

ANALISIS SIMULASI *VERTICAL HANDOVER* DARI LTE KE WI-FI 802.11n PADA LAYANAN *VIDEO STREAMING*

Muhamad Nurhamsach Pratama¹, Uke Kurniawan Usman, Ir.,M.T.², Hafiddudin, S.T.,M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹ mnurhamsachp@gmail.com, ² ukeusman@telkomuniversity.co.id, ³ hafiddudin@telkomuniversity.ac.id

Abstrak. Seiring dengan pertumbuhan populasi pelanggan dan peningkatan layanan data dalam penggunaan *smartphone* dan perangkat lainnya mengakibatkan trend pada akses layanan informasi dan data semakin meningkat terutama pada jaringan seluler. Keterbatasan infrastruktur jaringan seluler mengakibatkan terhambatnya user untuk dapat akses data dikarenakan adanya kepadatan trafik. Selain itu untuk tetap menjaga kontinuitas layanan pada jaringan telekomunikasi dibutuhkan mekanisme *handover* yang handal. *Handover* tidak hanya terjadi pada sistem atau teknologi yang sama, tetapi juga memungkinkan terjadi pada sistem yang berbeda disebut sebagai *vertical handover*. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan pengalihan trafik data pada jaringan LTE melewati jaringan Wi-Fi (*Wireless Fidelity*).

Pada penelitian ini dilakukan analisis dan simulasi *vertical handover* dari LTE ke Wi-Fi 802.11n dengan menggunakan *software* MATLAB R2016a. Adapun analisis yang akan dilakukan dengan mengamati parameter Probabilitas *Dropping*, *Handover Margin*, dan *Frame Error Rate*.

Pada hasil analisis menunjukkan bahwa kombinasi terbaik RSRPmin dan RSSImin berdasarkan probabilitas *dropping* minimum adalah RSRP -99 dBm dan nilai RSSI -80 dBm. Untuk nilai HOM dan FER dengan kecepatan 0 km/jam HOM sebesar 88,987 dB dan FER sebesar 0,0038, saat kecepatan 1 km/jam HOM sebesar 13,596 dB dan FER sebesar 0,00040, saat kecepatan 2 km/jam HOM sebesar 15,528 dB dan FER sebesar 0,0039, saat kecepatan 5 km/jam HOM sebesar 14,276 dB dan FER sebesar 0,00038, saat kecepatan 8 km/jam HOM sebesar 18,635 dB dan FER sebesar 0,00038, saat kecepatan 10 km/jam HOM sebesar 24,719 dB dan FER sebesar 0,00042, saat kecepatan 20 km/jam HOM sebesar 23,518 dB dan FER sebesar 0,00049, dan saat kecepatan 50 km/jam HOM sebesar 28,509 dB dan FER sebesar 0,00075.

Kata kunci : *long term evolution, vertical handover, video streaming, probabilitas dropping, handover margin, FER*

Abstract. Along with population growth and the increased data services in use of smartphone and other smart devices which uses access information and data on LTE is increasing, especially in the mobile network. Limitations of the cellular network infrastructure resulting in inhibition of the user to be able to access the data due to the density of traffic. In addition the service continuity in telecommunication network to stay maintained and therefore needed a reliable handover mechanism. Handover does not only happen on the same system or technology, but also possibly occurred on different systems known as vertical handover. Then the transfer traffic data could be one solution for addressing the explosion in data traffic, data traffic on the LTE transferred over the network Wi-Fi or Wireless Fidelity.

In this research, analysis and simulation vertical handover from LTE to Wi-Fi 802.11n network using MATLAB R2016a software. The analysis was performed by observing the parameter Probability of Dropping, Handover Margin and Frame Error Rate.

In the analysis result shown that the best RSRPmin and RSSImin combination based on minimum probability of dropping is RSRP = -99 dBm and RSSI = -80 dBm. For value HOM and FER with speed is 0 km/h HOM = 88.987 dB and FER = 0,0038, when speed is 1 km/h HOM = 13.596 dB and FER 0,0040, when speed is 2 km/h HOM = 15.528 dB and FER 0,0038, when speed is 5 km/h HOM = 14.276 dB and FER 0,0038, when speed is 10 km/h HOM = 24,719 dB and FER 0,0042, when speed is 20 km/h HOM = 23.518 dB and FER 0,0049, and when speed is 50 km/h HOM = 28,509 dB and FER 0,0075.

Keywords: *long term evolution, vertical handover, video streaming, probability of dropping, handover margin, FER*

1. Pendahuluan

Dengan berkembangnya teknologi komunikasi seluler dan wireless kebutuhan akses layanan informasi dan data semakin meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut operator harus mengembangkan infrastrukturnya agar dapat memberikan pelayanan yang cukup kepada pelanggannya. Namun pada kenyataannya ini merupakan hal yang tidaklah mudah dan memerlukan biaya yang cukup besar. Maka untuk mengatasi peningkatan trafik tersebut perlu adanya pengalihan pada layanan data LTE (*Long Term Evolution*) melewati jaringan Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) yang merupakan alternatif jaringan bagi pelanggan. Untuk tetap menjaga kontinuitas layanan data pada jaringan tersebut tentunya dibutuhkan mekanisme *handover* yang handal. *Handover* tidak hanya

terjadi pada sistem atau teknologi yang sama, tetapi juga memungkinkan terjadi pada sistem yang berbeda disebut sebagai *vertical handover*.

Long Term Evolution (LTE) adalah jaringan akses radio evolusi jangka panjang keluaran dari *3rd Generation Partnership Project* (3GPP). LTE mendukung laju data 50 Mbps pada *Uplink* (UL) dan 100 Mbps pada *downlink* (DL). Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) merupakan sebuah teknologi yang memanfaatkan peralatan elektronik untuk bertukar data secara nirkabel (menggunakan gelombang radio) berdasarkan standar *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) 802.11. IEEE 802.11n ini bekerja pada frekuensi 2,4 Ghz atau 5 Ghz dan dapat mendukung transfer data dengan kecepatan 54Mbps-600Mbps. Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis dan simulasi *handover* layanan *video streaming* dari LTE ke Wi-Fi 802.11n dengan memperhatikan probabilitas *dropping*, *handover margin*, dan FER berdasarkan perubahan level daya akibat pergerakan *user*.

2. Dasar Teori

2.1 Long Term Evolution (LTE)

Long Term Evolution (LTE) adalah jaringan akses radio evolusi jangka panjang keluaran *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) tepatnya pada *release* 8. Pada sisi *air interface* LTE menggunakan *OFDMA* (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) pada sisi *downlink* dan menggunakan *SC-FDMA* (*Single Carrier – Frequency Division Multiple Access*) pada sisi *uplink*. Dan pada sisi antenna LTE mendukung penggunaan *multiple-antenna* (*MIMO*). *Bandwidth* operasi pada LTE fleksibel yaitu *up to* 20 MHz dan maksimal bekerja pada kisaran *bandwidth* bervariasi antara 10 – 20 MHz. Pada LTE ini kemampuan dalam memberikan kecepatan transfer data mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*.

2.2 Wireless Fidelity (Wi-Fi)

Wi-Fi adalah sebuah teknologi terkenal yang memanfaatkan peralatan elektronik untuk bertukar data secara nirkabel (menggunakan gelombang radio) dan memiliki kemampuan akses internet berkecepatan tinggi yang merupakan standar dari *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE).

2.3 Handover

Dalam sistem komunikasi seluler, *handover* merupakan proses pemindahan kanal trafik secara otomatis pada *mobile station* (MS) dari satu *base station* (BS) ke BS lain untuk menjamin adanya kontinuitas ketika *user* bergerak. Proses *handover* terjadi karena kualitas atau *daya ratio* turun di bawah nilai yang dispesifikasikan dalam BSC. Penurunan level sinyal ini dideteksi dari pengukuran yang dilakukan MS maupun BTS. Selain itu, *handover* dapat terjadi apabila *traffic* dari sel yang dituju sudah penuh. Saat MS melewati sel, dialihkan ke “*neighbouring cell*” dengan beban *traffic* yang lebih kecil.

2.4 Prosedur Handover

Tahap-tahap dari proses *handover* dapat dibagi menjadi 3 yaitu :

- Tahap Pengukuran (*Measurement*), dilakukan pengukuran informasi penting yang dibutuhkan untuk tahap *decision*. Pengukuran arah DL yang lakukan oleh MS adalah sel yang sedang melayani dan sel-sel tetangga.
- Tahap Keputusan (*Decision*), hasil pengukuran di bandingkan dengan *threshold* yang telah di tetapkan sebelumnya. Kemudian akan diputuskan apakah akan dilakukan *handover* atau tidak. Algoritma *handover* yang berbeda akan memiliki kondisi *trigger* yang berbeda pula.
- Tahap Eksekusi (*Execution*), proses *handover* selesai dan parameter relatif diubah berdasarkan jenis *handover*-nya. Sebagai contoh hubungan dengan *eNode B* apakah ditambah atau diputuskan.

2.5 Jenis Handover

2.5.1 Hard Handover

Hard handover merupakan pengalihan panggilan yang disebabkan oleh *user* yang bergerak dimana terjadi pemutusan hubungan komunikasi terlebih dahulu terhadap sel asal sebelum komunikasi ke sel tujuan tersambung. Mekanisme *handover* ini sering disebut “*break-before-make*”.

2.5.2 Soft Handover

Soft handover merupakan kategori *handover* dimana MS yang ingin berpindah itu tetap dilayani oleh sel sebelumnya hingga sampai benar-benar sudah dilayani oleh sel yang baru dan mencapai nilai *threshold minimum* di sel sebelumnya, atau dikenal dengan istilah “*make-before-break*”.

2.6 Vertical Handover

Handover yang terjadi antara jaringan yang berbeda disebut *vertical handover*. *Vertical handover* memungkinkan perpindahan user dengan mobilitas tinggi diantara jaringan data rate tinggi dan coverage area yang kecil dengan jaringan data rate rendah dan coverage area yang luas.

2.7 Probabilitas Dropping

Salah satu faktor yang mempengaruhi performansi jaringan adalah terjadinya *dropping*. Baik atau buruknya performansi jaringan diukur dari besar atau kecilnya probabilitas *dropping* yang terjadi dalam suatu

sistem. Probabilitas *dropping* merupakan suatu nilai yang menyatakan besarnya probabilitas dari panggilan tidak dilayani ketika penerimaan sinyal menjadi lemah.

2.8 Handover Margin

Handover margin adalah sebuah *threshold* yang dapat digunakan untuk menghindari *osilasi* (fluktuasi daya) antara *servicing cell* dan cell tetangga pada saat proses *handover* untuk menghindari pengulangan *handover*. Atau level kuat sinyal minimum atau kualitas antara sel *neighbor* dan sel *servicing* yang dibutuhkan untuk *triggering handover*. *Handover Margin* (HOM) diukur dalam satuan dB (*decibel*).

2.9 Frame Error Rate

FER adalah perbandingan antara jumlah *frame* yang diterima salah dengan jumlah total *frame* yang diterima, dimana *frame* merupakan pengelompokan bit-bit dan biasanya ditambahkan header tertentu. Pengukuran FER ini juga spesifik hanya pada sistem komunikasi digital.

2.10 Skenario Simulasi

User bergerak dari coverage LTE dengan melakukan akses layanan video *streaming* menuju jaringan Wi-Fi. Pada tugas akhir ini akan dilakukan simulasi dimana kecepatan pergerakan *user* akan dibagi menjadi tiga kategori sebagai berikut :

1.Skenario 1 : Berjalan kaki 5-10 km/jam.

Pada skenario ini user akan bergerak dengan kecepatan 5-10 km/jam dari LTE ke Wi-Fi dengan arah pergerakan secara random 25°-35°.

2.Skenario 2 : Berkendara 10-100 km/jam.

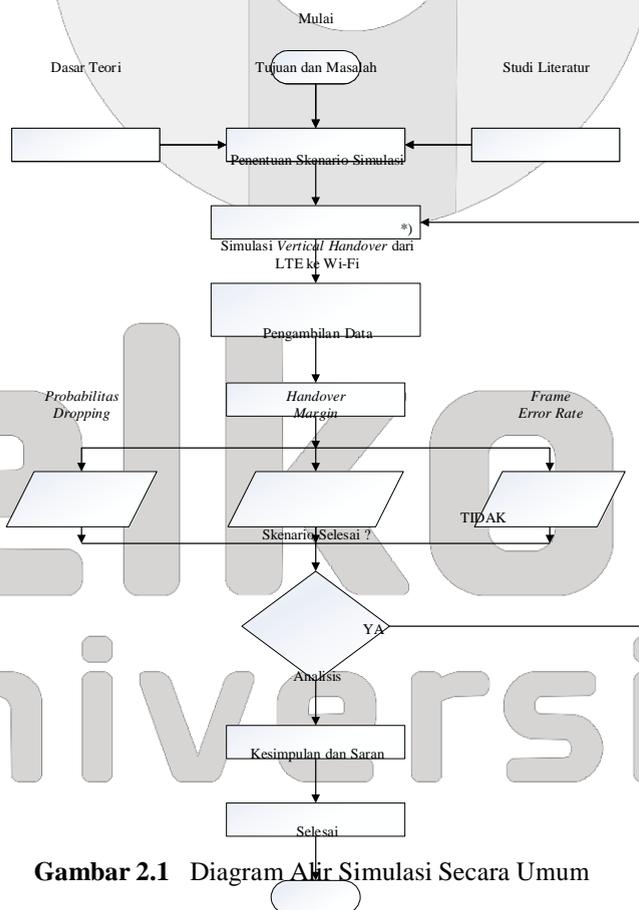
Pada skenario ini user akan bergerak dengan kecepatan 10-100 km/jam dari LTE ke Wi-Fi dengan arah pergerakan secara random 25°-35°.

3.Skenario 3 : Kecepatan tinggi 100-250 km/jam.

Pada skenario ini user akan bergerak dengan kecepatan 100-250 km/jam dari LTE ke Wi-Fi dengan arah pergerakan secara random 25°-35°.

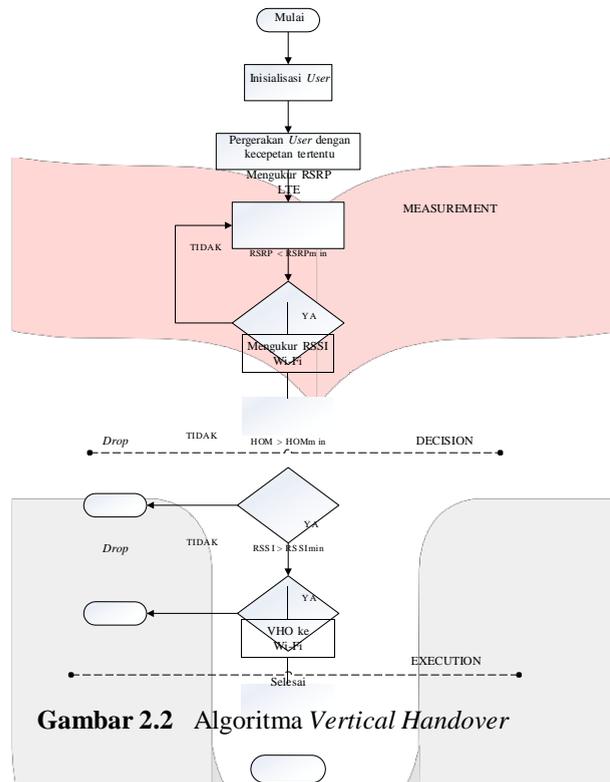
Dari tiga kategori tersebut user akan bergerak menjauhi titik pusat dan menuju *coverage* Wi-Fi. Parameter yang digunakan meliputi RSRP, RSSI dan kecepatan user. Sedangkan untuk parameter yang akan dianalisis adalah probabilitas *dropping*, *handover margin* dan FER.

2.12 Diagram Alir Skenario Simulasi



Gambar 2.1 Diagram Alir Simulasi Secara Umum

2.12 Algoritma Vertical Handover



Gambar 2.2 Algoritma Vertical Handover

3. Pembahasan

3.1 Analisis Kombinasi RSRPmin dan RSSImin terhadap Probabilitas Dropping

Pada tugas akhir ini user akan mengukur kuat sinyal RSRP dari LTE dan RSSI dari Wi-Fi agar dapat mengetahui user masih dapat di layani oleh LTE atau harus dilakukan handover ke Wi-Fi (dalam kasus ini vertical handover). Agar komunikasi tidak mengalami dropping maka diperlukan suatu kombinasi nilai threshold dari RSRPmin dan RSSImin terbaik sebagai acuan untuk menghasilkan dropping paling minimum saat user sedang akses layanan video streaming dalam keadaan bergerak.

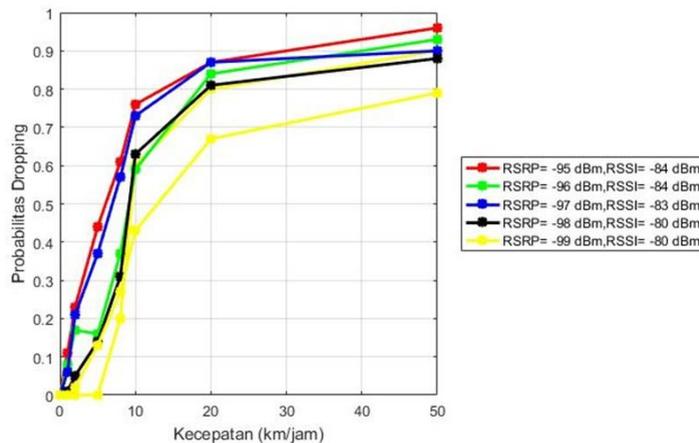
Rentang nilai RSRP dan RSSI yang digunakan pada simulasi ini yaitu RSRP = -95 dBm hingga -99 dBm dan RSSI = -80 dBm hingga -84 dBm berdasarkan referensi [2]. Total kombinasi dari simulasi ini sebanyak 25 kali dan akan diperoleh nilai threshold dari hasil simulasi sebanyak 5 kombinasi dengan probabilitas dropping paling minimum.

Pada simulasi ini diperoleh 5 kombinasi nilai threshold yang menghasilkan probabilitas dropping minimum, yaitu:

Tabel 3.1 Kombinasi Nilai threshold Simulasi

Probabilitas Dropping										
Kombinasi	Threshold (dBm)		Kecepatan (km/jam)							
			Diam	Berjalan Kaki				Berkendara		
	RSRPmin	RSSImin		0	1	2	5	8	10	20
1	-95	-84	0	0,11	0,23	0,44	0,61	0,76	0,87	0,97
2	-96	-84	0	0,08	0,17	0,16	0,37	0,59	0,84	0,93
3	-97	-83	0	0,06	0,21	0,37	0,57	0,73	0,87	0,90
4	-98	-80	0	0,01	0,05	0,14	0,31	0,63	0,81	0,88
5	-99	-80	0	0	0,02	0,13	0,27	0,43	0,67	0,79

Untuk mendapatkan grafik probabilitas *dropping* di lakukan simulasi dengan iterasi sebanyak 100 kali. Kombinasi pada **tabel 3.1** menunjukkan kombinasi nilai *threshold* dengan probabilitas *dropping* minimum.



Gambar 3.1 Grafik Probabilitas *Dropping*

Dari **gambar 3.1** di atas bahwa nilai RSRP dan RSSI mempengaruhi terhadap probabilitas *dropping*. Saat nilai RSRPmin dan RSSImin semakin kecil maka probabilitas *dropping* akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan nilai dari parameter tersebut sebagai *threshold* sinyal terima yang memiliki toleransi pada kuat sinyal yang diterima oleh *user*.

Kombinasi nilai *threshold* yang memiliki probabilitas *dropping* minimum pada simulasi ini yaitu, kombinasi ke 5 dengan nilai RSRPmin -99 dBm dan nilai RSSImin -80 dBm. Pada kombinasi tersebut *user* yang *dropping* relatif sedikit jika dibandingkan dengan kombinasi lainnya sehingga *user* yang bergerak dari sel LTE ke Wi-Fi memiliki jaminan untuk terjadinya proses *vertical handover*. Dalam **tabel 3.1** dapat dilihat pada kombinasi tersebut saat *user* dengan kecepatan 0 km/jam *user* tidak mengalami *dropping*, saat *user* berjalan kaki 1-8 km/jam *user* memiliki nilai probabilitas *dropping* yang bervariasi dari 0 hingga 0,27, dan saat *user* berkendara 10-50 km/jam *user* memiliki nilai probabilitas *dropping* dari 0,43 hingga 0,79. Sedangkan untuk nilai RSRPmin dan RSSImin yang memiliki probabilitas *dropping* terbesar yaitu kombinasi ke 1 dengan nilai RSRPmin -95 dBm dan RSSImin -84 dBm. Pada kombinasi ini nilai probabilitas *dropping* cenderung tinggi. Dapat dilihat dalam **tabel 3.1** saat *user* dalam kondisi diam nilai probabilitasnya 0, saat kondisi berjalan kaki nilai probabilitasnya 0,11 hingga 0,61 dan saat kondisi *user* berkendara 0,76 hingga 0,97. Hal tersebut di akibatkan dari nilai *threshold* yang terlalu tinggi sehingga sistem Wi-Fi tidak memiliki jaminan untuk mengambil alih *user* pada saat *vertical handover* sementara *user* sudah berada pada pingiran sel LTE dan menuju ke sel Wi-Fi.

Dari hasil probabilitas *dropping* pada **tabel 3.1** dapat dilihat bahwa kecepatan juga mempengaruhi probabilitas *dropping* maka semakin tinggi kecepatan nilai probabilitas *dropping* yang dihasilkan cenderung semakin meningkat.

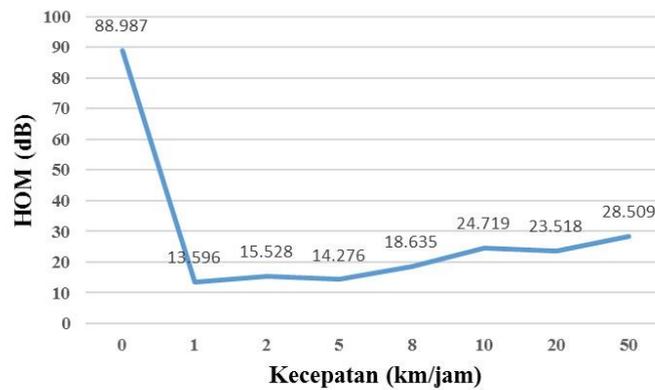
3.2 Analisis Pengaruh Kecepatan terhadap Handover Margin (HOM)

Pada simulasi ini menggunakan kecepatan *user* yang di kelompokkan dalam 3 kondisi yaitu saat *user* diam, berjalan kaki dan berkendara yang akan di analisis pengaruhnya terhadap *handover margin*. Parameter level sinyal terima yang digunakan dengan nilai *threshold* RSRP dan RSSI yang memiliki probabilitas *dropping* paling minimum yaitu RSRP = -99 dBm dan RSSI = -80 dBm.

Untuk sudut pergerakan *user* random 25°-35° dan iterasi sebanyak 100 kali. Data yang diperoleh dari hasil simulasi sebagai berikut:

Tabel 3.2 Perbandingan Kecepatan terhadap HOM

Kecepatan (km/jam)	Diam	Berjalan Kaki				Berkendara		
	0	1	2	5	8	10	20	50
HOM (dB)	88,987	13,596	15,528	14,276	18,635	24,719	23,518	28,509



Gambar 3.2 Grafik Pengaruh Kecepatan terhadap HOM

Pada hasil simulasi di atas **tabel 3.2** dan **gambar 3.2** menunjukkan bahwa kecepatan *user* berpengaruh kepada nilai *handover margin*. Nilai HOM meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan *user*. Pernyataan tersebut dapat dilihat ketika *user* dengan kecepatan 0 km/jam memiliki nilai *handover margin* sebesar 88,987 dB, saat *user* dengan kecepatan 1-8 km/jam memiliki nilai *handover margin* sebesar 13,596 dB hingga 18,635 dB, dan saat *user* dengan kecepatan 10-50 km/jam memiliki nilai *handover margin* sebesar 24,719 dB hingga 28,509 dB. Maka dapat disimpulkan bahwa kecepatan *user* akan berbanding lurus dengan nilai *handover margin* (HOM). Hal tersebut terjadi karena semakin besar kecepatan *user* maka nilai HOM minimal lebih cepat terpenuhi dan HOM yang terukur akan semakin besar.

3.3 Analisis Pengaruh Kecepatan terhadap FER

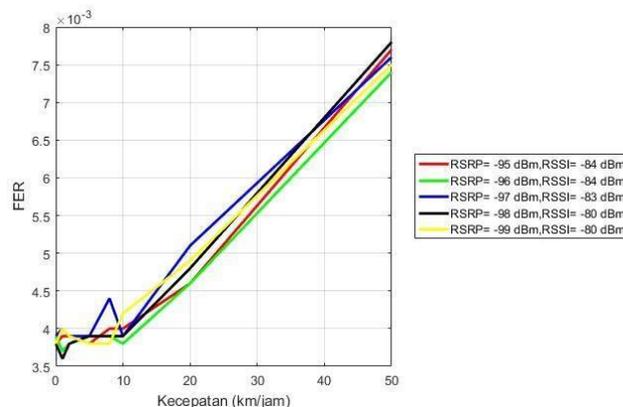
Pada simulasi ini akan dilakukan analisis pengaruh kecepatan terhadap *frame error rate* (FER) dengan parameter data yaitu *video streaming*, nilai kombinasi *threshold* terbaik, kecepatan *user*, jumlah bit, dan *frame rate*.

Untuk mendapatkan FER pada simulasi ini dilakukan simulasi dengan kecepatan *user* yang di kelompokkan dalam 3 kondisi yaitu saat *user* diam 0 km/jam, berjalan kaki 1-8 km/jam dan berkendara 10-50 km/jam. Jumlah bit yang digunakan pada simulasi ini sesuai standar ITU-T H.264 video streaming sebesar 640000bit, *frame rate* 24fps dan iterasi 100 kali.

Setelah simulasi dilakukan maka data yang didapat sebagai berikut:

Tabel 3.3 Perbandingan Kecepatan terhadap FER

FER (Frame Error Rate)											
Kombinasi	Threshold (dBm)		Kecepatan (km/jam)								
			Diam	Berjalan Kaki				Berkendara			
	RSRPmin	RSSImin	0	1	2	5	8	10	20	50	
1	-95	-84	0,0038	0,0039	0,0039	0,0038	0,0040	0,0040	0,0040	0,0046	0,0077
2	-96	-84	0,0039	0,0037	0,0038	0,0039	0,0039	0,0038	0,0038	0,0046	0,0074
3	-97	-83	0,0039	0,0040	0,0039	0,0039	0,0044	0,0039	0,0039	0,0051	0,0076
4	-98	-80	0,0038	0,0036	0,0038	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0048	0,0078
5	-99	-80	0,0038	0,0040	0,0039	0,0038	0,0038	0,0042	0,0042	0,0049	0,0075



Gambar 3.3 Grafik Pengaruh Kecepatan terhadap FER

Pada **tabel 3.3** dan **gambar 3.3** menunjukkan nilai FER yang dihasilkan dari 5 kombinasi *threshold*. Dapat dilihat bahwa nilai FER meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan *user*. Nilai FER terkecil saat kecepatan *user* 0 km/jam sebesar 0,0038 sedangkan untuk nilai FER terbesar saat kecepatan *user* 50 km/jam sebesar 0,0075. Hal tersebut mengakibatkan banyak data yang rusak (*error*) atau bahkan informasi yang di terima akan berbeda dengan informasi yang di kirim. Sedangkan untuk nilai kombinasi *threshold* RSRP dan RSSI tidak berpengaruh terhadap nilai FER karena dapat di lihat pada **tabel 3.3** dan **gambar 3.3** memiliki nilai yang cenderung hampir sama.

4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi *vertical handover* dari LTE ke Wi-Fi 802.11n dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada hasil simulasi *vertical handover*, *user* bergerak dari LTE ke Wi-Fi 802.11n diperoleh nilai kombinasi *threshold* dengan probabilitas *dropping* minimum saat nilai RSRP = -99 dBm dan RSSI = -80 dBm. Sedangkan nilai kombinasi *threshold* dengan probabilitas *dropping* terbesar saat nilai RSRP = -95 dBm dan RSSI = -84 dBm.
2. Kombinasi paling terbaik yang memiliki nilai probabilitas *dropping* minimum saat nilai RSRP = -99 dBm dan RSSI = -80 dBm. Pada kombinasi tersebut didapatkan nilai probabilitas *dropping* yang bervariasi, saat *user* dalam kondisi diam 0 km/jam nilai probabilitas *dropping* 0, saat *user* dalam kondisi berjalan kaki 1-8 km/jam nilai probabilitas *dropping* 0 hingga 0,27, dan saat *user* berkendara 10-50 km/jam nilai probabilitas *dropping* 0,43 hingga 0,79. Sedangkan untuk kombinasi nilai *threshold* yang memiliki nilai probabilitas *dropping* terbesar saat *user* dalam kondisi diam 0 km/jam nilai probabilitas *dropping* 0, saat *user* dalam kondisi berjalan kaki 1-8 km/jam nilai probabilitas *dropping* 0,11 hingga 0,61, dan saat *user* berkendara 10-50 km/jam nilai probabilitas *dropping* 0,76 hingga 0,97.
3. Pada saat kombinasi nilai *threshold* RSRP = -99 dBm dan RSSI = -80 dBm nilai *handover margin* yang didapatkan bervariasi. Saat *user* dalam kondisi diam 0 km/jam nilai *handover margin* 88,987, saat *user* kondisi berjalan kaki 1-8 km/jam *handover margin* 13,596 hingga 18,635 dan saat *user* berkendara 10-50 km/jam *handover margin* 24,719 hingga 28,509.
4. Nilai HOM meningkat disebabkan oleh kecepatan *user* yang semakin meningkat. Hal tersebut yang menyebabkan nilai HOM minimal cepat terpenuhi dan nilai HOM yang terukur semakin besar.
5. Pada saat kombinasi nilai *threshold* RSRP = -99 dBm dan RSSI = -80 dBm nilai *frame error rate* yang didapatkan bervariasi. Saat *user* dalam kondisi diam 0 km/jam nilai *frame error rate* 0,00038, saat *user* kondisi berjalan kaki 1-8 km/jam *frame error rate* 0,00038 hingga 0,00040 dan saat *user* berkendara 10-50 km/jam *frame error rate* 0,00042 hingga 0,00075.
6. Kecepatan *user* mempengaruhi nilai FER (*Frame Error Rate*). Semakin cepat *user* bergerak maka nilai FER akan semakin besar. Hal tersebut mengakibatkan banyak informasi rusak (*error*) atau informasi yang di terima akan beda dengan informasi yang di kirim.
7. Nilai FER tidak dipengaruhi oleh kombinasi dari nilai RSRPmin dan RSSImin.

Daftar Pustaka:

- [1] Albosatey Asia Mohammed Abd Algader, Ashraf GaismElsid, and Amin Babiker, "Vertical Handover In Long Term Evolution" *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 2013.
- [2] Lingga Wardhana, 2014, 4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia.
- [3] Shayea Ibraheem, Mahamod Ismail, and Rosdiadee Nordin, "Advanced Handover Techniques in LTE-Advanced system" *International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCCE 2012)*, Kuala Lumpur, Malaysia. July 2012.
- [4] Silalahi, Rianto Parlindungan, 2013 Analisis Dan Simulasi Vertikal Handover Jaringan HSDPA ke WIFI Pada Layanan Data. Bandung : Telkom University.
- [5] Rossyana, 2012 Analisis dan Simulasi Mekanisme Intersystem Handover antara Jaringan UMTS dan HSDPA pada Layanan Video Streaming. Bandung : Telkom University.

University