

# ESTIMASI ZONA MENARA BARU PADA KOMUNIKASI SELULAR DI KABUPATEN MOJOKERTO MENGGUNAKAN *GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)*

Achmad Mauludiyanto<sup>1)</sup>, Jiworeno<sup>2)</sup>

<sup>1), 2)</sup> Teknik Elektro FTI ITS Surabaya  
Kampus ITS Sukolilo Surabaya  
Email : [maulud@ee.its.ac.id](mailto:maulud@ee.its.ac.id)<sup>1)</sup>

## Abstrak

Perkembangan teknologi dan industri telekomunikasi telah berkembang pesat. Ketersediaan wilayah layanan diupayakan oleh beberapa operator yang menawarkan berbagai sistem dan kualitas layanan yang bervariasi dengan pembangunan infrastruktur jaringan radio seluler, termasuk di dalamnya menara untuk antena BTS (Base Transceiver Station). Tetapi penempatan menara yang terlalu banyak, tanpa perencanaan yang tepat akan menimbulkan efek yang kurang baik. Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan diatas, maka dapat diselesaikan dengan menyusun suatu master plan tentang penataan lokasi menara di wilayah Kabupaten Mojokerto untuk 5 tahun mendatang. Penataan lokasi menara dilakukan dengan menggunakan peta MapInfo dan berdasarkan pada kebutuhan trafik pelanggan seluler, RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) Kabupaten Mojokerto dan regulasi tentang penyelenggaraan menara telekomunikasi. Didalam perhitungan perencanaan kebutuhan BTS untuk tahun 2019, Kabupaten Mojokerto membutuhkan 14 menara telekomunikasi seluler bersama, dan menurut RTRW didapat 8 zona yang akan di hitung menggunakan TOPSIS (Techique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Perhitungan menggunakan TOPSIS diperoleh prioritas pertama pembangunan menara telekomunikasi jatuh pada zona 2, prioritas kedua yakni zona 5, prioritas ketiga yakni zona 7, prioritas keempat yakni zona 4.

**Kata kunci:** Analisa Trafik, Coverage Area, TOPSIS.

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dan industri telekomunikasi telah demikian pesatnya. Berbagai macam dari system komunikasi nirkabel muncul meliputi GSM (*Global System for Mobile communication*) dan CDMA (*Code Division Multiple Access*) yang mulai beroperasi di seluruh daerah di Indonesia. Dari sistem komunikasi nirkabel bermunculan meliputi GSM dan CDMA yang mulai beroperasi dengan sasaran daerah layanan di seluruh wilayah Indonesia. Berbagai permasalahan timbul seperti penambahan jumlah dan lokasi menara baru di Kabupaten Mojokerto yang belum tertata dengan baik, semakin banyaknya kebutuhan layanan, serta kebutuhan

fasilitas mendukung terbangunnya suatu jaringan nirkabel, yakni meliputi menara telekomunikasi yang menyediakan jaringan untuk berkomunikasi bagi penggunaannya.

Pertumbuhan menara telekomunikasi yang menjadi infrastruktur utama dalam penyelenggaraan telekomunikasi yang sangat di butuhkan untuk pelayanan dan peningkatan kualitas jaringan telekomunikasi. Untuk membangun menara telekomunikasi memerlukan ketersediaan lahan, bangunan, dan ruang udara.. Tanpa adanya koordinasi pembangunan menara antar operator dengan Pemda, maka pemandangan udara wilayah tersebut akan dipenuhi oleh menara-menara BTS yang tidak harmonis dan mengganggu.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan diatas, maka dapat diselesaikan dengan cara menyusun suatu perencanaan yang lengkap dan rinci tentang penataan lokasi menara atau antena di wilayah kabupaten Mojokerto. *Master plan* penataan menara bersama perlu mengacu dari gagasan atas pemenuhan kebutuhan telekomunikasi masyarakat, estetika, dan keamanan, sedangkan penyusunannya perlu memperhatikan regulasi.

Penelitian ini bertujuan agar pembangunan menara telekomunikasi tertib, aman dan tertata sesuai dengan hasil kajian tower dan perencanaan pembangunan daerah dan mengendalikan pertumbuhan, penggunaan dan struktur menara seluler secara efektif dan efisien, serta mengatur persebaran lokasinya sehingga dapat melindungi estetika lingkungan tanpa mengganggu kebutuhan masyarakat akan layanan telekomunikasi.

## 2. Metodologi Penelitian

### A. Studi Pendahuluan

Daerah yang akan dilakukan penelitian adalah wilayah kabupaten Mojokerto. Luas wilayah kabupaten Mojokerto berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 47 tahun 1982 adalah 826,60 km<sup>2</sup> yang secara geografis terletak diantara 7°18'35" sampai dengan 7°47'30" lintang selatan dan antara 112°20'13" sampai dengan 112°40'57" bujur timur. Luas wilayah kabupaten Mojokerto 692,15 km<sup>2</sup>, yang seluruhnya berupa daratan [1]. Studi pendahuluan dalam penelitian ini adalah menentukan daerah kabupaten yang akan disurvei dan

melakukan hal-hal apa saja yang akan disurvei.

**B. Pengumpulan Data**

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.

**C. Daya Pancar BTS**

Daya pancar CDMA 2000, GSM 900 dan GSM 1800 mengacu pada ETSI (European Telecommunications Standards Institute) EN (European National) 301 908-4 v6.1.1 untuk CDMA 2000 dengan mengambil asumsi daya pancar maksimum yakni sebesar 6,3 watt. GSM 900 dan GSM 1800 mengacu pada ETSI GSM 05.05 version 5.0.0, dimana asumsi daya pancar maksimum sebesar 4 watt untuk GSM frekuensi 1800, dan 8 watt untuk GSM dengan frekuensi 900. Daya pancar GSM dan CDMA dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Daya Pancar (a) BTS GSM 900, BTS GSM 1800, dan (b) CDMA 2000 [2]-[3]

(a)

Kelas	Maksimum Output Power GSM 900	Maksimum Output Power 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

(b)

Mobile station Class	Lower limit	Upper limit
1	31 dBm (1,25 W)	38 dBm (6,3 W)
2	27 dBm (0,5 W)	34 dBm (2,5 W)
3	23 dBm (0,2 W)	30 dBm (1,0 W)
1	28 dBm (0,63 W)	33 dBm (2,0 W)
2	23 dBm (0,2 W)	30 dBm (1,0 W)

3	18 dBm (63 mW)	27 dBm (0,5 W)
4	13 dBm (20 mW)	24 dBm (0,25 W)
5	8 dBm (6,3 mW)	21 dBm (0,13 W)

**D. Pengolahan Data**

Perhitungan kebutuhan BTS yang dilakukan adalah untuk jangka waktu lima tahun ke depan, yaitu sampai dengan tahun 2019 terhitung sejak 2014. Beberapa parameter yang digunakan dalam perhitungan perencanaan kebutuhan jumlah BTS ini adalah :

1. Wilayah Mojokerto merupakan wilayah yang termasuk dalam kategori *suburban* dan *rural*. Daerah *suburban* sendiri hanya terdapat di wilayah kota Mojokerto, daerah tersebut dicirikan dengan jumlah bangunannya, yang mulai padat, sedangkan untuk daerah sisanya yakni daerah Kabupaten Mojokerto sendiri adalah daerah *rural* karena kepadatan penduduk yang masih rendah. Maka dapat di asumsikan bahwa rata rata panggilan pengguna seluler di wilayah *rural* dan *suburban* adalah 45 menit per hari.
2. Intensitas trafik adalah jumlah waktu dari masing masing pendudukan pada seluruh saluran telekomunikasi.
3. Asumsi *Grade of Service* (GOS) = 2%
4. Kapasitas BTS memiliki konfigurasi 3/3/3, yakni menggunakan konfigurasi 3 antena sektoral dengan satu sektoral memiliki 3 TRX dan setiap TRX terdiri dari 8 timeslot (PT. Huawei Tech Investment, MBTS Initial Data Configuration Based on LMT 2010).
5. Dari data jumlah penduduk yang telah diperoleh dari BPS(Biro Pusat Statistik), langkah selanjutnya adalah melakukan prediksi bahwa jumlah penduduk pada tahun tertentu dengan menggunakan rumus pertumbuhan penduduk mengacu pada rumus (1). Asumsi Teledensitas sebesar X% maka dapat dihitung menggunakan rumus :

$$P = X\% \times P_t \tag{1}$$

Dengan :

- P = Jumlah pelanggan seluler
- X% = Teledensitas pengguna seluler
- P<sub>t</sub> = Jumlah penduduk tahun t

6. Untuk menghitung jumlah trafik yang dibangkitkan oleh sebuah pelanggan, seperti pada (2), dimisalkan A Erlang maka total trafik dapat dibangkitkan dengan rumus :

$$T = P \times A \tag{2}$$

Dengan :

- T = Total trafik yang dibangkitkan oleh pelanggan(Erlang)
- P = Jumlah pelanggan seluler
- A = Intensitas Trafik pada setiap pelanggan (Erlang)

7. Perhitungan kemampuan BTS seperti pada (3) sama dengan kemampuan satu buah BTS dibagi dengan trafik per pelanggan

$$\text{Kemampuan BTS} = \frac{\text{Kapasitas 1 BTS}}{\text{Trafik Perpelanggan}} \quad (3)$$

8. Jumlah BTS (4) yang diperlukan untuk dapat melayani pelanggan seluler adalah :

$$B = \frac{T}{A} \quad (4)$$

Dibulatkan ke atas, dengan :

- B = Jumlah kebutuhan BTS
- T = Total Trafik yang dibangkitkan oleh pelanggan seluler (Erlang)
- A = Kapasitas satu BTS (Erlang)

9. Jumlah kebutuhan menara telekomunikasi menggunakan rumus (5).

$$Mt = \frac{Bt - B_0}{4} + M_0 \quad (\text{dibulatkan keatas}) \quad (5)$$

Dengan :

- Mt = Jumlah menara telekomunikasi pada tahun t
- Bt = Jumlah kebutuhan BTS awal pada tahun t
- B<sub>0</sub> = Jumlah BTS eksisting tahun awal (data survei)
- 4 : adalah satu Menara bersama dapat menampung minimal 4 buah
- M<sub>0</sub> = adalah jumlah menara telekomunikasi eksisting pada tahun awal

10. Kebutuhan Menara dari jangka waktu 5 tahun dengan rumus (6).

$$Mt = Mt_{2014} - Mt_{\text{tahun 2019}} \quad (6)$$

Dengan :

- Mt = Kebutuhan Menara 5 tahunan
- Mt 2014 = Kebutuhan menara tahun 2014
- Mt 2019 = Kebutuhan menara tahun 2019

11. Luasan zona menara dapat dihitung dengan rumus (7).

$$L = 3,14 \times (r)^2 \quad (7)$$

Dengan :

- r = radius (km)
- L = Luas perzona (km<sup>2</sup>)

#### E. Zona Menara Baru dengan TOPSIS

Beberapa parameter yang digunakan dalam perhitungan TOPSIS dalam menentukan prioritas lokasi menara telekomunikasi yaitu:

1. Membuat matriks keputusan yang ternormalisasi (8).  
 Yaitu metode Topsis membutuhkan rangking kinerja setiap alternatif A<sub>i</sub> pada setiap kriteria C<sub>j</sub> yang ternormalisasi yaitu

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (8)$$

Dengan i = 1,2,...,m ; dan j = 1,2,...,n

Kriteria tersebut adalah kepadatan penduduk, jarak,

dan akses menara telekomunikasi., sedangkan alternatifnya adalah zona 1, zona 2, zona 3..., zona 8

2. Menentukan matriks solusi ideal positif (9a) dan matriks solusi ideal negatif (9b) berdasarkan rangking bobot ternormalisasi.

$$A^+ = (y_1^+, y_2^+, \dots, y_n^+) \quad (9a)$$

$$A^- = (y_1^-, y_2^-, \dots, y_n^-) \quad (9b)$$

Dengan :

$y_i^+$  adalah max  $y_{ij}$  jika j adalah atribut keuntungan, min  $y_{ij}$  jika j adalah atribut biaya  $y_i^-$  adalah max  $y_{ij}$  jika j adalah atribut keuntungan, min  $y_{ij}$  jika j adalah atribut biaya. Solusi ideal positif A<sup>+</sup> dan solusi ideal negatif A<sup>-</sup> dapat ditentukan berdasarkan rangking bobot ternormalisasi ( $y_{ij}$ ) sebagai berikut :

$$y_{ij} = w_i r_{ij} \quad (10)$$

Dengan i = 1,2,...,m dan j = 1,2,...,n

3. Menentukan jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif dan negatif. Jarak yang telah disebut adalah alternatif A<sub>i</sub> dengan solusi ideal positif dirumuskan (11).

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_i^+ - y_{ij})^2} \quad (11)$$

Jarak lainya yang telah disebut adalah alternatif A<sub>i</sub> dengan solusi ideal negatif dirumuskan (12).

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_i^-)^2} \quad (12)$$

Dengan : i = 1,2,...,m

4. Menentukan nilai referensi untuk setiap alternatif. Nilai preferensi untuk setiap alternatif zona dan tempat menara telekomunikasi (V<sub>i</sub>) diberikan sebagai (13).

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \quad (13)$$

Dengan i = 1,2,3..., m

Nilai V<sub>i</sub> yang lebih besar menunjukkan bahwa alternatif A<sub>i</sub> lebih baik menjadi acuan pertama untuk dipilih, dalam hal ini adalah menara telekomunikasi yang paling di prioritaskan. Semua cara tersebut mengacu pada referensi [4].

#### F. Perancangan Nilai Kriteria dalam Menentukan Zona Menara Baru pada TOPSIS

Dalam melakukan perancangan menentukan lokasi zona menara telekomunikasi baru dapat diasumsikan kriteria dan sub kriteria yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Jumlah Penduduk
- b. Jarak
- c. Akses

### 3. Pembahasan

A. Data Persebaran Menara Eksisting

Tabel 2 adalah Data Jumlah BTS dan Menara Telekomunikasi di Kabupaten Mojokerto tahun 2014. Di wilayah kabupaten Mojokerto dengan luas 692,15 km<sup>2</sup>

telah terdapat 212 menara telekomunikasi dengan jumlah total BTS sebanyak 376 BTS.

**B. Perhitungan Kapasitas BTS**

Untuk menghitung kapasitas suatu BTS dalam melayani pelanggan, maka harus diperhatikan berapa jumlah TRX (*Transmitter dan Receiver*) yang digunakan dalam setiap sektornya. Perhitungan ini adalah perhitungan secara teoritis karena kondisi di lapangan akan sangat tergantung dengan kondisi jaringan dan perilaku pelanggan. Dengan asumsi tiap BTS menggunakan 3 antena sektoral, setiap TRX yang digunakan akan mampu *handle* 8 *timeslot* atau kanal, masing-masing kanal ini akan diduduki oleh satu panggilan atau pembicaraan dari pelanggan. Diasumsikan operator menggunakan konfigurasi 3/3/3, maka setiap sektor diisi dengan 3 TRX sehingga perhitungan bisa dilakukan sebagai berikut :

1 sektor terdiri dari 3 TRX

1 TRX terdiri dari 8 *timeslot*

Maka 3 TRX = 8 x 3 = 24 *timeslot*

1 sektor yang terdiri atas 3 TRX mampu melayani 24 – 2 = 22 panggilan secara teoritis. Sehingga kapasitas 1 BTS yang terdiri atas 3 antena sektoral dan didukung 3 TRX per sektor adalah 22 x 3 = 66 kanal pembicaraan.

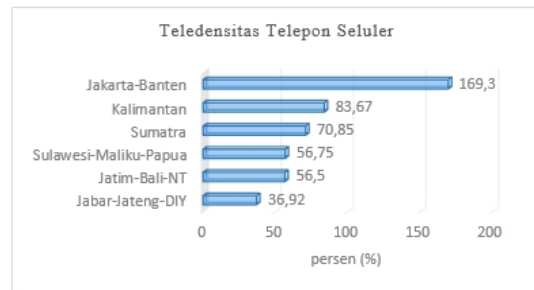
Berdasarkan tabel Erlang B, 66 kanal pembicaraan sama dengan 55,33 Erlang dengan asumsi GOS (*Grade of Service*) sama dengan 2%. Artinya satu BTS bisa *handle* trafik sebesar 55,33 Erlang. Untuk meningkatkan kapasitas suatu BTS adalah dengan menggunakan pita frekuensi 3G, walaupun penambahan ini masih sangat tergantung dengan kapasitas *handset* pelanggan.

**Tabel 2. Data Jumlah BTS dan Menara Telekomunikasi di Kabupaten Mojokerto 2014**

No	Kecamatan	Jumlah Menara	Total Jumlah BTS
1	sooko	15	28
2	Puri	11	25
3	Bangsals	13	24
4	Mojoanyar	6	13
5	Gedeg	12	28
6	Jetis	16	26
7	Kemlagi	7	15
8	Dawarblandong	12	17
9	Mojosari	14	27
10	Pungging	12	14
11	Ngoro	20	34
12	Jatirejo	5	9
13	Gondang	7	11
14	Pacet	16	24
15	Trawas	15	30
16	Kutorejo	8	13
17	Trowulan	16	27
18	Dlanggu	7	11
	<b>TOTAL</b>	<b>212</b>	<b>376</b>

**C. Data Pengguna Seluler**

Untuk teledensitas jumlah pengguna seluler di Kabupaten Mojokerto diasumsikan sama dengan teledensitas jumlah pengguna seluler di Jawa Timur yaitu 56,5%, seperti tergambar pada gambar 1.



**Gambar 1. Pengguna Seluler Menurut Wilayah Tahun 2010 [5]**

**D. Prediksi Jumlah Penduduk**

Pada Tabel 3 ditunjukkan hasil prediksi jumlah penduduk Kabupaten Mojokerto tahun 2019.

**Tabel 3. Hasil Prediksi Jumlah Penduduk Mojokerto Tahun 2019**

Kecamatan	Tahap LP (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)		
		2013	2014	2019
Jati rejo	0,93	44395	44808	46931
Gondang	0,66	44664	44959	46462
Pacet	0,87	59210	59725	62369
Trawas	0,75	31419	31655	32860
Ngoro	1,56	81728	83003	89682
Pungging	1,37	77903	78970	84530
Kutorejo	1,06	65459	66153	69734
Mojosari	1,15	79981	80901	85661
Mojoanyar	-1,98	52687	51644	46730
Dlanggu	0	51247	51247	51247
Trowulan	1,21	57583	58280	61892
Sooko	-1,65	77741	76458	70355
Gedeg	1,31	77811	78830	84131
Kemlagi	1,69	77781	79095	86009
Jetis	0,76	60757	61219	63581
Dawarblandong	0,74	61885	62343	64684
Total	1,22% (**)	1143747	1152599	1161635

Keterangan : \*) = Laju Pertumbuhan Penduduk  
 \*\*) = Rata-rata Laju Pertumbuhan Penduduk

**E. Perhitungan Trafik 5 Tahun Kedepan**

Pada Tabel 4 ditunjukkan prediksi total trafik yang pada pengguna seluler tahun 2019.

**F. Penentuan Kebutuhan Jumlah BTS**

Pada Tabel 5 ditunjukkan perbandingan jumlah kebutuhan BTS dan menara di Kabupaten Mojokerto pada tahun 2019.

Dengan demikian penambahan jumlah menara untuk memenuhi kebutuhan trafik pada tahun 2019 adalah jumlah kebutuhan menara 2019 dikurangi jumlah menara eksisting tahun 2014, yaitu 14 menara.

**Tabel 4.** Total Trafik Pengguna Seluler pada Tahun 2019

No	Kecamatan	Penduduk tahun 2019	Pelanggan Telpon Seluler	Trafik (Erlang)
1	Jatirejo	46931	26516	644
2	Gondang	46462	26251	638
3	Pacet	62369	35238	856
4	Trawas	32860	18566	451
5	Ngoro	89682	50671	1232
6	Pungging	84530	47759	1161
7	Kutorejo	69734	39400	958
8	Mojosari	85661	48398	1176
9	Bangsals	46730	26402	642
10	Mojoanyar	51247	28955	704
11	Dlanggu	61892	34969	850
12	Puri	70355	39751	966
13	Trowulan	84131	47534	1155
14	Soko	86009	48595	1181
15	Gedeg	63581	35923	873

**Tabel 5.** Perbandingan Jumlah Kebutuhan BTS dan Menara

No	Kebutuhan 2019		Eksisting 2014	
	Jumlah BTS	Jumlah Menara	Jumlah BTS	Jumlah Menara
1	12	5	12	5
2	12	7	12	7
3	16	17	15	16
4	9	16	8	15
5	23	21	21	20
6	21	13	20	12
7	18	9	17	8
8	22	15	21	14
9	13	7	14	7
10	14	14	14	13
11	21	12	20	11
12	18	16	19	16
13	21	16	20	15
14	17	13	16	12
15	17	7	16	7
16	23	18	22	16
17	15	13	14	12
18	14	7	13	6
Total		226	Total	212

G. Penempatan Menara Bersama Telekomunikasi  
 Penempatan zona menara baru telekomunikasi bersama berdasarkan RTRW dan irisan luas wilayah layanan GSM 900, GSM 1800, dan CDMA 2000, terdapat

8 zona menara baru yang akan dihitung menggunakan metode TOPSIS.

H. Zona Menara Baru dengan Menggunakan TOPSIS

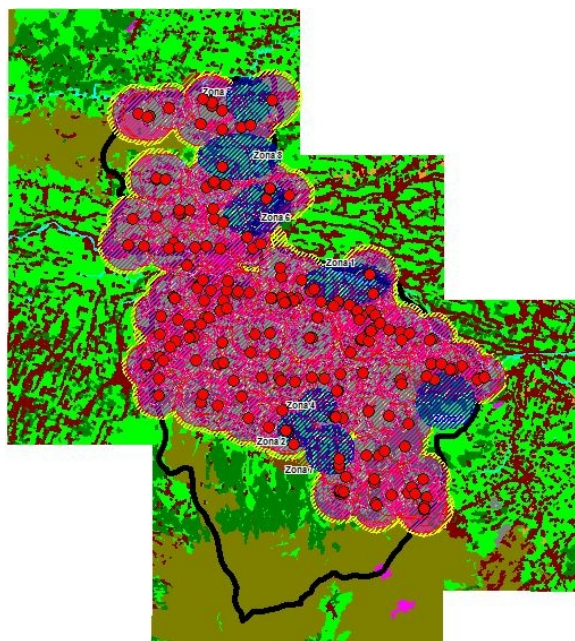
Hasil perhitungan TOPSIS terdapat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Kedekatan Alternatif terhadap Solusi Ideal.

Zona	Nilai	Prioritas
Zona 1	1,00000	1
Zona 2	0,51802	6
Zona 3	0,87586	2
Zona 4	0,42396	8
Zona 5	0,61684	4
Zona 6	0,62714	3
Zona 7	0,50465	7
Zona 8	0,57604	5

Dari nilai zona (yakni kedekatan setiap alternatif terhadap solusi ideal) diperoleh zona 1 memiliki nilai terbesar sehingga akan dipilih sebagai prioritas utama dalam mendirikan menara telekomunikasi., prioritas kedua adalah zona 3, prioritas ketiga adalah zona 6, prioritas keempat adalah zona 5, prioritas kelima adalah zona 8.

Zona menara eksisting dan zona baru dapat dilihat pada Gambar 2. Warna arsiran merah menunjukkan zona eksisting, sedangkan zona baru diarsir dengan warna biru.



**Gambar 2.** Zona Menara eksisting dan baru

I. Zona Menara Prioritas Utama

Dengan cara menghitung luas wilayah masing masing zona kemudian membaginya dengan luas wilayah layanan GSM 900, GSM 1800, dan juga CDMA 2000 didapat jumlah menara untuk masing masing GSM 900, GSM 1800, dan juga CDMA 2000, hasilnya yakni :

- 1) Zona Satu dapat dibangun 2 buah menara

- telekomunikasi bersama.
- 2) Zona tiga sebanyak 3 buah menara telekomunikasi bersama.
  - 3) Zona enam sebanyak 4 buah menara telekomunikasi bersama.
  - 4) Zona lima sebanyak 2 buah menara bersama, zona delapan sebanyak 2 menara telekomunikasi bersama.

### 3. Kesimpulan

Dari 14 menara yang dihitung menggunakan trafik tahun 2019, terdapat 8 zona menara telekomunikasi yang akan ditempatkan untuk masing masing 14 menara. Yakni untuk zona satu dapat dibangun 2 buah menara telekomunikasi bersama. Zona tiga sebanyak 3 buah menara telekomunikasi bersama. Zona enam sebanyak 4 buah menara telekomunikasi bersama. Zona lima sebanyak 2 buah menara bersama, zona delapan sebanyak 2 menara telekomunikasi bersama.

### Daftar Pustaka

- [1]. BPS Mojokerto, "Kabupaten Mojokerto Dalam Angka", ISSN : 0215.4358, No. Publikasi / Publication Number : 35165.0113 Juni 2013.
- [2]. ETSI, "GSM 05.05", 2005
- [3]. ETSI, "EN 301 908-4", 2004.
- [4]. Shofwatul, Uyun, "*A Fuzzy Topsis Multiple-Attribute Decision Making for Scholarship Selection*", Vol.9, No.1, April 2011, pp. 37~46, April 2011.
- [5]. Kementrian Komunikasi dan Informatika, "Indikator TIK Indonesia", Januari 2011.

### Biodata Penulis

**Achmad Mauludiyanto**, memperoleh gelar Sarjana Elektro (Ir.), Jurusan Teknik Elektro ITS. Memperoleh gelar Magister Teknik (MT.) Program Pasca Sarjana Magister Teknik Elektro ITS, lulus tahun 2000. Program doktor diselesaikan tahun 2010 di ITS. Saat ini menjadi Dosen Teknik Elektro ITS Surabaya.

**Jiworeno**, memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST.), Jurusan Teknik Elektro ITS lulus tahun 2014.