

ANALISIS ALGORITMA *HANDOVER*

UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN ADAPTASI MOBILITAS DI LTE PADA KERANGKA SON (*SELF OPTIMIZING NETWORK*)

Fadilah Rahman¹, Nachwan Mufti A.², Tody Ariefianto W.³

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

¹fadil.rahman26@gmail.com, ²nachwanma@telkomuniversity.ac.id, ³ariefianto@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Long Term Evolution (LTE) adalah suatu teknologi 4G yang memiliki tingkat mobilitas *handover* yang tinggi sampai kecepatan 350 km/jam. Namun, aktualnya ada beberapa permasalahan *handover*, yaitu *Radio Link Failure* (RLF) dan efek *ping-pong*. Kedua permasalahan ini terjadi karena pengaturan parameter *control handover* pada eNodeB yang kurang tepat, sehingga mengakibatkan kegagalan *handover* dan *ping-pong handover*. Pada LTE Release 9, 3GPP memperkenalkan konsep *Self Optimizing Network* (SON) melalui metode *Mobility Robustness Optimization* (MRO). Pada penelitian ini dilakukan proses analisis terhadap algoritma *handover* inter-eNodeB melalui *interface* X2 untuk sistem LTE. Sistem tersebut menggunakan metode optimisasi MRO sehingga dapat mengetahui jumlah dan probabilitas kegagalan *handover* dan *ping-pong handover* dari yang diujikan pada kecepatan tertentu di daerah *dense urban*, urban, dan rural. Penelitian ini menghasilkan nilai referensi *threshold* untuk diimplementasikan pada setiap jenis daerah. Pada daerah *dense urban*, nilai *threshold* referensi parameter *handover* yaitu HOM = 5 dB dan TTT = 640 ms. Untuk daerah urban, nilai *threshold* parameter *handover* yang ditawarkan yaitu HOM = 4 dB dan TTT = 640 ms. Sedangkan, daerah rural memiliki nilai HOM = 3 dB dan TTT = 256 ms.

Kata Kunci: *Long Term Evolution, handover, Radio Link Failure, Self Optimizing Network, Mobility Robustness Optimization*

Abstract

Long Term Evolution (LTE) is a 4G technology that has a high level of mobility *handover* to the speed of 350 km/h. But actually there are some problems *handover* the *Radio Link Failure* (RLF) and the *ping-pong* effect. Both of these problems occur because the control parameter *handover* setting eNodeB the resulting lack of proper *handover* failures and *ping-pong handover*. In LTE Release 9, 3GPP introduced the concept of *Self Optimizing Network* (SON) through the *Mobility Robustness Optimization* (MRO) method. This research performed the analysis of inter-eNodeB *handover* algorithm through the X2 interface for LTE systems. The system uses MRO optimization method that can determine the amount and probability of *handover* failures and *ping-pong handover* of being tested at a certain speed in *dense urban* areas, urban, and rural. Results obtained from the analysis reference *threshold* value for each type of implementation in the region. For the *dense urban* areas, the *threshold* value of the *handover* reference parameter value HOM = 5 dB and TTT = 640 ms. As for the urban area, the *threshold* value at the *hand over* parameter HOM = 4 dB and TTT = 640 ms. While in the rural areas the value of HOM = 3 dB and the value of TTT = 256 ms.

Keywords: *Long Term Evolution, handover, Radio Link Failure, Self Optimizing Network, Mobility Robustness Optimization*

1. Pendahuluan

Mobilitas adalah kemampuan dari sebuah perangkat *mobile* dalam berkomunikasi dengan perangkat lainnya meskipun dalam keadaan bergerak dan salah satunya adalah *handover*. *Handover* merupakan proses pemindahan sebuah *mobile station* dari suatu kanal/*base station* menuju ke kanal/*base station* yang lainnya [18]. *Handover* dilakukan karena kanal yang sedang melayani (*servicing*) mengalami penurunan kualitas sehingga harus dipindahkan menuju kanal lain (*neighbour*) yang lebih baik kualitasnya.

Untuk mencapai nilai kualitas, yang maksimum, teknologi *Long Term Evolution* (LTE) melakukan optimisasi dengan cara mengurangi rute dan waktu proses pelaksanaan *handover*. Dalam penerapannya, *handover* masih memiliki beberapa kendala, yaitu *Radio Link Failure* (RLF) dan *Ping-pong handover*. Oleh karena itu, 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) memperkenalkan suatu metode sebagai optimisasi dari kasus RLF yaitu *Self Optimizing Network* (SON) dengan sistemnya yang bernama *Mobility Robustness Optimization* (MRO) [5]. MRO adalah suatu metode dari LTE Release 9 yang melakukan optimisasi *handover* pada jaringan

secara otomatis dan adaptif berdasarkan data yang dikumpulkan dari pengukuran UE dan eNodeB. Oleh karena itu, metode MRO ditujukan sebagai solusi permasalahan kerumitan dan akan mengurangi nilai OPEX (*Operating Expenditure*) dalam melakukan *maintenance*/perawatan rutin dalam menjaga kualitas layanan [6].

Pada penelitian ini dilakukan sebuah proses analisis performansi terhadap penggunaan metode MRO dengan simulasi model matematis terhadap sinyal yang diterima pada sisi UE dan menentukan nilai parameter *handover* yaitu *Handover Margin* (HOM) dan *Time-to-Trigger* (TTT).

2. Long Term Evolution (LTE)

Long Term Evolution (LTE) merupakan teknologi komunikasi *wireless* yang dikembangkan oleh 3GPP. Perkembangan teknologi LTE dikarenakan meningkatnya kebutuhan masyarakat untuk menggunakan komunikasi data yang diakses secara *mobile* dengan nilai *data rate* yang tinggi.

Pada hakikatnya arsitektur LTE merupakan evolusi dari arsitektur UMTS yang menjadi EPS (Gambar 1). Untuk proses *handover*, yang dianalisis pada penelitian ini berada pada bagian E-UTRAN dan UE melalui *interface* UE. Dalam implementasi, *handover* pada sistem LTE memiliki kelebihan baik dari segi prosedur maupun *signaling*. Selain itu juga memiliki sistem optimisasi untuk mendeteksi RLF.

Pada saat *user* melakukan hubungan komunikasi dengan jaringan (UE dalam keadaan *RRC Connected*), maka ada saat UE berada dalam ujung dari sebuah sel lama sehingga akan memicu terjadinya *handover*. *Handover* dipicu berdasarkan sebuah *measurement report triggering event A3*, artinya daya terima dari sel *neighbour* menjadi *offset* lebih baik dari pada sel *-serving*. *Event A3* berlaku untuk kasus *handover intra-frequency* [1].

Untuk penjelasan lengkap mengenai *signaling* pada sistem *handover* LTE Release 8 dalam kasus *Intra-LTE* (*Intra-MME/SGW*) *Handover* menggunakan *interface* X2 (Gambar 2).

2.1. Kegagalan Handover dan Ping-Pong Handover

Kegagalan *handover*, dapat diklasifikasikan dalam tiga kategori [14]:

- Unnecessary or missing handover*: Dalam kategori ini disebut *ping-pong handover*, yaitu *handover* terjadi diantara dua sel, kemudian keluar dan kembali menuju sel *-serving* awal dalam periode kurang dari waktu tertentu (T_{crit}).
- Handover* gagal tanpa RLF: Kegagalan ini terutama dirasakan oleh degradasi dalam pelayanan dan juga pengaruh sinyal trafik tambahan dalam jaringan.
- Handover* gagal akibat RLF: Kategori ini merupakan skenario kegagalan akibat pengaruh

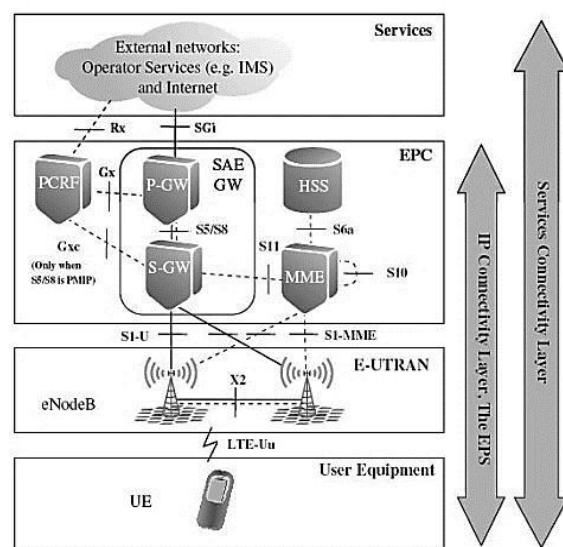
pada pengalaman pengguna (*user experience*) dan sinyal trafik.

Kategori kegagalan *handover* dengan kasus RLF dibagi menjadi tiga kategori seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3, yaitu [13, 14]:

- Handover* terlambat dipicu (*too late handover*). Terjadi karena rendahnya nilai RSRP dari sel sumber. Sehingga pesan gagal disampaikan antara UE dan sel sumber pada saat sebelum/selama *handover* akibat RLF. Setelah terdeteksi RLF, UE berusaha untuk membangun kembali koneksi radio dengan sel lain.
- Handover* terlalu dini dipicu (*too early handover*). Terjadi karena rendahnya nilai RSRP pada sel target. Akibatnya, pesan antara UE dan sel target mengalami kegagalan. RLF terjadi di sel target ketika *handover* telah selesai, dan UE berupaya membangun kembali koneksi radio dengan sel sumber.
- Handover* ke sel yang salah (*handover to wrong cell*). Kegagalan ini melibatkan tiga sel, yaitu: sel sumber, sel target, dan sel *reconnect*. RLF terjadi dalam sel target ketika *handover* telah selesai, dan UE berusaha untuk membangun kembali hubungan radio dalam selain yang bukan merupakan sel sumber maupun sel target.

2.2. Self Optimizing Network (SON) [9]

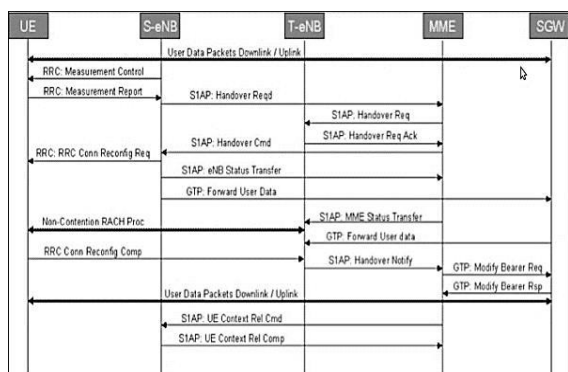
Secara umum, jaringan LTE dikendalikan oleh *Network Management System* (NMS), artinya operator secara *remote* dapat mengkonfigurasi dan mengoptimalkan setiap *base station* dari jaringan *core*. Namun karena permasalahan intervensi manual, kebutuhan waktu yang lama, biaya yang mahal dan rawan terjadi kegagalan, maka 3GPP mengatasi masalah ini dengan memperkenalkan *Self Optimizing Networks* (SON) ke dalam LTE. Metode SON yang dimaksud meliputi MRO, *Random Access Channel Optimization*, dan *Energy Saving*.



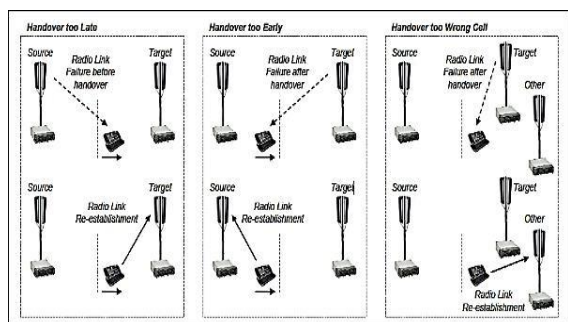
Gambar 1. Arsitektur LTE [10]

2.3. Mobility Robustness Optimization (MRO)

Mobility Robustness Optimization (MRO) adalah teknik *self optimization* di mana sebuah eNodeB dapat mengumpulkan informasi tentang penggunaan nilai *threshold measurement reporting* yang tidak cocok. Kemudian eNodeB dapat menggunakan informasi ini sebagai referensi untuk adaptasi *threshold* sehingga dapat memperbaiki masalah kegagalan *handover* [9].

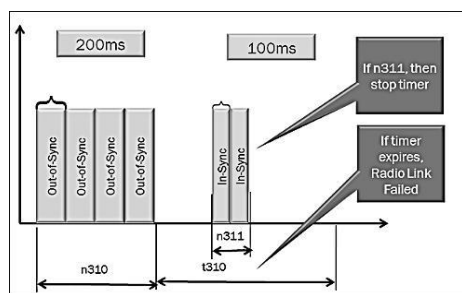


Gambar 2. Prosedur Handover [18]



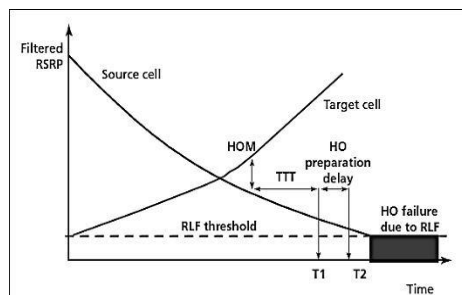
Gambar 3. Kegagalan Handover

Akibat RLF [12]



Gambar 4. Radio Link Failure Timer untuk Mendeteksi Kasus RLF [16]

Mendeteksi Kasus RLF [16]



Gambar 5. Algoritma Handover pada LTE [8]

2.3.1. Deteksi Radio Link Failure

Deteksi *radio link failure* dilakukan dengan menghitung *threshold* nilai daya dan *RLF timer* sebagai bahan pertimbangannya [1]. Ilustrasi parameter *RLF timer* dapat dilihat pada Gambar 4.

Parameter-parameter yang meliputi dalam mendeteksi RLF, yaitu [2]:

- Q_{out} : *threshold* yang mendefinisikan tingkat *radio link downlink* tidak dapat diandalkan untuk menerima *frame* dan mengalami (10%) *Block Error Rate* dari transmisi PDCCH.
- Q_{in} : *threshold* yang mendefinisikan tingkat kualitas *radio link* dapat diandalkan menerima *frame* dan mengalami (2%) *Block Error Rate* dari transmisi PDCCH.
- N_{310} : Angka interval di mana UE tidak berhasil mendekodekan PDCCH sampai mendeteksi RSRP yang rendah.
- T_{310} : *Timer* dalam detik yang memungkinkan UE berada dalam sinkronisasi kembali dengan eNodeB.
- N_{311} : Interval di mana UE harus berhasil mendekodekan PDCCH untuk kembali dalam sinkronisasi dengan eNodeB.

2.4. Parameter Handover pada LTE [11]

Sebuah jaringan secara periodik memantau *input measurement* dan *metrics* sehingga dapat diketahui nilai performansi *handover* melalui perhitungan keseluruhan performansi *metrics* sesuai *control parameter*. Ilustrasi *handover* berdasarkan waktu dapat dilihat pada Gambar 5.

2.4.1. Sistem Metrics

Parameter sistem *Metrics* merupakan informasi sebagai masukan pengukuran yang dilakukan pada *layer 1 (L1) filtering*. Parameter sistem *Metrics* yang dimaksud, yaitu:

- RSRP (*Reference Signal Received Power*), RSRP yaitu nilai rata-rata daya (W) dari elemen sumber daya yang membawa sinyal referensi sel. RSRP ini diukur dari daya pancar sel (P_{tc}), nilai *pathloss* dari UE menuju sel lain (L_{ue}) dan *shadow fading* dengan distribusi *log-normal* (L_{fad}). Hasil nilai RSRP dihitung dari tiap sel c dan pengguna ue sesuai dengan:

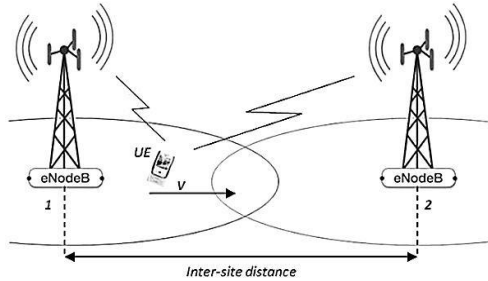
$$RSRP_{c, ue} = P_{tc} - L_{fad} - L_{ue} \quad (1)$$

- SINR (*Signal to Interference Noise Ratio*), nilai SINR dihitung dari RSRP sel *servicing* ($RSRP_{serv}$) dan nilai RSRP dari interferensi sel n ($RSRP_{in}$). Hasil SINR didapat sesuai dengan persamaan 2.

$$SINR_{c, ue} = \frac{RSRP_{c, ue}}{\sum_{n=1}^N RSRP_{n, ue} + I_{noise}} \quad (2)$$

Tabel 1. Nilai Path Loss Exponents Berdasarkan Kondisi Lingkungan

Environment	Path Loss Exponent, n
Free Space	2
Urban Area Cellular Radio	2.7 to 3.5
Shadowed urban cellular radio	3 to 5
In building line-of-sight	1.6 to 1.8
Obstructed in building	4 to 6
Obstructed in factories	2 to 3



Gambar 6. Model Sistem Handover

2.4.2. Parameter Control

Handover dimulai jika dua kondisi terpenuhi, yaitu: nilai RSRP dari sel lain lebih besar dari nilai RSRP sel *-serving* yang ditambah *handover margin* dan kondisi ini bertahan selama interval waktu TTT.

- HOM, UE melakukan pengukuran kanal radio *downlink* dari RSRP pada sel *-serving* (SeNB) dan eNB tetangga disekitarnya (NeNB) secara periodik. Jika ketentuan persamaan kondisi *event A3* (persamaan 3) terpenuhi, maka UE mengirim *measurement report* yang menunjukkan kejadian *triggering*. HOM terdiri dari parameter *Hysteresis* dan *Ocn* (*cell individual offset*). *Hysteresis* memiliki nilai tiap 0.5 dB dari rentang 0 sampai 10 dB.

$$RSRP_{NeNB} \geq RSRP_{SeNB} + HOM \quad (3)$$

- TTT, yaitu waktu kondisi RSRP dalam terpenuhinya persamaan (2.3) dan memulai untuk *handover*. Nilai *time-to-trigger* untuk jaringan LTE telah dispesifikasikan oleh 3GPP dimulai dari (0, 0,04, 0,064, 0,08, 0,1, 0,128, 0,16, 0,256, 0,32, 0,48, 0,512, 0,64, 1,024, 1,280, 2,560, dan 5,120 dalam detik).

2.5. Propagasi Radio Mobile [18]

Model propagasi radio bertujuan untuk memperkirakan rata-rata daya sinyal terima berdasarkan jarak dari *transmitter* dan *receiver*. Ada dua macam pemodelan yaitu *Large Scale Fading* dan *Small Scale Fading*.

2.5.1. Large Scale Fading

Pemodelan daya sinyal ini diasumsikan berada dalam jarak T-R yang memiliki besar skala beberapa ratus atau ribuan meter. Salah satu jenis pemodelan yaitu *Log-normal Shadowing* di mana pengukuran

menunjukkan bahwa rata-rata daya sinyal yang diterima menurun secara logaritmik dengan perubahan jarak. Pengukuran dapat dilakukan pada nilai jarak berapapun (d), maka nilai *pathloss* (PL) pada lokasi yang ditentukan secara *random* dan terdistribusi *log-normal* (dalam dB) diperoleh dengan menggunakan persamaan 4.

$$PL_{d \rightarrow dB} = PL_{d_0 \rightarrow dB} - X_V \left(\frac{d}{d_0} \right)^{-n} \quad (4)$$

Variabel *path loss exponent* (n) menentukan angka peningkatan nilai *pathloss* terhadap jarak. Nilai n beragam tergantung daerah lingkungan yang akan dimodelkan sesuai dengan Tabel 1.

2.5.2. Small Scale Fading

Small Scale Fading digunakan untuk menggambarkan fluktuasi yang cepat pada amplitudo, fase, ataupun *multipath delay* dari sinyal radio dalam periode yang singkat berdasarkan waktu/jarak lintasan. Dalam kanal radio *mobile*, distribusi *Rayleigh* digunakan untuk menggambarkan statistik berbagai macam waktu yang dialami dari sampel yang diterima pada sinyal *flat fading* atau sampel dari komponen individu *multipath*.

3. Pemodelan dan Diagram Alir Sistem

Model simulasi penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah kegagalan *handover* pada user akibat *radio link failure* dan *ping-pong handover* antara dua buah eNodeB sistem jaringan LTE. Simulasi sistem ini merupakan bentuk model matematis dari sinyal RSRP yang selanjutnya diimplementasikan dengan menggunakan *software MATLAB 2009a*. Ilustrasi pemodelan sistem simulasi ditunjukkan pada Gambar 6.

Dalam sistem tersebut, eNodeB1 bertindak sebagai sel sumber dan eNodeB2 sebagai sel target. Status UE berada dalam kondisi *connected state* yang melakukan pergerakan mobilitas. Posisi UE yang awalnya berada dalam cakupan area dan dilayani oleh eNodeB1 kemudian akan bergerak secara konstan dengan nilai kecepatan (v) tertentu menuju eNodeB2. Untuk pemodelan variasi kanalnya digunakan *Log-normal Shadowing* dan *Rayleigh Fading* yang nilainya dibangkitkan secara *random*.

Dengan Bergeraknya UE maka akan mengubah nilai RSRP dan setiap langkah dari pergerakan akan dilakukan *sampling* dengan nilai interval waktu tertentu sebagai bentuk *measurement report* UE ke eNodeB. *Measurement report* yang diterima eNodeB akan diproses sebagai pertimbangan untuk keputusan *handover* bagi UE. Selain itu, pemrosesan di eNodeB juga mendeteksi kondisi *radio link failure* dan *ping-pong handover*.

Tabel 2. Parameter Simulasi

Parameter	Keterangan
Jumlah sel	2 sel
Jarak Inter-site	500 m [3]
Frequency carrier	2.0 GHz
Bandwidth	10 MHz
Ocn (Cell Individual Offset)	0 dB
Large Scale Fading	Log-normal shadowing, dengan $d_0=1$ m dan $\sigma=8$ dB $Pathloss (dB) = 128.1 + 37.6\log_{10}(R)$, di mana R adalah jarak UE ke eNB [3]
Small Scale Fading	Rayleigh Fading
Measurement Interval	120 ms
HO Execution	250 ms [11]
Time Critical	5 s [11]
Deteksi RLF	$Q_{out}=-8$ dB, $N_{310}=1$ s [7]
SINR	-6.5 dB [11]
Model mobilitas	5 km/jam, 60 km/jam, 120 km/jam

Dikarenakan analisis yang dilakukan terhadap parameter HOM dan TTT, maka kedua parameter digunakan sebagai nilai masukan. Sistem simulasi melakukan pengujian sebanyak 1000 kali bagi tiap seperangkat nilai masukan. Sementara untuk parameter simulasi lainnya yang digunakan, dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada pengujian *event handover*, simulasi sistem dilakukan melalui beberapa tahapan. Sebuah eNodeB melakukan tiga sistem deteksi dari setiap *measurement report* yang diterima, yaitu: Algoritma *Handover*, pengukuran SINR dan pengukuran RLF *Detection*. Gambar 7 menunjukkan kesatuan diagram alir secara keseluruhan dari sistem simulasi.

4. Analisis Hasil Pengujian

Analisis yang dilakukan pada simulasi sistem yaitu nilai HOM dan TTT terhadap perubahan kecepatan *user*.

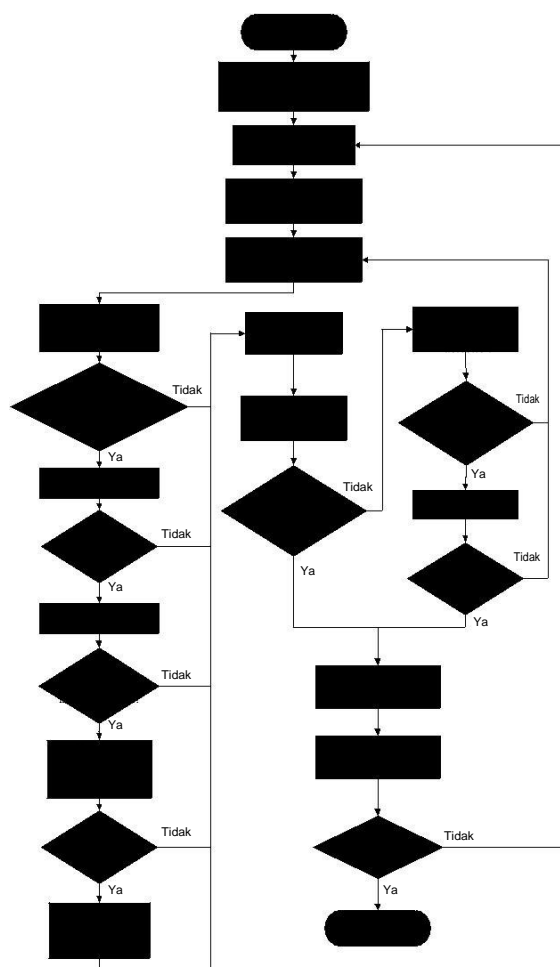
4.1. Analisis Handover Margin

Berdasarkan data perhitungan, probabilitas kegagalan *handover* dan *ping-pong handover* pada setiap daerah dengan nilai HOM yang diujikan bernilai 0 dB sampai 10 dB dengan interval 2 dB dapat diperoleh.

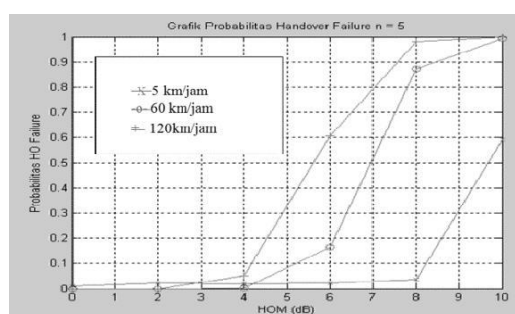
4.1.1. Daerah Dense Urban

Pada analisis daerah *dense urban* (*pathloss exponent* $n = 5$). Grafik probabilitas kegagalan *handover* dan *ping-pong handover* daerah *dense urban* dapat dilihat pada Gambar 8. Untuk daerah *dense urban* diasumsikan pergerakan UE dominan pada kecepatan 5 km/jam. Berdasarkan Gambar 8a dapat diketahui jumlah kegagalan *handover* akibat RLF meningkat saat HOM bernilai lebih dari 8 dB. Sementara untuk probabilitas minimum terjadinya *ping-pong handover* untuk Gambar 8b terdapat pada nilai HOM antara 4 dB sampai 6 dB. Oleh karena itu,

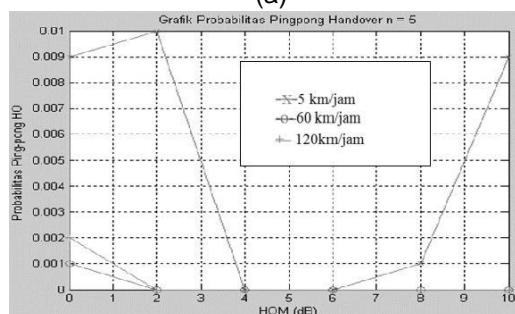
nilai optimisasi referensi pengaturan *threshold* HOM pada *dense urban* yaitu sebesar 5 dB untuk meminimalisir probabilitas kegagalan *handover* dan *ping-pong handover*.



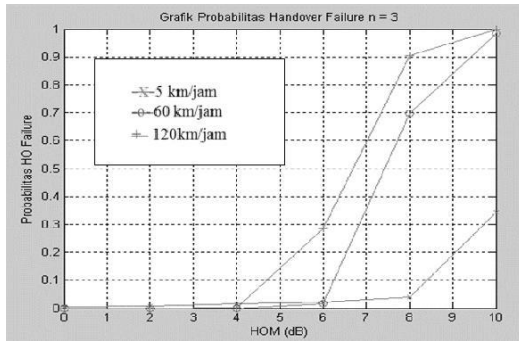
Gambar 7. Diagram Alir Sistem Simulasi



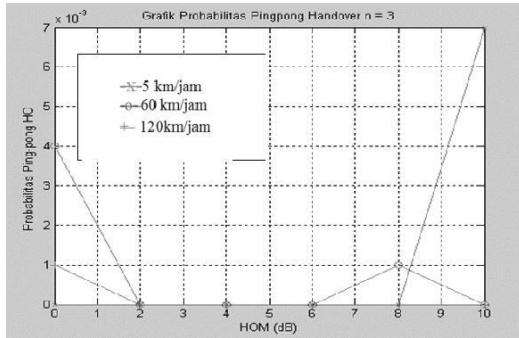
(a)



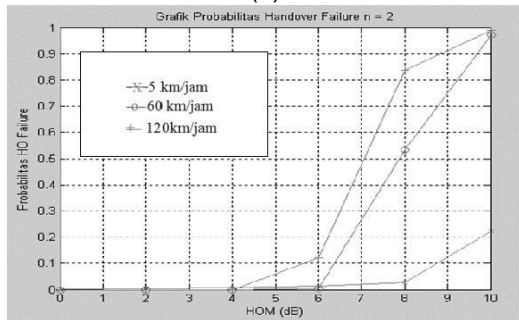
(b)



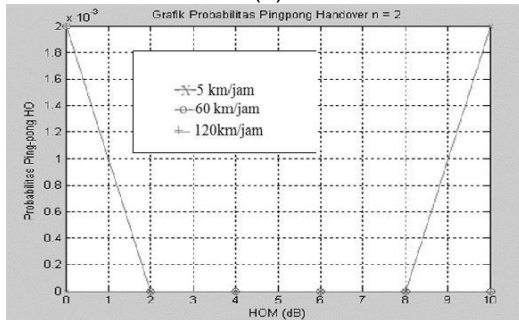
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 8. Probabilitas Handover dengan Analisis HOM pada Kasus Handover Failure dan Ping-Pong Handover untuk Dense Urban (n = 5) (a) dan (b), Urban (n = 3)(c) dan (d), Rural (n = 2) (e) dan (f)

4.1.2. Daerah Urban

Untuk analisis daerah urban (*pathloss exponent n = 3*) maka diasumsikan kecepatan pergerakan UE pada daerah urban yaitu 5 km/jam dan 60 km/jam. Sesuai dengan gambar grafik pada Gambar 8c dan 8d dapat diketahui bahwa pada rentang pengaturan HOM dari 1 dB sampai 6 dB mengalami probabilitas

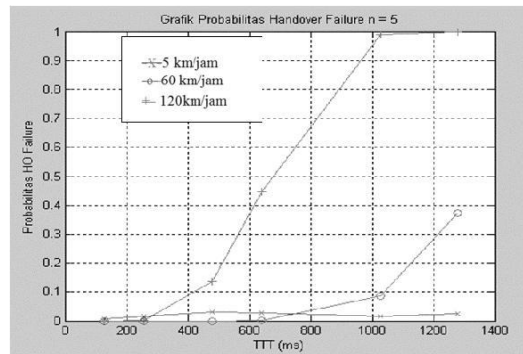
kegagalan *handover* minimum untuk kecepatan 5 km/jam dan 60 km/jam. Di sisi lain, *ping-pong handover* pada daerah *urban* tidak terjadi pada nilai HOM 2 dB sampai dengan 6 dB pada semua kecepatan pengujian. Berdasarkan nilai irisan antara probabilitas kegagalan *handover* dan *ping-pong handover* tersebut maka nilai *threshold* referensi 4 dB untuk daerah urban.

4.1.3. Daerah Rural

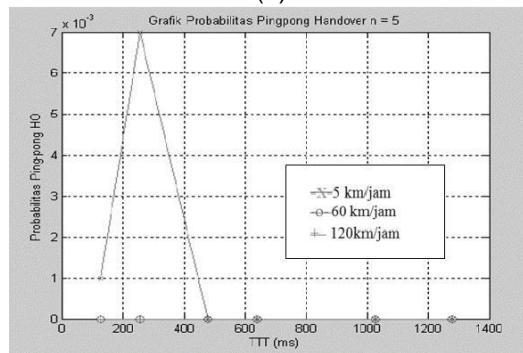
Nilai probabilitas kegagalan *handover* pada daerah rural memiliki nilai minimum pada rentang 1 dB sampai dengan 4 dB dan berlaku untuk semua nilai kecepatan UE seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8e. Untuk daerah rural (*exponent pathloss n = 2*) dan diasumsikan pergerakan UE dominan terjadi pada kecepatan 120 km/jam. Pada grafik Gambar 8f menunjukkan nilai probabilitas *ping-pong handover* bernilai nol pada rentang nilai HOM dari 2 dB sampai dengan 9 dB dan berlaku untuk kecepatan tinggi 120 km/jam. Berdasarkan kedua grafik tersebut maka nilai *threshold* referensi sama dengan 3 dB untuk daerah rural.

4.2. Analisis Time-to-Trigger (TTT)

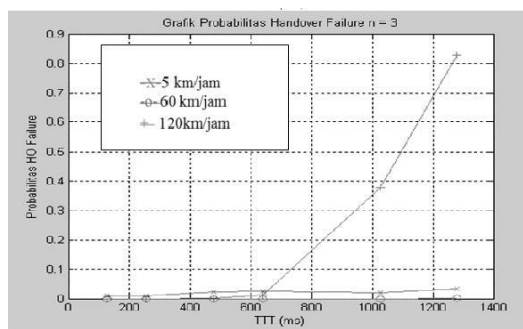
Pada bagian ini, pengujian *handover* dilakukan dengan menganalisis perubahan *time-to-trigger* (TTT) terhadap ketiga jenis kecepatan pada masing-masing daerah pengujian. Nilai TTT yang diujikan berjumlah 6 nilai yaitu 128, 256, 480, 640, 1024, dan 1280 ms. Keenam nilai ini dipilih berdasarkan (120 ms) sebagai nilai *sampling*.



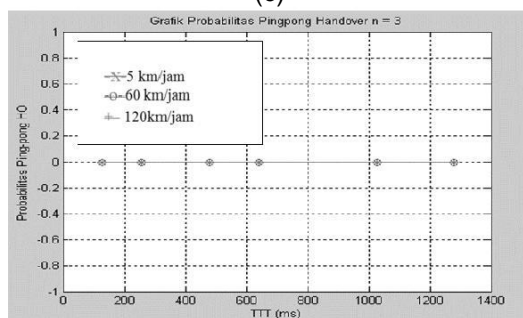
(a)



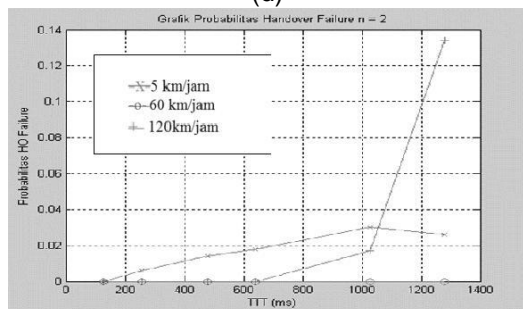
(b)



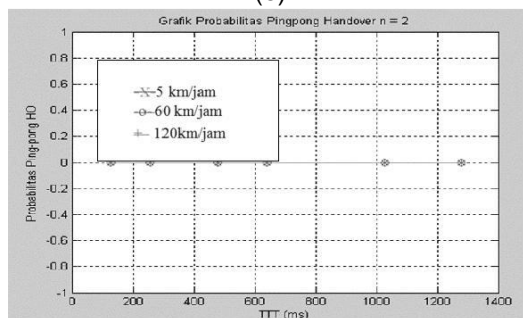
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 9. Probabilitas Handover Analisis TTT Kasus Handover Failure dan Ping-Pong Handover untuk Dense Urban (n = 5) (a) dan (b), Urban (n = 3) (c) dan (d), Rural (n = 2) (e) dan (f)

Tabel 3. Rekapitulasi Analisis HOM

Daerah	HO Failure	Ping-pong HO	Rekomendasi
Dense urban	1 – 8 dB	4 – 6 dB	5 dB
Urban	1 – 6 dB	2 – 6 dB	4 dB
Rural	1 – 4 dB	2 – 9 dB	3 dB

Tabel 4. Rekapitulasi Analisis TTT

Daerah	HO Failure	Ping-pong HO	Rekomendasi
Dense urban	128 – 1280 ms	460 – 1280 ms	640 ms
Urban	128 – 1280 ms	128 – 1280 ms	640 ms
Rural	128 – 640 ms	128 – 1280 ms	256 ms

4.2.1. Daerah Dense Urban

Grafik hasil simulasi Gambar 9a dan 9b probabilitas *ping-pong handover* tidak terjadi di saat nilai TTT sama dengan 460 ms sampai 1280 ms. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa untuk daerah *dense urban* nilai TTT referensi 640 ms, dengan asumsi pergerakan UE dominan terjadi pada 5 km/jam agar meminimalisasi nilai probabilitas kegagalan *handover* dan *ping-pong handover*.

4.2.2. Daerah Urban

Untuk daerah urban, kecepatan *user* diasumsikan 5 km/jam dan 60 km/jam. Grafik Gambar 9c menunjukkan bahwa probabilitas kegagalan minimum terjadi pada TTT sama dengan 128 ms sampai 1280 ms untuk kecepatan 5 km/jam dan 60 km/jam. Pada Gambar 9d perubahan pengaturan TTT dari 128 ms sampai 1280 ms juga tidak menunjukkan terjadinya *ping-pong handover* pada kecepatan berapapun yang diujikan. Berdasarkan dari kedua grafik maka nilai referensi *threshold* TTT yang dapat digunakan adalah 640 ms untuk daerah urban.

4.2.3. Daerah Rural

Untuk analisis TTT daerah rural ditunjukkan pada grafik Gambar 9e dan 9f. Sesuai dengan grafik diketahui kecepatan *user* yang diasumsikan pada daerah rural 120 km/jam menunjukkan nilai probabilitas kegagalan *handover* yang minimum pada nilai TTT sama dengan 128 ms sampai 640 ms. Sementara untuk probabilitas terjadinya *ping-pong handover* bernilai nol untuk semua kecepatan dan semua pengaturan TTT yang diujikan. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa nilai referensi *threshold* TTT sebesar 256 ms untuk kecepatan 120 km/jam pada daerah rural.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa mekanisme sebuah *handover* pada jaringan LTE Release 9 dapat dibagi berdasarkan fungsinya menjadi tiga bagian yaitu Algoritma *Handover*, pengukuran SIR dan pengukuran deteksi RLF yang memiliki fungsi berbeda-beda. Sementara untuk nilai optimisasi dari pengaturan parameter control *handover* seperti HO Failure, Ping-pong HO dan rekomendasi parameter *handover* pada daerah *dense urban*, urban dan *suburban* dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Daftar Pustaka

- [1] 3GPP Standardization, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) Radio Resource Control (RRC) Protocol Specification", TS 36.331 v9.1.0, Januari 2010. <http://www.3gpp.org/> (diakses pada 26 Maret 2013)
- [2] 3GPP Standardization, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) Requirement for Support of Radio Resource Management", TS 36.133 v9.1.0, September 2009. www.3gpp.org/ (diakses pada 18 Mei 2013)
- [3] 3GPP Standardization, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) Radio Frequency (RF) System Scenarios", TS 36.942 v9.1.0, September 2010. <http://www.3gpp.org/> (diakses pada 4 Juni 2013)
- [4] 3GPP Standardization, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) Mobility Enhancements in Heterogeneous Network", TS 36.839 v11.0.0, September 2012. <http://www.3gpp.org/> (diakses pada 26 Februari 2013)
- [5] 3GPP Standardization, "Self-Configuring and Self-Optimizing Network (SON) Use Cases and Solutions", TS 36.902 v9.1.0, Maret 2010, <http://www.3gpp.org/> (diakses pada 26 Maret 2013)
- [6] 3GPP Standardization, "Self-organizing network (SON) concepts and requirement." TS 32.500 v9.0.0, Desember 2009. <http://www.3gpp.org/> (diakses pada 26 Maret 2013)
- [7] Anas, Mohammad dan Francesco D. Calabrese, "Performance Evaluation of Received Signal Strength Based Hard Handover for UTRAN LTE", Denmark: Aalborg University, 2007.
- [8] Aziz, Danish, dkk., "Autonomous Neighbour Relation Detection and Handover Optimizaton in LTE", Bell Labs Technical Journal, 2010.
- [9] Cox, Christopher, "An Introduction to LTE: LTE, LTE-Advanced, SAE and Mobile Communications", Chennai: John Wiley & Sons, Inc., 2012.
- [10] Holma, Harri dan Antti Toskala, "LTE for UMTS-OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access", Chippenham: John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- [11] Jansen, Thomas, Irina Balan, dan John Turk, "Handover Parameter Optimization in LTE Self-Organizing Network", Athens: European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research (Euro-COST), 2010.
- [12] Johnson, Chris, "Long Term Evolution in Bullets 2nd Edition", Northampton: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012.
- [13] Koichiro Kitagawa, Toshihiko Komine, dan Toshiaki Yamamoto, "A Handover Optimization Algorithm with Mobility Robustness for LTE Systems", Saitama: KDDI R&D Laboratories Inc., 2011.
- [14] Kottkamp, M., dkk., "LTE Release 9 Technology Introduction White Paper", Munchen: Rohde & Schwarz GmbH & Corporation, 2011.
- [15] Legg, Peter, Gao Hui, dan Johan Johansson, "A Simulation Study of LTE Intra-Frequency Handover Performance", Sweden: Huawei Technologies, 2010.
- [16] Lauro, "Drop Sessions (Part 1 of 2)", Award Solutions, Inc., Maret 2012. http://lteuniversity.com/get_trained/expert_opinion1/b/lauroortigoza/archive/2012/03/28/drop-sessions-part-1-of-2.aspx (diakses pada 26 Maret 2013)
- [17] Puttonen, Jani, Janne Kurjenniemi, dan Olli Alanen, "Radio Problem Detection Assisted Rescue Handover for LTE", Finland: Magister Solution Ltd., 2010.
- [18] Rao, V. Srinivasa, "Interoperable UE Handovers in LTE White Paper", Hillsboro: Radisys Cooperation, 2011.