

ANALISIS HANDOFF JARINGAN UMTS DENGAN MODEL PENYISIPAN WLAN PADA PERBATASAN DUA BASE STATION UMTS

Selfi Sinaga, Maksun Pinem

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail: selfi.sinaga@students.usu.ac.id or selfi_sinaga@yahoo.co.id

ABSTRAK

Handoff merupakan proses perpindahan pelayanan dari satu sel ke sel yang lain, yang disebabkan parameter propagasi sinyal tidak lagi memenuhi batas threshold untuk dilayani oleh BS yang sebelumnya. *Horizontal handoff* merupakan proses *handoff* yang terjadi pada jaringan dengan standar teknologi yang sama seperti antara dua atau lebih jaringan selular 3G, sedangkan *Vertical handoff* merupakan proses *handoff* yang terjadi pada jaringan dengan standar teknologi yang berbeda seperti jaringan selular 3G dan WLAN. Pada tulisan ini dianalisis peningkatan kinerja jaringan saat dilakukan penyisipan WLAN di perbatasan dua jaringan UMTS. Jaringan WLAN tersebut berfungsi untuk melayani MS ketika sinyal kedua UMTS yang berdekatan lemah. Evaluasi kinerja disimulasikan dalam simulator dengan parameter kinerja yang dianalisis yaitu jumlah *handoff* dan probabilitas *outage*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan melakukan penyisipan WLAN di perbatasan dua jaringan UMTS, nilai probabilitas *outage* semakin kecil yaitu pada titik perbatasan sel UMTS₁ dan UMTS₂ pada jarak 910 meter dengan variasi $S_{\min} = -80$ dBm diperoleh 0,679 menjadi 0, pada $S_{\min} = -85$ dBm diperoleh 0,385 menjadi 0, dan pada $S_{\min} = -90$ dBm diperoleh 0,141 menjadi 0. Namun jumlah *handoff* semakin meningkat, pada $S_{\min} = -80$ dBm diperoleh rata-rata jumlah *handoff* 1 menjadi 5,64 kali, pada $S_{\min} = -85$ dBm diperoleh rata-rata jumlah *handoff* 1,76 menjadi 7,60 kali dan pada $S_{\min} = -90$ dBm diperoleh rata-rata jumlah *handoff* 4,16 menjadi 7,60 kali.

Kata kunci: *Horizontal Handoff, Vertical Handoff, Probabilitas Outage, jumlah handoff*

1. Pendahuluan

Semakin majunya perkembangan teknologi khususnya pada telekomunikasi selular menuntut adanya kontinuitas komunikasi apabila pelanggan bergerak dari satu sel ke sel yang lain. Salah satu fasilitas dalam komunikasi selular yang menjamin adanya kontinuitas komunikasi apabila pelanggan bergerak dari satu sel ke sel yang lain disebut *handoff*. Prosedur *handoff* bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan memperbaiki kualitas layanan (QoS) jaringan selular.

Seperti halnya sebuah *mobile station* (MS) bergerak menjauhi *base station* (BS) yang satu dan mendekati *base station* (BS) yang lain, pada saat itu akan terjadi *handoff* yang disebut dengan *horizontal handoff*. Namun pada perbatasan antara dua sel *base station* (BS) yang berdekatan akan mengalami perlemahan sinyal. Saat MS dalam akses internet yang membutuhkan kecepatan dan bandwidth yang besar namun tidak dipenuhi oleh salah satu sel, maka akan mengalami kegagalan koneksi. Kebutuhan akan kecepatan dan bandwidth yang

besar dapat dipenuhi dengan menggunakan jaringan yang area cakupannya lebih kecil yaitu seperti Wireless Local Area Network (WLAN). Sehingga sangat perlu dikembangkan sistem *vertikal handoff*. Proses *vertikal handoff* dapat menghubungkan MS dengan jaringan yang berbeda standar teknologinya.

Pada tulisan ini dilakukan analisis peningkatan kinerja apabila dilakukan penyisipan WLAN di perbatasan dua jaringan UMTS. Jaringan WLAN tersebut berfungsi untuk melayani MS ketika sinyal kedua UMTS yang berdekatan lemah. Evaluasi kinerja akan disimulasikan dalam simulator dengan parameter yang dianalisis yaitu laju *handoff* dan probabilitas *outage*.

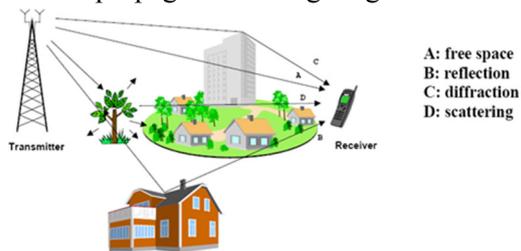
2. Studi Pustaka

Sistem komunikasi selular mempertukarkan informasi yang didapat pada perangkat pengguna MS dengan BS (*Base Station*). Perangkat BS terdiri dari perangkat *transmitter* dan *receiver* seperti antena, *amplifier* dan komponen lainnya yang

berhubungan dengan sinyal dan pengolahan protokol.

2.1 Propagasi Sinyal

Rugi propagasi (*Propagation Loss*) mencakup semua pelemahan yang diperkirakan akan dialami sinyal ketika berjalan dari *base station* ke *mobile station*. Mekanisme perambatan gelombang elektromagnetik secara umum sangat dipengaruhi oleh efek pantulan (*reflection*), difraksi dan hamburan (*scattering*). Gambar 1 menjelaskan bagaimana fenomena propagasi oleh lingkungan.



Gambar 1 Fenomena Propagasi Oleh Lingkungan[1]

Adanya pemantulan dari beberapa objek dan pergerakan *mobile station* menyebabkan kuat sinyal yang diterima oleh *mobile station* bervariasi dan sinyal yang diterima tersebut mengalami *path loss*. *Path loss* akan membatasi kinerja dari sistem komunikasi bergerak sehingga memprediksikan *path loss* merupakan bagian yang penting dalam perencanaan sistem komunikasi bergerak [1].

Level kuat sinyal yang diterima (RSS) oleh MS dipengaruhi oleh 3 komponen, yaitu [1,2] :

1. Redaman *Pathloss*

Pada komponen *pathloss*, sinyal diterima MS dari BTS diperoleh oleh tiga sumber rugi-rugi (*loss*), yaitu; rugi-rugi ruang bebas, rugi-rugi gelombang tanah dan rugi-rugi *diffraction*. Hal ini mengakibatkan sinyal mengalami redaman yang bergantung pada beberapa variabel yaitu variabel yang dapat dikontrol seperti frekuensi, tinggi antenna; variabel yang dapat diukur seperti jarak; dan variabel tidak dapat dikontrol juga tidak dapat diukur secara pasti seperti bukit topografi lingkungan dan lembah. Jadi, pengaruh keseluruhan faktor ini diperkirakan sebagai *pathloss*. Variasi daya sinyal akibat *pathloss* terjadi pada jarak 100 sampai 1000 meter .

2. *Shadow Fading*

Shadowing atau *slow fading* merupakan fluktuasi daya rata-rata sinyal terima disekitar

letak kejadian fluktuasi cepat, dengan perubahan sinyal yang lambat. Fenomena *shadowing* terjadi karena adanya penghalang antara pemancar dan penerima di lingkungan yang memiliki kontur yang menonjol seperti pegunungan, hutan, bangunan, dan persimpangan jalan. Sinyal yang terhalangi akan mengalami redaman karena sinyal mengalami *absorption*, *reflection*, *diffraction* dan *scatter*. Variasi sinyal karena *shadowing* sebanding dengan panjang objek penghalang antara pemancar dan penerima yang terjadi pada jarak 10 sampai 100 meter .

3. *Fast Fading*

Fast fading terjadi karena sinyal yang merambat dari *transmitter* ke *receiver* dapat melalui beberapa jalur propagasi atau disebut dengan propagasi *multipath*. *Multipath* terjadi karena sinyal dipantulkan dari objek seperti bangunan, dinding dan pegunungan, sehingga level sinyal yang diterima merupakan penjumlahan dari sinyal *multipath* yang mengalami perubahan amplitudo, fasa dan sudut datang di penerimaan. Hal ini dapat menyebabkan sinyal saling menguatkan (*konstruktif*) atau menurunkan (*destruktif*). Fenomena *multipath* ini menyebabkan sinyal diterima mengalami fluktuasi daya cepat atau *fast fading* dalam waktu singkat. *Multipath fading* atau *fast fading* dalam tugas akhir ini diabaikan, karena korelasi jarak yang pendek dan diasumsikan penerima dapat mengatasinya dengan efektif.

2.2 Kuat Sinyal diterima

MS mengukur RSS dari masing-masing BS. Nilai RSS (dB) yang terukur merupakan jumlah dari dua bagian, yaitu *path loss* dan *lognormal shadow fading*. Jadi RSS dalam dBm adalah:

$$RSS = P_T - L - 10n \log(d) + f(\mu, \sigma) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana,

P_T = Kuat sinyal dikirim

L = Rugi-rugi

n = Pathloss

d = Jarak MS terhadap BS atau AP

μ = Mean

σ = Standar Deviasi

Redaman propagasi biasanya dimodelkan sebagai hasil dari jarak dipangkatkan η dan

sebuah komponen lognormal yang menunjukkan rugi-rugi *shadow fading*.

2.3 Sistem Handoff

Handoff merupakan proses dimana terjadi perpindahan pelayanan dari satu sel ke sel yang lain, dikarenakan parameter propagasi sinyal tidak lagi memenuhi batas threshold untuk dilayani oleh BS yang sebelumnya.

Jaringan telekomunikasi yang tersedia saat ini mempunyai teknologi standar komunikasi yang berbeda-beda, sehingga proses *handoff* terbagi berdasarkan jaringannya. Terhadap dua jenis jaringan yaitu homogen dan heterogen, dimana proses *handoff* juga terbagi dua yaitu[3]:

1. Horizontal handoff (HHO)

Dalam kehidupan sehari-hari sering terjadi suatu MS yang sedang melakukan panggilan bergerak menjauhi BS yang sedang melayaninya. Begitu MS bergerak menuju batas terluar dari area cakupan yang dilayani BS maka kualitas dan kuat sinyal yang diterima oleh MS akan menurun. Pada saat yang sama, ketika MS berada di batas terluar dari *cell*, MS tersebut menerima sinyal yang lebih kuat dari BS di sekitarnya. Pada tahap ini kontrol dari MS akan dialihkan ke BS baru, peristiwa ini disebut juga *handoff*. Untuk jaringan yang mempunyai kesamaan teknologi (homogen) atau *intra-system handover* maka proses *handoff* akan disebut *horizontal handoff*. *Horizontal handoff* umumnya terjadi pada antar jaringan selular.

2. Vertical handoff (VHO)

Vertical handoff merupakan proses *handoff* yang terjadi antar jaringan yang teknologinya berbeda atau *inter-system handoff*. Dikarenakan terjadi pada jaringan yang standar teknologinya berbeda maka *vertical handoff* membutuhkan parameter-parameter tambahan serta *layer* penghubung antar jaringan tersebut. Hal ini juga yang membuat *vertical handoff* mempunyai tingkat kesulitan yang tinggi dan lebih menantang dari pada *horizontal handoff*. Proses *vertical handoff* juga membutuhkan aplikasi *layer* yang menghubungkan antara jaringan dengan standar teknologi yang berbeda.

2.4 Parameter Kinerja Handoff

Kinerja *handoff* merupakan ukuran penting yang menjadi acuan baik tidaknya suatu proses *handoff*. Pada [1] disebutkan bahwa kinerja *handoff* adalah sebagai berikut:

6. Jumlah *handoff* yaitu banyaknya *handoff* yang terjadi. Perhitungan jumlah *handoff* mengikuti persamaan,

$$HO = \text{sum}\{\text{Neg}[U_k - U_{k-1}]\} \dots \dots \dots (2)$$

7. P_{outage} (Probabilitas *outage*) adalah probabilitas dimana kuat sinyal terima berada dibawah nilai *threshold* yang ditetapkan. *Outage* adalah situasi dimana MS sama sekali tidak terhubung dengan BS. Nilai probabilitas *outage* dapat dideskripsikan sebagai kualitas pelayanan. Karena sinyal yang diterima pada jarak d adalah variabel acak, fungsi analitis Q atau fungsi kesalahan (ERF) dapat digunakan untuk menentukan probabilitas *outage*. Probabilitas *outage* (P_o) pada jarak d diberikan oleh,

$$P_o(d) = Q\left(\frac{\bar{S}_{\text{best}} - S_{\text{min}}}{\sigma}\right) \dots \dots \dots (3)$$

Dimana \bar{S}_{best} adalah kekuatan sinyal terbesar diantara yang tersedia rata-rata sinyal dari BS pada jarak d , S_{min} adalah *threshold*, dan σ adalah standar deviasi.

3. Metodologi Penelitian

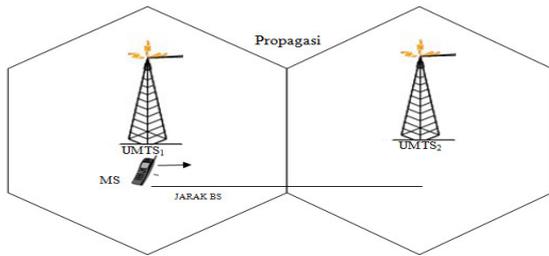
Adapun langkah-langkah dalam melakukan simulasi diantaranya:

1. Membuat model sistem dan algoritma penyisipan WLAN
2. Menentukan parameter yang dihitung
3. Simulasi dengan bantuan *simulator*
4. Membandingkan hasil simulasi kinerja *horizontal handoff* dan *vertical handoff*

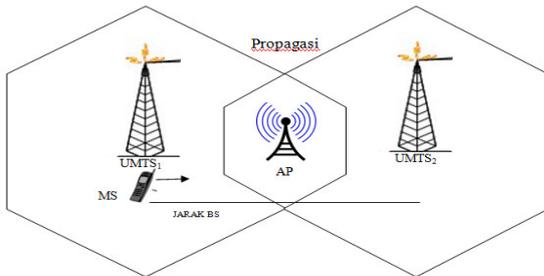
3.1 Rancangan Sistem

Sistem yang dirancang sesuai dengan model yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Pada Gambar 2 hanya terdapat dua jaringan UMTS sedangkan pada Gambar 3 terdapat tiga jaringan pada model ini yaitu dua jaringan UMTS dengan pancaran dari BS dan jaringan WLAN dengan pancaran dari AP. Sistem jaringan WLAN diletakkan tepat di perbatasan dua jaringan UMTS. Cakupan dari jaringan UMTS dan jaringan WLAN digambarkan dengan bentuk heksagonal.

MS dimodelkan bergerak secara garis lurus dari pusat jaringan UMTS₁ yaitu titik (0,0) melalui titik pusat WLAN (0,1000*sqrt(3)/2) dan berakhir pada cakupan jaringan UMTS₂ - yaitu titik (0,1000*sqrt(3)).



Gambar 2. Model sistem dua jaringan UMTS tanpa WLAN



Gambar 3. Model sistem dengan WLAN di perbatasan dua jaringan UMTS

Kecepatan pergerakan MS bersifat konstan agar terpenuhinya syarat *handoff* walaupun variasi kecepatan dapat digunakan sebagai parameter kontrol. Area cakupan dari jaringan UMTS diasumsikan mempunyai radius 1000 meter sesuai dengan bentuk mikrosel dan area cakupan jaringan WLAN mempunyai radius 200 meter sesuai dengan standar cakupan WLAN dalam ruangan.

3.2 Susunan Parameter Simulasi Sistem

Ada beberapa parameter yang digunakan dalam menjalankan simulasi sistem. Parameter-parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Susunan parameter simulasi sistem

KODE	NILAI	KETERANGAN
Pt _{UMTS}	30	Kuat sinyal dikirim UMTS (dBm) ; Pt _{UMTS1} = Pt _{UMTS2}
Pt _{AP}	0	Kuat sinyal dikirim WLAN (dBm)
n _{UMTS}	4	Path loss eksponen UMTS (dB) ; n _{UMTS1} = n _{UMTS2}
n _{AP}	3.3	Path loss eksponen WLAN (dB)
tho _{UMTS}	8	Standar deviasi UMTS (dB) ; tho _{UMTS1} = tho _{UMTS2}
tho _{AP}	7	Standar deviasi WLAN (dB)
miu	0	mean UMTS = mean WLAN (dB)
Dav	20	Panjang rata-rata windowing (meter)
Ds	1	Jarak kemiringan window (meter)

3.3 Algoritma *handoff*

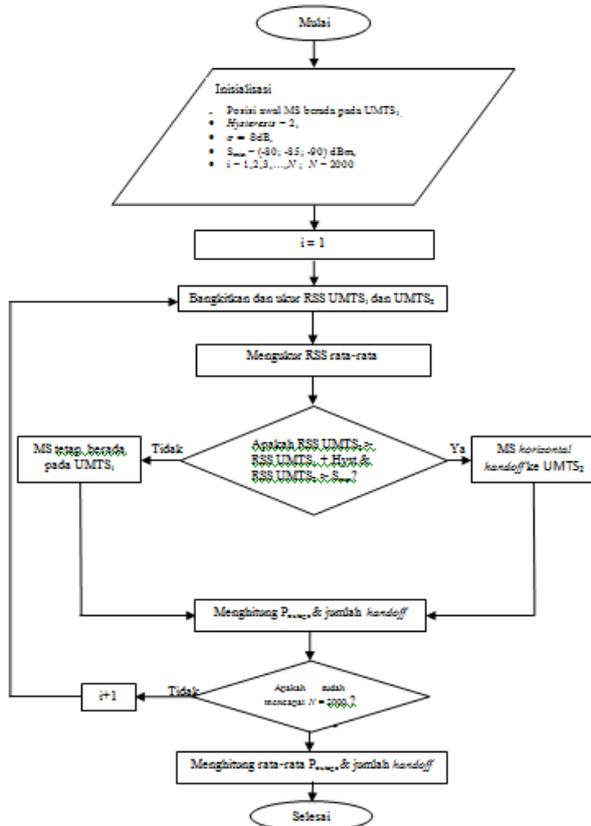
Pada tulisan ini, algoritma yang digunakan menggunakan parameter acuan kuat sinyal terima untuk menginisiasi *handoff*.

Algoritma tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

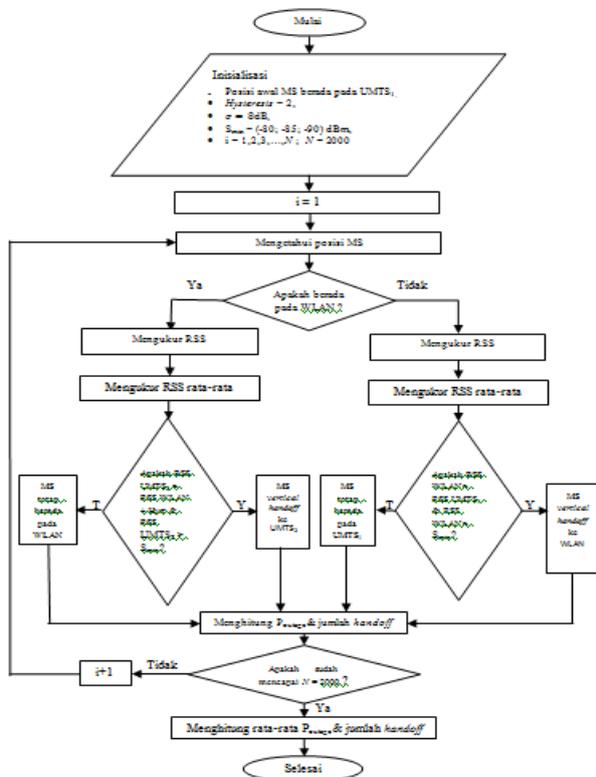
- a. *Horizontal handoff* dari UMTS ke UMTS
 1. $RSS_{UMTS2} > RSS_{UMTS1} + \text{hit}$
Horizontal handoff ke UMTS₂ terjadi, jika sinyal terima pada jaringan UMTS₂ lebih besar dari pada sinyal pada jaringan UMTS₁ ditambah hist (besar selisih sinyal dari UMTS₂ terhadap sinyal dari UMTS₁).
 2. $RSS_{UMTS1} > RSS_{UMTS2} + \text{hit}$
Horizontal handoff ke UMTS₁ terjadi, jika sinyal terima pada jaringan UMTS₁ lebih besar dari pada sinyal pada jaringan UMTS₂ ditambah hist (besar selisih sinyal dari UMTS₁ terhadap sinyal dari UMTS₂).
- c. *Vertical handoff* ke WLAN ($RSS_{WLAN} > RSS_{UMTS}$)
Vertical handoff ke WLAN terjadi, jika sinyal terima pada jaringan WLAN lebih besar dari pada sinyal pada jaringan UMTS.
- d. *Vertical handoff* ke UMTS ($RSS_{UMTS} > RSS_{WLAN} + \text{hist}$)
Vertical handoff ke UMTS terjadi, jika sinyal terima pada jaringan UMTS lebih besar dari pada sinyal pada jaringan WLAN ditambah hist (besar selisih sinyal dari WLAN terhadap sinyal dari UMTS).

3.4 *Flowchart* Simulasi

Diagram alir proses simulasi dijalankan sesuai dengan Gambar 4. *Flowchart Horizontal handoff* berbasis kuat sinyal dengan *hysteresis* dan Gambar 5. *Flowchart Vertical handoff* berbasis kuat sinyal dengan *hysteresis*



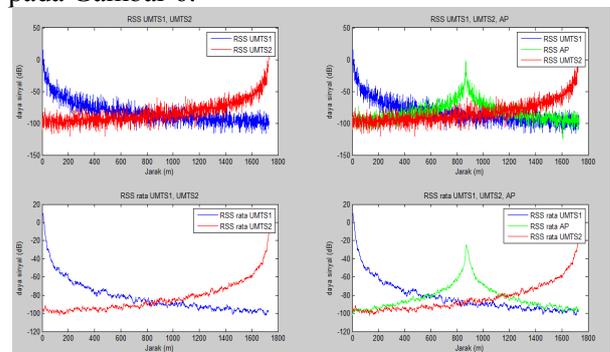
Gambar 4. flowchart Horizontal handoff berbasis kuat sinyal dengan hysteresis



Gambar 5. Flowchart Vertical handoff berbasis kuat sinyal dengan hysteresis

4. Hasil dan Pembahasan

Pada simulasi ini dilakukan pengamatan terhadap dua kinerja yaitu probabilitas *outage handoff* dan jumlah *handoff*. Proses simulasi dimulai dengan membangkitkan daya sinyal yang dipancarkan dikurangi dengan *loss*, *path loss* dan *shadow fading*. Sesudah itu daya sinyal diperhalus dengan metode *windowing* untuk mengurangi banyaknya riak dari sinyal yang dihasilkan. Karena sinyal yang dibangkitkan merupakan bilangan acak maka simulasi dilakukan sebanyak 100 kali. Setiap kali simulasi akan dihitung probabilitas *outage handoff* dan jumlah *handoff* yang kemudian rata-ratanya akan diambil sebagai hasil akhir. Kuat sinyanya yang diterima MS akan ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kuat sinyal yang diterima MS

Dari hasil simulasi kuat sinyal yang diperoleh terlihat bahwa kuat sinyal WLAN mengambil alih bagian dari sinyal kedua UMTS yang lemah.

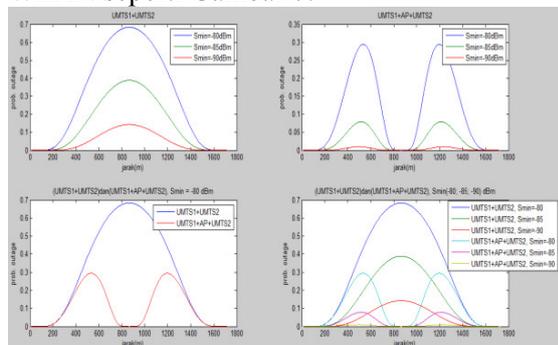
4.1 Pengaruh Penyisipan WLAN Terhadap Nilai Probabilitas Outage

Semakin kecil nilai Probabilitas Outage maka kualitas dari sistem komunikasi tersebut semakin baik. Tabel 2 memperlihatkan pengaruh penyisipan WLAN terhadap nilai Probabilitas *outage* yang dihasilkan.

Tabel 2. Pengaruh penyisipan WLAN terhadap nilai Probabilitas *outage*

Probabilitas Outage						
Jarak(m)	S _{min} = -80 dBm		S _{min} = -85 dBm		S _{min} = -90 dBm	
	UMTS1-UMTS2	UMTS1-AP-UMTS2	UMTS1-UMTS2	UMTS1-AP-UMTS2	UMTS1-UMTS2	UMTS1-AP-UMTS2
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
210	0.016	0.016	0.003	0.002	0.000	0.000
310	0.097	0.091	0.026	0.020	0.004	0.002
410	0.240	0.208	0.085	0.056	0.019	0.007
510	0.399	0.290	0.173	0.079	0.048	0.010
610	0.533	0.252	0.266	0.058	0.085	0.006
710	0.627	0.088	0.340	0.012	0.119	0.001
810	0.676	0.001	0.383	0.000	0.140	0.000
910	0.679	0.000	0.385	0.000	0.141	0.000
1010	0.636	0.068	0.347	0.009	0.123	0.000
1110	0.547	0.238	0.276	0.052	0.090	0.005
1210	0.417	0.293	0.185	0.079	0.053	0.010
1310	0.259	0.222	0.095	0.060	0.022	0.008
1410	0.112	0.104	0.031	0.024	0.005	0.003
1510	0.022	0.021	0.004	0.003	0.000	0.000
1610	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1710	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Dari hasil simulasi yang dilakukan, pada Tabel 2 terlihat jelas bahwa dengan adanya WLAN di perbatasan dua jaringan UMTS sangat berpengaruh terhadap nilai Probabilitas *Outage*. Pada S_{min} = -80 dBm nilai Probabilitas *Outage* sebelum adanya WLAN adalah 0,679, namun setelah adanya WLAN nilai Probabilitas *Outage* menjadi 0. Pada S_{min} = -85 dBm nilai Probabilitas *Outage* sebelum adanya WLAN adalah 0,385, namun setelah adanya WLAN nilai Probabilitas *Outage* menjadi 0. Pada S_{min} = -90 dBm nilai Probabilitas *Outage* sebelum adanya WLAN adalah 0,141, namun setelah adanya WLAN nilai Probabilitas *Outage* menjadi 0. Berdasarkan nilai yang diperoleh pada Tabel 2 didapat grafik perubahan nilai Probabilitas *Outage* terhadap penyisipan WLAN seperti Gambar 7.



Gambar 7. Grafik pengaruh penyisipan WLAN terhadap probabilitas *outage*

4.2 Pengaruh Penyisipan WLAN terhadap Jumlah *Handoff*

Dari penelitian yang dilakukan, penyisipan WLAN di perbatasan dua jaringan UMTS berpengaruh terhadap jumlah *handoff* yang terjadi. Tabel 3 memperlihatkan pengaruh penyisipan WLAN terhadap jumlah *handoff* yang terjadi.

Tabel 3. Pengaruh penyisipan WLAN terhadap jumlah *handoff*

S _{min} (dBm)	Jumlah handoff	
	UMTS1→UMTS2 (Sebelum penyisipan WLAN)	UMTS1→AP→UMTS2 (Setelah penyisipan WLAN)
-80.0	1.00	5.64
-81.0	1.00	6.78
-82.0	1.00	7.38
-83.0	1.00	7.58
-84.0	1.22	7.60
-85.0	1.76	7.60
-86.0	2.54	7.60
-87.0	3.54	7.60
-88.0	4.08	7.60
-89.0	4.14	7.60
-90.0	4.16	7.60

Sebelum dilakukan penyisipan WLAN di perbatasan jaringan UMTS, *handoff* yang terjadi paling banyak rata-rata 4.16 kali, sedangkan setelah dilakukan penyisipan WLAN jumlah *handoff* yang terjadi semakin meningkat hingga mencapai rata-rata 7,60 kali (merupakan jumlah *handoff* terbanyak) yaitu pada S_{min} = -90 dBm.

Saat MS mendeteksi ada dua atau lebih BS dengan kuat sinyal yang acak, MS akan melakukan *handoff* pada BS yang memiliki sinyal yang paling kuat, namun karena sinyal yang dihasilkan masing – masing BS sangat acak maka MS akan melakukan *handoff* yang tidak teratur pula sesuai dengan kuat sinyal yang dideteksinya hingga salah satu BS memiliki sinyal yang paling besar dibandingkan BS yang lain. Semakin banyak BS yang dideteksi semakin banyak juga *handoff* yang terjadi. Dengan adanya WLAN di perbatasan dua jaringan UMTS semakin banyak juga *handoff* yang terjadi.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa keluaran simulasi, maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk kuat sinyal, dengan adanya WLAN di perbatasan dua jaringan UMTS terbukti bahwa WLAN dapat menyediakan sinyal yang kuat disaat sinyal dari kedua UMTS melemah sehingga kebutuhan akan kecepatan dan bandwidth yang besar tetap tersedia meskipun MS bergerak.
2. Dengan adanya WLAN di perbatasan dua jaringan UMTS sangat berpengaruh terhadap nilai Probabilitas *Outage* yang dihasilkan. Dengan adanya WLAN di perbatasan dua jaringan UMTS nilai Probabilitas *Outage* semakin kecil, pada $S_{min} = -80$ dBm dihasilkan 0,679 menjadi 0.
3. Dengan adanya WLAN di perbatasan dua jaringan UMTS sangat berpengaruh terhadap jumlah *handoff* yang dihasilkan, yaitu meningkat dari 4,16 kali menjadi 7,60 kali (merupakan jumlah *handoff* terbanyak) yaitu pada $S_{min} = -90$ dBm.
4. Dengan adanya WLAN di perbatasan dua jaringan UMTS sistem komunikasi semakin baik, dimana nilai Probabilitas *Outage*nya semakin kecil dan walaupun jumlah *handoff* semakin banyak namun tidak berpengaruh terhadap kualitas sinyal.

6. Daftar pustaka

- [1] Ginting, Yosua Eliasta. 2011. "Pengaruh Parameter Propagasi Terhadap Kinerja Algoritma *Soft Handoff*". Universitas Sumatera Utara.
- [2] Goldsmith, Andrea. 2005. "Wireless Communications" Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York
- [3] Hyeyeon Kwon, Mi-Jeong Yang, Ae-Soon Park. 2008. "Handover Prediction Strategy for 3G-WLAN Overlay Networks" Mobile Telecommunication Research Division Electronics and Telecommunications Research Institute Daejeon, 305-707, Korea