

ANALISIS RANTAI MARKOV UNTUK MENGETAHUI PELUANG
PERPINDAHAN MEREK KARTU INTERNET GSM PRABAYAR
(Studi Kasus: Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam)

Yuli Inda Pertiwi¹, Sigit Nugroho², dan Dian Agustina²

¹Mahasiswa Jurusan Statistika, Prodi Matematika, FMIPA, UNIB, Bengkulu

²Dosen Pembimbing Jurusan Statistika, Prodi Matematika, FMIPA, UNIB, Bengkulu
Yuli.ind14@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peluang perpindahan merek kartu internet GSM ke merek kartu internet GSM lainnya di kalangan mahasiswa Matematika FMIPA UNIB dengan menggunakan analisis rantai markov. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang dikumpulkan melalui penyebaran kuesioner pada mahasiswa Matematika FMIPA UNIB. Total sampel dalam penelitian ini adalah 159 responden. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa merek kartu internet Hutchison (3) merupakan merek yang mampu mempertahankan jumlah konsumennya sebesar 77,11% dan mempunyai peluang terbesar dalam memperoleh konsumen sehingga pada periode berikutnya merek kartu internet Hutchison (3) memiliki konsumen sebesar 67,72%, sedangkan merek kartu internet XL Axiata merupakan merek yang mempunyai peluang terkecil dalam mempertahankan konsumennya yaitu 0% dan pada periode berikutnya XL Axiata memiliki konsumen sebesar 1,21%. Periode seimbang untuk setiap merek kartu internet GSM terjadi pada periode ke 16.

Kata Kunci: Analisis Rantai Markov, Produk Kartu Internet GSM Prabayar

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang pesat saat ini berdampak pada semua bidang kehidupan, termasuk bidang komunikasi. Salah satu jenis sarana telekomunikasi yang banyak dipilih masyarakat dengan alasan praktis dan mudah dibawa ke mana saja adalah telepon seluler (*handphone*). Berbicara mengenai telepon seluler maka tak lepas dari operator seluler sebagai penyedia jasa dari telepon seluler. Jasa dari operator seluler sendiri bisa didapat jika menggunakan produk dari operator seluler tersebut yaitu kartu seluler (Sri dan Nuraeni, 2014).

Kelahiran industri seluler di Indonesia di dominasi oleh dua operator seluler berbasis GSM (*Global System for Mobile Communication*) yaitu PT. Telkomsel (Telkomunikasi Seluler Indonesia) dan PT. Satelindo (Satelit Palapa Indonesia) atau yang sekarang dikenal dengan Indosat Satelindo. Beberapa tahun kemudian hadir operator seluler lainnya seperti PT Excelcomindo Pratama (Excelcom, sekarang XL Axiata) dan PT. Hutchison. Di Indonesia pada tahun 2009, telah beroperasi sejumlah 10 operator dengan perkiraan jumlah pelanggan sekitar 175,18 juta. Sebagian besar operator telah meluncurkan

layanan 3G dan 3,5G. Jumlah pengguna seluler di Indonesia bulan Juni 2010 diperkirakan mencapai hingga 180 juta pelanggan, atau mencapai sekitar 80 persen populasi penduduk (Anonim, 2015).

Sejalan dengan semakin banyaknya produk kartu seluler di pasaran, konsumen dapat memilih berbagai pilihan merek sesuai yang dikehendakinya. Hal tersebut tentunya dapat mengakibatkan konsumen berganti operator seluler setiap saat, dengan terjadinya pergantian operator seluler maka dengan pasti konsumen melakukan perpindahan merek (*brand switching*) (Sri dan Nuraeni, 2014).

Definisi dari *brand switching* adalah perpindahan merek yang dilakukan oleh pelanggan untuk setiap waktu penggunaan. *Brand switching* ditandai dengan adanya perbedaan yang signifikan antar merek, dalam hal ini konsumen tidak mengetahui banyak tentang katagori produk yang ada. Hal ini harus dicermati dengan baik oleh para pemasar agar perusahaan dapat mempertahankan dan meningkatkan pasar guna mengungguli para pesaing dengan produk atau merek yang ditawarkan (Ribhan, 2006).

Persaingan ketat antar perusahaan kartu seluler telah menjadikan perusahaan kartu seluler berlomba-lomba memberikan tawaran yang menarik kepada pelanggan maupun calon pelanggannya, dengan tujuan untuk menarik pelanggan sebanyak-banyaknya. Mengingat banyaknya pilihan merek kartu seluler yang ditawarkan di pasaran, serta sering berubahnya selera konsumen maka tidak jarang dalam kurun waktu singkat seseorang pengguna berganti merek dari satu merek ke merek lainnya.

Perhitungan peluang perpindahan merek dapat dihitung dengan menggunakan metode rantai markov. Menurut Langi (2011), rantai markov merupakan sebuah proses stokastik, dimana kejadian pada masa mendatang hanya bergantung pada kejadian hari ini dan tidak bergantung pada kejadian masa lampau. Rantai

markov dalam proses stokastik seringkali digunakan dalam penyelesaian masalah industri khususnya dalam masalah penentuan pangsa pasar (*market share*). Dalam hal ini parameter waktu digunakan untuk menentukan perubahan ataupun besarnya *market share* yang didapat oleh sebuah produk (Halim, 2002). Kemungkinan perpindahan merek oleh konsumen dalam jumlah besar dan berakibat pada *market share* mengharuskan perusahaan untuk mengetahui dan mengantisipasi perubahan *market share* tersebut. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peluang perpindahan merek kartu internet GSM ke merek kartu internet GSM lainnya di kalangan mahasiswa Matematika FMIPA UNIB.

II. LANDASAN TEORI

A. GSM (Global System for Mobile Communication)

Global System for Mobile Communication (GSM mulanya singkatan dari *Groupe Special Mobile*) adalah sebuah teknologi komunikasi seluler yang bersifat digital. Teknologi ini memanfaatkan gelombang mikro dan pengiriman sinyal yang dibagi berdasarkan waktu, sehingga sinyal informasi yang dikirim akan sampai pada tujuan. GSM dijadikan standar global untuk komunikasi seluler sekaligus sebagai teknologi seluler yang paling banyak digunakan orang di seluruh dunia (Anonim, 2015).

B. Konsep Merek

Menurut Rangkuti (2004) dalam Ribhan (2006), *American Marketing Association* mendefinisikan merek sebagai nama, istilah, tanda, simbol dan rancangan atau kombinasi untuk mengidentifikasi barang dan jasa dari seorang atau sekelompok penjual dan membedakan dari produk pesaing. Tujuan pemberian merek adalah untuk mengidentifikasi produk atau jasa yang ditawarkan pesaing, pengertiannya adalah:

- a. *Brand name* (nama merek) yang merupakan bagian dari merek yang dapat diucapkan.
- b. *Brand mark* (tanda merek) yang merupakan bagian dari merek yang dapat dikenali namun tidak dapat diucapkan seperti lambing, desain huruf atau nama khusus.
- c. *Trade mark* (tanda merek dagang) yang merupakan merek atau bagian dari merek yang dilindungi hukum karena

kemampuannya untuk menghasilkan sesuatu yang istimewa.

- d. *Copyright* (hak cipta) merupakan hak istimewa yang dilindungi oleh undang-undang, menerbitkan, dan menjual karya tulis, karya musik, karya seni.

C. Perpindahan Merek

Brand switching adalah perpindahan atau peralihan merek yang digunakan oleh konsumen untuk setiap waktu penggunaan produk. Dalam menentukan pilihannya konsumen selalu mempertimbangkan nilai maksimal yang akan mereka dapatkan dengan membeli suatu produk tertentu (Prastya, 2013). Perpindahan merek (*brand switching*) adalah saat dimana seorang pelanggan atau sekelompok pelanggan berpindah kesetiaan dari satu merek sebuah produk tertentu ke merek produk lainnya. Perpindahan merek (*brand switching*) merupakan fenomena yang sering terjadi pada berbagai pasar, terutama pasar persaingan sempurna dimana terdapat berbagai macam produk sejenis dengan harga yang bersaing sehingga memudahkan konsumen melakukan pembelian bervariasi (*variety seeking*) (Debora dan Yoestini, 2012).

D. Proses Stokastik

Proses stokastik $\{X_n\}$ adalah kumpulan dari variabel acak. Indeks n diartikan sebagai waktu dan X_n adalah *state* pada waktu n . Himpunan n disebut ruang parameter atau himpunan indeks proses. Jika nilai dari himpunan n dapat dihitung maka proses stokastik dikatakan proses waktu diskrit. Misalnya, $\{X_n, n = 0, 1, 2, \dots\}$ adalah proses stokastik waktu diskrit dengan indeks bilangan

bulat tak negatif sedangkan $\{X_n, n \geq 0\}$ adalah proses stokastik waktu kontinu dengan indeks bilangan *real* tak negatif (Ross, 2010).

E. Rantai Markov (Markov Chains)

Teori rantai markov pertama kali ditemukan oleh Andrey Andreyevich Markov, matematikawan terkenal dari Rusia. Markov terkenal lewat teori bahwa suatu kejadian berikutnya tergantung hanya pada keadaan saat ini dan bukan pada kejadian masa lalu (Lim dan Sarjono, 2012).

Proses stokastik $\{X_n\}$ dikatakan memiliki sifat markov jika untuk $n = 0, 1, 2, \dots$. Jika $X_n = i$ maka proses dikatakan berada dalam *state* i pada waktu n dan setiap barisan $i, j, i_0, i_1, \dots, i_{n-1}$ berlaku:

$$\begin{aligned} P\{X_{n+1} = j | X_0 = i_0, X_1 = i_1, \dots, X_{n-1} = i_{n-1}, X_n = i\} \\ = P\{X_{n+1} = j | X_n = i\} \end{aligned} \quad (2.1)$$

Dengan kata lain, sifat markov adalah peluang bersyarat dari setiap kejadian masa depan yang diberikan kejadian masa lalu, dan keadaan sekarang $X_n = i$ tidak bergantung dari kejadian masa lalu dan hanya bergantung pada keadaan sekarang (Hillier dan Lieberman, 2001).

Menurut Langi (2011), rantai markov terdefinisi oleh matriks peluang transisi. Matriks peluang transisi adalah suatu matriks yang membuat informasi yang mengatur perpindahan sistem dari suatu *state* ke *state* lainnya. Matriks peluang transisi P_{ij} adalah tetap dan tidak bergantung pada waktu n , dimana P_{ij} adalah peluang transisi satu langkah yang bergerak dari *state* i ke *state* j .

1. Peluang Transisi Satu Langkah

Jika sebuah rantai markov $P\{X_{n+1} = j | X_n = i\} = P_{ij}$ dengan ruang *state* $\{n = 0, 1, 2, \dots\}$, maka nilai P_{ij} merupakan peluang bahwa ketika berada di dalam *state* i , selanjutnya proses akan melakukan transisi ke *state* j (Ross, 2010). Misalkan P menyatakan matriks peluang transisi $m \times m$. Matriks peluang transisi P dapat ditulis sebagai

$$P = \begin{matrix} & \text{State} & 0 & 1 & \dots & m \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ \vdots \\ m \end{matrix} & \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & \dots & P_{0m} \\ P_{10} & P_{11} & \dots & P_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{m0} & P_{m1} & \dots & P_{mm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2.2)$$

Sistem dalam *state* i adalah waktu n , jadi sistem akan melakukan proses ke suatu *state* j pada waktu $n + 1$. Ini berarti bahwa untuk setiap i ,

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m P\{X_{n+1} = j | X_n = i\} = 1 \\ \sum_{j=1}^m P_{ij} = 1 \end{aligned} \quad (2.3)$$

setiap anggota dalam matriks P harus positif. Oleh karena itu, semua anggota dalam matriks peluang transisi adalah tidak negatif, dan anggota dalam setiap baris harus berjumlah 1 (Winston, 2004).

2. Peluang Transisi n -langkah

Ross (2010) mendefinisikan peluang transisi n -langkah P_{ij}^n sebagai peluang bahwa proses pada *state* i akan berada pada *state* j setelah proses mengalami n tambahan transisi. Jadi,

$$P_{ij}^n = P\{X_{n+k} = j | X_k = i\}, \quad n, i, j \geq 0 \quad (2.4)$$

P_{ij}^n disebut peluang transisi n -langkah dari *state* i ke *state* j .

Menurut Hillier dan Lieberman (2001), peluang transisi n -langkah P_{ij}^n adalah peluang bersyarat bahwa sistem akan berada pada *state* j setelah mengalami proses n -langkah, proses dimulai pada *state* i pada waktu t . Matriks peluang transisi n -langkah P_{ij}^n dapat ditulis sebagai

$$P^n = \begin{matrix} & \text{State} & 0 & 1 & \dots & m \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ \vdots \\ m \end{matrix} & \begin{bmatrix} P_{00}^n & P_{01}^n & \dots & P_{0m}^n \\ P_{10}^n & P_{11}^n & \dots & P_{1m}^n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{m0}^n & P_{m1}^n & \dots & P_{mm}^n \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2.4)$$

Ketika $n = 1$, diketahui bahwa $P_{ij}^1 = P_{ij}$. Karena P_{ij}^n adalah peluang bersyarat, peluang tidak negatif, dan karena proses harus melakukan transisi ke beberapa *state*, sehingga:

$$P_{ij}^n \geq 0 \text{ untuk semua } i \text{ dan } j; n = 0, 1, 2 \dots$$

dan

$$\sum_{j=1}^m P_{ij}^n = 1 \text{ untuk semua } i; n = 0, 1, 2 \dots$$

F. Persamaan Chapman-Kolmogorov

Persamaan Chapman-Kolmogorov merupakan suatu metode untuk menghitung peluang transisi n -langkah:

$$\begin{aligned} P_{ij}^{n+m} = \\ P\{X_{n+m} = j | X_0 = i\} \\ \text{untuk semua } n, m, i, j \geq 0 \end{aligned}$$

$$= \sum_{k=0}^{\infty} P_{kj}^m P_{ik}^n \quad (2.5)$$

Persamaan (2.5) menunjukkan bahwa $P_{ik}^n P_{kj}^m$ adalah peluang dengan titik awal dari *state* i , dalam perubahan dari *state* i ke *state* j sebanyak $n + m$ langkah, proses akan berada

dalam *state k* setelah tepat n -langkah. Oleh karena itu, dapat disimpulkan dari semua *state k* menghasilkan peluang bahwa proses akan berada di *state j* setelah $n + m$ langkah.

Misalkan \mathbf{P}^n menunjukkan matriks peluang transisi n -langkah P_{ij}^n , maka persamaan (2.5) menyatakan bahwa

$$\mathbf{P}^{n+m} = \mathbf{P}^n \cdot \mathbf{P}^m$$

dengan demikian, matriks peluang transisi n -langkah \mathbf{P}^n dapat diperoleh dengan mengalikan n dari matriks peluang transisi satu langkah \mathbf{P} (Ross, 2010).

G. Klasifikasi State

Peluang transisi yang terkait dengan *state* memainkan peran penting dalam studi rantai Markov. Untuk mempelajari sifat rantai Markov, berikut beberapa konsep dan definisi tentang *state*.

1. Accessible

State j dikatakan dapat dicapai (*accessible*) dari *state i* jika terdapat bilangan bulat $n \geq 0$ sehingga $P_{ij}^n > 0$. Dengan demikian, *state j* yang dapat dicapai (*accessible*) dari *state i* artinya adalah ketika sistem dimulai dari *state i* akhirnya sistem akan pindah ke *state j* (Hillier dan Lieberman, 2001).

2. Communicate

Menurut Ross (2010), jika *state j* dicapai dari *state i* dinotasikan dengan $i \rightarrow j$ dan *state i* dapat dicapai dari *state j* dinotasikan dengan $j \rightarrow i$, maka *state i* dan *j* dikatakan saling berkomunikasi (*communicate*) dinotasikan dengan $i \leftrightarrow j$.

Secara umum hubungan komunikasi memenuhi tiga sifat berikut (Hillier dan Lieberman, 2001):

1. Setiap *state* berkomunikasi dengan dirinya ($i \leftrightarrow i$) karena $P_{ii}^0 = P\{X_0 = i | X_0 = i\} = 1$.
2. Jika *state i* berkomunikasi dengan *state j* ($i \leftrightarrow j$), maka *state j* berkomunikasi dengan *state i* ($j \leftrightarrow i$).
3. Jika *state i* berkomunikasi dengan *state j* ($i \leftrightarrow j$) dan *state j* berkomunikasi dengan *state k* ($j \leftrightarrow k$), maka *state i* berkomunikasi dengan *state k* ($i \leftrightarrow k$).

Dari tiga sifat komunikasi diatas, *state* dapat dibagi menjadi satu atau lebih kelas terpisah sehingga *state* berkomunikasi satu sama lain berada dalam kelas yang sama, sebuah kelas dapat terdiri dari satu *state*. Jika hanya ada satu kelas, yaitu semua *state* berkomunikasi maka rantai Markov dikatakan *irreducible* (tidak dapat diperkecil lagi) (Hillier dan Lieberman, 2001).

3. Recurrent dan Transient State

Sebuah *state* dikatakan *recurrent state* (berulang) jika setelah memasuki *state i*, proses dengan pasti akan kembali ke *state i* lagi. Oleh karena itu, *state i* dikatakan *recurrent state* (berulang) jika dan hanya jika tidak *transient state*. Sebuah *state* dikatakan *transient state* (sementara) jika setelah memasuki *state i*, proses tidak pernah kembali ke *state i* lagi (Hillier dan Lieberman, 2001).

Ross (2010), untuk proses yang dimulai dari *state i* dan akan kembali ke *state i* didefinisikan sebagai berikut:

$$f_{ii} = \sum_{n=1}^{\infty} f_{ii}^n = f_{ii}^1 + f_{ii}^2 + \dots \quad (2.6)$$

f_{ii} menunjukkan peluang bahwa, proses yang mulai dari *state i* akan masuk kembali ke *state i*. *State i* dikatakan *recurrent* (berulang) jika $f_{ii} = 1$ dan *transient* (sementara) jika $f_{ii} < 1$.

Proposition 2.1 (Ross, 2010:206)

State i adalah:

Recurrent jika

$$\sum_{n=1}^{\infty} P_{ii}^n = \infty \quad (2.7)$$

Transient jika

$$\sum_{n=1}^{\infty} P_{ii}^n < \infty \quad (28)$$

4. Absorbing State

State i dikatakan *absorbing* (menyerap) jika $P_{ii} = 1$ (Winston, 2004). Menurut Hillier dan Lieberman (2001), sebuah *state* dikatakan *absorbing* jika setelah memasuki *state i*, proses tidak akan pernah meninggalkan *state i* ini lagi. Artinya tidak ada *state* yang dapat dicapai dari *state* tersebut.

5. Sifat Periode

State i dikatakan memiliki periode $d(i)$ jika $P_{ii}^n = 0$, dimana n tidak habis dibagi d , dan d adalah bilangan bulat terbesar. Periode $d(i)$ merupakan FPB (faktor persekutuan terbesar) atau gcd (*greatest common divisor*) dari seluruh $n = 1, 2, \dots$ dimana $P_{ii}^n > 0$.

$$d(i) = \gcd\{n \geq 1 | P_{ii}^n > 0\} \quad (2.9)$$

- Jika $d(i) = 1$, maka *state i* disebut aperiodik

- Jika $d(i) > 1$, maka *state i* disebut periodik

Jika *state i* memiliki periode d , dan *state i* dan *state j* berkomunikasi, maka *state j* juga memiliki periode d (Ross, 2010).

H. Limiting Probability

State i yang *recurrent* (berulang) dikatakan positif *recurrent* jika proses dimulai pada state i , maka waktu yang diharapkan proses untuk sampai kembali ke state i terbatas. Sebaliknya terdapat pula *states recurrent* (berulang) yang tidak positif *recurrent*, *states* ini disebut *null recurrent*. Untuk suatu rantai markov, semua *state recurrent* diklasifikasikan menjadi keadaan positif *recurrent* atau *null recurrent* dengan menyatakan rata-rata waktu *recurrent* (*mean recurrent time*)

$$\mu_i = \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot f_{ii}^n \quad (2.10)$$

- Jika $\mu_i < \infty$, maka state i disebut positif *recurrent*

- Jika $\mu_i = \infty$, maka state i disebut *null recurrent*

untuk setiap state i , f_{ii} menunjukkan peluang bahwa proses yang mulai dari state i akan masuk kembali ke state i . State yang positif *recurrent* dan aperiodek disebut *ergodic*.

Teorema 2.1 (Ross, 2010:215)

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus atau penelitian terapan dengan metode survei. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang diperoleh secara langsung berupa jawaban responden yang diperoleh dari pengisian kuesioner oleh mahasiswa S1 Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Bengkulu. Teknik analisis data yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Melakukan penyebaran kuesioner.
2. Input data yang diperoleh dari kuesioner.
3. Membuat tabel jumlah pengguna kartu internet GSM Prabayar dari masing-masing merek.
4. Membuat tabel *brand switching* yaitu data perubahan atau pergeseran dari satu merek ke merek lainnya.
5. Menentukan peluang dari setiap keadaan.
6. Membuat matriks peluang transisi (P).
7. Memprediksi pangsa pasar menggunakan matriks peluang transisi n -langkah yaitu mengalikan matriks peluang transisi dengan dirinya sendiri sebanyak n -langkah sampai mencapai keadaan yang seimbang, yaitu keadaan dimana persaingan pasar mengalami keadaan yang tetap.
8. Menentukan klasifikasi state rantai markov.
9. Menentukan *limiting probability*.

IV. Hasil dan Pembahasan

Jika untuk setiap rantai markov yang *irreducible ergodic* $\lim_{n \rightarrow \infty} P_{ij}^n$ ada dan independen pada state i , maka

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P_{ij}^n = \pi_j > 0, \quad i, j \geq 0 \quad (2.11)$$

dimana π_j merupakan solusi nonnegatif dari:

$$\pi_j = \sum_{i=0}^{\infty} \pi_i P_{ij}$$

$$\sum_{j=0}^{\infty} \pi_j = 1 \quad (2.12)$$

Menurut Hillier dan Lieberman (2001) $\pi = [\pi_0, \pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n]$ disebut distribusi stasioner dari rantai markov. Artinya jika state awal berada di state j diberikan oleh π_j , maka peluang untuk menentukan proses state j pada waktu $n = 1, 2, \dots$ juga diberikan oleh π_j , yaitu jika

$$P\{X_0 = j\} = \pi_j, \quad j \geq 0$$

maka

$$P\{X_n = j\} = \pi_j, \quad \text{untuk semua } n, j \geq 0$$

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh secara langsung dari jawaban responden yang diteliti yaitu berupa jawaban dari pengisian kuesioner oleh mahasiswa S1 Matematika FMIPA UNIB. Pada penelitian ini dibagikan sebanyak 159 kuesioner kepada responden dan semua kuesioner tersebut kembali dalam keadaan baik sehingga dapat digunakan oleh peneliti dalam melakukan pengolahan data.

Proses Pengolahan Data

1. Merek Kartu Internet GSM yang Digunakan

Merek-merek kartu internet GSM yang digunakan oleh responden mahasiswa FMIPA Universitas Bengkulu adalah seperti Tabel 1 berikut:

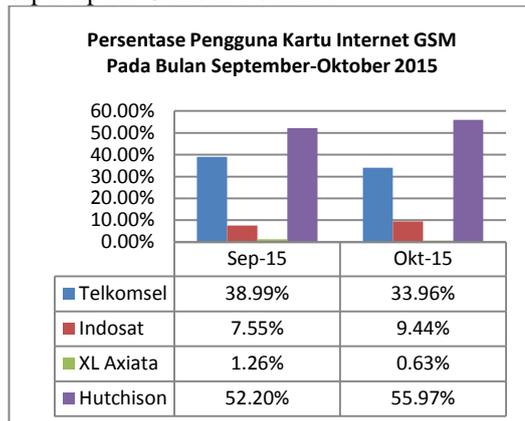
Tabel 1. Merek Kartu Internet GSM dan Jumlah Pengguna Pada Bulan September 2015

No.	Merek Kartu internet GSM	Jumlah responden	Proporsi (%)
1	Telkomsel	62	38,99
2	Indosat	12	7,55
3	XL Axiata	2	1,26
4	Hutchison	83	52,20
Jumlah		159	100

Tabel 1 menunjukkan bahwa 62 responden (38,99%) menggunakan kartu internet Telkomsel. Kemudian 12 responden (7,55%) menggunakan

kartu internet Indosat dan 2 responden (1,26%) menggunakan kartu internet XL Axiata. Selanjutnya kartu internet Hutchison sebesar 83 responden (52,20) merupakan merek kartu internet yang paling banyak digunakan oleh responden.

Pada bulan Oktober 2015 atau periode kedua terjadi perubahan kenaikan dan penurunan persentase pada masing-masing merek kartu internet GSM yang digunakan oleh responden mahasiswa S1 Matematika FMIPA UNIB adalah seperti pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Persentase Pengguna Merek Kartu Internet GSM Pada Bulan September-Oktober 2015

Tabel 2. Jumlah Perolehan dan Kehilangan Responden Kartu Internet GSM

No	Merek Kartu Internet GSM	Jumlah Responden Sebelumnya	Perolehan	Kehilangan	Jumlah Responden Saat Ini
1	Telkomsel	62	17	25	54
2	Indosat	12	12	9	15
3	XL Axiata	2	1	2	1
4	Hutchison (3)	83	25	19	89

Tabel 2 menunjukkan merek kartu internet Telkomsel saat ini berjumlah 54 responden, sebelumnya pengguna kartu internet Telkomsel berjumlah 62 responden, ini berarti terjadi pengurangan sebanyak 8 responden. Merek kartu internet Telkomsel memperoleh 17 responden dari merek kartu internet GSM lainnya akan tetapi 25 responden berpindah ke merek kartu internet GSM lainnya.

Jumlah pengguna kartu internet Indosat bertambah 3 responden yang sebelumnya 12 responden menjadi 15 responden. Merek kartu internet XL Axiata yang semula digunakan oleh 2 responden sekarang berkurang menjadi 1 responden yang merupakan responden dari merek kartu internet GSM lain yang berpindah ke merek kartu internet XL Axiata karena 2 responden merek

kartu internet XL Axiata yang sebelumnya telah berpindah ke merek kartu internet GSM lainnya.

Merek kartu internet Hutchison adalah merek yang paling banyak digunakan oleh responden baik sekarang maupun sebelumnya. Jumlah pengguna kartu internet Hutchison bertambah 6 responden dari yang sebelumnya 83 responden menjadi 89 responden. Merek kartu internet Hutchison memperoleh 25 responden dari merek kartu internet GSM lainnya akan tetapi 19 responden berpindah ke merek kartu internet GSM lainnya.

2. Perpindahan Merek Kartu Internet GSM

Pola perpindahan merek dari satu merek ke merek yang lainnya dapat digambarkan pada Tabel 3 seperti berikut :

Tabel 3. Pola Perpindahan Merek Kartu Internet GSM

Dari Merek	Merek Kartu Internet GSM	Ke Merek				Jumlah Responden Sebelumnya
		Telkomsel	Indosat	XL Axiata	Hutchison	
	Telkomsel	37	7	0	18	62
	Indosat	4	3	0	5	12
	XL Axiata	0	0	0	2	2
	Hutchison	13	5	1	64	83
	Jumlah Responden Saat Ini	54	15	1	89	159

Selanjutnya apabila dari Tabel 3 diasumsikan bahwa pergeseran diantara merek kartu internet dianggap stabil (tetap tidak berubah) maka dapat dibuat Tabel Peluang Transisi (P) yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel Peluang Transisi (P)

Dari Merek	Ke Merek			
	Telkomsel	Indosat	XL Axiata	Hutchison
Telkomsel	0,5968	0,1129	0,0000	0,2903
Indosat	0,3333	0,2500	0,0000	0,4167
XL Axiata	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
Hutchison	0,1566	0,0602	0,0121	0,7711

Pada tabel 7 diperoleh data responden Telkomsel yang tetap menggunakan kartu internet Telkomsel adalah 59,68% yang diperoleh dari $\frac{37}{62}$, dengan angka 37 menunjukkan jumlah responden yang tetap menggunakan merek kartu internet Telkomsel dan angka 62 menunjukkan jumlah responden sebelumnya yang berpindah dari merek Telkomsel ke tiga merek lainnya. Kemudian dari merek kartu internet Telkomsel berpindah ke merek kartu internet Indosat 11,29% yang diperoleh dari $\frac{7}{62}$, dengan angka 7 menunjukkan jumlah responden yang berpindah dari merek kartu internet Telkomsel ke merek kartu internet Indosat

dan angka 62 menunjukkan jumlah responden sebelumnya yang berpindah dari merek Telkomsel ke tiga merek lainnya. Selanjutnya merek kartu internet Telkomsel berpindah ke merek kartu internet Hutchison yaitu 29,03% yang diperoleh dari $\frac{18}{62}$, dengan angka 18 menunjukkan jumlah responden yang berpindah dari merek kartu internet Telkomsel ke merek kartu internet Hutchison dan angka 62 menunjukkan jumlah responden sebelumnya yang berpindah dari merek Telkomsel ke tiga merek lainnya. Begitu seterusnya untuk memperoleh nilai peluang untuk tiga merek kartu internet lainnya.

Misalkan P merupakan matriks peluang transisi dengan 4 *state* merek kartu internet GSM yang menyatakan peluang perpindahan merek kartu internet GSM di kalangan mahasiswa S1 Matematika FMIPA UNIB, maka dari Tabel 4 dapat dituliskan:

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 & 2 & 3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,5968 & 0,1129 & 0,0000 & 0,2903 \\ 0,3333 & 0,2500 & 0,0000 & 0,4167 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 1,0000 \\ 0,1566 & 0,0602 & 0,0121 & 0,7711 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Keterangan:

- 0 = Responden Telkomsel
- 1 = Responden Indosat
- 2 = Responden XL Axiata
- 3 = Responden Hutchison

Anggota pada matriks P dapat dinotasikan dengan P_{ij} yang merupakan peluang perpindahan responden dari merek sebelumnya i ke merek saat ini j . Nilai peluang setiap P_{ij} antara 0 dan 1. Sehingga matriks P disebut juga matriks tak negatif, dan anggota dalam setiap baris adalah 1.

Prediksi Pangsa Pasar (Market Share) Merek Kartu Internet GSM

Prediksi pangsa pasar merek kartu internet GSM pada periode yang akan datang dapat dilakukan dengan menggunakan matriks peluang transisi n -langkah yaitu mengalikan matriks peluang transisi dengan dirinya sendiri sebanyak n -langkah. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan program MATLAB diperoleh hasil bahwa nilai peluang perpindahan dari masing-masing merek kartu internet GSM akan mengalami keadaan seimbang saat langkah ke 16 atau pada bulan Desember 2016, artinya persaingan pasar merek kartu internet GSM dalam hal mempertahankan, memperoleh atau kehilangan konsumen akan mengalami keadaan seimbang pada langkah ke 16. Matriks peluang transisi P^{16} menunjukkan bahwa kartu internet Hutchison adalah merek yang paling banyak digunakan oleh responden sebesar 59,17% atau sekitar 94 responden. Kemudian Telkomsel di urutan kedua

terbanyak digunakan oleh responden sebesar 30,73% atau 49 responden dan Indosat di urutan berikutnya sebesar 9,38% atau 15 responden. Selanjutnya pada urutan terakhir XL Axiata yaitu 0,72% atau 1 responden. Pada langkah ke 17, 18, dan seterusnya akan diperoleh matriks peluang transisi yang sama karena proses sudah mencapai keadaan tetap.

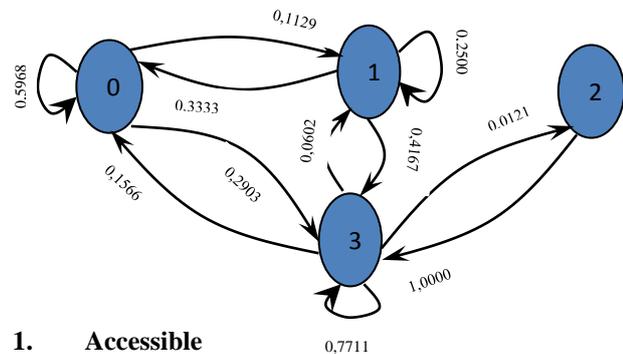
Menentukan Klasifikasi State Rantai Markov

Klasifikasi *state* rantai markov dapat ditentukan dengan menggunakan matriks peluang transisi P ,

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 & 2 & 3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,5968 & 0,1129 & 0,0000 & 0,2903 \\ 0,3333 & 0,2500 & 0,0000 & 0,4167 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 1,0000 \\ 0,1566 & 0,0602 & 0,0121 & 0,7711 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

dengan diagram transisinya sebagai berikut:

Gambar 2. Diagram Transisi



1. Accessible

State yang dapat dicapai (*accessible*), yaitu jika terdapat bilangan bulat $n \geq 0$ sehingga $P_{ij}^n > 0$, dari Gambar 2 dapat ditunjukkan *state* yang dapat dicapai (*accessible*) sebagai berikut:

- *State* 0 dapat dicapai dari *state* 1

$$\begin{aligned} P_{01} &= 0,1129 \\ P_{01}^2 &= 0,1131 \\ P_{01}^3 &= 0,1046 \\ &\vdots \end{aligned}$$

artinya ada responden yang setelah menggunakan Telkomsel berpindah ke merek kartu internet Indosat.

- *State* 0 dapat dicapai dari *state* 3

$$\begin{aligned} P_{03} &= 0,2903 \\ P_{03}^2 &= 0,4441 \\ P_{03}^3 &= 0,5206 \\ &\vdots \end{aligned}$$

artinya ada responden yang setelah menggunakan Telkomsel berpindah ke merek kartu internet Hutchison.

- *State* 1 dapat dicapai dari *state* 0

$$\begin{aligned} P_{10} &= 0,3333 \\ P_{10}^2 &= 0,3475 \\ P_{10}^3 &= 0,3309 \end{aligned}$$

⋮

artinya ada responden yang setelah menggunakan Indosat berpindah ke merek kartu internet Telkomsel.

- State 1 dapat dicapai dari state 3

$$P_{13} = 0,4167$$

$$P_{13}^2 = 0,5222$$

$$P_{13}^3 = 0,5608$$

⋮

artinya ada responden yang setelah menggunakan Indosat berpindah ke merek kartu internet Hutchison.

- State 2 dapat dicapai dari state 3

$$P_{23} = 1,0000$$

$$P_{23}^2 = 0,7711$$

$$P_{23}^3 = 0,6772$$

⋮

artinya ada responden yang setelah menggunakan XL Axiata berpindah ke merek kartu internet Hutchison.

- State 3 dapat dicapai dari state 0

$$P_{30} = 0,1566$$

$$P_{30}^2 = 0,2343$$

$$P_{30}^3 = 0,2723$$

⋮

artinya ada responden yang setelah menggunakan Hutchison berpindah ke merek kartu internet Telkomsel.

- State 3 dapat dicapai dari state 1

$$P_{31} = 0,0602$$

$$P_{31}^2 = 0,0792$$

$$P_{31}^3 = 0,0870$$

⋮

artinya ada responden yang setelah menggunakan Hutchison berpindah ke merek kartu internet Indosat.

- State 3 dapat dicapai dari state 2

$$P_{32} = 0,0121$$

$$P_{32}^2 = 0,0093$$

$$P_{32}^3 = 0,0082$$

⋮

artinya ada responden yang setelah menggunakan Hutchison berpindah ke merek kartu internet XL Axiata.

2. Communicate

Berdasarkan sifat *communicate*, yaitu jika *state i* berkomunikasi dengan *state j*, maka *state j* berkomunikasi dengan *state i*. Pada Gambar 2 dapat dikatakan bahwa *state* yang saling berkomunikasi adalah

- State 0 saling berkomunikasi dengan state 1. Artinya, ada responden yang setelah menggunakan Telkomsel berpindah ke merek kartu internet Indosat dan ada responden yang setelah menggunakan Indosat berpindah ke merek kartu internet Telkomsel.

- State 0 saling berkomunikasi dengan state 3. Artinya, ada responden yang setelah menggunakan Telkomsel berpindah ke merek kartu internet Hutchison dan ada responden yang setelah menggunakan Hutchison berpindah ke merek kartu internet Telkomsel.

- State 1 dan state 3 dikatakan saling berkomunikasi. Artinya, ada responden yang setelah menggunakan Indosat berpindah ke merek kartu internet Hutchison dan ada responden yang setelah menggunakan Hutchison berpindah ke merek kartu internet Indosat.

- State 2 dan state 3 saling berkomunikasi. Artinya, ada responden yang setelah menggunakan XL Axiata berpindah ke merek kartu internet Hutchison dan ada responden yang setelah menggunakan Hutchison berpindah ke merek kartu internet XL Axiata.

Selanjutnya berdasarkan sifat *communicate*, Jika *state i* berkomunikasi dengan *state j* dan *state j* berkomunikasi dengan *state k*, maka *state i* berkomunikasi dengan *state k*. Gambar 2 menunjukkan bahwa:

- State 0 saling berkomunikasi dengan state 2. Artinya ada responden yang setelah menggunakan Telkomsel berpindah ke merek kartu internet Hutchison dan ada responden yang setelah menggunakan Hutchison berpindah ke merek kartu internet XL Axiata, maka responden yang setelah menggunakan Telkomsel dapat berpindah ke merek kartu internet XL Axiata.

- State 1 saling berkomunikasi dengan state 2. Artinya ada responden yang setelah menggunakan Indosat berpindah ke merek kartu internet Hutchison dan ada responden yang setelah menggunakan Hutchison berpindah ke merek kartu internet XL Axiata, maka responden yang setelah menggunakan Indosat dapat berpindah ke merek kartu internet XL Axiata.

Berdasarkan uraian diatas maka *state 0,1,2* dan *state 3* saling berkomunikasi, jadi hanya ada satu kelas komunikasi yaitu $\{0,1,2,3\}$ semua *state* berkomunikasi, maka rantai markov dikatakan *irreducible*.

3. Recurrent dan Transient State

State dikatakan *recurrent* (berulang) jika setelah memasuki *state i*, proses dengan pasti akan kembali ke *state i* lagi sedangkan *state i* dikatakan *transient* (sementara) jika setelah memasuki *state i*, proses tidak pernah kembali ke *state i* lagi. Pada Proposition 2.1 *state* dikatakan *recurrent* (berulang) jika $\sum_{n=1}^{\infty} P_{ii}^n = \infty$ dan *state i* dikatakan

transient (sementara) jika $\sum_{n=1}^{\infty} P_{ii}^n < \infty$, dari Gambar 2 dapat ditunjukkan *recurrent* dan *transient state* sebagai berikut:

- *State 0*

$$\begin{aligned}
 P_{00} &= 0,5968 \\
 P_{00}^2 &= P_{00}P_{00} + P_{01}P_{10} + P_{03}P_{30} \\
 &= 0,4393 \\
 P_{00}^3 &= P_{00}P_{00}P_{00} + P_{00}P_{01}P_{10} + \dots + \\
 &P_{03}P_{33}P_{30} \\
 &= 0,3694 \\
 &\vdots \\
 \sum_{n=1}^{\infty} P_{00}^n &= P_{00}^1 + P_{00}^2 + P_{00}^3 + \dots \\
 &= 0,5986 + 0,4393 + \\
 &0,3694 + \dots \\
 &= \infty
 \end{aligned}$$

State $P_{00} = \infty$, maka *state 0* dikatakan *recurrent*, artinya ada responden yang setelah menggunakan kartu internet Telkomsel pasti kembali menggunakan kartu internet Telkomsel.

- *State 1*

$$\begin{aligned}
 P_{11} &= 0,2500 \\
 P_{11}^2 &= P_{10}P_{01} + P_{11}P_{11} + P_{13}P_{31} \\
 &= 0,1225 \\
 P_{11}^3 &= P_{10}P_{00}P_{01} + P_{10}P_{01}P_{11} + \dots + \\
 &P_{13}P_{33}P_{31} \\
 &= 0,1020 \\
 &\vdots \\
 \sum_{n=1}^{\infty} P_{11}^n &= P_{11}^1 + P_{11}^2 + P_{11}^3 + \dots \\
 &= 0,2500 + 0,1252 + \\
 &0,1020 + \dots \\
 &= \infty
 \end{aligned}$$

State $P_{11} = \infty$, maka *state 1* dikatakan *recurrent*, artinya ada responden yang setelah menggunakan kartu internet Indosat pasti kembali menggunakan kartu internet Indosat.

- *State 2*

$$\begin{aligned}
 P_{22} &= 0,0000 \\
 P_{22}^2 &= P_{23}P_{32} \\
 &= 0,0121 \\
 P_{22}^3 &= P_{23}P_{33}P_{32} \\
 &= 0,0093 \\
 &\vdots \\
 \sum_{n=1}^{\infty} P_{22}^n &= P_{22}^1 + P_{22}^2 + P_{22}^3 + \dots \\
 &= 0,0000 + 0,0121 + \\
 &0,0093 + \dots \\
 &= \infty
 \end{aligned}$$

State $P_{22} = \infty$, maka *state 2* dikatakan *recurrent*, artinya ada responden yang setelah menggunakan kartu internet XL Axiata pasti kembali menggunakan kartu internet XL Axiata.

- *State 3*

$$\begin{aligned}
 P_{33} &= 0,7711 \\
 P_{33}^2 &= P_{30}P_{03} + P_{31}P_{13} + P_{32}P_{23} \\
 &\quad + P_{33}P_{33} \\
 &= 6772 \\
 P_{33}^3 &= P_{30}P_{00}P_{03} + P_{30}P_{01}P_{13} + \dots + \\
 &P_{33}P_{33}P_{33} \\
 &= 0,6325 \\
 &\vdots \\
 \sum_{n=1}^{\infty} P_{33}^n &= P + P_{33}^2 + P_{33}^3 + \dots \\
 &= 0,7711 + 0,6772 + \\
 &0,6325 + \dots \\
 &= \infty
 \end{aligned}$$

State $P_{33} = \infty$, maka *state 3* dikatakan *recurrent*, artinya ada responden yang setelah menggunakan kartu internet Hutchison pasti kembali menggunakan kartu internet Hutchison.

Dari uraian di atas maka dapat dikatakan bahwa *state 0,1,2*, dan *state 3* merupakan *recurrent state* karena setelah memasuki *state i*, proses dengan pasti akan kembali ke *state i* lagi dan $\sum_{n=1}^{\infty} P_{ii}^n = \infty$.

4. Absorbing State

Berdasarkan matriks peluang transisi P dapat dilihat bahwa tidak ada *state* yang *absorbing*, karena $P_{ii} \neq 1$. Artinya jika setelah memasuki *state i*, proses akan meninggalkan *state i*. Pada Gambar 2 dapat dikatakan bahwa:

- *State 0* tidak *absorbing*, karena $P_{00} = 0,5968$ artinya ada responden yang setelah menggunakan kartu internet Telkomsel berpindah ke merek kartu internet lainnya.
- *State 1* tidak *absorbing*, karena $P_{11} = 0,25000$ artinya ada responden yang setelah menggunakan kartu internet Indosat berpindah ke merek kartu internet lainnya.
- *State 2* tidak *absorbing*, karena $P_{22} = 0,0000$ artinya ada responden yang setelah menggunakan kartu internet XL Axiata berpindah ke merek kartu internet lainnya.
- *State 3* tidak *absorbing*, karena $P_{33} = 0,7711$ artinya ada responden yang setelah menggunakan kartu internet Hutchison berpindah ke merek kartu internet lainnya.

5. Sifat Periodeitas

Persamaan (2.9) dapat digunakan untuk menentukan *state* yang memiliki periode $d(i)$ sebagai berikut:

- *State 0*

$$\begin{aligned}
 n &\geq 1, P_{00}^n > 0 \\
 n = 2 &\rightarrow P_{00}^2 = 0,4393 > 0 \\
 n = 3 &\rightarrow P_{00}^3 = 0,3694 > 0 \\
 n = 4 &\rightarrow P_{00}^4 = 0,3368 > 0 \\
 d(0) &= \gcd\{n \geq 1, P_{00}^n > 0\} \\
 &= \gcd\{2,3,4, \dots\} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Periode *state* 0 yaitu $d(0) = 1$ artinya *state* 0 dikatakan aperiodik.

- *State* 1 $n \geq 1, P_{11}^n > 0$
 $n = 2 \rightarrow P_{11}^2 = 0,1252 > 0$
 $n = 3 \rightarrow P_{11}^3 = 0,1020 > 0$
 $n = 4 \rightarrow P_{11}^4 = 0,0966 > 0$
 $d(1) = \gcd\{n \geq 1, P_{11}^n > 0\}$
 $= \gcd\{2,3,4, \dots\}$
 $= 1$

Periode *state* 1 yaitu $d(1) = 1$ artinya *state* 1 dikatakan aperiodik.

- *State* 2 $n \geq 1, P_{22}^n > 0$
 $n = 2 \rightarrow P_{22}^2 = 0,0121 > 0$
 $n = 3 \rightarrow P_{22}^3 = 0,0093 > 0$
 $n = 4 \rightarrow P_{22}^4 = 0,0082 > 0$
 $d(0) = \gcd\{n \geq 1, P_{22}^n > 0\}$
 $= \gcd\{2,3,4, \dots\}$
 $= 1$

Periode *state* 2 yaitu $d(2) = 1$ artinya *state* 2 dikatakan aperiodik.

- *State* 3 $n \geq 1, P_{33}^n > 0$
 $n = 2 \rightarrow P_{33}^2 = 0,6772 > 0$
 $n = 3 \rightarrow P_{33}^3 = 0,6325 > 0$
 $n = 4 \rightarrow P_{33}^4 = 0,6112 > 0$
 $d(0) = \gcd\{n \geq 1, P_{33}^n > 0\}$
 $= \gcd\{2,3,4, \dots\}$
 $= 1$

Periode *state* 3 yaitu $d(3) = 1$ artinya *state* 3 dikatakan aperiodik.

Dari uraian di atas maka dapat dikatakan bahwa periode *state* 0,1,2, dan *state* 3 merupakan aperiodik karena $d(0) = d(1) = d(2) = d(3) = 1$. Artinya untuk setiap periode (bulan) akan ada responden yang tetap menggunakan merek kartu internet yang digunakan sebelumnya.

Menentukan Limiting Probability

Berdasarkan Teorema 2.1 *limiting probability* dapat ditentukan dengan menggunakan matriks peluang transisi P dan menentukan distribusi stasioner $[\pi_0, \pi_1, \pi_2, \pi_3]$ sebagai berikut:
 $[\pi_0 \ \pi_1 \ \pi_2 \ \pi_3]$

$$= [\pi_0 \ \pi_1 \ \pi_2 \ \pi_3] \begin{bmatrix} 0,5968 & 0,1129 & 0,0000 & 0,2903 \\ 0,3333 & 0,2500 & 0,0000 & 0,4167 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 1,0000 \\ 0,1566 & 0,0602 & 0,0121 & 0,7711 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \pi_0 &= 0,5968\pi_0 + 0,3333\pi_1 + 0,1566\pi_3 \\ \pi_1 &= 0,1129\pi_0 + 0,2500\pi_1 + 0,0602\pi_3 \\ \pi_2 &= 0,0121\pi_3 \\ \pi_3 &= 0,2903\pi_0 + 0,4167\pi_1 + \pi_2 \\ &\quad + 0,7711\pi_3 \end{aligned}$$

dengan melakukan substitusi dan eliminasi, maka didapatkan:

$$\begin{aligned} \pi_0 &= 0,3073, & \pi_1 &= 0,0938, \\ \pi_2 &= 0,0072, & \pi_3 &= 0,5917 \end{aligned}$$

Artinya untuk jangka panjang peluang responden mahasiswa S1 Matematika FMIPA UNIB akan tetap menggunakan merek kartu internet Telkomsel adalah 30,73%, peluang responden akan tetap menggunakan merek kartu internet Indosat 9,38%, peluang responden akan tetap menggunakan merek kartu internet XL Axiata 0,72%, dan peluang responden akan tetap menggunakan merek kartu internet Hutchison 59,17%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Peluang perpindahan merek kartu internet GSM Prabayar di kalangan mahasiswa S1 Matematika FMIPA UNIB saat ini dapat dilihat pada matriks peluang transisi P berikut:

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 & 2 & 3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,5968 & 0,1129 & 0,0000 & 0,2903 \\ 0,3333 & 0,2500 & 0,0000 & 0,4167 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 1,0000 \\ 0,1566 & 0,0602 & 0,0121 & 0,7711 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Keterangan:

- 0 = Responden Telkomsel
- 1 = Responden Indosat
- 2 = Responden XL Axiata
- 3 = Responden Hutchison

2. Prediksi peluang perpindahan pada masing-masing merek kartu internet GSM prabayar di kalangan mahasiswa S1 Matematika FMIPA UNIB, pada masa yang akan datang mengalami keadaan seimbang saat langkah ke 16 atau pada bulan Desember 2016. Artinya, peluang responden yang akan tetap menggunakan kartu internet Telkomsel 30,73%, kartu internet Indosat 9,38%, kartu internet XL Axiata 0,72%, dan kartu internet Hutchison 59,17%, nilai ini tidak akan berubah pada periode berikutnya.

Saran

Penelitian selanjutnya dapat menggunakan faktor-faktor yang mempengaruhi perpindahan merek kartu internet GSM prabayar atau alasan konsumen melakukan perpindahan dari suatu merek ke merek yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

*Universitas Bina Nusantara, Jakarta. Vol.3,
No.2 November 2012.*

Anonim. 2015. Telekomunikasi Seluler di Indonesia.
https://id.wikipedia.org/wiki/Telekomunikasi_seluler_di_Indonesia. Tanggal Akses: 5 April 2015.

Anonim. 2015. Global System for Mobile Communication.
http://id.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications. Tanggal Akses: 21 April 2015.

Hillier, F. S dan G. J. Lieberman. 2001. *Introduction to Operations Research (Seventh Edition)*. McGraw-Hill Higher Education, New York.

Sri, K dan Nuraeni. 2014. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perilaku *Brand Switching* pada Kartu Prabayar XL. *Jurnal Sketsa Bisnis*. Vol.1, No.1 Agustus 2014.

Langi, Y. A. R. 2001. Penentuan Klasifikasi State pada Rantai dengan Menggunakan Nilai Eigen dari Matriks Peluang Transisi. *Jurnal Ilmiah Sains*. Vol.11, No.1 April 2011.

Debora, N. R dan Yoestini. 2012. Analisis Pengaruh Ketidakpuasan Konsumen, Harga, dan Kebutuhan Mencari Variasi Terhadap Perpindahan Merek Sabun Lifebuoy Di Semarang. *Jurnal Manajemen Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Diponegoro*. Vol.1, No.2 2012.

Prastya, S. 2013. Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perpindahan Merek (*Brand Switching*) Kartu Indosat IM3. *Skripsi*. Fakultas Ekonomika dan Bisnis Universitas Diponegoro Semarang.

Ribhan. 2006. Faktor-faktor yang Mempengaruhi *Brand Switching* pada Pengguna SIM Card di Fakultas Ekonomi Universitas Lampung. *Jurnal Bisnis dan Manajemen, Universitas Lampung, Bandar Lampung*. Vol.3, No.1 September 2006.

Ross, S.M. 2010. *Introduction to Probability Models (Tenth Edition)*. Elsevier Inc.

Lim, S dan H, Sarjono. 2012. Penentuan Pangsa Pasar Shampo Favorit dengan Bantuan Program QS for Windows. *Jurnal Ekonomi*

Winston, W. L. 2004. *Operations Research Application and Algorithm (Third Edition)*. Indiana University.