

Perencanaan Jumlah dan Lokasi Menara *Base Transceiver Station* (BTS) Baru pada Telekomunikasi Seluler di Kabupaten Lumajang Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process-TOPSIS* (AHP-TOPSIS)

Widyatmoko 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- Lahirnya teknologi baru seperti 4G LTE mendorong para operator untuk membangun infrastruktur baru seperti menara BTS dalam rangka menghadapi persaingan antar operator. Dalam pembangunan menara BTS, sangat dibutuhkan suatu perencanaan yang sistematis untuk menentukan jumlah dan posisi menara BTS yang sesuai dengan kebutuhan. Dalam perencanaan BTS, langkah yang wajib dilakukan adalah memprediksi kebutuhan BTS di tahun 2019. Menara BTS yang dibutuhkan didapat dengan menghitung selisih antara jumlah BTS tahun 2019 dan jumlah BTS tahun 2014 kemudian hasilnya dibagi 4 (diasumsikan satu menara BTS terdiri dari 4 BTS). Setelah diketahui jumlah kebutuhan menara BTS pada tahun 2019, selanjutnya penulis melakukan penyebaran menara tersebut ke seluruh penjuru kabupaten Lumajang. setelah itu penulis melakukan pembobotan pada tiap zona menara untuk mengetahui peringkat zona terbaik. Zona-zona dengan peringkat terbaik dianggap sebagai titik strategis untuk didirikan perangkat BTS 4G LTE. Metode yang digunakan dalam pembobotan adalah metode AHP-TOPSIS. Metode ini merupakan kombinasi dari metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). Metode AHP berfungsi untuk mengetahui nilai prioritas tiap sub-kriteria yang digunakan sedangkan TOPSIS berfungsi untuk mencari nilai tiap zona berdasarkan input dari AHP sehingga diketahui zona prioritas.

Kata Kunci : AHP-TOPSIS, Menara BTS, Radius

I. PENDAHULUAN

TEKNOLOGI telekomunikasi sudah menjadi sarana yang tak terpisahkan dari pola kehidupan manusia yang semakin *mobile* saat ini. Hal ini mendorong teknologi telekomunikasi untuk semakin berkembang pesat dalam rangka memberikan kemudahan pada manusia untuk berkomunikasi dimanapun mereka berada. Berbagai jenis sistem komunikasi nirkabelpun bermunculan meliputi GSM dan CDMA yang telah beroperasi di beberapa daerah di Indonesia. Selain itu, dari segi layanan telekomunikasi pun juga semakin berkembang. Dari yang awalnya hanya terbatas pada layanan *voice* hingga layanan pengiriman data seperti gambar dan *video*. Di samping itu, lahirnya jaringan *Long Term Evolution* (LTE) memberikan angin segar dalam dunia telekomunikasi seluler. Perkembangan pertelekomunikasian tersebut sangat memanjakan manusia sebagai konsumen.

Pemerintah dikabarkan mengagendakan untuk menghapus jaringan 2G mulai tahun 2015 seiring dengan dilirisnya jaringan LTE. Akan tetapi, jaringan LTE dipastikan tidak akan hadir di kabupaten berkembang seperti kabupaten Lumajang dalam waktu dekat. Pembangunan jaringan LTE dimungkinkan merata di setiap kabupaten pada 5 tahun ke depan.

Penetrasi operator dalam menggaet pelanggan semakin meningkat tiap tahun. Upaya yang sering dilakukan adalah mendirikan perangkat-perangkat telekomunikasi seperti menara BTS di titik yang dianggap strategis. Area yang menjadi target mereka mulai dari kota besar hingga kabupaten yang mulai berkembang.

Operator wajib berhati-hati dalam pembangunan menara BTS baru di suatu area khususnya kabupaten berkembang karena pengadaan perangkat dan penginstalasiannya sangat mahal dan tidak semua titik bernilai strategis. Apabila perencanaan mereka buruk hingga salah dalam menentukan titik strategis, maka perangkat BTS yang sudah mereka bangun tidak akan mendatangkan profit yang besar bahkan malah merugi. Menara BTS yang tidak berguna justru akan berdampak buruk terhadap lingkungan. Keindahan lingkungan menjadi rusak dan munculnya resiko interferensi. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan jumlah dan lokasi menara BTS baru yang terencana supaya kepentingan bisnis dapat selaras dengan aspek regulasi.

II. TEORI PENUNJANG

A. Teknologi GSM

GSM merupakan sistem telekomunikasi *mobile* bersistem seluler digital. GSM dijadikan standar global untuk komunikasi seluler sekaligus sebagai teknologi seluler yang paling banyak digunakan orang di seluruh dunia. Awal mula diciptakan GSM dilatarbelakangi keinginan untuk menciptakan sistem telekomunikasi bergerak yang memiliki cakupan internasional berdasarkan pada teknologi multipleksing *Time Division Multiple Acces* (TDMA). GSM mempunyai frekuensi 900 Mhz. Selain itu, GSM juga mempergunakan frekuensi 1800 Mhz *Personal Communication Network* [1].

B. Teknologi CDMA

CDMA adalah singkatan dari *Code Division Multiple Acces* yang merupakan sistem akses jamak yang membagi kanal tidak berdasarkan waktu (seperti pada TDMA) ataupun berdasarkan frekuensi (seperti pada FDMA), tetapi dengan menggunakan sandi unik yang diasosiasikan dengan tiap kanal yang ada dan menggunakan sifat-sifat interferensi konstruktif dari sandi unik itu untuk melakukan pemultipleksian. CDMA menggunakan teknologi *spread spectrum* (spektrum tersebar) untuk mengedarkan sinyal informasi yang melalui *bandwidth* yang lebar (1,25MHz) [2].

C. Konsep Trafik

Trafik dalam telekomunikasi dapat dimaknai sebagai perpindahan informasi dari suatu tempat ke tempat lain melalui media telekomunikasi, dimana perpindahannya diukur dengan waktu. Nilai trafik pada suatu kanal yaitu penghitungan lama waktu pendudukan pada kanal tersebut.

Intensitas trafik merupakan jumlah waktu pendudukan per satuan waktu atau volume trafik dibagi dengan periode waktu pengamatan [3].

$$A = \frac{V}{T} \tag{1}$$

Dimana, A = Intensitas Trafik
 V = Volume trafik
 T = Periode waktu pengamatan

D. Prediksi Jumlah Penduduk

Jumlah penduduk di masa depan sangat perlu untuk diketahui dalam perencanaan Zona baru sehingga perlu dilakukan prediksi. Prediksi dilakukan untuk perencanaan jangka panjang di suatu wilayah. Adapun prediksi jumlah penduduk dilakukan menggunakan rumus berikut [3] :

$$P_t = P_0(1 + x)^t \tag{2}$$

Dimana :
 P_t = Jumlah penduduk tahun t
 P₀ = Jumlah penduduk awal
 X = Tingkat pertumbuhan penduduk
 t = Jumlah tahun dari 0 ke t

E. Frekuensi Reuse

Frekuensi Reuse adalah penggunaan sebuah frekuensi pada suatu sel dimana frekuensi tersebut sebelumnya sudah digunakan pada satu atau beberapa sel lainnya. Sistem ini digunakan karena pelanggan yang banyak dan tersebar, serta terbatasnya spektrum frekuensi sehingga tidak banyak macam frekuensi yang digunakan. Akibat dari sistem ini adalah adanya interferensi yang besar [4].

Penentuan jarak minimum suatu zona dapat menggunakan frekuensi yang sama menurut konsep frekuensi Reuse dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$D = \sqrt{3K} \cdot r \tag{3}$$

Dimana :
 D = Jarak minimum sel lain dapat menggunakan frekuensi yang sama
 K = Jumlah sel dalam satu zona
 r = Jari-jari tiap sel

F. Zona Coverage BTS

Dalam penentuan nilai *coverage*, penulis menggunakan metode Okumura-Hatta. Perhitungan pada metode ini diklasifikasikan berdasarkan perkiraan area yang

terdiri dari kategori kebisingan dan permukaan tanah, yakni *rural*, *suburban*, dan *urban* [5]. Kabupaten Lumajang merupakan kabupaten yang terdiri dari dua kategori area, yaitu area sub-urban dan rural sehingga perhitungan menggunakan Okumura-Hatta dapat dirumuskan sebagai berikut :

- Untuk daerah Sub-urban

$$L_{db} = A + B \log R - C \approx \log R = \frac{(C + L_{db} - A)}{B} \tag{4}$$

- Untuk daerah Rural

$$L_{db} = A + B \log R - D \approx \log R = \frac{(D + L_{db} - A)}{B} \tag{5}$$

Dimana

$$A = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_b \tag{6}$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log h_m \tag{7}$$

$$C = 2 (\log (f_c/28))^2 + 5.4 \tag{8}$$

$$D = 4.78 (\log f_c)^2 - 18.33 \log f_c + 40.94 \tag{9}$$

L_{db} = nilai *Path Loss*

h_b = tinggi BTS yang diasumsikan tinggi menara

f_c = Frekuensi *carrier*

Nilai pathloss dapat dicari dengan cara Eirp dikurangi dengan sensitivitas minimum. Eirp merupakan daya pancar yang dikeluarkan pemancar. Nilai Eirp tergantung dari teknologi yang digunakan.

Penggunaan frekuensi *Carrier* tergantung dari teknologi yang digunakan. Penggunaan teknologi yang digunakan operator disesuaikan dengan kondisi area yang akan dilayani.

G. Metode Penentuan Zona Prioritas

Metode yang digunakan penulis adalah AHP-TOPSIS yang merupakan metode kombinasi dari metode AHP dan TOPSIS.

a. AHP

AHP adalah sebuah metode yang bersifat hirarki fungsional yang berfungsi untuk memecahkan masalah kompleks dan tidak terstruktur. Masalah kompleks tersebut akan dibentuk menjadi kelompok-kelompok sehingga menjadi model hirarki. Input utama dari metode ini adalah persepsi manusia [6]. Langkah-Langkah metode AHP adalah sebagai Berikut

- Mengidentifikasi permasalahan kemudian membuat struktur hirarki dari permasalahan tersebut
- Membandingkan elemen secara berpasangan menurut kriteria yang ditentukan
- Matriks perbandingan berpasangan diisi bilangan yang menggambarkan tingkat kepentingan relatif dari setiap elemen.
- Menjumlahkan nilai-nilai dari setiap kolom pada matriks
- Mencari matriks normalisasi dengan cara membagi setiap nilai dari kolom dengan total kolom.
- Menjumlahkan nilai-nilai dari setiap baris kemudian membaginya dengan jumlah elemen untuk memperoleh nilai rata-rata.

Setelah melakukan langkah-langkah diatas, selanjutnya adalah mengukur konsistensi dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Mengalikan nilai pada kolom pertama dengan prioritas relatif elemen pertama
- Menjumlahkan setiap baris
- Membagi hasil penjumlahan baris dengan elemen prioritas relatif

- Menjumlahkan hasil pembagian di atas dengan jumlah elemen yang ada. Hasilnya disebut λ maks
- Menghitung *Consistency Indeks* CI menggunakan rumus:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n(n-1)} \quad (10)$$

Dimana n = jumlah elemen

- Menghitung Rasio Konsistensi / *Consistency Ratio* (CR) menggunakan rumus

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (11)$$

CR = *Consistency Ratio*

CI = *Consistency Index*

- Memeriksa Konsistensi hierarki, suatu data dikatakan benar apabila memiliki nilai rasio konsistensi kurang atau sama dengan 0,1.

b. TOPSIS

TOPSIS merupakan salah satu metode pengambilan keputusan multi kriteria yang pertama kali diperkenalkan oleh Yonn dan Hwang pada tahun 1981. Konsep TOPSIS sederhana, mudah dipahami, komputasinya efisien, dan memiliki kemampuan untuk mengukur kinerja relatif dari alternatif-alternatif keputusan dalam bentuk matematis yang sederhana [7]. Beberapa langkah perhitungan yang dilakukan pada metode TOPSIS adalah sebagai berikut :

- Membuat matriks keputusan ternormalisasi

Tahap ini bertujuan untuk membuat ranking kinerja setiap subkriteria A_i pada setiap kriteria C_j yang ternormalisasi. Perhitungannya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (12)$$

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

- Menentukan matriks solusi ideal positif dan negatif menurut ranking bobot ternormalisasi

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

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

Solusi ideal positif adalah nilai terbesar dari masing-masing kolom kriteria pada matriks keputusan ternormalisasi sedangkan solusi ideal negatif adalah nilai terkecil dari masing-masing kolom kriteria.

- Menentukan jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif dan negatif.

Perhitungan cara mencari jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij}^+ - y_j^+)^2} \quad (13)$$

Sedangkan cara mencari jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks ideal negatif adalah sebagai berikut:

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij}^- - y_j^-)^2} \quad (14)$$

Dimana : $i = 1,2, \dots, m$

- Langkah terakhir adalah Menentukan nilai referensi untuk setiap alternatif.

Nilai preferensi untuk setiap alternatif zona menara telekomunikasi (V_i) diberikan sebagai :

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \quad (15)$$

Dimana $i = 1,2,3, \dots, m$

Nilai V_i yang paling besar menunjukkan bahwa alternatif A_i paling layak menjadi acuan pertama yang dipilih sebagai zona menara BTS baru yang terbaik.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Studi Pendahuluan

Daerah yang menjadi objek penelitian adalah kabupaten Lumajang. Kabupaten Lumajang merupakan kabupaten di selatan propinsi Jawa timur yang berbatasan dengan Kabupaten Probolinggo di utara, Kabupaten Jember di timur, Samudra Hindia di selatan, serta Kabupaten Malang di barat. Kabupaten Lumajang terletak pada 112°53' - 113°23' Bujur Timur dan 7°54' - 8°23' Lintang Selatan. Luas wilayah keseluruhan Kabupaten Lumajang adalah 1790,90 km².

B. Perhitungan Data

Perhitungan dilakukan untuk mencari jumlah BTS yang dibutuhkan di kabupaten Lumajang untuk jangka waktu lima tahun ke depan, yaitu hingga tahun 2019.

a. Kabupaten Lumajang dapat dikategorikan sebagai wilayah dengan morfologi area sub-urban dan rural. Rata-rata panggilan seluler di wilayah sub-urban adalah 60 menit perhari sedangkan rural adalah 45 menit per hari. *Offered traffic* dapat dihitung dengan cara :

$$A_{rural} = \frac{45}{24 \times 60} = 31,2 \text{ mErlang}$$

$$A_{sub-urban} = \frac{60}{24 \times 60} = 41,67 \text{ mErlang}$$

b. *Grade of Service* diasumsikan sebesar 2%

c. Kapasitas BTS yang digunakan mempunyai konfigurasi sebagai berikut:

- Menggunakan 3 antena sektoral yang berkonfigurasi 3/3/3

1 sektor memiliki 3 TRx

1 TRx memiliki 8 *timeslot*

$$\text{Sehingga } 3 \text{ TRx} = 8 \times 3 = 24 \text{ timeslot}$$

- Tiap sektor membutuhkan 1 kanal SDCCH (Standalone Dedicated Control Channel) dan 1 kanal BCCH (Broadcast Control Channel) yang berfungsi untuk mengatur panggilan tiap pelanggan dan sebagai broadcast sinyal. Sehingga 1 sektor terdiri 24 - 2 = 22 kanal

- Tiap BTS memiliki 3 antena sektoral yang tiap sektoralnya memiliki 3 TRx. Sehingga jumlah kanal tiap BTS adalah

$$22 \times 3 = 66 \text{ kanal.}$$

- Penentuan kapasitas 1 BTS menggunakan tabel Erlang B dengan asumsi GOS = 2%. 1 BTS terdiri dari 3 antena sektoral yang tiap sektoralnya terdiri dari 3 TRx sehingga kapasitas 1 BTS adalah 55,33 Erlang.

Maximum Offered Load Versus B and N

NB	B is in %											
	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
66	41.38	44.35	45.85	50.09	52.44	55.33	60.62	66.93	72.60	78.35	91.25	107.6

Gambar 1 Tabel Erlang B

d. Jumlah penduduk tahun 2019 dapat diketahui dengan melakukan prediksi berdasarkan data penduduk tahun 2011-2012 dengan menggunakan rumus 2.4.

e. Jumlah pelanggan seluler dapat diketahui dengan rumus :

$$R = g\% \times P_t \tag{14}$$

R = Jumlah Pelanggan Seluler

g% = Teledensitas Pengguna seluler

P_t = Jumlah Penduduk pada tahun ke t

f. Tiap pelanggan diasumsikan dapat membangkitkan trafik sebesar α erlang. Sehingga total trafik yang dibangkitkan oleh pelanggan adalah :

$$T = R \times A \tag{15}$$

T = trafik total yang dibangkitkan semua pelanggan (Erlang)

R = Jumlah pelanggan

A = Intensitas Trafik yang dibangkitkan tiap pelanggan (Erlang)

g. Jumlah BTS yang dibutuhkan untuk melayani jumlah pelanggan seluler tahun 2019 suatu daerah dapat dicari menggunakan rumus :

$$B = \frac{T}{E} \tag{16}$$

B = Jumlah kebutuhan BTS

T = Trafik total yang dibangkitkan (Erlang)

E = Kapasitas 1 BTS (Erlang)

C. Pengolahan Data Berbasis Mapinfo

I. Penentuan radius *coverage* Menara Eksisting

Penentuan radius *coverage* Menara Eksisting menggunakan rumus (2.3) untuk daerah *sub-urban* dan rumus (2.4) untuk daerah rural.

II. Penempatan Zona Baru

Beberapa pertimbangan yang menjadi prioritas utama penempatan zona menara baru adalah sebagai berikut :

- a. Pertimbangan pertama
pemukiman penduduk yang dapat mengisi *coverage* zona baru secara penuh
- b. Pertimbangan kedua
Jalan raya dan pemukiman penduduk yang dapat dicakup satu zona sekaligus.
- c. Pertimbangan ketiga

Titik pemukiman penduduk yang mampu mengisi *coverage* zona menara baru paling optimal di antara titik pemukiman lain

D. Perhitungan Metode AHP-TOPSIS

Metode AHP-TOPSIS membutuhkan kriteria untuk perhitungan. Kriteria merupakan parameter pertimbangan dalam menentukan zona menara baru prioritas. Kriteria yang menjadi pertimbangan penulis dalam menentukan zona baru yaitu : kepadatan penduduk, RTRW, dan menara eksisting. tiap kriteria akan terbagi lagi menjadi tiga subkriteria, yaitu baik, cukup, dan kurang.

Menurut Undang-undang Nomor:56/PRP/1960, tingkat kepadatan penduduk dianggap rendah apabila kurang dari 250 jiwa/ km², cukup bila diantara 251 – 400 jiwa/ km², dan baik bila lebih dari 401 jiwa/km².

Suatu kecamatan dikatakan baik dari segi RTRW apabila apabila terdapat lebih dari separuh program pembangunan dari seluruh program pembangunan di kabupaten Lumajang. Suatu kecamatan. Suatu kecamatan dikatakan cukup apabila terdapat sepertiga hingga separuh program pembangunan. Sedangkan suatu kecamatan dianggap kurang apabila hanya terdapat sepertiga program pembangunan.

Suatu zona dikatakan baik menurut kriteria menara eksisting apabila tidak mendapat resiko interferensi dari menara eksisting. Suatu zona dikatakan cukup apabila hanya mendapat resiko interferensi dari satu menara eksisting. Sedangkan suatu zona dianggap kurang apabila mendapat resiko interferensi lebih dari satu menara eksisting.

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Prediksi jumlah Penduduk 2019

Prediksi jumlah penduduk dilakukan menggunakan rumus (2). Hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1.
Hasil prediksi jumlah penduduk 2019

Kecamatan	Laju pertumbuhan	Jumlah Penduduk	
		2014	2019
Candipuro	0,25	62.848	63.633
Gucialit	0,03	23.460	23.490
Jatiroto	0,54	46.228	47.485
Kedungjajang	0,98	45.228	47.486
Klakah	0,34	51.818	52.707
Kunir	0,42	52.543	53.642
Lumajang	0,26	81.523	82.583
Padang	0,48	35.290	36.153
Pasirian	0,45	85.186	87.102
Pasrujambe	0,36	35.428	36.078
Pronojiwo	0,04	31.793	31.863
Randuagung	0,37	61.756	62.904
Ranuyoso	0,60	46.552	47.976
Rowokangkung	0,06	34.237	34.347
Senduro	0,54	43.819	45.006
Sukodono	1,11	52.196	55.147
Sumbersuko	0,53	34.635	35.559
Tekung	0,49	33.214	34.044
Tempeh	0,51	80.420	82.484
tempursari	-0,45	27.987	27.358
Yosowilangun	0,08	56.732	56.966

B. Hasil Penentuan Total Trafik pada tahun 2019

Penentuan total trafik pada tahun 2019 wajib mengetahui jumlah user terlebih dahulu. Jumlah user ditentukan menggunakan rumus (14). Kemudian penentuan

total trafik menggunakan rumus (15). Hasil perhitungannya ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2.
Prediksi total trafik tahun 2019

Kecamatan	Jumlah penduduk 2019	Jumlah user 2019	Morfologi Area	Total trafik 2019 (Erlang)
Candipuro	63.633	35.953	rural	1.124
Gucialit	23.490	13.272	rural	415
Jatiroto	47.485	26.829	rural	838
Kedungjajang	47.486	26.830	rural	838
Klakah	52.707	29.780	rural	931
Kunir	53.642	30.308	rural	947
Lumajang	82.583	46.659	sub-urban	1.944
Padang	36.153	20.426	rural	638
Pasirian	87.102	49.213	rural	1.538
Pasrujambe	36.078	20.384	rural	637
Pronojiwo	31.863	18.003	rural	5.63
Randuagung	62.904	35.541	rural	1.111
Ranuyoso	47.976	27.106	rural	847
Rowokangkung	34.347	19.406	rural	606
Senduro	45.006	25.428	rural	795
Sukodono	55.147	31.158	rural	974
Sumbersuko	35.559	20.091	rural	628
Tekung	34.044	19.235	rural	601
Tempoh	82.484	46.604	rural	1.456
Tempursari	27.358	15.457	rural	483
Yosowilangun	56.966	32.186	rural	1.006

C. Hasil Penentuan Tambahan Menara tahun 2019

Jumlah BTS tahun 2019 ditentukan menggunakan rumus (16). Penentuan BTS tambahan yaitu dengan cara jumlah BTS tahun 2019 dikurangi jumlah BTS tahun 2014. Bila diasumsikan satu menara diisi dengan 4 BTS maka tambahan menara untuk tahun 2019 ditentukan dengan cara BTS tambahan dibagi dengan 4. Bila hasilnya terdapat sisa pembagian maka dibulatkan ke nilai yang lebih besar. Hasil perhitungannya ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3.
Hasil penentuan menara tambahan tahun 2019

Kecamatan	Total trafik 2019 (erlang)	jumlah BTS 2014	jumlah BTS 2019	BTS tambahan	Tambahn Menara 2019
Candipuro	1.124	17	20	3	1
Gucialit	415	7	7	0	0
Jatiroto	838	14	15	1	1
Kedungjajang	838	12	15	3	1
Klakah	931	27	17	0	0
Kunir	947	6	17	11	3
Lumajang	1.944	29	35	6	2
Padang	638	2	12	10	3
Pasirian	1.538	14	28	14	4
Pasrujambe	637	2	12	10	3
Pronojiwo	563	16	10	0	0
Randuagung	1.111	16	20	4	1
Ranuyoso	847	8	15	7	2
Rowokangkung	606	10	11	1	1
Senduro	795	9	14	5	2
Sukodono	974	15	18	3	1
Sumbersuko	628	10	11	1	1
Tekung	601	9	11	2	1
Tempoh	1.456	24	26	2	1
tempursari	483	4	9	5	2
Yosowilangun	1.006	14	18	4	1
Total	18.920	265	342	77	31

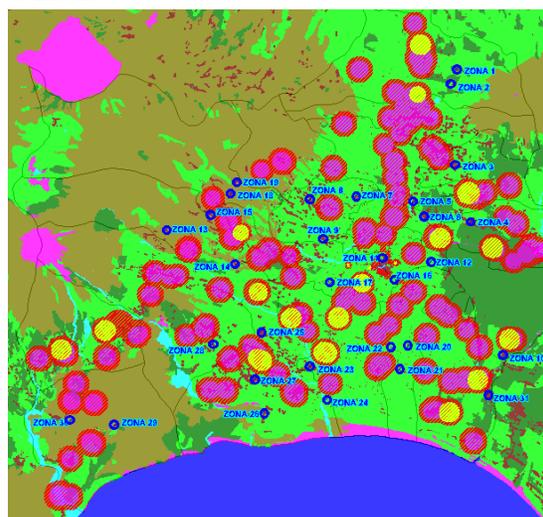
Menurut tabel 3 bahwa kabupaten Lumajang memutuskan tambahan BTS sebanyak 77 BTS dan menara

BTS sebanyak 31 menara untuk melayani total trafik 18.920 Erlang pada tahun 2019.

D. Hasil Penempatan Zona Baru

Satu menara BTS diasumsikan sebagai 1 zona BTS. Sehingga bila kabupaten Lumajang membutuhkan 31 menara BTS pada tahun 2019 berarti akan terdapat 31 zona menara baru. 31 zona baru tersebar di seluruh kecamatan kecuali kecamatan pronojiwo, Guccialit, dan Klakah karena kebutuhan BTS di tiga kecamatan tersebut tidak mengalami peningkatan. Adapun persebaran zona eksisting dan zona baru ditunjukkan oleh gambar 5.

Lingkaran berwarna merah merupakan zona GSM 900 yang tumpang tindih dengan lingkaran berwarna merah muda yang merupakan zona GSM 1800. Zona CDMA 2000 ditunjukkan oleh lingkaran berwarna kuning. Sedangkan Zona baru ditunjukkan oleh lingkaran berwarna biru yang tampak paling kecil dibandingkan dengan zona eksisting. Menurut peraturan daerah tentang cell plan pada kabupaten berkembang, radius atau jari-jari zona baru adalah sebesar 400 meter.



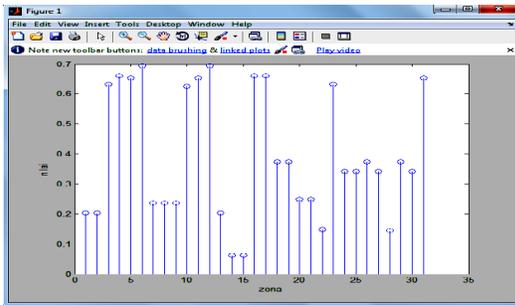
Gambar 2 Persebaran zona eksisting dan zona baru

E. Hasil Penentuan Zona Prioritas Menggunakan AHP-TOPSIS

Menurut Hasil perhitungan menggunakan metode AHP, didapatkan hasil sebagai berikut :

- a. Kriteria Kepadatan
 - Bobot kepadatan baik = 0,55
 - Bobot kepadatan cukup = 0,22
 - Bobot kepadatan kurang = 0,09
- b. Kriteria RTRW
 - Bobot RTRW baik = 0,27
 - Bobot RTRW cukup = 0,11
 - Bobot RTRW kurang = 0,046
- c. Kriteria Menara Eksisting
 - Bobot eksisting baik = 0,18
 - Bobot eksisting cukup = 0,07
 - Bobot eksisting kurang = 0,03

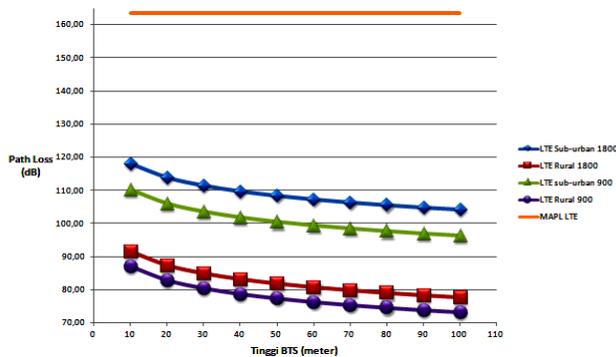
Hasil perhitungan AHP tersebut dijadikan input pada metode TOPSIS untuk mencari zona prioritas dengan hasil perhitungannya ditunjukkan pada grafik di gambar 6.



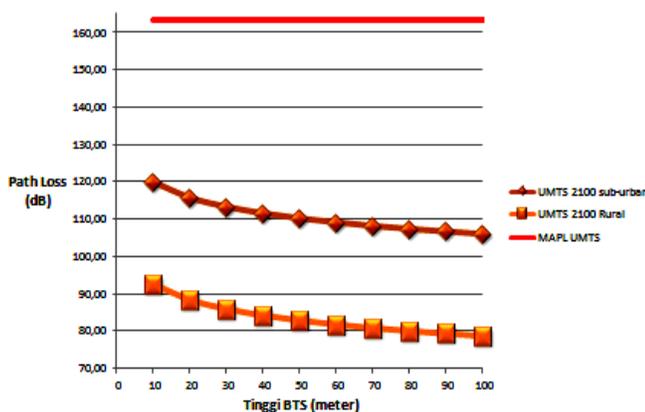
Gambar 3 Grafik zona prioritas

Menurut hasil perhitungan menggunakan TOPSIS, diketahui bahwa zona 6 dan zona 12 merupakan zona yang paling prioritas dibanding zona yang lain karena memiliki nilai prioritas yang paling besar. Sedangkan sekumpulan zona yang bernilai strategis adalah zona 3, zona 4, zona 5, zona 6, zona 10, zona 11, zona 12, zona 16, zona 17, zona 23, dan zona 31.

F. Analisa Link Budget



Gambar 4 Grafik perbandingan Tinggi BTS 4G LTE terhadap nilai path loss



Gambar 5 Grafik perbandingan tinggi BTS UMTS terhadap nilai path loss

Menurut gambar 4 dan 5, 4G LTE atau teknologi UMTS yang beroperasi pada daerah *sub-urban* memiliki nilai *PathLoss* yang lebih besar daripada di daerah rural. Secara teori, hal ini berkaitan dengan proses pemantulan gelombang. Nilai *Path Loss* pada daerah sub-urban lebih besar karena pada daerah tersebut memiliki jumlah bangunan lebih banyak dan rapat dibandingkan dengan

daerah rural sehingga akan menciptakan *obstacle* pada sistem propagasi gelombang. Nilai *pathloss* dapat dikurangi dengan menambah tinggi BTS menurut gambar 4 dan 5.

V. KESIMPULAN

Menurut hasil pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Kabupaten Lumajang membutuhkan 31 menara dan 77 BTS baru pada tahun 2019 untuk melayani total trafik sebesar 18.920 Erlang.
- Terdapat 31 zona baru yang tersebar di 18 kecamatan. Ada tiga kecamatan yang tidak memiliki zona menara baru, yaitu : Pronojiwo, Klakah, dan Gucialit
- Terdapat dua zona menara baru yang paling strategis di antara zona menara baru yang lain, yaitu : zona 6 di kecamatan Sukodono dan zona 12 di Kecamatan Lumajang
- Metode kombinasi AHP-TOPSIS sangat membantu dalam memecahkan permasalahan dengan beberapa criteria pertimbangan
- Daerah *sub-urban* memiliki nilai *PathLoss* yang lebih besar daripada daerah *rural*
- Menurut gambar 4 dan 5 nilai *pathloss* berbanding terbalik dengan tinggi BTS sehingga Nilai *pathloss* dapat dikurangi dengan menambah tinggi BTS

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nokia“*GSM Architecture*”,(2002)
- [2] Setiawan, Deris, “*Teknologi Seluler CDMA dan GSM*” PT. Elex Media Komputindo”, (2003)
- [3] Suwadi. “*Diktat Trafik*”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. Februari, (2012).
- [4] Mufti, Nachwan, “*Sistem Komunikasi Bergerak Seluler*”, Mobilecomm.labs, (2003)
- [5] Hutauruk, Sindak, “*Simulasi Model Empiris Okumura-Hatta Dan Model Cost 231 Untuk Rugi-Rugi Saluran Pada Komunikasi Seluler*”, Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas HKBP Nomensen Medan,(2011).
- [6] Turban, E, Jay, E.A., “*Decision Support System and Intelligent System*”,*fifth edition, Prentice Hall International, Inev.* (1998).
- [7] Anhar, Alfian, “*Kombinasi Metode TOPSIS dan AHP Dalam Menentukan Objek Wisata Terbaik di Pulau Bali*”, Universitas Brawijaya, (2013).