

Optimasi Penempatan Lokasi Potensial Menara Baru Bersama pada Sistem Telekomunikasi Seluler dengan Menggunakan *Fuzzy Clustering* di Daerah Sidoarjo

Muthmainnah dan Achmad Mauludiyanto

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

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

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

Abstrak—Mengikuti perkembangan jumlah pelanggan seluler yang semakin pesat, para operator terus berusaha membangun infrastruktur agar layanan dan kualitasnya semakin meningkat. Salah satu infrastruktur penyelenggaraan yang terus menerus dibangun adalah *Base Transceiver Station* (BTS). Namun, pembangunan BTS tersebut harus mempertimbangkan estetika dan kesesuaian dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) suatu daerah guna menentukan lokasi potensial pembangunan menara secara optimal. Tugas akhir ini bertujuan untuk menerapkan metode *Fuzzy Clustering* dan *Harmony Search* untuk mengoptimalkan penempatan lokasi potensial menara baru. Dalam proses optimasi menggunakan beberapa parameter yaitu jumlah penduduk, luas wilayah, serta kebutuhan menara bersama untuk 5 (lima) tahun kedepan. Hasil optimasi menunjukkan bahwa kebutuhan BTS pada tahun 2019 khusus untuk layanan jaringan 3G membutuhkan penambahan sebanyak 359 BTS dan didukung oleh 97 menara baru bersama. Dimana setiap zona mampu mengcover 2 menara baru sekaligus, jadi 97 titik menara baru dapat diwakili dengan menggunakan 49 zona. Dengan menggunakan metode *Fuzzy Subtractive Clustering* diperoleh 3 (tiga) jumlah *cluster* yang optimal di setiap kecamatan. Selain RTRW, titik potensial juga dapat ditentukan dengan menggunakan titik pusat *cluster* melalui metode *Fuzzy C-Means*. Setelah itu titik menara baru dapat dioptimasi dengan menggunakan metode *Harmony Search* dengan meminimalkan fungsi *path loss*.

Kata Kunci—*Cluster*, *Fuzzy*, Menara Telekomunikasi, Optimasi.

I. PENDAHULUAN

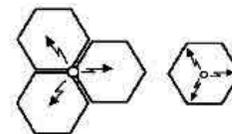
MENINGKATNYA peran telepon seluler dalam kehidupan masyarakat sehari-hari, membuat operator sistem komunikasi bergerak ini berlomba-lomba meningkatkan pelayanannya. Salah satunya dengan menambah jumlah *Base Transceiver Station* (BTS). Karena tak dapat dipungkiri, penambahan BTS merupakan solusi yang memberikan hasil yang berarti dalam peningkatan daerah radius jangkauan sinyal (*coverage*) suatu *provider*. Oleh karena itu, hal yang harus dilakukan adalah dengan membuat perencanaan dalam hal penempatan menara bersama telekomunikasi seluler dengan memperhatikan estetika lingkungan serta tata ruang wilayah. Selanjutnya, menentukan *coverage area* untuk daerah Kabupaten Sidoarjo agar dapat memenuhi kebutuhan dengan memperhatikan kapasitas trafik yang akan dilayani oleh setiap sel. Salah satu cara yang digunakan untuk memperoleh lokasi menara telekomunikasi yang optimal adalah dengan menggunakan metode *Fuzzy Clustering* yang didukung dengan

menggunakan algoritma *Harmony Search*. Metode *Fuzzy Clustering* bertujuan mengoptimalkan titik pusat *cluster* sehingga dapat ditentukan titik potensial menara baru. Di sisi lain, metode *Harmony Search* digunakan untuk mengoptimasi titik potensial yang diperoleh dari pusat *cluster* dan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) sehingga dapat memberikan solusi yang optimal dalam perencanaan ini. Dalam hal ini, penentuan solusi optimal dilakukan dengan menggunakan minimasi fungsi *path loss*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Sistem Komunikasi Seluler

Sistem komunikasi seluler adalah sistem komunikasi *wireless* dimana *subscriber* dapat bergerak dalam suatu *coverage* jaringan yang luas, sehingga *subscriber* yang melakukan panggilan tidak mengalami *dropcall* karena berada di daerah *blankspot* [1]. Bentuk jaringan sistem seluler berkaitan dengan luas cakupan daerah layanan. Sebuah antena akan dapat mengirim dan menerima sinyal pada tiga daerah yang berbeda, dimana setiap sel hanya tercakup sebagian dari ketiga sel.



Gambar 1. Area cakupan sel [2]

2.1.1 *Global System for Mobile Communication* (GSM)

Pada awalnya GSM didesain untuk beroperasi pada frekuensi 900 MHz. Pada frekuensi ini, frekuensi *uplink* menggunakan frekuensi 890–915 MHz, sedangkan frekuensi *downlink*nya menggunakan frekuensi 935–960 MHz. *Bandwith* yang digunakan adalah 25 MHz ($915-890 = 960-935 = 25$ MHz), dan lebar kanal sebesar 200 kHz. Dari keduanya, maka didapatkan 125 kanal. dimana 124 kanal digunakan untuk suara dan satu kanal untuk sinyal. Arsitektur Jaringan GSM terdiri dari 3 bagian utama yaitu *Network Switching Subsystem* (NSS), *Radio Subsystem* (RSS), dan *Operation & Maintenance System* (OMS) [3].

2.1.2 *Universal Mobile Telecommunications Service* (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. Frekuensi yang dapat digunakan pada Modem UMTS-TDD tersebut adalah 2053-2082 MHz. Arsitektur jaringan UMTS terdiri dari perangkat-perangkat yang saling mendukung, yaitu *User Equipment* (UE), *UMTS Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN) dan *Core Network* (CN) [4].

2.2 Teori Trafik [5]

Kapasitas trafik adalah kemampuan yang diberikan oleh suatu teknologi atau suatu BTS untuk menampung trafik komunikasi yang terjadi. Definisi dari kepadatan trafik yaitu tingkat kesibukan suatu komunikasi yang terjadi dengan nilai yang bervariasi, tergantung lingkungannya. Intensitas Trafik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Intensitas Trafik (A)} = \frac{V}{T} \tag{1}$$

dimana :

A = besarnya intensitas trafik (*Erlang*)

V = volume trafik (menit)

T = periode pengamatan (menit)

Dengan asumsi teledensitas sebesar x%, maka dapat diperkirakan jumlah pelanggan seluler sebesar :

$$P = x\% * P_t \tag{2}$$

dimana :

P = jumlah pengguna seluler

x% = teledensitas pengguna seluler (%)

P_t = jumlah penduduk t-tahun

Jika diasumsikan setiap pelanggan membangkitkan trafik sebesar β *Erlang* maka trafik total yang dibangkitkan oleh semua pelanggan adalah sebesar :

$$T = P * A * 10^{-3} \tag{3}$$

dimana :

T = total trafik semua pelanggan seluler (E)

P = jumlah pelanggan seluler

A = intensitas trafik setiap pelanggan seluler (E)

2.2.1 Pertumbuhan Penduduk

Dengan rumus pertumbuhan geometrik, angka pertumbuhan penduduk sama untuk setiap tahunnya, untuk memprediksi jumlah penduduk di masa mendatang dapat digunakan rumus :

$$P_t = P_o (1 + r)^t \tag{4}$$

dimana :

P_t = jumlah penduduk total setelah tahun ke-t

P_o = jumlah penduduk saat perencanaan

r = laju pertumbuhan penduduk (%)

t = jumlah tahun prediksi

2.2.2 Kapasitas Trafik [5]

Dengan asumsi tiap BTS menggunakan antenna sektoral, maka dalam satu menara memiliki 3 sektor dalam setiap BTS yang akan dikalkulasi kapasitasnya. Setiap TRx yang digunakan akan mampu meng-handle 8 *timeslot*, masing-masing *timeslot*/kanal ini akan diduduki oleh satu panggilan/pembicaraan pelanggan. Jika operator menggunakan

konfigurasi 4x4x4, maka tiap sektor di isi dengan 4 TRx sehingga perhitungan bisa dilakukan sebagai berikut:

1 sektor terdiri atas 4 TRx

1 TRx terdiri atas 8 *timeslot*

Sehingga 4 TRx menghasilkan 8 x 4 = 32 *timeslot*

$$\text{Kemampuan BTS} = \frac{\text{Kapasitas 1 BTS}}{\text{Trafik per pelanggan}} \tag{5}$$

Sedangkan untuk mengetahui jumlah kanal per sel untuk BTS 3G (layanan UMTS). Maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$N_{sel} = 1 + \frac{W/R}{[E_b/N_o] v [1+i]} \alpha \tag{6}$$

dimana :

R = *Bitrate* pengguna (bps)

W = WCDMA Chiprate (Mcps)

E_b/N_o = Energi bit per interferensi (dB)

v = Faktor aktifasi pengguna

α = Faktor koreksi control daya yang dipengaruhi beban sel

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

Berikut ini rumus yang digunakan untuk menghitung kebutuhan BTS dalam suatu wilayah adalah sebagai berikut:

$$B = \frac{T}{A_{BTS}} \tag{7}$$

B = Jumlah kebutuhan BTS

T = Total trafik semua pelanggan seluler (E)

A_{BTS} = Kapasitas satu BTS (E)

2.3 Area Cakupan Layanan [6]

Persamaan untuk menghitung jari-jari sel adalah sebagai berikut:

Daerah *Urban*

$$R = 10^{\frac{(MAFL - 69.55 - 26.16 \log f + 13.82 \log h_{BTS} + \alpha(t_{MS}))}{44.9 - 6.55 \log h_{BTS}}} \tag{8}$$

Daerah *Sub Urban*

$$R = 10^{\frac{(MAFL - 69.55 - 26.16 \log f + 13.82 \log h_{BTS} + P)}{44.9 - 6.55 \log h_{BTS}}} \tag{9}$$

dengan :

$$P = 2(\log \frac{f}{28})^2 + 5.4 \tag{10}$$

Daerah *Rural*

$$R = 10^{\frac{(MAFL - 69.55 - 26.16 \log f + 13.82 \log h_{BTS} + Q)}{44.9 - 6.55 \log h_{BTS}}} \tag{11}$$

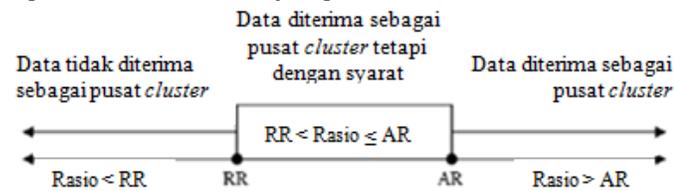
dengan :

$$Q = 4.78(\log f)^2 - 18.33 \log f + 40.94 \tag{12}$$

2.4 Metode *Fuzzy Clustering*

Subtractive Clustering didasarkan atas ukuran densitas (potensi) titik-titik data dalam suatu ruang (variabel) Konsep dasar dari *subtractive clustering* adalah menentukan daerah-daerah dalam suatu variabel yang memiliki densitas tinggi terhadap titik-titik di sekitarnya. *Accept ratio* merupakan batas bawah dimana suatu titik data yang menjadi kandidat (calon) pusat *cluster* diperbolehkan untuk menjadi pusat *cluster*.

Sedangkan *reject ratio* merupakan batas atas dimana suatu titik data yang menjadi kandidat (calon) pusat *cluster* tidak diperbolehkan untuk menjadi pusat *cluster*.



Gambar 2. *Rasio*, *Accept Ratio*, dan *Reject Ratio*

Fuzzy C-Means (FCM) adalah suatu teknik pengclusteran data yang mana keberadaan tiap-tiap data dalam suatu *cluster* ditentukan oleh nilai keanggotaan. Konsep dasar FCM, pertama kali adalah menentukan pusat *cluster* yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap *cluster*[7].

2.5 Metode *Harmony Search*

Analogi musik dengan proses optimasi menurut HS adalah sebagai berikut:

- Instrumen Musik ↔ Variabel keputusan
- *Pitch Range* ↔ Range nilai variabel
- Harmony ↔ Vektor solusi
- *Aesthetics* ↔ Fungsi tujuan
- *Practice* ↔ Iterasi
- *Experience* ↔ Matrik memori

Agar *harmony memory* dapat digunakan secara efektif, algoritma HS mengadopsi sebuah parameter yang disebut *Harmony Memory Considering Rate* (HMCR). Nilai HMCR akan menentukan apakah satu nada baru akan dibangkitkan atau mengambil dari *harmony memory*. Komponen kedua adalah penyesuaian nada dimana dalam proses ini ada beberapa parameter seperti *bandwidth* (bw) dan *Pitch Adjusting Rate* (PAR)[8].

III. METODOLOGI PENELITIAN DAN PERENCANAAN

3.1 Studi Literatur

Daerah yang diambil sebagai objek penelitian adalah Kabupaten Sidoarjo. Wilayah Kabupaten Sidoarjo terbentang antara 112,5° - 112,9° Bujur Timur dan 7,3° - 7,5° Lintang Selatan Kabupaten Sidoarjo memiliki luas wilayah sebesar 714.26 km², yang terdiri atas 18 kecamatan[9].

3.2 Pengolahan dan Analisa Data

a. Prediksi Jumlah Penduduk

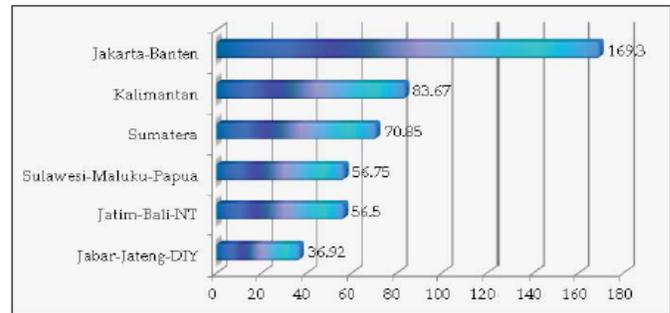
Prediksi jumlah penduduk Kecamatan Tarik untuk 5 (lima) tahun mendatang dengan menggunakan persamaan (4) adalah:

$$P_{2019} = 61845 (1 + 1.33)^5$$

$$P_{2019} = 66069 \text{ orang}$$

b. Menghitung Jumlah Pengguna Seluler

Teledensitas pengguna seluler untuk wilayah Jawa Timur diasumsikan sama dengan teledensitas pengguna seluler di Kabupaten Sidoarjo yaitu sebesar 56.5%. Hal ini dapat ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 3. Pengguna telepon seluler menurut wilayah, 2010 [10]

Berdasarkan peramalan jumlah penduduk pada sub bab sebelumnya. Maka jumlah pengguna seluler di Kecamatan Tarik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) yaitu

$$P = 56.5\% \times 66069$$

$$P = 37328.985 \approx 37329 \text{ pelanggan}$$

c. Menghitung Total Trafik Pelanggan

Lama rata-rata panggilan seluler untuk wilayah *sub urban* adalah 60 menit/hari. Sedangkan untuk wilayah *rural*, lama rata-rata panggilan seluler adalah 45 menit/hari. Sehingga intensitas trafik yang dibangkitkan setiap pelanggan seluler dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) yaitu:

$$\text{Intensitas Trafik (A)} = \frac{60}{24 \times 60}$$

$$\text{Intensitas Trafik (A)} = 41.67 \text{ mE}$$

Jadi, intensitas trafik untuk wilayah *suburban* adalah 41.67 mE, sedangkan untuk wilayah *rural* adalah 31.25 mE

Contoh perhitungan total trafik yang dibangkitkan oleh pengguna seluler untuk Kecamatan Tarik pada tahun 2019 dengan menggunakan persamaan (3) adalah sebagai berikut:

$$T = 37329 \times 31.25 \times 10^{-3}$$

$$T = 1166.53125 \text{ E} \approx 1167 \text{ Erlang}$$

Tabel 1.
Total Trafik Pengguna Seluler per-Kecamatan

No	Kecamatan	Jumlah Pelanggan Seluler 2019	Morfologi Area	Trafik 2019 (Erlang)
1	Tarik	37329	Rural	1167
2	Prambon	41533	Rural	1298
3	Krembung	34711	Rural	1085
4	Porong	36252	Rural	1133
5	Jabon	28427	Rural	888
6	Tanggulain	54989	Rural	1718
7	Candi	116161	Rural	3630
8	Tulangan	60506	Rural	1891
9	Wonoayu	44836	Rural	1401
10	Sukodono	93297	Rural	2916
11	Sidoarjo	134897	Sub Urban	5621
12	Buduran	67673	Rural	2115
13	Sedati	66498	Rural	2078
14	Waru	138256	Rural	4321
15	Gedangan	88051	Rural	2752
16	Taman	137389	Rural	4293
17	Krian	83904	Rural	2622
18	Balongbendo	41689	Rural	1303
TOTAL		1306399		42230

d. Perhitungan Kebutuhan Jumlah BTS dan Menara Baru Telekomunikasi

Kapasitas maksimum dari sistem akses radio UMTS dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan (6) dengan menggunakan nilai WCDMA *chiprate* 3.84 Mcps dan *bitrate* pengguna 144 kbps untuk wilayah *macrocell*. Dan sistem WCDMA nilai α berkisar antara 50% - 100%. Nilai Eb/No yang digunakan adalah 1 dB atau 1.258925. Dan faktor aktifitas pengguna, dengan aktifitas suara = 2.5 dan faktor interferensinya sebesar 0.625[11].

$$N_{sel} = \frac{W/R \cdot \alpha}{[E_b/N_o] \cdot v \cdot [1 + i]}$$

$$N_{sel} = \frac{(3.84 * 10^6) / (144 * 10^3) \cdot 0.9}{[1.258925] \cdot 2.5 [1 + 0.625]}$$

$$N_{sel} = 30.329 \text{ kanal} \approx 31 \text{ kanal}$$

Karena 1 BTS terdiri dari 3 sektor maka kapasitas kanal dalam 1 BTS mempunyai 93 kanal. Dimana dalam Tabel Trafik Erlang B 93 kanal sama dengan 81.20 Erlang. Maka dalam suatu area kemampuan BTS untuk melayani pelanggan seluler dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5). Berikut ini contoh perhitungan kemampuan BTS dalam suatu area untuk wilayah *rural* adalah sebagai berikut:

$$\text{Kemampuan BTS} = \frac{\text{Kapasitas 1 BTS}}{\text{Trafik per pelanggan}} = \frac{81.20 \text{ Erlang}}{31.25 \text{ mErlang}} = 2599 \text{ user/BTS}$$

Sedangkan kemampuan BTS dalam wilayah *sub urban* adalah 1949 user/BTS.

Jumlah BTS 3G yang dibutuhkan untuk melayani pengguna seluler merupakan hasil dari total trafik yang dibangkitkan pelanggan seluler dibagi dengan kapasitas 1 BTS 3G yang terdapat pada daerah tersebut. Untuk perhitungan jumlah kebutuhan BTS 3G pada Kecamatan Tarik pada tahun 2019 dapat menggunakan persamaan (7)

$$B = \frac{T}{A_{BTS}} = \frac{1167 \text{ Erlang}}{81.20 \text{ Erlang}} = 14.37192 \approx 15 \text{ BTS}$$

Jika diasumsikan kapasitas menara eksisting dapat menampung 4 BTS, maka penambahan BTS 3G dapat disisipkan pada menara tersebut. Jadi kebutuhan penambahan menara telekomunikasi bersama pada Kecamatan Tarik dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$M_{2019} = \frac{(\text{Jumlah Penambahan BTS 3G})}{4}$$

$$M_{2019} = \frac{13}{4}$$

$$M_{2019} = 3.25 \approx 4 \text{ menara (bulatkan keatas)}$$

Tabel 2.
Kebutuhan Menara 3G 2019 dan Menara Eksisting 3G 2014

No	Kecamatan	Eksisting 2014			Penambahan BTS 3G	Jumlah Kebutuhan Menara 2019
		BTS 2G	BTS 3G	Menara 2014		
1	Tarik	13	2	14	13	4
2	Prambon	13	7	13	9	3
3	Krembung	9	3	9	11	3
4	Porong	3	4	6	10	3
5	Jabon	3	0	3	11	3
6	Tanggulangin	9	5	13	17	5
7	Candi	29	7	31	38	10
8	Tulangan	6	3	8	21	6
9	Wonoayu	11	4	12	14	4
10	Sukodono	15	4	16	32	8
11	Sidoarjo	36	26	50	44	11
12	Buduran	12	4	15	23	6
13	Sedati	5	27	24	0	0
14	Waru	42	42	70	12	3
15	Gedangan	17	12	24	22	6
16	Taman	44	12	50	41	11
17	Krian	16	2	17	31	8
18	Balombang	16	6	14	11	3
TOTAL		299	170	389	359	97

e. Luas Coverage dan Radius Menara Eksisting

Dalam menghitung *radius* zona menara eksisting kita menggunakan pedoman pemodelan propagasi Okumura Hatta, dimana nilai EIRP dan *sensitivity minimum* diperoleh melalui regulasi Peraturan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi No.370/DIRJEN/2010 dan No.264/DIRJEN/2005. Dari regulasi tersebut diperoleh nilai EIRP maksimum sebesar 31 dBm untuk layanan jaringan 2G dan 21 dBm untuk layanan jaringan 3G. Sedangkan sensitivitas penerima untuk layanan jaringan 2G adalah -102 dBm dan -113 untuk layanan 3G. Sehingga *radius* zona menara eksisting dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (9) untuk wilayah *sub urban* dan persamaan (11) untuk wilayah *rural*.

IV. ANALISA DATA DAN HASIL

4.1 Metode Fuzzy Subtractive Clustering

Metode ini bertujuan untuk menentukan jumlah *cluster* yang optimal. Langkah ini merupakan langkah pertama dalam Tugas Akhir ini, penentuan banyaknya *cluster* akan digunakan sebagai inputan C dalam proses klasterisasi menggunakan algoritma Fuzzy C-Means. Penentuan jumlah *cluster* didasarkan pada 3 (tiga) variabel utama, yaitu jumlah penduduk, luas wilayah per kecamatan, dan kebutuhan menara bersama untuk 5 (lima) tahun kedepan.

Tabel 3.
Variabel Utama Fuzzy Subtractive Clustering

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk 2019	Luas Wilayah[13]	Kebutuhan Menara 2019
1	Tarik	66069	36.06	4
2	Prambon	73510	34.23	3
3	Krembung	61436	29.55	3
4	Porong	64162	29.82	3
5	Jabon	50314	81.00	3
6	Tanggulangin	97326	32.29	5
7	Candi	205595	40.67	10
8	Tulangan	107090	31.21	6

9	Wonoayu	79355	33.92	4
10	Sukodono	165128	32.68	8
11	Sidoarjo	238756	62.56	11
12	Buduran	119776	41.02	6
13	Sedati	117696	79.43	0
14	Waru	244701	30.32	3
15	Gedangan	155842	24.06	6
16	Taman	243167	31.54	11
17	Krian	148502	32.50	8
18	Balongsendo	73785	31.40	3
TOTAL		2312210	714.26	97

Parameter yang digunakan dalam proses pengclusteran dengan menggunakan algoritma *Fuzzy Subtractive Clustering* adalah [12]:

- *Influence range* (r) = 0.3;
- *Accept ratio* = 0.5;
- *Reject ratio* = 0.15;
- *Squash factor* (q) = 1.25;
- Batas bawah (Xmin) = [0;0;0]
- Batas atas (Xmax) = [450.000;120;20]

Algoritma yang digunakan dalam Fuzzy Subtractive Clustering adalah sebagai berikut:

- Menentukan matriks X yang akan di cluster
- Menentukan parameter
- Normalisasi, menggunakan rumus :

$$X_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{minj}}{X_{maxj} - X_{minj}}$$

- Menentukan potensi awal, menggunakan rumus :

Jika m=1 : $D_i = \sum_{k=1}^n e^{-4(Dist^2_{ki})}$

Jika m>1 : $D_i = \sum_{k=1}^n e^{-4(\sum_{j=1}^m Dist^2_{kj})}$

- Mencari titik dengan potensi tertinggi;
- Menentukan pusat cluster dan mengurangi potensi terhadap titik sekitarnya, menggunakan rumus:

$$S_{ij} = \frac{V_j - X_{ij}}{r_j * q}$$

$$D_{c_j} = M * e^{-4(\sum_{i=1}^n (S_{ij})^2)}$$

- Mengembalikan pusat cluster dari bentuk normalisasi, menggunakan rumus :

$$Center_{ij} = Center_{ij} * (X_{maxj} - X_{minj}) + X_{minj};$$

Dari algoritma yang telah dibuat dengan menggunakan software Matlab, jumlah cluster yang diperoleh adalah sebanyak 3 (tiga) cluster dengan nilai rasio akhir = 0.1519.

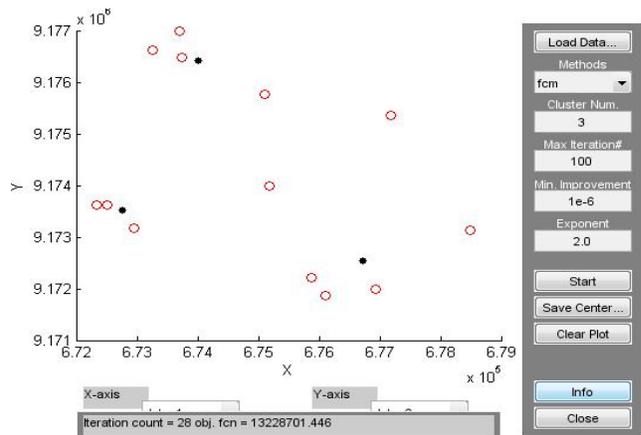
4.2 Metode Fuzzy C-Means

Load data vektor x dan y dalam bentuk file.txt, kemudian tentukan:

- ❖ *Cluster Num.* = 3
- ❖ *Max.Iteration#* = 100
- ❖ *Min.Improvement* = 10^{-6}
- ❖ *Exponent* = 2.0 (pangkat pembobot)

Jumlah cluster yang diinput sesuai dengan hasil pada metode *Fuzzy Subtractive Clustering* yaitu sebanyak 3 cluster. Untuk

penentuan titik pusat cluster dilakukan per kecamatan. Sebagai contoh, untuk kecamatan Prambon, hasil klasterisasinya adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Hasil plot titik pusat cluster menggunakan FCM

Plot merah merupakan data inputan berupa 13 titik koordinat menara eksisting sedangkan titik pusat cluster ditandai dengan plot hitam. Untuk mengetahui koordinat titik pusat cluster pada Gambar 4.2 pilih menu “Save Center” maka secara otomatis titik koordinat pusat cluster akan tersimpan dalam bentuk file.txt. Titik pusat cluster untuk daerah Prambon adalah sebagai berikut:

6.74008e+05	9.17642e+06
6.72760e+05	9.17351e+06
6.76723e+05	9.17253e+06

4.3 Metode Harmony Search

Setelah mengetahui lokasi titik potensial untuk penambahan menara baru bersama dengan menggunakan metode *Fuzzy C-Means*. Maka sebagai contoh, lokasi potensial untuk kecamatan Prambon yang diperoleh dari titik pusat cluster dan Rencana Tata Ruang Wilayahnya. Dari ke-23 titik potensial dipilih 2 (dua) titik yang paling optimal dari segi minimasi pathlossnya.

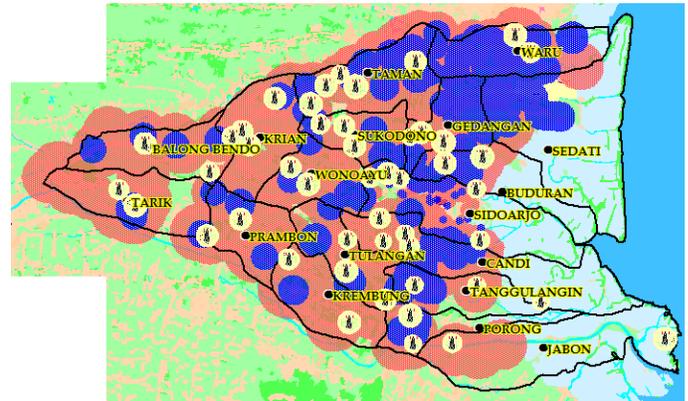
- Tetapkan beberapa nilai parameter sebagai berikut

- ❖ *Harmony Memory* Eksisting = 7
- ❖ *Harmony Memory Size* (HMS) = 9
- ❖ *Harmony Memory Consideration Rate* (HMCR) = 0.7
- ❖ *Pitch Adjusting Rate* (PAR) = 0.3
- ❖ [tU,rU] = [50,800]
- ❖ [tL,rL] = [35,500]
- ❖ [nL,nU] = [1,30]
- ❖ *Range* tinggi menara (bt) = (tU - tL)/100
- ❖ *Range radius* sel (br) = (rU - rL)/100
- ❖ *Range* nomor urut (bn) = (nU - nL)/10

- Masuk iterasi 1. Bangkitkan *Harmony Memory* secara random. HM berisi solusi-solusi sementara yang kita bangkitkan. Dalam hal ini, HM berukuran 9, kemudian hitung nilai fungsi obyektifnya

Sebagai contoh, nilai *path loss* masing-masing titik menara eksisting untuk wilayah Prambon adalah sebagai berikut :

- c. Sedangkan untuk mengetahui nilai fungsi *path loss* pada titik potensial maka nilai *h* (tinggi menara) dan *r* (*radius*) ditentukan secara random. Nilai *h* dan *r* dibangkitkan dengan cara : $tL + \text{rand}(tU - tL)$ dan $rL + \text{rand}(rU - rL)$.
- d. Bangkitkan bilangan *radom*, misal $r = 0.85$. Bandingkan dengan HMCR. Karena $r \leq \text{HMCR}$, maka ambil satu nilai dari HM (*x* dan *y*)
- e. Bangkitkan bilangan random, $r = 0.25$. Bandingkan dengan PAR. Karena $r \leq \text{PAR}$ maka perlu dilakukan pengaturan nilai x_{new}
- f. Bangkitkan nilai x_{new} untuk variabel kedua. Bangkitkan bilangan random, misal $r = 0.92$. Karena $r \geq \text{HMCR}$, maka perlu dibangkitkan nilai baru untuk *y* (tidak diambil dari HM). Kemudian cek nilai *f* dari x_{new} tersebut. Bandingkan nilai *f* terburuk dalam HM.



Gambar 6. Penempatan zona menara eksisting dan zona menara baru

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Dari hasil perencanaan kebutuhan menara baru bersama telekomunikasi untuk tahun 2019, khusus untuk optimasi layanan jaringan 3G dibutuhkan penambahan BTS sebanyak 359 BTS dengan kebutuhan menara baru bersama sebanyak 97 menara. Dimana setiap zona mampu mengcover 2 menara baru sekaligus, jadi 97 titik menara baru dapat diwakili dengan menggunakan 49 zona. Untuk layanan *coverage* zona biru (zona menara baru) di Kabupaten Sidoarjo berada dalam *range* radius antara (500 – 800) m dengan ketinggian menara antara (25 – 50) m.

DAFTAR PUSTAKA

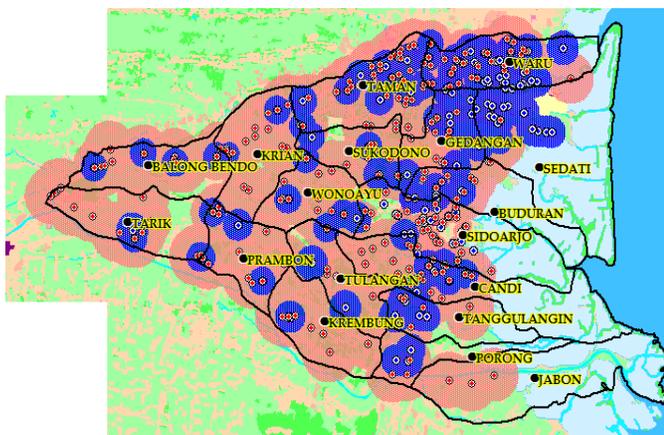
- [1] Budiyo, E., “Analisis Trafik pada Sistem Telekomunikasi Selular Berbasis CDMA 200 1X di Wilayah Semarang Kota”, Jurnal Teknik Universitas Negeri Semarang, Vol. 6, pp. 3, Juli, 2006.
- [2] Aprianah, D, “Perencanaan Jaringan Seluler”, <URL: http://www.siskomber2jaringanseluler.blogspot.com/p/vbehaviorurldefaultvmlo_16.htm>, Januari, 2013.
- [3] Fahkrudin, T., “GSM (*Global System For Mobile*)”, Jurnal Teknik Universitas Sumatera Utara, Vol. 4, pp.3-9, 2011.
- [4] Akbar, R., “Konsep Dasar Sistem WCDMA”, Jurnal Teknik Universitas Sumatera Utara, Vol.3, pp. 2-4, 2011.
- [5] Ervin Tri Sasongko, “Perencanaan dan Penataan Menara Telekomunikasi Seluler Bersama di Kabupaten Sidoarjo Menggunakan MapInfo”, Jurnal Teknik POMITS Vol.3 No.1 (2014) 1 – 6, Januari, 2014.
- [6] Saunders, S.R., Zavala, A.A., “*Antennas and Propagation for Wireless Communication System, Second Edition*”, John Wiley & Sons, Ltd, England., 2007.
- [7] Baraldi,A; dan Blonda,P. 1998. “*A Survey of Fuzzy Clustering Algorithms for Pattern Recognition*”, dalam: Bowie, Muriel. 2004. *Fuzzy Clustering, Feature Selection and Membership Function Opimization*.
- [8] Santosa, B., Willy, P., “Metoda Metaheuristik Konsep dan Implementasi”, Penerbit Guna Widya, Surabaya, April 2011.
- [9] <URL: http://www.id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten_Sidoarjo> (diakses pada tanggal 16 Desember 2014)
- [10] Indikator TIK Indonesia, Kementerian Komunikasi dan Informatika RI, 2011.
- [11] Budianto, B., “Analisis Pengaruh Interferensi Terhadap Kapasitas Sel pada Sistem WCDMA”, Jurnal Teknik Universitas Indonesia Vol.7, pp.19-20, Juli, 2009
- [12] Stephen L.Ciu, “*Fuzzy Model Identification Based on Cluster Estimation*”, Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, Vol. 2, 267-278, 1994.
- [13] Buku Putih Sanitasi Kabupaten Sidoarjo, Tim Pelaksana Kelompok Kerja PPSP Kab. Sidoarjo

Tabel 4.
Hasil Optimasi dengan menggunakan *Harmony Search*

No	Site_Id	x (m)	y (m)	$\frac{h_{BT}}{s}$ (m)	R (m)	Path Loss Total (dB)
1	P. Bulang	696007.49	9186536.99	25	982	671.5295
2	Cangkring	689890.42	9185886.18	32	1082	
3	Cangkring	680908.65	9182515.30	32	1082	
4	Kajar T.	683568.57	9183166.35	25	982	
5	Prambon S	687160.22	9184249.33	25	982	
6	Prambon	682107.09	9184284.35	25	982	
7	Watu Tulis	686549.00	9186377.05	25	982	
8	Prambon_15	675137.49	9174689.09	40	714	
9	SDA 25	672760.04	9173519.72	47	722	

4.4 Penempatan Menara Baru Bersama Telekomunikasi 2019

Dengan mempertimbangkan wilayah yang sudah ter-cover oleh menara eksisting dan hasil analisa maka diperoleh hasil plotting menara baru bersama telekomunikasi dengan jumlah total 97 menara yang diwakili dengan 49 zona dengan rincian per kecamatan. Hasil plotting *Map Info* untuk menara eksisting, jaringan layanan 2G dan 3G, serta zona menara baru dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5. Penempatan Zona Menara Eksisting