

PEMETAAN PERGERAKAN MASYARAKAT KABUPATEN ROKAN HULU PROVINSI RIAU DENGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)

Fitra Ramdhani

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Abdurrah

Jl. Riau Ujung No.73 Pekanbaru, Riau

E-Mail : fitra.ramdhani@univrab.ac.id

ABSTRAK

Kabupaten Rokan Hulu merupakan sebuah kabupaten hasil pemekaran Kabupaten Kampar yang beribu kota di Pasir Pangaraian, Provinsi Riau. Pembangunan transportasi pada daerah ini harus mampu menunjang upaya pemerataan dan penyebaran pembangunan daerah. Kebutuhan akan pergerakan selalu menimbulkan permasalahan, khususnya pada saat orang ingin bergerak untuk tujuan yang sama di dalam daerah tertentu dan pada saat yang bersamaan pula. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya estimasi sebaran pergerakan masyarakat di Kabupaten Rokan Hulu dengan memahami pola pergerakan menggunakan metode sintesis (interaksi spasial) yang biasa disebut model *gravity* (GR) dalam bentuk Matrik Asal Tujuan (MAT) dan garis keinginan (*desire line*) dengan System Informasi Geografis (SIG). Sebaran pergerakan dilakukan dengan membagi Kabupaten Rokan Hulu menjadi 16 zona. Analisis sebaran pergerakan menggunakan Model *Gravity* dengan Batasan-Bangkitan-Tarikan (PACGR). Sebaran pergerakan terbesar yang terjadi di Kabupaten Rokan Hulu sebesar 75% berbasis pergerakan internal dan 25 % berbasis pergerakan antar zona. Sebaran pergerakan antar zona terbesar yang terjadi di Kecamatan Pendalihan IV Koto yang mempunyai tujuan pergerakan ke kecamatan Rokan IV Koto. Sebaran pergerakan terbesar yang terjadi untuk Kecamatan Rambah Samo, Kunto Darussalam dan Pagaran Tapah mempunyai tujuan pergerakan ke kecamatan Ujung Batu. Hal ini dikarenakan Kecamatan Ujung Batu merupakan pusat industri dan perdagangan di Kabupaten Rokan Hulu

Kata-kata kunci : Sebaran Pergerakan, Model Gravity, Matrik Asal Tujuan (MAT), System Informasi Geografis (SIG)

ABSTRACT

Rokan Hulu is a regency from region expansion of Kampar Regency with Pasir Pangaraian as a capital of regency, Riau Province. Transportation Development in this area should be able to support distribution and dissemination of regional development. The need for movement always creates of problems, especially when people want to move for same purpose in certain area at the same time. This research aims to determine the magnitude of estimated distribution movement in Rokan Hulu by knowing movement pattern using synthetic method (spatial interaction) called gravity model (GR) in Destination Origin Matrices (MAT) and desire line with Geographic Information Systems (GIS). Movement Distribution is performed with dividing Rokan Hulu into 16 zones. Movement analysis distribution using Gravity Model with trip generation and trip attraction (PACGR). The largest distribution of movement in Rokan Hulu is 75% based on internal movement and 25% based on inter-zone movement. The largest Distribution of inter-zone movement that occurred in Pendalihan IV Koto District which has purpose of movement to Rokan IV Koto District. The largest distribution of movement occurred for Rambah Samo, Kunto Darussalam and Pagaran Tapah District has purpose of movement to Ujung Batu District. This is because Ujung Batu District is center of industry and commerce in Rokan Hulu.

Key words: *Distribution Of Movement, Gravity Models, Destination Origin Matrices (O-D Matrix), Geographic Information Systems (GIS)*

PENDAHULUAN

Rokan Hulu adalah salah satu Kabupaten di Provinsi Riau yang beribu kota di Pasir Pangaraian. Kabupaten Rokan Hulu merupakan sebuah kabupaten hasil pemekaran Kabupaten Kampar, yang berdiri pada tanggal 12 Oktober 1999 berdasarkan UU Nomor 53 tahun 1999 dan UU No 11 tahun 2003 tentang perubahan UU RI No 53 tahun 1999. Pembangunan transportasi

harus mampu menunjang upaya pemerataan dan penyebaran pembangunan, pertumbuhan ekonomi serta stabilitas daerah di Kabupaten Rokan Hulu. Hal ini dikarenakan jaringan transportasi yang semakin berkembang luas dan semakin meningkatnya kebutuhan mobilitas manusia dan barang serta tuntutan peningkatan kualitas pelayanan di masa yang akan datang.

Pergerakan merupakan aktivitas yang kita lakukan sehari-hari dengan berbagai macam alasan dan tujuan. Pada prinsipnya seseorang melakukan pergerakan untuk memenuhi kebutuhan hidup yang tidak dapat dipenuhi di tempat tinggalnya. Hal ini menyebabkan terjadinya suatu pergerakan dalam proses pemenuhan kebutuhan tersebut. Jika kebutuhan akan pergerakan yang terjadi besar maka kapasitas jaringan transportasi harus dapat menampung kebutuhan akan pergerakan tersebut.

Kebutuhan akan pergerakan selalu menimbulkan permasalahan, khususnya pada saat orang ingin bergerak untuk tujuan yang sama di dalam daerah tertentu dan pada saat yang bersamaan pula. Kemacetan, keterlambatan, polusi suara dan udara adalah beberapa permasalahan yang timbul akibat adanya pergerakan. Salah satu usaha untuk dapat mengatasinya adalah dengan memahami pola pergerakan yang akan terjadi, misalnya dari mana dan hendak ke mana, besarnya, dan kapan terjadinya. Informasi jarak, waktu, biaya, atau kombinasi ketiganya digunakan sebagai ukuran aksesibilitas (kemudahan). Adapun pengertian dari pola pergerakan dalam sistem transportasi dijelaskan dalam bentuk arus pergerakan (baik kendaraan, penumpang atau barang) yang bergerak dari zona asal ke zona tujuan di dalam daerah tertentu dan selama periode tertentu.

Sebaran pergerakan yang terjadi menghubungkan interaksi antara tata guna lahan, jaringan transportasi dan arus lalu lintas. Sebaran pergerakan merupakan salah satu tahapan dalam Model Perencanaan Transportasi. Pada tahapan ini, jumlah pergerakan yang dibangkitkan dari suatu zona asal atau yang tertarik ke suatu zona tujuan akan disebarkan pada setiap zona asal dan tujuan yang ada. Pola sebaran arus lalu lintas antara zona asal i ke zona tujuan d adalah hasil dari dua hal yang terjadi secara bersamaan. Distribusi perjalanan atau pergerakan tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk matriks asal tujuan (MAT) maupun dengan diagram garis keinginan (*desire line*). Pola pergerakan dapat dihasilkan

jika suatu MAT dibebankan ke suatu system jaringan transportasi. MAT dapat memberikan indikasi rinci mengenai kebutuhan akan pergerakan sehingga MAT memegang peran yang sangat penting dalam berbagai kajian perencanaan dan manajemen transportasi, sedangkan garis keinginan membantu dalam memberikan gambaran arah atau orientasi pergerakan tersebut.

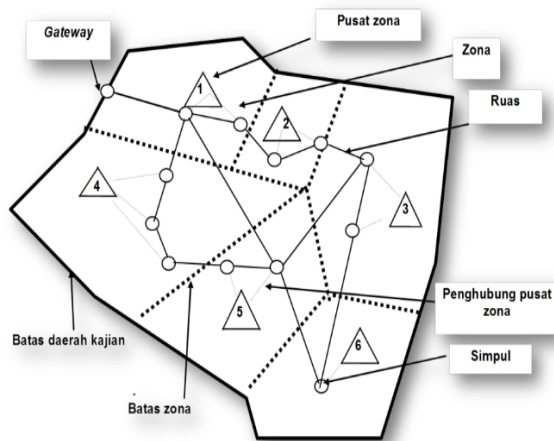
Sebaran pergerakan Kota Manado dengan menggunakan Metode sintesis gravity dua batasan menghasilkan distribusi perjalanan terbesar masyarakat di Kota Manado adalah pergerakan menuju ke zona 9 (Kecamatan Wenang) yaitu sebesar 36,64% ini dikarenakan Kecamatan Wenang merupakan pusat kegiatan Kota Manado, pergerakan yang terbesar kedua adalah pergerakan menuju ke zona 2 (Kecamatan Malalayang) yaitu sebesar 18,02 %, dan pergerakanyang terbesar ketiga adalah pergerakan menuju ke zona 4 (Kecamatan Sario) yaitu sebesar 14,27% dan bangkitan terbesar berada pada zona 8 (Kecamatan Wanea) yaitu sebesar 11,87% (Wayongkere, V. dan Ferdinandus, R.R.J., 2012). Dengan metode gravity, dilakukan juga penelitian di Kabupaten Rokan Hulu untuk mengetahui besarnya estimasi sebaran pergerakan yang terjadi dengan menggunakan metode sintesis (interaksi spasial) yang biasa disebut model *gravity* (GR) dalam bentuk Matriks Asal Tujuan dan garis keinginan (*desire line*) dalam System Informasi Geografis (SIG).

Daerah kajian

Daerah kajian adalah suatu daerah geografis yang di dalamnya terletak semua zona asal dan zona tujuan yang diperhitungkan dalam model kebutuhan akan transportasi. (Tamin, 2014).

Gambar 1. melukiskan sistem jaringan jalan suatu daerah kajian yang terdiri dari jalan satu arah masing-masing mencerminkan satu ruas jalan atau pergerakan membelok di persimpangan dan berakhir pada titik ujung masing-masing yang disebut simpul. Sistem jaringan transportasi dicerminkan dalam bentuk ruas dan simpul yang

semuanya dihubungkan ke pusat zona. Hambatan pada setiap ruas jalan dinyatakan dengan jarak, waktu tempuh atau biaya gabungan. Nilai tersebut kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan total hambatan untuk setiap zona asal dan tujuan. Semua ini dapat dinyatakan dalam bentuk matrik.



Gambar 1. Daerah kajian sederhana dengan definisinya

Sumber : Tamin, 2014

Zona merupakan sebidang tanah yang mempunyai satu kegiatan saja. Segitiga pada gambar di atas merupakan pusat zona. Pusat zona diasumsikan sebagai tempat dimana pergerakan dimulai dari zona tersebut dan tempat ke mana pergerakan tersebut akan berakhir. Daerah Kajian pada penelitian ini yaitu Kabupaten Rokan Hulu dengan setiap kecamatan diasumsikan sebagai zona.

Sebaran pergerakan

Sebaran adalah interaksi antara tata guna lahan, jaringan transportasi dan arus lalu lintas. Ketiga aspek inilah yang memengaruhi seseorang dalam melakukan perjalanan dalam rangka memenuhi kebutuhannya. Akibatnya, tercipta pola spasial arus lalu lintas yang merupakan fungsi dari tata guna lahan dan sistem jaringan transportasi. Sedangkan sebaran pergerakan merupakan proses menghitung jumlah pergerakan yang terjadi antara satu zona dengan semua zona lainnya dalam daerah kajian. Bentuk pola sebaran dituangkan dalam Matriks Asal Tujuan (MAT) seperti pada **Tabel 1**. Model sebaran pergerakan berfungsi

untuk memberikan peramalan atas besarnya lalu-lintas dengan informasi daerah asal dan daerah tujuan dari pergerakan tersebut. Selain itu juga bertujuan untuk mendistribusikan atau mengalokasikan jumlah perjalanan yang berasal dari setiap zona dan diantara seluruh zona tujuan yang memungkinkan.

Matrik asal tujuan (MAT)

MAT adalah matrik berdimensi dua yang berisi informasi mengenai besarnya pergerakan antarlokasi (zona) dalam daerah tertentu. Baris menyatakan zona asal dan kolom menyatakan zona tujuan, sehingga sel matriksnya menyatakan besarnya arus dari zona asal ke zona tujuan. Jumlah pergerakan yang dibangkitkan dari suatu zona asal *i* tersebut (O_i) harus sama dengan jumlah pergerakan yang berasal dari zona asal *i* tersebut yang menuju ke setiap zona tujuan *d* (D_d). Sebaliknya, jumlah pergerakan yang tertarik ke suatu zona tujuan *d* (D_d) harus sama dengan total pergerakan yang menuju ke zona *d* tersebut yang berasal dari setiap zona asal *i* (O_i). Kedua batasan ini ditunjukkan pada persamaan (1) berikut:

$$O_i = \sum_{d=1}^N T_{id} ; D_d = \sum_{i=1}^N T_{id} \quad (1)$$

- O_i = jumlah pergerakan yang berasal dari zona asal *i*
- D_d = jumlah pergerakan yang menuju ke zona tujuan *d*
- T_{id} = pergerakan dari zona asal *i* ke zona tujuan *d*
- T = total matriks
- N = jumlah zona

Jika MAT yang dihasilkan memenuhi kedua batasan (1), model tersebut dikenal sebagai model dengan-dua-batasan; jika hanya salah satu dipenuhi, model disebut model dengan-satu-batasan (model dengan-batasan-bangkitan atau model denganbatasan- tarikan); jika tidak ada yang dipenuhi, model disebut model tanpa-batasan.

Tabel 1. Bentuk Umum Matrik Asal Tujuan (MAT)

Zona	1	2	3	...	N	O_i
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_3
.
.
.
N	T_{N1}	T_{N2}	T_{N3}	...	T_{NN}	O_N
D_d	D_1	D_2	D_3	...	D_N	T

Sumber: Tamin (2008)

Model gravity (GR)

Pada model *gravity*, penyebaran pergerakan didasarkan pada aksesibilitas, bangkitan dan tarikan dari zona asal ke zona tujuan. Gambaran tingkat kemudahan dalam mencapai zona tujuan dalam model ini dinyatakan dalam fungsi biaya perjalanan atau fungsi hambatan (*impedance function*). Model ini diilhami oleh konsep hukum Gravity Newton (Tamin, 2000). Terdapat 4 (empat) jenis model GR, yaitu tanpa-batasan (UCGR), dengan-batasan-bangkitan (PCGR), dengan-batasan-tarikan (ACGR), dan dengan-batasan-bangkitan-tarikan (PACGR). Model PCGR dan ACGR sering disebut model dengan-satu-batasan (SCGR), sedangkan model PACGR disebut model dengan-dua-batasan (DCGR).

Model gravity dengan batasan-bangkitan-tarikan (PACGR)

Model dengan batasan bangkitan tarikan pergerakan ini mempunyai prinsip bahwa bangkitan dan tarikan pergerakan harus selalu sama dengan yang dihasilkan oleh tahap bangkitan pergerakan. Dengan kata lain, model PACGR menghasilkan MatriksAsal-Tujuan dengan Jumlah Bangkitan dan Tarikan pergerakan yang sama dengan total pergerakan dari dan ke setiap zona yang diperkirakan oleh tahap

bangkitan pergerakan (hasil lapangan). Analisis sebaran pergerakan di Kabupaten Rokan Hulu menggunakan analisis model gravity dengan batasan bangkitan tarikan pergerakan (PACGR) menggunakan rumus umum model gravity seperti pada persamaan (2), dengan menggunakan syarat batas dan factor penyeimbang seperti pada persamaan di bawah ini:

$$T_{id} = A_i \cdot O_i \cdot B_d \cdot D_d \cdot f(C_{id}) \tag{2}$$

Syarat batas

$$O_i = \sum_{d=1}^N T_{id} ; D_d = \sum_{i=1}^N T_{id} ; \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^N O_i = \sum_{d=1}^N D_d = \sum_{i=1}^N \sum_{d=1}^N T_{id} \tag{4}$$

Faktor penyeimbang

$$A_i = \frac{1}{\sum_{d=1}^N B_d \cdot D_d \cdot f(C_{id})} \text{ for all } i \tag{5}$$

$$B_d = \frac{1}{\sum_{i=1}^N A_i \cdot O_i \cdot f(C_{id})} \text{ for all } d \tag{6}$$

T_{id} = jumlah pergerakan dari zona asal *i* ke zona tujuan *d*

$A_i ; B_d$ = faktor penyeimbang masing-masing untuk setiap asal *i* dan tujuan *d*

O_i = total pergerakan dari zona asal *i*

D_d = total pergerakan ke zona tujuan *d*

$f(C_{id})$ = fungsi umum jarak perjalanan / fungsi hambatan

Dimana, kedua faktor penyeimbang A_i dan B_d menjamin bahwa total ‘baris’ dan ‘kolom’ dari matriks hasil pemodelan harus sama dengan total ‘baris’ dan ‘kolom’ dari matriks hasil bangkitan pergerakan dihitung sesuai dengan persamaan (2). Proses pengulangan A_i dan B_d dilakukan secara bergantian. Hasil akhir akan selalu sama dari manapun pengulangan dimulai (‘baris’ atau ‘kolom’).

Fungsi hambatan

Fungsi hambatan merupakan hal yang terpenting untuk diketahui dengan menganggap $f(C_{id})$ sebagai ukuran aksesibilitas (kemudahan) antar zona i dengan zona d , dengan persamaan (7). Hambatan dalam transportasi yang berkaitan dengan aksesibilitas (kemudahan) pergerakan dari zona asal ke zona tujuan biasanya menggunakan nilai jarak, waktu dan biaya. Nilai inilah yang disebut sebagai fungsi hambatan.

$$f(C_{id}) = C_{id}^{-\beta} \text{Cid} \text{ (Fungsi eksponensial-negatif)}$$

(7)

$f(C_{id})$ = Fungsi eksponensial-negatif

C_{id} = Jarak, waktu, biaya perjalanan dari zona asal i ke zona tujuan d

β = k/C_{id} rata-rata (k =konstanta berkisar 2-3)

METODE

Teknik pengumpulan data

Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan kolektor di Kabupaten Rokan Hulu. Teknik pengumpulan data terbagi 2 yaitu pengumpulan data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan metode survey. Data jumlah bangkitan dan tarikan pergerakan lalu lintas diperoleh dengan melakukan survey volume lalu

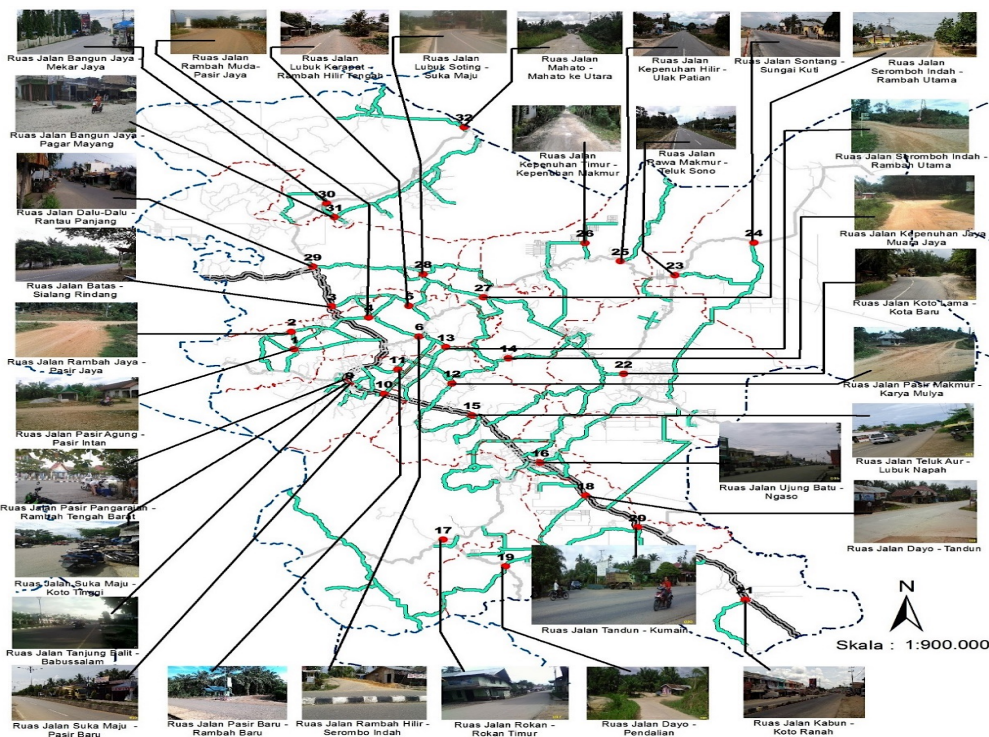
lintas pada 16 kecamatan yang ada di Kabupaten Rokan Hulu.

Tabel 2. Pembagian zona Kabupaten Rokan Hulu

Zona	Kecamatan
1	Rokan IV koto
2	Pendalian IV Koto
3	Tandun
4	Kabun
5	Ujung Batu
6	Rambah Samo
7	Rambah
8	Rambah Hilir
9	Bangun Purba
10	Tambusai
11	Tambusai Utara
12	Kepenuhan
13	Kepenuhan Hulu
14	Kunto Darussalam
15	Pagaran Tapah Darussalam
16	Bonai Darussalam

Dimana, setiap kecamatan ditentukan sebagai zona. Survey volume lalu lintas dilakukan pada 16 zona dengan setiap zona terdiri dari 2 titik survey. Maka, total titik survey sebanyak 32 titik yang tersebar merata di seluruh zona kecamatan seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.

Survey volume lalu lintas dilakukan 2 hari yaitu Hari Rabu dan Hari Minggu dengan mengambil waktu sibuk pagi, siang dan sore. Sedangkan pengumpulan data sekunder dengan mengambil data statistic sosial ekonomi pada Badan Pusat Statistik. Pembagian zona Kabupaten Rokan Hulu dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2. Lokasi survey volume lalu lintas dengan 32 titik survey pada 16 kecamatan di Kabupaten Rokan Hulu

HASIL

Berdasarkan hasil survey volume lalu lintas diperoleh jumlah bangkitan dan tarikan pergerakan masing-masing zona perkecamatan di Kabupaten Rokan Hulu. Dari hasil tahap bangkitan pergerakan diperkirakan terjadi bangkitan dan tarikan pergerakan pada setiap zona seperti yang terlihat pada **Tabel 3**. Pola pergerakan di suatu wilayah disebabkan oleh adanya interaksi arus lalu lintas dalam melakukan aktifitas. Jika suatu wilayah memiliki kepadatan penduduk cukup besar, maka semakin besar pergerakan lalu lintas yang dihasilkan. Untuk mengetahui pola pergerakan dengan menggunakan Model Gravity dua batasan (bangkitan dan tarikan) dibutuhkan informasi data seperti jarak antar zona, waktu tempuh

perjalanan, dan biaya perjalanan. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya salah satu faktor yang mempengaruhi bangkitan dan tarikan pergerakan di Kabupaten Rokan Hulu yaitu factor jarak yang diperoleh dari persamaan model bangkitan dan tarikan dengan analisis regresi metode stepwise 2 (Ramdhani dan Trisnawan, 2018). Hal yang sama juga dijelaskan oleh Pramesti, N.D., dkk (2014) bahwa dari analisis regresi linear dapat diketahui variable yang mempengaruhi pola pergerakan, seperti halnya hasil penelitian di Kota Surakarta pergerakan yang terjadi lebih sensitif terhadap jarak dibandingkan dengan Kota Semarang. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan data aksesibilitas antar zona menggunakan data jarak seperti terlihat pada **Tabel 4**.

Tabel 3 . Bangkitan dan tarikan pergerakan pada setiap zona

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Oi
1																	452600
2																	164250
3																	235425
4																	211700
5																	500050
6																	176417
7																	322660
8																	184933
9																	177025
10																	217783
11																	568183
12																	169725
13																	237250
14																	233600
15																	102200
16																	167900
Dd	346750	142350	237250	226300	551150	127750	281050	227517	131400	234817	684983	186150	211700	102200	233600	211700	4136667

Tabel 4. Matrik jarak (C_{id})

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0,00	12,00	50,00	70,00	25,00	35,00	55,00	70,00	75,00	80,00	120,00	104,00	72,00	48,00	36,00	82,00
2	12,00	0,00	22,00	52,00	33,00	54,00	71,00	79,00	87,00	92,00	132,00	116,00	84,00	49,00	48,00	94,00
3	50,00	22,00	0,00	29,00	12,00	20,00	31,00	45,00	50,00	55,00	95,00	79,00	59,00	23,00	11,00	69,00
4	70,00	52,00	29,00	0,00	41,00	49,00	60,00	74,00	79,00	84,00	124,00	108,00	88,00	52,00	40,00	98,00
5	25,00	33,00	12,00	41,00	0,00	8,00	19,00	33,00	38,00	43,00	83,00	67,00	47,00	17,00	7,00	48,00
6	35,00	54,00	20,00	49,00	8,00	0,00	8,00	25,00	30,00	35,00	75,00	59,00	39,00	25,00	15,00	56,00
7	55,00	71,00	31,00	60,00	19,00	8,00	0,00	17,00	22,00	27,00	67,00	51,00	31,00	33,00	26,00	67,00
8	70,00	79,00	45,00	74,00	33,00	25,00	17,00	0,00	17,00	27,00	67,00	34,00	14,00	20,00	13,00	54,00
9	75,00	87,00	50,00	79,00	38,00	30,00	22,00	17,00	0,00	49,00	94,00	73,00	53,00	55,00	48,00	89,00
10	80,00	92,00	55,00	84,00	43,00	35,00	27,00	27,00	49,00	0,00	40,00	35,00	21,00	41,00	50,00	78,00
11	120,00	132,00	95,00	124,00	83,00	75,00	67,00	67,00	94,00	40,00	0,00	75,00	61,00	81,00	90,00	118,00
12	104,00	116,00	79,00	108,00	67,00	59,00	51,00	34,00	73,00	35,00	75,00	0,00	21,00	21,00	32,00	51,00
13	72,00	84,00	59,00	88,00	47,00	39,00	31,00	14,00	53,00	21,00	61,00	21,00	0,00	20,00	30,00	40,00
14	48,00	49,00	23,00	52,00	17,00	25,00	33,00	20,00	55,00	41,00	81,00	21,00	20,00	0,00	10,00	31,00
15	36,00	48,00	11,00	40,00	7,00	15,00	26,00	13,00	48,00	50,00	90,00	32,00	30,00	10,00	0,00	41,00
16	82,00	94,00	69,00	98,00	48,00	56,00	67,00	54,00	89,00	78,00	118,00	51,00	40,00	31,00	41,00	0,00

Salah satu fungsi hambatan yang digunakan untuk sebaran pergerakan di Kabupaten Rokan Hulu adalah nilai jarak, dengan menganggap fungsi hambatan mengikuti fungsi eksponensial negatif didapat matrik $\exp(-\beta C_{id})$ seperti pada **Tabel 5** diperoleh nilai C_{id} rata-rata = 48,703 dengan menganggap nilai $k=2,5$ maka $\beta=2,5/C_{id}$ rata-rata maka nilai $\beta = 0,05133$. Seperti halnya yang telah dilakukan di Provinsi Jawa Barat tahun 2016 juga menganggap fungsi hambatan dengan menggunakan jarak antar zona dan diperoleh hasil data sebaran pergerakan dengan nilai C_{id} rata-rata = 141,25, dan didapatkan fungsi aksesibilitas dengan menggunakan fungsi eksponensial negatif dengan mengasumsi nilai $k=2$ dan nilai $\beta = 0,014159$ (Aprilliansyah, Tri. dan Herman, 2014).

Selain itu, Ekowicaksono (2016) melakukan estimasi matriks *Origin-Destination* perkotaan menggunakan model *gravity* dengan studi kasus Kota Bogor menggunakan fungsi hambatan berupa fungsi eksponensial negatif $f(C_{id}) = C_{id}^{-\beta}$. Dalam fungsi eksponensial negatif tersebut, nilai parameter β dikalibrasi menggunakan metode Hyman. Parameter β menggambarkan biaya rata-rata perjalanan di daerah kajian, semakin besar nilai β , maka semakin kecil nilai biaya rata-rata perjalanan. Biaya perjalanan (C_{id}) diasumsikan berbanding lurus dengan jarak.

Penelitian ini menggunakan data jarak antar kecamatan di Kabupaten Rokan Hulu sebagai komponen biaya untuk menentukan nilai fungsi hambatan dan diasumsikan bahwa jarak antar kecamatan yang sama bernilai 0. Data jarak antar kecamatan ini yang digunakan untuk menentukan nilai fungsi hambatan yang berupa fungsi eksponensial negatif. Data jarak antar kecamatan juga digunakan untuk mengkalibrasi nilai parameter β yang terdapat dalam fungsi hambatan.

Selanjutnya dilakukan analisa perhitungan dengan menggunakan proses pengulangan dengan nilai awal A_i . Pengulangan dimulai dengan menganggap nilai awal $A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = A_5 = A_6 = A_7 = A_8 = A_9 = A_{10} = A_{11} = A_{12} = A_{13} = A_{14} = A_{15} = A_{16} = 1$. Hasil akhir tidak tergantung pada nilai awal. Nilai awal dapat berupa nilai berapa saja asalkan lebih besar dari nol. Perbedaan nilai awal hanya berpengaruh pada jumlah pengulangan untuk mencapai konvergensi. Semakin besar perbedaan antara nilai awal dengan nilai akhir maka semakin banyak jumlah pengulangan yang dibutuhkan untuk mencapai konvergensi. Untuk perhitungan pengulangan dapat dilihat pada **Tabel 6-10**.

Tabel 5. Matriks $\exp(-\beta C_{id})$

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1,000000	0,540113	0,076798	0,027510	0,277125	0,165862	0,059414	0,027510	0,021283	0,016465	0,002113	0,004803	0,024826	0,085102	0,157563	0,014859
2	0,540113	1,000000	0,323262	0,069305	0,183795	0,062543	0,026134	0,017332	0,011495	0,008893	0,001141	0,002594	0,013409	0,080844	0,085102	0,008025
3	0,076798	0,323262	1,000000	0,225686	0,540113	0,358213	0,203666	0,099270	0,076798	0,059414	0,007624	0,017332	0,048386	0,307088	0,568562	0,028959
4	0,027510	0,069305	0,225686	1,000000	0,121896	0,080844	0,045965	0,022404	0,017332	0,013409	0,001721	0,003912	0,010920	0,069305	0,128316	0,006536
5	0,277125	0,183795	0,540113	0,121896	1,000000	0,663218	0,377080	0,183795	0,142190	0,110003	0,014115	0,032090	0,089584	0,417850	0,698151	0,085102
6	0,165862	0,062543	0,358213	0,080844	0,663218	1,000000	0,663218	0,277125	0,214393	0,165862	0,021283	0,048386	0,135075	0,277125	0,463026	0,056441
7	0,059414	0,026134	0,203666	0,045965	0,377080	0,663218	1,000000	0,417850	0,323262	0,250087	0,032090	0,072956	0,203666	0,183795	0,263259	0,032090
8	0,027510	0,017332	0,099270	0,022404	0,183795	0,277125	0,417850	1,000000	0,417850	0,250087	0,032090	0,174598	0,487415	0,358213	0,513088	0,062543
9	0,021283	0,011495	0,076798	0,017332	0,142190	0,214393	0,323262	0,417850	1,000000	0,080844	0,008025	0,023584	0,065838	0,059414	0,085102	0,010374
10	0,016465	0,008893	0,059414	0,013409	0,110003	0,165862	0,250087	0,250087	0,080844	1,000000	0,128316	0,165862	0,340289	0,121896	0,076798	0,018245
11	0,002113	0,001141	0,007624	0,001721	0,014115	0,021283	0,032090	0,032090	0,008025	0,128316	1,000000	0,021283	0,043665	0,015641	0,009855	0,002341
12	0,004803	0,002594	0,017332	0,003912	0,032090	0,048386	0,072956	0,174598	0,023584	0,165862	0,021283	1,000000	0,340289	0,340289	0,193475	0,072956
13	0,024826	0,013409	0,048386	0,010920	0,089584	0,135075	0,203666	0,487415	0,065838	0,340289	0,043665	0,340289	1,000000	0,358213	0,214393	0,128316
14	0,085102	0,080844	0,307088	0,069305	0,417850	0,277125	0,183795	0,358213	0,059414	0,121896	0,015641	0,340289	0,358213	1,000000	0,598509	0,203666
15	0,157563	0,085102	0,568562	0,128316	0,698151	0,463026	0,263259	0,513088	0,085102	0,076798	0,009855	0,193475	0,214393	0,598509	1,000000	0,121896
16	0,014859	0,008025	0,028959	0,006536	0,085102	0,056441	0,032090	0,062543	0,010374	0,018245	0,002341	0,072956	0,128316	0,203666	0,121896	1,000000

Pengulangan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A ₁	1.00000000	1.24978707	1.43091088	1.53501722	1.34238010	1.34740077	1.35531866	1.36235933	1.36748766	1.37061605	1.37197737	1.37188465	1.37063934	1.36850052	1.36850052
A ₂	1.00000000	1.43134215	1.59737422	1.54348801	1.53989331	1.54868414	1.55918380	1.56806759	1.57447238	1.57842396	1.58024680	1.58033040	1.57903930	1.57668361	1.57668361
A ₃	1.00000000	0.97547394	0.82603086	0.88841207	0.90967237	0.92057723	0.92738099	0.93167100	0.93412817	0.93518788	0.93517524	0.93434275	0.93288721	0.93096110	0.93096110
A ₄	1.00000000	1.34756587	1.32385181	1.38043963	1.42688523	1.45653922	1.47522809	1.48710552	1.49447789	1.49866593	1.50050546	1.50057717	1.49930920	1.49702621	1.49702621
A ₅	1.00000000	0.75634826	0.64124228	0.68544411	0.69856709	0.70541244	0.70971344	0.71236981	0.71378768	0.71424831	0.71397165	0.71313173	0.71186484	0.71027650	0.71027650
A ₆	1.00000000	0.85838352	0.73001945	0.76887792	0.78230786	0.78890520	0.79260361	0.79455463	0.79527935	0.79510080	0.79424836	0.79289226	0.79116041	0.78914914	0.78914914
A ₇	1.00000000	0.94530835	0.81929371	0.84250094	0.85406007	0.85929602	0.86153477	0.86209157	0.86158367	0.86035587	0.85862440	0.85653425	0.85418634	0.85165252	0.85165252
A ₈	1.00000000	0.91881697	0.83000104	0.83384518	0.84170342	0.84590192	0.84751920	0.84755732	0.84661199	0.84503185	0.84302914	0.84073861	0.83824901	0.83562048	0.83562048
A ₉	1.00000000	1.58942598	1.47012914	1.48220352	1.50461883	1.51807054	1.52502694	1.52807824	1.52865357	1.52755691	1.52528583	1.52217231	1.51844817	1.51427951	1.51427951
A ₁₀	1.00000000	1.10508499	1.01726089	0.98816872	0.97431275	0.96308799	0.95293218	0.94385856	0.93587073	0.92886387	0.92268594	0.91718125	0.91221043	0.90765679	0.90765679
A ₁₁	1.00000000	0.86439487	0.76139237	0.68481029	0.62981784	0.59011177	0.56103071	0.53941925	0.52313505	0.51069588	0.50105736	0.49347285	0.48740257	0.48245308	0.48245308
A ₁₂	1.00000000	1.33807459	1.31413577	1.28511565	1.28363451	1.28542851	1.28559666	1.28400839	1.28123712	1.27775113	1.27384571	1.26969512	1.26540108	1.26102347	1.26102347
A ₁₃	1.00000000	1.02422647	0.96280234	0.94602345	0.94668490	0.94740273	0.94656876	0.94461249	0.94200021	0.93902831	0.93586551	0.93260473	0.92929664	0.92596872	0.92596872
A ₁₄	1.00000000	0.88952952	0.78891053	0.81775247	0.82956687	0.83621461	0.84007524	0.84205463	0.84269640	0.84237192	0.84134368	0.83980028	0.83787875	0.83567954	0.83567954
A ₁₅	1.00000000	0.75482587	0.64518893	0.68293889	0.69620691	0.70326670	0.70756587	0.71009445	0.71135685	0.71166207	0.71125196	0.71030458	0.70895466	0.70730417	0.70730417
A ₁₆	1.00000000	1.29339778	1.27203974	1.29813887	1.32113227	1.33710915	1.34744895	1.35363675	1.35681826	1.35783070	1.35727549	1.35558305	1.35306245	1.34993704	1.34993704
B ₁	0.00000123	0.00000084	0.00000101	0.00000104	0.00000105	0.00000104	0.00000103	0.00000103	0.00000103	0.00000102	0.00000102	0.00000102	0.00000102	0.00000103	seksai
B ₂	0.00000154	0.00000112	0.00000125	0.00000127	0.00000126	0.00000126	0.00000126	0.00000125	0.00000125	0.00000124	0.00000124	0.00000124	0.00000124	0.00000125	seksai
B ₃	0.00000103	0.00000134	0.00000120	0.00000116	0.00000114	0.00000113	0.00000112	0.00000112	0.00000112	0.00000112	0.00000112	0.00000112	0.00000112	0.00000112	seksai
B ₄	0.00000236	0.00000223	0.00000218	0.00000209	0.00000204	0.00000201	0.00000199	0.00000198	0.00000197	0.00000197	0.00000196	0.00000197	0.00000197	0.00000197	seksai
B ₅	0.00000074	0.00000103	0.00000088	0.00000086	0.00000084	0.00000084	0.00000083	0.00000083	0.00000083	0.00000083	0.00000083	0.00000083	0.00000083	0.00000084	seksai
B ₆	0.00000083	0.00000107	0.00000099	0.00000096	0.00000095	0.00000094	0.00000094	0.00000094	0.00000094	0.00000094	0.00000094	0.00000094	0.00000094	0.00000094	seksai
B ₇	0.00000094	0.00000111	0.00000108	0.00000108	0.00000107	0.00000106	0.00000106	0.00000106	0.00000106	0.00000106	0.00000106	0.00000106	0.00000106	0.00000107	seksai
B ₈	0.00000106	0.00000114	0.00000118	0.00000117	0.00000116	0.00000115	0.00000115	0.00000115	0.00000115	0.00000115	0.00000115	0.00000115	0.00000116	0.00000116	seksai
B ₉	0.00000176	0.00000168	0.00000172	0.00000170	0.00000167	0.00000166	0.00000166	0.00000166	0.00000166	0.00000166	0.00000166	0.00000166	0.00000166	0.00000167	seksai
B ₁₀	0.00000145	0.00000151	0.00000158	0.00000160	0.00000160	0.00000161	0.00000162	0.00000163	0.00000164	0.00000165	0.00000165	0.00000166	0.00000166	0.00000167	seksai
B ₁₁	0.00000155	0.00000176	0.00000198	0.00000216	0.00000232	0.00000245	0.00000255	0.00000263	0.00000270	0.00000276	0.00000280	0.00000284	0.00000287	0.00000289	seksai
B ₁₂	0.00000199	0.00000186	0.00000194	0.00000195	0.00000195	0.00000195	0.00000195	0.00000195	0.00000195	0.00000196	0.00000196	0.00000197	0.00000198	0.00000198	seksai
B ₁₃	0.00000127	0.00000130	0.00000137	0.00000137	0.00000137	0.00000137	0.00000137	0.00000137	0.00000137	0.00000137	0.00000137	0.00000138	0.00000138	0.00000139	seksai
B ₁₄	0.00000096	0.00000116	0.00000111	0.00000108	0.00000107	0.00000107	0.00000106	0.00000106	0.00000106	0.00000106	0.00000106	0.00000106	0.00000106	0.00000107	seksai
B ₁₅	0.00000081	0.00000106	0.00000096	0.00000093	0.00000092	0.00000091	0.00000091	0.00000091	0.00000091	0.00000091	0.00000091	0.00000091	0.00000091	0.00000091	seksai
B ₁₆	0.00000271	0.00000264	0.00000260	0.00000255	0.00000252	0.00000249	0.00000248	0.00000247	0.00000247	0.00000247	0.00000247	0.00000247	0.00000247	0.00000248	seksai

Pada Tabel 10. memperlihatkan nilai A_i dan B_d pada setiap pengulangan. Perhitungan berhenti pada pengulangan ke-15 dimana nilai A_i untuk setiap i dan nilai B_d untuk setiap d tidak lagi mengalami perubahan (atau telah mencapai konvergensi). Setelah tercapai konvergensi

dengan mendapatkan nilai A_i dan B_d untuk setiap i dan d maka setiap sel matriks dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) sehingga menghasilkan matriks akhir seperti yang terlihat pada Tabel 11.

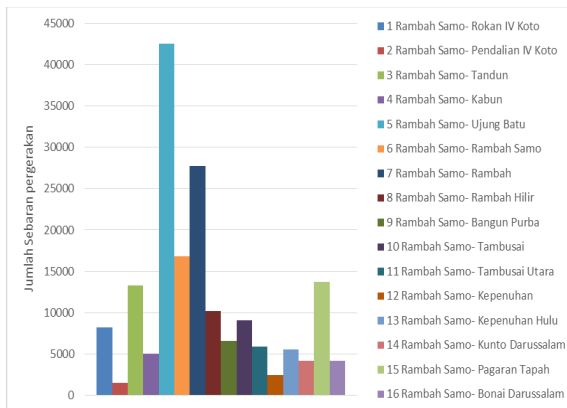
Tabel 11. MAT akhir hasil model PACGR (Setelah pengulangan ke-15)

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	σ_i	θ_i	A_i
1	220437	59336	12661	7601	79008	12388	11052	4511	2896	4007	2593	1098	4529	5754	20821	4843	453535	452600	1.36850052
2	49781	45933	22282	8006	21909	1953	2033	1188	654	905	586	248	1023	2283	4702	1094	164381	164250	1.57668361
3	5990	12566	58336	22065	54488	9467	13406	5759	3698	5117	3311	1402	3124	7347	26586	3340	236003	235425	0.93096110
4	3103	3896	19037	141373	17782	3090	4375	1880	1207	1670	1081	457	1019	2398	8676	1090	212132	211700	1.49702621
5	35030	11578	51060	19313	163485	28405	40222	17280	11095	15353	9935	4205	9372	16200	52903	15905	501341	500050	0.71027650
6	8218	1544	13274	5021	42500	16788	27730	10213	6557	9074	5872	2485	5539	4212	13753	4135	176914	176417	0.78914914
7	5811	1274	14896	5634	47695	21977	82527	30395	19516	27005	17475	7397	16485	5513	15434	4640	323674	322660	0.85165252
8	1513	475	4083	1544	13074	5164	19392	40907	14186	15187	9827	9955	22186	6043	16916	5086	185339	184933	0.83562048
9	2030	547	5480	2073	17545	6930	26025	29651	58893	8516	4263	2333	5198	1739	4867	1463	177552	177025	1.51427951
10	1158	312	3126	1182	10009	3954	14847	13086	3511	7767	50265	12097	9813	2630	3239	1898	218803	217783	0.90765679
11	206	55	556	210	1781	704	2642	2329	483	13822	543225	2153	3526	468	576	328	573074	568183	0.48245308
12	366	98	987	373	3161	1249	4689	9892	1109	13950	9027	78988	21452	7950	8835	8216	170323	169725	1.26102347
13	1941	522	2829	1070	9059	3578	13437	28345	3178	29376	19009	27582	64707	8590	10049	14833	238107	237250	0.92596872
14	5913	2799	15956	6035	37546	6524	10775	18511	2548	9351	6051	24510	20597	21310	24927	20921	234274	233600	0.83567954
15	4054	1091	10939	4138	23230	4036	5715	9818	1352	2182	1412	5160	4565	4723	15422	4637	102471	102200	0.70730417
16	1199	323	1747	661	8878	1543	2184	3752	517	1625	1052	6101	8566	5039	5894	119264	168345	167900	1.34993704
d ₁	346750	142350	237250	226300	551150	127750	227517	131400	234817	684983	186150	211700	102200	233600	211700	4136667			
D ₁	346750	142350	237250	226300	551150	127750	227517	131400	234817	684983	186150	211700	102200	233600	211700				4136667
B _d	0.00000103	0.00000125	0.00000112	0.00000197	0.00000084	0.00000094	0.00000116	0.00000116	0.00000167	0.00000167	0.00000289	0.00000198	0.00000139	0.00000107	0.00000091	0.00000025			

Berdasarkan Tabel 11. terlihat bahwa hasil akhir Matrik Asal Tujuan (MAT) dengan Model PACGR dengan batasan bangkitan tarikan setelah mencapai konvergensi yaitu pada pengulangan ke-15 menunjukkan sebaran pergerakan yang terjadi pada setiap kecamatan di Kabupaten Rokan Hulu. Sebaran pergerakan terbesar yang terjadi di Kabupaten Rokan Hulu sebesar 75% berbasis pergerakan internal. Hal ini dapat dinyatakan bahwa asal dan tujuan pergerakan yang terjadi berada dalam zona yang sama. Dapat dilihat bahwa sebanyak 12 zona (kecamatan) dari 16 zona (kecamatan) yang ada

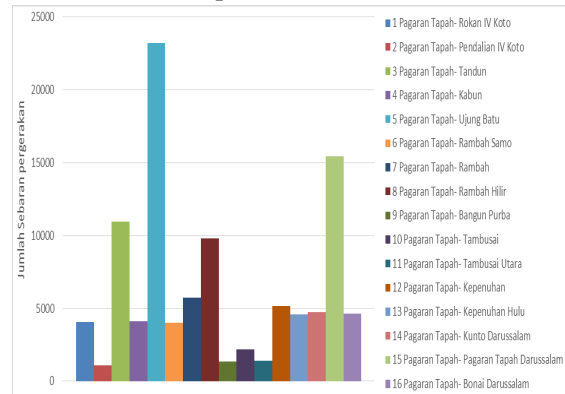
pergerakan yang mempunyai tujuan ke kecamatan Rokan IV Koto sebesar 49781 smp/jam sedangkan

sebaran pergerakan yang terkecil pergerakan yang menuju Kecamatan Kepenuhan sebesar 248 smp/jam

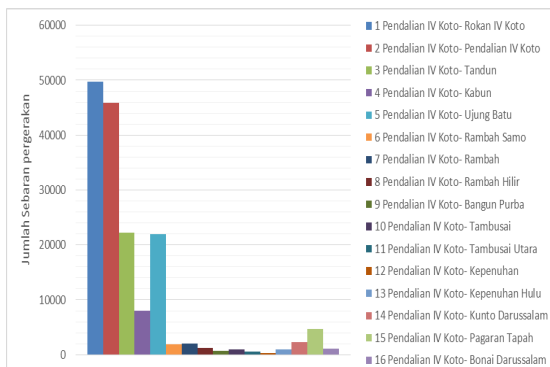


Gambar 3. Sebaran pergerakan Kecamatan Pendalian IV Koto pada setiap kecamatan di Kabupaten Rokan Hulu

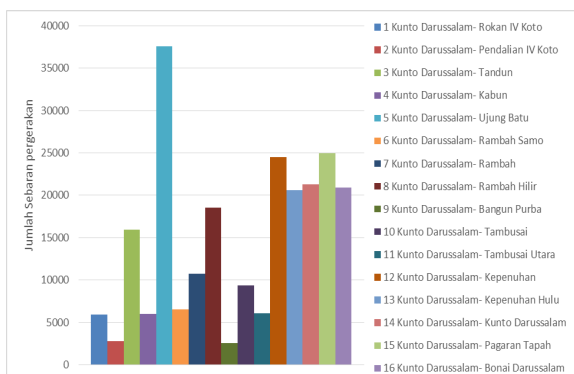
Kunto Darussalam pada setiap kecamatan di Kabupaten Rokan Hulu



Gambar 6. Sebaran pergerakan Kecamatan Pagaran Tapah pada setiap kecamatan di Kabupaten Rokan Hulu

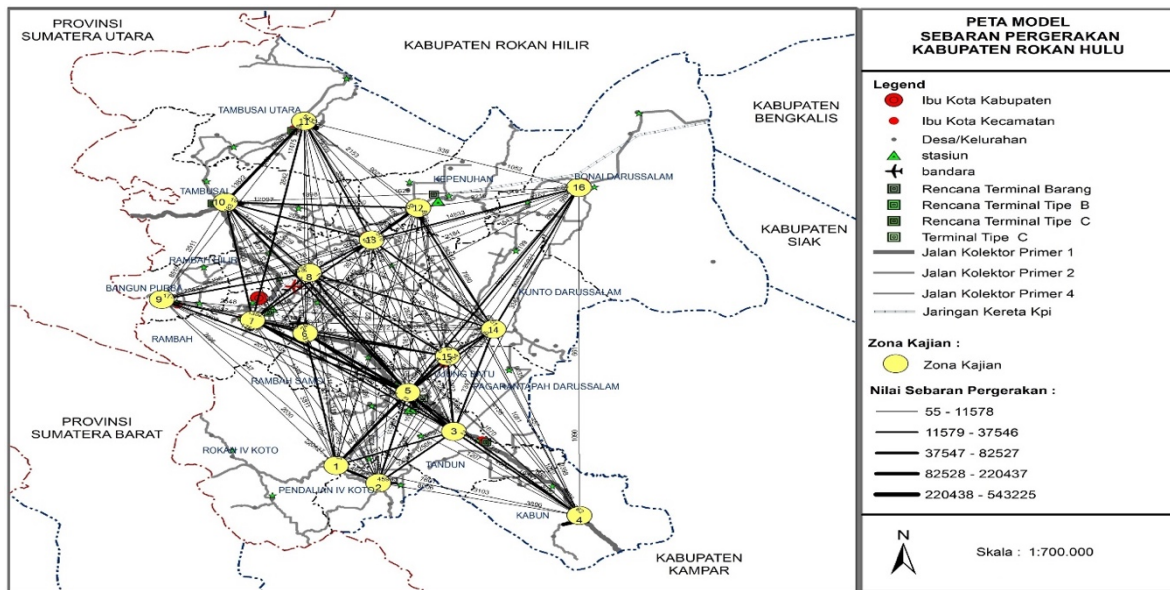


Gambar 4. Sebaran pergerakan Kecamatan Rambah Samo pada setiap kecamatan di Kabupaten Rokan Hulu



Gambar 5. Sebaran pergerakan Kecamatan Kunto Darussalam pada setiap kecamatan di Kabupaten Rokan Hulu

Sebaran pergerakan antar zona yang terjadi pada kecamatan Rambah Samo, Kunto Darussalam dan Pagaran Tapah sebaran pergerakan terbesar yang terjadi yaitu yang mempunyai tujuan pergerakan ke kecamatan Ujung Batu. Pergerakan dari Kecamatan Rambah Samo menuju Kecamatan Ujung Batu sebesar 42500 smp/jam, Kecamatan Kunto Darussalam menuju Kecamatan Ujung Batu sebesar 37546 smp/jam dan Kecamatan Pagaran Tapah menuju Kecamatan Ujung Batu sebesar 23230 smp/jam sebagaimana yang dijelaskan pada Gambar 4-6. Hal ini dikarenakan Kecamatan Ujung Batu merupakan pusat industri dan perdagangan di Kabupaten Rokan Hulu. Jika dilihat dari Gambar 7. Sebaran pergerakan antar zona didominasi dengan jarak terpendek. Hal yang sama juga diperoleh sebaran pergerakan barang pokok dan strategis internal regional di Provinsi Jawa Tengah yang mempunyai kecenderungan frekuensi pergerakan didominasi pergerakan antar zona dengan jarak terpendek (Akbarin, Juang., 2013).



Gambar 7. Peta sebaran pergerakan (*desire line*) masyarakat Kabupaten Rokan hulu dengan SIG

Sebaran pergerakan di Kabupaten Rokan Hulu dapat juga di ilustrasikan dalam system informasi geografis (SIG) yang berupa garis keinginan pergerakan masyarakat yang mempunyai dimensi spasial atau ruang yang lebih mudah di gambarkan secara grafis. Seperti yang terlukis di Gambar 7 semakin tebal garis keinginan menyatakan jumlah pergerakan yang berasal maupun menuju zona tersebut semakin besar begitu pula sebaliknya, semakin tipis garis keinginan dalam SIG tersebut menyatakan jumlah pergerakan yang berasal dan menuju zona tersebut semakin kecil.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebaran pergerakan terbesar yang terjadi di Kabupaten Rokan Hulu sebesar 75% berbasis pergerakan internal antara lain kecamatan Rokan IV Koto, Tandun, Kabun, Ujung Batu, Rambah, Rambah Hilir, Bangun Purba, Tambusai, Tambusai Utara, Kepenuhan, Kepenuhan Hulu, dan Bonai Darussalam yang mengalami sebaran pergerakan terbesar yang berbasis

pergerakan internal dengan kata lain pergerakan yang terjadi berada dalam zona yang sama.

2. Pergerakan antar zona yang terjadi sebesar 25% yakni empat zona (kecamatan) yang ada di Kabupaten Rokan Hulu yaitu zona 2 (Kecamatan Pendalihan IV Koto), zona 6 (Kecamatan Rambah Samo), zona 14 (Kecamatan Kunto Darussalam), dan zona 15 (Kecamatan Pagaran Tapah) sebaran pergerakan terbesar yang terjadi berbasis pergerakan antar zona. Pada Kecamatan Pendalihan IV Koto sebaran pergerakan terbesar yang terjadi yaitu pergerakan yang mempunyai tujuan ke kecamatan Rokan IV Koto. Sedangkan untuk kecamatan Rambah Samo, Kunto Darussalam dan Pagaran Tapah sebaran pergerakan terbesar yang terjadi yaitu yang mempunyai tujuan pergerakan ke kecamatan Ujung Batu. Hal ini dikarenakan Kecamatan Ujung Batu merupakan pusat industri dan perdagangan di Kabupaten Rokan Hulu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akbardin, Juang, 2013, *Studi Pemodelan Sebaran Pergerakan Barang Pokok dan Strategis Internal Regional Studi Kasus: Provinsi Jawa Tengah*, Jurnal Tekno Sipil, Vol. 11 No.58, Program Studi Teknik Sipil Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- [2] Aprilliansyah, T., Herman, 2014, *Perkiraan Distribusi Pergerakan Penumpang di Provinsi Jawa Barat Berdasarkan Asal Tujuan Transportasi Nasional*, Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, Vol.1 No.1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- [3] Badan Pusat Statistik Kabupaten Rokan Hulu, 2017, "*Kabupaten Rokan Hulu Dalam Angka*", Katalog BPS, Pasir Pangarayan.
- [4] Ekowicaksono, Imam, 2016, *Estimasi Matriks Origin-Destination Perkotaan Menggunakan Model Gravity: Studi Kasus Kota Bogor*, Tesis Program Studi Matematika Terapan, Institut Pertanian Bogor.
- [5] Pramesti, N.D., dkk, 2014, *Analisis Distribusi Perjalanan Menggunakan Model Gravitasi Dua Batasan dengan Optimasi Fungsi Hambatan Studi Kasus: Kota Semarang dan Kota Surakarta*, Jurnal Karya Teknik Sipil, Vol. 3, No.1, Halaman 229: Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.
- [6] Ramdhani, F., Tisnawan, R., 2018, *Analisis Model Bangkitan dan Tarikan Pergerakan Kabupaten Rokan Hulu*, Jurnal Rab Construction Research, Vol. 3, No.1, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Abdurrab Pekanbaru.
- [7] Suyuti, R dan Tamin, O.Z. 2007. *Penggunaan Model Gravity (GR) dalam Estimasi Matriks Asal-Tujuan (MAT) Menggunakan Data Arus Lalu Lintas*. Jurnal Transportasi Vol. 7 No. 2 Desember 2007: 115-126 115
- [8] Tamin, O.Z., 2008, *Perencanaan, Pemodelan dan Rekayasa Transportasi: Teori, Contoh Soal dan Aplikasi*, Penerbit ITB, Bandung.
- [9] Tamin, O.Z, 2014, *Metode Estimasi Matrik Asal Tujuan (MAT) untuk Peramalan Kebutuhan Transportasi: Teori, Contoh Soal dan Aplikasi*, Penerbit ITB, Bandung.
- [10] Wayongkere, V., Ferdinandus, R.R.J, 2012, *Sebaran Pergerakan Kota Manado dengan Menggunakan Metode Sistetis Gravity Dua Batasan*, Jurnal Sabua Vol. 4 No. 3: 29-36, Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota (PWK), Jurnal Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.