

OPTIMASI JUMLAH DAN POSISI ENODE-B BERBASIS ALGORITMA GENETIKA

OPTIMIZATION OF TOTAL AND POSITION ENODE-B BASED ON GENETIC ALGORITHM

GINA ILMA AMALIA¹, Ir. ACHMAD ALI MUAYYADI, M.Sc., Ph.D.², Dr. ARFIANTO FAHMI, ST.,MT³
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹ginailmaamalia@gmail.com, ²alimuayyadi@telkomuniversity.ac.id, ³arfiantof@telkomuniversity.ac.id.

Abstrak

Teknologi telekomunikasi semakin lama semakin berkembang, dari generasi pertama sampai dengan generasi berikutnya, yakni teknologi 4G LTE, yang mempunyai kualitas jaringan telekomunikasi khususnya dalam hal kecepatan data dan *voice*. Hal tersebut menyebabkan pertumbuhan kebutuhan akan layanan komunikasi, semakin meningkatkan *demand* trafik dan membuat jumlah operator yang menyediakan layanan dengan kualitas yang bersaing.

Tugas akhir ini mengusulkan algoritma genetika sebagai algoritma optimasi yang sering digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan kompleks. Algoritma genetika mampu memberikan solusi yang cukup baik untuk penempatan posisi *eNodeB* dalam permasalahan jangkauan pelanggan. Dari hasil perancangan berdasarkan perhitungan kapasitas untuk kota Cimahi didapatkan sebanyak 10 *eNodeB* dengan jari-jari sebesar 0,903 km cukup untuk memenuhi *demand* trafik sampai dengan tahun 2022.

Dengan diimplementasikannya algoritma genetika, yang didapatkan dari kombinasi parameter yakni ukuran *cross over* : 0.8, populasi : 1000, generasi : 1000 dan mutasi : 0.05, merupakan kombinasi yang paling optimum yang di dapakan dari hasil percobaan ini, dengan *fitness* yang dihasilkan 0.90716824, dimana dapat mencakup wilayah kota Cimahi sebesar 36,46542 km² dan wilayah yang tidak *tercover* sebesar 3,73458 km², kombinasi tersebut dilakukan dengan tujuan, menentukan posisi *eNodeB* yang optimal untuk meminimalkan luas area *blankspot* dan optimal dari segi *cost* atau biayanya dengan menggunakan metode LCC (*Life cycle cost*), bisa didapatkan biaya terendah sebesar Rp.13,314,348,098.15 biaya tersebut, merupakan biaya *maintenance real* yang dibutuhkan oleh perusahaan supaya bisa menghindari pembengkakan anggaran untuk kegiatan *maintenance*.

Kata kunci : 4G LTE, Optimasi, Algoritma Genetika, *eNodeB*, LCC (*Life Cycle Cost*).

Abstract

Telecommunications technology is increasingly growing, from the first generation to the next generation, namely 4G LTE technology, which has a quality telecommunications network, especially in terms of data speed and voice. This leads to a growing need for communication services, increasing the demand for traffic and making the number of operators providing services of the highest quality.

This final project proposes genetic algorithm as an optimization algorithm that is often used to solve complex problems. The Genetic Algorithm is able to provide a good enough solution for *eNodeB* position placement in customer reach issues. From the design results based on the calculation of capacity for the city Cimahi in get as many as 10 *eNodeB* with radius of 0,903 km is enough to meet the demand traffic until the year 2022.

With the implementation of genetic algorithm, obtained from a combination of parameters that is the size of cross over: 0.8, population: 1000, generation: 1000 and mutation: 0.05, is the most optimum combination of the results of this experiment, with fitness generated 0.90716824, where can cover the area of Cimahi city of 36,46542 km² and the un-covered area of 3,73458 km², the combination is done with the purpose, determine the optimal position of *eNodeB* to minimize the blankspot area and optimally in terms of cost or cost using the LCC method (life cycle cost), can be obtained the lowest cost of Rp.13,314,348,098.15 such costs, is the real maintenance cost required by the company in order to avoid the budget swelling for maintenance activities.

Keywords : 4G LTE, Optimization, Genetic Algorithm, *eNodeB*, LCC (*Life Cycle Cost*).

1. PENDAHULUAN

Telekomunikasi data mobile saat ini sangat diminati oleh masyarakat karena mereka dapat dengan mudah mengakses data dimana saja dan kapan saja selain itu telekomunikasi data *mobile* dituntut untuk memenuhi komunikasi dengan transfer data yang tinggi, mobilitas yang tinggi, kapasitas yang besar, area akses yang semakin luas, dilihat dari sisi kebutuhan pelanggan. Sedangkan bagi penyedia jaringan diperlukan desain jaringan yang lebih sederhana namun dapat bekerja dengan seoptimal mungkin.

Berdasarkan permasalahan tersebut pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan pencarian solusi terhadap masalah penempatan posisi *eNodeB* yang optimal dengan menggunakan algoritma genetika. Algoritma genetika yang digunakan, bertujuan untuk menyelesaikan masalah optimasi yang kompleks yang sukar untuk diselesaikan dengan metode konvensional, selain optimal dari segi penempatan *eNodeB*, agar dapat optimal dari segi biayanya, digunakan metode LCC (*life cycle cost*) yakni penjumlahan biaya dari awal hingga penyelesaian baik peralatan maupun proyek.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan perancangan cakupan area LTE di daerah Banyumas [5], pada penelitian tersebut hanya dilakukan perencanaan jumlah *eNodeB* yang dibutuhkan saja. Pada penelitian selanjutnya penempatan BTS untuk teknologi UMTS menggunakan algoritma genetika [10], Teknologi yang digunakan masih teknologi UMTS oleh karena itu penulis ingin mengangkat tema ini bagaimana algoritma genetika digunakan untuk teknologi LTE dan apakah algoritma genetika bisa menyelesaikan solusi untuk penempatan posisi *eNodeB* untuk daerah kota Cimahi yang optimal untuk dapat meminimalkan luas area *blankspot* dan menggunakan metode LCC (*life cycle cost*) untuk mengetahui bahwa *eNodeB* dapat optimal dari segi *cost* atau biayanya, metode LCC ini sangat penting dilakukan agar perusahaan dapat menentukan umur *eNodeB* yang dapat meminimalkan biaya *maintenance* dan tidak memaksakan *eNodeB* beroperasi setelah umur optimalnya berakhir.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Long Term Evolution (LTE) [1]

Teknologi LTE dirancang untuk menyediakan efisiensi spektrum yang lebih baik, peningkatan kapasitas radio, *latency* dan biaya operasional yang rendah bagi operator serta layanan *mobile broadband* kualitas tinggi untuk para pengguna.

2.2 Arsitektur Jaringan 4G LTE [1]

Arsitektur jaringan 4G 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*).

2.3 Google Earth [7]

Fungsi *Google Earth* ialah melihat lokasi rumah kita, bentuk bangunan, morfologi suatu daerah, lokasi geografis ataupun mencari tempat berdasarkan hasil gambar dari satelit.

2.4 Optimasi [4]

Proses optimasi jaringan akses radio selular adalah proses dimana semua informasi mengenai konfigurasi *hardware*, *hardware problem*, konfigurasi antena (ketinggian, *azimuth*, *tilting*), parameter *setting*, topologi jaringan dan informasi aktivitas yang berkaitan dengan topologi jaringan.

2.5 Algoritma Genetika [6]

Algoritma genetika sangat tepat digunakan untuk penyelesaian masalah optimasi yang kompleks dan sukar diselesaikan dengan menggunakan metode yang konvensional. Selain itu algoritma genetika tidak membutuhkan banyak kebutuhan matematis tentang masalah optimalisasi karena akan mencari solusi berdasarkan evolusi alami. Sehingga dapat digunakan untuk skala besar dan perhitungan yang rumit.

2.6 Parameter Genetik [6]

Parameter Genetik berfungsi sebagai pengendali operator-operator gen yang diinginkan, diantaranya yaitu: jumlah populasi (N), jumlah generasi, probabilitas kawin silang (Pc), probabilitas mutasi (Pm), jumlah titik kawin silang.

2.7 Faktor Penghenti [2]

Dalam setiap algoritma pasti dibutuhkan faktor penghenti, sebagai batasan berapa banyak iterasi yang dibutuhkan, dalam algoritma genetika faktor-faktor penghentinya adalah *time limit*, *generation*, *fitness limit*, *stall time limit*, *stall generation*.

2.8 Individu [6]

Individu menyatakan salah satu solusi yang mungkin. Individu bisa dikatakan sama dengan kromosom, yang merupakan kumpulan gen.

2.9 Nilai Fitness [2]

Nilai *fitness* adalah nilai yang menyatakan baik-tidaknya suatu solusi (individu).

2.10 Model Propagasi [2]

Model Propagasi Performansi jaringan dipengaruhi oleh model propagasi yang digunakan, karena model propagasi digunakan untuk memprediksi besarnya interferensi yang terjadi. Salah satu contoh dari model propagasi ialah *cost 231*.

2.10.1 Model Propagasi Cost 231 [2]

Model propagasi jenis ini untuk mengestimasi *pathloss* di daerah urban dan beroperasi pada *range frekuensi* 1500 MHz- 2000 MHz, Model propagasi *cost 231* memiliki karakteristik sebagai berikut : BS (*h_{te}*) atau tinggi efektif antenna *transmitter* nya sebesar 30 – 200 m, sedangkan untuk MS (*h_{re}*) atau tinggi efektif antenna *receiver* nya sebesar 1 –10 m, untuk *d* atau jarak dari *B_s* – *M_s* sebesar 1 – 20 km. Berikut ini persamaan umum dari model propagasi *cost 231* ialah sebagai berikut :

$$L(\text{urban}) = 46,3 + 33,9\log(f \text{ MHz}) - 13,82\log h_{te} - a(h_{re}) + (44,9 - 6,55\log h_{te}) \log d \quad (2.1)$$

$$\text{Dimana :} \quad a(h_{re}) = 3,2 [\log 11,75h_{re}]^2 - 4,97 \text{ untuk } f_c > 300 \text{ MHz}$$

$$a(h_{re}) = 8,29 [\log 1,54 h_{re}]^2 - 1,1 \text{ untuk } f_c \leq 300 \text{ MHz}$$

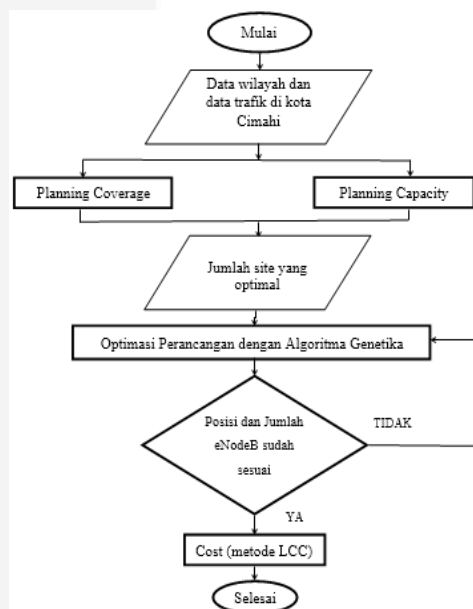
2.11 Life Cycle Cost [3]

Life cycle cost merupakan penjumlahan perkiraan biaya dari awal hingga penyelesaian, tujuan dari analisis LCC adalah untuk memilih pendekatan biaya yang paling efektif dari serangkaian alternatif sehingga *cost term ownership* (kepemilikan) yang paling pendek tercapai.

3. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Diagram Alir Pengukuran

Dibawah ini adalah diagram alir proses perencanaan jaringan 4G LTE untuk wilayah kota Cimahi yang akan dirancang ialah gambar yang merupakan *flowchart* dari perencanaan Penempatan posisi *eNodeB* yang optimal Pada Jaringan 4G LTE.



Gambar 3.1 Diagram alir Pengukuran

3.2 Penentuan Daerah Perencanaan Kota Cimahi [8]

Kota Cimahi terletak diantara 107°30'30" BT – 107°34'30" dan 6°50'00" – 6°56'00" lintang selatan. Luas wilayah kota Cimahi sebesar 40,2 Km².

3.3 Estimasi Jumlah Pelanggan [9]

Perkiraan jumlah pelanggan dan distribusi pelanggan perkiraan jumlah pelanggan dan distribusi pelanggan yang digunakan dalam tugas akhir ini merupakan asumsi.

3.4 Optimasi Jaringan

3.4.1 Capacity Planning

Perancangan dimulai dengan perhitungan jumlah pelanggan, dan diikuti dengan perhitungan OBQ dan perhitungan kapasitas sel.

$$\sum OBQ \text{ total} = \sum OBQ \text{ building} + \sum OBQ \text{ pedestrian} + \sum OBQ \text{ vehicular} = 73067.43 \text{ Kbps/km}^2$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Perhitungan kapasitas sel} &= 3 \times C_{DL} & (3.4) \\ &= 3 \times 100,8 \text{ Mbps/sel} = 302,4 \text{ Mbps/sel} \end{aligned}$$

3.4.2 Coverage Planning

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Luas cakupan sel} &= \frac{\text{Kapasitas informasi tiap sel}}{\text{Offered Bit Quantity (OBQ)}} & (3.5) \\ &= \frac{302400 \text{ Kbps/sel}}{73067.43 \text{ Kbps/km}^2} = 4,138 \text{ km}^2/\text{sel} \end{aligned}$$

$$\bullet \text{ Perhitungan jari-jari sel (r)} = \sqrt{\frac{L}{2,6 \times 1,95}} \quad (3.6)$$

$$r = \sqrt{\frac{4,138}{5,07}} = 0,903 \text{ km}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Perhitungan jumlah eNodeB} &= \frac{\text{Luas area perencanaan}}{\text{Luas cakupan sel}} & (3.7) \\ &= \frac{40,2 \text{ km}^2}{4,138} = 10 \text{ site} \end{aligned}$$

$$\bullet \text{ Radio link budget } a(h_{re}) = 3,2 [\log 11,75h_{re}]^2 - 4,97 \text{ untuk } f_c > 300 \text{ MHz}$$

$$a(h_{re}) = 3,2 [\log 11,75(5)]^2 - 4,97 = 5,044$$

$$L(\text{urban}) = 46,3 + 33,9 \log 1800 - 13,82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44,9 - 6,55 \log h_{te}) \log d$$

$$L(\text{urban}) = 46,3 + 33,9 \log 1800 - 13,82 \log 50 - 5,044 + (44,9 - 6,55 \log 50) \log 1,806$$

$$L(\text{urban}) = 136,79 \text{ dB}$$

3.5 Pembuatan Data Atribut Peta

Berikut ini adalah langkah-langkah pembuatan data atribut peta kota Cimahi : membagi peta dasar menjadi peta *grid*, dimana tiap *grid* mempunyai ukuran 50m x 50 m, lalu menginputkan data pada tiap *grid* berupa data jenis lingkungan propagasi (urban, suburban, open area, air). Data-data tiap *grid* disusun menurut posisi koordinat kartesian x, y yang disimpan dalam tiap *record* tabel basis data.

3.6 Optimasi Penempatan Posisi eNodeB Menggunakan Algoritma Genetika

Tabel 3.4 Inisialisasi Penempatan dengan Algoritma Genetika

Penempatan	Algoritma Genetika
Variasi posisi eNodeB	Populasi
Calon posisi eNodeB	Individu
Deretan semua posisi eNodeB	Kromosom
Satu posisi eNodeB	Bit parameter/gen

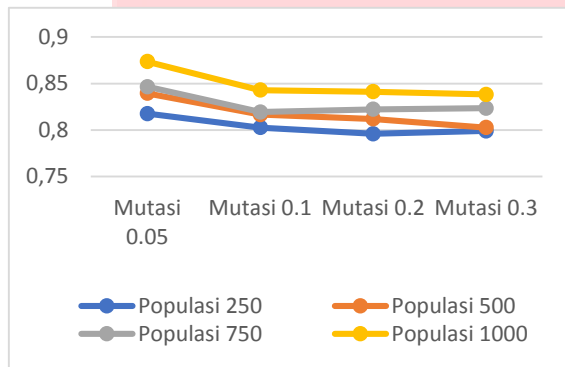
4. HASIL PERCOBAAN DAN ANALISIS

4.2.1 Analisis generasi terhadap Algoritma Genetika

Nilai generasi nya semakin besar maka semakin bagus juga *fitness* yang akan didapatkan. Hal ini karena semakin besar jumlah generasi, maka semakin besar peluang untuk dapat nilai *fitness* yang optimum.

4.2.2 Analisis populasi terhadap Algoritma Genetika

Nilai populasi yang akan dijadikan sebagai uji coba yakni populasi dengan nilai 250, 500, 750 dan 1000, dengan nilai parameter yg tetap adalah generasi 1000, kawin silang 0.8, dan mutasi 0.3.



Tabel 4.5 Grafik Perubahan Populasi Terhadap Nilai *Fitness* di Kota Cimahi

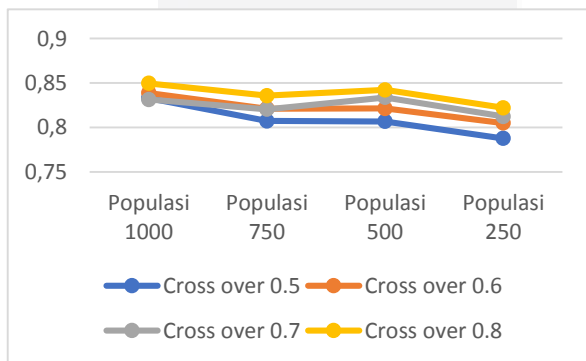
Populasi	Mutasi	Cross over	Generasi	Fitness terbaik
250	0.3	0.8	1000	0.79910150
	0.2	0.8	1000	0.79598540
	0.1	0.8	1000	0.80261976
	0.05	0.8	1000	0.81763865
500	0.3	0.8	1000	0.80260346
	0.2	0.8	1000	0.81198236
	0.1	0.8	1000	0.81649507
	0.05	0.8	1000	0.83952462
750	0.3	0.8	1000	0.82343833
	0.2	0.8	1000	0.82223764
	0.1	0.8	1000	0.81931932
	0.05	0.8	1000	0.84657746
1000	0.3	0.8	1000	0.83830398
	0.2	0.8	1000	0.84123193
	0.1	0.8	1000	0.84281426
	0.05	0.8	1000	0.87347557

Gambar 4.5 Tabel Perubahan Populasi Terhadap Nilai *Fitness* di Kota Cimahi

Dari tabel tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar nilai populasi semakin baik nilai *fitness*nya atau semakin optimum, yang berarti semakin minimum juga daerah *blankspot*-nya. Nilai *fitness* tertinggi pada kombinasi dari perubahan populasi pada algoritma genetika sebesar 0.87347557 dapat tercangkup wilayah kota Cimahi sebesar 35,11068 km² dan wilayah yang tidak tercangkup sebesar 5,08932 km².

4.2.3 Analisis cross over terhadap Algoritma Genetika

Nilai *cross over* yang akan dijadikan sebagai uji coba yakni populasi dengan nilai 0.6, 0.7, 0.8, dan 0.9 dengan nilai parameter yang tetap adalah generasi 1000, populasi 500, dan mutasi 0.3



Tabel 4.6 Grafik Perubahan *Cross Over* Terhadap Nilai *Fitness* di Kota Cimahi

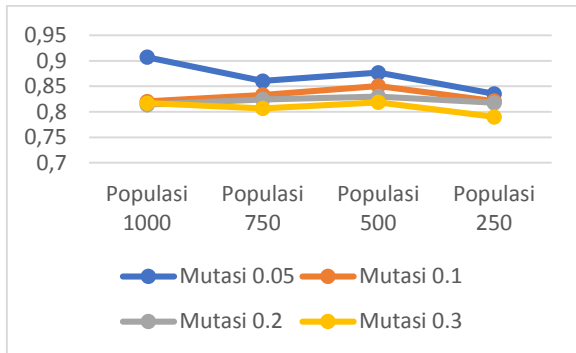
Cross over	Mutasi	Populasi	Generasi	Fitness terbaik
0.5	0.3	250	1000	0.78778875
	0.3	500	1000	0.80690070
	0.3	750	1000	0.80736774
	0.3	1000	1000	0.83313081
0.6	0.3	250	1000	0.80495288
	0.3	500	1000	0.82145050
	0.3	750	1000	0.82129523
	0.3	1000	1000	0.83891932
0.7	0.3	250	1000	0.81248734
	0.3	500	1000	0.83380565
	0.3	750	1000	0.82557191
	0.3	1000	1000	0.83149508
0.8	0.3	250	1000	0.82206061
	0.3	500	1000	0.84231146
	0.3	750	1000	0.83576385
	0.3	1000	1000	0.84956476

Gambar 4.6 Tabel Perubahan *Cross Over* Terhadap Nilai *Fitness* di Kota Cimahi

Dari tabel tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar nilai probabilitas *cross over* semakin baik nilai *fitness*nya atau semakin optimum, yang berarti semakin minimum juga daerah *blankspot*-nya. Nilai *fitness* tertinggi pada kombinasi dari perubahan *cross over* pada algoritma genetika sebesar 0.84359351 dapat mencangkup wilayah kota Cimahi sebesar 33,9087 km² dan wilayah yang tidak tercangkup sebesar 6,2913 km².

4.2.4 Analisis mutasi terhadap Algoritma Genetika

Nilai mutasi yang akan dijadikan sebagai uji coba yakni mutasi dengan nilai 0.05, 0.1, 0.2, dan 0.3 dengan nilai parameter yg tetap adalah generasi 1000, kawin silang 0.8, dan populasi 500.



Tabel 4.7 Grafik Perubahan Mutasi Terhadap Nilai *Fitness* di Kota Cimahi

Mutasi	Populasi	Cross over	Generasi	Fitness terbaik
0.3	250	0.8	1000	0.79018173
	500	0.8	1000	0.81862748
	750	0.8	1000	0.80667696
	1000	0.8	1000	0.81699065
0.2	250	0.8	1000	0.81767643
	500	0.8	1000	0.83007664
	750	0.8	1000	0.82433136
	1000	0.8	1000	0.81401790
0.1	250	0.8	1000	0.82117855
	500	0.8	1000	0.85066326
	750	0.8	1000	0.83301617
	1000	0.8	1000	0.82022724
0.05	250	0.8	1000	0.83522485
	500	0.8	1000	0.87672745
	750	0.8	1000	0.86024665
	1000	0.8	1000	0.90716824

Gambar 4.7 Tabel Perubahan Mutasi Terhadap Nilai *Fitness* di Kota Cimahi

Dari tabel tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin kecil nilai probabilitas mutasi semakin baik nilai *fitness*nya atau semakin minimum, yang berarti semakin minimum juga daerah *blankspot*-nya. Nilai *fitness* tertinggi pada kombinasi dari perubahan mutasi pada algoritma genetika sebesar 0.90716824 dapat mencakup wilayah kota Cimahi sebesar 36,46542 km² dan wilayah yang tidak tercakup sebesar 3,73458 km².

4.3 Perhitungan Life Cycle Cost

Untuk bisa mendapatkan penentuan jumlah tim *maintenance* optimal maka dipilih dari total biaya yang paling kecil yang dilihat berdasarkan perhitungan total dari *life cycle cost*, maka yang memiliki total biaya terkecil adalah M = 4 tim, dengan n = 4 tahun, dimana total *cost* adalah sebesar Rp. 13,314,348,098.15.

Tabel 4.15 Total *Life Cycle Cost*

No	<i>Life Cycle Cost</i>				
	M=1 (Rp)	M=2 (Rp)	M=3 (Rp)	M=4 (Rp)	M=5 (Rp)
1	23,000,566,512.56	22,191,945,446.56	21,432,330,981.56	20,540,600,730.56	20,568,963,706.56
2	17,284,880,860.44	16,476,259,794.44	15,716,645,329.44	14,824,915,078.44	14,853,278,054.44
3	15,940,469,726.58	15,131,848,660.58	14,372,234,195.58	13,480,503,944.58	13,508,866,920.58
4	15,774,313,880.15	14,965,692,814.15	14,206,078,349.15	13,314,348,098.15	13,342,711,074.15
5	16,135,171,739.55	15,326,550,673.55	14,566,936,208.55	13,675,205,957.55	13,703,568,933.55
6	16,797,666,261.95	15,989,045,195.95	15,229,430,730.95	14,337,700,479.95	14,366,063,455.95
7	17,660,810,228.99	16,852,189,162.99	16,092,574,697.99	15,200,844,446.99	15,229,207,422.99
8	18,669,765,483.68	17,861,144,417.68	17,101,529,952.68	16,209,799,701.68	16,238,162,677.68
9	19,791,632,154.67	18,983,011,088.67	18,223,396,623.67	17,331,666,372.67	17,360,029,348.67
10	21,004,464,464.92	20,195,843,398.92	19,436,228,933.92	18,544,498,682.92	18,572,861,658.92
11	22,293,509,913.02	21,484,888,847.02	20,725,274,382.02	19,833,544,131.02	19,861,907,107.02
12	23,648,669,266.53	22,840,048,200.53	22,080,433,735.53	21,188,703,484.53	21,217,066,460.53
13	25,063,174,787.86	24,254,553,721.86	23,494,939,256.86	22,603,209,005.86	22,631,571,981.86
14	26,529,884,764.79	25,721,263,698.79	24,961,649,233.79	24,069,918,982.79	24,098,281,958.79
15	28,044,792,288.81	27,236,171,222.81	26,476,556,757.81	25,584,826,506.81	25,613,189,482.81

Tabel 4.16 Total *Life Cycle Cost*

No	<i>Life Cycle Cost</i>				
	M=6 (Rp)	M=7 (Rp)	M=8 (Rp)	M=9 (Rp)	M=10 (Rp)
1	20,606,725,550.56	20,644,425,516.56	20,682,065,247.56	20,719,666,128.56	20,757,240,497.56
2	14,891,039,898.44	14,928,739,864.44	14,966,379,595.44	15,003,980,476.44	15,041,554,845.44
3	13,546,628,764.58	13,584,328,730.58	13,621,968,461.58	13,659,569,342.58	13,697,143,711.58
4	13,380,472,918.15	13,418,172,884.15	13,455,812,615.15	13,493,413,496.15	13,530,987,865.15
5	13,741,330,777.55	13,779,030,743.55	13,816,670,474.55	13,854,271,355.55	13,891,845,724.55
6	14,403,825,299.95	14,441,525,265.95	14,479,164,996.95	14,516,765,877.95	14,554,340,246.95
7	15,266,969,266.99	15,304,669,232.99	15,342,308,963.99	15,379,909,844.99	15,417,484,213.99
8	16,275,924,521.68	16,313,624,487.68	16,351,264,218.68	16,388,865,099.68	16,426,439,468.68
9	17,397,791,192.67	17,435,491,158.67	17,473,130,889.67	17,510,731,770.67	17,548,306,139.67
10	18,610,623,502.92	18,648,323,468.92	18,685,963,199.92	18,723,564,080.92	18,761,138,449.92
11	19,899,668,951.02	19,937,368,917.02	19,975,008,648.02	20,012,609,529.02	20,050,183,898.02
12	21,254,828,304.53	21,292,528,270.53	21,330,168,001.53	21,367,768,882.53	21,405,343,251.53
13	22,669,333,825.86	22,707,033,791.86	22,744,673,522.86	22,782,274,403.86	22,819,848,772.86
14	24,136,043,802.79	24,173,743,768.79	24,211,383,499.79	24,248,984,380.79	24,286,558,749.79
15	25,650,951,326.81	25,688,651,292.81	25,726,291,023.81	25,763,891,904.81	25,801,466,273.81

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses perancangan sistem, hasil percobaan dan analisis untuk optimasi jumlah dan posisi *eNodeB* yang optimal dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah *eNodeB* berdasarkan perhitungan kapasitas didapatkan sebanyak 10 *eNodeB* dengan jari-jari sebesar 0,903 km, dari hasil perencanaan tersebut digunakan sebagai masukan untuk algoritma genetika, dan jumlah *eNodeB* tersebut nantinya digunakan sebagai masukan perhitungan *eNodeB* berdasarkan *cost* yang dihitung menggunakan metode *life cycle cost*.
2. Apabila parameter algoritma genetika yaitu jumlah populasi, jumlah generasi, probabilitas *cross over*, probabilitas mutasi nya semakin besar maka semakin lama juga waktu komputasi yang diperlukan untuk menyelesaikan permasalahan.
3. Hasil analisis penempatan *eNodeB* untuk kota Cimahi didapatkan bahwa, dengan probabilitas *cross over* sebesar 0.8, nilai populasi sebesar 1000, mutasi sebesar 0.05, dan generasi sebesar 1000 merupakan kombinasi yang paling optimum yang didapatkan dari hasil percobaan ini, dan menghasilkan nilai *fitness* sebesar 0.90716824, yang merepresentasikan luas *coverage* sebesar 36,46542 km² juga nilai *blankspot* dengan luas sebesar 3,73458 km², sedangkan untuk perbandingan dengan peletakan manual, hasil analisis nya didapatkan sebagai berikut nilai *coverage* sebesar 32,16 km² dengan luas daerah *blankspot* sebesar 8,04 km².
4. Pengaruh populasi, probabilitas kawin silang dan besarnya nilai generasi terhadap analisis algoritma genetika ialah apabila, nilai nya semakin besar maka, nilai *fitness* yang akan dihasilkan akan lebih baik. Selanjutnya, pengaruh mutasi terhadap analisis algoritma genetika apabila, nilai mutasi semakin besar maka, akan semakin jelek pula nilai *fitness* yang akan dihasilkan.
5. Berdasarkan perhitungan *life cycle cost* dengan jumlah *eNodeB* untuk kota Cimahi sebanyak 10 unit, didapatkan hasil *life cycle cost* yang paling termurah yakni sebesar Rp. 13,314,348,098.15 Berdasarkan data dari biaya tersebut didapatkan umur optimal untuk *eNodeB* tersebut yaitu 4 tahun.
6. Dari perhitungan *life cycle cost* juga didapatkan hasil bahwa, jumlah *maintenance site crew* yang optimal yakni sebanyak 4 *crew*, jumlah *maintenance site crew* ini, dapat digunakan apabila data jumlah *eNodeB* yang diuji sebanyak 10 buah.
7. Hasil optimasi menunjukkan bahwa total *eNodeB existing* di kota Cimahi, sebanyak 54 jumlah tersebut dapat berkurang setelah dilakukan optimasi menjadi 10 *eNodeB*, Sedangkan untuk optimasi dari perhitungan total biaya yang dikeluarkan, untuk *maintenance real* untuk menghindari pembengkakan

anggaran yang dihitung dengan menggunakan metode LCC (*life cycle cost*) dari semula sebesar Rp. 36,497,516,098.15 dapat diminimalkan menjadi Rp. 13,314,348,098.15.

5.2 Saran

Untuk pengembangan dalam perancangan, juga melakukan percobaan serta analisis, ada baiknya mempertimbangkan beberapa saran dibawah ini agar didapatkan hasil yang maksimal :

1. Pemetaan yang digunakan pada tugas akhir ini hanya pada pemetaan matriks dua dimensi, maka apabila ingin dilakukan pengembangan perlu dilakukan pemetaan tiga dimensi, dengan harapan kondisi geografi pada daerah seperti adanya *obstacle*, ketinggian bangunan yang mempengaruhi penempatan *eNodeB* yang akan dianalisis dapat di petakan lebih akurat.
2. Analisis *eNodeB* dari segi *cost* sebaiknya, mempertimbangkan waktu transportasi yang diperlukan oleh *maintenance site crew*, untuk berpindah dari satu *eNodeB* ke lokasi *eNodeB* lainnya.
3. Untuk perusahaan penyedia data yakni PT Telkomsel Regional, sebaiknya melakukan pencatatan data lebih detail lagi, dari aspek biaya meliputi tanggal kegiatan juga biaya yang dikeluarkan. Pencatatan yang lebih detail ini, diperlukan dengan tujuan hasil analisis yang lebih baik.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Suryanto, Heri (2006), Penempatan Base Transceiver Station (BTS) Menggunakan Algoritma Genetika , Tugas Akhir, STT Telkom.
- [2] Ratnasari, Hani (2014), Perencanaan Penempatan Evolved NodeB (eNodeB) Long Term Evolution (LTE) Menggunakan Algoritma Genetika di Jakarta-Bandung , Tugas Akhir, Universitas Telkom.
- [3] Anggriawan, Alfrianiko (2015), Optimalisasi Umur Bts, Jumlah Maintenance Site Crew Dan Penentuan Biaya Maintenance Dengan Menggunakan Metode Life Cycle Cost (Studi Kasus: Pt Telkomsel Indonesia), Tugas Akhir, Universitas Telkom.
- [4] Wira, Hamam (2016), Optimasi Jaringan 3G Berdasarkan Analisis Bad Spot di Area Jakarta Pusat , Tugas Akhir, Universitas Telkom.
- [5] Hikmaturokhan, Alfin (2012), Perancangan Cakupan Area Long Term Evolution (LTE) di Daerah Banyumas, Akatel Purwokerto.
- [6] Universitas Komputer Indonesia, "Algoritma Genetika", Diktat Artificial Intelligence 9 Algoritma Genetika, September 2017.
- [7] Geographic Information System, "Fungsi dan Keunggulan Google Earth," <http://geosriwijaya.blogspot.co.id/2017/02/fungsi-dan-keunggulan-google-earth.html>, September 2017.
- [8] Cimahi Cyber City, "Jumlah Penduduk Kota Cimahi 2003-2014," <http://cimahi-cyber-city.blogspot.co.id/p/kota-cimahi.html>, Oktober 2017.
- [9] Badan Pusat Statistik Kota Cimahi, "Jumlah Penduduk Kota Cimahi 2003-2014", <https://cimahikota.bps.go.id/linkTabelStatis/view/14>, Oktober 2017.
- [10] Wibowo, Andi (2010), Penempatan Base Transceiver Station (BTS) UMTS Menggunakan Algoritma Genetika, Tugas Akhir, Universitas Telkom.
- [11] Suryanto (2005), "Algoritma Genetika dalam MATLAB", Yogyakarta, Indonesia.