$	Persentase
Senin, 6 Okt 2014	181.366	24.103	13,29%
Selasa, 7 Okt 2014	188.489	25.397	13,47%
Rabu, 8 Okt 2014	198.379	28.792	14,51%
Kamis, 9 Okt 2014	264.675	35.921	13,57%
Jumat, 10 Okt 2014	282.237	40.355	14,30%
Sabtu, 11 Okt 2014	314.554	48.160	15,31%
Minggu, 12 Okt 2014	310.577	46.879	15,09%
Jumlah	1.740.277	249.607	14,34%
Rata – rata	248.611	35.659	14,34%

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan tabel di atas, total pergerakan harian pengguna telepon seluler dalam jangka waktu 1 minggu antar zona kabupaten/ kota mencapai 249.607 trip dari total data telepon seluler yang tercatat sejumlah 1.740.277. Untuk total pergerakan harian rata – rata pengguna telepon seluler antar zona kabupaten/ kota di Provinsi Bali mencapai 35.659 trip/ hari dengan persentase sebesar 14,34%. Sedangkan, total pergerakan pengguna telepon seluler antar zona kecamatan dijelaskan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2 Rekapitulasi Total Pergerakan Pengguna Telepon Seluler Antar Zona Kecamatan di Provinsi Bali

Hari/ Tanggal	Total Data Telepon Seluler yang Tercatat	$\sum_i \sum_d Tid$	Persentase
Senin, 6 Okt 2014	181.366	44.837	24,72%
Selasa, 7 Okt 2014	188.489	46.804	24,83%
Rabu, 8 Okt 2014	198.379	48.842	24,62%
Kamis, 9 Okt 2014	264.675	67.055	25,33%
Jumat, 10 Okt 2014	282.237	73.586	26,07%
Sabtu, 11 Okt 2014	314.554	84.262	26,79%
Minggu, 12 Okt 2014	310.577	79.376	25,56%
Jumlah	1.740.277	444.762	25,56%
Rata – rata	248.611	63.538	25,56%

Sumber: Hasil Analisis

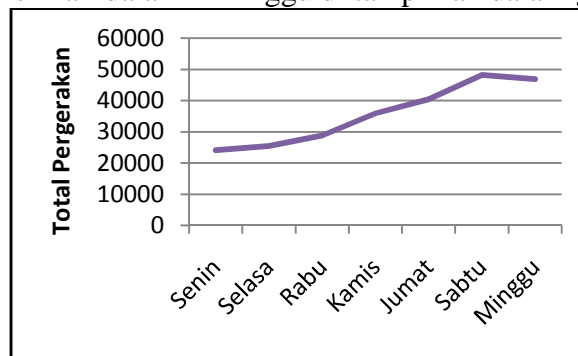
Tabel di atas menunjukkan total pergerakan harian pengguna telepon seluler dalam jangka waktu 1 minggu antar zona kecamatan mencapai 444.762 trip dari total data telepon seluler yang tercatat sejumlah 1.740.277. Untuk total pergerakan harian rata – rata

penggunateleponselulerantar zona kecamatan di Provinsi Bali mencapai 63.538trip/ hari dengan persentase sebesar 25,56%.

Berdasarkan penjelasan total pergerakan harianpenggunateleponseluler antar zona kabupaten/ kota dan zona kecamatan di atas, ada perbedaannya yang signifikan terkait total pergerakan yang terjadi. Dimana,hal ini sebenarnya menunjukkan bahwa total pergerakan di Provinsi Bali lebih didominasi oleh pergerakan antarzona kecamatan.

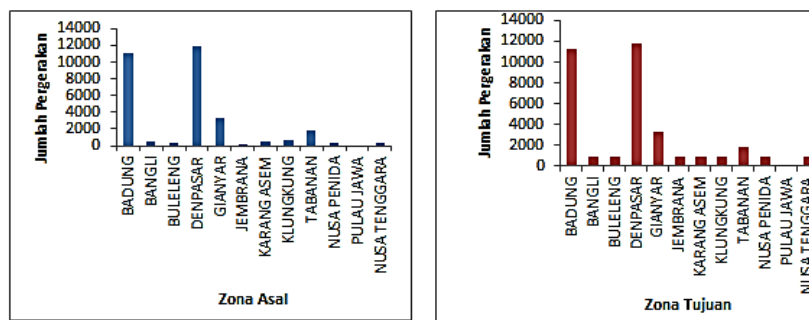
2.PergerakanHarian

Fluktuasi total pergerakan harian penggunateleponselulerantar zona kabupaten/ kota yang terjadi di Provinsi Bali dalam 1 minggu di tampilkan dalam grafik berikut ini.

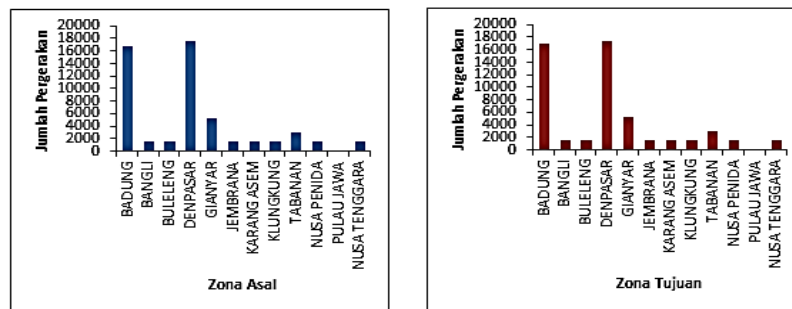


Gambar4Fluktuasi Total PergerakanHarianPenggunaTeleponSeluler diProvinsi Bali

Dari grafik di atas, dapatdiketahuibahwaterjadipeningkatanpergerakanpadaHariSeninhinggaSabtu, danmengalamisedikitpenurunan di HariMinggu.Iniartinya, puncakpergerakanpenggunateleponselulerdi Provinsi Bali berada di akhirpekan (*weekend*).Sedangkan, untukmengetahuipolabangkitandantaran di haribiasa (*weekday*) danakhirpekan (*weekend*) ditampilkandalamgrafikberikutini.

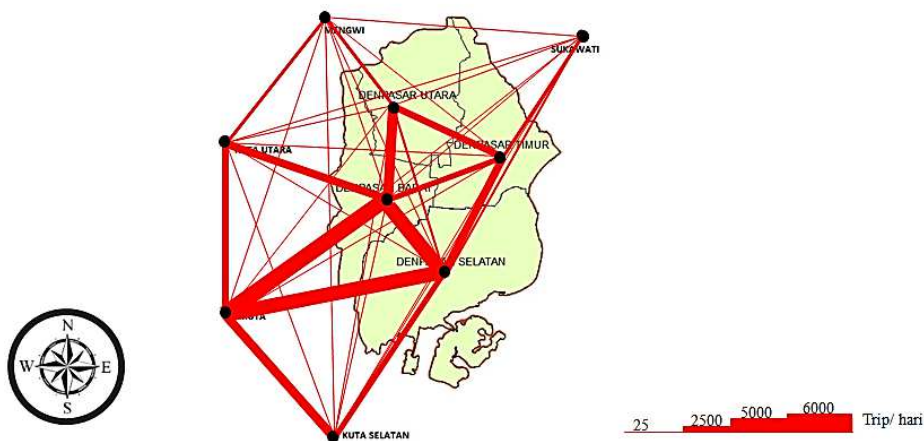


Gambar5JumlahPergerakanHarian Rata – rata PenggunaTeleponSeluler diHariBiasa (*Weekday*)



Gambar 6 Jumlah Pergerakan Harian Rata-rata Pengguna Telepon Seluler di Akhir Pekan (*Weekend*)

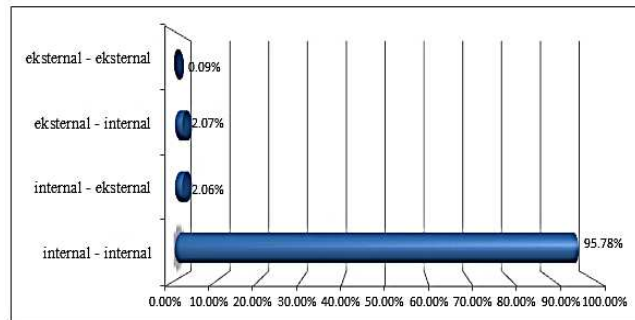
Grafik di atas menunjukkan bahwa, pola bangkitan dan tarikan pada hari biasan akhir pekan tidak memiliki perbedaan. Dimana, baik *weekday* maupun *weekend* didominasi pergerakan pengguna telepon seluler yang berasal dan menuju zona Denpasar, Badung, dan Gianyar. Hal ini sejalan dengan tingginya kepadatan penduduk di ketiga zona tersebut. Sedangkan, pergerakan antar zona kecamatan didominasi pergerakan di wilayah Denpasar dan wilayah sekitarnya yaitu, Kuta, Kuta Selatan, Kuta Utara, Mengwi, dan Sukawati yang digambarkan dalam *desire line* berikut ini.



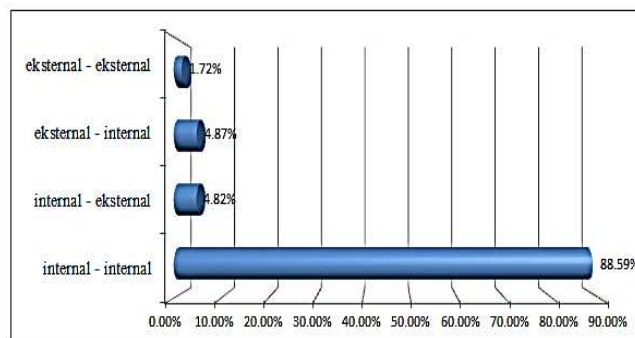
Gambar 7 *Desire Line* Pergerakan Pengguna Telepon Seluler Antar Zona Kecamatan di Kota Denpasar dan Wilayah Sekitarnya

3. Tipe Pergerakan

Berikut ini ditampilkan persentase masing – masing tipe pergerakan pengguna telepon seluler antar zona kabupaten/ kota dan zona kecamatan yang terjadi di Provinsi Bali.



Gambar 8 Tipe Pergerakan Pengguna Telepon Seluler Antar Zona Kabupaten/ Kota di Provinsi Bali

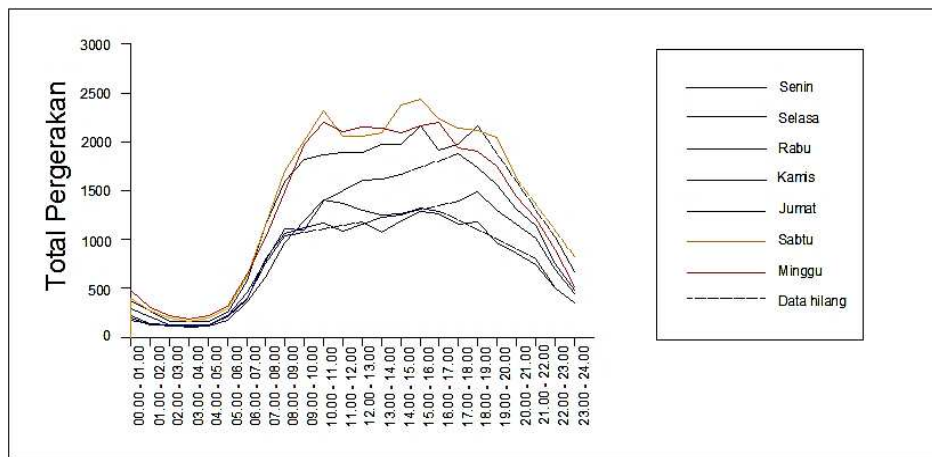


Gambar 9 Tipe Pergerakan Pengguna Telepon Seluler Antar Zona Kecamatan di Provinsi Bali

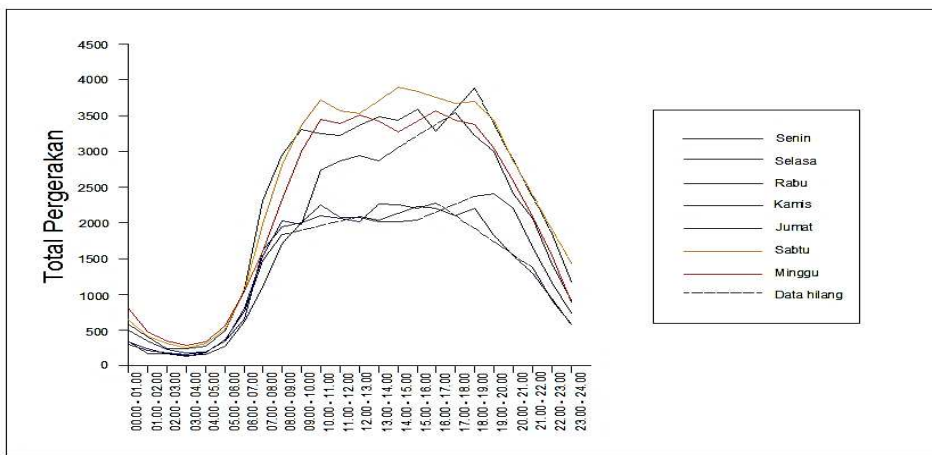
Berdasarkan grafik di atas, pergerakan pengguna telepon seluler baik antar zona kabupaten/ kota maupun zona kecamatan didominasi oleh pergerakan internal – internal. Pergerakan internal – internal antar zona kabupaten/ kota sebesar 95.78%, sedangkan pergerakan internal – internal antar zona kecamatan sebesar 88.59%. Hal ini dikarenakan data telepon seluler yang dijadikan sampel merupakan data yang berasal dari nomor lokal *provider* seluler Telkomsel Provinsi Bali, sehingga pergerakan yang dihasilkan merupakan pergerakan pengguna telepon seluler yang berasal dari penduduk lokal di Provinsi Bali itu sendiri. Disisi lain, diketahui bahwa Provinsi Bali memiliki potensi dalam bidang pariwisata sehingga pergerakan di Provinsi Bali tidak hanya berasal dari penduduk lokal tapi sangat dipengaruhi oleh pendatang atau wisatawan yang berkunjung ke Pulau Bali. Namun dalam penelitian ini, pergerakan yang berasal dari pendatang dan wisatawan tidak diperhitungkan.

4. Pergerakan Tiap Jam

Berdasarkan hasil analisis, fluktuasi total pergerakan pengguna telepon seluler antar zona kabupaten/ kota dan antar zona kecamatan tiap jam dalam 1 minggu yang terjadi di Provinsi Bali di tampilkan dalam grafik di bawah ini.



Gambar10Fluktuasi Total PergerakanPenggunaTeleponSeluler AntarZonaKabupaten/ Kota Tiap Jamdalam 1 Minggu



Gambar11Fluktuasi Total PergerakanPenggunaTeleponSeluler AntarZonaKecamatanTiap Jamdalam 1 Minggu

Grafik di atas menunjukkan pola pergerakan pengguna telepon seluler antar zona kabupaten/ kotadanantarzonakecamatan tiap jam dalam 1 minggu. Dimana, dikarenakan ada data yang hilang pada jam dan hari tertentu sehingga mempengaruhi masing – masing grafik total pergerakan tiap jam yang terbentuk. Namun, berdasarkan *trend* yang terbentuk, dapat diambil kesimpulan bahwa tidak terjadi perbedaan pola pergerakan pada hari biasa (*weekday*) maupun akhir pekan (*weekend*), baik total pergerakan tiap jam antar zona kabupaten/ kota maupun antar zona kecamatan.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan mengkaji estimasi Matriks Asal Tujuan (MAT) berdasarkan data telepon seluler yang informasi lokasi *Base Transceiver Station* (BTS) yang terhubung dengan perangkat telepon seluler (*mobile station*) dari waktu ke waktu selama kondisi aktif. Berdasarkan kajian yang dilakukan, mengestimasi MAT berdasarkan data telepon seluler adalah hal yang mungkin dilakukan dengan biaya yang lebih murah dibandingkan metode konvensional. Namun, ada beberapa hal yang menjadi keterbatasan dalam mengestimasi MAT berdasarkan data telepon seluler dalam penelitian ini. Dimana, pembagian zona dalam pembentukan MAT berdasarkan wilayah administratif pemerintahan akan mengurangi tingkat akurasi

informasi lokasi BTS dalam data seluler di wilayah perbatasan zona. Hal ini disebabkan, ada kemungkinan pengguna teleponseluler yang berada di wilayah perbatasan teridentifikasi oleh sinyal antena BTS di zona lain yang memiliki jarak lebih dekat dan sinyal yang lebih kuat.

Selain itu, lokasi dengan kerapatan BTS yang tinggi akan mempengaruhi jumlah data telepon seluler yang tercatat, dimana pengguna teleponseluler yang melakukan kegiatan di wilayah dengan kerapatan BTS yang tinggi akan memiliki jumlah data telepon seluler yang tercatat sangat tinggi dikarenakan sering terjadinya perpindahan antena BTS. Jumlah data telepon seluler yang tercatat masing – masing pengguna teleponseluler juga dipengaruhi oleh keaktifan telepon seluler karena data telepon seluler hanya akan tercatat ke dalam sistem jaringan seluler di saat telepon seluler dalam keadaan aktif.

Mengestimasi MAT berdasarkan telepon seluler dari 1 *provider* seluler yang berasal dari nomor lokal suatu wilayah akan menghasilkan MAT yang tidak mempertimbangkan pergerakan yang ditimbulkan oleh pendatang atau wisatawan yang berkunjung ke wilayah tersebut. Selain itu, MAT yang dihasilkan merupakan MAT *trip based* yang belum mencerminkan MAT yang digunakan dalam kajian transportasi. Sehingga, diperlukan *scaling factor* untuk mendapatkan *Actual* MAT yang dapat digunakan dalam kajian transportasi.

REKOMENDASI PENELITIAN SELANJUTNYA

Dalam rangka meningkatkan hasil yang lebih baik untuk penelitian topik ini dimasa mendatang, maka disarankan untuk mempertimbangkan kepadatan penduduk, kerapatan BTS, dan BTS yang berada di lokasi perbatasan dalam menentukan sistem zona. Dimana, dalam penelitian ini penentuan zona hanya berdasarkan wilayah administrasi dan ada tidaknya BTS di zona tersebut. Selain itu, disarankan untuk menggunakan informasi data telepon seluler dari berbagai jenis *provider* seluler yang memiliki jaringan seluler di wilayah studi untuk menangkap seluruh pergerakan yang terjadi di wilayah studi baik yang berasal dari penduduk lokal, pendatang, maupun wisatawan.

Disamping itu, penelitian ini menghasilkan MAT pengguna telepon seluler sehingga diperlukan *scaling factor* yang dapat mengkonversi MAT pengguna telepon seluler ke dalam bentuk *Actual* MAT agar dapat digunakan dalam kajian transportasi. *Scaling factor* untuk mengkonversi MAT pengguna telepon seluler menjadi *Actual* MAT bisa didapatkan dengan melakukan simulasi arus lalu lintas menggunakan MAT pengguna telepon seluler, jaringan jalan, dan karakteristik sosio – ekonomi. Arus lalu lintas hasil simulasi dibandingkan dengan arus lalu lintas yang diperoleh melalui *traffic count*. Kemudian, dilakukan optimasi untuk mendapatkan *scaling factor* dengan meminimalkan perbedaan arus lalu lintas hasil simulasi dengan *traffic count*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bali Dalam Angka 2014. Badan Pusat Statistik.
- Bogorny, Vania & Shashi Shekhar. 2008. *Introduction to Moving Data and Moving Object Databases*. Power Point. Tutorial on Spatial and Spatio – Temporal Data Mining (SBBDD – 2008)
- Calabrese, F. 2011. Urban Sensing Using Mobile Phone Data. UbiComp 2011 Tutorials, 13th ACM International Conference on Ubiquitous Computing. Beijing, China.

- Papacharalampous, Alexandros. E., 2014. *Aggregated GSM Data in Origin Destination Studies*. Transport and Planning Departement, Civil Engineering and Geosciences Faculty of Technical University of Deflt..Deflt.
- Peta Statistik Indonesia 2014. Badan Pusat Statistik.
- Rajna, Botond. 2014. *Mobility Analysis with Mobile Phone Data*. Departement of Science and Technology, Linköping University. Sweden.
- Zhang, Yi, Xiao Qin, Shen Dong, Bin Ran. 2010. *Daily O – D Matrix Estimation using Cellular Probe Data*. Paper. Transportation Research Board Annual Meeting. Washington. D.C, USA.