

# Pemodelan *Handoff Latency* pada Jaringan WiMAX dengan PRISM

I Nym Saputra Wahyu Wijaya  
Jurusan Teknik Informatika  
STMIK STIKOM Indonesia  
Bali, Indonesia  
inym.wahyu@gmail.com

**Abstract**—Untuk mengetahui performa HHO pada standar protokol WiMAX IEEE 802.16m dilakukan pemodelan dan evaluasi berdasarkan proses handover pada standar protokol tersebut. Analisis simulasi tidak dapat menunjukkan penyebab kesalahan atau *error* skema handover IEEE 802.16m tersebut.

Dalam penelitian ini, sistem *handover* dimodelkan dengan *Continuous-Time Markov Chain*. Untuk membangun model rantai Markov sistem *handover* mengikuti langkah-langkah sebagai berikut: Merepresentasikan *state space* berdasarkan asumsi-asumsi pada sistem *handover* pada jaringan WiMAX, memberikan penomoran pada semua transisi yang mungkin muncul pada semua *state*, menggenerasikan laju transisi matriks. Kemudian model yang dibentuk dituangkan pada tool PRISM.

Evaluasi yang dilakukan terhadap model CTMC yang dibangun menunjukkan bahwa 94 persen dari MS yang melakukan *scanning* sukses melakukan handover. *Handoff latency* tidak menjamin kesuksesan dari semua proses *handover* yang terjadi.

**Keywords**—WiMAX; *handover*; *mobility pattern*; CTMC; PRISM; *handoff latency*

## I. PENDAHULUAN

Handover, yaitu proses perpindahan dari sebuah sel *base station* (BS) ke *base station* lainnya dengan menjamin adanya keberlangsungan komunikasi. Walaupun handover bertujuan untuk menjaga keberlangsungan komunikasi, namun mekanisme tersebut menimbulkan *handoff latency* yang dapat mengganggu kualitas layanan. Salah satu teknologi jaringan wireless yang mendukung mobilitas adalah WiMAX. Mekanisme handover pada standar WiMAX yang mendukung mobilitas, IEEE 802.16m diklasifikasikan menjadi dua tipe, yaitu *hard handover* (HHO) dan *soft handover* (SHO). HHO merupakan mekanisme *default* yang dimiliki oleh protokol IEEE 802.16m, sedangkan SHO merupakan mekanisme opsional dengan biaya dan kompleksitas yang lebih besar [1].

*Probabilistic Model Checking* varian dari model checking adalah sebuah prosedur otomatis untuk suatu kemunculan jika suatu properti yang diinginkan berada pada sebuah model sistem *probabilistic* [3]. Penelitian yang menggunakan metode formal untuk melakukan analisis skema *handover* sudah

banyak dilakukan. Chowdhury menyatakan, perilaku proses handover mengalami perubahan dalam domain waktu yang kontinu terhadap kemunculan suatu *event*. Untuk model jaringan dengan perubahan yang terjadi dalam domain kontinu, analisis performa secara akurat hanya mungkin dilakukan jika sistem dimodelkan dengan CTMC [4]. Penelitian yang dilakukan adalah membuat sebuah algoritma untuk meminimalkan konsumsi energi dan memodelkan skema *handover* tersebut dengan CTMC, namun penelitian tersebut tidak memperhatikan *handoff latency*.

Evaluasi performa dilakukan pada proses *soft handoff* dari jaringan seluler CDMA menggunakan pemodelan proses *birth-death* yang merupakan varian dari CTMC [5]. Begitu juga dengan penelitian yang dilakukan yang menunjukkan bahwa proses *birth-death* bisa digunakan untuk memodelkan proses HHO dari protokol jaringan *wireless cellular* untuk mengevaluasi performa dengan memperhatikan blocking probability dan dropping probability [6].

## II. METODE PENELITIAN

Untuk membangun Model CTMC skema *handover* jaringan WiMAX hal-hal yang harus diperhatikan adalah representasi *state space*, penentuan *state* inisial, transisi yang terjadi pada setiap *state* dan probabilitasnya.

### A. Representasi *state space*

Sesuai dengan deskripsi model, terdapat dua buah model CTMC pada penelitian ini. Model yang dibangun adalah model untuk perilaku *mobile station* dan model untuk perilaku *channel* dari sebuah *target base station*. Masing-masing model memiliki *state space* yang berbeda. *State space* yang dimiliki oleh setiap model tergantung dari proses stokastik yang terjadi, dan untuk proses stokastik melibatkan variabel acak yang mengalami perubahan dalam waktu tertentu.

#### 1. *State space model Mobile station* dalam skema *handover*

*State space* dalam sebuah model CTMC akan saling berhubungan sesuai perubahan yang terjadi dalam setiap waktu. Hubungan tersebut dinyatakan dalam sebuah laju transisi. Laju transisi mewakilkan perubahan dari kondisi

mobile station dengan observasi waktu saat ini hingga interval waktu tertentu dengan probabilitas dari pemilihan kondisi selanjutnya. Berikut adalah *state space* dari model CTMC *mobile station* dalam skema *handover*:

- State {no scan}
- State {scanning}
- State {cell switch}
- State {fail}

2. *State space* model CTMC dari perilaku *channel target base station*

Perubahan jumlah dari *channel* pada *target base station* ini diperhatikan berdasarkan laju *birth* atau bertambahnya jumlah *channel* yang digunakan dan laju *death* atau berkurangnya jumlah *channel* yang digunakan. *State space* dari perilaku *channel* ini bersifat diskrit yang terdiri dari 0, 1, 2, ..., N yang artinya berjumlah N + 1 dari N buah *channel* yang dimiliki. Transisi yang dimungkinkan hanya menuju *channel* N + 1 maupun N - 1. Misalnya, jika kondisi *channel* berada state 10 (jumlah *channel* yang digunakan 10 buah) maka transisi dari state ini hanya menuju state 11 atau state 9. Transisi tersebut tidak berlaku pada state 0 dan state N. Untuk state 0 transisi yang mungkin hanya menuju state 1, hal tersebut dikarenakan state 0 menandakan bahwa tidak ada *channel* yang digunakan oleh *mobile station*. Sedangkan untuk state N transisi yang dimungkinkan hanya transisi yang menuju state N - 1, karena ketika keseluruhan *channel* telah digunakan maka *mobile station* yang melakukan *handover* menuju *channel* tersebut akan ditolak.

3. *State space* model CTMC *handover* pada jaringan WiMAX

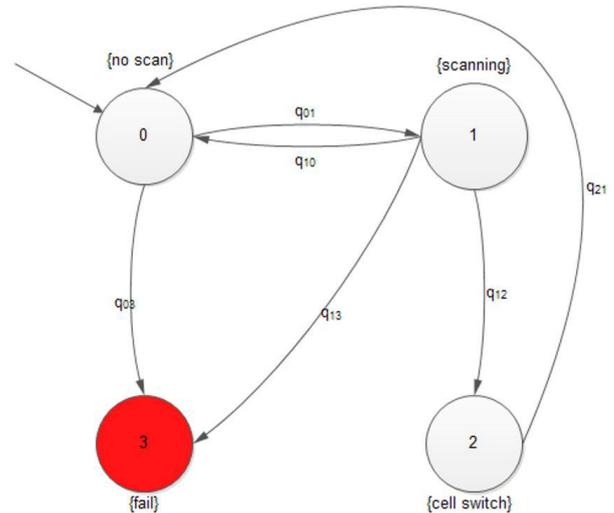
*State space* dari model CTMC skema *handover* merupakan kombinasi dari model CTMC perilaku *mobile station* dan model CTMC dari *channel target base station*. Sebagai contohnya ketika proses *handover* dimulai dalam unit waktu 0 *state model* CTMC skema *handover* berada pada kondisi *mobile station* tidak melakukan *scanning* (*state no scan*) dan *channel* pada *target base station* belum ada yang digunakan (i 0). Dalam waktu tertentu akan terjadi transisi dari model CTMC skema *handover*, baik karena perubahan *state* dari *mobile station* atau *channel* pada *target base station*. Perubahan yang dialami *mobile station* maupun *channel* akan mengalami *race condition* (yang lebih cepat melakukan transisi) sesuai dengan laju transisi yang dimiliki setiap *state*.

B. Transisi *state*

*State space* dari representasi *state* memiliki keterkaitan satu sama lain. Perubahan kondisi dari sebuah *state* menuju *state* lainnya dihubungkan dengan transisi. Transisi memiliki waktu dan probabilitas yang disebut dengan laju transisi. Waktu yang

diperlukan untuk melakukan transisi ditinggalkan pada sebuah *state* sebelum melakukan transisi menuju *state* lain terdistribusi secara eksponensial dan ketika proses meninggalkan *state* i untuk menuju ke *state* j memerlukan probabilitas  $p_{ij}$  [7]. Penentuan probabilitas ( $p_{ij}$ ) untuk produk CTMC perilaku *mobile station* akan mengikuti distribusi multinomial karena setiap pemilihan *state* bergantung kemunculan dari target *base station* hasil seleksi pada tabel *mobility pattern*.

Ilustrasi model CTMC perilaku yang dilakukan oleh *mobile station* dapat diperhatikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram transisi *state* perilaku *mobile station* dalam skema *handover*

Masing-masing *state* yang ditunjukkan akan memiliki transisi yang ditentukan sebagai berikut:

- a. *State no scan*, laju transisi dari proses yang akan terjadi setelah berada pada proses *no scan* terdiri dari laju transisi *state* {no scan} menuju *state* {scanning} ( $q_{01}$ ), laju transisi *state* {no scan} menuju *state* {fail} ( $q_{03}$ ).
- b. *State scanning*, laju transisi yang dimiliki oleh *state scanning* terdiri dari laju transisi *state* {scanning} menuju *state* {no scan} ( $q_{10}$ ), laju transisi *state* {scanning} menuju *state* {cell switch} ( $q_{12}$ ), laju transisi *state* {scanning} menuju *state* {fail} ( $q_{13}$ ).
- c. *State cell switch*, laju transisi yang dimiliki oleh *state cell switch* hanya terdiri dari transisi dari *state* {cell switch} menuju *state* {no scan} ( $q_{21}$ ).
- d. *State fail* tidak memiliki transisi karena merupakan *absorbing state*.

Nilai laju transisi dari model CTMC dari *mobile station* merupakan perkalian dari *sojourn time* pada *state* tersebut dikalikan dengan probabilitas transisi menuju *state* tujuan.

Contoh penentuan laju transisi model CTMC *mobile station* dari state 0 menuju state 1:

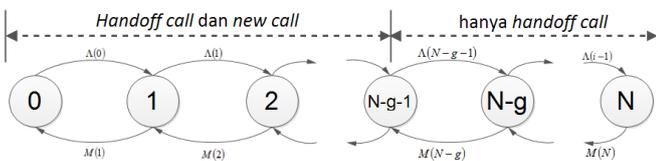
Untuk nilai laju transisi dari model CTMC perilaku *mobile station* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel. 1 Laju Transisi Perilaku *Mobile Station*

No Transisi ( $x_{ij}$ )	Laju ms ( $q_{ij}$ )
1 {01}	1.64E-06
2 {02}	0
3 {03}	2.73E-07
4 {10}	6.47E-04
5 {12}	0.01157
6 {13}	0.01121
7 {20}	0.03333
8 {21}	0
9 {23}	0
10 {30}	0
11 {31}	0
12 {32}	0

1. Transisi model CTMC *channel* sebuah *target base station*

Perubahan kondisi *channel* mengikuti ciri-ciri proses *birth-death* yang merupakan varian dari *Continuous-Time Markov Chain (CTMC)*. Jumlah *channel* yang berubah dalam suatu interval waktu "t" yang sangat kecil hanya dapat bertambah atau berkurang satu. Tidak dimungkinkan dalam sebuah interval waktu t yang singkat *channel* yang digunakan bertambah maupun berkurang dua atau lebih secara bersamaan. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



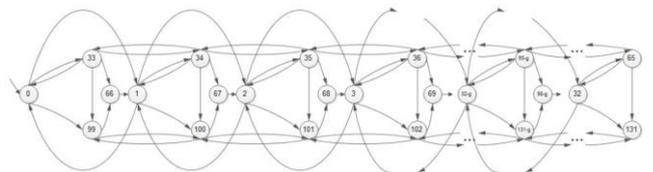
Gambar. 2 Model CTMC *channel* *target base station*

Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Untuk jumlah *channel* yang tersedia pada *target base station* [8], tentang perilaku perubahan *channel* dalam skema *soft handoff* dari CDMA selular, transisi yang keluar dari suatu state N menuju state N+1 terdistribusi secara eksponensial [6]. Hal ini didatangkan dari suatu asumsi kedatangan yang bersifat *memoryless property* yaitu jumlah kedatangan yang akan datang hanya akan dipengaruhi oleh keadaan saat ini dan tidak dipengaruhi oleh keadaan sebelumnya. Jumlah dari kedatangan tersebut setiap interval waktu akan berubah-

ubah, tidak dapat kita ketahui. Untuk kedatangan pada *channel* diasumsikan terdapat dua jenis kedatangan yang berbeda dengan waktu laju kedatangan yang berbeda pula, yaitu kedatangan *handoff* dengan laju  $\lambda_h$  dan kedatangan yang merupakan suatu panggilan baru dengan laju  $\lambda_c$ . Laju kedatangan dari *new call* akan dibatasi sesuai dengan *guard* yang diberikan sesuai dengan prioritas yang ditentukan [9]. Waktu yang dibutuhkan untuk meninggalkan suatu *state* akan terdistribusi secara eksponensial dengan *rate*  $\mu_n$ .

2. Transisi model CTMC skema *handover* pada jaringan WiMAX

Transisi model CTMC skema *handover*



Gambar. 4 Diagram *state* transisi model CTMC skema *handover*

Model CTMC dari skema *handover* jaringan WiMAX merupakan kombinasi dari model CTMC perilaku *mobile station* dan model CTMC perilaku *channel* seperti yang telah dipaparkan pada representasi *state space*. Transisi yang terjadi pada model CTMC skema *handover* pada jaringan WiMAX ini juga merupakan kombinasi dari dua buah model tersebut. Dalam model CTMC skema *handover* yang dibangun ini *state* inisialnya adalah kombinasi *state no scan* pada model CTMC dengan *state 0* pada model CTMC *channel*. Pada model CTMC dari skema *handover state* inisial ini diberi penomoran sebagai *state 0*. Jika dalam observasi waktu tertentu terjadi perubahan jumlah *channel* dari 0 menjadi 1 maka *state* pada model CTMC *handover* jaringan WiMAX akan bertransisi menuju *state 1*. Ilustrasi dari transisi yang terjadi pada model CTMC skema *handover* ditunjukkan pada Gambar 4.

Penamaan untuk setiap *state* pada Gambar 4 adalah nomor diskrit. Penamaan tersebut dilakukan agar model yang dibangun terlihat lebih sederhana. Pada penomoran tersebut terbentuk suatu pola, jika dalam model CTMC skema *handover* jaringan WiMAX yang mengalami perubahan kondisi adalah *mobile station* maka transisi selanjutnya adalah *state N* dari model CTMC *mobile station* dikalikan dengan jumlah total *state* pada model CTMC perilaku *channel*.

C. Verifikasi Properti Kualitatif dan Evaluasi

Verifikasi dari sistem yang menunjukkan probabilitas dapat difokuskan pada properti kualitatif, kuantitatif, atau keduanya [3]. Properti kualitatif menunjukkan bahwa suatu kondisi yang baik akan terjadi atau kondisi yang buruk tidak akan pernah terjadi. Verifikasi properti kualitatif yang dilakukan pada penelitian ini adalah verifikasi mengenai *reachability* dari setiap perubahan kondisi dari perilaku *mobile station* pada

model CTMC skema *handover* jaringan WiMAX. Evaluasi menunjukkan bahwa sistem memiliki probabilitas mencapai kondisi tertentu dalam batas waktu T yang ditentukan

D. IEEE 802.16m *Handover Interruption Time Analysis*[1]

Analisis waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemodelan terhadap proses *handover* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel II. IEEE 802.16m *Handover Interruption Time Analysis*[1]

Step	Procedure	Estimated Latency
1	The MS initiates handover by sending an AAI_HO-REQ to the serving BS	20 to 35 ms
2	The serving-BS processes AAI_HO-REQ message and sends AAI_HO-REQ to one or more target base stations	5 ms
3	Target base stations reply to the serving BS with AAI_HO-RSP, which may include handover optimization related MAC update information	10 ms
4	The serving BS responds to MS with AAI_HO-CMD, containing target BS list and the disconnect time	5 ms
5	MS acknowledges to the serving BS with AAI_HO-IND, containing selected target BS and confirmation/rejection of the disconnect time (unsolicited uplink grant)	5 ms
6	At or after the Disconnect Time, the serving BS transfers the unacknowledged and the new data, if any, to the target BS to allow MS data continuity at target BS	0 to 10 ms RS interface latency
7	MS switches to the target BS and acquires downlink broadcast overhead channels	5 ms
7.1	The MS waits for handover ranging opportunity to perform uplink synchronization with dedicated ranging code assigned by the target BS during handover preparation Note that initial ranging, uplink synchronization procedures are not counted into handover interruption time according to the definition	5 to 20 ms
8	MS detects the downlink control channels for unsolicited uplink grant in order to send AAI_RNG-REQ message and data	10 ms
9	MS sends AAI_RNG-REQ to the target BS	5 ms
10	The target BS responds with AAI_RNG-RSP with the necessary information for the MS to perform uplink synchronization	10 ms
11	MS processes AAI_RNG-RSP	5 ms
	If necessary, repeat steps 8 to 11 k times Note of k is calculated based on the number of times that steps 8 to 11 are that the maximum value repeated before expiration of a timer assigned by the serving BS	0 to 25k ms
	The target BS and the MS continue data communication	0

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Properti Kualitatif

Model CTMC skema *handover* harus menjamin tercapainya suatu transisi menuju kondisi *scan mobility pattern*, *scan cell switch*, dan *fail* yang dialami oleh *mobile station*. Kondisi tersebut harus dicapai dari kondisi *no scan* yang merupakan kondisi awal *mobile station* dalam melakukan *handover*. Untuk itu verifikasi terhadap properti *reachability* tiap-tiap *state* perlu dilakukan. Verifikasi dilakukan dengan mengubah spesifikasi properti *reachability* dalam bentuk CTL menjadi bahasa PRISM.

Berdasarkan verifikasi yang dilakukan, terbukti bahwa model yang dibangun memenuhi properti *reachability* pada keseluruhan kondisi yang dialami oleh *mobile station*. Properti yang terpenuhi tersebut menunjukkan bahwa model yang dibangun dengan produk CTMC dapat berperilaku sesuai perilaku *handover* dengan *mobility pattern* pada jaringan WiMAX dalam penelitian [2].

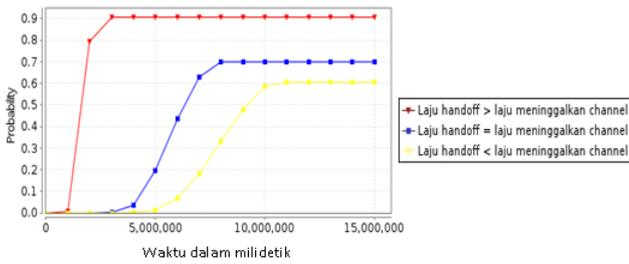
B. Evaluasi Probabilitas *Transient*

Evaluasi probabilitas *transient* yang dilakukan dalam penelitian ini memperhatikan beberapa hal yaitu probabilitas *blocking* terhadap permintaan *handoff* (kapasitas *channel* mencapai batas maksimal), probabilitas pemilihan metode *scanning*, dan probabilitas keberhasilan metode *scanning*.

1. Probabilitas *blocking* terhadap permintaan *handoff* (Kapasitas *channel* mencapai batas maksimal)

Dalam verifikasi properti ini yang diperhatikan adalah bagaimana probabilitas *channel* yang digunakan mencapai jumlah maksimal dari *channel* yang tersedia. Kondisi *channel* ini dipengaruhi oleh laju kedatangan dan laju sebuah *mobile station* meninggalkan *target base station*. Laju kedatangan *mobile station* pada *target base station* diuji dengan tiga kondisi. Laju kedatangan yang lebih besar dari laju *mobile station* meninggalkan *target base station*, laju kedatangan yang besarnya sama dengan laju *mobile station* meninggalkan *target base station*, dan laju kedatangan yang lebih kecil dari laju *mobile station* meninggalkan *target base station*.

Probabilitas penggunaan *channel* mencapai batas maksimal diperhatikan berdasarkan jumlah *channel* yang ditentukan pada analisis model yaitu sebesar 32. Untuk mengetahui probabilitas *channel* mencapai kapasitas maksimal dalam setiap interval waktu, perhitungan probabilitas *transient* pada tools PRISM dilakukan penerjemahan kondisi pada bahasa PRISM. Dalam bahasa PRISM diberikan dengan sintaks "**Error! Reference source not found.**". Hasil evaluasi dari sintaks tersebut ditunjukkan pada Gambar. 5.



Gambar. 5 Probabilitas dari sebuah *channel* untuk mencapai kapasitas maksimal

Tiga buah kurva yang diperlihatkan memiliki perbedaan nilai laju kedatangan dan laju meninggalkan *channel* target base station. Dalam keterangan yang tertera pada Gambar. 5 penandaan setiap kurva diberikan pelabelan berdasarkan handoff dan laju meninggalkan *channel*. Sesuai dengan kondisi tersebut, penggunaan *channel* hingga mencapai batas maksimal diobservasi berdasarkan tiga buah kondisi. Kondisi yang pertama adalah dengan penentuan laju *handoff* lebih tinggi dari laju meninggalkan *channel*. Kondisi yang kedua adalah dengan laju *handoff* yang nilainya sama dengan laju meninggalkan *channel*. Kondisi yang terakhir adalah dengan laju *handoff* yang nilainya lebih kecil dari laju meninggalkan *channel*.

### 2. Probabilitas pemilihan metode *scanning* pada skema *handover*

Pada evaluasi ini yang ingin diketahui adalah nilai probabilitas dalam melakukan *scanning* atau mengalami kegagalan ketika sistem berada pada kondisi *no scan*. Maka dari itu evaluasi dilakukan pada pencapaian *state scanning* maupun *state fail* dari *state no scan*.

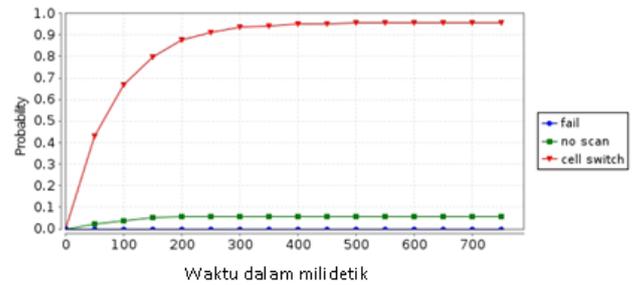
Pada Gambar. 6 pemilihan metode *scanning* ditunjukkan dengan kurva yang dilabelkan dengan "*scanning*". Nilai probabilitas pemilihan *state scanning* mengalami peningkatan yang pesat dalam interval waktu T (0,300). Setelah interval waktu tersebut peningkatan nilai probabilitas dari pemilihan *scanning* semakin kecil hingga interval 450 milidetik. Setelah interval waktu tersebut probabilitas pemilihan *scanning* bernilai tetap sebesar 0.0001335. Sedangkan hasil yang ditunjukkan pada kurva dengan label "*fail*" dalam Gambar. 6 memperlihatkan bahwa probabilitas untuk mencapai kegagalan yang diobservasi dalam 750 milidetik sangat kecil. Hal tersebut sesuai dengan penentuan laju transisi dari *state no scan* menuju *state fail* yang sangat kecil.



Gambar. 6 Probabilitas pemilihan metode *scanning*

### 3. Probabilitas keberhasilan dari *scanning* pada skema *handover*

Nilai probabilitas yang ingin diketahui adalah nilai probabilitas keberhasilan *handover* (*state cell switch* pada *mobile station*) setelah berada pada *state scanning*. Selain itu yang ingin diketahui adalah nilai probabilitas pencapaian *state fail* maupun *state no scan*.



Gambar. 7 Probabilitas keberhasilan dari *state scanning*

Berdasarkan kurva yang ditunjukkan pada Gambar. 7 probabilitas keberhasilan dari metode *scanning* sangat tinggi yaitu mencapai 94%. Nilai probabilitas meningkat dengan pesat pada interval 0 hingga 300 milidetik. Setelah melewati interval waktu 300 milidetik peningkatan probabilitas yang dialami mulai stabil (tetap) dan pada interval waktu 400 milidetik nilai probabilitas tidak mengalami perubahan atau disebut dengan probabilitas *steady state*.

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan tentang pemodelan dan evaluasi pengaruh mobility pattern terhadap *handoff latency* pada jaringan WiMAX yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

Model *handover* dengan *mobility pattern* dapat dibangun dengan pendekatan *Continuous-time Markov Chain* pada tool PRISM sesuai dengan perilaku stokastik yang ditunjukkan oleh sistem dari model yang dibangun oleh Zhang *et al.* (2010).

Evaluasi properti kualitatif yang dilakukan menunjukkan bahwa semua *state reachable* dari *state* inisial dan membuktikan bahwa model yang dibangun sesuai dengan perilaku model yang dirancang.

Model *handover* menunjukkan bahwa model akan mencapai keberhasilan *handover* dari kondisi *scanning* dengan nilai probabilitas 94%.

## SARAN

Dalam penelitian ini dihasilkan data berupa distribusi probabilitas untuk mengetahui pengaruh *mobility pattern*

terhadap *handoff latency* pada jaringan WiMAX. Namun penelitian yang dilakukan hanya memperhatikan sebuah TBS sebagai tujuan *handover*. Serta, properti energi efisiensi tidak diperhatikan dalam penelitian ini. Dari uraian tentang kekurangan penelitian ini dan apa yang belum dilakukan dalam penelitian ini, maka untuk penelitian yang akan datang diharapkan melakukan penelitian dengan menambahkan jumlah *target base station*. Menambahkan properti energi efisiensi sehingga penyebab kegagalan *handover* yang bukan merupakan kesalahan sistem jaringan WiMAX dapat diketahui.

#### REFERENSI

- [1] Ahmadi S (2011). "Mobile WiMAX A System Approach to Understanding IEEE 802.16m Radio Access Technology," Academic Press.
- [2] Zhang Z, Pazzi R, Boukerche A and Lanfieldt B (2010). "Reducing Handoff Latency for WiMAX Networks Using Mobility patterns," in Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2010 IEEE, IEE, pp. 1-6.
- [3] Baier C and Katoen J (2008). "Principles of model checking," MIT Press.
- [4] Chowdhury P, Kundu A, Misra I S and Sanyal S K (2012). "Load Balancing with Reduce Unnecessary Handoff in Energy Efficient Macro/Femto-cell Based BWA Network," International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN) 4(3), 105-118.
- [5] Ma X, Cao Y, Liu Y and Triverdi K (2006). "Modeling and performance analysis for soft handoff schemes in CDMA cellular systems," Vehicular Technology, IEEE Transactions 55, 670- 680.
- [6] Kirsal Y and Gemikonakli O (2009). "Approaches to Modelling and Analysis for Performability Evaluation of Handoff Schemes in Wireless Cellular Networks," Computational Intelligence, Modelling and Simulation CSim 09 .
- [7] Ross S M (2010). "Introduction to Probability Model 10th Edition," Aca.
- [8] Trivedi K S, Ma X and Dharmaraja S (2003). "Performability Modelling of Wireless Communication Systems, in International Journal of Communication Systems," number 16, John Wiley & Sons, Ltd, pp. 561-567.
- [9] Yu Y (2009). "Handover Performance in the Mobile WiMAX Networks, Master's thesis," University of South Florida.