

# ANALISIS POLA PERGERAKAN BERDASARKAN ESTIMASI MATRIKS ASAL TUJUAN MENGGUNAKAN DATA TELEPON SELULER (STUDI KASUS PROVINSI BALI)

**Revy Safitri**

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung

Email: [revy.safitri@gmail.com](mailto:revy.safitri@gmail.com)

## ABSTRAK

*Pola pergerakan merupakan suatu hal yang penting untuk dipahami dalam penanganan masalah transportasi. Dimana, pola pergerakan sendiri dapat digambarkan menggunakan Matriks Asal Tujuan. Matriks Asal Tujuan adalah matriks berdimensi dua yang berisi informasi mengenai besarnya pergerakan antarlokasi (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 menganalisis pola pergerakan di suatu wilayah dengan mengestimasi MAT menggunakan 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. Kemudian, hasil estimasi MAT berdasarkan data telepon seluler akan menunjukkan pola pergerakan harian pengguna telepon seluler di wilayah Provinsi Bali. Berdasarkan hasil analisis pola pergerakan di Provinsi Bali, dapat diketahui bahwa puncak pergerakan terjadi di akhir pekan (weekend) yang didominasi pergerakan di wilayah Denpasar dan wilayah sekitarnya yang meliputi, Kuta, Kuta Selatan, Kuta Utara, Mengwi, dan Sukawati. Selanjutnya, dalam rangka meningkatkan hasil yang lebih baik untuk penelitian sejenis dimasa mendatang, diberikan beberapa rekomendasi yang dapat dipertimbangkan.*

**Kata kunci:** *Pola Pergerakan, Matriks Asal Tujuan, Data Telepon Seluler*

## PENDAHULUAN

Dalam penanganan masalah transportasi, salah satu usaha yang penting untuk dilakukan yaitu memahami pola pergerakan yang terjadi di wilayah kajian. Dimana, pola pergerakan dalam sistem transportasi sering dijelaskan dalam bentuk arus pergerakan (kendaraan, penumpang, dan barang) yang bergerak dari zona asal ke zona tujuan di dalam daerah tertentu

dan selama periode waktu tertentu. Pola pergerakan dapat digambarkan menggunakan Matriks Asal Tujuan.

Matriks Asal Tujuan (MAT) adalah matriks berdimensi dua yang berisi informasi mengenai besarnya pergerakan antarlokasi (zona) di dalam daerah tertentu. Dimana, jika suatu MAT dibebankan ke suatu sistem jaringan transportasi maka akan menghasilkan arus pergerakan yang

menggambarkan pola pergerakan di daerah tersebut. 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, terjadi kemajuan teknologi yang sangat pesat dibidang telekomunikasi yang kemudian menarik perhatian para peneliti untuk mengembangkan metode baru dalam mengestimasi MAT dengan memanfaatkan data telepon seluler. 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 lainnya diketahui bahwa pemanfaatan data seluler memiliki potensi yang besar dalam mengestimasi MAT. (Zhang dkk, 2010, Papacharalampous, 2014. Rajna. 2014)

Penelitian ini mencoba menganalisis pola pergerakan yang terjadi di Provinsi Bali dengan mengestimasi MAT menggunakan data telepon seluler. 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

### Data Telepon Seluler

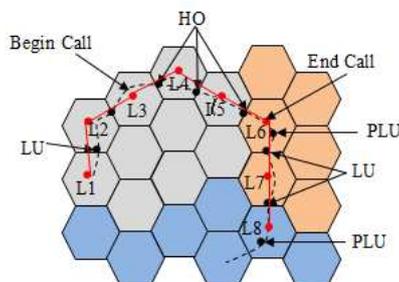
Data telepon seluler merupakan jejak digital yang ditinggalkan perangkat telepon seluler (*mobile station*) dan tercatat dalam sistem jaringan seluler. Informasi yang diberikan data telepon seluler secara umum, terdiri dari:

- 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/ antena 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 antena BTS ke satu antena BTS lain dikarenakan adanya pergerakan *mobile station* yang menjauhi antena BTS awal dan mendekati antena 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.



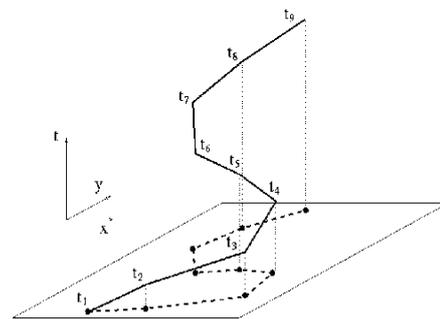
Gambar 1. Lintasan lokasi perangkat telepon seluler (*mobile station*) menggunakan data berdasarkan jaringan (*network*)

### Trajectory Data

Perangkat telepon seluler (*mobile station*) meninggalkan jejak digital sebagai lintasan, yang menggambarkan pergerakan dari penggunaanya. 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  $(x_i, y_i)$



Gambar 2. *Trajectory* data

### DATA DAN METODOLOGI

#### Data

Dalam penelitian ini, semua data yang digunakan merupakan jenis data sekunder. Dimana, data utama yang dibutuhkan dalam penelitian ini merupakan data telepon seluler. Data telepon seluler yang digunakan merupakan merupakan data berdasarkan jaringan (*network*) yang berisi informasi lokasi *Base Transceiver Station* (BTS) yang terhubung dengan perangkat telepon seluler (*mobile station*)

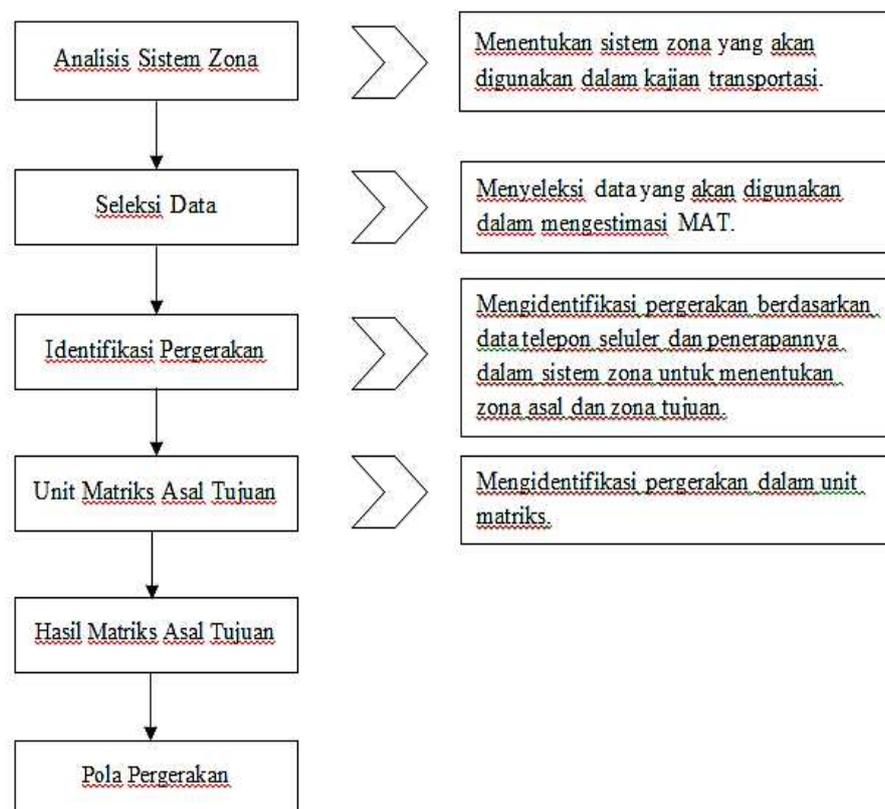
dari waktu ke waktu pada saat kondisi aktif.

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.

### Pengolahan Data

Tahap pengolahan data merupakan tahap yang dilakukan setelah seluruh data dikumpulkan. Dalam penelitian ini, untuk menganalisis pola pergerakan yang terjadi dilakukan dengan mengestimasi MAT menggunakan data telepon seluler. Dimana, tahap pengolahan datanya dibagi menjadi beberapa tahap yang dijelaskan dalam diagram alir di bawah ini.



Gambar 3. Tahap pengolahan data

#### a. Analisis Sistem Zona

Pembagian zona dalam kajian transportasi biasa dilakukan dengan mengacu pada sistem pembagian wilayah secara administratif pemerintahan, yaitu kabupaten/ kota, kecamatan, dan kelurahan/ desa. 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, batas zona yang digunakan dalam penelitian ini meliputi batas zona Kabupaten/ Kota dan zona kecamatan. Dimana, zona kabupaten/ kota terdiri dari 9 zona internal dan 3 zona eksternal. Sedangkan, zona kecamatan 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 dapat dinyatakan tidak melakukan pergerakan. Sehingga, data yang berasal dari pengguna telepon tersebut tidak dapat digunakan dalam mengestimasi MAT. Selain itu, data telepon seluler dari pengguna telepon seluler yang berasal dari lokasi BTS yang sama dalam periode 1 hari juga tidak dapat digunakan dalam mengestimasi MAT. Sama hal dengan sebelumnya, pengguna telepon seluler dengan lokasi BTS yang sama dapat dinyatakan tidak melakukan pergerakan.

#### c. Identifikasi Pergerakan Berdasarkan Data Telepon Seluler

Pendekatan awal yang dilakukan untuk mengidentifikasi pergerakan dalam mengestimasi MAT berdasarkan data telepon seluler adalah dengan 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

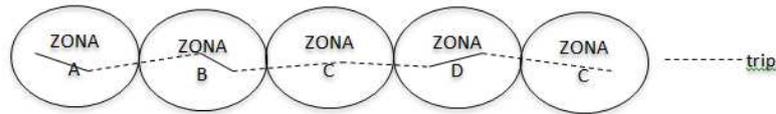
Kemudian, lokasi BTS yang terhubung dengan perangkat telepon seluler (*mobile station*) untuk masing – masing pengguna telepon seluler didefinisikan ke dalam sistem zona. yang direpresentasikan sebagai berikut:

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

$Z$  = zona

$u$  = pengguna telepon seluler

Selanjutnya, pergerakan dapat diidentifikasi dengan metode *trip – based*, dimana dari lintasan yang terbentuk pergerakan didefinisikan sebagai lintasan/ jalur antara dua zona yang berbeda untuk tiap *trajectory* individu pengguna telepon seluler. Dalam penentuan zona asal dan zona tujuan, dibedakan berdasarkan waktu (*temporal*), dimana zona yang lebih dulu dikunjungi disebut sebagai zona asal dan zona berikutnya sebagai zona tujuan.



Gambar 4. Ilustrasi pergerakan berdasarkan zona

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 harian baik untuk MAT antar zona kabupaten/ kota maupun antar kecamatan.

e. Hasil Matriks Asal Tujuan

Hasil matriks asal tujuan merupakan akumulasi trip yang bergerak dari zona asal dan menuju zona tujuan yang sama pada rentang waktu tertentu dari seluruh pengguna telepon seluler.

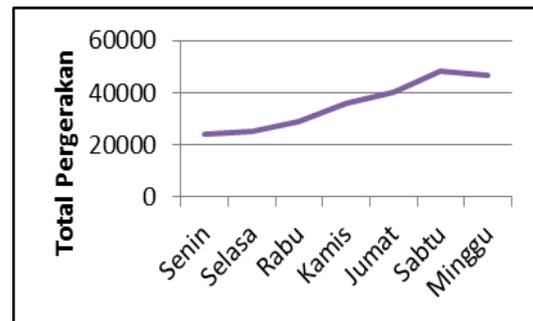
f. Pola Pergerakan

Hasil akhir dari penelitian ini berupa gambaran pola pergerakan yang terjadi di Provinsi Bali yang diperoleh dari hasil estimasi matriks asal tujuan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

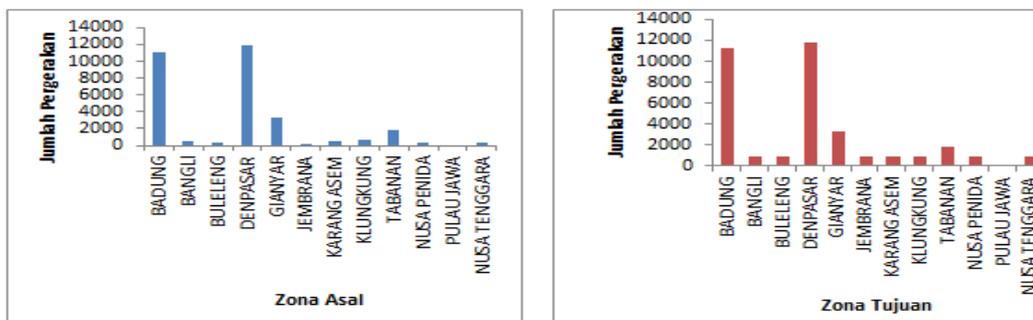
Berdasarkan hasil analisis, fluktuasi total pergerakan harian pengguna telepon

seluler antar zona kabupaten/ kota yang terjadi di Provinsi Bali dalam 1 minggu di tampilkan dalam grafik di bawah ini.

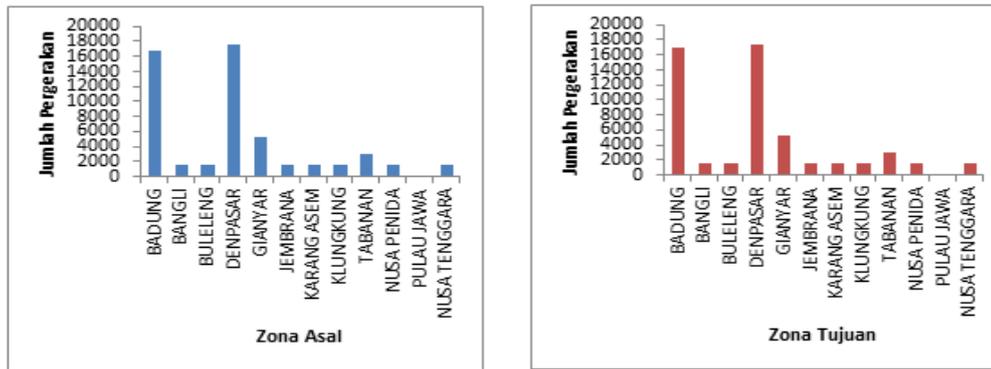


Gambar 5. Fluktuasi total pergerakan harian pengguna telepon seluler di provinsi bali

Dari grafik di atas, dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan pergerakan pada Hari Senin hingga Sabtu, dan mengalami sedikit penurunan di Hari Minggu. Ini artinya, puncak pergerakan pengguna telepon seluler di Provinsi Bali berada di akhir pekan (*weekend*). Sedangkan, untuk mengetahui pola bangkitan dan tarikan di hari biasa (*weekday*) dan akhir pekan (*weekend*) ditampilkan dalam grafik berikut ini.



Gambar 6. Jumlah pergerakan harian rata – rata pengguna telepon seluler di hari biasa (*weekday*)



Gambar 7. Jumlah pergerakan harian rata – rata pengguna telepon seluler di akhir pekan (*weekend*)

Grafik di atas menunjukkan bahwa, pola bangkitan dan tarikan pada hari biasa dan 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. Selanjutnya, pergerakan pengguna telepon seluler antar zona kecamatan yang mendominasi pergerakan di wilayah Denpasar, Badung, dan Gianyar ditampilkan pada tabel di berikut ini.

Tabel 1. Pergerakan pengguna telepon seluler yang mendominasi antar zona kecamatan

No	Asal	Tujuan	Tid (trip)	Persentase
1	Denpasar Barat	Kuta	2.872	4,51%
2	Kuta	Denpasar Barat	2.831	4,44%
3	Denpasar Selatan	Denpasar Barat	2.789	4,38%
4	Denpasar Selatan	Kuta	2.761	4,33%
5	Denpasar Barat	Denpasar Selatan	2.658	4,17%
6	Kuta	Denpasar Selatan	2.586	4,06%
7	Denpasar Barat	Denpasar Utara	1.986	3,12%
8	Denpasar Utara	Denpasar Barat	1.914	3,00%
9	Kuta	Kuta Selatan	1.766	2,77%
10	Kuta Selatan	Kuta	1.711	2,69%
11	Kuta Utara	Denpasar Barat	1.480	2,32%
12	Denpasar Timur	Denpasar Selatan	1.447	2,27%
13	Denpasar Barat	Kuta Utara	1.430	2,24%
14	Denpasar Selatan	Denpasar Timur	1.328	2,08%
15	Denpasar Utara	Denpasar Timur	1.294	2,03%
16	Denpasar Timur	Denpasar Utara	1.228	1,93%
17	Kuta Utara	Kuta	1.220	1,91%
18	Kuta	Kuta Utara	1.157	1,82%

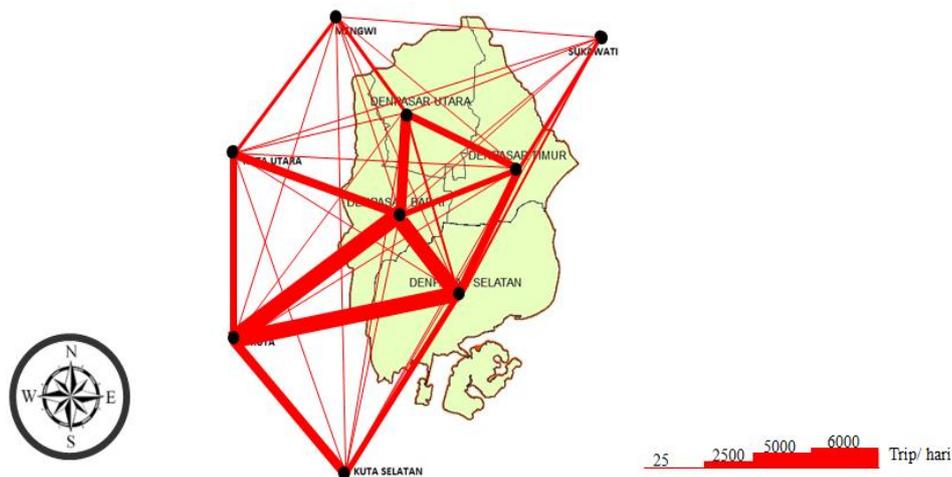
19	Kuta Selatan	Denpasar Selatan	1.124	1,76%
20	Denpasar Selatan	Kuta Selatan	1.084	1,70%
21	Denpasar Timur	Denpasar Barat	997	1,56%
22	Denpasar Barat	Denpasar Timur	985	1,55%
23	Mengwi	Kuta Utara	758	1,19%
24	Denpasar Timur	Sukawati	696	1,09%
25	Sukawati	Denpasar Timur	696	1,09%
26	Kuta Utara	Mengwi	682	1,07%

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan tabel di atas, dapat disimpulkan pergerakan pengguna telepon seluler antar zona kecamatan di Provinsi Bali didominasi pergerakan di wilayah Denpasar dan wilayah sekitarnya yaitu, Kuta, Kuta Selatan, Kuta Utara, Mengwi, dan Sukawati. Dimana, pergerakan terbesar terjadi antara Denpasar Barat – Kuta dan sebaliknya dengan 2.872 dan 2.831 trip atau dengan persentase 4,51% dan 4,44% dari total pergerakan pengguna telepon

seluler antar zona kecamatan di wilayah Denpasar, Badung, Gianyar, dan zona eksternal.

Selain itu, pola pergerakan dapat dijelaskan secara visual dalam garis keinginan (*desire line*). *Desire line* pergerakan pengguna telepon seluler antar zona Denpasar dan wilayah sekitarnya yang meliputi Kuta, Kuta Selatan, Kuta Utara, Mengwi, dan Sukawati ditampilkan seperti gambar berikut ini.



Gambar 8. *Desire Line* pergerakan pengguna telepon seluler antar zona kecamatan di Kota Denpasar dan wilayah sekitarnya

## KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan menganalisis pola pergerakan di suatu wilayah dengan mengestimasi MAT menggunakan 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. Berdasarkan hasil analisis pola pergerakan di Provinsi Bali dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa puncak pergerakan terjadi di akhir pekan (*weekend*) yang didominasi pergerakan di wilayah Denpasar dan wilayah sekitarnya yang meliputi, Kuta, Kuta Selatan, Kuta Utara, Mengwi, dan Sukawati. Dimana, pergerakan terbesar terjadi antara Denpasar Barat – Kuta dan sebaliknya dengan 2.872 dan 2.831 trip atau dengan persentase 4,51% dan 4,44% dari total pergerakan pengguna telepon seluler antar zona kecamatan di wilayah Denpasar, Badung, Gianyar, dan zona eksternal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bogorny, Vania & Shashi Shekhar. 2008. *Introduction to Moving Data and Moving Object Databases*. Power Point. Tutorial on Spatial and Spatio – Temporal Data Mining (SBBD – 2008)
- Calabrese, F. 2011. Urban Sensing Using Mobile Phone Data. UbiComp 2011 Tutorials, 13<sup>th</sup> 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.
- Tamin, Ofyar Z. 2008. *Perencanaan, Pemodelan, & Rekayasa Transportasi*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- 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.

<http://bps.go.id/>

<http://bali.bps.go.id/>

<http://www.mobileindonesia.net>