

PERENCANAAN ULANG *SITE* JARINGAN GSM 900 DAN 1800 DI KOTA SEMARANG

Sukiswo

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
e-mail : sukiswok@yahoo.com

Abstract. Global System for Mobile Communication (GSM) is designed to provide solutions for high increasing number of subscribers of mobile communication services, while the frequency resources is limited. GSM is a digital cellular communication technology with a coverage service area is divided into small areas called cells, and each cell is handled by a site. To anticipate the growth of users number GSM system requires site re-planning that consist of three aspects, namely capacity, coverage and quality. With this site re-planning the number of site efficiency is expected.

This paper has made simulation re-planning for an outdoor coverage site system of GSM radio network 900 and 1800 in Semarang city, which has area of 373.67 km² and consists of 16 districts and 177 villages, so it can serve customers until 2014. From re-planning simulation for GSM 900 and 1800 radio network outdoor site coverage system in Semarang, can be known the needed number of sites to serve the customers until the year 2014 with a teledensity of 30%, i.e 91 sites with 250 Global System for Mobile Communication (GSM) sectoral cells and 230 Digital Cellular System (DCS) sectoral cells with the highest traffic for the micro cells occurred at sector 3, Sendangguwo village, District Tembalang that is equal to 132.36 Erlang, while the highest traffic for the macro cells occurred in Sector 3 Bamban Kerep village, District Ngalayan which amounted to 66,24 E.

Keywords: Re-planning, site, GSM, coverage, Semarang City

Global System for Mobile Communication atau lebih dikenal dengan GSM merupakan teknologi komunikasi digital yang memberikan layanan komunikasi bergerak. Sejak awal GSM dikomersialkan hingga akhir desember tahun 2009 jumlah pelanggan GSM telah mencapai angka 159.247.638 dengan prosentase pertumbuhan pelanggan dalam 5 tahun terakhir sebesar 27.33% per tahun.

Permasalahan yang muncul dalam industri telekomunikasi seluler belakangan ini adalah belum optimalnya penggunaan menara karena tiap operator menggunakan menaranya sendiri-sendiri sehingga menyebabkan jumlah menara yang ada tidak efisien dan mengganggu keindahan kota. Dengan momentum keluarnya keputusan menteri komunikasi dan informatika nomor: 02/per/m.kominfo/3/2008 yang berisi mengenai pedoman pembangunan dan penggunaan menara bersama telekomunikasi maka perlu adanya perencanaan ulang *site* jaringan radio GSM. Dengan perencanaan ulang ini diharapkan dapat memberikan acuan bagi

dinas tata kota dan pembanding bagi operator telekomunikasi dalam merencanakan posisi *site* dengan memperhatikan faktor keamanan lingkungan, kesehatan masyarakat, estetika lingkungan, dan sesuai dengan kebutuhan teknis dan pelanggan.

Makalah ini mensimulasikan perencanaan ulang *Outdoor Coverage System* Jaringan Radio GSM 900 dan 1800 di Semarang berdasarkan kebutuhan trafik tahun 2014 dan topografi kota Semarang untuk mendapatkan gambaran dan titik yang paling optimal dalam mendirikan suatu *site*.

GLOBAL SYSTEM for MOBILE COMMUNICATION (GSM)

Kanal pada Air Interface GSM

Awalnya GSM didesain untuk beroperasi pada frekuensi 900 Mhz. Pada frekuensi ini, frekuensi *uplinks*-nya digunakan frekuensi 890–915 MHz, sedangkan frekuensi *downlinks*-nya menggunakan frekuensi 935–960 MHz. *Bandwidth* yang digunakan adalah 25 Mhz (915–980 = 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 *band* penjaga. Pada perkembangannya, jumlah kanal 124 semakin tidak mencukupi dalam pemenuhan kebutuhan yang disebabkan pesatnya pertambahan jumlah pengguna.

Untuk memenuhi kebutuhan kanal yang lebih banyak, maka regulator GSM di Eropa mencoba menggunakan tambahan frekuensi untuk GSM pada band frekuensi di *range* 1800 Mhz dengan frekuensi 1710-1785 Mhz sebagai frekuensi *uplinks* dan frekuensi 1805-1880 Mhz sebagai frekuensi *downlinks*. GSM dengan frekuensinya yang baru ini kemudian dikenal dengan sebutan GSM 1800, yang menyediakan *bandwidth* sebesar 75 Mhz (1880-1805 = 1785–1710 = 75 Mhz). Dengan lebar kanal yang tetap sama yaitu 200 KHz sama, pada saat GSM pada frekuensi 900 Mhz, maka pada GSM 1800 ini akan tersedia sebanyak 375 kanal.

Konsep Seluler

Daerah cakupan pelayanan sistem seluler terbagi atas daerah-daerah kecil yang disebut dengan sel, dan setiap sel ditangani oleh sebuah *site* akan tetapi satu *site* bisa memiliki lebih dari satu sel. Tiap sel mempunyai grup *transceiver* (frekuensi) yang independen. Kumpulan K sel disebut *cluster*. K bisa bernilai 4, 7, 9, 12, dan seterusnya. Nilai K tersebut sering disebut juga dengan *frequency reuse factor* yang menunjukkan periode dari *frequency reuse*.

Setiap BTS yang bersebelahan menggunakan sekumpulan frekuensi yang berbeda dengan sel disebelahnya untuk meminimalkan interferensi. Frekuensi yang sama dapat digunakan oleh sel lain dimana jarak sel yang menggunakan frekuensi yang sama sedemikian rupa sehingga pengaruh interferensi antar kanal dapat diminimalkan.

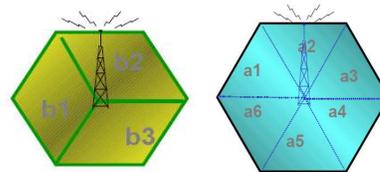
Meningkatkan Kapasitas Kanal Suara

Ada beberapa teknik yang dapat digunakan untuk meningkatkan kapasitas kanal suara, antara lain.

Sektorisasi

Metode yang sering dipergunakan untuk meningkatkan kapasitas dengan membuat jari-jari sel tidak berubah dan memperkecil interferensi ko-kanal dengan menggantikan antena omnidireksional sebuah BTS dengan beberapa antena *directional* yang memiliki pola radiasi

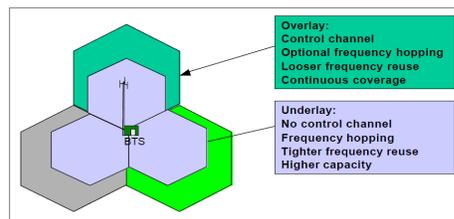
sinyal pada suatu arah saja. Pada pensektoran, peningkatan kapasitas sistem dicapai dengan mengurangi jumlah sel dalam satu *cluster* yang sekaligus memperbesar faktor penggunaan ulang frekuensi.



Gambar 1. Sel dengan 3 dan 6 sektor.

Partisi Reuse

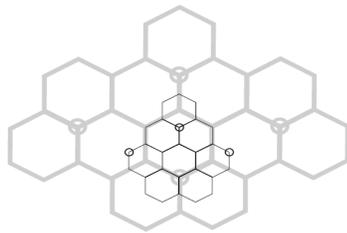
Prinsip dari partisi *reuse* adalah membagi sel menjadi 2 buah lapisan yaitu *underlay* dan *overlay* pada *site* yang sama, dengan menggunakan faktor *reuse* yang berbeda pada tiap lapisnya. Lapisan *underlay* menambah kapasitas, sedangkan lapisan *overlay* menyediakan cakupan. Cakupan pada lapisan *overlay* sama seperti cakupan sel pada umumnya sedangkan pada lapisan *underlay* mempunyai cakupan yang lebih kecil karena menggunakan daya transmisi yang kecil dan tinggi antena yang lebih rendah. Faktor *reuse* pada lapisan *overlay* lebih besar bila dibandingkan dengan lapisan *underlay*.



Gambar 2. Teknik *reuse* partisi.

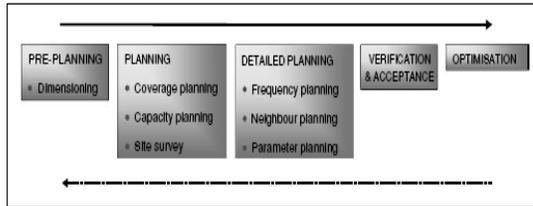
Cell Splitting

Cell Splitting merupakan proses membagi sel makro menjadi sel-sel yang lebih kecil. *Cell Splitting* dilakukan ketika distribusi trafik lebih terpusat pada suatu area dan jarak antar sel makro normalnya tidak dapat menangani trafik yang ada. Telah diketahui bahwa ukuran sel yang semakin kecil akan meningkatkan kapasitas trafik, karena dengan semakin kecilnya cakupan sel maka akan menambah jumlah *site*. Hal ini disebabkan dengan menambah jumlah *site* akan meningkatkan jumlah *cluster* pada area cakupan yang sama. Meningkatnya jumlah *cluster* akan meningkatkan jumlah kanal yang berarti meningkatkan kapasitas trafik.



Gambar 3. Teknik *cell splitting*.

Proses Perencanaan Jaringan Radio GSM



Gambar 4. Diagram proses perencanaan jaringan radio GSM.

Preplanning

Masukan pada tahap *preplanning* adalah kriteria rencana jaringan yang merupakan prioritas dalam parameter-parameter jaringan yang berasal dari pelanggan. Kriteria rencana jaringan digunakan sebagai masukan dalam *dimensioning* jaringan. Beberapa masukan dasar dalam *dimensioning* antara, kebutuhan cakupan, level sinyal *outdoor*, dan *indoor*, kebutuhan kualitas, GOS, spektrum frekuensi, jumlah kanal, informasi tentang kemungkinan akan kebutuhan *guard bands*, informasi tentang *subscriber*, jumlah *user* dan pertumbuhannya, *Traffic* tiap *user*, layanan.

Planning

Tahapan *planning* mengambil masukan dari proses *dimensioning*, dan mempunyai keluaran berupa *nominal planning* yang terdiri dari perencanaan cakupan jaringan dan perencanaan kapasitas. *Nominal plan* tidak memberikan informasi lokasi *site* yang pasti tetapi memberikan ide awal tentang lokasi dan jarak antara *site*.

Target dari subtahapan perencanaan cakupan adalah untuk mencari lokasi yang optimal untuk membangun BS yang memberikan cakupan yang berkelanjutan. Perencanaan cakupan dapat dilakukan dengan menggunakan peta digital (informasi topografi dan morfologi) dan model propagasi. Subtahapan perencanaan kapasitas dapat dialokasikan setelah informasi

final rencana cakupan, dan kepadatan *user* didapatkan.

Keluaran dari tahapan *planning* merupakan final dan terlengkap dari perencanaan cakupan dan kapasitas. Lokasi *site* yang pasti juga sudah dibuat dalam tahap ini.

Keperluan Cakupan

Analisis Link budget

Link budget merupakan perhitungan anggaran daya baik uplink maupun downlink. Tujuan dari *link budget* adalah untuk menghitung nilai redaman lintasan maksimum yang masih bisa ditolerir atau MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) dalam propagasi gelombang radio GSM yang ditandai dengan kuat sinyal MS dengan kualitas yang cukup untuk melakukan komunikasi. Dalam perencanaannya sel diusahakan untuk selalu seimbang antara daya yang dipancarkan untuk *uplink* (MS ke BS) dan *downlink* (BS ke MS) agar interferensi yang terjadi minimal.

$$MAPL_{UL} = (P_{outMS} - L_{body}) - (BTS_{sens} + SFM + IM + LFK_{onBTS} - G_{ABTS} - G_{dBTS} - G_{lnaBTS}) \dots \dots \dots (1)$$

$$MAPL_{DL} = (P_{outBTS} - LFK_{onBTS} - L_{IsoKomFil}_{BTS} + G_{AmpBTS} + G_{ABTS}) - (MS_{sens} + SFM + IM + Body) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan

P_{outMS} , P_{outBTS} = daya pancar MS dan BTS (dBm), MS_{sens} , BTS_{sens} = sensitivitas MS dan BTS (dBm), SFM = cadangan fading lambat (dB), IM = cadangan penurunan interferensi (dB), LFK_{onBTS} = rugi Kabel dan Konektor (dB), G_{ABTS} = penguatan antena BTS (dBi), G_{dBTS} = penguatan diversitas (dB), G_{lnaBTS} = penguatan LNA (dB), G_{AmpBTS} = penguatan amplifier (dB), L_{body} = rugi badan (dB)

Model Propagasi Outdoor Okumura Hatta

Model Okumura-Hatta adalah model propagasi yang paling dikenal dan sesuai untuk memprediksi median pelemahan sinyal radio untuk lingkungan makrosel. Model Okumura-Hatta merupakan model empiris, yang mana ini berarti model yang didasarkan pada pengukuran dilapangan. Berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung jari-jari sel:

Daerah Urban

$$d - 10 \frac{(MAPL - 66.5 - 26.1 \log f + 15.2 \log h_{BTS} + 44(h_{MS}))}{44.6 - 6.75 \log f_{BTS}} \dots \dots \dots (3)$$

Daerah Suburban

$$d = 10^{\frac{(MAPL - 69.55 - 26.16 \log f + 42.55 \log h_{BTS} + f)}{44.7 - 6.55 \log h_{BTS}}} \dots\dots(4)$$

dengan

$$P = a(h_{MS}) + 2(\log f / 10)^2 + 5.4 \dots\dots\dots(5)$$

Daerah Rural

$$d = 10^{\frac{(MAPL - 69.55 - 26.16 \log f + 42.55 \log h_{BTS} + Q)}{44.7 - 6.55 \log h_{BTS}}} \dots\dots(6)$$

dengan

$$Q = a(h_{MS}) + 4.78(\log f)^2 - 18.33 \log f + 35.94 \dots\dots(7)$$

$a(h_{MS})$ adalah faktor koreksi antena *mobile* yang nilainya untuk kota kecil dan menengah sebagai berikut:

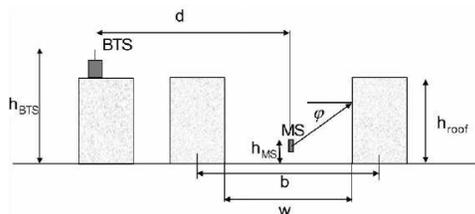
$$a(h_{MS}) = (1,1 \log(f) - 0,7)h_{MS} - (1,56 \log(f) - 0,8) \text{ dB} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

MAPL = *Maximal Allowable Path Loss* (dB), d = Jari-jari sel (km), h_{BTS} = Tinggi efektif antena BTS (m), h_{MS} = Tinggi efektif antena MS (m).

Model Propagasi Outdoor Walfish-Ikegami

Model Walfish-Ikegami adalah model propagasi empiris yang dapat digunakan baik untuk makrosel maupun mikrosel. Parameter-parameter yang berhubungan dengan model walfish-ikegami dapat diilustrasikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. Model Walfish-Ikegami.

$$d = \log^{-1} \left(\frac{MAPL - L_0' - L_{msd} - a(h)}{3.5} \right) \dots\dots\dots(9)$$

dengan

$$L_0' = 32.4 + 20 \log_{10} f \dots\dots\dots(10)$$

$$L_{msd} = -18 \log_{10}(1 + h_{BTS} - h_{MS}) + 54 + k_f \log_{10} f - 9 \log_{10} b \dots\dots\dots(11)$$

$$a(h) = - \{ (1,1 \log(f) - 0,7) h_{MS} - (1,56 \log(f) - A) + 20 \log(h_{roof} - h_{MS}) - 20 \log(h_{roof} - 3,5) \} \dots\dots(12)$$

Dengan

$$A = 1,56 \log_{10}(f) - 3,5(1,1 \log_{10}(f) - 0,7) \dots\dots(13)$$

dengan b = Jarak antar bangunan (m), w = Lebar jalan (m), ϕ = Sudut orientasi jalan (deg), h_{roof} = tinggi rata-rata bangunan (m).

Nominal Site Berdasarkan Keperluan Cakupan

Perhitungan jumlah *site* berdasarkan kepentingan cakupan merupakan lanjutan dari perhitungan jari-jari sel dari *link budget* dengan menggunakan model propagasi Okumura-Hatta dan Walfish-Ikegami. Jumlah *site* yang didapatkan berasal dari perhitungan jari-jari sel dari *link budget* tanpa memperhatikan alokasi trafik tiap *site*. Formula untuk menghitung jumlah *site* berdasarkan keperluan *site* dapat dirumuskan dengan persamaan berikut.

$$\text{luas area site} = \pi \times \text{jari - jari sel makro}^2 \dots\dots(14)$$

$$\text{jumlah site} = \frac{\text{luas total cakupan area}}{\text{luas area site}} \dots\dots\dots(15)$$

Perencanaan Kapasitas

Perencanaan kapasitas sangat berhubungan dengan perencanaan cakupan. Perencanaan cakupan memberikan informasi mengenai berapa *site* yang dibutuhkan untuk mencakup suatu area dan bersama-sama dengan perencanaan kapasitas mendefinisikan jumlah maksimum *transceiver* di tiap *sitenya*. Ukuran sel yang akan dirancang harus mampu melayani sejumlah *user* yang diprediksi pada suatu daerah.

$$A_{tot} = \text{Jumlah user} \times \text{Trafik rata-rata per user} \dots\dots(16)$$

$$\text{Trafik rata-rata per user} = \frac{n \times T}{3600} \text{ erlang} \dots\dots\dots(17)$$

dengan

n = jumlah panggilan per jam, T = *holding time* (detik)

$$\text{Perkiraan jumlah user/site} = \frac{\text{Total Trafik/site}}{\text{Trafik/user}} \dots\dots(18)$$

$$\text{Jumlah site} = \frac{\text{jumlah user}}{\text{perkiraan jumlah user per site}} \dots\dots\dots(19)$$

Dengan mengasumsikan bentuk sel adalah lingkaran maka dapat diketahui luas dan radius sebuah sel menggunakan persamaan.

$$\text{Luas area sel} = \frac{\text{Luas total cakupan area}}{\text{jumlah site}} \dots\dots\dots(20)$$

$$\text{Jari - jari sel} = \sqrt{\frac{\text{Luas area sel}}{\pi}} \dots\dots\dots(21)$$

PERANCANGAN SIMULASI

Perancangan simulasi perencanaan ulang *site outdoor coverage system* jaringan radio GSM

900 dan 1800 di Semarang dibagi menjadi 3 bagian utama.

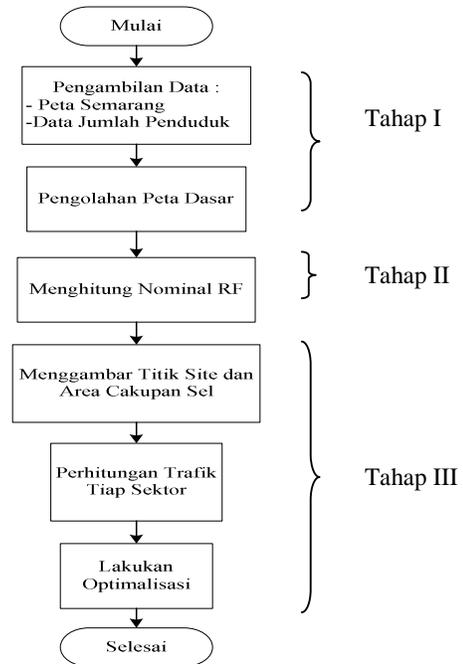
Tahap pertama merupakan pengumpulan data jumlah penduduk Kota Semarang tahun 2003 dan 2005 dari BPS dan peta digital Kota Semarang dari Bappeda, untuk kemudian diolah hingga diperoleh estimasi jumlah penduduk Kota Semarang tahun 2014 dan pembagian tipe area untuk setiap kelurahan. Tahap kedua merupakan analisis nominal RF Planning yang terdiri dari analisis berdasarkan keperluan cakupan dan keperluan trafik. Analisis keperluan cakupan sendiri bertujuan untuk memperoleh nominal RF planning berdasarkan perhitungan anggaran daya (link budget) menggunakan parameter yang mengacu pada standar ETSI 03.30 dan 05.05 serta perhitungan jari-jari sel makro menggunakan model propagasi outdoor Okumura-Hatta dan jari-jari sel mikro menggunakan model propagasi outdoor Walfish-Ikegami.

Analisis keperluan trafik mempunyai tujuan yang sama dengan analisis keperluan cakupan akan tetapi perhitungannya didasarkan pada kebutuhan trafik dan kapasitas site. Kedua hasil analisis tersebut kemudian dibandingkan dan hasil nominal RF planning yang terbanyak dipilih sebagai dasar perhitungan selanjutnya hingga diperoleh suatu rekomendasi perancangan jaringan radio di Semarang. Tahap ketiga merupakan analisis peletakan site partisi reuse tersektorisasi *dual band* frekuensi dan optimalisasi menggunakan teknik *cell splitting*. Bagian-bagian tersebut dapat dilihat pada gambar 6.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Area Perancangan

Area perancangan pada analisis makalah ini adalah kota Semarang dengan luas wilayah 373,67 Km², terdiri dari 16 kecamatan dan 177 kelurahan. Kecamatan yang paling luas wilayahnya adalah Kecamatan Mijen sedangkan kecamatan terkecilnya adalah Kecamatan Semarang Tengah. Tahun 2008, kepadatan penduduk bersih terkecil berada di Kelurahan Terboyo Wetan, Kecamatan Genuk yaitu 5172 orang tiap km² area terbangun, sedangkan kepadatan penduduk bersih terbesar berada di Kelurahan Puduk Payung, Kecamatan Banyumanik dengan kepadatan 92662 orang tiap km² area terbangun.



Gambar 6. Diagram alir perancangan simulasi.

Analisis tipe area

Analisis pada tahap ini bertujuan untuk membagi area perancangan yaitu kota Semarang menjadi 3 kategori tipe area, urban, suburban, atau rural. Analisis penentuan tipe area kota Semarang menghasilkan data sebagai berikut, tipe area urban terdiri dari 9 kelurahan dengan luas area 4,796674 Km² dengan jumlah penduduk 48605 orang, tipe area suburban terdiri dari 75 kelurahan dengan luas area 72,418169 Km² dengan jumlah penduduk 822755 orang, tipe area rural terdiri dari 90 kelurahan dengan luas area 307,971719 Km² dengan jumlah penduduk 822985 orang.

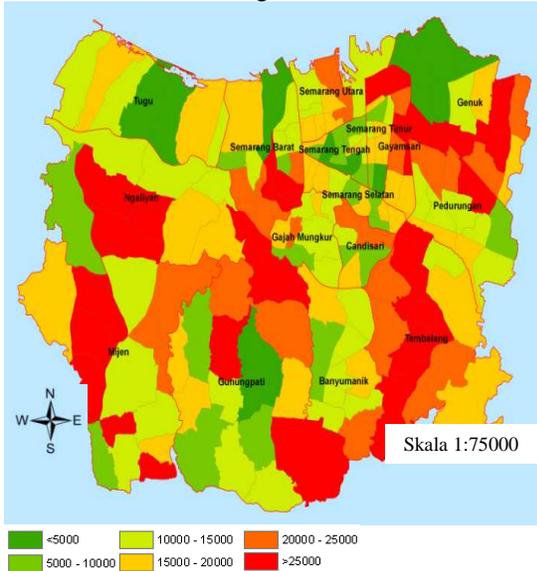
Analisis Estimasi Jumlah Pelanggan 2014

Untuk mendapatkan estimasi jumlah pelanggan tahun 2014, maka hal pertama yang dilakukan adalah memperkirakan jumlah penduduk kota Semarang tahun 2014 menggunakan persamaan 2.44. Data yang digunakan untuk memperkirakan jumlah penduduk tahun 2014 adalah data jumlah penduduk tiap kelurahan tahun 2003 dan 2008. Jumlah pelanggan tiap kelurahan didapatkan dengan mengalikan nilai *teledensity* dengan jumlah penduduk tahun 2014.

$$P_t = P_0 (1+r)^t \dots\dots\dots(22)$$

P_0 adalah jumlah penduduk awal, P_t adalah jumlah penduduk t tahun kemudian, r adalah tingkat pertumbuhan penduduk, t adalah jumlah tahun dari 0 ke t .

Dengan membagi jumlah pelanggan tahun 2014 dengan luas area terbangun di tiap kelurahan maka diperoleh kepadatan pelanggan bersih tahun 2014 sebagai berikut:



Gambar 7. Kepadatan pelanggan bersih kota Semarang tahun 2014.

Analisis Nominal RF Planning

Tahap kedua ini merupakan tahap pembuatan program hitung yang dapat menghasilkan *nominal RF planning* yang digunakan sebagai rekomendasi pada tahap yang terakhir.

Keperluan Cakupan Analisis Link budget

Konfigurasi yang digunakan dalam perancangan jaringan radio GSM di Semarang diperlihatkan pada tabel 2.

Berdasarkan tabel 3 terlihat bahwa konfigurasi yang bertujuan untuk optimasi cakupan memiliki MAPL yang lebih besar bila dibandingkan dengan MAPL dari konfigurasi yang bertujuan untuk optimalisasi kapasitas.

Analisis Jari-Jari Sel

Sistem yang digunakan pada analisis perancangan jaringan radio GSM pada makalah ini menggunakan sistem partisi *reuse* tersektorisasi yang terdiri dari lapisan *overlay* dan *underlay* dengan tujuan meningkatkan

kapasitas dan mengefisienkan jumlah *site*. Model propagasi *outdoor* Okumura-Hatta digunakan untuk menganalisis jari-jari sel pada lapisan *overlay* (sel makro), sedangkan propagasi *outdoor* Walfish-Ikegami digunakan dalam menganalisis jari-jari pada lapisan *underlay* (sel mikro).

Tabel 2. Konfigurasi perancangan jaringan radio berdasarkan tipe area.

	Urban	Suburban	Rural
Base Station			
• Daya Pancar BTS (dBm)			
- GSM 900	39 dBm	39 dBm	40 dBm
- DCS 1800	41 dBm	41 dBm	43 dBm
• Penguatan antena BTS			
- GSM 900	12 dBi	12 dBi	16 dBi
- DCS 1800	18 dBi	18 dBi	18 dBi
• Tinggi antena BTS			
- GSM 900	42 m	55 m	70 m
- DCS 1800	30 m	30 m	50 m
• Rugi-rugi kabel dan konektor			
- GSM 900	2,5 dB	3 dB	4 dB
- DCS 1800	2 dB	2 dB	3 dB
• Rugi-rugi isolator + kombiner + filter			
- GSM 900	3 dB	3 dB	3 dB
- DCS 1800	3 dB	3 dB	3 dB
• Penguatan diversity			
- GSM 900	-	-	5 dB
- DCS 1800	5 dB	5 dB	5 dB
• Penguatan LNA			
- GSM 900	-	-	-
- DCS 1800	-	-	5 dB
• Power amplifier			
- GSM 900	-	-	4 dB
- DCS 1800	-	-	4 dB
• Sensitivitas BTS			
- GSM 900	-104 dBm	-104 dBm	-104 dBm
- DCS 1800	-104 dBm	-104 dBm	-104 dBm
Mobile Station			
• Tinggi antena MS	1,5 m	1,5 m	1,5 m
• Daya Pancar			
- GSM 900	33 dBm	33 dBm	33 dBm
- DCS 1800	30 dBm	30 dBm	30 dBm
• Sensitivitas MS			
- GSM 900	-102 dBm	-102 dBm	-102 dBm
- DCS 1800	-102 dBm	-102 dBm	-102 dBm

Tabel 3. Hasil perhitungan MAPL untuk masing-masing tipe area.

Tipe Area	MAPL GSM 900 (dB)		MAPL DCS 1800 (dB)	
	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Urban	135,5	136,5	144	145
Suburban	134	135	143	144
Rural	142	143	148	149

Tabel 4 Hasil perhitungan jari-jari sel makro GSM900 untuk masing-masing tipe area.

Tipe Area	Parameter Masukan				Jari-Jari Sel Makro
	MAPL	Tinggi Antena BTS	Tinggi Antena MS	Frek	
Urban	135,5	42	1,5	899,8	2,1109
Suburb	134	55	1,5	899,8	4,2875
Rural	142	70	1,5	899,8	22,2157

Tabel 5 Hasil perhitungan jari-jari sel mikro DCS1800 untuk masing-masing tipe area.

Tipe Area	Parameter Masukan								Jari-jari sel mikro (Km)
	MAPL (dB)	h_{BTS} (m)	h_{MS} (m)	f (MHz)	h_{roof} (m)	b (m)	w (m)	ϕ (deg)	
Urban	144	30	1,5	1764,8	50	60	20	90	1,3048
Suburban	143	30	1,5	1764,8	15	65	20	90	2,6111
Rural	148	50	1,5	1764,8	10	90	30	90	7,33

Dari tabel 4 dan 5 diperoleh bahwa dengan semakin besar nilai MAPL dan semakin tinggi antena BTS maka semakin besar nilai jari-jari sel makro. Hal ini sesuai dengan persamaan 3,4,5,7 yang menyatakan bahwa jari-jari sel makro sebanding dengan nilai MAPL dan tinggi efektif antena BTS.

Tabel 6. Hasil perhitungan nominal site keperluan cakupan untuk masing-masing tipe area.

Tipe Area	Luas Area (Km ²)	Jari-jari sel makro (Km)	Jari-jari sel mikro (Km)	Jumlah site
Urban	4.7966	2,1109	1,3048	1
Suburban	72.4181	4,2875	2,6111	2
Rural	307.971	22,2157	7,33	1

Dari tabel 6 terlihat bahwa hanya 4 buah *site* yang dibutuhkan untuk mencakup kota Semarang jika hanya melihat dari keperluan cakupan saja. Hal ini disebabkan karena nilai jari-jari sel yang sangat besar sehingga menghasilkan area cakupan yang luas. Akan tetapi hal ini tidak mungkin dapat direalisasikan karena ada pembatas lain yang juga harus dipertimbangkan yaitu kapasitas.

Analisis Keperluan Trafik

Tabel 7 menampilkan hasil perhitungan nominal *site* berdasarkan keperluan trafik sistem partisi *reuse* untuk ke-3 tipe area menggunakan persamaan 14 s.d. 19.

Tabel 7. Hasil perhitungan nominal site keperluan trafik sistem partisi reuse.

Tipe Area	Luas Area (Km)	Jumlah Pengguna	Kap. Trafik/Site (E)	Jumlah Site	Jari-jari sel (Km)	
					O	U
U	4.796	14582	272.058	2	0.874	0.7602
Sub	72.418	246827	272.058	23	1.001	0.871
R	307.97	246896	272.058	23	2.065	1.7961

Keterangan : O= Lapisan *Overlay* (sel makro), U= Lapisan *Underlay* (sel mikro)

Analisis Perbandingan dan Rekomendasi Perancangan

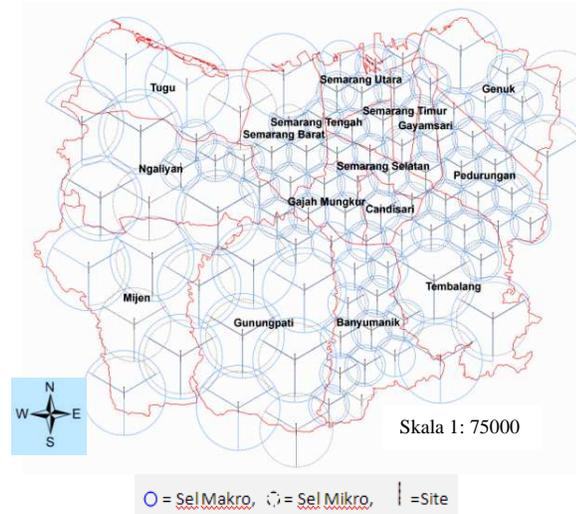
Dari hasil perbandingan diperoleh rekomendasi nominal *RF planning* perancangan jaringan radio GSM kota Semarang antara lain pada tipe area urban dibutuhkan 2 buah *site* dengan jari-jari sel makro sebesar 0,87374 Km, sel mikro sebesar 0,76015 Km, dan jarak antar *site* sebesar 1,51335 Km, pada tipe area suburban dibutuhkan 23 buah *site* dengan jari-jari sel makro sebesar 1,00112 Km, sel mikro sebesar 0,87097 Km, dan jarak antar *site* sebesar 1,73399 Km, pada tipe area rural dibutuhkan 23 buah *site* dengan jari-jari sel makro sebesar 2,06451 Km, sel mikro sebesar 1,79612 Km, dan jarak antar *site* sebesar 3.57583 Km.

Analisis Peletakan Site dan Optimalisasi

Tahap III merupakan tahap terakhir dari semua proses perencanaan ulang *site outdoor coverage system* jaringan radio GSM 900 dan 1800 di Semarang. Pada tahap ini semua hasil analisis pada tahap I dan II digunakan untuk menentukan lokasi *site* yang paling optimal. Penentuan lokasi tersebut dibagi menjadi beberapa subproses antara lain.

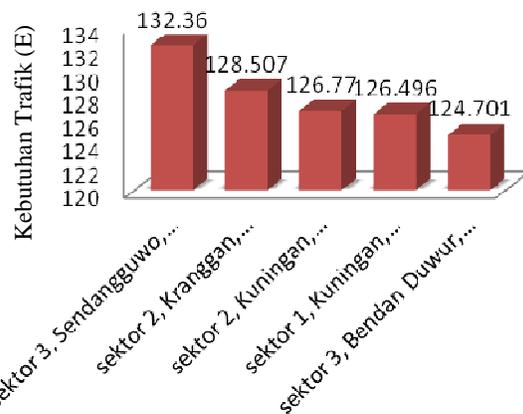
- 1) Penentuan lokasi *site* dengan memperhatikan beberapa aspek antara lain: ditempatkan di area pusat trafik yang ditandai dengan area terbangun yang padat pada peta, dekat dengan akses jalan, jika berada dilokasi perbukitan maka cari area yang landai

- dengan melihat kontur pada peta, memperhatikan jarak antar *site*.
- 2) Menggambar area cakupan sel dengan berpegang pada tujuan untuk membuat suatu area cakupan yang berkelanjutan tanpa adanya *blankspot*.
 - 3) Analisis trafik tiap area sel dan lihat kapasitas *site*, jika terjadi ketimpangan maka lakukan optimalisasi.
 - 4) Optimalisasi yang dilakukan adalah alokasi ulang TRX tiap sel sektor berdasarkan kelompok *cluster* dengan melihat kebutuhan trafik tiap sel, melihat area cakupan *site* dan kepadatan trafik apakah hanya membutuhkan *site* dengan sistem GSM900 saja, atau DCS1800 saja, atau menggunakan sistem partisi *reuse*, jika terjadi pembebanan trafik yang berlebih disuatu area sel maka cakupan suatu *site* tersebut displit menjadi 2 atau lebih *site* yang akan mencakup area tersebut.



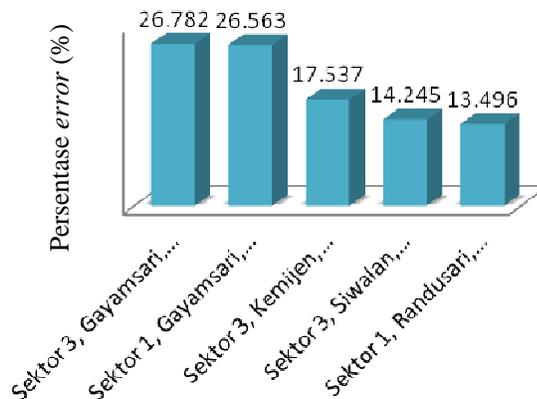
Gambar 8. Hasil rancangan ulang *site* jaringan radio GSM di kota Semarang.

Hasil rancangan jaringan radio yang didapatkan tidak sesuai dengan rekomendasi yang diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan program hitung. Jika didalam perhitungan menggunakan program diperoleh rekomendasi 48 *site* akan tetapi setelah melakukan perancangan kedalam peta diperoleh 91 *site* dengan 250 sel sektor GSM dan 230 sel sektor DCS. Hal ini disebabkan karena ada beberapa kelurahan yang jika ditinjau dari ciri-ciri daerahnya termasuk tipe area rural akan tetapi mempunyai kebutuhan trafik yang sangat tinggi sehingga *site* dengan cakupan area rural tidak dapat menangani kebutuhan trafik tersebut. Cara yang kemudian digunakan untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan membagi area sel tersebut menjadi beberapa *site-site* kecil sehingga didapatkan kapasitas yang memadai.

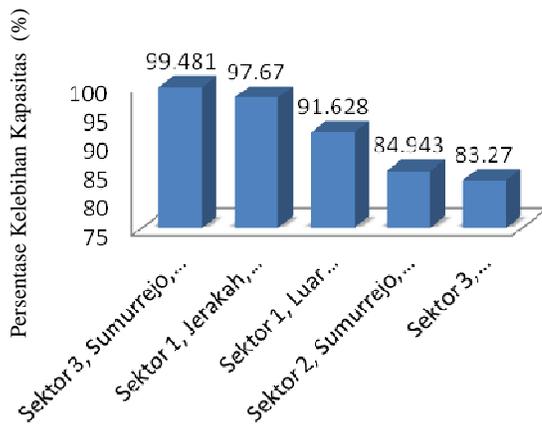


Gambar 9. Histogram kebutuhan trafik tertinggi pada sel mikro.

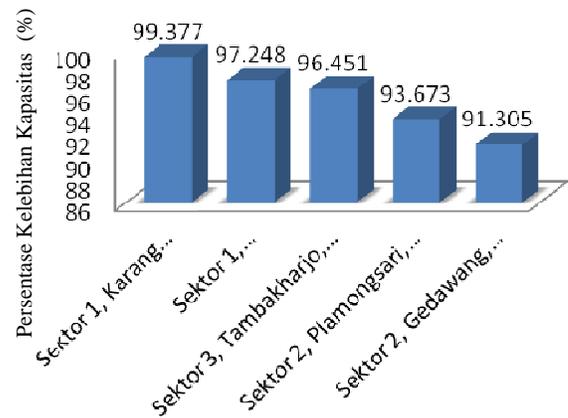
Dari hasil analisis dapat diperoleh 5 sel sektor yang memiliki kebutuhan trafik tertinggi, 5 sel sektor yang memiliki *error* (alokasi TRX suatu sel tidak dapat menangani kebutuhan trafik area cakupannya) tertinggi, 5 sel sektor yang memiliki persentase kelebihan kapasitas tertinggi untuk sel makro dan sel mikro. Parameter-parameter tersebut dapat dilihat pada histogram yang tertampil pada gambar 9 s.d. 14.



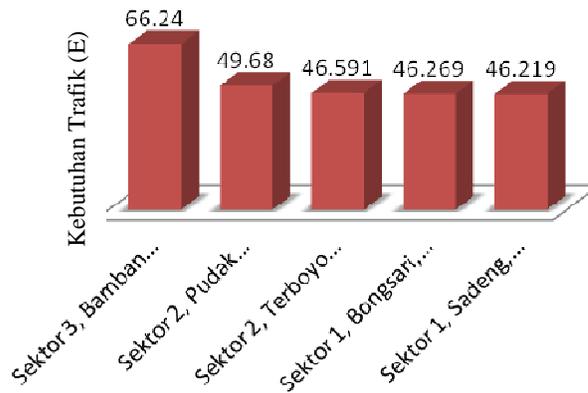
Gambar 10. Histogram *error* tertinggi sel mikro.



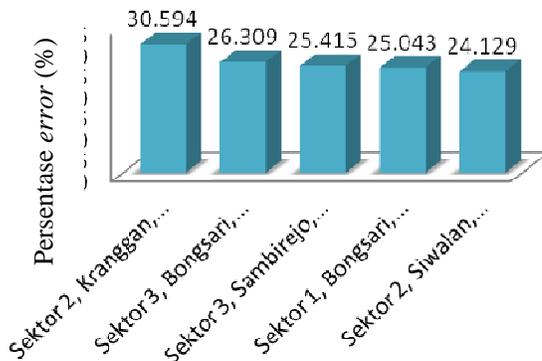
Gambar 11. Histogram persentase kelebihan kapasitas sel mikro.



Gambar 14. Hisogram persentase kelebihan kapasitas sel makro.



Gambar 12. Histogram kebutuhan trafik tertinggi sel makro.



Gambar 13. Histogram error tertinggi sel makro.

PENUTUP

Perencanaan ulang *site Global System for Mobile Communication (GSM) 900 dan 1800* kota Semarang dengan luas wilayah 373,67 Km² terbagi menjadi, tipe area urban terdiri dari 9 kelurahan dengan luas area 4,796674 Km² dengan jumlah penduduk 48605 orang, tipe area suburban terdiri dari 75 kelurahan dengan luas area 72,418169 Km² dengan jumlah penduduk 822755 orang, tipe area rural terdiri dari 90 kelurahan dengan luas area 307,971719 Km² dengan jumlah penduduk 822985 orang.

Rekomendasi perencanaan ulang *site jaringan radio Global System for Mobile Communication (GSM) 900 dan 1800* di Semarang berdasarkan hasil perhitungan antara lain, pada tipe area urban dibutuhkan 2 buah *site* dengan jari-jari sel makro sebesar 0,87374 Km, sel mikro sebesar 0,76015 Km, dan jarak antar *site* sebesar 1,51335 Km, pada tipe area suburban dibutuhkan 23 buah *site* dengan jari-jari sel makro sebesar 1,00112 Km, sel mikro sebesar 0,87097 Km, dan jarak antar *site* sebesar 1,73399 Km, pada tipe area rural dibutuhkan 23 buah *site* dengan jari-jari sel makro sebesar 2,06451 Km, sel mikro sebesar 1,79612 Km, dan jarak antar *site* sebesar 3.57583Km.

Konsentrasi distribusi pelanggan terpadat terdapat di Kelurahan Sukorejo, Kecamatan Gunung Pati yaitu sebesar 83.585 pelanggan/Km² area terbangun, disusul Kelurahan Puduk Payung, Kecamatan Banyumanik sebesar 54.942 pelanggan/Km² area terbangun, dan Kelurahan Pongangan, Kecamatan Gunung Pati sebesar 38.323 pelanggan/Km² area terbangun.

Hasil perencanaan ulang jaringan radio GSM yang diperoleh 91 *site* dengan 250 sel sektor GSM dan 230 sel sektor DCS yang terdiri dari 3 *site* sistem sel makro GSM 900 (3,26%), 6 *site* sistem sel mikro DCS 1800 (6,52%), dan 83 *site* sistem partisi *reuse* (90,22%).

Kebutuhan trafik pada perencanaan ulang jaringan radio GSM mempunyai nilai tertinggi di sektor 3 Kelurahan Sendangguwo pada sel mikro yaitu sebesar 132,36 Erlang, Kecamatan Tembalang, sedang kebutuhan trafik tertinggi pada sel makro terjadi di Sektor 3 Kelurahan Baman Kerep, Kec. Ngaliyan sebesar 66,24 E.

Kesalahan (*Error*) pada perencanaan ulang jaringan radio GSM mempunyai nilai tertinggi di Sektor 3 Kelurahan Gayamsari, Kecamatan Gayamsari pada sel mikro yaitu sebesar 26,782 % sedangkan *error* tertinggi pada sel makro terjadi pada Sektor 2 Kelurahan Kranggan, Kec. Semarang Tengah yaitu sebesar 30,594%.

Kelebihan kapasitas trafik pada perencanaan ulang jaringan radio GSM mempunyai nilai persentase tertinggi di Sektor 3, Kelurahan Sumurrejo, Kecamatan Gunung Pati pada sel mikro yaitu sebesar 99,481%, sedangkan persentase kelebihan sel makro tertinggi terjadi di Sektor 1 Kelurahan Karang Anyar, Kecamatan Tugu yaitu sebesar 99,377%.

DAFTAR RUJUKAN

- Ericsson Radio System AB, *GSM Cell Planning Principles*, Desember 2009.
- ETSI, *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio network planning aspects (GSM 03.30 version 8.3.0 Release 1999)*,
http://pda.etsi.org/exchangefolder/tr_101362v080400p.pdf, Desember 2009.
- ETSI, *Digital cellular telecommunications system Radio transmission and reception (GSM 05.05 version 8.5.1 R, 99)*,
http://pda.etsi.org/exchangefolder/en_300910v080501p.pdf, Desember 2009.
- Ghassemlooy, Z., *Mobile Communication System Part2-Cellular Concept*, Oktober 2007.
- Hämäläinen, Jyri, *Cellular Network Planning and Optimization Part II: Fading*,
Communications and Networking Dept.,
www.comlab.hut.fi/studies/3275/Cellular_network_planning_and_optimization_part2.pdf
April 2009.
- Hämäläinen, Jyri, *Cellular Network Planning and Optimization Part V: GSM*,
Communications and Networking Dept.,
www.comlab.hut.fi/studies/3275/Cellular_network_planning_and_optimization_part5.pdf,
April 2009.