



**OPTIMASI PERENCANAAN JARINGAN LTE E-UTRAN PADA
EVOLVED NODE B EXISTING MENGGUNAKAN PROBABILITAS
MONTE CARLO**

SKRIPSI

Oleh :

**Nurul Hidayah
NIM. 131910201036**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO STRATA 1
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**OPTIMASI PERENCANAAN JARINGAN LTE E-UTRAN PADA
EVOLVED NODE B EXISTING MENGGUNAKAN PROBABILITAS
MONTE CARLO**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

**Nurul Hidayah
NIM. 131910201036**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO STRATA 1
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Dengan segala puja dan puji syukur kepada Allah Subhanallahu Waa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini merupakan sebuah pencapaian awal yang saya raih sebelum menuju kepada pencapaian selanjutnya. Dengan penuh rasa bahagia dan terimakasih, saya persembahkan skripsi ini kepada :

1. Kedua orang tua saya, Ayahanda Abdul Asis dan ibunda Marsini tercinta yang telah membesarkan, mendidik, dan memberikan begitu banyak cinta dan kasih sayang, juga doa yang tak pernah putus dipanjatkan untuk saya sehingga bisa menyelesaikan skripsi dan mendapatkan gelar ini, seluruh pencapaian ini saya persembahkan untuk beliau.
2. Dosen pembimbing Bapak Dodi Setiabudi, S.T., M.T, Bapak Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si. atas keikhlasan dan kesabarannya dalam membimbing saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Guru-guru sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi atas ilmu yang telah diberikan.
4. Almamater fakultas Teknik Universitas Jember

MOTTO

“Barang siapa yang ingin do’anya terkabul dan terlepas dari kesulitannya, maka hendaklah ia mengatasi (meringankan) kesulitan/kesusahan orang lain”.

(HR. Ahmad)^{*)}

“Berhati – hatilah terhadap prasangka. Karena sesungguhnya prasangka adalah pembicaraan yang paling dusta(bohong)”.

(HR.Bukhari)^{**)}

“Wahai orang – orang beriman! Mohonlah pertolongan (kepada Allah) dengan sabar dan sholat. Sungguh Allah beserta orang – orang yang sabar”.

(QS. Al-Baqarah: 153)^{***)}

*) HR. Ahmad

***) HR.Bukhari

****) QS. Al-Baqarah: 153

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nurul Hidayah

NIM : 131910201036

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “ Optimasi Perencanaan Jaringan LTE E-UTRAN Pada *Evolved Node B Existing* Menggunakan Probabilitas *Monte Carlo*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 18 September 2017

Yang menyatakan,

Nurul Hidayah

NIM. 131910201020

SKRIPSI

**OPTIMASI PERENCANAAN JARINGAN LTE E-UTRAN PADA
EVOLVED NODE B EXISTING MENGGUNAKAN PROBABILITAS
MONTE CARLO**

Oleh :

Nurul Hidayah

NIM. 131910201036

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dodi Setiabudi, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “ Optimasi Perencanaan Jaringan LTE E-UTRAN Pada *Evolved Node B Existing* Menggunakan Probabilitas *Monte Carlo* ” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Jum’at, 13 Oktober 2017

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji,

Ketua,

Anggota I,

Dodi Setiabudi, S.T., M.T.
NIP 198405312008121004

Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si.
NIP 196801191997021001

Anggota II,

Anggota III,

Ike Fibriani, S.T.,M.T.
NIP 198002072015042001

Alfredo Bayu Satriya, S.T.,M.T.
NIP 198905192015041001

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Optimasi Perencanaan Jaringan LTE E-UTRAN pada *Evolved Node B Existing* Menggunakan Probabilitas *Monte Carlo*; Nurul Hidayah; 131910201036; 2017; 104 Halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Untuk meningkatkan kapasitas pelanggan dan kualitas layanan maka diperlukan metode efisien untuk peningkatan tersebut. Infrastruktur yang baik juga diperlukan agar perencanaan yang dibangun memberikan pelayanan yang optimal. Dengan bertambahnya jumlah pelanggan maka diperlukan *coverage* area yang lebih luas yaitu dengan cara memperbaiki perancangan yang ada. Infrastruktur jaringan UMTS yang penting dan terus ditingkatkan adalah node B. Dalam pembangunan menara BTS, sangat dibutuhkan perencanaan yang sistematis untuk menentukan jumlah dan posisi node B. Hal tersebut menuntut jaringan sistem telekomunikasi yang dibangun mampu melayani komunitas data dengan kecepatan tinggi. Salah satu teknologi baru yang memiliki kecepatan tinggi yaitu 4G LTE, LTE adalah standar komunikasi akses data *wireless* kecepatan tinggi untuk memperbaiki standar teknologi seluler generasi ketiga 3G yaitu UMTS. LTE merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya yaitu teknologi UMTS ((3G) dan HSDPA (3,5 G). Pada penelitian ini dilakukan optimasi perencanaan jaringan LTE E-UTRAN pada *evolved Node B. Existing* menggunakan probabilitas *Monte Carlo* untuk menentukan pemetaan *site* dan untuk mengetahui jumlah *site eNode B* di kota Jember. Pertumbuhan penduduk yang semakin pesat menyebabkan calon pengguna layanan 4G LTE belum terlayani saat ini. Maka hal tersebut menjadi acuan perencanaan agar teknologi LTE dapat diimplementasikan. Untuk tahap penelitiannya, pertama dilakukan analisa pendimensian jaringan yang terdiri dari lokasi perencanaan dan *demand* yang meliputi 2 daerah suburban dan 4 daerah rural. Pada tahap kedua, dilakukan analisa perencanaan kapasitas dengan melakukan perhitungan estimasi jumlah pelanggan dan kepadatan pelanggan untuk 5 tahun kedepan dari lima kecamatan terpilih. Pada tahap ini juga dilakukan

perhitungan OBQ dan kapasitas kanal untuk mengetahui jumlah sel atau *site eNodeB* perencanaan. Selanjutnya pada tahap ke tiga terdiri dari analisa optimasi. Pada tahap ini dilakukan simulasi penentuan pemetaan *site eNode B* dengan jumlah *site* terbanyak berada di kecamatan kaliwates sebanyak 32 *site* dan level sinyal luas total cakupan dengan kategori sangat baik berdasarkan setandart teknologi LTE berada pada rata – rata level -74,98 dBm. Pada hasil optimasi *Monte Carlo* dari 52 *Node B existing* terdapat 56 *site* penambahan untuk memenuhi cakupan dalam perencanaan hingga tahun 2022. Sehingga total *eNode B* terhubung sebanyak 108 *site* dengan total pelanggan terhubung sebanyak 16879 *user*. Berdasarkan optimasi perencanaan yang dilakukan penulis pada *software* tersebut dapat disimpulkan bahwa daerah yang dapat dibangun jaringan baru yaitu terletak di kecamatan kalisat dengan level sinyal -70 dBm sebesar 1,765 km² dengan jumlah *user* terhubung 1082 *user* atau 99,6% serta *throughput downlink* 169,21 Mbps dan *uplink* sebesar 87,14 Mbps.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah S.W.T. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Optimasi Perencanaan Jaringan Lte E-Utran Pada *Evolved Node B Existing* Menggunakan Probabilitas *Monte Carlo*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
3. Bapak Bapak Dodi Setiabudi, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Bapak Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah bersedia meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing hingga pengerjaan skripsi ini selesai;
4. Ibu Ike Fibriani, S.T., M.T. selaku dosen penguji I dan Bapak Alfredo Bayu Satriya, S.T., M.T. selaku dosen penguji II;
5. Seluruh Dosen Teknik Elektro yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan dan bimbingan selama mengikuti pendidikan di Jurusan teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.
6. Para staf karyawan dan karyawan serta teknisi Fakultas teknik Universitas jember yang telah memberikan bantuan selama mengikuti pendidikan di Fakultas teknik Universitas Jember;
7. Ayahanda Abdul Asis dan Ibunda Marsini tercinta yang telah memberikan dorongan, semangat, kasih sayang, perhatian, kesabaran dan doa yang tak pernah putus demi mempermudah terselesaikannya skripsi ini;
8. Kakak – kakaku serta keluarga besarku yang telah memberikan dukungan, semangat, serta bantuannya.

9. Moh. Sugiyono yang telah memberikan semangat, meluangkan waktu, tenaga dan ilmunya serta dukungan, saran, dan selalu setia menemaniku dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Dulur-dulur INTEL (Elektro 2013) yang banyak membantu, dan memberi semangat dan dukungan sejak awal menjadi keluarga besar di teknik hari.
11. Sahabat dari awal kuliah Melyana Dwi Haryani, Ila Nurawati dan Dahlia Fatmawati yang telah meluangkan tenaga dan waktu bersama, memberi kritik, saran, maupun semangat dan hiburan di kala gundah;
12. Konsentrasi Telkom Elektro 2013 yang memberikan banyak ilmu dan kenangan bersama.
13. Keluarga Besar Kontrakan Mangga yang telah bersedia menjadi rekan dan keluarga saya selama di jember;
14. Yufan Dwi Anggoro dan Erinna Dyah Atsari atas waktu dan ilmunya untuk membantu menyelesaikan masalah yang terjadi pada software yang digunakan.
15. Dan seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat berguna bagi pembaca dan bagi penulis sendiri pada khususnya semoga Allah SWT memberikan yang terbaik untuk kita semua. Aamiin.

Jember, 20 September 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penulisan	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Matriks Permasalahan	4
2.2 Konsep Dasar Jaringan UMTS	7
2.3 Node B	8
2.4 Base Station	9
2.5 Teknologi 4G	10
2.6 Arsitektur Jaringan 4G	11
2.7 Perhitungan Link Budget.....	12
2.8 Model Propagasi.....	13
2.9 Estimasi Jumlah Pertumbuhan penduduk.....	15
2.10 Estimasi Jumlah Pelanggan	15
2.11 Perhitungan Offered Bit Quantity (OBQ).....	15

2.12 Perencanaan Kapasitas	16
2.13 Perhitungan Kapasitas Trafik	16
2.14 Kapasitas Kanal	17
2.15 Demand 4G	17
2.16 Morfologi Wilayah	18
2.17 Probabilitas Monte Carlo	18
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Block Diagram Penelitian	22
3.2 Flowchart Penelitian Perencanaan Jaringan	23
3.3 Perencanaan Simulasi Penelitian	26
3.3.1 Data Node B Existing	26
3.3.2 Pemetaan Site	26
3.3.3 Coverage Signal Level	27
3.4 Algoritma Simulasi Efisiensi Metode Monte Carlo	28
3.5 Simulasi Monte Carlo pada Software Atoll	29
3.6 Metode Probabilitas Monte Carlo	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Analisa Pendimensian	33
4.1.1 Identifikasi Daerah layanan	33
4.1.2 Menentukan Demand	34
4.2 Analisa Perencanaan Kapasitas	35
4.2.1 Estimasi Jumlah Pelanggan LTE	35
4.2.2 Kepadatan Pelanggan	37
4.2.3 Kepadatan Trafik	37
4.2.4 Perhitungan Kapasitas Kanal	44
4.2.5 Perhitungan Jumlah eNodeB	45
4.2.6 Perhitungan Model Propagasi Cost 231-Hata	45
4.3 Analisa Simulasi	48
4.3.1 Konfigurasi Parameter	48
4.3.2 Hasil Pemetaan eNodeB	48

4.3.2.1 Hasil Pemetaan Kecamatan Kaliwates	49
4.3.2.2 Hasil Pemetaan Kecamatan Sumbersari	50
4.3.2.3 Hasil Pemetaan Kecamatan Rambipuji	52
4.3.2.4 Hasil Pemetaan Kecamatan Patrang	53
4.3.2.5 Hasil Pemetaan Kecamatan Pakusari.....	55
4.3.2.6 Hasil Pemetaan Kecamatan Kalisat	56
4.3.3 Simulasi Level Sinyal Luas Total Cakupan	57
4.3.3.1 Luas Total Cakupan Kecamatan Kaliwates	58
4.3.3.2 Luas Total Cakupan Kecamatan Sumbersari.....	59
4.3.3.3 Luas Total Cakupan Kecamatan Rambipuji	60
4.3.3.4 Luas Total Cakupan Kecamatan Patrang.....	61
4.3.3.5 Luas Total Cakupan Kecamatan Pakusari	62
4.3.3.6 Luas Total Cakupan Kecamatan Kalisat.....	63
4.3.4 Analisis Hasil Simulasi <i>Monte Carlo</i>	65
4.3.5 Optimasi Kebutuhan <i>Site</i> menggunakan Probabilitas <i>Monte Carlo</i>	71
BAB 5. PENUTUP.....	79
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN.....	82

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Matriks Permasalahan.....	5
Tabel 4.1 Data Jumlah Penduduk Kabupaten Jember	33
Tabel 4.2 Pendimensian Daerah Layanan	35
Tabel 4.3 Kepadatan Pelanggan Seluler	37
Tabel 4.4 <i>Bit rate</i> Layanan Seluler	38
Tabel 4.5 Klasifikasi Layanan Seluler.....	38
Tabel 4.6 Call duration pada layanan Seluler	38
Tabel 4.7 OBQ <i>Building</i>	40
Tabel 4.8 OBQ <i>Pedestrian</i>	41
Tabel 4.9 OBQ <i>Vehicular</i>	43
Tabel 4.10 OBQ Total.....	43
Tabel 4.11 Perhitungan Luas Sel.....	44
Tabel 4.12 Perhitungan Jumlah <i>eNodeB</i>	45
Tabel 4.13 Parameter <i>Link Budgeted</i>	45
Tabel 4.14 Karakteristik Pelanggan LTE.....	48
Tabel 4.15 Histogram <i>Signal Level</i> kecamatan Kaliwates.....	58
Tabel 4.16 Histogram <i>Signal Level</i> kecamatan Sumpalsari	59
Tabel 4.17 Histogram <i>Signal Level</i> kecamatan Rambipuji.....	60
Tabel 4.18 Histogram <i>Signal Level</i> kecamatan Patrang.....	61
Tabel 4.19 Histogram <i>Signal Level</i> kecamatan Pakusari	62
Tabel 4.20 Histogram <i>Signal Level</i> kecamatan Kalisat	63
Tabel 4.21 Efisiensi Penduduk.....	64
Tabel 4.22 Peta Hasil Simulasi <i>Monte Carlo</i>	65
Tabel 4.23 Hasil Simulasi <i>Monte Carlo</i>	70
Tabel 4.24 Distribusi Kemungkinan.....	72
Tabel 4.25 Tabel Interval Angka <i>Random</i> Hasil Simulasi	77
Tabel 4.26 Hasil Simulasi Percobaan	78

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan UMTS.....	7
Gambar 2.2 Node B.....	9
Gambar 2.3 Arsitektur LTE	11
Gambar 3.1 <i>Block Diagram</i> Penelitian.....	22
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Perencanaan Jaringan 4G	23
Gambar 3.3 <i>Site Existing</i> Kabupaten Jember	26
Gambar 3.4 Peta Jawa Dalam Perencanaan	27
Gambar 3.5 Peta Kabupaten Jember	27
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> Simulasi <i>Monte Carlo</i> pada <i>Software Atoll</i>	29
Gambar 3.7 Hasil Simulasi Perancangan	30
Gambar 3.7 <i>Flowchart Monte Carlo</i>	31
Gambar 4.1 Jumlah <i>Site</i> Kaliwates	49
Gambar 4.2 Pemetaan Pada Google Earth.....	50
Gambar 4.3 Jumlah <i>Site</i> Sumpalsari	50
Gambar 4.4 Pemetaan Pada Google Earth.....	51
Gambar 4.5 Jumlah <i>Site</i> Rambipuji.....	52
Gambar 4.6 Pemetaan Pada Google Earth.....	53
Gambar 4.7 Jumlah <i>Site</i> Patrang	53
Gambar 4.8 Pemetaan Pada Google Earth.....	54
Gambar 4.9 Jumlah <i>Site</i> Pakusari.....	55
Gambar 4.10 Pemetaan Pada Google Earth.....	56
Gambar 4.11 Jumlah <i>Site</i> Kalisat	56
Gambar 4.12 Pemetaan Pada Google Earth.....	57
Gambar 4.13 Histogram Simulasi Kecamatan Kaliwates	58
Gambar 4.14 Histogram Simulasi Kecamatan Sumpalsari	59
Gambar 4.15 Histogram Simulasi Kecamatan Rambipuji	60
Gambar 4.16 Histogram Simulasi Kecamatan Patrang	61
Gambar 4.17 Histogram Simulasi Kecamatan Pakusari.....	62
Gambar 4.18 Histogram Simulasi Kecamatan Kalisat.....	63

Gambar 4.19 Hasil Monte Carlo Kecamatan Kaliwates.....	67
Gambar 4.20 Hasil Monte Carlo Kecamatan Sumbersari.....	67
Gambar 4.21 Hasil Monte Carlo Kecamatan Rambipuji	68
Gambar 4.22 Hasil Monte Carlo Kecamatan Patrang	68
Gambar 4.23 Hasil Monte Carlo Kecamatan Pakusari.....	69
Gambar 4.24 Hasil Monte Carlo Kecamatan Kalisat.....	69
Gambar 4.25 Grafik Perbandingan Site	71
Gambar 4.26 Grafik Kebutuhan Site Fungsi pdf	72
Gambar 4.27 Grafik Kebutuhan Site Fungsi cdf	73
Gambar 4.29 System Interval Pada Fuzzy	74
Gambar 4.30 Hasil Interval Dengan Input 25 Site	75
Gambar 4.31 Hasil Surface Interval Dengan Input 25	76
Gambar 4.32 Bilangan Random 100-5000.....	77

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk meningkatkan kapasitas pelanggan dan kualitas layanan maka diperlukan metode yang efisien untuk peningkatan tersebut. Infrastruktur yang baik juga diperlukan agar perencanaan yang dibangun dapat memberikan pelayanan yang optimal. Teknologi yang mampu memenuhi kebutuhan layanan telekomunikasi tersebut yaitu sistem UMTS. Teknologi UMTS mampu meningkatkan kapasitas dan kualitas layanan yang dibutuhkan. Transmisi peningkatan jaringannya mencapai 2 Mbps dengan transfer data hingga 2 Mhz (Sugiyanto, 2013). Parameter untuk melihat kualitas layanan diantaranya adalah presentase berhasilnya panggilan yang dilakukan dan tidak terputusnya hubungan pada saat berkomunikasi.

Dengan bertambahnya jumlah pelanggan yang semakin banyak mencapai 300 juta pelanggan di Indonesia (Menkominfo, 2016), maka diperlukan *coverage area* yang lebih luas yaitu dengan cara memperbaiki perancangan yang ada. Infrastruktur jaringan UMTS yang penting dan terus menerus ditingkatkan adalah *Node B*. Dalam pembangunan menara BTS, sangat dibutuhkan suatu perencanaan yang sistematis untuk menentukan jumlah dan posisi *eNode B*. *Node B* berperan sebagai perangkat pemancar dan penerima yang menghubungkan antara *User Equipment* dan jaringan. Hal tersebut menuntut jaringan sistem telekomunikasi yang dibangun harus mampu melayani komunikasi data dengan kecepatan tinggi. Salah satu teknologi baru yang memiliki kecepatan tinggi ialah teknologi 4G LTE. Namun pada kenyataannya saat ini teknologi 4G hanya dapat dibangun di kota besar dan persebarannya belum merata.

Dari permasalahan tersebut dapat dilakukan penelitian mengenai penentuan lokasi *Node B* yang dapat digunakan sebagai *site* 3G dan *site* 4G. Dimana sistem 3G yang ada dapat digunakan dalam sistem 4G. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan perencanaan jaringan UMTS untuk menentukan *site* pada *Node B* yang digunakan sebagai *site* 3G pada BTS *Existing* pada salah satu *provider* yang ada di kota Malang menggunakan *Monte Carlo* (Hamdana, 2012).

Penelitian tersebut menghasilkan optimasi perencanaan membangun jaringan 3G berdasarkan *site* 3G sesuai BTS yang ada. Sedangkan penelitian sebelumnya dilakukan mengenai perencanaan jaringan LTE di wilayah Magelang menggunakan BTS *Existing* (Hermawan, 2016). Penelitian tersebut meliputi perencanaan secara cakupan dan perencanaan secara kapasitas. Penelitian sebelumnya juga telah dilakukan mengenai perencanaan jaringan LTE multi-RAT UMTS *Existing* study kasus di kota Bandung (Tawakal, 2015). Penelitian tersebut dilakukan berdasarkan kriteria *coverage* dan kapasitas dengan memperhitungkan interferensi. Sertra pada penelitian sebelumnya dilakukan penelitian mengenai perencanaan jaringan *Long Term Evolution* (LTE) berdasarkan Node B 3G existing di kota Pekanbaru (Rahman, 2017), pada penelitian tersebut dilakukan perencanaan berdasarkan cakupan dan kapasitas menggunakan BTS *existing* kota Pekanbaru.

Dari beberapa penelitian tersebut, hal yang menjadi kendala adalah menentukan letak BTS yang akan dibangun jaringan LTE. Sehingga pada penelitian ini dilakukan penelitian mengenai perencanaan jaringan LTE E-UTRAN untuk menentukan *site* 4G pada *Node B Existing* menggunakan simulasi *Monte Carlo*. Dalam perencanaannya menggunakan data distribusi penduduk dengan acuan BTS *Existing* sebagai penempatan *site*. menggunakan parameter morfologi dan kapasitas kanal. Karena faktor adanya ketidakpastian yang berupa variabel acak sulit untuk diselesaikan. Maka dari itu digunakan metode probabilitas *Monte Carlo* karena prinsip kerja *Monte Carlo* adalah membangkitkan bilangan acak atau sampel dari suatu variabel acak yang telah diketahui distribusinya. Oleh karena itu simulasi *Monte Carlo* seolah-olah dapat diperoleh dari data lapangan atau dapat meniru kondisi lapangan secara numerik agar dapat menghitung dan memperkirakan nilai atau solusi sesuai kondisi lapangan, sehingga mampu menentukan letak dan jumlah *site* sesuai dengan perencanaan yang ada sebelumnya.

Teknologi LTE telah berkembang dikota – kota khususnya wilayah Jember kota. Pertumbuhan penduduk semakin pesat terutama pada sub urban sehingga menyebabkan calon pengguna layanan 4G belum terlayani saat ini. keadaan tersebut menjadikan sebuah potensi besar bagi operator untuk menjadikan layanan 4G yang menjangkau sub urban dan rural. Hal tersebut membuat *service provider*

perlu memperbaiki jaringan yang sudah ada agar jaringan dapat mencakup area yang lebih luas. Pertumbuhan pelanggan dan keadaan jaringan menjadi acuan untuk melakukan perencanaan di kota Jember agar teknologi LTE dapat diimplementasikan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang terdapat dalam optimasi penelitian ini adalah

1. Bagaimana menentukan *site* 4G jaringan LTE E-UTRAN pada *Node B Existing*?
2. Bagaimana menentukan jumlah *site eNode B* menggunakan simulasi *probabilitas Monte Carlo*?

1.3 Batasan Masalah

1. Jaringan dibatasi pada area BTS *existing* wilayah Jember
2. Data statistik diperoleh dari Badan Pusat Statistik
3. Perencanaan yang digunakan yaitu salah satu provider X
4. Tidak membahas sistem kerja jaringan, transmisi jaringan dan *protocol*
5. Tidak membahas spesifikasi *user*
6. Layanan yang digunakan meliputi Layanan VoIP, *Voice* dan *File Transfer*
7. Tidak membahas sistem kerja *software*

1.4 Tujuan Penulisan

1. Untuk menganalisa pemetaan dan penentuan *site* 4G jaringan LTE
2. Untuk mengetahui jumlah *site eNode B* menggunakan simulasi *Monte Carlo*

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya optimasi perencanaan jaringan LTE E-UTRAN *site 4G* pada *eNode B* menggunakan Probabilitas *Monte Carlo* diharapkan mampu membangun dan meningkatkan layanan teknologi 4G di daerah berkembang.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka sebagai daftar acuan dalam melakukan penelitian tugas akhir yang saat ini dikerjakan. Tinjauan pustaka berguna dapat memperdalam wawasan dan mengembangkan ilmu pengetahuan yang telah ada, sehingga bidang keilmuan penelitian yang diteliti akan mengalami perkembangan dan peningkatan.

2.1 Matriks Permasalahan

Matriks Permasalahan ini dapat memberikan wacana bagi peneliti agar dapat mengulas lebih dalam tentang topik yang diteliti serta dapat memberikan masukan lebih berarti bagi permasalahan yang diteliti. Informasi selengkapnya mengenai pustaka penelitian peneliti lain serta pembahasan terkait solusi, metode dan saran terhadap kesamaan konsep dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Rujukan yang digunakan meliputi berbagai macam penelitian, diantaranya adalah meliputi perencanaan teknologi lama dengan teknologi terbaru. Meliputi optimasi dari suatu perencanaan dan meliputi perbandingan optimasi perencanaan. Serta meliputi saran-saran dari penelitian sebelumnya guna untuk meningkatkan penelitian selanjutnya. Pustaka diambil dari berbagai sumber yang diringkas secara jelas dan spesifik dari berbagai subbab. Referensi jurnal diambil dari tahun terbitan 5 tahun terakhir dan didapatkan dari berbagai buku sebagai pedoman rujukan. . Pada tabel dibawah merupakan sample dari beberapa rujukan yang ada dipustaka. Hasil dari kekurangan rujukan akan digunakan sebagai acuan dilakukannya penelitian yang bersifat perkembangan yang lebih baik lagi.

Tabel 2.1 Matriks Permasalahan

No	Masalah	Penyebab	Solusi/Hasil	Referensi Jurnal
1	Perencanaan teknologi yang digunakan hanya terbatas 3G	Jaringannya masih berevolusi dari 2G ke 3G	Perencanaan teknologi 3G dengan jaringan UMTS	Analisis Perencanaan Jaringan Universal Telecommunication Seluler (UMTS) Hamdana, 2012
2	Nilai Pada kapasitas kanal hanya membahas throughput, belum mempertimbangkan <i>link budget</i>	Perhitungannya berpengaruh pada coverage area	Dilakukan penambahan konsep trafik dengan metode yang sama	Optimasi Perencanaan Jaringan UMTS pada <i>Node B</i> menggunakan probabilistic <i>Monte Carlo</i> Hamdana, 2012
3	Hasil penelitiannya meliputi penempatan <i>Node</i>	Cakupan area UMTS saja tidak membahas teknologinya	Dilakukan penempatan node serta teknologi terbaru yaitu 4G	Optimasi Penempatan Node B UMTS900 pada BTS <i>Existing</i> Menggunakan <i>Algoritma Genetika</i> Aryanti, 2013

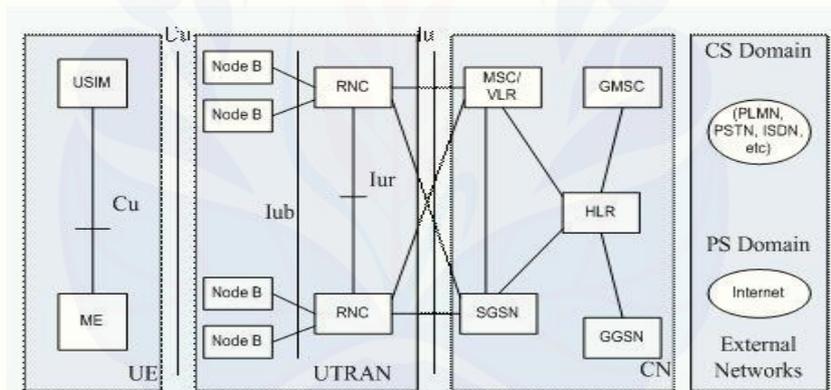
Lanjutan Tabel 2.1 Matriks Permasalahan

No	Masalah	Penyebab	Solusi/Hasil	Referensi Jurnal
4	Hasil simulasi membandingkan kapasitas LTE dan UMTS	Dianalisis BTS <i>existing</i> UMTS dengan beberapa parameter <i>bandwidth</i> dan trafik	Dilakukan analisis menggunakan BTS <i>Existing</i> dengan mempertimbangkan letak Node	<i>Reward-based Radio Interface Selection for Hybrid 4G UMTS and LTE Communicatios</i> Benje chang, 2013
5	Perencanaan menghasilkan perbandingan antara simulasi dengan perhitungan	Perencanaan menggunakan BTS <i>existing</i> pada <i>Atoll</i>	Perencanaan menggunakan perhitungan dan metode sesuai BTS <i>existing</i>	Perencanaan Jaringan <i>Long Term Evolution</i> (LTE) 1800 Mhz Di Wilayah Magelang Menggunakan BTS <i>Existing</i> Operator Xyz Hermawan dkk, 2016
6	Mebutuhkan perencanaan dari dimensioning cakupan hingga kapasitas	Perencanaan menggunakan <i>existing</i> berdasar penetrasi pelanggan	Melakukan perencanaan migrasi 3G ke 4G	Perencanaan Jaringan <i>Long Term Evolution</i> (LTE) Berdasarkan Node B <i>existing</i> di Kota Pekanbaru Fadhool Rahman, 2017

Dari beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan seperti yang tercantum pada data tabel tersebut maka dapat dilakukan penelitian kembali mengenai optimasi perencanaan jaringan LTE E-UTRAN *site* 4G pada *eNode B existing* menggunakan probabilitas *Monte Carlo*.

2.2 Konsep Dasar Jaringan UMTS

UMTS merupakan teknologi seluler generasi ketiga dimana teknologi radio aksesnya menggunakan sistem *Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA). Sistem WCDMA dalam pentransmisiannya menggunakan kode *random* untuk memisahkan tiap *user* dalam satu *frame* atau paket data, sehingga dapat mengirimkan lebih banyak informasi dalam waktu yang bersamaan. Teknologi UMTS berkerja pada frekuensi 1885-2025 Mhz untuk arah *downlink* dan pada frekuensi 2110-2200 Mhz untuk arah *uplink* (Agastya, 2015).



Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan UMTS

Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) saat ini dipandang sebagai sebuah sistem impian yang menggantikan *Global System for Mobile Communication* (GSM). UMTS merupakan salah satu evolusi generasi ketiga (3G) dari jaringan mobile. UMTS juga memperlihatkan permintaan yang makin berkembang dari aplikasi *mobile* dan aplikasi internet untuk kapasitas baru sehingga dunia komunikasi *mobile* makin ramai. Transmisi peningkatan jaringannya mencapai kecepatan sampai 2 Mbps per pemakai *mobile* dan menetapkan suatu *standard* penjelajahan yang global. Sistem komunikasi bergerak seluler terdiri atas beberapa perangkat (Santoso, 2006).

a. *Mobile Station / Mobile Unit (MS)*

MS adalah perangkat yang dibawa oleh *user* yang mempunyai fungsi sebagai *mobile equipment, multiplexing/demultiplexing, usim, antenna transceiver* dan *autentifikasi*.

b. *Radio Network Controller (RNC)*

RNC masuk pada bagian UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN) yang berfungsi sebagai mengatur semua proses *handover* di UTRAN, *Power Control, Radio Resource Management, Radio Resource Control*, dan menghubungkan trafik menuju jaringan.

c. *Mobile Switching Centre (MSC)*

MSC merupakan pusat koordinasi dari semua *cell site* yang ada dan berfungsi sebagai perangkat penyambung utama antara *gateway SGSN GGSN* dan UTRAN, *management handover, switching* dan *routing*.

d. *Home Location Register (HLR)*

HLR merupakan *database* utama jaringan dan mengandung seluruh informasi *user* termasuk pelayanan apa yang diinginkan oleh *user*.

e. *Serving GPRS Support Node (SGSN)*

SGSN merupakan perangkat *gateway* jaringan *core* pada UMTS yang mempunyai fungsi *authentication* pelanggan berdasarkan layanan yang terdaftar pada HLR, memberikan *IP private* pada UE, mengantar paket data ke *user*.

f. *Gateway GPRS Support Node (GGSN)*

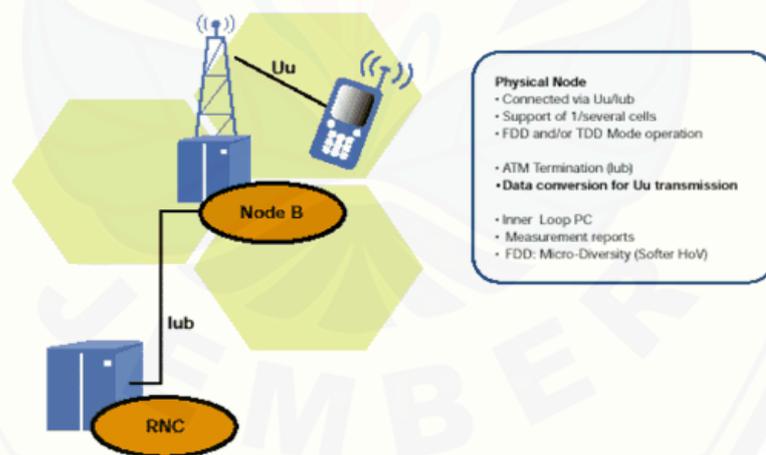
GGSN merupakan *gateway* yang menghubungkan jaringan UMTS terhubung ke jaringan luar seperti internet serta mempunyai fungsi manajemen *IP public* untuk UE, *routing IP*, menyesuaikan format paket UMTS dengan jaringan lainnya.

2.3 Node B

Node B merupakan unit fisik dari transmisi radio dengan menggunakan sel. Pada sektorisasinya (omni atau sektor sel), satu sel atau lebih dapat dilayani oleh *Node B*. Suatu *Node B* tunggal dapat mendukung kedua model dari FDD dan TDD

dan model tersebut dapat menjadi *co-located* dengan BTS GSM untuk mengurangi *cost* dari implementasinya. *Node B* dihubungkan dengan UE melalui *interface* radio *Uu* W-CDMA dan dihubungkan dengan RNC melalui *interface Iub* yang berbasis ATM. *Node B* merupakan titik dari terminal ATM.

Tugas utama dari *Node B* adalah mengkonversi data dari dan untuk *interface* radio *Uu*, termasuk *forward error correction* (FEC), adaptasi nilai, *spreading* dan *despreading* W-CDMA, dan modulasi *quadrature phase shift keying* (QPSK) pada *interface* udara. *Node B* mengukur kekuatan dan kualitas koneksi dan menentukan dari *frame error rate* (FER) transmisi data ini ditujukan kepada RNC sebagai laporan pengukuran dari *handover* dan kombinasi keanekaragaman. *Node B* juga bertanggung jawab untuk *softer handover* FDD. Kombinasi keanekaragaman bebas dilakukan untuk menghapus kebutuhan untuk transmisi penambahan kapasitas dalam *Iub*. *Node B* juga berpartisipasi dalam kontrol daya, sebagai sesuatu yang memungkinkan untuk penyesuaian daya memakai perintah *downlink* (DL) *transmission power control* (TCP) melalui *inner-loop power control* berdasarkan pada informasi *uplink* (UL) TCP.



Gambar 2.2 Node B

2.4 Base Station

Base Station (BS) disebut juga *Base Transceiver Station* (BTS) merupakan perangkat untuk memancarkan dan menerima gelombang radio yang berhubungan dengan pemrosesan sinyal. BS bertanggung jawab untuk mengalokasikan daya yang digunakan oleh pelanggan serta berfungsi sebagai antarmuka yang

menghubungkan jaringan WCDMA dengan perangkat pelanggan. BS terdiri dari perangkat radio yang digunakan untuk mengirimkan dan menerima sinyal WCDMA (Nuralam, 2016). Komponen perangkat BTS atau BS terdiri dari:

- a. *Network Processing Unit Card* (NPU)
Merupakan komponen BS yang berfungsi sebagai pusat kendali operasi BS.
- b. *Power Interface Unit* (PIU)
Berfungsi sebagai penghubung antara PSU dan NPU.
- c. *Air Ventilation Unit* (AVU)
Berfungsi sebagai pendingin temperatur perangkat.
- d. *Power Supplay Unit* (PSU)
Berfungsi sebagai catu daya pada perangkat.

2.5 Teknologi 4G

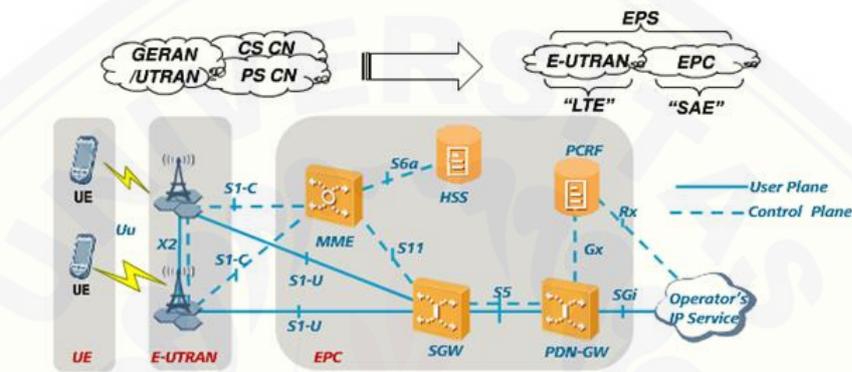
Long Term Evolution (LTE) adalah sebuah nama yang diberikan pada *projek Third Generation Partnership Project* (3GPP) sebagai standar komunikasi akses data *wireless* kecepatan tinggi untuk memperbaiki standar teknologi seluler generasi ketiga (3G) yaitu UMTS (sesia, 2011). LTE merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya yaitu teknologi UMTS (3G) dan HSDPA (3.5G) yang mana LTE disebut juga sebagai teknologi seluler generasi keempat (4G). Pada teknologi 4G LTE ini kemampuan dalam dalam hal transfer data dapat mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink* dengan *bandwidth channel* sampai 20MHz. *Multi Radio Access Technology* (RAT) LTE dan UMTS (uke, 2013).

Terdapat 2 jenis teknik Multi-RAT yaitu:

- a. 3GPP *Multi-RAT*
Komunikasi antar teknologi sesama dibawah badan standarisasi 3GPP pada teknologi *wireless* seperti halnya komunikasi antara LTE – UMTS, LTE – GSM, UMTS – GSM.
- b. 3GPP2 *Multi-RAT*
Komunikasi antar teknologi *wireless* dengan teknologi *wireless* lainnya dengan dibawah badan standarisasi 3GPP2 seperti halnya LTE – CDMA 2000.

2.6 Arsitektur Jaringan 4G

Arsitektur LTE dikenal dengan suatu istilah SAE (*System Architecture Evolution*) yang menggambarkan suatu evolusi arsitektur dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Secara keseluruhan LTE mengadopsi teknologi EPS (*Evolved Packet System*). Didalamnya terdapat tiga komponen penting yaitu UE (*User Equipment*), E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*), dan EPC (*Evolved Packet Core*) (Pranoto, 2015).



Gambar 2.3 Arsitektur LTE

a. *User Equipment (UE)*

Perangkat dalam LTE yang terletak paling ujung dan berdekatan dengan *user*.

b. *E-UTRAN*

Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network atau E-UTRAN adalah sistem arsitektur LTE yang memiliki fungsi menangani sisi radio akses dari UE ke jaringan core. Berbeda dari teknologi sebelumnya yang memisahkan *Node B* dan RNC menjadi elemen tersendiri, pada sistem LTE E-UTRAN hanya terdapat satu komponen yakni *Evolved Node B (eNode B)* yang telah menggabungkan fungsi keduanya. *eNode B* secara fisik adalah suatu base station yang terletak dipermukaan bumi (*BTS Greenfield*) atau ditempatkan diatas gedung-gedung (*BTS roof top*).

c. *Evolved Packet Core (EPC)*

Sebuah sistem yang baru dalam evolusi arsitektur komunikasi seluler, sebuah sistem dimana pada bagian *core network* menggunakan *all-IP*. EPC menyediakan fungsionalitas *core mobile* yang pada generasi sebelumnya (2G, 3G) memiliki dua bagian yang terpisah yaitu *Circuit switch (CS)* untuk *voice*

dan *Packet Switch* (PS) untuk data. EPC sangat penting untuk layanan pengiriman IP secara *end to end* pada LTE. Selain itu, berperan dalam memungkinkan pengenalan model bisnis baru, seperti konten dan penyedia aplikasi. EPC terdiri dari MME (*Mobility Management Entity*), SGW (*Serving Gateway*), HSS (*Home Subscription Service*), PCRF (*Policy and Charging Rules Function*), dan PDN-GW (*Packet Data Network Gateway*).

2.7 Perhitungan Link Budget

Perhitungan *link budget* digunakan untuk mengestimasi nilai *maximum path loss* antara UE dan antena *Base Station*. *Maximum path loss* memperhitungkan estimasi *maximum cell range* yang sesuai dengan model propagasi yang digunakan. *Cell range* akan memberikan jumlah *site* yang dibutuhkan untuk mengcover area target (Tawakal, 2015). Nilai MAPL (*maximum Allowable Path Loss*) dijadikan acuan pada model propagasi sehingga nilai *path loss*nya tidak melebihi MAPL (Septiawan, 2015). *Link Budget* adalah suatu perhitungan yang digunakan dalam perencanaan jaringan. Perhitungan *link budget*, diperlukan rekomendasi atau persetujuan dari pihak operator baik dari segi material (*technical spect*) yang digunakan misalnya seperti *feeder cable*, *jumper*, tinggi antena *Node B*, dan jarak dari antena ke UE. Biasanya yang sudah ditentukan oleh pihak operator yang sangat berpengaruh dalam perhitungan *link budget* adalah frekuensi (Hz) dan *Tx power* (dBm).

Semakin besar diameter kabel yang dipakai, maka rugi-rugi (*loss*) yang didapat semakin kecil dan secara tidak langsung akan mempengaruhi daya yang dipancarkan oleh antena. *Loss* perhitungan *link budget* ini dapat dilihat dari spesifikasi material yang digunakan. *Loss* ini berpengaruh terhadap sinyal *output* antena (RSCP) dan besarnya *throughput* data yang diterima oleh *user* di dalam gedung dengan menggunakan antena *macrocell* dimana antena mempunyai nilai *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP) dan semuanya tergantung dari material yang digunakan *Node B* sampai ke antena.

Power budget digunakan untuk mengetahui apakah *uplink* atau *downlink* dapat dilakukan dengan baik. Hal tersebut dimaksudkan untuk memastikan

pentransmisi sinyal dari *base station* ke *mobile station* atau sebaliknya tidak mengalami gangguan. Pada saat *downlink* lebih kuat, EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*) yang digunakan dalam prediksi sinyal harus didasarkan pada daya keluaran *base station* yang diseimbangkan. Pada saat *uplink* lebih kuat, maka digunakan keluaran *base station* secara maksimal. Pada prakteknya *downlink* dan *uplink* sama kuat merupakan keuntungan untuk mendapatkan EIRP 2 hingga 3 dB sedikit lebih besar dari EIRP dasar, maka hal ini dijadikan sebagai alasan digunakan perhitungan EIRP menurut pertimbangan kesetimbangan daya (Santoso, 2006).

2.8 Model Propagasi

Mekanisme perambatan gelombang elektromagnetik secara umum sangat dipengaruhi oleh efek pantulan (*reflection*), difraksi, dan hamburan (*scattering*). Model propagasi merupakan cara untuk memprediksi daya sinyal rata-rata. Alasan diperlukannya model propagasi yaitu (Muhammadri, 2008) :

- a. Komunikasi bergerak dirancang agar dapat mengatasi *multipath*
- b. Gelombang radio dipengaruhi oleh *scattering*, difraksi dan *attenuation*
- c. Model propagasi dapat menghitung *path loss* antara pemancar dan penerima
- d. Diperlukan untuk menghitung *power budgets* dan sistem keseimbangan
- e. Model digunakan untuk optimisasi perencanaan jaringan sistem selular

Pada sistem transmisi radio komunikasi bergerak daerah yang dilayani biasanya berupa daerah yang tidak teratur permukaannya. Karena itu diperlukan perhitungan yang cukup rumit untuk memperkirakan redaman lintasannya. Model propagasi yang akan dikemukakan di bawah ini layak untuk memperkirakan redaman lintasan sepanjang permukaan daerah yang tidak teratur.

Pada mekanisme propagasi (Mawjoud, 2005), Gelombang elektromagnetik dalam penyebarannya menghasilkan daya yang terjadi akibat berikut.

a. *Scattering*

Terjadinya *scattering* atau hamburan yaitu ketika objek lebih kecil dari panjang perambatan gelombang misalnya dedaunan, tanda-tanda jalan, tiang lampu

sehingga gelombang yang masuk tersebar ke beberapa sinyal yang keluar sehingga terjadi pelemahan sinyal.

b. Reflection

Gelombang merambat pada objek yang lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang misalnya permukaan bumi, gedung-gedung tinggi, dinding besar.

c. Diffraction

Difraksi memungkinkan propagasi gelombang untuk menyebarkan sekitar permukaan melengkung bumi dan bentuk wilayah. *Scattering* dan difraksi hasil di skala kecil memudar sementara hasil refleksi dalam *fading* skala besar.

Propagasi merupakan suatu proses perambatan gelombang radio atau RF (*Radio Frequency*) dari suatu tempat ke tempat lain dengan jarak yang jauh menggunakan udara bebas sebagai media transmisinya. Model propagasi menunjukkan perkiraan rata-rata kuat sinyal yang diterima pada jarak tertentu dari pemancar (Agastya, 2015). Model propagasi empiris yang digunakan untuk memperkirakan besarnya redaman selama perambatan sinyal akibat rugi-rugi lintasa propagasi adalah didasarkan pada model yang diperkenalkan oleh Okumura-Hatta. Euro-COST telah mengembangkan model Hatta untuk pemakaian pada frekuensi kerja sampai 2 GHz (Santoso, 2006).

Untuk mencari cakupan radius sel dapat menggunakan metode Okumura Hatta dengan persamaan :

$$Lu = 46,3 + 33,9 \log f_c - 13,82 \log h_t - a(h_r) \\ + (44,9 - 6,55 \log h_t) \log d + C_m \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

- Lu = *Path loss* rata-rata
- fc = Frekuensi (Mhz)
- ht = tinggi antena *Base Station* (m)
- hr = tinggi antena *Mobile Station* (m)
- d = jarak antara Ms dan BS (km)

2.9 Estimasi Jumlah Pertumbuhan penduduk

Dari data jumlah penduduk yang telah diperoleh, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan jumlah penduduk pada tahun tertentu (P_t) dengan menggunakan rumus pertumbuhan penduduk secara geometrik. Contoh perhitungan prediksi jumlah penduduk Kecamatan untuk 5 tahun ke depan, yaitu menggunakan persamaan sebagai berikut. (Damayanti, 2014)

$$P_t = P_0(1+r)^t \dots\dots\dots(2.2)$$

P_t = Jumlah penduduk pada tahun t

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar

r = laju pertumbuhan penduduk

t = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t

2.10 Estimasi Jumlah Pelanggan

Perhitungan Estimasi jumlah pelanggan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut. (Usman, 2012)

$$U_n = U_0(1+fp)^n \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

U_n = Jumlah pelanggan pada tahun ke- n

U_0 = Jumlah pelanggan pada tahun perencanaan

fp = faktor pertumbuhan

n = Jumlah tahun prediksi

2.11 Perhitungan Offered Bit Quantity (OBQ)

OBQ adalah total bit throughput per km^2 pada jam sibuk. Untuk menghitung OBQ (kbps/km^2) digunakan persamaan berikut. (Usman, 2012)

$$OBQ = \sigma \times p \times d \times BHCA \times BW \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

OBQ = Offered Bit Quantity (kbps/km^2)

σ = kepadatan pelanggan suatu daerah (user/km^2)

p = penetrasi pengguna tiap layanan (%)

- d = durasi panggilan efektif (sec)
 $BHCA$ = Busy Hour Call Attempt (call/hour)
 BW = Net User Bit Rate (kbps)

2.12 Perencanaan Kapasitas

Perencanaan cakupan digunakan untuk menentukan *cell radius* dan mengestimasi jumlah *eNode B* yang diperlukan dalam suatu wilayah. Untuk menentukan *cell radius* maka harus dilakukan perhitungan *radio link budget*.

Capacity Dimensioning atau perencanaan kapasitas merupakan tahap awal dalam perencanaan kapasitas yang bertujuan untuk menentukan *cell radius* dan mengestimasi jumlah *Node B* yang diperlukan. Menentukan jumlah *cell radius* pada perencanaan kapasitas adalah dengan mengetahui nilai luas sel terlebih dahulu (Septiawan, 2015).

Perhitungan kapasitas sel dilakukan untuk menentukan besarnya daya tampung setiap 1 sel yang ada (Mahendra, 2010). Kapasitas dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Luas cakupan satu site} = \frac{\text{kapasitas sel}}{\Sigma OBQ} \dots\dots\dots(2.5)$$

2.13 Perhitungan Kapasitas Trafik

Trafik dalam telekomunikasi dapat dimaknai sebagai perpindahan informasi dari suatu tempat ke tempat lain melalui media telekomunikasi, dimana perpindahannya diukur dengan waktu. Nilai trafik pada suatu kanal yaitu penghitungan lama waktu pendudukan pada kanal tersebut (widyatmoko, 2015). Intensitas trafik merupakan jumlah waktu pendudukan per satuan waktu atau volume trafik dibagi dengan periode waktu pengamatan. Intensitas Trafik untuk setiap *user* diberikan oleh persamaan berikut :

$$A = \frac{n.T}{3600} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- A = Intensitas Trafik tiap *user* (Erlang)
 n = Jumlah panggilan per jam sibuk
 T = rata-rata waktu percakapan (detik)

Sedangkan besarnya total trafik yang ditawarkan dapat diketahui dengan menggunakan Erlang B untuk masing-masing jumlah kanal yang tersedia pada sel dengan mengetahui terlebih dahulu GoS untuk jumlah kanal dan intensitas trafik yang dimaksud (Santoso, 2006). GoS merupakan parameter yang menentukan tingkat pelayanan trafik yang didefinisikan sebagai perbandingan jumlah panggilan yang ditolak terhadap jumlah panggilan yang ditawarkan.

2.14 Kapasitas Kanal

Kapasitas kanal adalah banyaknya informasi yang bisa dilewatkan dalam sebuah kanal frekuensi, mempunyai satuan bit per detik per *Hertz* (bps/ Hz). Semakin besar kapasitasnya semakin baik . Dalam praktek, kapasitas kanal meningkat secara logaritma dengan *signal to noise ratio* (SNR), perbandingan daya sinyal terhadap *noise*. Semakin besar daya pancar maka semakin besar kapasitas kanal, karena SNR semakin besar.

Outage probability menurut definisi matematis adalah probabilitas kinerja kanal dibawah atau lebih rendah dari nilai batas nya. Dalam praktek, *outage probability* dipahami sebagai kemungkinan informasi mengalami *error* selama pengiriman dalam kanal *wireless*. *Diversity gain* yang akan mengurangi probabilitas *error* saat melewati kanal *wireless*. Semakin banyak antena yang digunakan, makin kecil *error* yang terjadi. *Outage* adalah kondisi dimana pesan tidak dapat didekodekan pada *receiver*.

Perhitungan kapasitas kanal *Node B*. Misalnya data jumlah *user* adalah 1 sektor 1 FA, maka didapatkan persamaan:

$$\sum \text{user tiap sektor tiap FA} = \frac{\text{Throughput tiap sektor tiap FA}}{\text{Throughput per user}} \dots\dots\dots(2.7)$$

2.15 Demand 4G

Perhitungan *demand* atau kebutuhan BTS didasarkan pada penggunaan telepon seluler berdasarkan acuan jumlah pengguna telepon seluler aktif. Jumlah pengguna seluler aktif adalah jumlah penduduk dikalikan teledensitas pengguna telepon seluler aktif. *Demand* kebutuhan BTS sama dengan Jumlah pertumbuhan

pengguna telepon seluler aktif dikalikan teledensitas rata-rata pengguna seluler aktif dibagi dengan kapasitas maksimum pengguna ideal BTS.

Demand trafik pengguna telepon seluler merupakan hasil perkalian jumlah percakapan pengguna seluler dengan rata-rata lama waktu percakapan dalam satu hari pada jam sibuk selama satu jam. Rata-rata lama percakapan pengguna seluler 1 BTS dalam 1 hari pada jam sibuk selama 1 jam (Priyono, 2010).

Untuk mendapatkan *demand* 4G perhitungan yang dilakukan adalah :

- a. Memperkirakan jumlah penduduk tahun 2017 dengan analisa *trend*.
- b. Menentukan besarnya usia produktif dari perkiraan jumlah penduduk tahun 2016.
- c. Menentukan besarnya penduduk usia produktif yang tercover oleh *Node B*.
- d. Menghitung Persentase *demand*.

$$\text{Avg data pemakaian per - user} = \sum \frac{\text{Traffic GPRS}}{\text{user GPRS}} \dots\dots\dots(2.8)$$

2.16 Morfologi Wilayah

Klasifikasi morfologi sebagai berikut:

- a. Urban ditandai dengan banyaknya perkantoran, perumahan padat, bangunan yang tinggi serta jalan yang sempit.
- b. Suburban adalah peralihan antara urban dan rural yang ditandai dengan banyaknya rumah penduduk yang berderet, tanaman dan pohon yang tinggi.
- c. Rural merupakan wilayah pertanian lahan kosong atau daerah terbuka.

2.17 Probabilitas *Monte Carlo*

Simulasi adalah sebuah metode analitik yang bertujuan untuk membuat imitasi dari sebuah sistem yang mempunyai sifat acak, dimana jika digunakan model lain menjadi sangat *mathematically complex* atau terlalu sulit untuk dikembangkan (Cahyo, 2008). Dalam simulasi *Monte Carlo* probabilitas juga dapat ditentukan dengan mengukur probabilitas sebuah kejadian terhadap suatu distribusi tertentu. *Monte Carlo* adalah algoritma komputasi untuk mensimulasikan berbagai perilaku sistem fisika dan matematika (Casarin, 2013). Penggunaan klasik metode

ini adalah untuk mengevaluasi integral definit, terutama integral multidimensi dengan syarat dan batasan yang rumit.

Karena algoritma ini memerlukan pengulangan (repetisi) dan penghitungan yang amat kompleks, metode *Monte Carlo* pada umumnya dilakukan menggunakan komputer, dan memakai berbagai teknik simulasi komputer. Algoritma *Monte Carlo* adalah metode *Monte Carlo* numerik yang digunakan untuk menemukan solusi matematis (yang dapat terdiri dari banyak variabel) yang sulit dipecahkan, misalnya dengan kalkulus integral, atau metode numerik lainnya. Dasar Metode Monte Carlo ditinjau dari suatu bentuk integral adalah sebagai berikut.

$$I \int_a^b f(x)dx \dots\dots\dots(2.9)$$

Untuk fungsi sembarang f. Salah satu alternatif penyelesaiannya adalah rata-rata f pada interval [a,b] dengan persamaan :

$$I = (a - b) \frac{1}{N} \sum_1^N f(x_i) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana x terdistribusi merata antara x=a dan x=b dan dalam hal ini ada N buah x yang diambil secara acak sebagai sampel dalam perhitungan integrasi tersebut. Jika diambil interval [1,0] maka persamaan 2.10 memberikan hasil sebagai berikut.

$$I = \frac{1}{N} \sum_1^N f(x_i) \dots\dots\dots(2.11)$$

Untuk memperkirakan ketidak pastian berkaitan dengan persamaan tersebut, bisa ditinjau $f_i = f(x)$ sebagai variabel acak dan memenuhi teorema batas pusat untuk N yang besar.

Simulasi Monte Carlo merupakan alat rekayasa yang ampuh untuk menyelesaikan berbagai persoalan rumit di dalam bidang probabilitas dan statistik. Meskipun demikian, simulasi Monte Carlo tidak memberikan hasil yang eksak, karena pada hakekatnya simulasi Monte Carlo adalah suatu metode pendekatan numerik. Seperti pada umumnya metode numerik, simulasi Monte Carlo membutuhkan banyak sekali iterasi dan usaha penghitungan, khususnya untuk masalah-masalah yang melibatkan peristiwa-peristiwa langka (very rare events). Jika suatu sistem mengandung elemen yang mengikutsertakan faktor kemungkinan, model yang digunakan adalah model stokastik. Dasar dari simulasi Monte Carlo

adalah percobaan elemen kemungkinan dengan menggunakan sampel random (acak).

Himpunan data hasil pengamatan bisa dimasukkan sebagai variabel acak (random). Disebut acak karena nilai dari variabel tersebut belum dapat dipastikan kebenarannya. Variabel acak sendiri dibedakan menjadi dua macam yaitu variabel diskrit dan variabel kontinyu. Variabel diskrit memiliki nilai pada titik tertentu, atau dapat juga dikatakan bahwa nilai variabel ini dapat dihitung (*countable*). Sejumlah data, baik dalam bentuk variabel diskrit maupun variabel kontinyu memiliki pola distribusi (sebaran) probabilitas pada sebuah pengamatan. Pola distribusi ini bisa didekati dalam dua macam fungsi: fungsi kerapatan probabilitas (*pdf*) dan fungsi distribusi kumulatif (*cdf*).

Fungsi Kerapatan Probabilitas (*Probability Density Function*). Pada data dengan variabel acak kontinyu, distribusi data sangatlah rapat sehingga fungsi probabilitas tidak bisa dikenakan pada masing-masing unit data. Oleh karena itu, model distribusi ini bukan merupakan fungsi probabilitas, namun fungsi kerapatan probabilitas dimana sebuah fungsi probabilitas dikenakan pada data-data dalam interval tertentu. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam fungsi kerapatan probabilitas adalah:

1. $f(x) \geq 0$
2. $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$
3. Variabel x yang terletak di antara a dan b harus memenuhi

$$p(a < x < b) = \int_a^b f(x)dx$$

Rata – rata dari variabel kontinyu yaitu

$$\mu_x = \int x f(x)dx$$

Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cummulative Distribution Function - cdf*) Pada variabel acak diskrit, *cdf* ini menyatakan jumlahan dari seluruh nilai fungsi probabilitas yang lebih kecil atau sama dengan nilai yang telah ditetapkan sebagai berikut. *Cdf* pada variabel acak kontinyu dinyatakan dalam bentuk integral sebagai berikut.

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx$$

Jika suatu sistem mengandung elemen yang mengikut sertakan faktor kemungkinan, model yang digunakan adalah model *Monte Carlo*. Dasar simulasi dari *Monte Carlo* adalah percobaan elemen kemungkinan dengan menggunakan sampel *random* (acak). Metode ini terbagi dalam 5 tahapan :

1. Membuat distribusi kemungkinan untuk variabel penting

Gagasan dasar dari simulasi monte carlo adalah membuat nilai dari tiap variabel yang merupakan bagian dari model yang dipelajari. Salah satu cara umum untuk membuat distribusi kemungkinan untuk suatu variabel adalah memperhitungkan hasil di masa lalu. Kemungkinan atau frekuensi relatif untuk tiap kemungkinan hasil dari tiap variabel ditentukan dengan membagi frekuensi observasi dengan jumlah total observasi.

2. Membangun distribusi kemungkinan kumulatif untuk tiap-tiap variable

Di tahap pertama Konversi dari distribusi kemungkinan biasa, seperti pada kolom kanan tabel 2 menjadi distribusi kumulatif dilakukan dengan menjumlahkan tiap angka kemungkinan dengan jumlah sebelumnya

3. Menentukan interval angka *random* untuk tiap variabel

Setelah kita menentukan probabilitas kumulatif untuk tiap variabel yang termasuk dalam simulasi, kita harus menentukan batas angka yang mewakili tiap kemungkinan hasil. hal tersebut ditujukan pada interval angka *random*. Penentuan interval didasari oleh kemungkinan kumulatif.

4. Membuat angka *random*

Untuk membuat angka *random* kita bisa menggunakan software Microsoft Excel dengan menggunakan perintah `Randbetween`, misal untuk angka *random* dari 1-100

kita tuliskan perintah: `=randbetween(1,100)` dan diulangi sejumlah baris yang diperlukan.

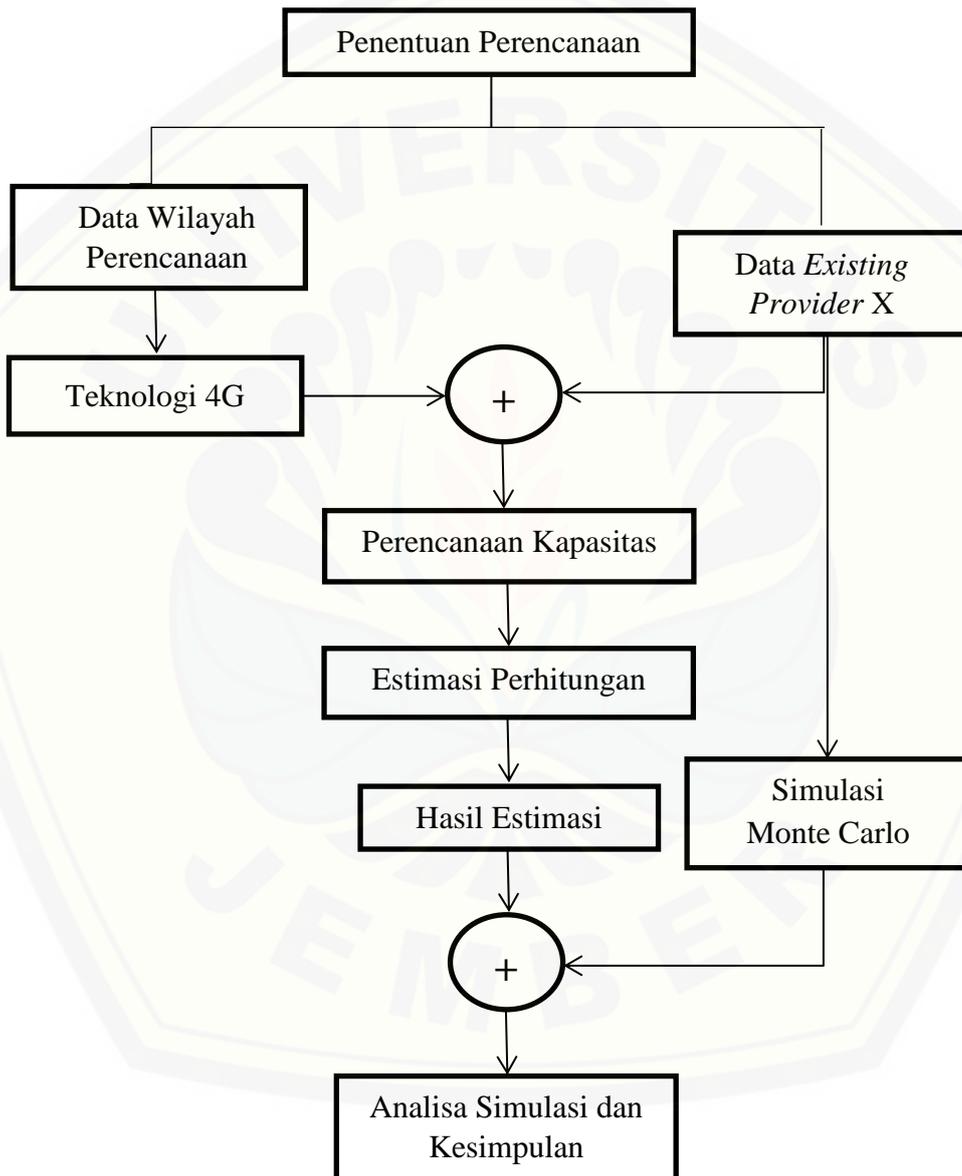
5. Membuat simulasi dari rangkaian percobaan

Kita bisa membuat simulasi dari sebuah eksperimen dengan mengambil angka *random*.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

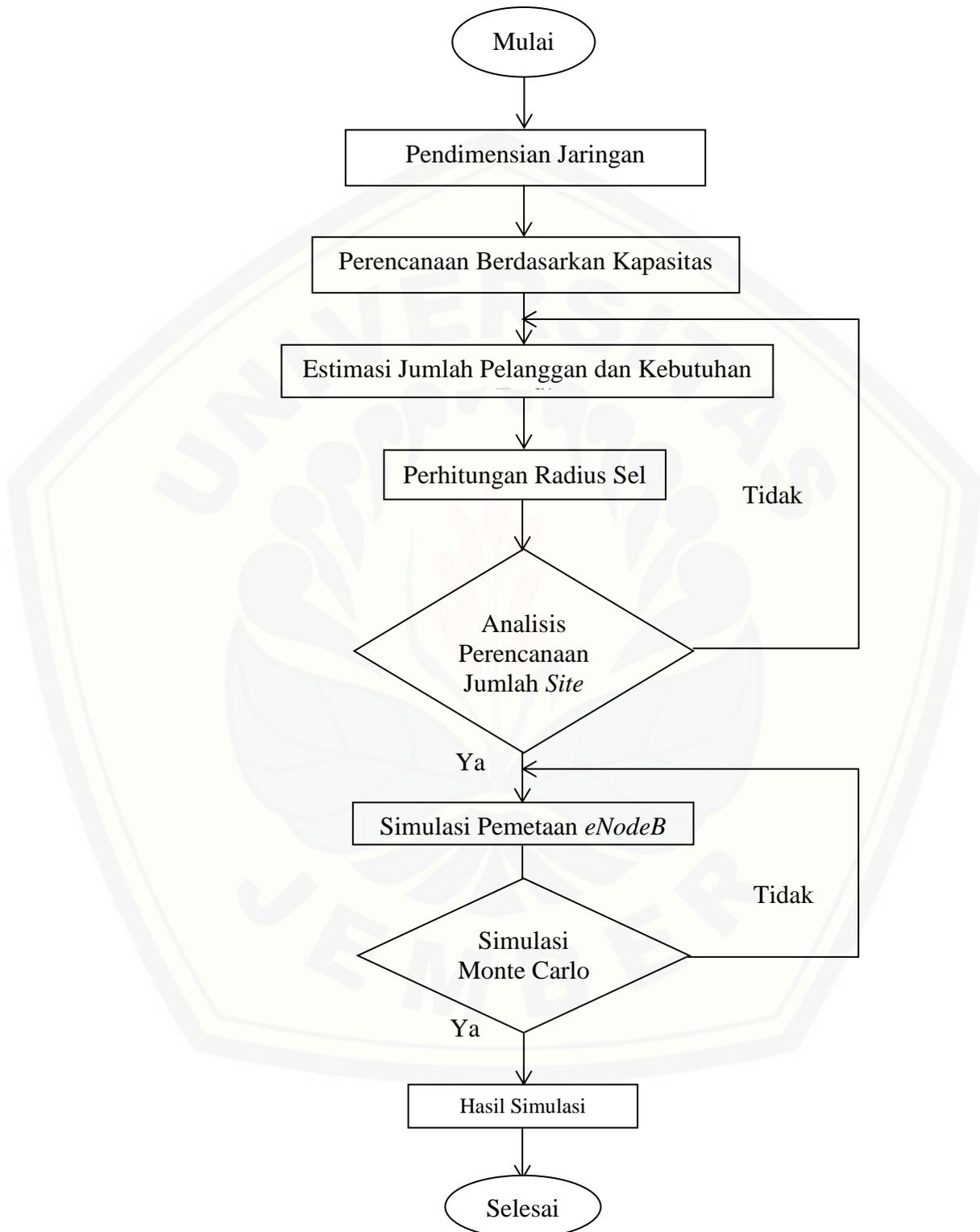
Pada bab metode penelitian ini membahas mengenai blok diagram penelitian, *flowchart* penelitian, pengumpulan data yang terdiri dari pengukuran dan perhitungan serta perancangan jaringan, dan lokasi penelitian.

3.1 Block Diagram Penelitian



Gambar 3.1 Block Diagram Penelitian

3.2 Flowchart Penelitian Perencanaan Jaringan



Gambar 3.2 Flowchart Perencanaan Jaringan 4G

Langkah-langkah perencanaan yang dilakukan antara lain:

1. Melakukan Pendimensian Jaringan yang terdiri dari menentukan daerah layananan, menentukan *demand* dengan acuan jumlah penduduk yang ada di kabupaten Jember. *Demand* pada penelitian ini menggunakan kepadatan penduduk terbesar sebagai acuannya.
2. Melakukan Perencanaan Kapasitas meliputi:
 - a. Estimasi jumlah pelanggan terhadap pertumbuhan perencanaan 5 tahun kedepan yaitu dari tahun 2017 hingga 2022
 - b. Melakukan perhitungan terhadap kepadatan pelanggan. Dimana kepadatan tersebut sebagai acuan perencanaan dalam simulasi.
 - c. Melakukan perhitungan Kepadatan trafik. Dalam perhitungan ini menggunakan perhitungan OBQ dengan persamaan:

$$OBQ = \sigma \times p \times d \times BHCA \times BW \dots\dots\dots(3.1)$$

Berikut merupakan klasifikasi Layanan LTE yang digunakan dalam perhitungan OBQ.

Service Type	Building	Pedestrian	Vehicular
Penetration rate (%)			
VoIP	50%	30%	20%
Video	30%	30%	20%
FTP	20%	20%	20%
BHCA (call/hour)			
VoIP	0,008	0,008	0,009
Video	0,007	0,008	0,009
FTP	0,009	0,008	0,008
Call duration			
VoIP	60	50	40
Video	20	20	10
FTP	30	20	30

Sumber : Data Provider

- d. Melakukan perhitungan Kapasitas Kanal dengan menggunakan persamaan

$$L = \frac{(Cx 3)}{OBQ Total} \dots\dots\dots(3.2)$$

- e. Melakukan perhitungan Jumlah sel dengan membagi luas area dengan luas sel. Sehingga dapat diketahui Jumlah sel.

3. Berikut parameter yang digunakan untuk menghitung *Path Loss*.

<i>Link Budget</i>	<i>Formula</i>
<i>Tx Antenna Gain (dBi)</i>	f
<i>Feeder Loss per m (dBm/m)</i>	g
<i>feeder length (m)</i>	h
<i>Feeder Loss/Line Loss (dB)</i>	i = g x h
<i>EIRP(dBm)</i>	j = e+f-i
<i>kT(dBm/Hz)</i>	k = 10log (k x T)
<i>Thermal Noise per Subcarrier (dBm)</i>	l = k + 10 log (15000 x d)
<i>Noise Figure(dB)</i>	m
<i>Required SINR at Cell Edge(dB)</i>	n
<i>Fast Fade Margin (dB)</i>	o
<i>Rx Sensitivity (dBm)</i>	p=l+m+n+o
<i>Rx Antenna Gain (dBi)</i>	q
<i>Rx RF Line Loss (dB)</i>	r
<i>Geometry Factor(dB)</i>	s
<i>Cell Load (%)</i>	t
<i>Interference Margin (dB)</i>	u = -10 log (1-t)
<i>Body Loss (dB)</i>	v
<i>Penetration Loss</i>	w
<i>Cell Area Probability (%)</i>	x
<i>Standart Deviation (dB)</i>	y
<i>Shadowing Margin (dB)</i>	z = y x 0,67
<i>Isotropic Power Required (db)</i>	aa = p-q+u+v+w+z
<i>Maximum Path Loss (dB)</i>	ab = j-aa

Menghitung *cell radius*

Menggunakan metode Okumura Hatta dengan persamaan :

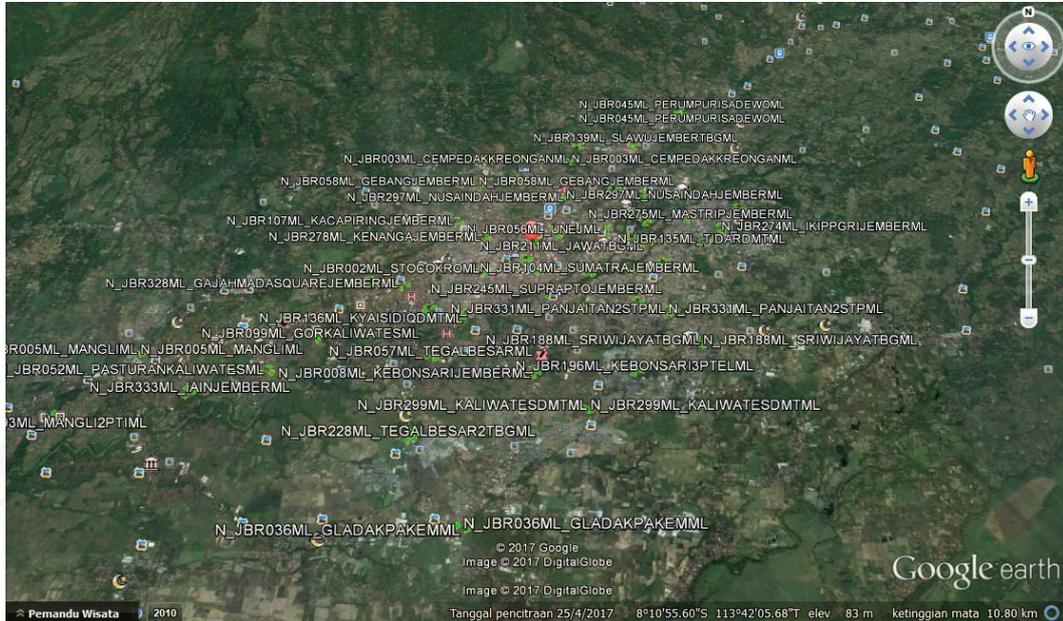
$$Lu = 46,3 + 33,9 \log f_c - 13,82 \log h_t - a(h_r) + (44,9 - 6,55 \log h_t) \log d + C_m \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

- Lu = *Path loss* rata-rata
- fc = Frekuensi (Mhz)
- ht = tinggi antenna *Base Station* (m)
- hr = tinggi antenna *Mobile Station* (m)
- d = jarak antara Ms dan BS (km)

3.3 Perencanaan Simulasi Penelitian

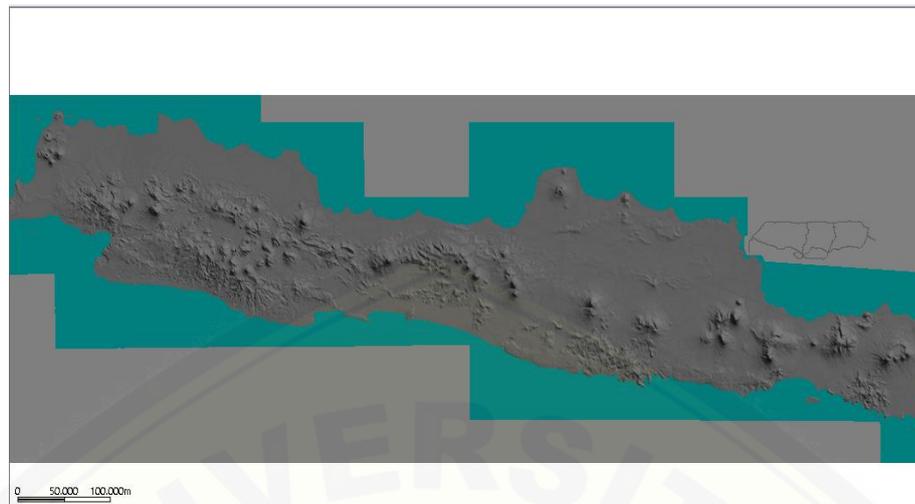
3.3.1 Data Node B Existing



Gambar 3.3 Site Existing Kabupaten Jember

3.3.2 Pemetaan Site

Pemetaan dilakukan untuk mengetahui jumlah *site* yang akan digunakan dalam perencanaan. Pemetaan dibagi 6 kecamatan. Pemetaan dilakukan untuk menentukan koordinat *eNodeB* tiap kecamatan. Setiap kecamatan memiliki jumlah kebutuhan *site* yang berbeda. Jumlah *site* mengikuti bentuk dan luas wilayah yang ada pada masing – masing kecamatan. Parameter yang dibutuhkan dalam penentuan lokasi *site* yaitu membutuhkan software dengan konfigurasi parameter terdiri dari Peta wilayah Jawa. Mengingat bahwa penelitian yang dilakukan berada di kabupaten jember yang terletak dipulau Jawa. Selanjutnya memasukkan parameter perencanaan yang sudah ada pada perencanaan sebelumnya yang terdiri dari *clutter*, ketinggian dan vektor. Kemudian parameter lokasi waktu harus disesuaikan mengikuti waktu sesuai wilayah jawa dan indonesia. Selanjutnya dilakukan penentuan wilayah yang disamakan dengan peta wilayah yang ada dikabupaten jember sesuai dengan kecamatan yang akan dirancang. Kemudian memunculkan *site* dengan rancangan yang digunakan.



Gambar 3.4 Peta Jawa Dalam Perencanaan



Gambar 3.5 Peta Kabupaten Jember

3.3.3 Coverage Signal Level

Signal level adalah hal yang sangat penting diukur yaitu pada UE. Dengan mengetahui nilai signal level berarti UE mendapatkan informasi tentang kuat sinyal pada suatu sel menggunakan dasar perhitungan path loss. Untuk mengetahui berhasilnya sebuah perencanaan dilakukan prediksi untuk mengetahui kualitas sinyal dari hasil pemetaan *site* yang ada. *Standart Signal Level* dapat dilihat pada tabel berikut.

<i>Signal Level</i> (dBm)	SL ≤ -105 dBm	-105 ≤ SL ≤ -95 dBm	-95 ≤ SL ≤ -80 dBm	SL ≥ -80 dBm
<i>Quality</i>	Sangat Buruk	Buruk	Baik	Sangat Baik

Sumber : Teknologi LTE (Usman, 2012)

3.4 Algoritma Simulasi Efisiensi Metode *Monte Carlo*

Penentuan letak *eNodeB* dalam penelitian ini berdasarkan efisiensi atau ukuran keberhasilan yang terdiri dari area yang tercover BTS terhadap area total yaitu 6 kecamatan, area yang tercover BTS terhadap jumlah area radius masing – masing BTS dan terdiri dari efisiensi penduduk yang tercover radius *site* terhadap jumlah total di enam kecamatan perencanaan. Rumusan matematika untuk mengetahui jumlah area radius BTS adalah sebagai berikut.

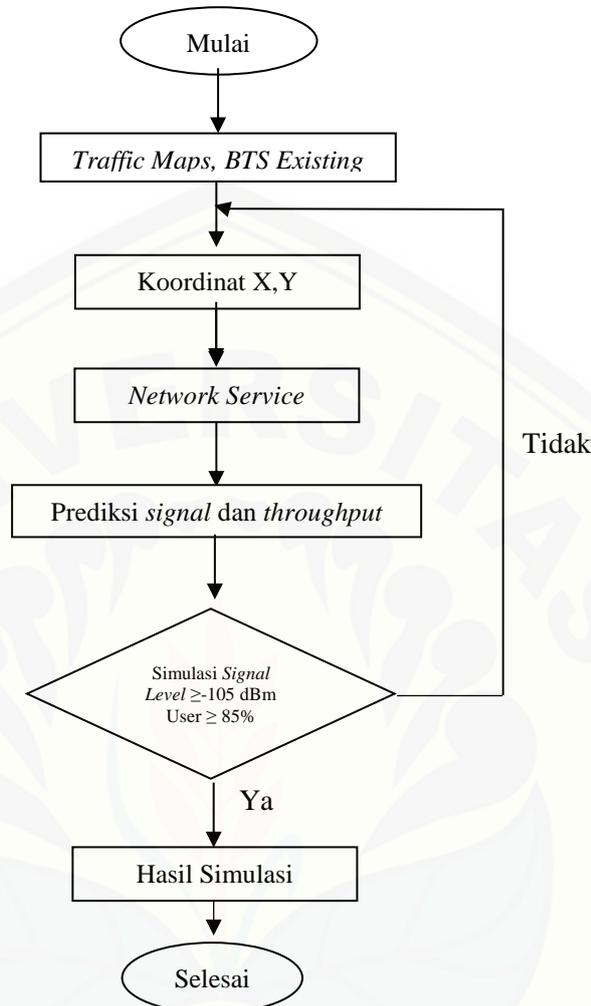
$$radius = \sum_{n=1}^x \{site(n, 3) \times (\pi \times site(n, 6)^2)\} \dots \dots \dots (3.4)$$

Variabel x merupakan jumlah total *site* hasil simulasi, *site* (n,3) merupakan sektor *site* yang terhubung, variabel (n,6) merupakan radius BTS. Begitu pula diperlukan rumusan matematika untuk efisiensi penduduk yang tercover terhadap total penduduk 6 kecamatan adalah sebagai berikut.

$$eff_{Pelanggan} = \frac{\frac{coverage}{radius} \times Pend}{Total Penduduk} \times 100\% \dots \dots \dots (3.5)$$

Coverage yang digunakan yaitu total luas cakupan dikalikan luas perencanaan, *pend* merupakan jumlah estimasi pelanggan dan total penduduk merupakan total 6 estimasi pelanggan. Efisiensi tersebut sebagai acuan keberhasilan dari data yg diperoleh dari hasil simulasi bahwa jumlah pelanggan harus melebihi hasil perhitungan efisiensi penduduk. Sehingga jumlah pelanggan yang dihasilkan dikatakan berhasil jika hasil yang didapatkan melebihi hasil efisiensi.

3.5 Simulasi *Monte Carlo* pada *Software Atoll*



Gambar 3.6 *Flowchart* Simulasi *Monte Carlo* pada *Software Atoll*

Dalam melakukan simulasi *Monte Carlo* pada *Atoll*, parameter yang perlu dibangun yaitu *Traffic Map* dan *subscribe list* atau data pelanggan. Tipe *Traffic Maps* terdiri dari pola peta, garis vektor, peta *existing* dan peta pelanggan atau *user*. Untuk mengetahui data pelanggan dilakukan pada lokasi yang tetap atau lokasi yang sama dan digunakan parameter yang telah digunakan pada *software*. Parameter yang digunakan yaitu antara lain sebagai berikut.

- a. Lokasi koordinat X dan Y. Koordinat kabupaten Jember terletak pada $113^{\circ}30'$ sd $113^{\circ}45'$ Bujur Timur (BT) dan $8^{\circ}30'$ Lintang Selatan (LS).
- b. Jumlah Sel yang sudah ditetapkan sesuai ketentuan. Tipe terminal yang digunakan yaitu *mobile terminal*.

c. *User Profile*. Pada parameter ini digunakan *user profile* dengan menggunakan 3 layanan untuk mengetahui terhubungnya *user* yaitu *VoIP*, *video* dan *file transfer*. Berikut merupakan tabel parameter *user*.

<i>Service</i>	<i>Terminal</i>	<i>Call/hour</i>	<i>Duration (sec)</i>	<i>UL Volume (Kbytes)</i>	<i>DL Volume (Kbytes)</i>
<i>VoIP</i>	<i>Mobile Terminal</i>	0.2	180	360	360
<i>Video</i>	<i>Mobile Terminal</i>	0.1		8640	8640
<i>File Transfer</i>	<i>Mobile Terminal</i>	0.4		3800	76800

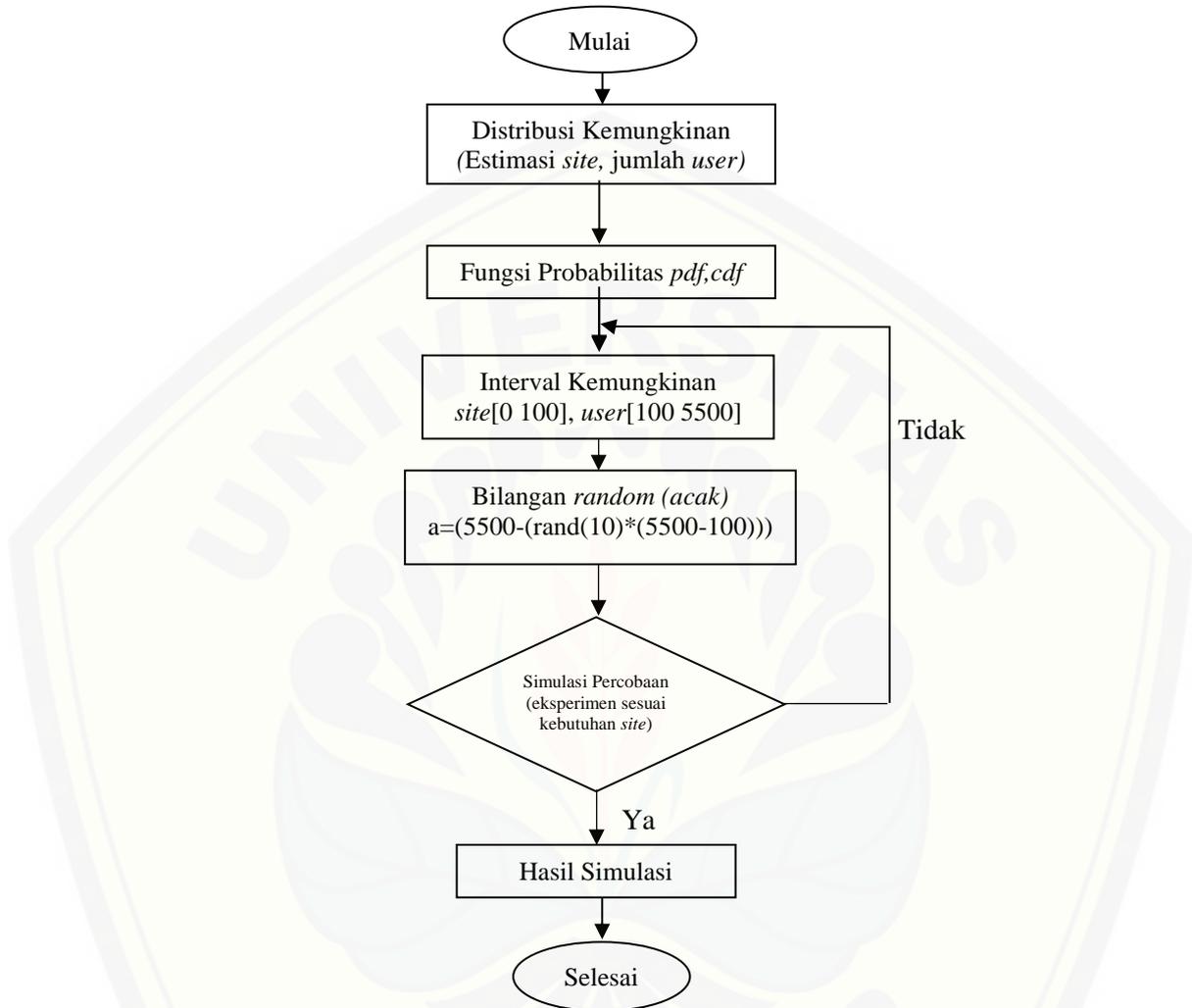
Selanjutnya untuk prediksi dari jumlah pelanggan yang didapatkan dilakukan prediksi *signal* dan *throughput*. Distribusi yang dilakukan adalah *mobile user* dan *service* yang dihitung menggunakan parameter yang ada pada perancangan sebelumnya seperti *power control*, *Noise Rise*, *allocation* dan lain-lain.

Berhasilnya perancangan dapat diketahui dari berhasilnya *proportional fair*, *demand* dan *max aggregate throughput*. Sehingga didapatkan hasil simulasi berupa *UL* dan *DL traffic*, *noise rise*, *throughput*, *traffic input* dan *statistic* yang terhubung seperti pada gambar berikut.

Name	Layer	Traffic Load (DL) (%)	Traffic Load (UL) (%)	UL Noise Rise (dB)	ICIC Noise Rise (UL) (dB)	MU-MIMO Capacity Gain (DL)	MU-MIMO Capacity Gain (UL)	Cell-edge Traffic Ratio (DL) (%)	Peak RLC Cumulated Throughput (DL) (kbps)	Effective RLC Cumulated Throughput (DL) (kbps)
Site0_1 (0)	Macro Layer	9,72	11,58	2,95	0	1	1	0	3.336,95	3.295,52
Site0_2 (0)	Macro Layer	7,59	10,64	2,78	0	1	1	0	2.710,42	2.670,69
Site0_3 (0)	Macro Layer	6,41	6,83	0,17	0	1	1	0	2.415,46	2.406,65
Site1_1 (0)	Macro Layer	6,37	8,64	1,35	0	1	1	0	1.992,53	1.976,14
Site1_2 (0)	Macro Layer	6,99	7,96	3,38	0	1	1	0	1.937,51	1.914,04
Site1_3 (0)	Macro Layer	5,63	7,18	1,28	0	1	1	0	1.860,57	1.818,67
Site11_1 (0)	Macro Layer	7,52	7,72	3,04	0	1	1	0	2.517,94	2.469,44
Site11_2 (0)	Macro Layer	5,61	6,9	4,02	0	1	1	0	1.479,19	1.450,74
Site11_3 (0)	Macro Layer	6,72	8,93	2,72	0	1	1	0	1.865,44	1.838,46
Site12_1 (0)	Macro Layer	7,53	9,7	3,33	0	1	1	0	2.274,62	2.237,66
Site12_2 (0)	Macro Layer	8,33	10,35	3,2	0	1	1	0	2.593,35	2.570,81
Site12_3 (0)	Macro Layer	7,64	7,69	2,88	0	1	1	0	2.487,79	2.468,44
Site13_1 (0)	Macro Layer	6,21	7,53	4,09	0	1	1	0	1.767,3	1.728,64
Site13_2 (0)	Macro Layer	9,24	5,53	3,91	0	1	1	0	2.806,22	2.742,52
Site13_3 (0)	Macro Layer	8,07	8,68	3,17	0	1	1	0	2.339,13	2.305
Site14_1 (0)	Macro Layer	7,22	9,86	3,76	0	1	1	0	2.212,83	2.167,67
Site14_2 (0)	Macro Layer	7,04	9,77	3,08	0	1	1	0	1.952,57	1.870,43
Site14_3 (0)	Macro Layer	7,25	5,61	3,11	0	1	1	0	2.330,43	2.308,48
Site15_1 (0)	Macro Layer	8,69	6,97	2,82	0	1	1	0	3.131,26	3.105,11
Site15_2 (0)	Macro Layer	7,31	6,47	3,57	0	1	1	0	2.347,31	2.306,79

Gambar 3.7 Hasil Simulasi Perancangan

3.6 Metode Probabilitas *Monte Carlo*



Gambar 3.7 *Flowchart Monte Carlo*

Hal yang dilakukan dalam simulasi *Monte Carlo* adalah digunakan percobaan elemen kemungkinan dengan menggunakan sampel *random*(acak). Dalam model simulasi *Monte Carlo* terdapat beberapa tahap untuk menghasilkan simulasi percobaan. Pada optimasi ini tahapan yang dilakukan antyara lain sebagai berikut.

- a. Menentukan distribusi kemungkinan. Dalam hal ini yaitu berupa permintaan(jumlah *site*) dan frekuensi (Jumlah pelanggan) yang dihasilkan dari simulasi *Monte Carlo* Sebelumnya.

b. Melakukan fungsi probabilitas. Fungsi probabilitas yang digunakan yaitu fungsi *pdf* dan *cdf*. Dimana fungsi tersebut dapat digunakan data dengan variabel yang diskrit dan kontinyu. Sehingga dapat diketahui grafik kebutuhan *site* secara *pdf* dan *cdf*. Syarat yang harus dipenuhi dalam kerapatan probabilitas *pdf* (*Probability Density Function*) adalah

1. $f(x) \geq 0$

2. $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$

3. Variabel x yang terletak di antara a dan b harus memenuhi

$$p(a < x < b) = \int_a^b f(x)dx$$

4. Rata – rata dari variabel kontinyu yaitu

$$\mu_x = \int x f(x)dx$$

Sedangkan untuk variabel acak kontinyu, *cdf* (*Cummulative Distribution Function*) menyatakan jumlahan dari seluruh nilai fungsi probabilitas setiap interval – interval data tertentu yang lebih kecil atau sama dengan nilai interval data yang telah ditetapkan. *Cdf* pada variabel acak kontinyu dinyatakan dalam bentuk integral sebagai berikut.

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx$$

- c. Menentukan Interval. Untuk mengetahui interval dari suatu permintaan dan frekuensi dilakukan perhitungan menggunakan program pada *system*. Penelitian ini menggunakan *fuzzy* pada *matlab*.
- d. Membangkitkan bilangan angka *random*(acak). Pembangkitan nilai *random* dapat dilakukan dengan memasukkan angka sesuai dengan interval yang sudah didapatkan sebelumnya.
- e. Melakukan Simulasi Percobaan. Sebuah eksperimen dilakukan dengan mengambil angka *random* dari bilangan *random* yang telah dibuat.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari perencanaan dan simulasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Perencanaan *site* jaringan LTE ditentukan berdasarkan luas wilayah dan koordinat masing – masing kecamatan. Berdasarkan BTS *existing* didapatkan 108 *site* untuk perencanaan 5 tahun kedepan dari 2017 – 2022 dengan 52 *site* merupakan *existing* dan 56 *site* merupakan *eNodeB* baru. Penentuan *site* terbesar terletak dikecamatan Sumbersari sebesar 24 *site* dengan luas wilayah 37.05 km² yang terletak diantara koordinat X 113,72065441E dan Y 8,199720111S pada *site*24 seperti terlihat pada gambar 4.2.
2. Hasil optimasi kebutuhan *site* sebanyak 113 *site* yaitu melebihi hasil simulasi dengan selisih 8 *site*. Penentuan jumlah *site* simulasi *Monte Carlo* menghasilkan luas total cakupan *signal level* bervariasi. Daerah dengan level sangat baik menurut standart teknologi LTE terletak pada kecamatan Kaliwates dengan level -70 dBm dan luas total 4.16 km² serta *user* yang terhubung sebesar 97.3%. Namun daerah tersebut sebagian besar wilayahnya sudah terdapat *eNodeB existing* dan berada dalam tahap perkembangan. Untuk daerah yang dapat dibangun jaringan baru yaitu terletak di kecamatan Kalisat dengan luas cakupan *signal level* -70 dBm sebesar 1.765 km² dengan jumlah *user* yang terhubung sebesar 1802 *user* atau 99.6% serta *demand throughput downlink* 169.21 Mbps dan *uplink* sebesar 87.14 Mbps.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian, penulis memberikan saran untuk mengembangkan penelitian ini untuk penelitian berikutnya antara lain.

1. Dilakukan penelitian pada penetrasi LTE terhadap interferensi dan noise.
2. Perencanaan simulasi *Monte Carlo* menggunakan data yang lebih lengkap agar hasilnya optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Agastya. (2015, agustus). Perencanaan Kebutuhan Node B pada sistem Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) Wilayah Ubud. *E-Journal SPEKTRUM Vol. 2*. Diambil kembali dari databoks.matadata.co.id.
- Aryanti, P. D. (2013). OPTIMASI PENEMPATAN NODE B UMTS900 PADA BTS EXISTING MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA. *Jurnal EECCIS Vol.7*.
- BPS. (2010). *Badan Pusat Statistik*.
- Cahyo, W. N. (2008). PENDEKATAN SIMULASI *MONTE CARLO* UNTUK PEMILIHAN ALTERNATIF DENGAN DECISION TREE PADA NILAI OUTCOME YANG PROBABILISTIK.
- Damayanti, Y. (2014). Perencanaan Lokasi Menara Baru Telekomunikasi di kabupaten Jember. *Proseding Seminar Tugas Akhir Teknik Elektro*.
- Forsk. (2011). *ATOLL LTE FEATURE*.
- Hamdana, E. N. (2012). Analisis Perencanaan Jaringan Universal Mobile Telecommunication System (UMTS).
- Hamdana, E. N. (2012). Optimasi Perencanaan Jaringan UMTS pada Node B Menggunakan Probabilitas *Monte Carlo*.
- Hermawan, V. L. (2016). perencanaan jaringan LTE 1800Mhz di wilayah magelang menggunakan BTS existing operator xyz. *prosiding SNST*.
- kaaranen. (2005). UMTS Network Architecture, mobility and services.
- Mahendra, P. B. (2010). perencanaan Jaringan UMTS pada frekuensi 900 Mhz studi kasus area Yogyakarta.
- Mawjoud, D. S. (2005). Evaluation of Power Budget and Cell Coverage Range in Cellular GSM System.
- Menkominfo. (2016). *Pengguna Internet Indonesia Nomor Enam Dunia*. Diambil kembali dari KEMENTRIAN KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA REPUBLIK INDONESIA: https://www.kominfo.go.id/content/detail/4286/pengguna-internet-indonesia-nomor-enam-dunia/0/sorotan_media

- Muhammadri. (2008). PROPAGASI GELOMBANG RADIO DALAM PERENCANAAN JARINGAN.
- Nuralam. (2016). perencanaan base station untuk jaringan sistem komunikasi bergerak berbasis WCDMA di wilayah sub urban
- Pranoto, S. (2015, Mei 8). *Arsitektur LTE*.
- Prijono, W. A. (2010). Penataan Menara BTS (Cell Planning). *Jurnal EECCIS Vol. IV, No. 1*.
- Rahman, F. (2017). *perencanaan jaringan Long Term Evolution (LTE) berdasarkan Node B 3G existing di kota Pekanbaru* .
- Report, A. (2016). *Digital Accelerating*. Indonesia.
- Santoso, G. (2006). *sistem seluler WCDMA*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Septiawan, Y. (2015). Perencanaan Jaringan LONG TERM EVOLUTION Time Division Duplex TDD Disemarang Tahun 2015-2020.
- sesia, s. (2011). *LTE- The UMTS Long Term Evolution*. ST Ericson-France.
- Statistik, B. P. (2014). *Jember Dalam Angka*.
- Sugiyanto, Y. (2013). MobileIndonesia.net. *Sharing Knowledge, Sharing Information*.
- Surjati, I. (2008). ANALISIS PERHITUNGAN LINK BUDGET INDOOR ENETRATION WIDEBAND CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS (WCDMA) DAN HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS (HSDPA) PADA AREA PONDOK INDAH. *JETri, Volume 7, Nomor 2*, Halaman 1 - 20, ISSN 1412-0372.
- Tawakal, i. (2015). analisis perencanaan jaringan LTR MULTI-RAT UMTS existing study kasus di kota bandung.
- TELKOM. (2015). *Laporan Tahunan Telkom* .
- Usman, U. K. (2012). *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Bandung: Rekayasa sains.

LAMPIRAN

