

Optimasi Perencanaan Jaringan *UMTS* pada *Node B* Menggunakan Probabilistik *Monte Carlo*

Elok Nur Hamdana, Sholeh Hadi Pramono, dan Erfan Achmad Dahlan

Abstrak — Untuk bisa membangun suatu jaringan atau infrastruktur yang dapat melayani pelanggan dengan kualitas yang baik diperlukan perencanaan yang baik pula agar nilai investasi yang ditanamkan bisa optimal. Optimasi perencanaan pada jaringan *UMTS* (Universal Mobile Telecommunication System) merupakan masalah yang cukup kompleks karena *UMTS* merupakan teknologi yang baru, sehingga diperlukan metode yang efisien untuk pelayanan yang diberikan pada suatu area tertentu agar dapat terlayani secara optimal. Pada penelitian ini dilakukan optimasi penentuan lokasi *Node B*, serta menentukan tipe *Node B* yang akan digunakan pada salah satu operator yang ada di Kota Malang dengan menggunakan metode Probabilistik Monte Carlo. Penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu pendimensian jaringan, perencanaan kapasitas dan pengoptimasian jaringan. Hasil optimasi sistem dari 25 *BTS* existing didapatkan 15 site terpilih untuk memenuhi coverage layanan. Untuk menentukan kapasitas kanal yang dibutuhkan pada masing-masing *Node B* tersebut dilakukan metode random untuk memprediksi jumlah pelanggan yang masuk dalam wilayah perencanaan jaringan. Metode random yang digunakan adalah probabilistik Monte Carlo

Kata Kunci— *Node B*, Coverage, Monte Carlo

I. PENDAHULUAN

TEKNOLOGI informasi dan telekomunikasi merupakan teknologi seluler yang pertumbuhannya sangat cepat. Hal ini ditandai dengan bertambahnya jutaan pelanggan sistem *wireless* (selular) di Indonesia setiap tahunnya (Kominfo, 2011). Pertumbuhan pelanggan selular yang cepat ini tidak hanya terjadi di kota-kota besar melainkan sudah sampai ke kota-kota kecil bahkan pedesaan. Hal ini tentu saja memerlukan tersedianya infrastruktur jaringan yang mampu melayani pelanggan dengan kualitas yang baik. Parameter untuk

Elok Nur Hamdana, Mahasiswa Program Magister dan Doktor Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (email elok_teub@yahoo.com)

Sholeh Hadi Pramono, dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (Telp.0341-665144; email sholehpramono@gmail.com)

Erfan Achmad Dahlan, dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (Telp.0341-665144; email erfanad@yahoo.co.id)

melihat kualitas layanan diantaranya adalah persentase berhasilnya panggilan yang dilakukan (*call success ratio*) dan tidak terputusnya hubungan pada saat berkomunikasi (*call completion ratio*). Pada saat ini sistem selular sudah memasuki generasi ketiga dengan telepon *mobile* tidak hanya untuk komunikasi suara, melainkan juga untuk mengakses data (*internet mobile*) dan multimedia. Hal ini menuntut jaringan sistem telekomunikasi yang dibangun harus mampu melayani komunikasi data dengan kecepatan yang tinggi. Salah satu teknologi yang dapat memenuhi itu semua adalah 3G, teknologi ini mampu memberikan layanan dengan kecepatan data sampai 2 Mbps.

Untuk bisa membangun suatu jaringan atau infrastruktur yang dapat melayani pelanggan dengan kualitas yang baik diperlukan perencanaan yang baik pula supaya nilai investasi yang ditanamkan bisa optimal. Dan diperlukan metode yang efisien untuk pelayanan yang diberikan pada suatu area tertentu agar dapat ter-cover secara optimal^[2].

Pada penelitian ini akan dilakukan optimasi penentuan lokasi *Node B* pada jaringan *UMTS*, serta menentukan tipe *Node B* yang akan digunakan pada salah satu operator yang ada di Kota Malang.

Parameter yang digunakan untuk menentukan lokasi *Node B* berdasarkan pada *BTS* (*Base Transceiver Station*) existing, *radius cell* dan banyaknya *demand* yang ter-cover oleh *BTS* existing tersebut. besarnya *radius cell* dipengaruhi oleh frekuensi, *link budget*, tinggi antenna dan morfologi wilayah. Optimasi penentuan lokasi *Node B* dilakukan menggunakan metode *Monte Carlo* dengan kriteria optimasi banyaknya *demand* yang ter-cover *BTS*, efisiensi area, efisiensi *radius* dan efisiensi jumlah *demand*.

Optimasi penentuan tipe *Node B* berdasarkan pada distribusi *demand* 3G yang ter-cover dan trafik GPRS *Node B* tersebut, untuk menentukan besarnya *demand* 3G digunakan metode acak. Adanya faktor ketidakpastian yang berupa variabel acak ini menyebabkan sulit menyelesaikan modelnya. Sehingga dibutuhkan bantuan *tools* untuk membantu menyelesaikannya.

Simulasi dapat digunakan sebagai cara untuk menyelesaikan persoalan dengan variabel acak. Pada penelitian ini akan digunakan pendekatan solusi dengan metode *Monte Carlo* untuk menyelesaikan masalah pada optimasi perencanaan jaringan *UMTS* di sisi *Node B*.

Siagian (1987) menyatakan bahwa simulasi *Monte Carlo* merupakan suatu pendekatan untuk membentuk kembali distribusi peluang yang didasarkan pada pilihan atau pengadaan bilangan acak (*random*). Penggunaan metode *Monte Carlo* memerlukan sejumlah besar bilangan acak, dan hal tersebut semakin mudah dengan perkembangan pembangkit bilangan acak, yang jauh lebih cepat dan praktis.

Pada penelitian ini akan digunakan pendekatan solusi dengan metode probabilistik *Monte Carlo* untuk menyelesaikan masalah pada optimasi perencanaan jaringan UMTS pada *Node B*. Optimasi sistem dilakukan dengan menggunakan bantuan *software*.

II. LANDASAN TEORI

Pada tahun 2006 Amaldi dkk, mengimplementasikan pendekatan *integer programming* untuk menentukan lokasi dari *base station* yang optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan lokasi dan bagaimana konfigurasi dari *base station* agar dapat memaksimalkan daerah jangkauan dengan biaya instalasi yang minim. Pendekatan *integer programming* yang digunakan menggunakan algoritma *two stage tabu search*^[1].

Optimasi Perencanaan jaringan pada wilayah jangkauan 3G dengan menggunakan metode *tabu search* juga dilakukan oleh Campone dkk pada tahun 2008. Dengan pengangkat permasalahan mengenai *control coverage* untuk teknologi 3G. Penelitian ini menggunakan model *mathematical programming* yang digunakan untuk menentukan dimana *base station* baru yang dapat di gunakan dan bagaimana konfigurasi dari *base station* tersebut.

Dari beberapa penelitian yang dilakukan kebanyakan metode yang digunakan adalah metode heuristik untuk itu pada penelitian yang akan dilakukan akan mencoba dengan menggunakan metode yang lain, yaitu dengan menggunakan metode *Monte Carlo*. Optimasi perencanaan jaringan UMTS untuk penentuan lokasi dan tipe *Node B* akan dilakukan pada salah satu operator yang ada di kota Malang. Penelitian dilakukan berdasarkan pada *BTS existing*.

Sri Mulyono (2002) dalam bukunya yang berjudul "Riset Operasi" menyatakan bahwa dalam simulasi, variabel *random* dinyatakan dalam distribusi probabilitas, sehingga sebagian besar model simulasi adalah model probabilistik. Arti istilah *Monte Carlo* sering dianggap sama dengan simulasi probabilistik, namun *Monte Carlo sampling* secara lebih tegas berarti teknik memilih angka secara *random* dari distribusi probabilitas untuk menjalankan simulasi.

Simulasi *Monte Carlo* merupakan bentuk simulasi probabilistik dimana solusi dari suatu masalah diberikan berdasarkan proses *random* (acak). Proses acak ini melibatkan suatu distribusi dari variabel-variabel data yang dikumpulkan berdasarkan data masa lalu maupun distribusi probabilitas teoritis. Bilangan acak digunakan untuk menjelaskan kejadian acak setiap waktu dari variabel acak dan secara berurutan mengikuti perubahan-perubahan yang terjadi dalam proses

simulasi (Tarsine, 1994:511).

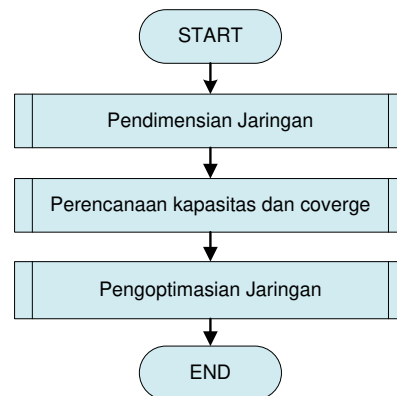
Tahapan-tahapan dari metode *Monte Carlo* adalah sebagai berikut;

- Membuat distribusi kemungkinan untuk variabel penting.
- Membangun distribusi kumulatif untuk tiap variabel yang penting di tahap pertama.
- Menentukan interval angka acak untuk tiap variabel. Setelah menentukan probabilitas kumulatif untuk tiap variabel yang termasuk dalam simulasi, langkah selanjutnya adalah menentukan batas angka yang mewakili tiap kemungkinan hasil. hal tersebut ditujukan pada interval angka acak. Penentuan interval didasari oleh kemungkinan kumulatifnya.
- Melakukan simulasi dengan bilangan acak.
- Menganalisa keluaran simulasi

Monte carlo merupakan metode simulasi stokastik yang dapat diterapkan untuk beberapa keperluan yang pada umumnya berkaitan dengan penggunaan angka acak dengan distribusi peluang yang dapat diketahui dan ditentukan. Pada beberapa kasus metode ini menggunakan proses iterasi yang melibatkan sejumlah kalkulasi besar untuk meningkatkan reabilitas hasil simulasi secara statik.

III. METODE PENELITIAN

Tahapan dan konsep penelitian yang akan dilakukan terangkum pada Gambar 1.



Gambar 1 Flowchart Tahapan Penelitian

Tahapan proses Penelitian ini terbagi menjadi tiga bagian utama yaitu;

A. Pendimensionan jaringan

Proses pertama adalah menentukan jumlah penduduk yang berpotensi sebagai pengguna jaringan UMTS pada tahun 2012. Proses kedua yaitu menentukan besarnya *Radius Cell* pada masing-masing BTS berdasarkan tipe morfologi wilayahnya.

B. Perencanaan Kapasitas dan Coverage

Dilakukan analisis mengenai tipe BTS yang akan digunakan. Tipe BTS yang akan digunakan mencakup pada besarnya kapasitas kanal yang mampu ditampung. Kapasitas kanal yang dimaksud adalah besarnya

demand 3G yang akan dilayani tergantung pada *throughput* yang digunakan.

C. Pengoptimasian jaringan

Proses pengoptimasian pada penelitian ini terdiri dari dua bagian yaitu;

- Optimasi *demand* dan tipe *Node-B*
- Optimasi menentukan lokasi dari *Node B*

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pendimensionan Jaringan

1) Menentukan demand

Untuk menentukan kepadatan penduduk pada tahun 2012 digunakan metode peramalan deret berkala (*time series*). Wilayah pendimensionan terbagi menjadi dua daerah utama., yaitu *urban* dan *suburban*.

TABEL 1
DAERAH PENDIMENSIONAN JARINGAN LAYANAN UMTS DI KOTA MALANG

Wilayah yang dimaksud	Luas Area (Km ²)	% terhadap Luas Kota	Jmlh Pddk	Kepadatan Penduduk per Km ²
<i>Urban</i>				
Klojen	8,83	8,02	115.329	13.061
Sukun	20,97	19,05	193.531	9.229
Blimbing	17,77	16,15	185.129	10.418
<i>Suburban</i>				
Kedungkandang	39,89	36,24	191.397	4.798
Lowokwaru	22,60	20,53	162.762	7.202

2) Menentukan Radius Cell

Parameter yang terlibat dalam analisis ini adalah:

- Parameter *Link Budget (Path Loss)*
- Morfologi wilayah perencanaan
- Propagation Model (Hatta Cost 321)

Dengan menggunakan rumus model *Hata Cost-231* maka nilai *cell radius* dapat di cari dengan menggunakan parameter-parameter yang telah ditentukan.

- Frekuensi (f_c) = 1945 MHz (*Uplink*)
- *Mobile antenna height* (h_m) = 1,5 m
- *Base station antenna height* (h_b) = 30 m
- Morfologi untuk daerah *urban*

nilai $a(h_m)$ yang digunakan adalah:

$$a(h_m) = 3,2(\log_{10} 11,75 h_m)^2 - 4,97 \text{ dB}$$

$$a(h_m) = -0,00091$$

Sehingga didapatkan nilai r sebesar;

$$APL = 46,3 + 33,9 \log_{10} f_c - 13,82 \log_{10} h_b - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \log_{10} h_b) \log_{10} 140,75 = 46,3 + 33,9 \log_{10} 1945 - 13,82 \log_{10} 30 + 0,00091 + (44,9 - 6,55 \log_{10} 30) \log_{10} r$$

$$140,75 = 137,38 + 35,22 \log_{10} r$$

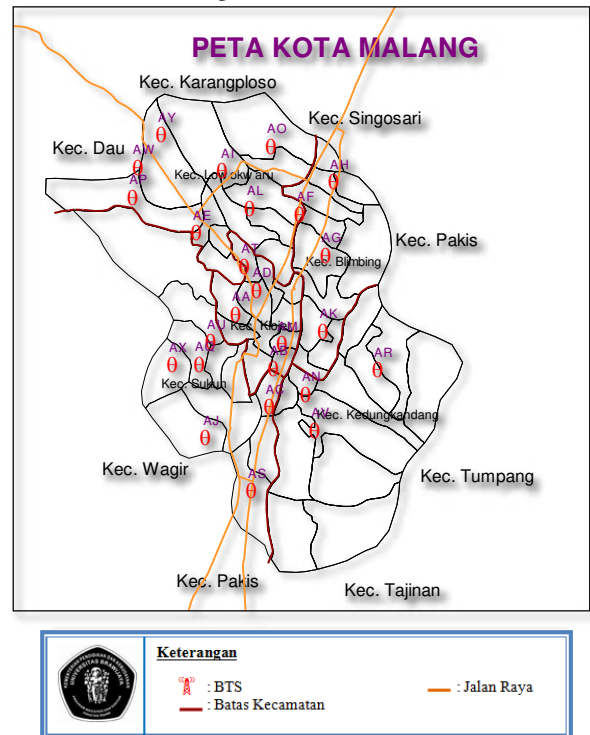
$$35,22 \log_{10} r = 3,37$$

$$\log_{10} r = \frac{3,37}{35,22} = 0,09568 \rightarrow r = 1,25 \text{ Km}$$

Dengan parameter yang sama didapatkan radius sel untuk wilayah *suburban* sebesar 1,33 Km.

3) Distribusi BTS Existing

Jumlah BTS yang ada sebanyak 25. *Plotting* BTS tersebut adalah sebagai berikut;



Gambar 2. *Plotting Existing* BTS pada peta digital

B. Perencanaan Kapasitas

1) Throughput

Throughput pada optimasi ini menggunakan 2,4 Mbps. Perhitungan *throughput* per *subscriber* dipengaruhi oleh *bit rate* dan nilai trafik tiap *subscriber* (A_{SUBS}) = 17 mErlang.

Perhitungan *Throughput per Subscriber*:

$$\text{Throughput per pelanggan} = A_{SUBS} \times \text{bit}$$

$$= 0,017 \times 384 \text{ kbps} = 6,528 \text{ kbps}$$

Perhitungan *Throughput suatu BTS*:

Dalam 1 BTS yang terdiri dari 1 sektor 1FA, nilai *throughput*nya 2400 kbps.

Jika suatu BTS tipenya 1 sektor 2 FA, maka nilai *throughput*-nya adalah:

$$1 \text{ sektor } 2 \text{ FA} = \sum \text{sektor} \times \sum \text{FA} \times 2400 \text{ kbps}$$

$$= 1 \times 2 \times 2400 \text{ kbps} = 4800 \text{ kbps}$$

Perhitungan *Kapasitas Kanal per Site*

Kanal yang mampu ditampung oleh satu BTS dapat diketahui dari nilai *throughput* BTS dan *throughput* per pelanggan.

Perhitungan *kapasitas kanal* :

Menghitung kapasitas kanal *node B* :

$$\sum \text{user tiap sektor tiap FA} = \frac{\text{Throughput tiap sektor tiap FA}}{\text{Throughput per user}}$$

$$= \frac{2400 \text{ Kbps}}{6,528 \text{ Kbps}}$$

$$= 368 \text{ user tiap sektor tiap FA}$$

Jika BTS bertipe 1 sektor 2 FA maka:

$$1 \text{ sektor } 2 \text{ FA} = \sum \text{sektor} \times \sum \text{FA} \times 386 \text{ user}$$

$$= 1 \times 2 \times 368 = 736 \text{ user}$$

Perhitungan demand 3G

Perhitungan demand 3G dilakukan dengan melihat coverage Node B terhadap suatu wilayah dan total usia produktif.

Menentukan % demand GPRS

Didapatkan data sebagai berikut:

Trafik GPRS total kota Malang = 21.969.038 Kbyte

Total user GPRS untuk kota Malang = 500.000 user

Maka jumlah rata-rata pemakaian data tiap user sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Avg pemakaian data per - user} &= \frac{\sum \text{trafik GPRS}}{\sum \text{user GPRS}} \\ &= \frac{21.969.038 \text{ Kbyte}}{500.000 \text{ user}} = 43,94 \text{ Kbyt/user} \end{aligned}$$

Diketahui traffik GPRS BTS AA = 728.471 Kbyte sehingga, Jumlah user GPRS untuk Kota Malang sebesar:

$$\begin{aligned} \sum \text{User GPRS} &= \frac{\text{trafik GPRS tiap BTS}}{\text{Avg pemakaian data per user}} \\ &= \frac{728.471 \text{ Kbyte}}{43,94 \text{ Kbyte/user}} = 16579 \text{ user} \end{aligned}$$

Menentukan prosentase user GPRS

Perhitungan sebelumnya diketahui:

Jumlah user GPRS untuk node B di site AA = 16.578 user

Jumlah user GPRS di kota Malang = 500.000 user

Prosentase user GPRS pada node B di site AA adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{user GPRS node B - AA} &= \frac{\text{user GPRS node B - AA}}{\sum \text{user GPRS}} \times 100\% \\ &= \frac{16.578}{500.000} \times 100\% = 3,32\% \end{aligned}$$

Menentukan demand 3G

Perhitungan akhir untuk menentukan demand 3G pada node B di site AA:

$$\begin{aligned} \text{demand 3G} &= (\text{pddk tercover Node B}) \\ &\times (\% \text{user GPRS node B}) \end{aligned}$$

C. Pengoptimasian Jaringan

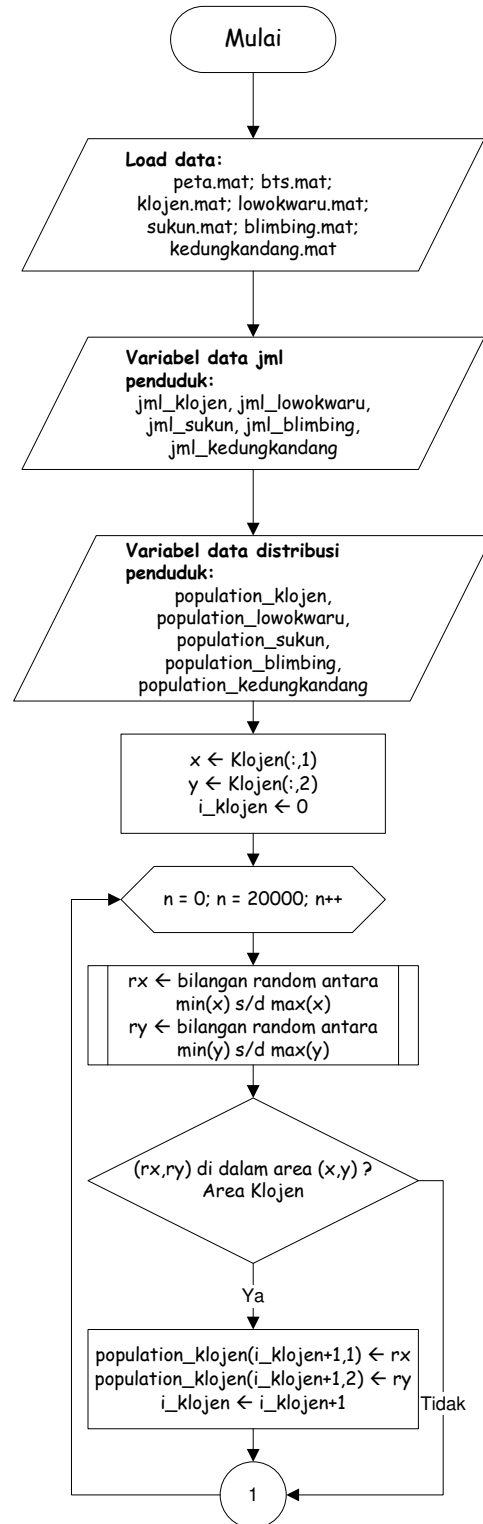
1) Distribusi Penduduk dan Penentuan Tipe Node-B

Untuk menentukan tipe Node-B, hal yang digunakan acuan adalah demand 3G pada masing-masing BTS 3G (Node-B). Oleh karena itu diperlukan adanya simulasi yang dapat merepresentasikan demand 3G pada BTS kandidat Node-B.

Simulasi Distribusi Penduduk Kota Malang dengan Monte Carlo

Sebelum perhitungan demand 3G, yang pertama dilakukan adalah melakukan simulasi persebaran penduduk yang ada di masing-masing kecamatan dalam Kota Malang. Dalam penelitian ini, simulasi distribusi penduduk di masing-masing kecamatan Kota Malang dilakukan menggunakan software. Untuk melakukan simulasi distribusi penduduk Kota Malang, parameter yang dibutuhkan adalah data peta masing-masing

kecamatan, jumlah penduduk pada masing-masing kecamatan. Diagram alir simulasi distribusi penduduk Kota Malang ditunjukkan dalam Gambar 3 di bawah.



Gambar 2 Diagram alir simulasi distribusi penduduk Kota Malang Kecamatan Klojen

Distribusi penduduk hasil simulasi dengan koordinat letaknya disimpan dalam tabel data variabel population_blimbing, population_klojen, population_lowokwaru, population_sukun, dan population_kedungkandang, sedangkan jumlah titik-titik dalam masing-masing kecamatan

disimpan dalam variabel i_klojen , $i_blimbing$, i_sukun , $i_kedungkandang$, dan $i_lowokwaru$.

Tabel hasil simulasi untuk proses pendistribusian penduduk seperti terlihat pada Tabel 2 di bawah ini.

TABEL 2
HASIL SIMULASI DISTRIBUSI PENDUDUK

No	% GPRS	Radius (Km ²)	Covered (jiwa)	3G Demand (jiwa)
	3	5	6	7
1	0,033165	0,011248878	85630	2839,91895
2	0,02816	0,011248878	77372	2178,79552
3	0,041543	0,011248878	55908	2322,586044
4	0,025346	0,011248878	85287	2161,684302
5	0,054896	0,011968806	54994	3018,950624
6	0,034141	0,011248878	70061	2391,952601
7	0,033256	0,011248878	87668	2915,487008
8	0,02014	0,011248878	53779	1083,10906
9	0,055917	0,011968806	47562	2659,524354
10	0,032673	0,011248878	44723	1461,234579
11	0,025543	0,011248878	78925	2015,981275
12	0,047471	0,011968806	51466	2443,142486
13	0,029524	0,011248878	91550	2702,9222
14	0,047309	0,011968806	62150	2940,25435
15	0,025061	0,011968806	43130	1080,88093
16	0,024071	0,011968806	43479	1046,583009
17	0,030308	0,011248878	59426	1801,083208
18	0,013991	0,011968806	47967	671,106297
19	0,030568	0,011248878	38750	1184,51
20	0,02637	0,011248878	66825	1762,17525
21	0,030102	0,011248878	69335	2087,12217
22	0,042968	0,011968806	47245	2030,02316
23	0,038629	0,011968806	32200	1243,8538
24	0,02258	0,011248878	44203	998,10374
25	0,023701	0,011968806	32310	765,77931

Tabel pada kolom 6 merupakan hasil simulasi banyaknya penduduk yang ter-cover oleh BTS. Pada kolom 7 merupakan *demand* 3G yang diperoleh dengan mengalikan prosentase trafik GPRS dengan banyaknya penduduk yang ter-cover oleh BTS.

Simulasi Penentuan Tipe Node-B

Simulasi ini memerlukan data yang sudah dihasilkan dalam simulasi distribusi penduduk Kota Malang dan data prosentase user GPRS pada masing-masing BTS. Prosentase user GPRS terdapat dalam file *bts.mat* yang sekaligus nantinya digunakan untuk memuat hasil perhitungan penduduk yang ter-cover area BTS dalam simulasi ini.

Hal awal yang dilakukan adalah mengevaluasi apakah data distribusi penduduk di kecamatan Kota Malang masuk ke dalam area BTS atau tidak. Simulasi ini akan mendapatkan data penduduk yang ter-cover di dalam *radius* area BTS. Nilai data penduduk yang ter-cover menggunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$bts(i, 6) = bts(i, 6) + \frac{jml}{i_blimbing} \times jml_blimbing$$

$bts(i,6)$ merupakan jumlah penduduk yang ter-cover BTS ke- i , tersimpan dalam variabel *bts* kolom ke-6, jml merupakan jumlah titik yang berada dalam area BTS ke- i , $i_blimbing$ merupakan jumlah titik dalam Kecamatan Blimbing, dan $jml_blimbing$ merupakan jumlah penduduk di Kecamatan Blimbing.

Untuk menentukan tipe *Node-B*, kolom nomor 7 variabel *bts* akan dievaluasi dengan data sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3

TABEL 3
TIPE BTS BERDASARKAN KAPASITAS USER

No	Tipe BTS	Kapasitas user
1	2 sektor 1 FA	736
2	3 sektor 1 FA	1104
3	2 sektor 2 FA	1472
4	3 sektor 2 FA	2208
5	2 sektor 3 FA	2208
6	3 sektor 3 FA	3312
7	6 sektor 2 FA	4416

Dengan simulasi di atas akan menghasilkan data dalam variabel *bts* sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 5. Kapasitas *User* pada tabel 4 merepresentasikan banyaknya *demand* 3G hasil simulasi pada kolom 7 untuk menentukan tipe BTS yang akan digunakan.

Dengan algoritma simulasi akan menghasilkan data dalam variabel *bts* sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 4

TABEL 4
NILAI VARIABEL BTS HASIL SIMULASI

No	Radius (Km ²)	Covered (jiwa)	Demand 3G (jiwa)	Tipe BTS
	5	6	7	8
1	0,011248878	85630	2839,91895	6
2	0,011248878	77372	2178,79552	4
3	0,011248878	55908	2322,586044	6
4	0,011248878	85287	2161,684302	4
5	0,011968806	54994	3018,950624	6
6	0,011248878	70061	2391,952601	6
7	0,011248878	87668	2915,487008	6
8	0,011248878	53779	1083,10906	2
9	0,011968806	47562	2659,524354	6
10	0,011248878	44723	1461,234579	3
11	0,011248878	78925	2015,981275	4
12	0,011968806	51466	2443,142486	6
13	0,011248878	91550	2702,9222	6
14	0,011968806	62150	2940,25435	6
15	0,011968806	43130	1080,88093	2
16	0,011968806	43479	1046,583009	2

17	0,011248878	59426	1801,083208	4
18	0,011968806	47967	671,106297	1
19	0,011248878	38750	1184,51	3
20	0,011248878	66825	1762,17525	4
21	0,011248878	69335	2087,12217	4
22	0,011968806	47245	2030,02316	4
23	0,011968806	32200	1243,8538	3
24	0,011248878	44203	998,10374	2
25	0,011968806	32310	765,77931	2

2) Penentuan Lokasi Node-B

Penentuan lokasi Node B dilakukan berdasarkan data BTS *existing*. Untuk melakukan optimasi penentuan lokasi *Node-B* dibutuhkan data wilayah (peta digital Kota Malang) dan data BTS *existing*.

Parameter yang Digunakan dalam Simulasi Penentuan Node-B

Peta digital Kota Malang dalam tesis ini menggunakan file `peta.mat`. Sedangkan data BTS menggunakan file `bts.mat` yang menampung informasi letak BTS dan *radius* BTS.

Algoritma Simulasi Penentuan Lokasi Node-B menggunakan Metode Monte Carlo

Penentuan letak *Node-B* dalam penelitian ini berdasarkan efisiensi area yang ter-cover BTS terhadap area total Kota Malang, efisiensi area yang ter-cover BTS terhadap jumlah area *radius* masing-masing BTS tanpa beririsan, dan efisiensi penduduk yang tercover *radius* BTS terhadap jumlah penduduk total di Kota Malang.

Untuk mengetahui jumlah *area radius* BTS tanpa irisan (variabel: *radius*) di dalam suatu kombinasi BTS tertentu, dapat direpresentasikan dengan rumusan matematika sebagai berikut.

$$radius = \sum_{n=1}^{25} \{bts(n, 4) \times (\pi \times bts(n, 5)^2)\}$$

Variabel $bts(n, 4)$ memiliki nilai 1 atau 0 dimana nilai 1 berarti BTS dimanfaatkan sebagai *Node-B* sedangkan nilai 0 bukan sebagai *Node-B*. Variabel $bts(n, 5)$ merupakan *radius* masing-masing BTS.

Untuk mengetahui *area* yang ter-cover BTS, perlu dicari nilai irisan lingkaran area yang tercakup masing-masing BTS dimana nilai irisan antar area BTS tersebut disimpan dalam variabel $M(i, j)$. nilai tersebut adalah jumlah *Node-B* dari 25 BTS yang ada. Total irisan (variabel: *intersection*) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut.

$$intersection = \sum_{a=1}^i \sum_{b=a+1}^j M(a, b)$$

Efisiensi *area* yang tercover kombinasi *Node-B* terhadap total *radius* (variabel: *eff_rad*) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut.

$$eff_rad = \frac{radius - intersection}{radius} \times 100\%$$

Sedangkan efisiensi area yang tercover kombinasi *Node-B* terhadap total wilayah Malang (variabel: *eff_area*) dapat diketahuidengan menggunakan persamaan berikut.

$$eff_area = \frac{radius - intersection}{L \text{ Kota Malang}} \times 100\%$$

Efisiensi penduduk yang ter-cover kombinasi *Node-B* terhadap total penduduk Malang diberikan oleh persamaan berikut.

$$eff_pend = \frac{\frac{coverage}{radius} \times pend}{848148} \times 100\%$$

Kombinasi *Node-B* terbaik adalah yang memiliki nilai rata-rata antara *eff_rad*, *eff_area*, dan *eff_pend* terbesar. Kombinasi *Node-B* terbaik akan dievaluasi secara acak mulai dari nilai desimal 1 sampai dengan $2^{25}-1$. Nilai desimal akan dirubah menjadi biner, dimana nilai 1 berarti BTS sebagai *Node-B* sedangkan 0 berarti bukan *Node-B*.

Hasil Simulasi Penentuan Lokasi Node-B

Setelah mensimulasikan algoritma penentuan *Node-B*, diperoleh hasil kombinasi paling optimum bernilai $(28235473)_{10}$ sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 3.

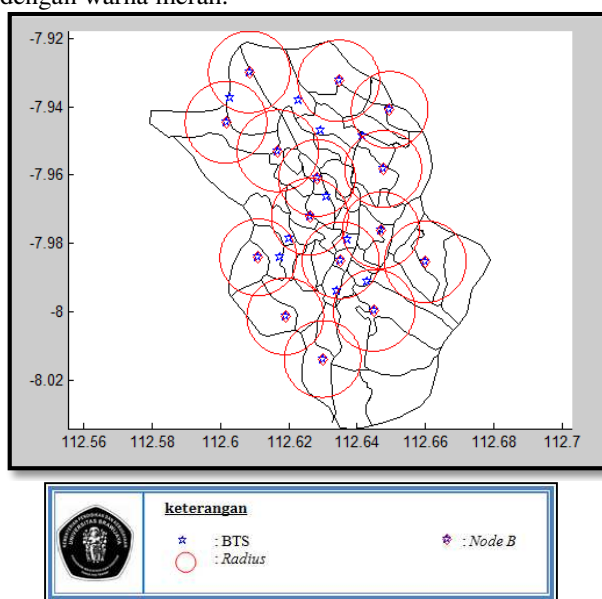
Nilai variabel *final_comb* sebesar $(28235473)_{10}$ merupakan representasi peletakan *Node-B* yang dapat secara mudah dimengerti apabila telah dikonversi ke bentuk *biner*. BTS yang digunakan sebagai *Node-B* ditunjukkan dengan nilai digital 1 sedangkan indeks label BTS diwakili oleh bit ke-*n* variabel *final_comb*. Variabel *final_comb* juga disimpan dalam variabel *bts* sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 5.

TABEL 5
NILAI VARIABEL BTS HASIL SIMULASI

No	Node-B	Covered (jiwa)	Demand 3G (jiwa)	Tipe BTS
	4	6	7	8
1	1	85655	2840,748	6
2	1	77428	2180,372	4
3	0	55447	2303,435	6
4	0	85141	2157,984	4
5	1	54870	3012,144	6
6	0	71820	2452,007	6
7	1	87771	2918,912	6
8	1	54752	1102,705	2
9	0	47372	2648,9	6
10	1	43095	1408,043	3
11	1	77284	1974,065	4
12	0	53139	2522,561	6

13	0	90290	2665,722	6
14	0	62143	2939,923	6
15	1	41382	1037,074	2
16	1	42518	1023,451	2
17	0	59187	1793,84	4
18	1	48158	673,7786	1
19	1	39959	1221,467	3
20	1	67240	1773,119	4
21	0	68895	2073,877	4
22	1	48151	2068,952	4
23	0	32446	1253,357	3
24	1	43621	984,9622	2
25	1	31906	756,2041	2

Setelah kombinasi BTS *Node-B* diketahui, langkah selanjutnya adalah melakukan *plotting* peletakan *Node-B*. Gambar 4 menunjukkan hasil simulasi peletakan *Node-B* beserta *radius*-nya. Masing-masing BTS ditunjukkan dengan tanda bintang berwarna biru sedangkan *Node-B* memiliki tambahan tanda wajik dengan warna merah.



Gambar 3 *Plotting* peletakan *node-B* hasil simulasi

V. KESIMPULAN

Perhitungan *radius sel* pada *Node B* berdasarkan pada morfologi area dan parameter *link budget*. Berdasarkan kepadatan penduduk, wilayah Kota Malang dibedakan menjadi 2 daerah yaitu *urban* dan *suburban*. Dari analisis perhitungan diperoleh nilai *radius sel* pada *uplink* untuk daerah *urban* 1,25 Km dan *Suburban* 1,33 Km.

Penentuan *Node B* sebagai lokasi untuk jaringan UMTS (*Universal Mobile Telecommunication Syatem*) membutuhkan data-data BTS *existing* sebagai titik penempatan jaringan. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa diantara 25 lokasi BTS *existing* yang ada di kota Malang terdapat 15 lokasi BTS yang dapat digunakan sebagai *node B*.

Penentuan *demand* yang menggunakan 3G berdasarkan kepadatan penduduk dan kepadatan trafik GPRS. Besarnya *demand Node B* diperoleh dengan mengalikan jumlah penduduk yang ter-*cover* oleh *Node B* dengan prosentase pengguna trafik GPRS pada *Node B* tersebut. Hasil simulasi tersebut terdapat pada Tabel 6

Dari hasil optimasi penentuan *demand* 3G didapatkan distribusi persebaran penduduk pada masing-masing *Node B* yang selanjutnya digunakan untuk menentukan tipe *Node B* yang akan digunakan. Hasil simulasi tersebut terdapat pada Tabel 6 dibawah ini.

TABEL 6
HASIL OPTIMASI

No	Site	Covered	Demand 3G	Tipe BTS
		(jiwa)	(jiwa)	
		6	7	8
1	AA	85655	2840,748	6
2	AB	77428	2180,372	4
3	AE	54870	3012,144	6
4	AG	87771	2918,912	6
5	AH	54752	1102,705	2
6	AJ	43095	1408,043	3
7	AK	77284	1974,065	4
8	AO	41382	1037,074	2
9	AP	42518	1023,451	2
10	AR	48158	673,7786	1
11	AS	39959	1221,467	3
12	AT	67240	1773,119	4
13	AV	48151	2068,952	4
14	AX	43621	984,9622	2
15	AY	31906	756,2041	2

Pelanggan atau *user* aktif ditempatkan secara acak dan statis (waktunya sama) pada area perencanaan/*coverage* dengan menggunakan distribusi *uniform* untuk tiap layanan perencanaan, sehingga dengan *static simulation* pada metode *Monte Carlo* dapat diprediksikan jumlah atau kepadatan trafiknya.

Penentuan lokasi *Node B* dari 25 *site* BTS *existing* yang ada di Kota Malang menggunakan metode *Monte Carlo*, dari hasil optimasi menghasilkan 15 *site* dengan diperoleh hasil kombinasi paling optimum bernilai $(28235473)_{10}$ yang direpresentasikan dalam bentuk desimal dan kombinasi tersebut dapat diketahui jika dikonversi ke biner.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] E.Amaldi, A.Capone, and F.Malucelli, 2003, "Planning UMTS base station location: optimization models with power control and algorithms," IEEE Transactions on wireless Communications, vol. 2, no. 5, pp. 939-952, Sep.
- [2] Garzia Fabio, Perna Cristina, Cusani Roberto, 2010, "Optimization of UMTS Network Planning Using Genetic Algorithms", Communications and Network, 2010, 2, 193-199.
- [3] Holma H. and Toskala A., Eds., 2001, "WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications", 1st ed. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc.

- [4] Indah Permata Sari, Tribudi Santoso, dan Nur adi Siswandari, 2010, "Optimasi Penataan Sistem Wi-Fi di PENS-ITS dengan Menggunakan Metode Monte Carlo", Seminar Proyek Akhir Jurusan Telekomunikasi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – ITS 2010.
- [5] J. Yang, M. Aydin, J. Zhang, and C. Maple, 2007, "UMTS base station location planning: a mathematical model and heuristic optimisation algorithms," *Communications, IET*, vol. 1, no. 5, pp. 1007 –1014.
- [6] Laiho Jaana, Achim Wacker and Tomas Novosad, 2006, "Radio Network Planning and Optimisation for UMTS", second edition, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester
- [7] Pengelly Jonathan, 2002, "Monte Carlo Methods".
- [8] PT. TELEKOMUNIKASI INDONESIA, Tbk, "PL 5-Planning & Design RADIO ACCESS NETWORK (RAN)", 2004, PT TELEKOMUNIKASI INDONESIA, Tbk, TELKOMRiSTI (R & D Center), Bandung.
- [9] Sadiku Matthew N O, 2009, "Monte Carlo Methods for Electromagnetics", CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York.
- [10] Smith C. and Collins D., 2008, "3G Wireless Networks", 1st ed. McGraw-Hill TELECOM.
- [11] Vijay K. Garg, "IS-95 CDMA and cdma2000 Cellular/PSC System Implementation", 2000, publishing house of electronics industry, Beijing



Elok Nur Hamdana, ST – Lahir 2 Oktober 1986 di Sidoarjo. Menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Elektro Universitas Brawijaya tahun 2010 dan melanjutkan ke program Magister di Teknik Elektro Universitas Brawijaya.



Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S. –Lahir di Kediri pada 28 Juli 1958, merupakan dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang. Menyelesaikan pendidikan sarjana teknik Elektro bidang Sistem Tenaga Elektrik di Universitas Brawijaya pada tahun 1985. Menyelesaikan Pendidikan Magister dalam bidang Optoelektrik dan Aplikasi Laser bidang Komunikasi Serat Optik pada tahun 1990 dan Meraih Gelar Doktor dalam bidang Optoelektrik dan Aplikasi Laser bidang Komunikasi Serat Optik pada tahun 2009.



Ir. Erfan Achmad Dahlan, M.T. – Lahir di Situbondo pada 14 Juli 1953. Merupakan dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Listrik di Universitas Gajah Mada pada tahun 1981. Menyelesaikan Pendidikan Magister Teknik Elektro di Universitas Brawijaya, Malang pada tahun 2008.