

Peningkatan Kapasitas Menggunakan Metoda Layering dan Peningkatan Cakupan Area Menggunakan Metoda Transmit Diversity Pada Layanan Seluler

Anita Supartono¹ , Ahmad Fajri²

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha

Jl. Prof.Drg. Suria Sumantri no 65, Bandung 40164

Email: anita_stono@yahoo.com , ahmad_fajrite@yahoo.com

Abstract

It is important to increase the capacity of cellular communication in urban area. While in rural areas, there are many places without cellular service; it is need to improve the coverage of areas. The Microcells with layering method is used to increase the capacity and a transmit diversity is need to improve the coverage area. Capacity improvement is conducted by comparing the traffic data in 2008 with the traffic trend in 2009, then calculating the number of users that needs to be accomodated by the layering method. The improvement of coverage area is conducted by predicting the original cell radius with a Okumura-Hatta propagation model from BTS data. A calculation of the probability of cell area is then conducted by using the transmit diversity method. Finally, the coverage area is recalculated after optimization.

Keywords: microcells, layering method, transmit diversity

1. Pendahuluan

Seiring dengan bertambah pesatnya pengguna layanan seluler, permintaan peningkatan kapasitas pengguna layanan seluler juga bertambah; khususnya pada area perkotaan. Sulitnya pengguna *mobile station* (MS) yang berada pada area pedalaman khususnya yang bekerja pada area perkebunan, perhutanan dan pertambangan yang terpencil untuk dapat berkomunikasi dengan baik, karena kurangnya cakupan layanan seluler pada area tersebut.

Perencanaan *coverage area* yang baik dan perhitungan kapasitas yang benar dapat meningkatkan pelayanan kepada para pengguna komunikasi seluler. Untuk itu perlu dihitung besarnya redaman yang terjadi karena jarak antara pemancar dan penerima. Didasarkan pada frekuensi kerja dan daerah urban maka untuk penghitungan redaman digunakan metoda Okumura-Hatta. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi besarnya redaman juga adanya fenomena *multipath fading*. Metoda *transmit diversity* dapat mengurangi masalah *multipath fading* sehingga *coverage area* dapat ditingkatkan. Dengan Link budget antara lain dapat ditentukan penguatan antena yang diperlukan untuk mengatasi redaman. Sedangkan untuk meningkatkan kapasitas dapat dilakukan dengan memakai jaringan berlapis, yaitu jaringan mikrosel yang dipasang pada jaringan makrosel.

2. Propagasi Gelombang Radio

2.1 Model Propagasi

Terdapat banyak model untuk memperkirakan redaman propagasi. Diantaranya adalah model propagasi *Free Space (FS)*, Okumura Hatta, COST – 231.

2.1.1 Free Space (FS)

Perambatan gelombang bebas (*free space propagation*), adalah perambatan gelombang antara dua titik tanpa hambatan.

Jika digunakan antena isotropik maka rapat daya di penerima:

$$P_r = \frac{W_t}{4\pi d^2} \left(\frac{\text{Watt}}{m^2} \right) \dots\dots\dots(1)$$

Jika digunakan antena dengan *gain* (Gt) maka rapat daya di penerima:

$$P_r = \frac{W_t}{4\pi} \cdot G_t \dots\dots\dots (2)$$

Jika di penerima digunakan antena dengan *gain* (Gr) maka daya di penerima: $W_r = P_r \times A_{er}$ (3)

A_{er} = luas tangkap efektif

Redaman antara pemancar dan penerima adalah:

$$10\log \frac{W_t}{W_r} = 10\log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \cdot \frac{1}{G_t \cdot G_r} \dots\dots\dots (4)$$

W_t = daya pancar

W_r = daya terima

λ = panjang gelombang

G_t = penguatan antena pemancar

G_r = penguatan antena penerima

d = jarak antara pemancar – penerima

2.1.2 Model Propagasi Okumura Hatta

Model propagasi Hatta digunakan untuk memperkirakan rugi-rugi lintasan yang sesuai digunakan pada frekuensi kerja 150 MHz sampai 1500 MHz dan diterapkan pada daerah padat penduduk dan perkotaan (*urban*). Perumusan untuk rugi-rugi lintasan pada daerah *urban* ditunjukkan sebagai berikut :

$$L_{urban} [dB] = 69,55 + 26,16 \log f_c - 1,382 \log h_{BS} - a(h_{MS}) + (44,9 - 6,55 \log h_{BS}) \log d \dots (5)$$

f_c = frekuensi dari 150 MHz sampai 1500 MHz.

h_{BS} = tinggi efektif antena pemancar BS berkisar antara 30 m sampai 200 m.

h_{MS} = tinggi efektif antena penerima MS berkisar antara 1 m sampai 10 m

d = jarak antara BS dan MS [Km].

$a(h_{MS})$ = merupakan faktor koreksi untuk tinggi efektif antena MS.

Untuk daerah perkotaan yang luas wilayahnya dari kecil ke menengah, faktor koreksi tinggi antena efektif MS sebagai berikut :

$$a(h_{MS})[\text{dB}] = 8,29(\log 1,54 h_{MS})^2 - 1,1 \text{ untuk } f_c \leq 300 \text{ MHz} \dots\dots\dots (6)$$

Untuk daerah perkotaan yang wilayahnya luas, persamaannya sebagai berikut :

$$a(h_{MS})[\text{dB}] = 3,2(\log 11,75 h_{MS})^2 - 4,97 \text{ untuk } f_c \geq 300 \text{ MHz} \dots\dots\dots(7)$$

Untuk memperoleh rugi-rugi lintasan pada daerah *suburban*, standar perumusan Hatta dimodifikasi menjadi :

$$L_{\text{suburban}}[\text{dB}] = L_{\text{urban}} - 2 \left(\log \left(\frac{f_c}{28} \right)^2 \right) - 5,4 \dots\dots\dots (8)$$

Dan untuk rugi-rugi lintasan di daerah *rural* terbuka, perumusannya dimodifikasi menjadi:

$$L_{\text{rural}}[\text{dB}] = L_{\text{urban}} - 4,78(\log f_c)^2 - 18,33 \log f_c - 40,98 \dots\dots\dots (9)$$

2.1.3 Model Propagasi COST – 231

European Co-operative for Scientific and Technical reseach (EURO-COST) merumuskan COST–231 sebagai pengembangan perumusan rugi-rugi lintasan Hatta, yang mempunyai frekuensi kerja sampai 2 GHz.

Model persamaan rugi-rugi lintasan COST-231 sebagai berikut :

$$L_{\text{urban}}[\text{dB}] = 46,3 + 33,9 \log f_c - 13,82 \log h_{BS} - a(h_{MS}) + (44,9 - 6,55 \log h_{BS}) \log d + C_M \dots\dots\dots(10)$$

dengan :

$a(h_{MS})$ = telah terdefinisi dalam persamaan sebelumnya

$C_M = 0$ dB untuk urban area dan suburban area

$C_M = 3$ dB untuk density urban area

COST–231 yang merupakan pengembangan dari model Hatta, dibatasi oleh parameter berikut :

f_c = 1500 MHz sampai 2000 MHz

h_{BS} = 30 m sampai 200 m

h_{MS} = 1 m sampai 10 m

d = 1 km sampai 20 km

2.2 Perhitungan *link budget* :

- EIRP_{ms}

$$\text{EIRP}_{\text{ms}} [\text{dBm}] = P_{\text{tx-ms}} [\text{dBm}] + G_{\text{ms}} [\text{dBi}] - L_f [\text{dB}] \quad \dots\dots\dots(11)$$

dengan :

EIRP = *Effektif Isotropik Radiasi Power*
P_{tx-ms} = daya transmisi dari MS
G_{ms} = *gain* MS yang merupakan *gain* maksimum antena pemancar. *Gain* antena MS biasanya 0 dBi
L_f = rugi-rugi *feeder* dalam dB
l_{top jumper} = panjang *top jumper*
L_{top jumper} = *loss top jumper*
l_{line utama} = panjang *line* utama
l_{bottom jumper} = panjang *bottom jumper*
L_{bottom jumper} = *loss bottom jumper*

Redaman terdiri dari *noise, fading, interferensi* yang masing-masing sudah ada ketentuan nilai-nilai nya. Satuan dalam dB

- Radius Sel
Untuk propagasi Okumura-Hatta

$$\text{Log } d = \{ L_f - [69,55 + 26,16 \log f_c - 13,82 \log h_{\text{bs}} - a (h_{\text{ms}})] \} / \{ 44,9 - 6,55 \log h_{\text{bs}} \} \quad \dots\dots\dots (12)$$
Untuk propagasi COST – 231

$$\text{Log } d = \{ L_f - [46,3 + 33,9 \log f_c - 13,82 \log h_{\text{bs}} - a (h_{\text{ms}})] - C_m \} / \{ 44,9 - 6,55 \log h_{\text{bs}} \} \quad \dots\dots\dots (13)$$

2.3 Perhitungan Luas Cakupan

Perhitungan luas cakupan diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Luas Heksagonal} = 2,6 (d \times d) \quad (10)$$

d = radius sel (Km)

3. Diversity

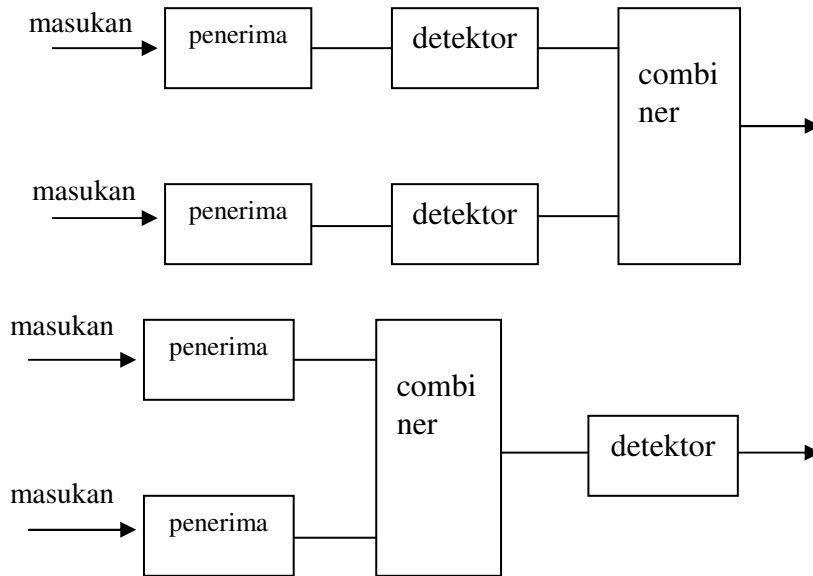
Gelombang radio yang diterima oleh penerima seringkali berfluktuasi setelah gelombang tersebut melintasi lintasan panjang. Gangguan yang dirasakan di penerima, berupa naik turunnya level penerimaan disebut *fading*. Ada beberapa cara yang dilakukan dalam mengurangi pengaruh *fading* ini, misalnya dengan memperbesar daya pancar, mengganti antena dengan *gain* yang lebih besar, meninggikan antena, mengurangi faktor derau penerima, dan sebagainya.

Tetapi cara yang paling efektif untuk mengurangi atau menghilangkan pengaruh *fading* adalah dengan cara *diversity*. Teknik *diversity* adalah cara untuk mendapatkan level sinyal yang tetap walaupun terjadi *fading*.

Hal ini bisa diperoleh, sebagai berikut :

1. Sinyal dari suatu sumber tidak mengalami *fading* simultan pada tempat penerima yang berjarak cukup jauh (*Diversity* ruang)
2. Sinyal-sinyal pada frekuensi yang berlainan tidak mengalami *fading* yang simultan. (*Diversity* frekuensi)
3. Sinyal yang datang dari satu sumber dengan sudut yang berlainan tidak mengalami *fading* yang simultan. (*Diversity* sudut)
4. Sinyal yang datang dengan polarisasi yang berbeda, tidak mengalami *fading* yang simultan. (*Diversity* polarisasi)
5. Sinyal yang datang dari satu sumber jika diterima pada “slot” waktu yang berbeda, tidak mengalami *fading* yang sama. (*Diversity* waktu)

Dengan menggunakan teknik *diversity*, diperoleh beberapa sinyal dengan amplitudo dan fasa yang berbeda. Sinyal-sinyal ini dapat digabungkan/dipilih setelah detektor (pre-detektor) atau sebelum detektor (*post detektor*). Pada penggabungan sebelum detektor, perbedaan fasa dari sinyal-sinyal yang diterima cukup besar pengaruhnya untuk saling menghilangkan (*Out of phase*). Pada penggabungan setelah detektor, perbedaan fasa sinyal-sinyal yang diterima kecil pengaruhnya.

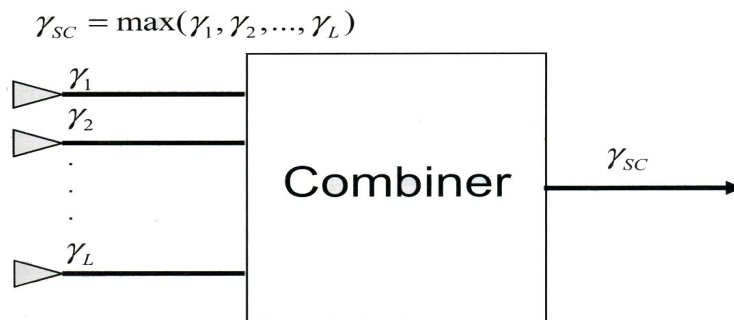


Gambar 1.Penggabungan setelah detektor dan sebelum detektor ^[4]

Cara penggabungan/pemilihan sinyal-sinyal hasil penerimaan *diversity* terdiri dari :

1. *Selection Combining* (SC)

SC merupakan teknik *diversity* yang paling sederhana dan sering digunakan. Dengan menggunakan beberapa cabang antenna, setiap cabang antenna akan menerima sinyal yang telah mengalami *fading*, di sisi *combiner* akan dipilih cabang antenna yang memiliki *SNR* yang tertinggi. Blok diagram SC untuk L cabang antenna dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram SC^[5]

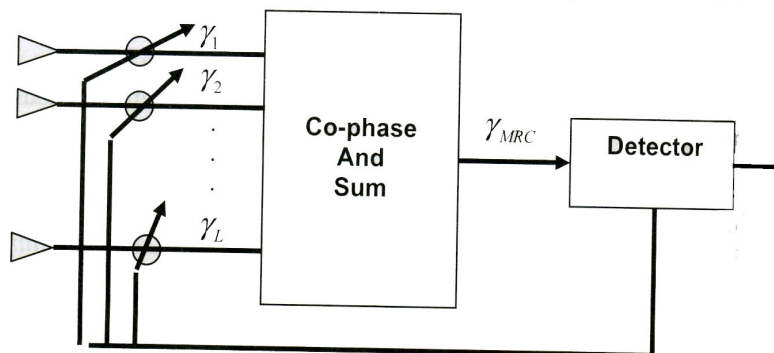
2. *Equal Gain Combining (EGC)*

Pada EGC pembobotan setiap sinyal pada setiap cabang adalah sama. Sinyal-sinyal yang keluar dari cabang antena akan disamakan fasanya terlebih dahulu kemudian akan diberikan bobot nilai (SNR) yang sama, lalu dijumlahkan.

3. *Maximal Ratio Combining (MRC)*

Pada MRC seluruh sinyal keluaran cabang antena pada *combiner* akan disamakan fasanya terlebih dahulu, kemudian diberikan bobot sesuai dengan nilai SNR maksimum dari sinyal-sinyal tersebut, lalu seluruh sinyal tersebut dijumlahkan untuk mendapatkan SNR yang jauh lebih baik.

Blok diagram MRC untuk L cabang



Gambar 3. Blok diagram MRC^[5]

3.1 Receive Diversity

Pada dasarnya *receive diversity* digunakan untuk meningkatkan jumlah sinyal yang diterima, antara sinyal yang satu dengan yang lainnya tidak saling berkorelasi. Pada penerima biasanya terdapat pengatur penguatan otomatis (*Automatic Gain Control*) yang membantu untuk mengurangi pengaruh *fading* dengan mengatur penguatan sinyal, sehingga variasi sinyal akibat *fading* dapat diratakan, tetapi tidak memperbaiki S/N, karena sinyal dan derau mengalami penguatan yang sama.

Pada saat terjadi *fading*, sinyal yang diterima turun, sedangkan derau pada masukan penerima besarnya tetap. AGC (*Automatic Gain Control*) akan memperkuat sinyal untuk mendapatkan level sinyal yang tetap pada keluaran penerima, tetapi derau juga diperkuat, sehingga level derau pada keluaran penerima juga bertambah besar.

Jadi selama terjadi *fading*, level sinyal pada keluaran penerima besarnya tetap, sedangkan level derau berubah-ubah. Dengan demikian, level sinyal radio yang berubah-ubah akan menghasilkan S/N yang berubah-ubah pula pada keluaran penerima.

3.2 Transmit Diversity

Dalam sistem komunikasi nirkabel, fenomena *multipath fading* menjadi tantangan yang sangat serius. Oleh karenanya menjadi sangat penting untuk dapat mengurangi efek *fading*, baik pada *mobile station* maupun pada *base station* dengan tidak melakukan penambahan daya dan *bandwidth*.

Penelitian baru membuktikan bahwa teknik yang cukup efektif untuk dapat mengurangi pengaruh *multipath fading* adalah dengan teknik *diversitas*. Pendekatan klasik adalah dengan menggunakan multiple antena pada penerima untuk memperbaiki kualitas sinyal terima.

Dalam faktanya satu base station seringkali melayani ratusan dan ribuan *mobile station* pada waktu yang tidak bersamaan dalam sehari. Oleh karena itu menjadi lebih ekonomis dengan melakukan penambahan perangkat di *base station* dari pada melakukan penambahan perangkat pada *mobile station*. Tetapi pada pembahasan ini tidak dilakukan penambahan perangkat pada base station untuk meningkatkan jumlah sinyal, tetapi menggunakan teknik *transmit diversity time delay*. Antara sinyal yang satu dengan sinyal yang lain *uncorrelated*, tetapi mempunyai informasi yang sama. Diberi waktu tunda antar sinyal tersebut 2 mikrodetik. Sehingga nantinya didapatkan penguatan sinyal sebesar 3 dB.

4. Metoda Layering

Mikrosel mempunyai daerah cakupan layanan seluler yang kecil dibandingkan dengan makroseluler. Sistem sel mikro ini umumnya disebarakan pada sistem yang telah ada (pada sel makro) karena mudah dan cepat untuk diimplementasikan dan secara ekonomis menguntungkan. Teknik ini dikenal dengan metoda *layering*.

Pada pendekatan jaringan berlapis (*multi layer*), jaringan *mikroseluler* yang lengkap dipasangkan pada jaringan *makrosel* yang telah ada. Sel-sel dengan ukuran yang sama dibentangkan, dan *base station* dengan level daya transmisi yang lebih rendah berada pada lokasi yang berdekatan.

Daerah luas dengan cakupan daya makrosel yang kuat dapat dianggap sebagai jaringan makrosel yang melapisi, berlaku sebagai jaringan pelindung untuk MS yang bergerak antar daerah mikrosel. Salah satu keuntungan dari penerapan arsitektur berlapis ini adalah kemampuannya untuk berkembang. Dengan meningkatnya permintaan kapasitas, operator dapat melakukan pemasangan tiga atau empat lapis mikrosel dengan memakai prinsip yang sama dengan memperkecil daerah mikroselnya. Akhirnya akan ada mikrosel yang dikhususkan pada

bangunan, pusat perbelanjaan dan bangunan umumnya dengan radius yang lebih kecil yang disebut “Picocells”.

4.1 Perangkat *Base Transceiver Station* (BTS) mikrocel

Sistem mikrocel GSM mempergunakan perangkat *Base Transceiver Station* yang berbeda dengan BTS pada sistem makrocelular. BTS pada sistem mikrocelular berupa perangkat keras dengan ukuran yang kecil dan mudah untuk diimplementasikan pada jaringan GSM yang ada karena kompatibilitasnya, memerlukan konsumsi daya yang kecil, daya pancar kecil (2,5-2 Watt), memiliki dampak terhadap lingkungan yang minimal, dan menawarkan sejumlah fungsi yang mendukung aplikasi pada sistem GSM. Salah satu jenis BTS yang telah dikembangkan saat ini adalah M-Cellmicro BTS dari perusahaan Motorola.



Gambar 4. BTS mikrocell

4.2 Spesifikasi Teknis Mikrocel

M-cellmicro dari motorolla merupakan perangkat BTS yang terintegrasi dan berdiri sendiri, yang didesain untuk aplikasi mikrocel. BTS ini dapat dipasangkan sebagai *transceiver* dengan satu unit frekuensi pembawa (*single carrier*) atau dengan dua unit frekuensi pembawa, dengan lokasi pemasangan di luar ruangan. Unit ini berukuran kecil dan memungkinkan untuk dipasangkan pada lokasi-lokasi tertentu yang membutuhkan kapasitas trafik tinggi dan memerlukan kualitas cakupan yang baik, seperti taman kota.

BTS M-Cellmicro memiliki fasilitas yang memungkinkan operator secara mudah dapat menambahkan kapasitas tambahan pada suatu sel bila diperlukan dengan meningkatkan operasi BTS dari satu frekuensi pembawa menjadi dua dengan menambahkan modul sistem secara langsung (*plug in module*). BTS ini menawarkan pilihan koneksi jaringan yang berbeda melalui unit antar muka internal NIU (*Network Interface Unit*). NIU menyediakan *interface* untuk interkoneksi kanal PCM 24 atau PCM 30 ke G.703 (E1) dan ANSI T1. 102-1992, yang memungkinkan untuk mendukung *link* koneksi hingga 2 x 2048 Mb/s (E1) atau 2 x 1,544 Mb/s (T1). Antar muka radio yang tersedia pada perangkat ini dapat diterapkan untuk sistem GSM 900 dan DCS 1800 sebagai generasi baru

pengembangan GSM. Tabel 1 menunjukkan band frekuensi yang mendukung dan tabel 2 menunjukkan daya keluaran maksimum pada konektor transmiter antenna

Tabel 1. Band frekuensi yang mendukung M-Cellmicro

| | GSM 900 | DCS 1800 | PCS 1900 |
|-------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Frekuensi penerimaan | 880-915 MHz | 1710-1785 MHz | 1850-1910 MHz |
| Frekuensi pengiriman | 925-960 MHz | 1805-1880 MHz | 1930-1990 MHz |
| Sensitifitas penerimaan | -104 dBm | -104 dBm | -104 dBm |

Tabel 2. Daya Keluaran Maksimum

| C Arriers | Combining | GSM 900 | DCS 1800 | PCS 1900 |
|------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | No | 2,5 W | 2 W | 2W |
| 2 | Hybrid | 1,2 W | 1 W | 1 W |

Dari segi instalasi dan pemeliharaan salah satu keunggulan sistem ini adalah desainnya yang memungkinkan untuk memudahkan pemasangan dan pengawasannya. Unit BTS ini dapat dikirimkan dalam bentuk yang telah dikonfigurasi, lengkap dengan perangkat lunak operasionalnya dan basis data konfigurasi. Fasilitas ini memungkinkan unit langsung dioperasikan setelah dipasang pada site.

Tabel 3. Perbandingan tipe BTS makrosel dan BTS mikrosel

| | Makrosel | Mikrosel |
|---------------------|--|--|
| Dimensi (PxLxT) m | 1,76x0,71x0,77 | 0,62x0,80x0,19 (1 carrier) 0,62x0,80x0,22 (2 carrier) |
| Berat (kg) | 277 | 30 (1 carrier) 45 (2 carrier) |
| Pilihan catuan Daya | AC 230 V atau 110 V DC + 27V atau -48 V | AC 230 V atau 110 V |
| Daya keluaran | GSM 900 20 W DCS 1800 8 W PCS 1900 8 W | GSM 900 2,5 W DCS 1800 2,0 W PCS 1900 2,0 W |
| Tinggi antenna | > 15 meter | 6 meter |
| Coverage area | 15-30 Km | < 1 Km |

4.3. Tipe Antena

Pemilihan antena pada mikrosel merupakan pertimbangan yang sangat penting. Karakteristik dari antena-antena dipergunakan perencanaan sel untuk menghindari efek bayangan, mengurangi permintaan *handover*, dan memaksimalkan kesuksesan panggilan. Dalam penerapan mikrosel pada sistem selular GSM, terdapat 2 tipe antena yang umum digunakan yaitu :

1. Antena Berarah (*Directional Antenna*)
2. Antena *Omni-directional*

4.3.1 Antena Berarah (*Directional Antena*)

Beberapa keuntungan yang dimiliki antena tipe ini :

1. *Gain* atau penguatan pada arah tertentu
2. Menekan sinyal pada arah yang berlawanan sebagai karakteristik yang menguntungkan untuk mengurangi potensi interferensi bagi sel dibelakangnya
3. Memiliki kemampuan yang baik dalam penetrasi pada gedung
4. Kemampuan pencakupan daerah jalanan yang cukup baik

4.3.2 Antena *Omni-directional*

Untuk pemasangan awal suatu BTS biasanya menggunakan antena *Omni-directional*. Memiliki daerah cakupan seperti payung, mencakup daerah yang luas, bermanfaat untuk mencakup daerah terbuka seperti lapangan, pertokoan plaza, diharapkan dapat menghindari *handover* yang terlalu banyak. Tetapi kekurangan dari antena *Omni-directional* ini adalah interferensi yang cukup besar dibandingkan dengan antena *directional*.

5. Data-data BTS

Pada sistem layanan seluler, mobile station akan dapat berkomunikasi jika berada dalam radius jangkauan BTS. Tabel dibawah merupakan tabel yang berisi data-data BTS yang digunakan untuk menghitung *link budget* agar diperoleh prediksi radius sel serta probabilitas luas sel.

Table 4. Data BTS

| Parameter <i>link budget</i> | Urban Area | Rural Area |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Pita frekuensi | 900 MHz GSM | 900 MHz GSM |
| Fc | 945,2 MHz | 945,2 MHz |
| Hbs | 32 meter | 72 meter |
| Ptx | 47 dBm | 47 dBm |
| Prx | -102 dBm | -102 dBm |
| Hms | 1,5 meter | 1,5 meter |
| Noise | 1 dB | 1dB |

| Parameter link budget | Urban Area | Rural Area |
|------------------------------|-------------------|-------------------|
| Fading | 5 dB | 10 dB |
| Interferensi | 3 dB | 3 dB |

Beberapa data BTS diatas mempunyai standar dan rujukan tertentu. Berikut ini penjelasan rujukan dan standar tersebut :

1. Frekuensi *Carrier*

Frekuensi *carrier* digunakan untuk membawa sinyal-sinyal yg ditransmisikan oleh BTS yang berisi sinyal informasi. Setiap operator seluler mempunyai frekuensi *carrier* yang berbeda-beda. Dalam perhitungan ini digunakan frekuensi *carrier* dari telkomsel. Satuan yang digunakan dalam MHz.

2. Tinggi Antena *Base Transceiver Station* (BTS)

Tinggi efektif antena BTS berkisar antara 30 meter sampai dengan 200 meter. Untuk daerah-daerah yang berada di perkotaan tinggi antena BTS lebih rendah dibandingkan dengan tinggi antena BTS pada daerah pedalaman.

3. Daya Pancar *Base Station* (BS)

BS dengan merek Siemens tipe BS-240 II dibedakan menjadi tiga kategori berdasarkan *carrier unit* nya yaitu :

- Tipe *carrier units* GCUDV2 untuk komunikasi suara mempunyai daya pancar 47 dBm
- Tipe *carrier unit* FCUDV1 untuk komunikasi suara mempunyai daya pancar 47,8 dBm
- Tipe *carrier unit* ECUDHPV3 untuk komunikasi suara mempunyai daya pancar 48 dBm

4. *Mobile Station* (MS) sensitivitas

Sensitivitas MS dapat dibedakan menjadi dua kategori ;

- MS kelas 1 dan 2 yang mempunyai sensitivitas sebesar -100 dBm
- MS kelas 3 yang mempunyai sensitivitas sebesar -102 dBm

5. *Interferensi margin*

Gangguan yang disebabkan adanya sinyal lain yang menggunakan frekuensi yang sama dan daya sinyal pengganggu tersebut cukup besar. Dalam pengamatan ini *interferensi margin* yang digunakan sebesar 3 dB.

Tabel 5. Contoh Sitelist rural area jombang

| 1st Name | Longitude | Latitude | Latitude | Longitude | TRX Conf |
|----------------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Kesamben Jombang | 112°21'11.81"E | 07°27'11.10"S | 112.3532778 | 7.453083333 | 4 |
| Kesamben Jombang | 112°21'11.81"E | 07°27'11.10"S | 112.3532778 | 7.453083333 | 4 |
| Kesamben | 112°21'11.81"E | 07°27'11.10"S | 112.3532778 | - | 4 |

| 1 st Name | Longitude | Latitude | Latitude | Longitude | TRX Conf |
|----------------------|-----------|----------|----------|-------------|----------|
| Jombang | | | | 7.453083333 | |

6. Pertumbuhan Traffic

Peningkatan kapasitas merupakan salah satu parameter yang penting dalam menjamin kelangsungan komunikasi antar pelanggan disamping perencanaan *coverage area*. Peningkatan kapasitas dilakukan pada *urban area*, karena pada daerah ini jumlah *subscriber* tinggi. Sebelum peningkatan kapasitas dilakukan pemantauan terhadap pertumbuhan *traffic* harus terus dilakukan agar pada saat pertumbuhan *trafik* maksimum maka peningkatan kapasitas dapat dilakukan dengan menerapkan mikrosel pada daerah yang sibuk.

Tabel 6. Pertumbuhan Traffic

| Area | Traffic offer tahun 2008 | Traffic offer tahun 2009 dengan pertumbuhan Traffic 21,7 % | Traffic yang harus di akomodasi oleh layering |
|-------|--------------------------|--|---|
| Urban | 2.886,24 erlang | 3.512,55 erlang | 626,31 erlang |

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa traffic yang harus diakomodasi oleh *layering* sebesar 626,31 erlang, dengan cara menambahkan mikrosel pada daerah yang akan ditingkatkan kapasitasnya. Berikut adalah tabel penambahan mikrosel.

Tabel 7. Contoh Traffic yang harus diakomodasi

| Site | TRX konfigurasi | Erlang |
|------|-----------------|--------|
| A | 2 | 10,63 |
| A | 2 | 10,63 |
| A | 2 | 10,63 |
| B | 2 | 10,63 |
| B | 2 | 10,63 |
| B | 2 | 10,63 |
| C | 2 | 10,63 |
| C | 2 | 10,63 |
| C | 2 | 10,63 |
| D | 2 | 10,63 |

Diperlukan 20 site mikrosel untuk meningkatkan kapasitas sebesar 21,7 %, mikrosel ini akan disebar didaerah coverage makrosel yang memayunginya. Tiap

site dari mikrosel ini menggunakan sektorisasi 120° , dengan konfigurasi *transmit-receive* (TRx) 2 kanal tiap sektor.

6.1. Perhitungan Coverage Area

Dalam meningkatkan *coverage area* terlebih dahulu dilakukan perhitungan *link budget* untuk memprediksi radius sel. Perhitungan radius sel dilakukan pada rural area. Berikut adalah tabel hasil perhitungan radius sel dan luas *coverage area*

Tabel 8. Perhitungan sebelum menggunakan *Transmit Diversity*

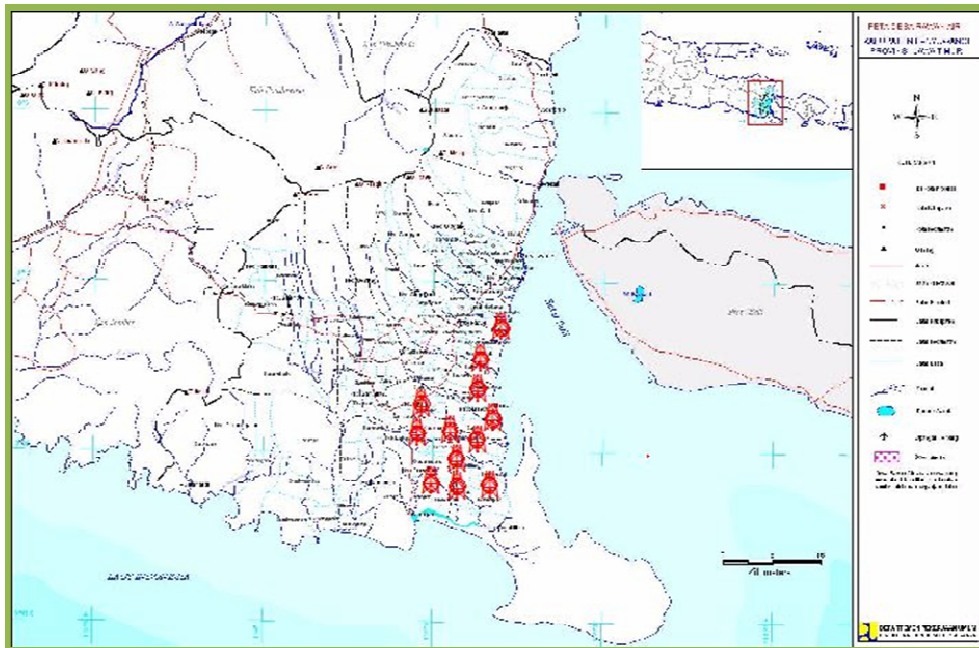
| Parameter | Rural Area |
|-----------|-----------------------|
| Ptx | 47 dBm |
| D | 892 Km |
| Luas Cell | 2.068 Km ² |

Peningkatan *coverage area* layanan seluler perlu dilakukan khususnya pada rural area oleh karena itu penggunaan metoda meningkatkan *coverage transmit diversity time delay* (TDTD) diperlukan untuk area tersebut. Berikut adalah tabel hasil perhitungan radius sel dan luas *coverage area* setelah menggunakan metoda *transmit diversity*

Tabel 9. Perhitungan sesudah menggunakan metoda *Transmit Diversity*

| Parameter | Rural Area |
|-------------|-----------------------|
| Ptx' | 50 dBm |
| d' | 1.102 Km |
| Luas Cell ' | 3.157 Km ² |

Berikut adalah salah satu contoh hasil perluasan *coverage area* layanan seluler pada rural area Banyuwangi dengan menggunakan *software Map-Info*:



Gambar 5. Area Bayuwangi

7. Kesimpulan

Untuk mengatasi masalah peningkatan kapasitas pada daerah urban dapat digunakan metoda *layering*, sedangkan untuk memperluas *coverage area* pada daerah rural dapat digunakan metoda *transmit diversity*

1. Diperlukan 20 site mikro sel untuk meningkatkan kapasitas sebesar 21,7% pada urban area.
2. Dengan menggunakan metoda *transmit diversity time delay* pada rural area terjadi peningkatan luas sebesar 1.089 km².

8. Saran

1. Sebelum pemasangan jaringan mikro sel sebaiknya dilakukan *channel assigment* yang baik untuk menghindari terjadinya *adjacent channel interference*.
2. Agar terus dilakukan pemantauan terhadap pertumbuhan *traffic*, supaya dapat diantisipasi keperluan untuk menerapkan lapisan selanjutnya sehingga kualitas komunikasi dapat terus terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- [Fre98] Freeman, Roger L,(1998) "Telecommunication Transmission Handbook". Fourth Edition-John Wiley .
- [Gar02] Garg, Vijay K,(2002) "Wireless Network Evolution : 2G to 3G", Prentice Hall PTR, New Jersey.
- [Gib98] Gibson, Jerry D, (1998)"The Communication Handbook". IEEE Press, CRC Press Inc.

- [Par92] J Parson, David,(1992) "Mobile Radio Propagation Channel". John Wiley
- [Lee95] Lee, William C.Y,(1995) "Mobile Cellular Telecommunications : Analog and Digital System". Second Edition-Mc Graw Hill Inc, .
- [Lee92] Lee, William C.Y, " Wireless & Cellular Telecommunications". Third Edition
- [Mou92] Mouly Michel,(1992) Pautet Bemadette-Marie, "The Global System for Mobile Communications". Palaiseau France.
- [Rap96] Rappaport, Theodore. S,(1996) "Wireless Communication : Principle and Practice", Prentice Hall Inc, New Jersey.
- [Tel00] "Dasar GSM 900/1800", Divlat PT. Telkom, 2000.
- [Pra98] R. Prasad, T.Ojanpera,(1998) "Wideband CDMA For Third Generation Mobile Communication". Artech House Inc, Boston.