

Optimasi Penempatan *Node B* UMTS900 pada *BTS Existing* Menggunakan Algoritma Genetika

Pancawati Dessy Aryanti, Sholeh Hadi Pramono, dan Onny Setyawati

Abstrak – *Node B* adalah salah satu infrastruktur penting dalam penyelenggaraan jaringan UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). *Node B* berperan sebagai perangkat pemancar dan penerima yang menghubungkan antara user equipment dan jaringan. Jumlah pemasangan *Node B* terus bertambah tiap tahun, seiring dengan komitmen dari penyedia jasa layanan telekomunikasi untuk meningkatkan dan memperluas layanan data. Hal ini membawa dampak pada maraknya keberadaan menara *BTS* yang selama ini sudah cukup ramai oleh menara *BTS* dari sistem GSM. Pada penelitian ini dilakukan optimasi penempatan *Node B* jaringan UMTS900 pada *BTS existing* jaringan GSM dengan menggunakan Algoritma Genetika. Hasil yang didapatkan adalah penempatan 26 *Node B* di wilayah urban dan 3 *Node B* di wilayah suburban pada *BTS existing* dari 46 *BTS existing*. Performansi penempatan *Node B* ditentukan oleh daya cakup wilayah (coverage area) yang dihasilkan, yaitu sebesar 35% dan tingkat layanan trafik sebesar 61%. Tingkat optimasi yang didapatkan rendah disebabkan karena persebaran *BTS existing* tidak merata di seluruh wilayah obyek penelitian, dan distribusi penduduk yang dibangkitkan tersebar merata di seluruh wilayah, sedangkan pada kenyataannya distribusi penduduk lebih banyak berada di pusat kota.

Kata Kunci: Algoritma Genetika, *Node B*, UMTS900.

I. PENDAHULUAN

UNIVERSAL Mobile Telecommunication System (UMTS) saat ini dipandang sebagai sebuah sistem impian yang menggantikan *Global System for Mobile Communication* (GSM) dan merupakan salah satu evolusi generasi ketiga (3G) dari jaringan *mobile* [1]. Teknologi UMTS merupakan langkah maju dalam hal layanan dan kemampuan kepada pengguna sebagai jawaban atas semakin tingginya kapasitas dan kualitas layanan yang dibutuhkan. Transmisi peningkatan jaringannya mencapai kecepatan sampai 2 Mbps per pemakai *mobile* dan menetapkan suatu standart penjelajahan yang global.

Pada awalnya teknologi UMTS menggunakan alokasi frekuensi 2100 MHz. Dalam penggunaan frekuensi tersebut, jangkauan *coverage* UMTS sangat kecil sehingga kurang efisien dalam penggunaan *Node B*, selain itu kapasitas pelanggan UMTS di frekuensi 2100 MHz juga sudah semakin penuh akibat dari semakin meningkatnya kebutuhan akan layanan data.

Pancawati Dessy Aryanti, Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (email : pancawati.d.a@gmail.com)

Sholeh Hadi Pramono, dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (Telp.0341-554166; email : sholeh_hp@ub.ac.id)

Onny Setyawati, dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (Telp.0341-554166; email : osetyawati@ub.ac.id)

Untuk meningkatkan kapasitas pelanggan dan *coverage*, pada akhir tahun 2005 3GPP menambahkan frekuensi kerja untuk jaringan UMTS, yaitu UMTS900. Dalam penelitiannya, Hari Holma menyatakan pemanfaatan UMTS di pita frekuensi 900 MHz menawarkan kelebihan diantaranya menyediakan cell area 2.5 kali lebih besar dan mampu meningkatkan kecepatan data dalam ruangan lebih dari 50% jika dibandingkan dengan UMTS2100 [2].

Salah satu infrastruktur penyelenggaraan jaringan UMTS yang penting dan terus menerus dibangun adalah *Node B*. *Node B* adalah perangkat pemancar dan penerima yang berfungsi menyediakan *link physical radio* antara user equipment dan jaringan, serta dapat dianalogikan sebagai *BTS* pada sistem 2G GSM [3]. Perkembangan menara telekomunikasi, dalam hal ini *Node B*, membawa konsekuensi pada maraknya hutan *tower* yang dapat mengganggu estetika dan visual kota. Sehingga perlu dilakukan langkah-langkah penataan letak *Node B* salah satunya dengan menggunakan Algoritma Genetika.

Algoritma genetika (GA) adalah teknik pencarian heuristik yang didasarkan pada gagasan evolusi seleksi alam dan genetik. Algoritma genetika banyak digunakan untuk memecahkan masalah dan pemodelan di bidang teknik, bisnis, dan hiburan, termasuk didalamnya untuk proses optimasi [4]. Beberapa penelitian yang terkait dengan optimasi penentuan letak *Node B* dengan menggunakan Algoritma Genetika telah dilakukan, diantaranya oleh Fabio Garzia dkk, dari penelitian tersebut didapatkan bahwa Algoritma Genetika memberikan hasil yang baik, dari segi *coverage* area yang dapat di-cover sebesar 90-95% dan dari segi kapasitas pelanggan yang dapat dilayani sebanyak 98-99% [5]. Muhammad Fachrie dkk, menyatakan pengujian sistem dengan menggunakan *Fuzzy Evolutionary Algorithms* menghasilkan solusi penempatan *BTS* dengan luas area yang berhasil ter-cover sebesar 90,57% dengan tingkat layanan trafik sebesar 82,84% [6]. Dari hasil penelitian terdahulu, optimasi pada jaringan UMTS dengan menggunakan Algoritma Genetika masih terdapat kekurangan, yaitu dalam penentuan posisi *Node B* jaringan UMTS tidak memperhitungkan posisi *BTS existing*, dan jaringan UMTS yang digunakan adalah jaringan UMTS2100. Penelitian selanjutnya merupakan aspek pengembangan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang telah disebutkan diatas dengan mempertimbangkan kekurangan dari penelitian terdahulu. Penelitian yang dimaksud adalah optimasi penempatan *Node B* jaringan

UMTS900 dengan memanfaatkan posisi BTS GSM900 *existing* menggunakan metode Algoritma Genetika. Penempatan *Node B* pada BTS *existing* diharapkan dapat mengurangi maraknya jumlah menara BTS dan meningkatkan efisiensi biaya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. UMTS900

UMTS900 atau didenotasikan sebagai *Band Class VIII*, didefinisikan sebagai sepasang band dari 880 sampai 915MHZ (*uplink*) dan dari 925 sampai 960MHZ (*downlink*). Keunggulan dari UMTS900 adalah akibat dari penggunaan frekuensi *carrier* yang lebih rendah. UMTS yang bekerja pada frekuensi 900 MHz akan berpropagasi lebih jauh daripada UMTS yang bekerja pada frekuensi 2100 MHz. Analisis Ovum menunjukkan bahwa UMTS900 menyediakan peningkatan cakupan (*coverage*) per *Node B* antara 44% di daerah perkotaan dan 119% di daerah pedesaan dibandingkan dengan UMTS2100. *Coverage area* UMTS900 yang lebih luas akan berdampak pada pengurangan jumlah *site base station* yang diperlukan. Jumlah *site base station* yang diperlukan pada UMTS900 dapat berkurang sampai 60% jika dibandingkan menggunakan UMTS2100[7].

Penyebaran UMTS di pita frekuensi 900 MHz tidak berarti mengganti secara langsung jaringan GSM dengan jaringan UMTS. Apalagi jaringan GSM yang sudah ada, telah memiliki basis pelanggan yang besar dan merupakan sumber keuntungan/laba yang penting bagi operator. Strategi transisi yang paling mungkin adalah dengan menggunakan bagian dari pita frekuensi 900 MHz untuk digunakan jaringan UMTS (*refarming*) guna menawarkan layanan 3G, atau dengan kata lain membagi spektrum pita frekuensi 900 MHz untuk UMTS900 dan GSM900.

Langkah-langkah dalam perencanaan jaringan UMTS meliputi penentuan area layanan, kepadatan penduduk, kepadatan trafik, kapasitas kanal per BTS, perhitungan *radio link budget*, *path loss*, dan model propagasi yang digunakan.

- Penentuan Area Layanan
Berdasarkan kepadatan penduduk dan tingkat aktivitas penduduknya wilayah dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu wilayah *urban* dan *suburban*. Wilayah *urban* adalah wilayah yang memiliki tingkat kepadatan penduduk dan aktivitas manusia yang tinggi dibandingkan daerah-daerah sekitarnya. Wilayah *suburban* adalah wilayah yang memiliki tingkat kepadatan penduduk yang lebih rendah daripada daerah *urban*.
- Perhitungan Jumlah Pelanggan
Kepadatan penduduk menentukan seberapa besar trafik yang harus disediakan oleh suatu operator jaringan seluler. Jaringan UMTS yang akan dibangun harus mampu mengantisipasi besarnya jumlah pelanggan untuk beberapa tahun ke depan. Maka untuk mengantisipasi jumlah pelanggan selama periode tersebut diperlukan

estimasi pertumbuhan jumlah pelanggan, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut [8]:

$$U_n = U_o(1 + f_p)^n \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- U_n = jumlah *user* total setelah tahun ke- n
- U_o = jumlah *user* saat perencanaan
- f_p = faktor pertumbuhan
- n = jumlah tahun prediksi

- Perhitungan *Offered Bit Quantity* (OBQ)
OBQ adalah total bit *throughput* per km² pada jam sibuk. OBQ selama jam sibuk untuk suatu area tertentu dihitung berdasarkan beberapa asumsi, yaitu penetrasi *user*, durasi panggilan efektif, *Busy Hour Call Attempt* (BHCA), dan *bandwidth* dari layanan [9]. Besarnya nilai OBQ dapat dihitung dengan persamaan berikut [8]:

$$\Sigma \text{OBQ} = \frac{\sigma \times p \times d \times \text{BHCA} \times \text{BW}}{3600} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- σ = Kepadatan pelanggan potensial dalam suatu daerah (*user/km²*)
- p = Penetrasi pengguna tiap layanan
- d = Durasi panggilan efektif (s)
- BHCA = *Busy Hour Call Attempt* (call/s)
- BW = *Bandwidth* tiap layanan (Kbps)

- Perhitungan Kapasitas Kanal per BTS
Kapasitas yang dimaksud adalah jumlah pelanggan yang dapat dilayani dalam suatu BTS/sel. Rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah kanal per sel dengan satu frekuensi pembawa adalah [10]:

$$N_{\text{sel}} = \frac{W/R}{[E_b/N_o]^{\alpha} [1+f]} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

- R = *Data rate* (Kbps)
- E_b/N_o = Energi bit per noise (dB)
- W = *Bandwidth*(Mbps)
- α = *Activity factor*
- β = *Gain* sektorisasi antena
- f = Faktor interferensi

- Perhitungan Jumlah Sel yang Dibutuhkan
Untuk menghitung jumlah sel/BTS yang diperlukan, maka terlebih dahulu dihitung total luas *coverage* untuk daerah *urban* dan *suburban*:

$$\text{Luas coverage area urban} = \frac{\text{Kapasitas kanal}}{\text{OBQ Urban Total}} \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Luas coverage area suburban} = \frac{\text{Kapasitas kanal}}{\text{OBQ Suburban Total}} \dots\dots\dots (5)$$

Setelah itu, barulah dapat dihitung jumlah sel/BTS yang dibutuhkan untuk masing-masing jenis wilayah dengan membagi luas area dengan luas *coverage* per sel [10].

- Model Propagasi
Performansi jaringan dipengaruhi oleh model propagasi yang digunakan, karena model propagasi digunakan untuk memprediksi besarnya interferensi yang terjadi. Beberapa model empiris telah diusulkan dan digunakan untuk memprediksi *propagation path losses*. Dua model yang paling banyak digunakan adalah model Hata-Okumura dan model Walfisch-Ikegami.

- Model Hata-Okumura
Rumus model propagasi Okumura-Hatta adalah [11]:

Wilayah *urban*:

$$L_{PL} = 69,55 + 26,16\log_{10}(f) - 13,82\log_{10}(H_b) - a(H_m) + [44,9 - 6,55\log_{10}(H_b)]\log_{10}(r) \text{ dB}$$

.....(6)

Wilayah *suburban*:

$$L_{PL} = L_{Urban} - 2 \left[\log \left(\frac{f}{28} \right)^2 - 5,4 \right] \text{ dB}$$

.....(7)

Dimana:

- L_{PL} = Mean Path Loss (dB)
- f_c = frekuensi (MHz)
- h_b = tinggi antena *base station* (m)
- r = jarak dari *base station* (Km)
- $a(H_m)$ = koreksi tinggi antena penerima terhadap tinggi standar (dB)

- Model COST 231 Walfisch-Ikegami
Model Cost-231 Walfisch-Ikegami pada prinsipnya terdiri dari 3 elemen yaitu : *free-space loss*, *rooftop-to-street diffraction and scatter loss*, dan *multiscreen loss* [11].

$$L_{PL} = L_f + L_{rst} + L_{ms} \text{(8)}$$

Dimana:

- L_f = *free-space loss*
- L_{rst} = *rooftop-to-street diffraction and scatter loss*
- L_{ms} = *multiscreen loss*

B. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika merupakan metode *adaptive* yang biasa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi. Algoritma ini didasarkan pada proses genetik yang ada dalam makhluk hidup: yaitu perkembangan generasi dalam sebuah populasi yang alami, secara lambat laun mengikuti prinsip seleksi alam atau siapa yang kuat, dia yang bertahan (*survive*). Dengan meniru teori evolusi ini, Algoritma Genetika dapat digunakan untuk mencari solusi permasalahan-permasalahan dalam dunia nyata.

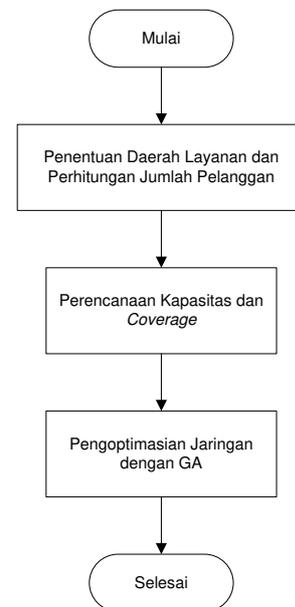
Beberapa pengertian dasar yang perlu diketahui terkait dengan Algoritma Genetika adalah [12]:

- Gen adalah variabel dasar yang membentuk suatu kromosom.

- Allele adalah nilai dari suatu gen.
- Kromosom adalah gabungan dari gen-gen yang membentuk arti tertentu.
- Individu adalah kumpulan gen yang menyatakan salah satu kemungkinan solusi dari suatu permasalahan.
- Populasi adalah sekumpulan individu yang akan diproses secara bersama-sama dalam satu siklus proses evolusi.
- Generasi menyatakan satu satuan siklus proses evolusi.
- Nilai *fitness* menyatakan seberapa baik nilai dari suatu individu atau solusi yang didapatkan.

III. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian ini berisi kerangka solusi permasalahan yang meliputi penentuan daerah layanan dan perhitungan jumlah pelanggan, perencanaan kapasitas dan *coverage*, dan pengoptimalan jaringan dengan menggunakan Algoritma Genetika. Tahapan kerangka solusi permasalahan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Kerangka Solusi Permasalahan

- Penentuan Daerah Layanan dan Perhitungan Jumlah Pelanggan.
Tahap ini dilakukan dengan cara menentukan daerah layanan yang menjadi objek perencanaan. Langkah berikutnya adalah menghitung jumlah *user* yang berpotensi menggunakan layanan UMTS pada masa perencanaan.
- Perencanaan Kapasitas dan *Coverage*.
Tahap perencanaan berdasarkan kapasitas dilakukan adalah dengan cara mengestimasi kepadatan trafik total layanan UMTS pada jam-jam sibuk menggunakan OBQ (*Offered Bit Quantity*). Sedangkan perencanaan berdasarkan *coverage* dilakukan dengan cara menghitung nilai *Path Loss* yang diijinkan.

- Pengoptimasian Jaringan dengan Algoritma Genetika.
Tahap pengoptimasian jaringan dilakukan dengan menggunakan Algoritma Genetika untuk menempatkan *Node B* pada *BTS existing*. Performansi penempatan *Node B* ditentukan oleh daya cakup wilayah (*coverage area*) yang dihasilkan dan tingkat layanan trafik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penentuan daerah Layanan

Perencanaan jaringan UMTS ini akan diimplementasikan pada wilayah kota Malang dengan luas wilayah sebesar 110,06 Km². Berdasarkan kepadatan penduduknya, wilayah kecamatan Sukun, Klojen, Blimbing dan Lowokwaru termasuk dalam jenis wilayah *urban* dengan luas wilayah sebesar 70,17 Km². Sedangkan kecamatan Kedungkandang termasuk jenis wilayah *suburban* dengan luas wilayah sebesar 39,89 Km².

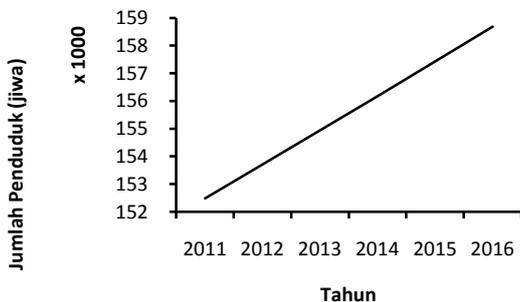
B. Perhitungan Estimasi Jumlah Pelanggan

Persentase pertumbuhan penduduk kota Malang adalah sebesar 0.8% [13] per tahun dengan persentase penetrasi seluler adalah sebesar 85%, dan penetrasi seluler provider A adalah 21,7% [14], maka, didapatkan hasil perhitungan pada Tabel 1:

TABEL I
ESTIMASI PENGGUNA TELEPON SELULER

Populasi tahun 2010	820.143 jiwa
Penetrasi Seluler (85%)	697.121 user
Penetrasi Seluler untuk Provider A (21.7% dari 85%)	151.275 user

Dari data diatas, maka dapat diprediksi jumlah pelanggan seluler pada tahun 2016 dengan menggunakan persamaan 1, dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2.



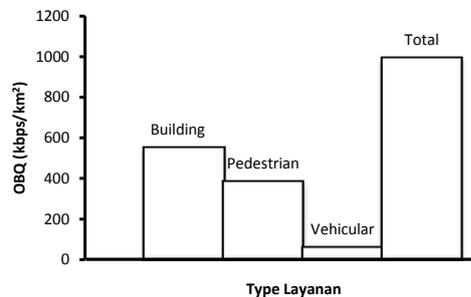
Gambar 2. Estimasi jumlah penduduk kota Malang pengguna seluler Provider A

Diasumsikan penetrasi UMTS (persentase pengguna jaringan UMTS) pada tahun 2016 untuk daerah *urban* sebesar 55%, dan penetrasi UMTS untuk daerah *suburban* sebesar 25%. Dengan asumsi tersebut maka

jumlah pengguna layanan UMTS di kota Malang pada tahun 2016 untuk wilayah *urban* dan *suburban* berturut-turut adalah sebesar 68.686 dan 8.450 *user*.

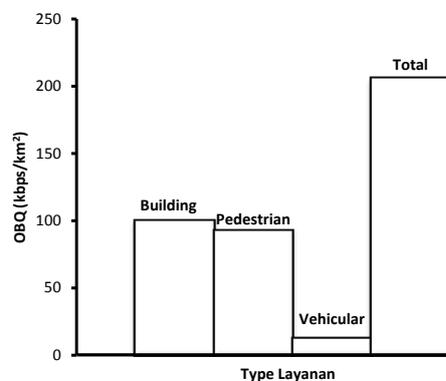
C. Perhitungan OBQ

- OBQ Untuk Wilayah *Urban*
Perhitungan OBQ di wilayah *urban* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2. Namun sebelumnya harus ditentukan terlebih dahulu kepadatan di wilayah *urban* dengan cara membagi jumlah pelanggan UMTS di wilayah *urban* dengan luas area wilayah *urban*, sehingga didapatkan kepadatan untuk wilayah *urban* adalah sebesar 979 *user/Km²*, sedangkan distribusi pelanggan diasumsikan 30% *building*, 40% *pedestrian* dan 30% daerah *vehicular*. OBQ total untuk wilayah *urban* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. OBQ Total Wilayah *Urban*

- OBQ Untuk Wilayah *Suburban*
Dengan cara yang sama, nilai OBQ untuk wilayah *suburban* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2. Dimana dari hasil perhitungan didapatkan nilai kepadatan untuk wilayah *suburban* adalah 212 *user/Km²* dan distribusi pelanggan diasumsikan 25% *building*, 45% *pedestrian*, dan 30% daerah *vehicular*. OBQ total untuk wilayah *suburban* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. OBQ Total Wilayah *Suburban*

D. Perhitungan Kapasitas Kanal

Berdasarkan persamaan 3, maka dapat dihitung kapasitas yang disediakan sistem dengan :

- *Bit rate* (R) = 384 Kbps
- *Energy bit per noise* (E_b/N_o) = 1 dB = 1,2589
- *Bandwidth* (W) = 3,84 MHz
- *Activity factor* (α) = 1, agar dapat mengakomodasi layanan suara dan data
- *Gain* sektorisasi antena (β) = 2,4
- *Faktor interferensi* (f) = 0,6

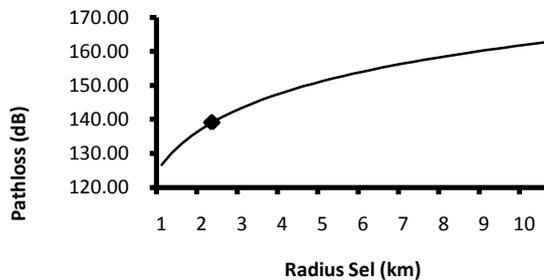
Sehingga diperoleh kapasitas/jumlah kanal adalah sebesar 11,9145 kanal/sel atau 4575,168 Kbps/sel. Dengan pembebanan acuan awal 60%, maka kapasitas yang disediakan sistem adalah sebesar 2745,1 Kbps/sel.

E. Perhitungan Jumlah Sel

Luas *coverage area urban* dengan menggunakan persamaan 4 adalah sebesar 2,76 Km²/sel, dan luas *coverage area suburban* dengan menggunakan persamaan 5 adalah sebesar 13,32 Km²/sel. Sehingga didapatkan jumlah *Node B* yang dibutuhkan untuk wilayah *urban* adalah sebanyak 26 *Node B* dengan radius sel 1,030 Km dan jumlah *Node B* yang dibutuhkan untuk wilayah *suburban* adalah sebanyak 3 *Node B* dengan radius sel 2,26 Km.

F. Perhitungan Path Loss

- *Path loss* untuk daerah *suburban*
Nilai *path loss* untuk wilayah *suburban* menggunakan model propagasi Hata-Okumura (persamaan 7) dapat dilihat dalam grafik pada Gambar 5. Grafik *path loss* untuk daerah *suburban* dibuat sebagai fungsi radius sel.



Gambar 5. *Path Loss* Wilayah *Suburban* Sebagai Fungsi Radius Sel

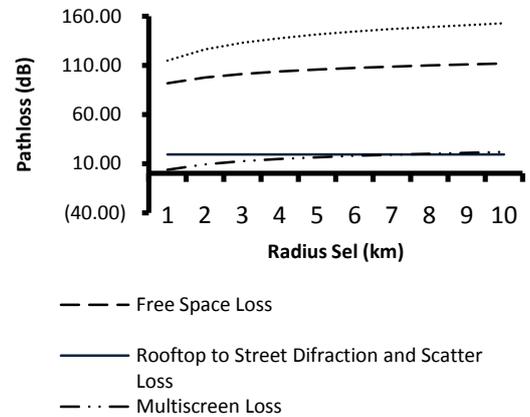
Spesifikasi perancangan jaringan di daerah *suburban* adalah sebagai berikut:

- Frekuensi (f_c) = 920 Mhz
- Radius sel (d) = 2,26 Km
- *Base station antenna height* (h_b) = 30 m
- *Mobile antenna height* (h_m) = 1,5 m

- *Path loss* untuk daerah *urban*
Nilai *path loss* untuk wilayah *urban* menggunakan model propagasi COST 231 Walfisch-Ikegami (persamaan 8) dapat dilihat dalam grafik pada Gambar 6. Grafik *path loss* untuk daerah *urban* dibuat sebagai fungsi radius sel.

Spesifikasi perancangan jaringan di daerah *urban* adalah sebagai berikut:

- Frekuensi (f_c) = 920 Mhz
- Radius sel (d) = 1.030 Km
- *Base station antenna height* (h_b) = 30 m
- *Mobile antenna height* (h_m) = 1,5 m
- Tinggi atap (h_{roof}) = 12 m
- *Building separation* (b) = 50 m
- *Orientation angle* (θ) = 90°
- *Width of road* (w) = 25 m



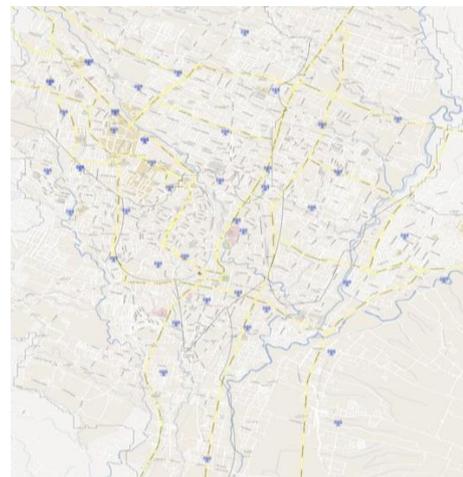
Gambar 6. *Path Loss* Wilayah *Urban* Sebagai Fungsi Radius Sel

Besarnya *path loss* dengan menggunakan model propagasi COST 231 Walfisch-Ikegami dan Hata-Okumura secara berturut-turut adalah 115,1687 dB untuk wilayah *urban* dan 146,86 dB untuk wilayah *suburban*. Nilai MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) adalah 159 dB [7]. Terlihat bahwa nilai MAPL lebih besar dari *path loss*, maka perencanaan jaringan UMTS ini dapat diimplementasikan.

G. Perancangan Algoritma Genetika

Langkah-langkah simulasi Algoritma Genetika dalam aplikasi ini dijelaskan pada poin-poin berikut ini:

- Peletakan BTS



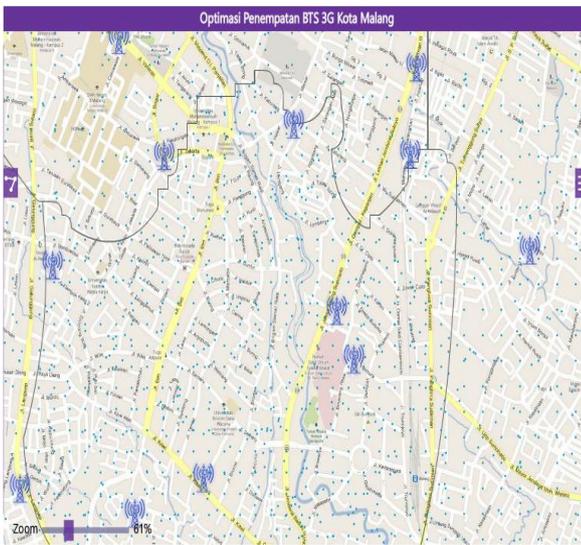
Gambar 7. Tampilan Posisi BTS Existing Pada Peta

Data posisi *BTS existing* yang diperoleh dari operator akan diletakkan di peta sesuai dengan

posisi *longitude*, *latitude*-nya yang telah dikonversi ke koordinat X dan Y. Setelah diimplementasikan, hasil tampilan peta tampak pada Gambar 7. Posisi BTS digambarkan dengan ikon warna biru.

▪ **Pembangkitan Penduduk**

Peta Malang terdiri atas 5 kecamatan. Pada setiap area kecamatan, akan diberi titik-titik yang mewakili *user* pengguna layanan UMTS pada kecamatan tersebut sesuai dengan data perhitungan estimasi *user* UMTS pada tahun 2016 hasil perencanaan. Setelah proses pembangkitan penduduk selesai, maka akan tampak titik-titik penduduk tampil pada peta, seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Hasil dari Pembangkitan Penduduk

▪ **Menghitung Trafik BTS**

Trafik BTS adalah berapa banyak *user* UMTS yang dapat dilayani oleh sebuah BTS. Cara menghitungnya adalah mengecek semua titik-titik penduduk (*user* UMTS), apakah masuk dalam area jangkauan BTS. Setelah dilakukan pengecekan, maka dihitung nilai trafik BTS nya, urut dari BTS ke-1 adalah:

442,336,250,353,359,235,514,379,498,257,368,247,276,250,232,237,235,326,369,379,368,240,472,374,273,264,1.137,852,258,500,330,378,371,264,381,1.192,272,202,258,316,734,232,287,281,257,254. Total trafik BTS adalah 17.289.

▪ **Ketentuan Algoritma Genetika**

Algoritma Genetika yang dirancang pada aplikasi ini menggunakan kriteria sebagai berikut:

- Jumlah generasi 30.
- Jumlah populasi dalam setiap generasi adalah 10.
- Algoritma akan berhenti jika nilai *fitness* sudah stabil sebanyak 10 generasi.
- Peluang *crossover* 75% dan peluang mutasi 40%.

- Individu memiliki 46 gen, yaitu sebanyak jumlah BTS *existing*. Gen ke-n mewakili BTS ke-n. Jika gen bernilai 0, maka pada BTS tersebut tidak akan dipasang *Node B*. Jika gen bernilai 1, maka pada BTS tersebut akan dipasang *Node B*. Contoh individu adalah sebagai berikut:

```
0111000101001011010110110000011101010101011100
```

- Fungsi *fitness* ditentukan oleh 3 faktor, yaitu optimalitas (o) yaitu apakah jumlah BTS yang dipasang adalah 26 *urban* dan 3 *suburban*; trafik (t) yaitu total trafik dari semua BTS; dan jangkauan (j) yaitu berapa luas jangkauan total dari semua calon *Node B* yang akan dipasang.

▪ **Pembangkitan Generasi Awal**

Pada awal algoritma genetika, dibentuk generasi awal, yaitu generasi yang diacak sebanyak 10 individu. Setiap gen dari setiap individu diacak berupa nilai biner. Setelah dicobakan pada aplikasi, hasilnya adalah sebagai berikut:

- (1) 110100110101111000011110010111111101100001001 (Fit = 44, o47 t54 j30)
- (2) 0001100010011011010001100100111000110010100100 (Fit = 34, o27 t43 j32)
- (3) 101100110111010101110000000011001001111010100 (Fit = 35, o38 t41 j27)
- (4) 111111010111110011100010011101000101101011111 (Fit = 49, o48 t61 j37)
- (5) 1111010010011011000010000111101000110000000000 (Fit = 34, o28 t46 j29)
- (6) 000111101101010100000001011100001111001011011111 (Fit = 39, o42 t42 j33)
- (7) 1100001011001100100011111010111010001011100000 (Fit = 40, o35 t51 j33)
- (8) 100001110101001110011111000010101101101011000 (Fit = 38, o42 t45 j26)
- (9) 11101010111011100111101110010101100111011100 (Fit = 47, o48 t61 j33)
- (10) 0111111001000111011001100110110000100110000000 (Fit = 37, o37 t43 j31)

H. **Eksekusi Algoritma Genetika**

▪ **Pemilihan Individu (Roulette)**

Program akan memilih 6 individu terbaik dari generasi saat ini, untuk dimasukkan ke dalam *Roulette* untuk proses perkawinan. Misalnya, pada generasi awal, individu akan diurutkan terlebih dahulu berdasarkan *fitness* terbaik. Hasilnya adalah sebagai berikut:

- (1) 111111010111110011100010011101000101101011111 (Fit = 49, o48 t61 j37)
- (2) 11101010111011100111101110010101100111011100 (Fit = 47, o48 t61 j33)
- (3) 110100110101111000011110010111111101100001001 (Fit = 44, o47 t54 j30)
- (4) 1100001011001100100011111010111010001011100000 (Fit = 40, o35 t51 j33)
- (5) 000111101101010100000001011100001111001011011111 (Fit = 39, o42 t42 j33)
- (6) 100001110101001110011111000010101101101011000 (Fit = 38, o42 t45 j26)
- (7) 0111111001000111011001100110110000100110000000 (Fit = 37, o37 t43 j31)

(8) 101100110111010101110000000011001001111010100
(Fit = 35, o38 t41 j27)
(9) 1111010010011011000010000111101000110000000000
(Fit = 34, o28 t46 j29)
(10)
0001100010011011010001100100111000110010100100 (Fit
= 34, o27 t43 j32)

Maka pada contoh diatas, individu yang akan masuk dalam *Roulette* adalah individu (1) sampai (6). Setelah diacak menggunakan *Roulette*, pasangan kawin yang terbentuk adalah (1)-(4), (3)-(3), (2)-(3), (6)-(1), (1)-(6)

- **Crossover**

Crossover yang akan digunakan dalam penelitian ini, adalah *N-point crossover*, artinya akan diacak titik-titik mana saja yang akan ditukar gennya. Ilustrasi *crossover* adalah seperti dibawah ini.

Individu awal (Titik *crossover* ditandai dengan garis bawah):

(1) 1111110101111110011100010011101000101101011111
(4) 11000010110011100100011111010111010001011100000

Proses *crossover* adalah pertukaran gen pada titik-titik tersebut, yang akan menghasilkan individu 1 dan 2 yang baru.

Setelah melalui *crossover*:

(1) 1110001011111110011100010010111000101011011111
(4) 1101111011001110100011111011101010001101100000

- **Mutasi**

Proses mutasi terjadi setelah *crossover*. Proses ini terjadi per individu. Mutasi yang akan digunakan dalam penelitian ini, adalah *N-point mutation*, artinya akan diacak titik-titik mana saja yang akan diacak gennya. Ilustrasi mutasi adalah seperti dibawah ini.

Individu setelah *crossover* (titik mutasi ditandai dengan garis bawah):

(1) 11100001011111000111000100101110001010110111111

Mutasi adalah proses mengubah angka biner 0 menjadi 1, dan 1 menjadi 0.

Setelah dimutasi

(1) 1110000101110010011100001010111000101110111111

- **Elitism**

Proses *elitism* adalah mengganti individu terjelek setelah *crossover* dan mutasi, diganti dengan individu terbaik sebelum proses perkawinan.

- **Penggantian 2 Individu Terjelek**

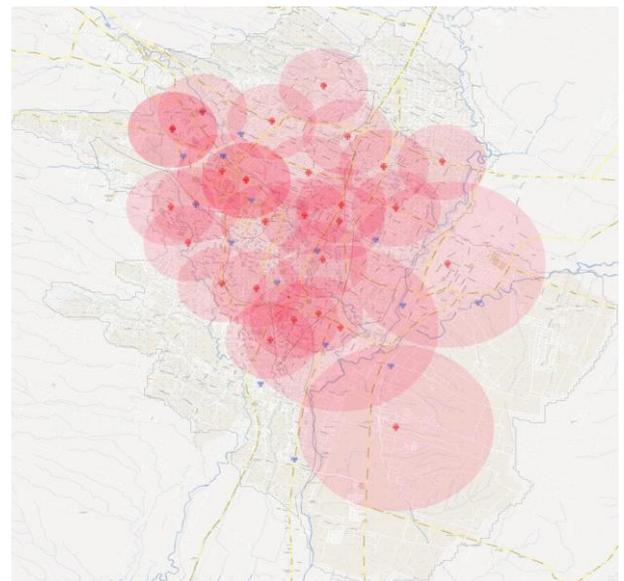
Penggantian 2 individu terjelek adalah mengganti 2 individu terjelek dengan individu baru, pada setiap generasi. Tujuannya adalah untuk meminimalkan terjadinya *local optima*.

1. Hasil Eksekusi Algoritma Genetika

Algoritma Genetika yang telah dijabarkan diatas akan diujikan pada program, dan hasilnya tampak pada Gambar 9. Terlihat bahwa persebaran *Node B* merata dan banyak terpusat di daerah kota. Untuk lingkaran berdiameter kecil menunjukkan *Node B urban* dengan radius sel 1.030 Km sedangkan lingkaran dengan diameter lebih besar adalah *Node B suburban* dengan radius sel 2.26 Km. Pada gambar tampak penempatan *Node B* yang saling tumpang tindih, artinya pada area

tersebut trafik yang harus dilayani sangat tinggi, sehingga perlu dipasang lebih dari satu *Node B*. Untuk area dengan trafik yang rendah, maka pemasangan satu *Node B* saja sudah cukup.

Dari hasil eksekusi Algoritma Genetika, perkembangan nilai *fitness* dari generasi pertama sampai generasi ke- 17 masih belum stabil, yaitu antara nilai *fitness* 40 sampai 64. Pada generasi ke-18 nilai *fitness*-nya adalah 65 dan terus stabil hingga generasi ke-27. Karena nilai *fitness* sudah stabil selama 10 generasi, maka Algoritma Genetika dihentikan pada generasi ke 27, dengan nilai *fitness* 65, tingkat optimalitas 100, trafik 61 dan jangkauan 35. Optimalitas 100 artinya, jumlah *Node B* yang terpasang sesuai dengan perencanaan yaitu 26 *Node B* di wilayah *urban* dan 3 *Node B* di wilayah *suburban*. Trafik 61 artinya, *user* layanan UMTS yang dapat dilayani adalah 61% dari total *user* layanan UMTS. Jangkauan 35 artinya, luas wilayah yang dapat di-*cover* adalah 35% dari total wilayah Malang seluruhnya. Untuk nilai trafik dan jangkauan kecil karena persebaran BTS *existing* tidak merata di seluruh wilayah kota Malang. BTS *existing* lebih banyak berada di pusat kota. Selain itu *user* yang dibangkitkan secara acak tersebar merata di seluruh wilayah kota Malang, sedangkan pada kenyataannya *user* lebih banyak berada di pusat kota.



Gambar 9. Tampilan Hasil Akhir Pemasangan *Node B*

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil proses optimasi dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Jumlah *user* untuk wilayah *urban* dan *suburban* secara berturut-turut adalah 68.686 *user* dan 8.450 *user* untuk tahun 2016.
2. Jumlah *Node B* yang dibutuhkan untuk dapat melayani *user* pada tahun 2016 adalah 26 *Node B* di wilayah *urban* dengan radius sel 1,030 Km dan 3 *Node B* di wilayah *suburban* dengan radius sel 2,26 Km.

3. Hasil eksekusi algoritma genetika, didapatkan bahwa fungsi *fitness* sudah stabil pada generasi ke 18 sampai generasi ke 27, yaitu pada saat fungsi *fitness* menunjukkan angka 65 dengan tingkat optimalitas 100, trafik 61 dan jangkauan 35. Nilai jangkauan kecil karena persebaran BTS *existing* tidak merata di seluruh wilayah kota Malang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugiyanto Y. 2011. Arsitektur Jaringan UMTS, <http://www.mobileindonesia.net/wpcontent/uploads/2011/01/arsitektur-jaringan-umts.pdf>. 1 Agustus 2012.
- [2] Holma H., Ahonpaa T., Prieur E., 2007, "UMTS900 Co-Existance With GSM900", Vehicular Technology Conference, VTC2007-Spring, IEEE 65th, pages 778-782.
- [3] Kreher R., Rudebusch T., 2007, "UMTS Signalling", John Wiley & sons Ltd, England.
- [4] Kuswadi Son, 2007, "Kendali Cerdas, Teori dan Aplikasi Praktisnya", Edisi Pertama. Andi Offset, Yogyakarta.
- [5] Garzia Fabio, Perna Cristina, Cusani Roberto, 2010, "Optimization of UMTS Network Planning Using Genetic Algorithms", Communications and Network, 2010, 2, 193-199.
- [6] Fachrie Muhammad, Widowati Sri, Tri Hanuranto Ahmad, 2012, "Implementasi Fuzzy Evolutionary Algorithms untuk penentuan posisi BTS", Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2012, SNATI'12.
- [7] Ovum-Consulting, 2007, "Market Study for UMTS900", A report to GSMA, Project Number CLW28 Version – VI.1, vol 44.
- [8] Institute Teknologi Telkom, 2012, "Perencanaan Jaringan Seluler", Bandung.
- [9] ITU-R M 1390, 1999, "Methodologi for The Calculation of IMT-2000 Terrestrial Spectrum Requirements".
- [10] Wibisono gunawan, Kurniawan Usman Uke, Dwi Hantoro Gunadi, 2008, "Konsep Teknologi Seluler", Edisi Pertama, Informatika, Bandung.
- [11] Vijay K Garg, 2000, "IS-95 CDMA and cdma2000 Cellular/PCS System Implementation", Publishing House of Electronics Industry. Beijing.
- [12] Sutojo, Mulyanto Edy, Suhartono Vincent, 2011, "Kecerdasan Buatan", Edisi Pertama. Andi Offset, Yogyakarta.
- [13] Badan Pusat Statistik Kota Malang, 2012, "Kota Malang dalam Angka", Malang.
- [14] PT. Indosat Tbk, 2012, "Paparan Publik Tahunan 2012".