

**ANALISIS *HANDOVER* PADA *HETEROGENEOUS NETWORK*
MENGUNAKAN *RECEIVED SIGNAL STRENGTH INDICATOR (RSSI)*
DAN *ACCESS RATE* SEBAGAI *HANDOVER TRIGGER***

Skripsi

Oleh

GIFINRI PRATAMA SINAGA



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

HANDOVER ANALYSIS ON HETEROGENEOUS NETWORKS BY RECEIVED SIGNAL STRENGTH INDICATOR (RSSI) AND ACCESS RATE

By

GIFINRI PRATAMA SINAGA

This research focused on the inter network handover (heterogeneous network). Handover is occurred by comparing the RSSI and access rate at the serving network toward the target. Several parameters such as throughput, latency, and delay were measured and examine. In this work the measurements of RSSI and access rate were conducted on 12 scenarios. The smallest and the largest RSSI based on the measurement analysis are WIFI (-76.9 dBm), and GSM (-44.08 dBm) respectively. Moreover, the smallest and the largest access rate are GSM (0.39 Mbps) and LTE (18.06 Mbps). Accordingly, it can be concluded that the network target of LTE is the best throughput with value 76.1%. In addition the best delay is 5.3 ms at network target of GSM, and the best latency is 41 ms at GSM.

Keywords: HetNet, handover, RSSI, access rate, throughput, latency, delay.

ABSTRAK

ANALISIS *HANDOVER* PADA *HETEROGENEOUS NETWORK* MENGUNAKAN *RECEIVED SIGNAL STRENGTH INDICATOR (RSSI)* DAN *ACCESS RATE* SEBAGAI *HANDOVER TRIGGER*

Oleh

GIFINRI PRATAMA SINAGA

Penelitian skripsi ini fokus pada pembahasan *handover* antar *platform* jaringan yang berbeda. Unjuk kerja dari proses *handover* ditentukan dengan membandingkan nilai RSSI dan *access rate* jaringan awal terhadap jaringan target sehingga nilai *throughput*, *latency* dan *delay* dapat ditentukan. Setelah melakukan pengukuran RSSI dan *access rate* di masing-masing jaringan GSM, CDMA, LTE dan WIFI, analisa *handover* dilakukan pada 12 skenario perpindahan *platform*. Nilai RSSI terendah dan tertinggi terjadi pada jaringan WIFI dengan nilai -76.9 dBm dan GSM dengan nilai -44.08 dBm. Nilai *access rate* terendah dan tertinggi terjadi pada jaringan GSM dengan nilai 0.39 Mbps dan LTE dengan nilai 18.06 Mbps. Hasil analisis pengukuran mendapati bahwa *throughput* terbaik terjadi pada jaringan target LTE dengan nilai 76.1%, *delay* terbaik terjadi pada jaringan target GSM dengan nilai 5.3 ms dan *latency* terbaik terjadi pada jaringan target GSM dengan nilai 41 ms.

Kata kunci: Hetnet, *handover*, RSSI, *access rate*, *throughput*, *latency*, *delay*.

**ANALISIS *HANDOVER* PADA *HETEROGENEOUS NETWORK*
MENGUNAKAN *RECEIVED SIGNAL STRENGTH INDICATOR (RSSI)*
DAN *ACCESS RATE* SEBAGAI *HANDOVER TRIGGER***

Oleh

GIFINRI PRATAMA SINAGA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi

**: ANALISIS *HANDOVER* PADA
HETEROGENEOUS NETWORK
MENGUNAKAN *RECEIVED SIGNAL
STRENGTH INDICATOR (RSSI)* DAN
ACCESS RATE SEBAGAI *HANDOVER
TRIGGER***

Nama Mahasiswa

: Gifinri Pratama Sinaga

Nomor Pokok Mahasiswa : 1215031034

Program Studi

: Teknik Elektro


Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.
NIP 19731128 199903 1 005


Yetti Yuniati, S.T., M.T.
NIP 19800113 200912 2 002

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro


Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.
NIP 19731128 199903 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

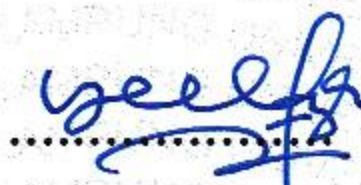
Ketua

: **Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.**



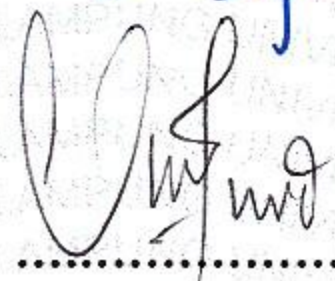
Sekretaris

: **Yetti Yuniati, S.T., M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Umi Murdika, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **21 September 2016**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Oktober 2016



Gifinri Pratama Sinaga
NPM 1215031034

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di daerah Sarolangun, Provinsi Jambi pada tanggal 17 Januari 1995. Penulis merupakan anak tunggal dari pasangan Bapak Arson sinaga dan Ibu Elly purba yang diberi nama Gifinri pratama sinaga.

Riwayat pendidikan lulus Sekolah Dasar (SD) di SDN 165 Pelepat Ilir pada tahun 2006, Lulus Sekolah Lanjut Tingkat Pertama (SLTP) di SMPN 4 Pelepat Ilir pada tahun 2009, lulus Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 2 Pelepat Ilir pada tahun 2012 dan diterima di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung (Unila) pada tahun 2012 melalui jalur Seleksi Nasional Mahasiswa Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di Organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) Fakultas Teknik periode 2013–2014 sebagai anggota. Departemen Pendidikan dan Kerohanian Divisi Kerohanian dan pada periode 2014–2015 penulis dipercaya sebagai Kepala Divisi Pendidikan. Pada tahun 2015–2016 penulis aktif pada Organisasi Forum Komunikasi Mahasiswa Kristen Fakultas Teknik (FKMK–FT) dan menjabat sebagai anggota Doa dan Pemerhati (DP). Selain itu penulis juga menjadi Kordinator dan asisten di Laboratorium Teknik Telekomunikasi periode 2015–2016. Penulis pernah melakukan Kerja Praktik (KP) selama 40 hari (3 Agustus s.d 11 September 2015) di Telkom IDeC

Bidang *Innovation Management*, Bandung dengan mengambil judul “Analisis *Tools Information Gathering* pada *Software Backtrack* Untuk Pengujian Sistem Keamanan Aplikasi *Mobile* Berbasis *Web*”.

MOTTO

"Takut akan TUHAN adalah permulaan pengetahuan, tetapi orang bodoh menghina hikmat dan didikan"

AMSAL 1:7

PERSEMBAHAN

Skripsi ini secara khusus penulis persembahkan kepada:

- 1. Ayah dan Ibu tercinta yang selalu memberikan doa, semangat dan dukungan moral kepada penulis selama menjalani pendidikan di jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung dan selama pengerjaan skripsi ini.*

SANWACANA

Puji Tuhan atas segala berkat dan kasih karunia Yesus Kristus penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi dengan judul “**ANALISIS *HANDOVER* PADA *HETEROGENEOUS NETWORK* MENGGUNAKAN *RECEIVED SIGNAL STRENGTH INDICATOR (RSSI)* DAN *ACCESS RATE* SEBAGAI *HANDOVER TRIGGER*” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun bila terdapat kekurangan dalam skripsi ini.**

Selama melaksanakan penelitian, penulis banyak mendapatkan pengalaman yang sangat berharga. Penulis mendapat bantuan baik moril, materi, bimbingan, petunjuk serta saran dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan, cinta dan kasih sayang sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini;
2. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik;
3. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro;

4. Bapak Dr. Herman Halomoan S, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro;
5. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. selaku Pembimbing utama atas kesediannya meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
6. Ibu Yetti Yuniati, S.T., M.T. selaku Pembimbing kedua atas kesediannya meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
7. Ibu Umi Murdika, S.T., M.T. selaku Pembahas Utama atas kesediannya meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
8. Ibu Dr. Endah Komalasari, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik atas kesediannya membimbing penulis dan selalu memberi semangat;
9. Ibu Dr. Melvi, S.T., M.T. yang banyak memberikan banyak ilmu dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan laporan ini;
10. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung atas pengajaran dan bimbingannya yang diberikan selama ini kepada penulis;
11. Mbak Ning beserta seluruh jajarannya atas semua bantuannya menyelesaikan urusan administrasi di Teknik Elektro Universitas Lampung selama ini;
12. Saudara-saudara seperjuangan di Laboratorium Teknik Telekomunikasi dan teman Kerja Praktik di Bandung 2012 Fiki, Angga, Taufik, Andri, Risda, Dika dan Ratih atas dukungan dan bantuannya kepada penulis;

13. Mas Qodar yang banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
14. Teman di Laboratorium Teknik Telekomunikasi Fiki, Angga, Taufik, Andri, Risda, Dika dan Ratih, ka Sigit, mba Alin, mba Nida, Yoseph, Adit, Hanif Haryo dan seluruh teman yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala dedikasi bersama di Laboratorium Teknik Telekomunikasi, canda tawa dan dukungan selama penulis menyelesaikan skripsi ini;
15. Seluruh saudara Teknik Elektro 2012 “Terimakasih Banyak” atas kebersamaan, dukungan dan canda tawa selama ini;
16. Almamater tercinta, atas kisah hidup yang didapatkan penulis selama kuliah.

Semoga kebaikan, kemurahan hati dan bantuan yang telah diberikan semua pihak mendapat balasan yang setimpal dari TUHAN YANG MAHA ESA dan semoga hari-hari kita selalu indah dan menjadi lebih baik lagi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak terlepas dari kesalahan dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu masukan serta saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dimasa yang akan datang. Akhirnya semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, 13 Oktober 2016

Penulis,

Gifinri Pratama Sinaga

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR SINGKATAN	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 <i>Heterogeneous Network</i> (HetNet)	6
a. <i>Third Generation Technology</i> (3G)	7
b. <i>Long Term Evolution</i> (LTE)	9
c. <i>Code Division Multiple Access</i> (CDMA)	12

d. <i>Wireless Network (WIFI)</i>	14
2.3 <i>Handover</i>	16
2.4 <i>Layer Handover</i>	17
2.5 <i>Handover Trigger</i>	18
a. <i>Received Sinyal Strength Indicator (RSSI)</i>	18
b. <i>Carrier to Interferensi plus Noise Ratio (CINR)</i>	19
c. <i>Signal to Noise Ratio (SNR)</i>	20
d. <i>Access Rate</i>	21
2.6 <i>Handover Processing Time</i>	23
a. <i>Throughput</i>	24
b. <i>Delay</i>	26
c. <i>Latency</i>	26
2.7 <i>Level Handover</i>	28
a. <i>Fixed Probability Threshold (FPT)</i>	28
b. <i>Fixed Hysteris Threshold (FHT)</i>	28
c. <i>Handover Hysteris Threshold (HHT)</i>	29
III. METODE PENELITIAN	30
3.1 <i>Waktu dan Tempat Penelitian</i>	30
3.2 <i>Alat dan Bahan</i>	30
3.3 <i>Metodologi Penelitian</i>	30
a. <i>Studi Literatur</i>	31
b. <i>Pemodelan Sistem</i>	31
c. <i>Simulasi dan Uji Coba Sistem</i>	33

d. Parameter Simulasi	33
e. Analisa dan Pembahasan	34
3.4 Skema Waktu Penelitian	34
3.5 Diagram Alir Penelitian	35
3.6 Diagram Alir Pemodelan Sistem	36
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 <i>Physical Layer</i>	38
a. <i>Code Division Multiple Access (CDMA)</i>	42
b. <i>Global System for Mobile (GSM)</i>	49
c. <i>Long Term Evolution (LTE)</i>	53
d. <i>Wireless Network (WIFI)</i>	57
4.2 <i>Datalink Layer</i>	62
a. <i>Code Division Multiple Access (CDMA)</i>	62
b. <i>Global System for Mobile (GSM)</i>	65
c. <i>Long Term Evolution (LTE)</i>	67
d. <i>Wireless Network (WIFI)</i>	69
4.3 Kondisi FPT, FHT dan HHT	72
V. SIMPULAN DAN SARAN	74
5.1 Simpulan	74
5.2 Saran	75

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Level nilai RSSI dan <i>access rate</i> pada masing-masing jaringan	22
2.2 Nilai parameter pada masing-masing jaringan	23
2.3 Parameter <i>code bits</i> , <i>code rate</i> dan MSC pada jaringan LTE	25
2.4 Kategori nilai <i>throughput</i>	27
2.5 Kategori nilai <i>delay</i>	27
2.6 Kategori nilai <i>latency</i>	28
3.1 Skema waktu penelitian	34
4.1 Nilai RSSI dan <i>access rate</i> masing-masing jaringan	42
4.2 <i>Delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan GSM, LTE dan WIFI	46
4.3 Hubungan antara daya <i>transceiver</i> , <i>delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan target GSM, LTE dan WIFI	47
4.4 <i>Delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan CDMA, LTE dan WIFI	50
4.5 Hubungan antara daya <i>transceiver</i> , <i>delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan target CDMA, LTE dan WIFI	51
4.6 <i>Delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan CDMA, GSM dan WIFI ...	54
4.7 Hubungan antara daya <i>transceiver</i> , <i>delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan Target CDMA, GSM dan WIFI	55
4.8 <i>Delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan CDMA, GSM dan LTE	57

4.9 Hubungan antara daya <i>transceiver</i> , <i>delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan target CDMA, GSM dan LTE	58
4.10 Nilai <i>latency throughput</i> dan <i>delay</i> keseluruhan	61
4.11 Perbandingan nilai RSSI dan <i>access rate</i>	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Prinsip kerja jaringan 3G	8
2.2 Arsitektur jaringan 3G	8
2.3 Arsitektur jaringan LTE	10
2.4 Arsitektur jaringan CDMA	14
2.5 Arsitektur jaringan WIFI	15
3.1 Pemodelan sistem yang dianalisa	31
3.2 Diagram alir penelitian	35
3.3 Diagram alir pemodelan sistem	36
4.1 Grafik <i>delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan target GSM, LTE dan WIFI	47
4.2 Grafik hubungan daya <i>transceiver</i> , <i>delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan target GSM, LTE dan WIFI	48
4.3 Grafik <i>delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan target CDMA, LTE dan WIFI	50
4.4 Grafik hubungan daya <i>transceiver</i> , <i>delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan target CDMA, LTE dan WIFI	51
4.5 Grafik <i>delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan target CDMA, GSM dan WIFI	54

4.6 Grafik hubungan daya <i>transceiver</i> , <i>delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan target CDMA, GSM dan WIFI	55
4.7 Grafik <i>delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan target CDMA, GSM dan LTE	58
4.8 Grafik hubungan daya <i>transceiver</i> , <i>delay</i> , <i>throughput</i> dan <i>latency</i> pada jaringan target CDMA, GSM dan LTE	59
4.9 Nilai <i>latency throughput</i> dan <i>delay</i> keseluruhan	62
4.10 Diagram proses <i>handover</i> jaringan CDMA	63
4.11 Diagram proses <i>handover</i> jaringan GSM	65
4.12 Diagram proses <i>handover</i> jaringan LTE	67
4.13 Diagram proses <i>handover</i> jaringan WIFI	70

DAFTAR SINGKATAN

HetNet	: <i>Heterogeneous Network</i>
RSSI	: <i>Received Signal Strength Indicator</i>
CINR	: <i>Carrier to Interference plus Noise Ratio</i>
SNR	: <i>Signal to Noise Ratio</i>
MS	: <i>Mobile Station</i>
FPT	: <i>Fixed Probability Threshold</i>
FHT	: <i>Fixed Hysteris Threshold</i>
HHT	: <i>Handover Hysteris Threshold</i>
3G	: <i>Third Generation Technology</i>
LTE	: <i>Long Term Evolution</i>
CDMA	: <i>Code Division Multiple Access</i>
WIFI	: <i>Wireless Fidelity</i>
AR	: <i>Access Rate</i>
AL	: <i>Adaptation Layer</i>
GSM	: <i>Global System for Mobile Communication</i>
BTS	: <i>Base Transceiver Station</i>
ITU	: <i>International Telecommunication Union</i>
RAN	: <i>Radio Access Network</i>
SGSN	: <i>Serving GPRS Support Node</i>
RNCs	: <i>Radio Network Controller</i>
OFDMA	: <i>Orthogonal Frequency Division Multiple Access</i>
SC-FDMA	: <i>Single Carrier Frequency Division Multiple Access</i>

QOS	: <i>Quality of Service</i>
MMW/GW	: <i>Mobility Management Entity/Gateway</i>
RNC	: <i>Radio Network Control</i>
SG-W	: <i>Serving Gateway</i>
UE	: <i>User Equipment</i>
IMS	: <i>IP Multimedia Subsystem</i>
eNB	: <i>eNodeB</i>
UE	: <i>User Equipment</i>
RRM	: <i>Radio Resource Management</i>
MME	: <i>Mobility Management Entity</i>
HSS	: <i>Home Subscriber Server</i>
SGW	: <i>Serving Gateway</i>
3GPP	: <i>The Third Generation Partnership Project</i>
HSS	: <i>Home Subscriber Server</i>
BSC	: <i>Base Station Controller</i>
MSC	: <i>Mobile Switching Center</i>
PSDN	: <i>Packet Data Serving Node</i>
PSTN	: <i>Public Switched Telephone Network</i>
ISDN	: <i>Integrated Services Digital Network</i>
VLR	: <i>Visitor Location Register</i>
HLR	: <i>Home Location Register</i>
SSD	: <i>Shared Secret Data</i>
ESN	: <i>Electronic Serial Number</i>
AAA	: <i>Authentication, Authorization, Accounting</i>
GMSC	: <i>Gateway Mobile Switching Center</i>
SMSC	: <i>Short Message Service Center</i>

IBSS : *Independent BSS*
BSS : *Basic Service Set*
AP : *Access Point*
OSI Layer : *Open System Interconnection Layer*
NIC : *Network Interface Card*

I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Masalah

Teknologi informasi adalah teknologi yang berfungsi untuk mengolah data dengan cara mendapatkan, menyimpan, menyusun, memanipulasi dan menampilkan guna menghasilkan informasi yang lebih baik. Teknologi informasi dewasa ini mengalami perkembangan yang sangat pesat, hal ini disebabkan oleh perkembangan perangkat elektronika dan kebutuhan manusia untuk mendapatkan informasi secara mudah, tepat dan cepat. Kecenderungan *user* yang selalu *mobile* dan ingin mendapatkan informasi dengan *bandwidth* serta kecepatan akses yang tinggi melalui perangkat *gadget* harus didukung oleh sistem jaringan yang baik, sehingga mobilitas manusia diharapkan tidak dipengaruhi oleh sistem jaringan yang diaksesnya guna mendapatkan informasi [1]. Penelitian ini penulis fokus pada *Heterogeneous Network* (HetNet) dimana jaringan yang diterima oleh *user* memiliki *platform* teknologi, konfigurasi dan spektrum frekuensi yang berbeda pada masing—masing sel. Mobilitas *user*, perbedaan *platform* teknologi, konfigurasi dan spektrum frekuensi yang berbeda maka dibutuhkan proses *handover* yang khusus atau yang biasa disebut *Inter-Radio Access Technology handover*. Proses *handover* pada satu jaringan ke jaringan lain tidak terjadi begitu saja, ada faktor yang memicu proses tersebut berlangsung atau yang disebut dengan *handover trigger*. Proses *handover* di picu oleh salah satu dari paramater

sinyal yaitu *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), *Carrier to Interference plus Noise Ratio* (CINR) dan *Signal to Noise Ratio* (SNR) atau E_b/E_o . Dalam skripsi ini penulis membahas bagaimana proses *handover* pada HetNet terjadi dengan menggunakan RSSI dan *access rate* (R) sebagai parameter *handover*. Parameter RSSI adalah parameter *layer physic* pada kombinasi antara parameter yang menunjukkan daya terima dari seluruh sinyal pada *band frequency channel pilot* yang diukur, sedangkan R menunjukkan kecepatan akses yang diterima oleh *Mobile Station* (MS) [2]. Penelitian ini juga membahas bagaimana proses *handover* pada *layer* satu dan *layer* dua yang berhubungan dengan *fixed probability threshold* (FPT), *fixed hysteresis threshold* (FHT) dan *handover hysteresis threshold* (HHT) [3].

I.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Menganalisa proses *handover* pada *Heterogeneous Network* (HetNet) pada *layer* satu dan *layer* dua.
- 2) Menguji level RSSI dan *access rate* pada *Fixed Probability Threshold* (FPT), *Fixed Hysteresis Threshold* (FHT) dan *Handover Hysteresis Threshold* (HHT).
- 3) Menganalisa pengaruh *handover* terhadap *delay*, *throughput* dan *latency* yang didapat pada hasil simulasi.
- 4) Menganalisa daya *transceiver* pada masing-masing jaringan untuk menghitung *access rate*, RSSI, *delay*, *latency* dan *throughput* suatu jaringan.

I.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Memperoleh hasil pemodelan dan simulasi proses *handover* pada HetNet sehingga memudahkan dalam proses realisasi ke dalam bentuk sebenarnya dan diperoleh hasil yang optimal.
- 2) Hasil pemodelan dan simulasi proses *handover* dapat dijadikan pembandingan untuk perangkat yang dapat mengakses *handover* pada HetNet di kehidupan nyata.

I.4 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana proses *Handover* pada *Heterogeneous Network* (HetNet) pada *layer* satu dan *layer* dua.
- 2) Bagaimana pengaruh level RSSI dan *access rate* pada *Fixed Probability Threshold* (FPT), *Fixed Hysteris Threshold* (FHT) dan *Handover Hysteris Threshold* (HHT).
- 3) Bagaimana pengaruh *handover* terhadap *delay*, *throughput* dan *latency* yang didapat pada proses *handover*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Proses *handover* yang dibahas hanya pada HetNet.
- 2) Perhitungan dan analisa proses *handover* dalam skenario dilakukan pada kondisi *handed-over*, tidak memperhitungkan model pergerakan *user*.

- 3) *Platform* jaringan yang menjadi basis skenario Hetnet meliputi jaringan *Third Generation Technology (3G)*, *Long Term Evolution (LTE)*, *Code Division Multiple Access (CDMA)* dan *Wireless Fidelity (WIFI)*.
- 4) Pengaruh kecepatan *user* pada saat *handover* terjadi tidak diperhitungkan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini terdiri dari lima bab, yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, tujuan, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Memuat kajian dan tinjauan dari beberapa hasil penelitian terdahulu yang berhubungan dengan topik skripsi ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Memuat langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan seperti alat, bahan dan tempat metode penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Membahas tentang hasil penelitian yang telah dilakukan dan menganalisa hasil perhitungan yang diperoleh saat proses simulasi *handover* selesai dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat tentang kesimpulan dan saran tentang penelitian yang telah dilakukan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Penulis [4] melakukan penelitian mengenai analisa kinerja *virtual interface* pada *vertikal handover* 802.11 (*wireless local area network*) dan 802.15 (*personal area network/bluetooth*). Penelitian tersebut membahas bagaimana cara mengatasi masalah *handover* pada *network interface* yang berbeda. Untuk mengatasi masalah tersebut penulis menyisipkan *Adaptation Layer* (AL) dibawah *layer IP* dan menambahkan *virtual multiple interface* yang mampu mengenali *interface bluetooth* dan WLAN pada *layer* fisik dan protokol IP ditiap *Mobile Station* (MS).

Penulis [5] melakukan penelitian optimasi *handover* pada jaringan *Global System for Mobile Communication* (GSM). Penelitian tersebut membahas bagaimana optimasi pada *handover* sehingga kapasitas jaringan yang diterima oleh MS meningkat dan berlangsung secara periodik. Penelitian tersebut menggunakan *software* TEMS.8.0.3 dan didapat skala parameter yang digunakan sebagai analisa permasalahan kegagalan *handover*. Skala parameter yang didapat yaitu kondisi aktual *radio frekuensi* dari sebuah *Base Transceiver Station* (BTS), level daya terima, kualitas sinyal dan jarak antara BTS terhadap MS.

Penulis [6] melakukan penelitian mengenai analisis simulasi *handover* pada jaringan *Long Term Evolution* (LTE). Penelitian ini penulis menganalisa bagaimana proses *handover* pada jaringan LTE terhadap kualitas layanan *video streaming* dan *web browsing*.

Kinerja *handover* yang dianalisa menggunakan *software* NS-3 dengan parameter yang didapat berupa *throughput*, *delay* dan *latency*. Penelitian ini penulis membahas bagaimana proses *handover* pada *Heterogeneous Network* (HetNet) dengan *Handover Trigger* (HT) menggunakan *Received Sinyal Strength Indicator* (RSSI) dan *access rate*. Perbedaan pada ketiga penelitian tersebut adalah terletak pada proses *handover* yang dilakukan. Penelitian ini mensimulasikan bagaimana proses *handover* pada *platform* dan *arsitektur* jaringan yang berbeda. Penelitian ini penulis juga menggunakan dua HT dengan tujuan jika salah satu parameter yang diukur pada BTS target lebih kecil dari BTS awal sedangkan salah satu parameter lainnya lebih besar pada BTS target maka proses *handover* dapat dilakukan. Penelitian ini menggunakan *access rate* sebagai HT dikarenakan *user* yang selalu ingin kecepatan jaringan yang baik dan *bandwith* yang besar [7].

2.2 Heterogeneous Network (HetNet)

Heterogeneous Network (HetNet) adalah suatu sistem jaringan yang sudah diterapkan dan berkembang pada dunia telekomunikasi dewasa ini. HetNet merupakan suatu sistem yang menerapkan standar teknologi akses yang berbeda pada suatu jaringan dan jaringan lainnya. Perbedaan standar teknologi akses tersebut dapat berupa topologi, arsitektur, konfigurasi dan layanan yang berbeda pada masing—masing jaringan yang tersedia. Salah satu contoh yang dapat dilihat dan sudah diterapkan pada dunia telekomunikasi dewasa ini adalah perbedaan pada jaringan *Third Generation Technology* (3G) terhadap jaringan *Long Term Evolution* (LTE) dan begitu juga terhadap jaringan *Code Division Multiple Access* (CDMA) atau yang dalam perkembangannya sekarang ini lebih dikenal dengan

CDMA 2000 1x serta perbedaan terhadap jaringan *Wireless Fidelity* (WIFI), masing-masing jaringan dibangun dengan standar teknologi akses yang berbeda sehingga suatu perangkat atau *user* hanya dapat mengakses salah satu jaringan saja secara harfiah tidak dapat mengakses jaringan lain [7].

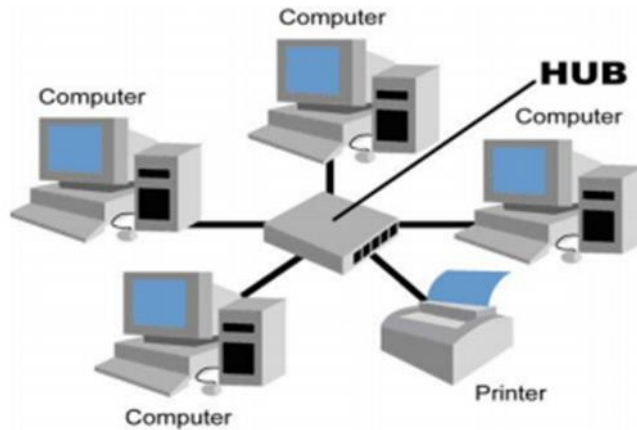
a. *Third Generation Technology (3G)*

Berdasarkan peraturan yang dikeluarkan oleh *International Telecommunication Union* (ITU) dengan standar IMT-2000, 3G merupakan teknologi komunikasi yang dapat diakses oleh *mobile phone* dengan menggantikan generasi sebelumnya yang dikenal dengan 2.5G. Jaringan 3G menawarkan sistem jaringan dan fasilitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan generasi sebelumnya. Layanan yang dapat diakses oleh jaringan 3G adalah sebagai berikut:

- 1) Mencapai kecepatan transfer data hingga 144 Kbps pada *user* bergerak hingga kecepatan 100 Km/jam.
- 2) Mencapai kecepatan transfer data hingga 384 Kbps pada *user* yang berjalan kaki
- 3) Mencapai kecepatan transfer data hingga 2 Mbps pada *user* yang sedang diam [9].

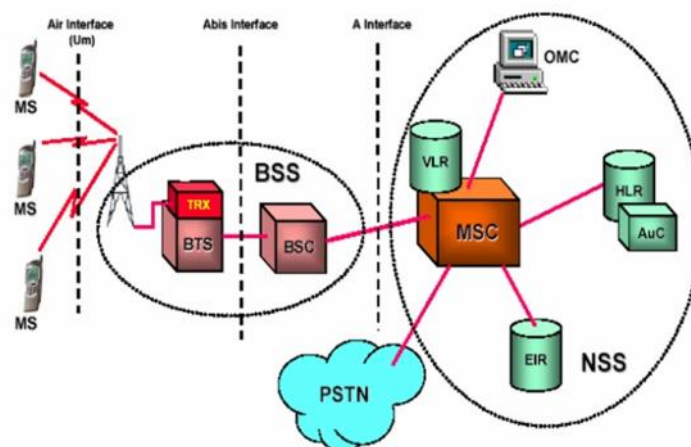
Pada jaringan 3G terdapat *Router* yang berfungsi sebagai *interface* dari satu perangkat terhadap perangkat lain. 3G adalah sebuah teknologi yang dapat mengirim dan menerima sinyal radio menuju stasiun pusat dan stasiun pusat dapat menghubungkan jaringan 3G tersebut menuju *mobile phone* baik pada jaringan dinamis atau statis. Stasiun pusat juga berfungsi untuk menyediakan jangkauan jaringan 3G menuju daerah (*cell*). *Cell-cell* yang berfungsi untuk menjaga agar

pengguna tidak kehilangan koneksi terhadap jaringan yang diterimanya. Cara kerja jaringan 3G dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Prinsip kerja jaringan 3G [9].

Jaringan 3G adalah jaringan yang terdiri dari *Radio Access Network* (RAN) dan jaringan inti yang terdiri dari *Serving GPRS Support Node* (SGSN) dan *Gateway GPRS Support Node* (GGSN) yang memiliki fungsi sama dengan GPRS. RAN terdiri dari *Node B* dan *Radio Network Controller* (RNCs), *Node B* yang terdapat pada RAN sebanding dengan *base station* yang terdapat pada jaringan *nirkabel* 2G.

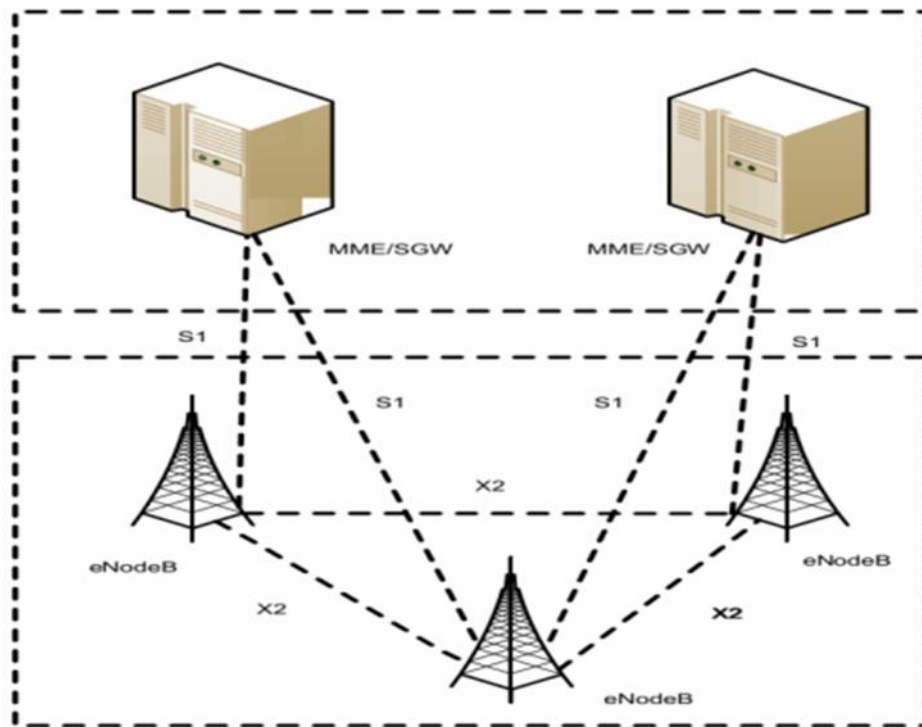


Gambar 2.2 Arsitektur jaringan 3G [8].

RNC pada arsitektur jaringan ini berfungsi untuk menyediakan manajemen sumber daya radio, penyerahan kontrol dan koneksi ke *circuit* dan *packet switched* domain. Arsitektur jaringan 3G dapat dilihat pada Gambar 2.2 [8].

b. Long Term Evolution (LTE)

LTE adalah generasi teknologi telekomunikasi selular yang dapat mencapai kecepatan *uplink* hingga 50Mbps dan kecepatan *downlink* hingga 100 Mbps, kecepatan *uplink* dan *downlink* pada LTE didasarkan pada *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) dan *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA). *Bandwith* yang disediakan oleh jaringan LTE adalah dari 1.4 Mhz hingga 20 Mhz dengan keunggulan operator jaringan dapat memilih *bandwith* yang berbeda dan memberikan layanan yang berbeda pula. Arsitektur jaringan LTE dirancang untuk mendukung *trafik packet switching* dengan mobilitas yang tinggi, *Quality of Service* (QoS) dan *latency* yang kecil. Arsitektur jaringan LTE dirancang lebih sederhana, yaitu hanya terdiri dari dua *node* yaitu *eNodeB* dan *mobility management entity/gateway* (MME/GW). *Single node* pada jaringan akses yang terdapat pada jaringan LTE adalah pengurangan *latency* dan distribusi beban proses RNC untuk beberapa *eNodeB*. *Radio Network Control* (RNC) pada jaringan akses memungkinkan karena LTE tidak mendukung *soft handover*. Arsitektur jaringan LTE dapat dilihat pada Gambar 2.3. Semua *interface* jaringan pada LTE adalah berbasis *internet protocol* (IP), *eNodeB* saling terkoneksi dengan *interface* X2 dan terhubung dengan MME/SGW melalui *interface* S1 [10].



Gambar 2.3 Arsitektur jaringan LTE [10].

Jaringan LTE terdapat dua *logical gateway*, yaitu *serving gateway* (S-GW) dan *packet data network gateway* (P-GW). S-GW bertugas untuk melanjutkan dan menerima paket ke dan dari *eNodeB* yang melayani *user equipment* (UE). P-GW menyediakan *interface* dengan jaringan *packet data network* (PDN), seperti internet dan *IP Multimedia Subsystem* (IMS). Selain itu PGW juga melakukan beberapa fungsi lainnya, seperti alokasi alamat, *packet filtering* dan *routing*.

Arsitektur lengkap untuk jaringan LTE diantaranya adalah sebagai berikut:

1) *eNodeB* (eNB)

eNodeB (eNB) merupakan *interface* dengan *User Equipment* (UE). *eNodeB* berfungsi untuk *Radio Resource Management* (RRM) dan sebagai *transceiver* selain itu fungsi eNB adalah untuk mengontrol dan mengawasi pengiriman sinyal yang dibawa oleh sinyal radio, berperan dalam autentikasi atau

mengontrol kelayakan data yang akan melewati *eNodeB*, dan untuk mengatur *scheduling*.

2) *Mobility Management Entity* (MME)

MME adalah *node*-kontrol utama pada jaringan akses LTE. MME bertanggung jawab untuk prosedur *paging* untuk *idle mode* UE termasuk retransmisi. MME juga bertanggung jawab dalam proses aktivasi/deaktivasi dan autentikasi *user* dengan bantuan *Home Subscriber Server* (HSS). MME juga berfungsi untuk mengatur *handover*, yaitu memilih MME lain untuk *handover* dengan MME lain, atau memilih SGSN untuk *handover* dengan jaringan akses 2G/3G.

3) *Serving Gateway* (SGW)

SGW terdiri dari dua bagian, yaitu *The Third Generation Partnership Project* (3GPP) *Anchor* dan SAE *Anchor*. 3GPP *Anchor* berfungsi sebagai *gateway* paket data yang berasal dari jaringan 3GPP, sedangkan SAE *Anchor* berfungsi sebagai *gateway* jaringan non 3GPP. SGW menyediakan *route* dan membalas paket data *user* serta berfungsi sebagai *mobility anchor* saat *handover* antar *eNodeB* dan untuk menghubungkan LTE dengan jaringan lain yang sudah ada.

4) *Home Subscriber Server* (HSS)

HSS adalah penyimpanan utama yang ada pada jaringan LTE. HSS adalah sebuah super *Home Location Register* (HLR) yang mengkombinasikan fungsi HLR sebagai penyimpanan dan *Authentication Center* (AuC) sebagai autentikasi dari satu perangkat ke perangkat yang akan dituju [11].

c. Code Division Multiple Access (CDMA)

CDMA adalah suatu teknologi yang dapat mengakses jaringan dari suatu titik yang saling berjauhan dan tidak saling mengganggu proses transmisi sinyal yang dilakukan. Teknik *multiple access* yang terdapat pada CDMA mempunyai arti bagaimana suatu spektrum dibagi menjadi beberapa kanal dan kanal-kanal tersebut mentransmisikan sinyal untuk pelanggan dalam satu sistem.

Arsitektur jaringan CDMA dibagi menjadi sembilan bagian dengan fungsi dan cara kerja masing-masing, diantaranya adalah sebagai berikut:

1) *Mobile Station*

Mobile Station berfungsi untuk membentuk dan memproses *voice* dan data dari suatu perangkat.

2) *Base Transceiver Station (BTS)*

BTS berfungsi mentransmisikan dan mengalokasikan daya menuju pengguna. BTS dapat berfungsi sebagai *transiver* dan *receiver* dari *user* menuju kanal dan begitu juga sebaliknya.

3) *Base Station Controller (BSC)*

BSC berfungsi untuk mengatur seluruh BTS yang berada di daerah cakupannya serta mengatur paket data dari BTS menuju PSDN.

4) *Mobile Switching Center (MSC)*

MSC merupakan sebuah *interface* antara BSC dengan *Public Switched Telephone Network (PSTN)* di jaringan data *Integrated Services Digital Network (ISDN)* yang berfungsi sebagai pengatur komunikasi pelanggan seluler dengan pelanggan telekomunikasi lainnya, pengatur panggilan *user*,

pusat dari sistem radio seluler dan pengatur panggilan *originating* maupun panggilan *interminating calls*.

5) *Visitor Location Register (VLR)*

VLR berfungsi sebagai memori dari data pelanggan yang didapat dari *Home Location Register (HLR)* dan data tersebut digunakan sebagai pengontrol panggilan yang berada di area VLR tersebut. Penerapan VLR berkordinasi dan terintegrasi dengan MSC.

6) *Home Location Register (HLR)*

HLR merupakan *database* yang berisi *managemet* dari MS yang menyimpan seluruh data *user* baik dari lokasi *user* dan *Shared Secret Data (SSD) user*. HLR juga dapat berfungsi sebagai pusat pencocokan transmisi dari satu *user* menuju *user* lainnya. Selain itu, HLR juga berfungsi sebagai pusat penyimpanan *Electronic Serial Number (ESN)* setiap pengguna yang sudah melakukan registrasi.

7) *Authentication, Authorization, Accounting (AAA)*

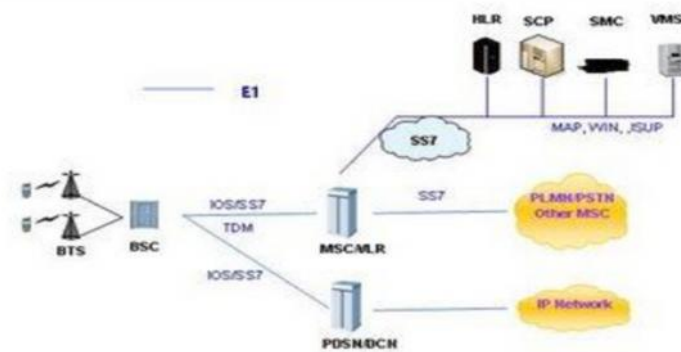
AAA adalah salah satu arsitektur dari CDMA yang berfungsi melakukan proses *authentication, authorization* dan *accounting* pada jaringan paket data dengan memanfaatkan *remote Access dial-in user service protocol*.

8) *Gateway Mobile Switching Center (GMSC)*

GMSC berfungsi sebagai penyedia hubungan dan pemutusan jaringan dari panggilan dan penggunaan data *user*.

9) *Short Message Service Center (SMSC)*

SMSC berfungsi sebagai penyimpan, penyampai dan pengajuan pesan singkat. [12]. Arsitektur jaringan CDMA dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Arsitektur jaringan CDMA [12].

Pada Gambar 2.4 dapat dilihat masing-masing arsitektur saling terhubung dengan arsitektur lain dengan fungsi yang sudah dijelaskan. Arsitektur yang saling terkoneksi membentuk sistem jaringan CDMA dengan teknik *multiple access* dimana dapat membagi spektrum menjadi beberapa kanal dan mentransmisikan sinyal pada satu sistem.

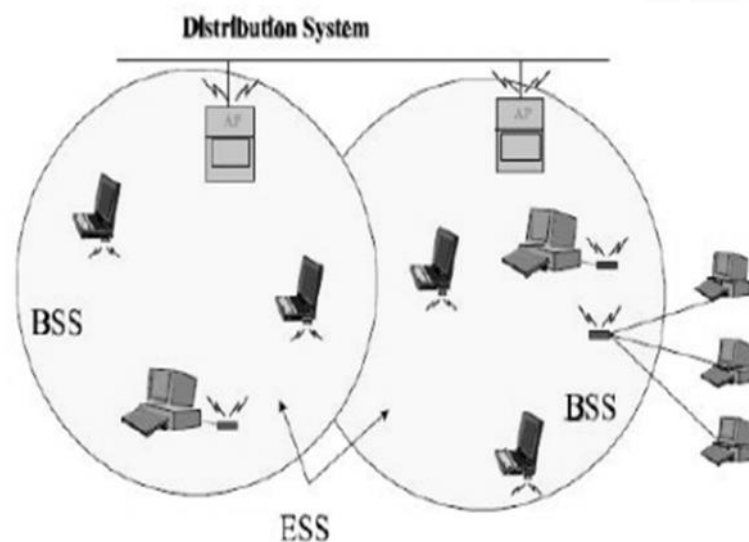
d. *Wireless Fidelity (WIFI)*

WIFI merupakan sekumpulan standar yang digunakan untuk jaringan lokal nirkabel yang didasari oleh IEEE 802.11 dengan fungsi menghubungkan jaringan dalam satu area cakupan WIFI. Arsitektur jaringan WIFI mirip dengan arsitektur *seluler* dimana sistem dibagi menjadi beberapa sel. Tiap sel atau yang dalam dunia telekomunikasi yang biasa disebut dengan *Basic Service Set (BSS)* dikontrol oleh *Access Point*. BSS yang terdapat pada WIFI terapat dua jenis, yaitu sebagai berikut:

- 1) *Independent BSS (IBSS)*, yaitu sistem BSS apabila *Wireless Station (WS)* tidak dihubungkan menggunakan AP.

2) *Infrastructure* BSS, yaitu sistem BSS apabila terdapat AP yang menghubungkan WS.

WLAN dapat berupa sel tunggal dengan sebuah AP, instalasi WLAN terdiri dari beberapa sel, di mana AP terhubung melalui suatu *backbone* (disebut dengan *Distribution System* atau DS). *Backbone* ini biasanya berupa *ethernet* dan dalam beberapa kasus juga dapat berupa *wireless*. Jaringan WLAN yang telah terhubung secara utuh, termasuk dengan sel-sel yang berbeda, seluruh AP dan DS dipandang sebagai satu jaringan 802.11 bagi *layer* di atasnya dan jaringan ini disebut dengan *Extended Service Set* (ESS).



Gambar 2.5 Arsitektur jaringan WIFI [13].

Proses *handover* yang terjadi pada *mobile station* terhadap keempat jaringan dibagi menjadi dua jika dilihat pada jenis interkoneksi yang dilakukan, yaitu:

1) *Uplink*

Uplink adalah proses transmisi atau *handover* yang dilakukan oleh *mobile station* terhadap menara *Base Transceiver Station* (BTS).

2) *Downlink*

Downlink adalah proses transmisi atau *handover* yang dilakukan oleh *Base Transceiver Station* (BTS) terhadap *mobile station*.

Jenis interkoneksi yang diteliti oleh penulis pada proses *handover* adalah *downlink* dikarenakan proses *handover* merupakan proses perpindahan jaringan yang dilakukan oleh MS dengan cara mengukur, menghubungkan dan menggunakan jaringan yang dipancarkan oleh BTS.

2.3 *Handover*

Handover adalah proses perubahan jaringan yang diterima oleh *Mobile Station* (MS) dari satu *Base Transceiver Station* (BTS) ke BTS lain dikarenakan perpindahan MS yang menjauhi BTS awal dan mendekati BTS baru. Mekanisme *handover* dibagi menjadi dua, yaitu:

a. *Make Before Break*

Make before break adalah salah proses *handover* dengan tidak memutuskan terlebih dahulu hubungan dengan BTS awal sebelum terjadi proses *handover* dengan BTS tujuan. Setelah terjadi proses *handover* pada BTS tujuan maka hubungan dengan BTS awal diputus. Proses ini dikenal juga dengan sebutan *soft handover*.

b. *Break Before Make*

Break before break adalah kebalikan dari proses *handover make before break*, pada proses *handover* ini MS akan terlebih dahulu memutuskan hubungan dengan BTS awal sebelum melakukan hubungan dengan BTS tujuan [9].

2.4 Layer Handover

Layer handover adalah mekanisme pada *layer* yang digunakan pada saat melakukan *handover*. Penelitian ini penulis membahas proses *handover* pada dua *layer* yang terdapat pada *Open system Interconnection Layer* (OSI Layer), yaitu pada *physical layer* dan *data link layer*.

- 1) *Physical layer* berfungsi untuk mendefinisikan media transmisi jaringan, metode pensinyalan, sinkronisasi bit, arsitektur jaringan, topologi jaringan dan antar muka. Adapun perangkat-perangkat yang dapat dihubungkan dengan *physical layer* adalah *Network Interface Card* (NIC) berikut dengan *interface*. Penelitian ini penulis menggunakan *physical layer* pada proses yang berhubungan dengan persamaan dan perhitungan, seperti perhitungan nilai RSSI, *access rate* dan daya terima.
- 2) *Data link layer* berfungsi untuk menentukan bagaimana bit-bit data dikelompokkan menjadi format yang disebut dengan *frame*. Penelitian ini penulis menggunakan *data link layer* untuk melihat arsitektur *handover* yang ada pada setiap sistem jaringan.

Proses *handover* pada dunia telekomunikasi jika dilihat dari *platform* atau arsitektur dari satu jaringan menuju jaringan lain dibagi menjadi dua yaitu *inter-handover* dan *intra-handover*. *Inter-handover* adalah proses perpindahan yang dilakukan oleh MS dari satu jaringan ke jaringan lain dengan *platform* atau arsitektur yang berbeda, sedangkan pada *intra-handover* adalah proses perpindahan dari satu jaringan ke jaringan lain dengan *platform* atau arsitektur yang sama. Contoh *inter-handover* adalah ketika MS berpindah dari satu BTS yang menyediakan jaringan LTE menuju BTS target yang menyediakan layanan

CDMA dan terjadi proses perpindahan jaringan yang dialami oleh MS. Contoh dari *intra-handover* adalah perpindahan jaringan yang dialami oleh MS dari satu BTS menuju BTS target yang memiliki jenis jaringan yang sama misalnya sesama jaringan 3G maupun CDMA.

2.5 Handover Trigger

Pada saat terminal pengguna bergerak, maka sistem jaringan akan mengukur setiap perubahan parameter pada terminal tersebut. Parameter utama atau *handover trigger* yang diukur untuk menentukan proses *handover* adalah indikasi kekuatan sinyal yang diterima atau *Received Sinyal Strength Indicator* (RSSI). Parameter lainnya adalah rasio keefektifan sinyal atau *Carrier to Interferensi plus Noise Ratio* (CINR), *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan kecepatan akses data yang diterima oleh MS atau yang disebut dengan *access rate*. Jika salah satu dari parameter-parameter sudah mencapai ambang batas terendah yang ditentukan, maka *handover* akan terjadi. Permintaan untuk melakukan *handover* dapat dilakukan oleh terminal pengguna atau sistem jaringan melalui *BTS*.

a. Received Sinyal Strength Indicator (RSSI)

RSSI merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk MS apakah akan melakukan *handover* atau tidak. RSSI menunjukkan daya terima dari seluruh sinyal yang diukur oleh *Mobile Station* (MS), RSSI juga digunakan untuk mengetahui seberapa besar tingkat sensitivitas dibagian penerima. Daya sinyal yang diukur oleh MS merupakan penjumlahan dari tiga sektor sesuai dengan *phasa* tegangannya yaitu pada BTS awal, BTS target dan MS itu sendiri [14].

RSSI yang digunakan sebagai parameter untuk proses *handover* adalah RSSI yang diukur pada MS dan pada umumnya dinyatakan dalam satuan dBm. Besarnya nilai RSSI yang diukur oleh MS didapat dari persamaan:

$$\text{RSSI} = 10 \log \frac{\text{daya receiver (watt)}}{\text{daya referensi (watt)}} \quad (2.1)$$

dimana:

RSSI : Daya terima (dB)

b. *Carrier to Interferensi plus Noise Ratio (CINR)*

Salah satu parameter kualitas signal adalah *carrier to noise rasio (C/N)*. *Carrier to noise* adalah perbandingan kekuatan sinyal informasi dengan *noise* yang dihasilkan oleh perangkat. Untuk membandingkan keseluruhan *noise* terhadap setiap simbol informasi dalam *bandwidth* tertentu digunakan *carrier to noise*. *Carrier to noise* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C}{N} = \frac{fb}{Bw} \quad (2.2)$$

dimana:

C/N : *Carrier to noise* (dB)

Fb : *Bit rate* total (Bit)

Bw : *Bandwith* frekuensi (Hz)

Carrier to noise ini menunjukkan perbandingan kuat sinyal radio dan *noise* yang ditimbulkan oleh perangkat. Semakin tinggi nilai *carrier to noise* semakin bagus sistem itu dalam menerima informasi. *Carrier to interference* ini menunjukkan kualitas *Bit Error Rate (BER)*. Semakin tinggi nilai *carrier to interference* nilai BER semakin rendah. Sebaliknya apabila nilai *carrier to interference* rendah

maka nilai *bit error rate* semakin tinggi. *Carrier to interference* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C}{I} = \frac{\text{Daya sinyal (watt)}}{\text{Daya interference(watt)}} \quad (2.3)$$

dimana:

C/I : *Carrier to interference* (dB)

Jadi CINR adalah salah satu parameter pada *handover* yang digunakan untuk mengukur perbandingan kekuatan sinyal informasi terhadap *noise* yang ada pada sistem transmisi jaringan [15].

c. *Signal to Noise Ratio* (SNR)

SNR adalah perbandingan kekuatan sinyal informasi terhadap kekuatan sinyal derau. Nilai SNR digunakan untuk melihat bagaimana kualitas medium yang digunakan pada sistem transmisi jaringan atau proses *handover* yang dilakukan. Perhitungan nilai SNR yang diperoleh memiliki perbandingan dengan kualitas suatu sinyal yaitu jika semakin besar nilai SNR maka kualitas sinyal akan semakin baik dan begitu pula sebaliknya untuk nilai SNR semakin kecil. Persamaan yang digunakan untuk mengukur SNR adalah sebagai berikut:

$$\text{SNR} = 10 \text{ Log}_{10} \frac{\text{Daya signal (watt)}}{\text{Daya noise (watt)}} \quad (2.4)$$

dimana:

SNR : *Signal to Noise Ratio* (dB)

Ketika SNR yang diukur pada BTS target lebih besar dari pada SNR pada BTS awal maka hal inilah yang menyebabkan MS melakukan proses *handover* [15].

c. Access Rate

Access rate adalah kecepatan jaringan yang diterima oleh *Mobile Station* (MS) dari *Base Transceiver Station* (BTS) yang melayaninya. *Access rate* merupakan hasil kali *bandwith* terhadap logaritma perbandingan antara daya yang diukur oleh MS terhadap daya *noise* yang ada pada saat proses transmisi jaringan berlangsung. Hal ini sesuai dengan teorema Shanon yang menyatakan *access rate* didapat dengan persamaan berikut:

$$R = B \text{Log}_2 (\text{SNR}) \quad (2.5)$$

dimana:

R : *Access rate* (bps)

B : *Bandwith* (Hz)

Daya *receiver* yang diukur oleh MS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Friss, yaitu:

$$P_r = \frac{P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot C^2}{(4\pi)^2 d^2 L F^2} \quad (2.6)$$

dimana:

P_r : Daya pada *receiver* (Watt)

P_t : Daya pada *transceiver* (Watt)

G_t : Penguat *transceiver* (dB)

G_r : Penguat *receiver* (dB)

C : 3×10^8 m/s

D : Jarak (m)

L : *Pathloss* (dB)

F : Frekuensi (Hz)

Pathloss yang digunakan pada Persamaan 2.7 dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$L = 10 \text{ Log } D \quad (2.7)$$

dimana:

L : *Pathloss* (dB)

D : Jarak (Meter)

Parameter dan persamaan yang digunakan untuk menghitung RSSI dan *access rate* digunakan sebagai *handover trigger* pada skenario *handover* antar jaringan. Penggunaan kedua parameter tersebut dikarenakan ketika MS mengukur RSSI pada BTS target lebih kecil dibandingkan BTS awal tetapi nilai *access rate* BTS target besar dari pada BTS awal maka akan melakukan *handover* dengan *trigger access rate* begitu pula sebaliknya. Alasan kedua penulis menggunakan RSSI dan *access rate* karena *user* yang selalu ingin memiliki koneksi jaringan dengan kecepatan yang baik dan *bandwith* yang besar. Nilai RSSI dan *access rate* pada masing–masing jaringan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Level nilai RSSI dan *access rate* pada masing–masing jaringan [19].

<i>Handover trigger</i>	CDMA	GSM	LTE	WIFI
RSSI (dBm)	-104	-70	-44	-37
<i>Access rate</i> (bps)	75K	384K	27M	11M

Nilai RSSI pada Tabel 2.1 adalah nilai RSSI ambang atas yang dihasilkan oleh masing–masing jaringan, jika *mobile station* mengukur nilai RSSI pada masing–masing jaringan sudah mencapai nilai ambang atas maka proses *handover* dapat terjadi. Nilai *access rate* pada Tabel 2.1 adalah nilai dari kecepatan terendah hingga tertinggi yang dapat dihasilkan pada masing–masing jaringan, jika *mobile*

station sudah mengukur ambang terendah dan tertinggi pada masing-masing jaringan maka proses *handover* dapat dilakukan. Parameter RSSI dan *access rate* yang ada pada Tabel 2.1 dapat dijadikan acuan untuk menentukan level FPT, FHT dan HHT suatu proses *handover*. Daya terima yang diukur oleh *mobile station* untuk menentukan kapan proses *handover* harus terjadi dapat dilihat pada persamaan RSSI dan *access rate*. Nilai-nilai untuk menentukan berapa besar daya terima yang dihasilkan masing-masing jaringan ditentukan oleh beberapa parameter, yaitu daya *transceiver*, jarak, frekuensi dan *bandwith*. Parameter-parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai parameter pada masing-masing jaringan [21] [22] [23] [24].

Parameter	CDMA	GSM	LTE	WIFI
Daya <i>transceiver</i>	25 Watt	60 Watt	100 Watt	13 Watt
Frekuensi <i>downlink</i>	869–894 MHz	935–960 MHz	1742–1762 MHz	2.4 GHz
<i>Bandwith Carrier</i>	1.25 MHz	200 KHz	20 MHz	5 MHz
Jumlah Paket	2.4 Mbit	0.16 Mbit	86.4 Mbit	3.2 Mbit
Jarak	*1000 Meter	*1000 Meter	*1000 Meter	*50 Meter

*Asumsi pada kondisi ideal

2.6 Handover Processing Time

Handover processing time adalah suatu parameter yang didapat setelah melakukan analisis dan simulasi *handover* pada suatu jaringan, baik pada sistem – *intra-handover* maupun pada *inter-handover*. *Handover processing time*

menunjukkan kualitas layanan jaringan yang diterima oleh MS dengan beberapa parameter yaitu, *throughput*, *delay* dan *latency*. Penulis tidak melakukan perhitungan dan analisa pada *handover processing time* [16].

a. *Throughput*

Throughput merupakan kecepatan rata-rata data yang diterima dalam selang waktu pengamatan tertentu, *throughput* juga disebut sebagai *bandwidth* yang sebenarnya, pengukuran *throughput* dilakukan dengan mengukur sejumlah data oleh satuan waktu dan pada kondisi jaringan tertentu yang digunakan untuk melakukan transfer data dengan ukuran tertentu. Pengukuran *throughput* dilakukan dalam satuan *bits per second* (bps), nilai rata-rata *throughput* untuk jaringan CDMA, GSM dan WIFI didapat dari persamaan [16]:

$$\textit{Throughput}(\text{bps}) = \frac{\textit{Jumlah paket (bits)}}{\textit{Waktu (second)}} \quad (2.8)$$

Sedangkan untuk menghitung nilai *throughput* untuk jaringan LTE adalah:

$$\textit{Throughput} = ((\text{NRE} - \text{NcRE} - \text{NrRE}) \times \text{Code bits} \times \text{Code rate} \times \text{Nrb} \times 1000) - \text{CRC} \quad (2.9)$$

dimana:

NRE: Jumlah *resource element* (RE) dalam 1 ms (168)

NcRE: Jumlah *control chanel* (RE) dalam 1 ms (36)

NrRE: Jumlah *reference signal* RE dalam 1 ms (12)

Code bis: Modulation efesiency

Code rate: Chanel coding rate

Nrb: Jumlah *resource blok* yang akan digunakan

CRC: *Cyclic redundancy check* (24 bits)

Parameter perhitungan *throughput* jaringan LTE yang digunakan pada Persamaan 2.9 dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Parameter *code bits*, *code rate* dan MSC pada jaringan LTE.

MSC	<i>Code Bits</i>	<i>Code Rate</i>
QPSK1/3	2	0.33
QPSK1/2	2	0.5
QPSK2/3	2	0.67
16QAM1/3	4	0.33
16QAM1/2	4	0.5
16QAM4/5	4	0.8

Perhitungan *throughput* pada jaringan LTE dan WIFI diasumsikan bahwa jumlah *user* sebanyak 30 *user* dikarenakan nilai *throughput* pada jaringan tersebut akan tergantung pada jumlah *user* yang mengakses jaringan tersebut, sedangkan untuk jaringan GSM dan CDMA tidak memperhitungkan jumlah *user* dikarenakan nilai *throughput* yang diakses oleh berapa banyaknya *user* akan selalu sama, sehingga untuk mengubah nilai *throughput* jaringan LTE dan WIFI dalam persentasi menggunakan persamaan:

$$\text{Throughput}(\%) = \frac{\text{Access Rate}}{\text{Jumlah User}} \text{Throughput} 100\% \quad (2.10)$$

Untuk mengubah nilai *throughput* CDMA dan GSM dalam persentasi menggunakan persamaan:

$$\text{Throughput}(\%) = \frac{\text{Access Rate (bps)}}{\text{Throughput (bps)}} 100\% \quad (2.11)$$

Jumlah paket yang merupakan standar pada masing-masing jaringan untuk perhitungan *throughput* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

b. *Delay*

Delay merupakan keterlambatan dalam waktu transmisi data dari pengirim dan penerima, satuan *delay* adalah detik (s). Persamaan *delay* adalah sebagai berikut [16]:

$$Delay(s) = \frac{L^2}{C \cdot F} + \frac{L}{C} \quad (2.12)$$

dimana:

F : Frekuensi (Hz)

L : Jumlah Paket (bits)

c. *Latency*

Latency adalah jumlah waktu yang dibutuhkan paket data untuk berpindah diseluruh koneksi jaringan. *Latency* pada proses *handover* digunakan untuk menghitung seberapa lama waktu yang dibutuhkan MS berpindah dari satu jaringan menuju jaringan lain dengan *plathform* dan arsitektur yang berbeda. *Latency* yang didapat pada perhitungan adalah lamanya proses *handover* ketika MS membaca adanya jaringan terget yang memnuhi untuk dilakukannya proses *handover*, sehingga persamaan *latency* adalah sebagai berikut [16]:

$$Latency (s) = \left(\frac{Jumlah\ Paket}{Access\ rate} - \frac{Jarak}{C} \right) \quad (2.13)$$

dimana:

C : 3×10^6

Berdasarkan standar *International Telecommunication Union* (ITU) kategori level nilai *throughput* dapat dilihat pada Tabel 2.4. Berdasarkan standar *International Telecommunication Union* (ITU) kategori level nilai *delay* untuk menentukan apakah proses *handover* dikatakan baik atau tidak dapat dilihat pada Tabel 2.5. Berdasarkan standar *International Telecommunication Union* (ITU) kategori level nilai *latency* untuk menentukan apakah proses *handover* dikatakan baik atau tidak dapat dilihat pada Tabel 2.6, sehingga dapat ditentukan kualitas transmisi jaringan yang terjadi saat simulasi *handover* dilakukan [17].

Tabel 2.4 Kategori nilai *throughput* [17].

Kategori Degradasi	Nilai <i>throughput</i>
Sangat bagus	100%
Bagus	75%
Sedang	50%
Jelek	<25%

Tabel 2.5 Kategori nilai *delay* [17].

Kategori Degradasi	Nilai <i>delay</i>
Sangat bagus	<150 ms
Bagus	150–300 ms
Sedang	300–450 ms
Jelek	>450 ms

Tabel 2.6 Kategori nilai *latency* [17].

Kategori Degradasi	Nilai <i>latency</i>
Sangat bagus	0 ms
Bagus	0–75 ms
Sedang	76–125 ms
Jelek	125–225 ms

2.7 Level Handover

Level handover adalah kondisi dimana MS memutuskan kapan atau tidaknya proses handover harus terjadi. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengukuran RSSI dan *access rate* yang diukur oleh MS, apakah sudah mencapai ambang batas level terendah atau tidak nilai RSSI maupun nilai *access rate*. Kondisi level *handover* dibagi menjadi tiga yaitu sebagai berikut:

a. *Fixed Probability Threshold (FPT)*

Fixed probability threshold adalah kondisi dimana inisiasi *handover* dilakukan artinya nilai RSSI atau *access rate* yang diukur oleh MS sudah mendekati ambang bawah dan *handover* belum dapat dilakukan.

b. *Fixed Hyteris Threshold (FHT)*

Jika nilai RSSI dan *access rate* yang diukur oleh MS terus merendah maka kanal komunikasi dari *transceiver* target akan terhubung terhadap MS walaupun nilai RSSI dan *access rate* BTS target masih lebih rendah dari BTS awal. Kondisi ini

handover belum dapat dilaksanakan dikarenakan nilai RSSI dan *access rate* jaringan target belum mencapai batas minimum *handover trigger* target.

c. *Handover Hysteris Threshold (HHT)*

HHT adalah kondisi dimana nilai dari RSSI maupun *access rate* BTS awal yang diukur oleh MS lebih kecil dari BTS target. Dengan kondisi demikian MS akan melakukan *handover* dari BTS awal menuju BTS target [17].

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengerjaan skripsi direncanakan akan dilaksanakan pada waktu dan tempat sebagai berikut:

Waktu : Maret 2016—September 2016

Tempat : Laboratorium Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun peralatan dan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

- 1) Satu buah *personal computer*
- 2) *Software* Matlab R2013a 32 bit

3.3 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan pada penyelesaian skripsi ini adalah pemodelan dan simulasi dengan tahapan-tahapan yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

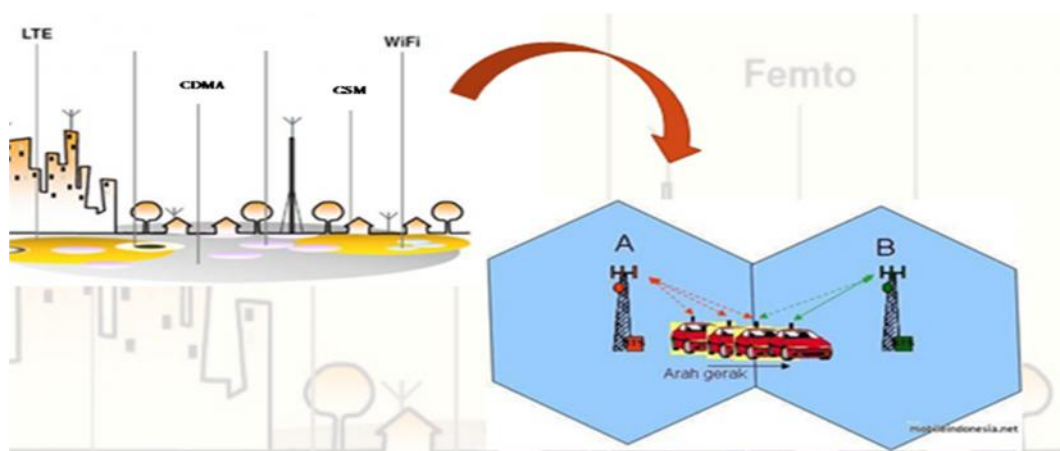
a. Studi Literatur

Pada studi literatur dilakukan pencarian informasi terkait topik skripsi, baik dari buku, jurnal, bahan dari internet maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan skripsi ini, antara lain:

- 1) Teknologi *Heterogeneous Network* (HetNet)
- 2) *Handover*
- 3) Arsitektur dan *plathform* jaringan *Third Generation Technology* (3G), *Long Term Evolution* (LTE), *Code Division Multiple Access* (CDMA) dan *Wireless Fidelity* (WIFI).
- 4) *Received Sinyal Strength Indicator* (RSSI) dan *access rate* sebagai *handover trigger*.
- 5) Analisis *Handover processing time*
- 6) *Probability Threshold* (FPT), *Fixed Hysteris Threshold* (FHT) dan *Handover Hysteris Threshold* (HHT).

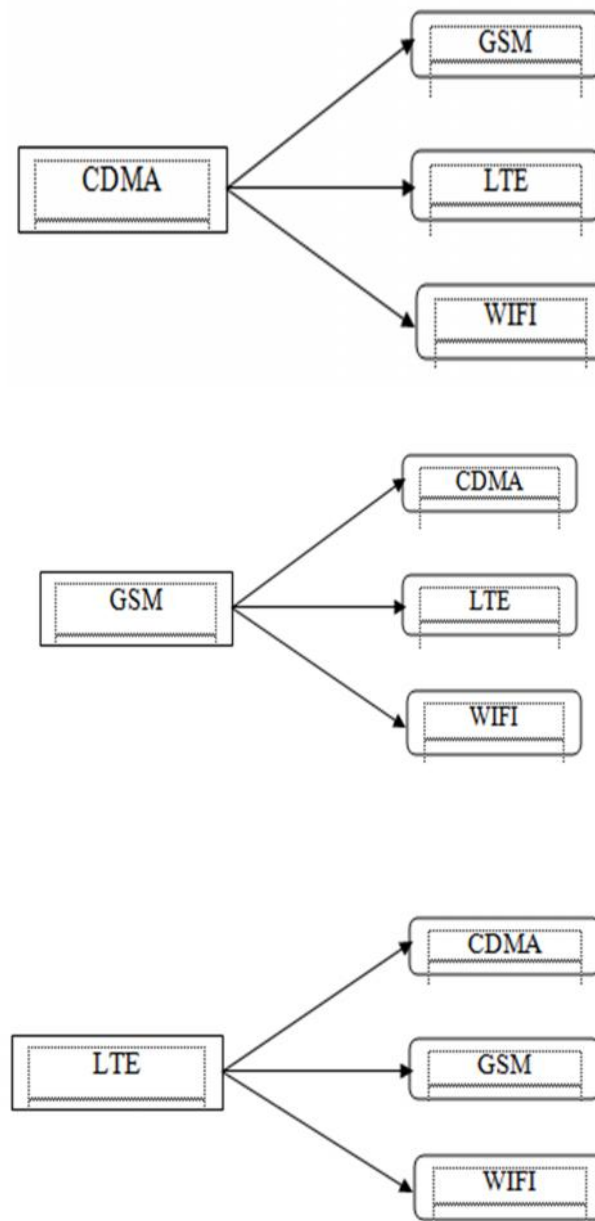
b. Pemodelan Sistem

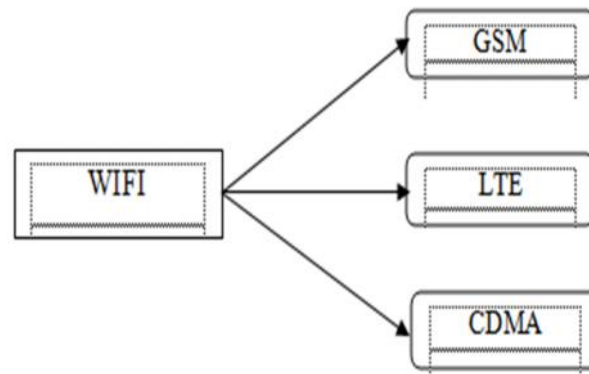
Adapun kondisi sistem yang akan dianalisa dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pemodelan sistem yang dianalisa [2].

Pemodelan sistem *handover* yang dianalisa terdiri dari empat jaringan yang memiliki *platform* dan arsitektur yang berbeda yaitu, *Third Generation Technology* (3G), *Long Term Evolution* (LTE), *Code Division Multiple Access* (CDMA) dan *Wireless Fidelity* (WIFI). Pemodelan sistem pada Gambar 3.1 penulis menggunakan empat jaringan dimana akan membahas bagaimana proses *handover* baik pada *layer* satu maupun *layer* dua. Berikut adalah skenario *handover* jaringan yang dilakukan pada penelitian ini.





c. Simulasi dan Uji Coba Sistem

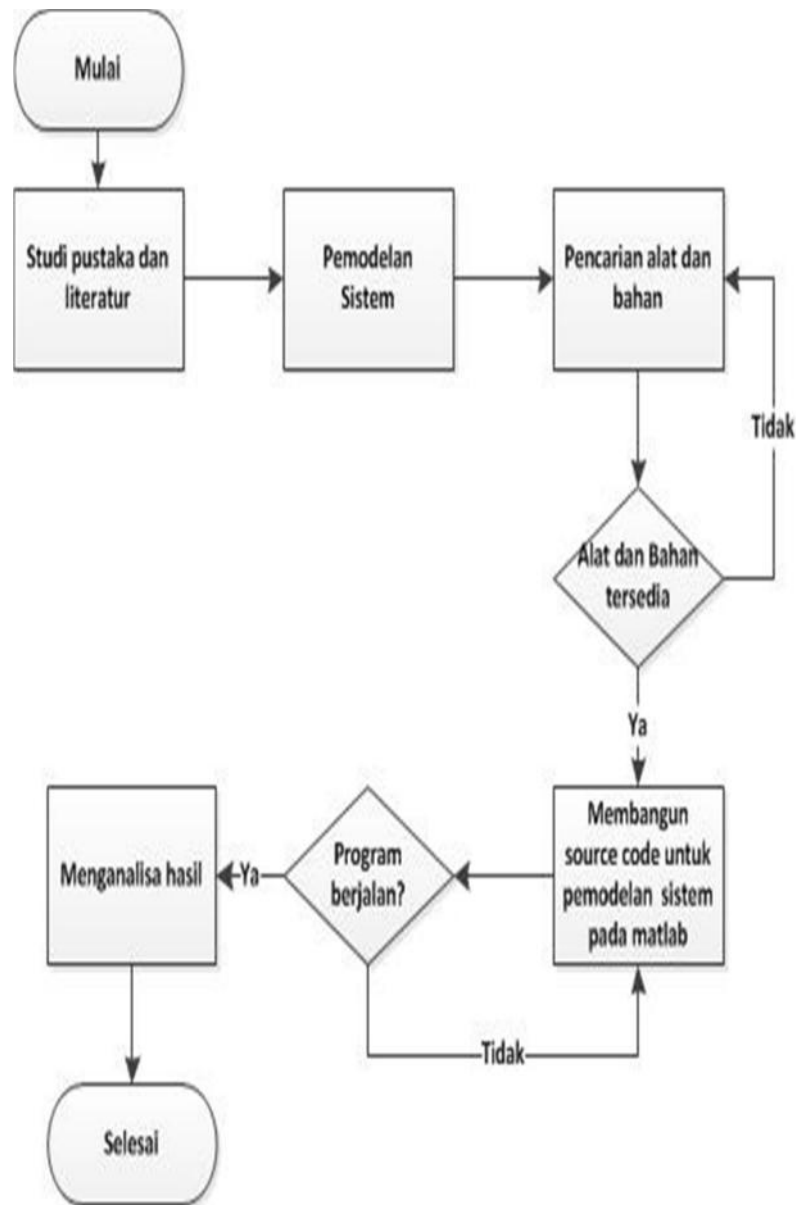
Pada tahap ini akan dilakukan simulasi dan uji coba sistem yang telah dibuat. Simulasi dan uji coba sistem ini akan dilakukan pada *software* MATLAB R2013a. Menggunakan frekuensi dan *bandwith* yang berbeda pada masing–masing jaringan maka akan didapat hasil pengukuran RSSI dan *access rate* yang menjadi acuan proses *handover* akan terjadi, sesuai dengan ambang bawah yang sudah ditentukan sebelumnya. Simulasi yang akan dilakukan sesuai dengan kondisi atau sistem yang sudah dipaparkan pada bagian pemodelan sistem [14].

d. Parameter Simulasi

Parameter simulasi adalah proses memasukan parameter yang dibutuhkan pada proses *handover* saat simulasi. Parameter yang digunakan adalah RSSI dan *access rate* sebagai *handover trigger* yang sudah ditentukan nilai ambang terendah ketika *handover* harus terjadi. Parameter yang akan dianalisa pada saat simulasi adalah kecepatan rata–rata data yang diterima, keterlambatan dalam waktu transmisi data dan jumlah waktu yang dibutuhkan saat *handover* [14].

3.5 Diagram Alir Penelitian

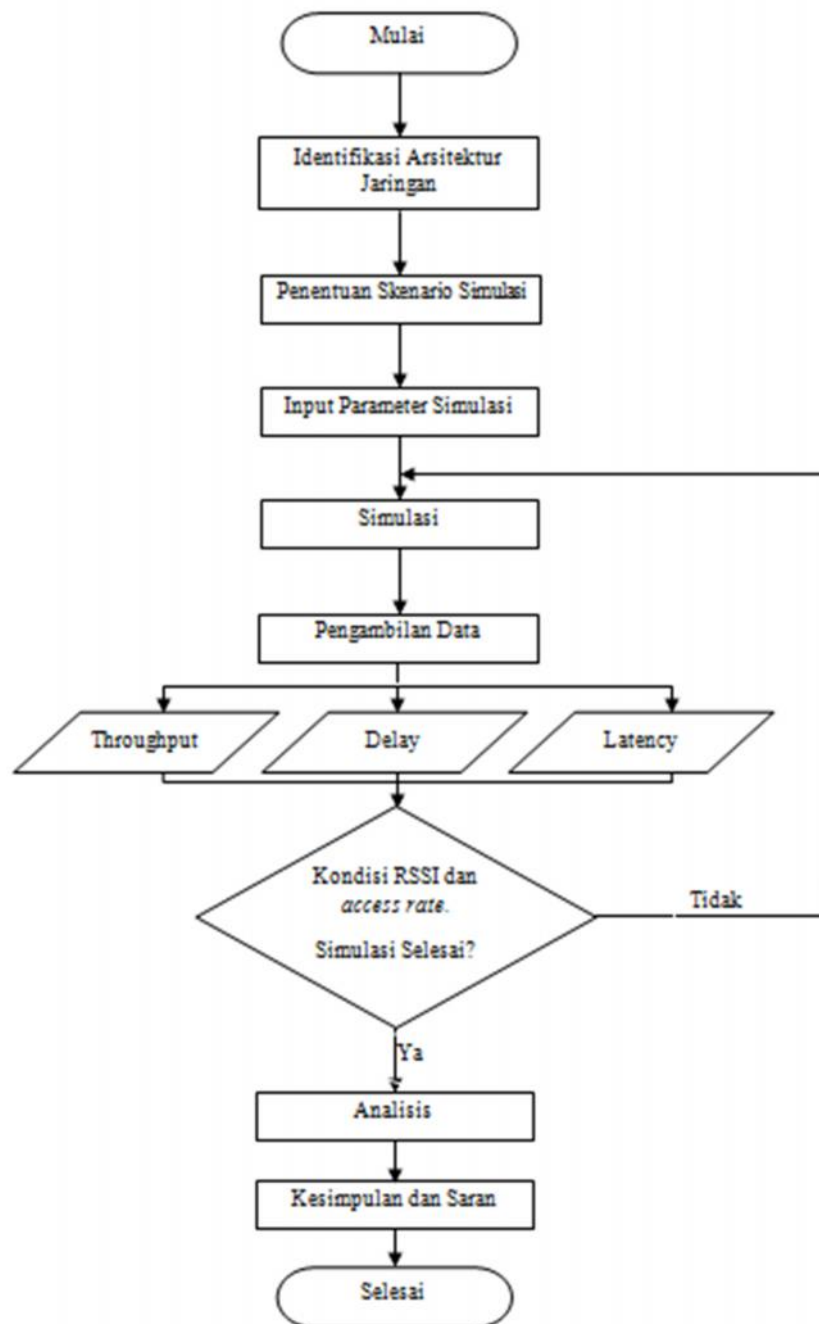
Adapun diagram alir penelitian yang akan dilakukan oleh penulis dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.

3.6 Diagram Alir Pemodelan Sistem

Diagram alir pemodelan sistem adalah bentuk dari sistem yang akan disimulasikan dalam penelitian. Diagram alir pemodelan sistem dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram alir pemodelan sistem.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian dan pembahasan yang sudah dilakukan adalah:

1. *Physical layer* merupakan *layer* yang digunakan sebagai proses perhitungan RSSI, *access rate*, *delay*, *throughput* dan *latency* pada masing-masing jaringan, sedangkan *datalink layer* merupakan *layer* yang digunakan untuk menganalisa arsitektur jaringan dalam melakukan perhitungan, analisis hasil perhitungan dan proses *handover*.
2. Nilai RSSI terendah dan tertinggi terjadi pada jaringan WIFI dengan nilai -76.9 dBm dan GSM dengan nilai -44.08 dBm. Nilai *access rate* terendah dan tertinggi terjadi pada jaringan GSM dengan nilai 0.39 Mbps dan LTE dengan nilai 18.06 Mbps. Hasil analisis pengukuran mendapati bahwa *throughput* terbaik terjadi pada jaringan target LTE dengan nilai 76.1%, *delay* terbaik terjadi pada jaringan target GSM dengan nilai 5.3 ms dan *latency* terbaik terjadi pada jaringan target GSM dengan nilai 41 ms.
3. *Throughput* yang didapat pada jaringan LTE dan WIFI bergantung pada jumlah *user* yang mengakses jaringan tersebut sedangkan pada jaringan GSM dan CDMA tidak bergantung pada jumlah *user*. *Delay* berbanding terbalik

dengan *throughput* dan *latency* berbanding lurus dengan *throughput* pada masing-masing jaringan.

4. Daya *transceiver* yang digunakan berbanding lurus dengan *access rate* dan berbanding terbalik dengan RSSI yang dihasilkan.

4.2 Saran

Saran yang didapat setelah melakukan simulasi, perhitungan matematis dan pembahasan adalah sebagai berikut:

1. Setidaknya dibutuhkan dua *trigger* untuk terjadinya proses *handover* pada suatu sistem jaringan seperti yang penulis lakukan pada penelitian ini. Hal ini bertujuan agar *user* dapat menerima *service* jaringan terbaik dimanapun berada.
2. Untuk penelitian *handover* selanjutnya hendaknya menambahkan parameter kecepatan *user* dan perubahan jarak *user*, karena parameter tersebut berpengaruh pada *trigger* yang digunakan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zhao, Rong, 2009, “*Enhanced Survivable Topology Redesign of Optical Broadband Networks with Biconnectivity*”. *IARIA*. Volume 2, No.1.
- [2] Ismail, Mahamod, 2014, “*Regressive Prediction Approach to Vertical Handover in Fourth generation Wireless Network*”. *J.ICT Res.* Volume 8, No.1.
- [3] Bellavista, Paolo, September 2016, “*Evaluating Filtering Strategies for Decentralized Handover Prediction in the Wireless Internet*”. *Proceedings of the 11th IEEE Symposium on Computers and Communications*. Volume 2, No.10.
- [4] Miranti, Lena, Desember 2012, “*Optimasi handover Pada Jaringan Global System For Mobile Communication (GSM)*”. *Kampus PCR*. (15), 1-2.
- [5] Dani, Bayu, April 2006, “*Analisis Simulasi handover Pada Jaringan Long Term Evolution (LTE)*”. *FT-UI*. (4), 1-12.
- [6] Wirandi, Sofina, Oktober 2013, “*Analisis Perbandingan Performansi FastHandover Pada Proxy Mobile Ipv6 (FPMIPv6) dan Hierarchical Mobile Ipv6 (FHMIPv6) Menggunakan IEEE 802.21 Media Independent Handover Function Pada Heterogeneous Network*”. *SNATI*. (9), 1-4
- [7] Tao, Ming, Agustus 2014, “*Optimizing Unsatisfactory Handover Trigger in Heterogeneous Vehicular Networks*”. *Hindawi Publishing Corporation*. Volume 2015, No.1.

- [8] O, Momodu, Agustus 2015, “*Possible Utilization of Global System of Mobile Communication Advances in Information Communication Function of the Library*”. *Journal of Educational Research and Information Scie.* Volume 2, No.2.
- [9] A.Bhute, Harsha, April 2014, “*A Vertical Handover Decision Approaches In Next Generation Wireless Networks: A Survey*”. *International Journal of Mobile Network Communications & Telematics (IJMNCT)*. Volume 4, No.2.
- [10] Ali, Shipon, 2015, “*An Overview on Interference Management in 3GPP LTEAdvanced Heterogeneous Networks*”. *International Journal of Future Generation Communication and Networking.* Volume 8, No.1.
- [11] Hicham, Magri, April 2015, “*4G System: Network Architecture and Performance*”. *IJIRAE.* Volume 2, No.4.
- [12] Budiman, Gelar, Januari 2015, “*Multi User Performance On Mc Cdma Single Relay Cooperative System By Distributed Stbc In Rayleigh Fading Channel*”. *International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC).* Volume 7, No.1.
- [13] Shong, Shuang, November 2014, “*Analysis Of Wifi And Wimax And Wireless Network Coexistence*”. *International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC).* Volume 6, No.6.
- [14] Wang, Yanwen, 2014, “*A Fusion Approach of RSSI and LQI for Indoor Localization System Using Adaptive Smoothers*” *International Journal of Distributed Sensor Networks.* Volume 2014, No.1.

- [15] Wang, Jin, 2014, “*Issues toward Networks Architecture Security for LTE and LTE-A Networks*”. *International Journal of Security and Its Applications*. Volume 8, No.4.
- [16] Sugeng, Winarno, Februari 2015, “*The Impact of QoS Changes towards Network Performance*”. *E-ISSN*. Volume 3, No.2.
- [17] Telecommunication Standardization Sector Of ITU, 1997 *Speed of service (delay and throughput) performance values for public data networks when providing international packet-switched services*, Geneva: Inforce.
- [18] Sumalatha, Oktober 2014, “*Node Signal Improvement with RSSI Based Localization Using Multicasting Wireless Network*”. *PARIPEX*. Volume 3, No.3.
- [19] Ikawati, Yunia, Maret 2012, “*Analisa Interferensi Elektromagnetik Pada Propagasi WIFI Indoor*”. *ITS*. (21), 1-5.
- [20] Heranurwen, Sri, Agustus 2013, “*Analisa Performance Link A3/A7 Terhadap Pengaruh Handoff Inter BSC6600 CDMA 20001X*”. *UNSEM*. (1), 1-7.
- [21] HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD., 2014., *HUAWEI Enterprise AP Series802.11acBrochure*.http://enterprise.huawei.com/ilink/cnenterprise/download/HW_331625. Diakses pada tahun 2014.
- [22] HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD., 2014., *HUAWEI E8231 HSPA+ Wingle V100R001*. <http://m.setuprouter.com/router/huawei/e8231/manual-2113.pdf>. Diakses pada tahun 2014.

- [23] HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD., 2014., *Capacity Boost Technology*. <http://www.huawei.com/ilink/en/download/H2014043004>. Diakses pada tahun 2014.
- [24] HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD., 2014., *Network Solution of Huawei Cdma 1x System*. <https://fccid.io/document.php?id=447574>. Diakses pada tahun 2014.