

# Optimasi Peletakan *Base Transceiver Station* di Kabupaten Mojokerto Menggunakan Algoritma *Differential Evolution*

Ahadi Arif dan Achmad Mauludiyanto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: maulud@ee.its.ac.id

**Abstrak**— Salah satu aspek penting dalam perencanaan infrastruktur jaringan seluler adalah *Base Transceiver Station (BTS)* yang merupakan sebuah pemancar dan penerima sinyal *telephone* seluler. Di satu sisi, peningkatan jumlah menara memang akan mendukung tercapainya pemenuhan kebutuhan masyarakat terhadap layanan telekomunikasi. Namun di sisi lain, penempatan menara yang tanpa perencanaan serta koordinasi yang tepat akan menimbulkan jumlah menara yang berlebih sehingga dapat mengganggu estetika lingkungan, tata ruang suatu wilayah, dan radiasi gelombang radio yang tidak terkontrol sehingga sangat mengganggu. Berdasarkan permasalahan diatas, maka dapat diselesaikan dengan cara menyusun suatu *master plan* yang lengkap dan rinci tentang penataan lokasi menara di kabupaten Mojokerto untuk lima tahun mendatang. Penataan lokasi menara dilakukan dengan menggunakan algoritma *Differential Evolution (DE)* untuk menemukan solusi penataan menara yang baik berdasarkan luas cakupan area sel yang dihasilkan, kemudian menggunakan *software Map Info* sebagai media visualisasi peta lokasi penempatan menara telekomunikasi. Dalam perancangan dibutuhkan BTS untuk tahun 2019, kabupaten Mojokerto membutuhkan penambahan BTS 3G sebanyak 174 BTS dengan ditopang oleh 53 menara telekomunikasi bersama. Penempatan menara telekomunikasi hasil perancangan mampu mengcover 72% dari luas wilayah kabupaten Mojokerto.

**Kata kunci** — *BTS, Differential Evolution, Map Info, menara telekomunikasi.*

## I. PENDAHULUAN

PERKEMBANGAN teknologi dan industri telekomunikasi telah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Ketersediaan layanan diupayakan oleh sejumlah operator seluler yang menawarkan berbagai sistem dan layanan yang bervariasi dengan melakukan pembangunan infrastruktur jaringan seluler. Salah satu aspek penting dalam perencanaan infrastruktur jaringan seluler adalah *Base Transceiver Station (BTS)* yang merupakan sebuah pemancar dan penerima sinyal *telephone* seluler.

Pertumbuhan menara *BTS (Base Transceiver Station)* menjadi infrastruktur utama dalam penyelenggaraan jaringan telekomunikasi yang sangat dibutuhkan untuk pelayanan dan peningkatan kualitas jaringan telekomunikasi. Sehingga penambahan jumlah dan lokasi menara menjadi suatu keharusan bagi sejumlah operator seluler agar mampu melayani kebutuhan layanan dan jaringan telekomunikasi. Di satu sisi, peningkatan jumlah lokasi menara memang akan mendukung tercapainya pemenuhan kebutuhan masyarakat terhadap layanan telekomunikasi. Namun di sisi lain, penempatan menara yang terlalu banyak dan tanpa perencanaan serta koordinasi yang tepat akan dapat

mengganggu estetika lingkungan, tata ruang suatu wilayah dan radiasi gelombang radio yang tidak terkontrol.

Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan suatu *master plan* yang lengkap dan rinci tentang penataan lokasi menara di kabupaten Mojokerto. *Master Plan* penataan menara BTS perlu mengacu dari gagasan atas pemenuhan kebutuhan telekomunikasi masyarakat, estetika dan keamanan, sedangkan penyusunannya perlu memperhatikan regulasi dan daerah wilayah yang akan dirancang. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi penempatan menara BTS secara optimal sehingga mampu melayani kebutuhan layanan telekomunikasi dan mampu menghasilkan daerah cakupan layanan yang lebih optimal.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Sistem Komunikasi Seluler

Sistem komunikasi seluler adalah sistem komunikasi jarak jauh tanpa menggunakan kabel. Telekomunikasi seluler merupakan bentuk komunikasi *modern* yang ditujukan untuk menggantikan telepon rumah yang masih menggunakan kabel sebagai media perantaranya.

Bentuk jaringan sitem seluler berkaitan dengan luas cakupan daerah pelayanan. Bentuk sel yang terdapat pada sistem komunikasi bergerak seluler digambarkan dengan bentuk *hexagonal* dan lingkaran. Tetapi bentuk *hexagonal* dipilih sebagai bentuk pendekatan jaringan seluler, karena dari sel yang lebih sedikit dari bentuk *hexagonal* diharapkan dapat mencakup seluruh wilayah pelayanan [1].



Gambar 1. Bentuk sel

### B. Global System for Mobile Communication (GSM)

*Global Syatem for Mobile Communication (GSM)* adalah sebuah standar global untuk komunikasi bergerak digital. GSM adalah nama dari sebuah *group* standarisasi yang dibentuk di Eropa tahun 1982 untuk menciptakan sebuah standar bersama telepon bergerak seluler di Eropa yang beroperasi pada daerah frekuensi 900 – 1800 MHz. GSM merupakan teknologi infrastruktur untuk pelayanan telepon seluler digital yang bekerja berdasarkan TDMA (*Time Division Multiple Access*) dan FDMA (*Frequency Division Multiple Access*). Jaringan GSM adalah jaringan

telekomunikasi seluler yang mempunyai arsitektur yang mengikuti standar ETSI GSM 900 / GSM 1800.

GSM dengan frekuensi 1800 MHz dan 900 MHz merupakan frekuensi yang paling banyak digunakan di dunia. GSM 900 menggunakan frekuensi *uplink* 890-915 MHz dan frekuensi *downlink* 935-960 MHz, dengan lebar kanal sebesar 200 KHz maka akan tersedia kanal sebesar 124 kanal. Untuk memenuhi kebutuhan kanal yang semakin banyak, maka digunakanlah *extended* GSM yaitu dengan menambah 50 kanal. *Duplex Spacing* sebesar 45 MHz. GSM 1800 menggunakan frekuensi *uplink* sebesar 1710-1785 MHz dan frekuensi *downlink* sebesar 1805-1880 MHz dengan *bandwidth* sebesar 75 MHz dengan lebar kanal sama seperti pada GSM 900 yaitu 200 KHz maka akan tersedia kanal sebanyak 375 kanal [2].

C. Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)

Universal Mobile Telecommunication System (UMTS), merupakan teknologi generasi ketiga (3G) untuk GSM. Teknologi ini menggunakan *Wideband-AMR (Adaptive Multi-Rate)* untuk kodifikasi suara sehingga kualitas suara yang didapat menjadi lebih baik dari generasi sebelumnya. Sementara kecepatan UMTS atau WCDMA masih 384 kbps. Pada *Wideband* CDMA terdapat sistem *Direct-Sequence Code Division Multiple Access (DS-SS-CDMA)* pita lebar, yaitu bit informasi dari pelanggan tersebar melalui *bandwidth* yang lebar dengan cara *multiply* data pelanggan dengan *chip* yang dibenturkan dari CDMA *spreading codes*. W-CDMA merupakan *focus primer* oleh standard 3GPP.

Kapasitas kanal UMTS adalah banyaknya kanal tiap sel ( $N_{user} / \text{sel}$ ) yang terdapat pada sebuah BTS UMTS. Untuk dapat mengetahui banyaknya kanal yang tersedia pada satu sel BTS dapat digunakan rumus pada persamaan berikut [3]:

$$N_{sel} = 1 + \frac{W/R}{E_b/N_0 \cdot (1 + \alpha v)} \quad (1)$$

dimana:

$N_{sel}$  = jumlah kanal per sel

$W$  = *chiprate*

$R$  = *bitrate* pengguna

$E_b/N_0$  = energi sinyal per *bit*

$\alpha$  = faktor koreksi kontrol daya yang dipengaruhi beban sel

$i$  = interferensi *co-channel* sel lain terhadap sel sendiri

$v$  = faktor aktifitas pengguna

D. Model Propagasi

Model propagasi yang sering digunakan dalam perancangan sistem komunikasi seluler adalah model Okumura-Hatta. Model Okumura-Hatta adalah model propagasi yang paling dikenal dan sesuai untuk memprediksi medan pelemahan sinyal radio untuk lingkungan makrosel [4].

a. Daerah Urban

$$d = 10^{\frac{(MAPL - 69.55 - 26.16 \log f) + 13.82 \log h_{BTS} + 0.01 MS)}{44.9 - 6.55 \log h_{BTS}}} \quad (2)$$

b. Daerah Suburban

$$d = 10^{\frac{(MAPL - 69.55 - 26.16 \log f) + 13.82 \log h_{BTS} + 0)}{44.9 - 6.55 \log h_{BTS}}} \quad (3)$$

c. Daerah Rural

$$d = 10^{\frac{(MAPL - 69.55 - 26.16 \log f) + 13.82 \log h_{BTS} + 0)}{44.9 - 6.55 \log h_{BTS}}} \quad (4)$$

dimana :

$$P = 2(\log \left(\frac{f}{30}\right))^2 + 5.4 \quad (5)$$

$$Q = 4.70(\log f)^2 - 10.33 \log f + 40.94 \quad (6)$$

E. Teori Dasar Trafik

Trafik merupakan perpindahan informasi dari suatu tempat ke tempat lain melalui jaringan telekomunikasi. Besaran dari suatu trafik telekomunikasi di ukur dengan satuan waktu. Nilai trafik dari suatu kanal adalah lamanya pendudukan kanal tersebut. Tujuan perhitungan trafik adalah untuk mengetahui *Network Performance* dan *Quality of Service (QoS)*. Volume trafik adalah jumlah waktu dari masing-masing pendudukan pada seluruh saluran telekomunikasi. Volume trafik dapat ditentukan dengan mangalikan jumlah panggilan dengan waktu rata-rata pendudukan [5].

$$A = \frac{V}{T} \quad (7)$$

dimana :

A = Intensitas trafik (Erlang)

V = Waktu pendudukan per satuan waktu

T = Periode waktu pengamatan

Untuk menghitung peramalan jumlah kapasitas total trafik 3G yang dibangkitkan oleh pelanggan, maka digunakan perhitungan *Offered Bit Quantity (OBQ)*. OBQ adalah total *bit throughput* per km<sup>2</sup> pada jam sibuk. OBQ pada 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. Besarnya nilai OBQ dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sum OBQ = \frac{\sigma \times p \times d \times BHCA \times BW}{3600} \quad (8)$$

dimana :

$\sigma$  = Kepadatan pelanggan dalam suatu daerah (*user / km<sup>2</sup>*)

$p$  = Penetrasi pengguna tiap layanan

$d$  = Durasi panggilan efektif (s)

BHCA = *Busy Hour Call Attempt* (call/s)

BW = *Bandwidth* tiap layanan (Kbps)

F. Algoritma Differential Evolution (DE)

Munculnya metode DE ini berawal dari usaha penyelesaian permasalahan *fitting* polinomial Chebychev dan menghasilkan ide penggunaan perbedaan vektor untuk mengacak populasi vektor. Kemudian seiring dengan perkembangannya, dalam ICEO (*International Contest on Evolutionary Optimization*) yang pertama, DE menjadi salah satu algoritma genetika terbaik dan dapat menemukan global optimum yang multi dimensi dengan probabilitas yang baik.

Kelebihan DE dibanding dengan metode algoritma evolusioner sebelumnya adalah adanya evolusi yang dialami oleh setiap individu dalam populasi dimana diferensiasi dan *crossover* terjadi secara berurutan pada setiap individu yang terpilih acak dari populasi setiap waktu. Hasil dari variasi ini

dikenal sebagai *child* (turunan) atau *trial individual* yang akan menggantikan *parents* pada populasi apabila *fitness* yang dihasilkan lebih baik atau sama dengan yang dihasilkan *parents*.

Ada empat tahapan pemrosesan algoritma *differential evolution (DE)*, yaitu :

1. Inisialisasi

Sebelum populasi dapat diinisialisasi, *upper* dan *lower bounds* untuk setiap parameter harus ditentukan, yaitu dengan vektor inisialisasi D-dimensi  $b_L$  dan  $b_U$ . L menunjukkan *lower* dan U menunjukkan *upper*. Berikutnya adalah membangkitkan bilangan acak untuk setiap parameter  $j$  dari vektor  $i$  pada iterasi  $g$  [6].

$$X_{j,i,0} = rand_j(0,1) \cdot (b_{j,U} - b_{j,L}) + b_{j,L} \tag{9}$$

2. Mutasi

Setelah diinisialisasi, DE akan memutasi dan merekombinasi populasi awal untuk menghasilkan populasi baru. Mutasi pada beberapa kamus bahasa menunjukan pengertian berubah dan dalam konteks genetika mutasi berarti perubahan dengan elemen acak. Berikut ini adalah persamaan yang menunjukkan bagaimana membentuk vektor mutan,  $v_{i,g}$  [6]:

$$v_{i,g} = x_{r_1,g} + F \cdot (x_{r_2,g} - x_{r_3,g}) \tag{10}$$

3. Crossover

Untuk melengkapi strategi pencarian *differential mutation*, DE menggunakan *crossover* dengan tujuan meningkatkan diversitas parameter populasi. *Crossover* membangun vektor uji dari nilai parameter yang telah *copy* dari dua vektor yang berbeda. Persamaan untuk vektor uji adalah sebagai berikut [6]:

$$u_{i,g+1} = (u_{1,i,g+1}, u_{2,i,g+1}, \dots, u_{n,i,g+1}) \tag{11}$$

dimana:

$$u_{j,i,g+1} = \begin{cases} v_{j,i,g+1} & \text{if } (rand_j(0,1) \leq CR) \\ & \text{or } j = j_{rand} \\ x_{j,i,g} & \text{otherwise} \end{cases} \tag{12}$$

$j = 1, 2, \dots, n$

4. Seleksi

a. Parent Selection

Metode ini dalam memberikan probabilitas seleksi membutuhkan tambahan asumsi tentang bagaimana menggambarkan nilai fungsi tujuan menjadi probabilitas.

b. Survivor Selection

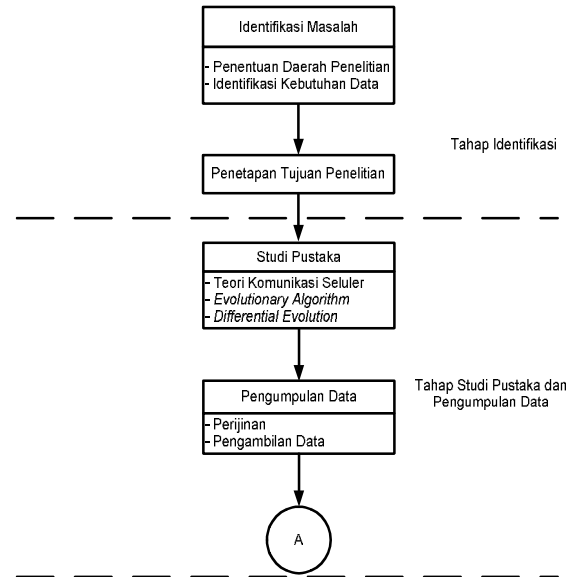
Metode ini juga bisa disebut *replacement*. Untuk mengetahui apakah vektor menjadi anggota generasi  $g + 1$ , maka vektor uji  $u_{i,g+1}$  dibandingkan dengan vektor target  $x_{i,g}$  menggunakan kriteria *greedy*. Jika vektor  $u_{i,g+1}$  menghasilkan fungsi biaya lebih yang lebih kecil daripada  $x_{i,g}$  maka  $x_{i,g+1}$  akan diatur menjadi  $u_{i,g+1}$ , dan bila sebaliknya maka nilai  $x_{i,g}$  yang lama dipertahankan. Apabila penjelasan ini ditunjukkan dalam persamaan, maka hasilnya adalah sebagai berikut [7]:

$$x_{i,g+1} = \begin{cases} u_{i,g} & \text{if } f(u_{i,g}) \leq f(x_{i,g}) \\ x_{i,g} & \text{otherwise} \end{cases} \tag{13}$$

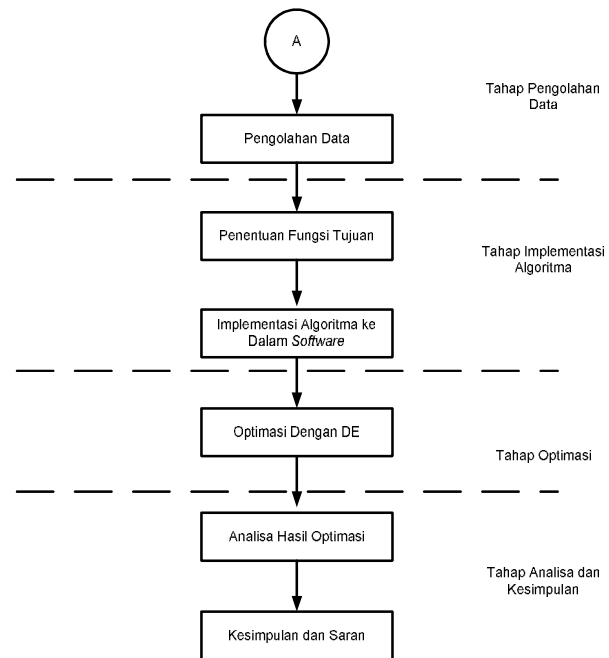
III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Flow Chart Penelitian

Langkah-langkah melakukan penelitian diuraikan menjadi enam tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 2. Enam tahapan tersebut meliputi tahap identifikasi, tahap studi pustaka dan pengumpulan data, tahap pengolahan data, tahap pengembangan model, tahap pengujian model, dan tahap analisis dan kesimpulan.



Gambar 2. Flowchart metodologi penelitian



Gambar 2. Flowchart metodologi penelitian (lanjutan)

**B. Identifikasi**

Pada tahapan awal penelitian tugas akhir ini, dilakukan identifikasi permasalahan penentuan daerah penelitian dan kebutuhan data dalam penentuan tujuan penelitian yaitu untuk mengoptimalkan menempatkan menara BTS sehingga dapat mencakup daerah yang lebih luas dengan menggunakan algoritma *Differential Evolution*.

Dalam pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian kali ini adalah mencari data data yang mendukung dalam melakukan survei seperti data lokasi menara yang didapat dari Dinas Pendapatan Daerah Kabupaten Mojokerto, data daya pancar BTS, dan data lainnya seperti regulasi pendirian Menara Telekomunikasi Bersama, ataupun RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) kabupaten Mojokerto.

**a. Daya Pancar Antena**

Daya pancar antena BTS sangat diperlukan untuk melakukan analisa perhitungan *coverage area* untuk masing-masing BTS. Pada penelitian ini menggunakan asumsi daya pancar pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 berdasarkan standar ETSI GSM 05.05 version 5.0.0, yakni untuk GSM dengan frekuensi 1800 MHz menggunakan daya pancar maksimum sebesar 4 watt, untuk GSM dengan frekuensi 900 MHz menggunakan daya pancar maksimum sebesar 8 watt.

Tabel 1. Daya pancar BTS GSM 900 dan BTS GSM 1800 [8]

Kelas	Maksimum Output Power GSM 900	Maksimum Output GSM 1800	Toleransi	
			Normal	Ekstrim
1	-	1 W (30 dBm)	±2	±2.5
2	8 watt (39 dBm)	0.25 W (24 dBm)	±2	±2.5
3	5 watt (37 dBm)	4 W (36 dBm)	±2	±2.5
4	2W (33 dBm)	-	±2	±2.5
5	0.8 W (29 dBm)	-	±2	±2.5

**C. Implementasi Algoritma**

**a. Pengembangan Formula Matematis Fungsi Tujuan**

Pada penelitian ini fungsi tujuan dibangun untuk mendapatkan penempatan titik menara BTS yang dapat mengoptimalkan total luas *coverage area* BTS yang dihasilkan. Fungsi tujuan (*fitness function*) pada penelitian ini didefinisikan pada persamaan (13).

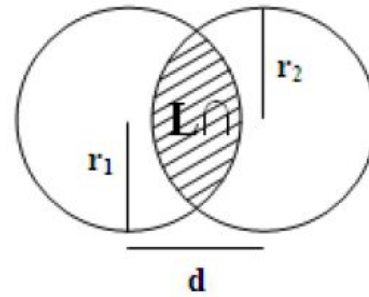
$$F = \sum_{i=1}^n \text{Luas coverage cell}(i) - \sum \text{Luas irisan cell} \tag{14}$$

dimana :

F = total luas coverage area BTS

Untuk menghitung luas irisan *cell* dapat digunakan rumus pada persamaan (14) berikut [9].

$$L \cap = L \cap (R, d1) + L \cap (r, d2) = \frac{r^2 \cos^{-1} \left( \frac{d^2 + r^2 - R^2}{2dr} \right) + R^2 \cos^{-1} \left( \frac{d^2 + R^2 - r^2}{2dR} \right) - \frac{1}{2} \sqrt{(-d+r+R)(d+r-R)(d-r+R)(d+r+R)}} \tag{15}$$



Gambar 3. Ilustrasi dua buah menara BTS dengan *coveragecell* saling beririsan [10]

Untuk perhitungan jarak antar titik pusat *coverage cell* BTS (d) dapat digunakan rumus pada persamaan (15) [10].

$$d = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2} \tag{16}$$

**b. Pengembangan Algoritma Differential Evolution**

**1. Inisialisasi**

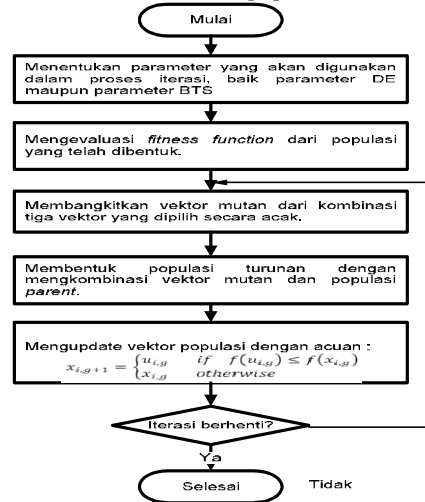
Pada tahapan inisialisasi, penelitian kali ini menggunakan beberapa parameter seperti F=0.9, CR=0.2-0.9, dan D=4 .

**2. Mutasi**

Pembentukan vektor mutan ( $v_i$ ) dilakukan dengan mengkombinasikan 3 vektor ( $r1, r2, r3$ ) yang dipilih secara acak dari populasi vektor yang telah ada dengan F sebagai faktor skala pembeda. Nilai  $r1$  dipilih sekali untuk semua vektor yang ada di populasi yang sama, sedangkan  $r2$  dan  $r3$  dipilih untuk setiap vektor mutan yang akan dibentuk. Proses pembentukan vektor mutan ini dilakukan sebanyak jumlah populasi.

**3. Crossover**

*Crossover* atau kawin silang akan menggabungkan vektor dari populasi *parents* ( $pop_i$ ) dengan vektor mutan ( $v_i$ ). Diawali dengan membangkitkan bilangan random sebanyak jumlah populasi blank spot ( $rand_i$ ). Apabila nilai CR yang telah ditentukan pada inisialisasi lebih besar dari atau sama dengan nilai  $rand_i$ , maka vektor  $i$  akan tetap berisi  $v_i$ . Dan begitu pula sebaliknya bila CR kurang dari nilai  $rand_i$ , maka vektor  $i$  akan berisi  $pop_i$ .



Gambar 4. Flowchart metode *differential evolution*

4. Seleksi

Tahapan seleksi membandingkan nilai fungsi obyektif antara populasi *parents* dengan populasi turunan. Populasi turunan yang dihasilkan dari *crossover* kemudian dimasukkan ke dalam fungsi obyektif yang telah dibentuk, apabila nilainya lebih tinggi daripada nilai fungsi populasi *parents*, maka populasi baru akan menggantikan populasi hasil iterasi sebelumnya. Seleksi ini dilakukan untuk ketiga populasi.

Hasil dari seleksi ini kemudian disimpan sebagai nilai baru untuk iterasi berikutnya, antara lain nilai nomer menara, nilai koordinat *x*, nilai koordinat *y*, dan nilai radius menara maksimum saat itu.

5. Stopping Criterion

Iterasi pencarian nilai fungsimum maksimum akan terus berjalan hingga kriteria penghentian iterasi terpenuhi. Pengembangan *coding DE* untuk permasalahan penempatan menara BTS secara optimal ini menggunakan *stopping criterion* nilai fungsi terbaik saat itu lebih dari nilai total luas daerah cakupan BTS eksisting, maka iterasi akan berhenti.

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Data Persebaran Menara

Persebaran menara telekomunikasi di Kabupaten Mojokerto sampai akhir tahun 2014 tercatat ada 210 menara dengan jumlah total BTS sebanyak 367 BTS.

Dari semua menara dan BTS yang ada, terdapat 9 operator telekomunikasi yang melayani komunikasi seluler di Kabupaten Mojokerto. Kesembilan operator tersebut adalah Telkomsel, Indosat, XL, NTS (Axis), HCPT (Three), Esia, Flexi, Smart Fren, dan Mobile 8 (STI). Data pengelompokan jumlah BTS untuk masing-masing operator ditunjukkan oleh tabel 2.

Tabel 2. Jumlah BTS setiap operator seluler di kabupaten Mojokerto

No.	Operator Telekomunikasi	Singkatan	Jumlah BTS 2G	Jumlah BTS 3G	Total BTS
1	PT. Telekomunikasi Seluler	TSEL	56	45	101
2	PT. XL Axiata	XL	33	27	60
3	PT. Hutchison C.P Telekomunikasi	HCPT	30	13	43
4	PT. Indonesia Satelit Cooperation	Indosat	53	26	79
5	PT. Natrindo Telepon Seluler	NTS (Axis)	16	13	29
6	PT. Smart Telecom	Smart	7	10	17
7	PT. Mobile 8 / Sampurna Telekomunikasi	Fren / STI	2	2	4
8	PT. Bakrie Telekom	Esia	11	5	16
9	PT. Telekomunikasi Indonesia	TELKOM Flexi	11	7	18

Untuk zona menara eksisting yang ada di Kabupaten Mojokerto dikelompokkan menjadi zona menara 2G, 3G, dan zona menara gabungan 2G dan 3G. Zona gabungan menara 2G dan 3G di Kabupaten Mojokerto tahun 2014 ditunjukkan pada Gambar 5. Zona berwarna merah menunjukkan daerah cakupan 2G dan zona berwarna biru menunjukkan daerah cakupan 3G. Selain perbedaan warna, zona 2G dan zona 3G juga dibedakan berdasarkan luas

cakupan zona 2G yang lebih luas dibandingkan dengan luas cakupan zona 3G.

B. Prediksi Kebutuhan Menara 2019

Dari hasil prediksi kebutuhan BTS untuk tahun 2019, maka dapat dihitung berapa kebutuhan menara telekomunikasi di tahun 2019. Tabel 3 menunjukkan prediksi kebutuhan menara telekomunikasi tahun 2019 untuk layanan 2G dan 3G. Pada penelitian ini diambil prediksi kebutuhan menara untuk jaringan 2G dan 3G dikarenakan untuk memenuhi kebutuhan akses data dan suara bagi pelanggan seluler yang terus meningkat pesat seiring perkembangan teknologi informasi, disamping hal itu regulasi baru yang akan di keluarkan Pemerintah Daerah Kabupaten Mojokerto melarang pendirian menara telekomunikasi dengan ketinggian menara diatas 50 m.

Tabel 3.

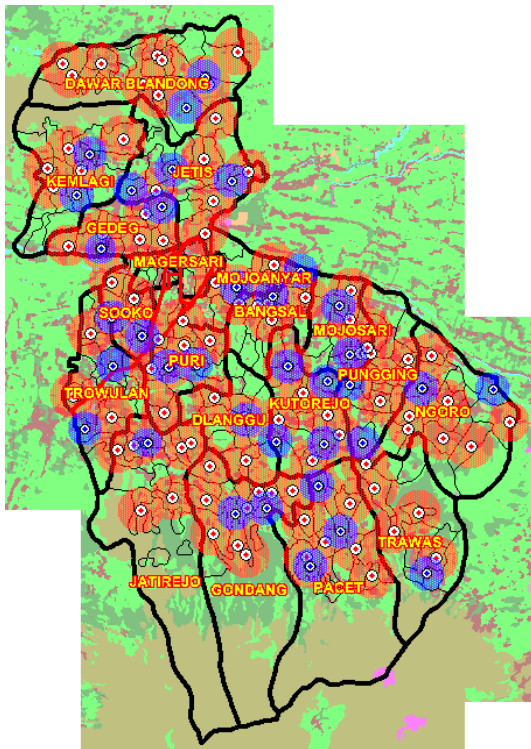
Prediksi kebutuhan menara 2019

No.	Jenis Teknologi	Jumlah Menara 2014	Kebutuhan Menara 2019	Penambahan Menara
1	2G	164	106	-58
2	3G	102	36	-66

C. Penempatan Menara Kebutuhan 2019

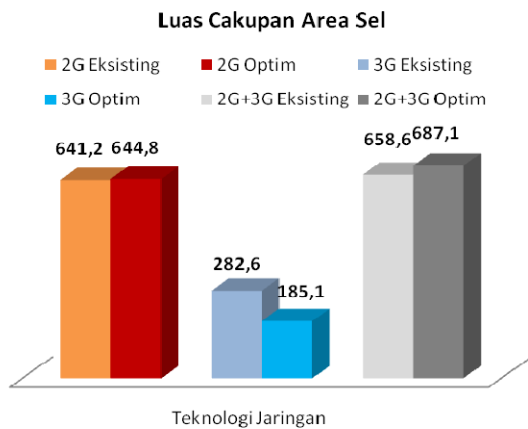
Proses penempatan menara telekomunikasi menjadi tahapan yang sangat penting dalam sebuah perancangan jaringan telekomunikasi. Pada dasarnya penempatan sebuah menara telekomunikasi hanya di dasarkan pada kualitas jaringan yang sudah ada tanpa memperhatikan estetika ruang maupun kegiatan warga sekitar. Dengan penempatan menara yang tanpa perencanaan matang, maka hasil cakupan sel dari sebuah menara tidak akan optimal sehingga menimbulkan *blank spot area* yang cukup besar. Jumlah menara yang banyak tidak menjamin dapat *cover* wilayah yang besar jika penataan menaranya tidak optimal. Pada penelitian ini dilakukan sebuah optimasi peletakan menara telekomunikasi dengan menggunakan Algoritma *Differential Evolution*. Proses optimasi dilakukan untuk masing-masing kecamatan dengan memperhatikan keberadaan menara eksisting yang sudah ada dan kebutuhan trafik per kecamatan.

Berdasarkan hasil optimasi, maka didapatkan total luas cakupan area sel di Kabupaten Mojokerto untuk prediksi kebutuhan tahun 2019 sebesar 687,1 km<sup>2</sup> dari luas cakupan area sel semula yang hanya 658,6 km<sup>2</sup>.



Gambar 6. Zona gabungan 2G dan 3G kebutuhan tahun 2019

- [3]. Budianto, B., "Analisis Pengaruh Interferensi Terhadap Kapasitas Sel pada Sistem WCDMA", Jurnal Teknik Universitas Indonesia Vol.7, pp.19-20, Juli, 2009.
- [4]. Saunders, S.R., Zavala, A.A., "Antennas and Propagation for Wireless Communication System, Second Edition", John Wiley & Sons, Ltd, England., 2007.
- [5]. Jaringan Rekayasa Trafik, "dasar trafik pertemuan kedua", Suwadi, 2012.
- [6]. Santosa, B., Willy, P., "Metoda Metaheuristik Konsep dan Implementasi", Penerbit Guna Widya, Surabaya, April 2011.
- [7]. Storn, R., dan Price, K. (1997). *Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces*. Journal of Global Optimization, Vol.11, pp.341-359. Kluwer Academic Publishers.
- [8]. ETSI, "GSM 05.05", 2005
- [9]. Wolfram, MathWorld, "Circle Circle Intersection", <URL: <http://mathworld.wolfram.com/Circle-CircleIntersection.html>> diakses pada tanggal 13 Oktober 2014.
- [10]. Fachrie, M., "Implementasi Fuzzy Evolutionary Algorithms Untuk Penentuan Posisi Base Transceiver Station (BTS)", Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, ISSN:1907-5022, Yogyakarta, 2012.



Gambar 7. Grafik perbandingan luas cakupan

### V. KESIMPULAN

Dari hasil optimasi, penempatan menara BTS bersama menggunakan algoritma *differential evolution* mampu mengoptimalkan luas cakupan area sel sebesar 2,94% dari total luas kabupaten Mojokerto.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Sasongko, Erfin, "Perencanaan dan Penataan Menara Telekomunikasi Seluler Bersama di Kabupaten Sidoarjo Menggunakan Mapinfo", Jurnal Teknik Pomits, Vol. 1, No. 1, (2014) 1-6, Surabaya, 2014.
- [2]. Jiworeno, "Penentuan Zona Menara Baru Pada Komunikasi Seluler Dengan Menggunakan *Geographic Information System (GIS)* di Kabupaten Mojokerto", Jurnal Teknik Pomits, Vol. 1, No. 1, (2014) 1-6, Surabaya, 2014.