

SIMULASI CELL BREATHING CDMA 2000 1x MENGUNAKAN DELPHI

Alfin Hikmaturokhman, S.T*, Hesti Susilawati, S.T., M.T** dan Ilham Perdana*

*Akademi Teknik Telkom Sandhy Putra Purwokerto

**Fakultas Teknik Unsoed Purwokerto

ABSTRACT

Cell breathing is variation of CDMA cell size depends upon the amount of traffic occurs within the cell. This work assume that the cell is in the ideal condition based on the following assumptions, each cell is completely isolated from the other cells, with the result that no intercell interference and signals from MS cause no interference within the cell. It makes no intracell interference occurs within the cell. In an ideal condition where is none of interference occurs, cell size and amount of users in a cell depend on several factors such as bitrate, required signal strength that MS must deliver to BS, voice activity factor, power control accuracy factor and E_b/I_t of the system. The result obtained by change the values of the parameters and based on the result obtained, the impact of the parameter to the cell size and amount of user in a cell could be recognized.

Keywords: *cell breathing, signal strength, cell size*

PENDAHULUAN

Kapasitas suatu sel CDMA berbanding terbalik dengan jumlah *user* aktif di dalam sel dan radius cakupan sel tersebut. Semakin banyak jumlah *user* di dalam sel maka level interferensi yang diterima tiap MS akan meningkat dan menyebabkan level daya terima minimum yang harus diterima di Base Station dari tiap *user* meningkat. Hal ini disebabkan tiap - tiap *user* harus mempertahankan nilai Signal-to-Interference-Ratio (SIR) pada BS tetap pada level minimum yang dapat diterima oleh BS.

Jika level daya pancar maksimum dari MS ditetapkan pada level daya tertentu maka meningkatnya jumlah *user* aktif di dalam sel akan meningkatkan level daya terima yang berakibat pada menciutnya radius cakupan sel tersebut.

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah kondisi ideal dimana sel pengamatan merupakan sel tunggal terisolasi dan tidak terpengaruh interferensi antarsel maupun interferensi intrasel.

Penelitian tugas akhir ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas dan area cakupan sel CDMA.

Pada kondisi ideal faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas dan area cakupan sel CDMA antara lain adalah *bitrate* yang digunakan, faktor aktifitas suara, level daya terima minimum BS, faktor akurasi kontrol daya dan energi bit per interferensi total sistem.

Perubahan nilai dari faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas dan cakupan dari suatu sel akan menyebabkan kapasitas *user* dari suatu sel berubah-ubah yang mengakibatkan radius dari sel tersebut juga berubah sesuai fluktuasi jumlah *user* aktif di dalam sel tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

Model Propagasi *Outdoor*

Perhitungan rugi-rugi propagasi merupakan salah satu langkah awal dalam perencanaan link radio, dan untuk memperhitungkan rugi-rugi propagasi tersebut dipakai model propagasi sesuai dengan keadaan wilayah dimana jaringan akan dibangun.

Model propagasi yang paling sering dipakai dalam memprediksikan rugi-rugi lintasan dalam perencanaan link radio adalah model propagasi Okumura-Hata.

Persamaan umum model Okumura-Hata dan faktor koreksi pada daerah urban ditunjukkan pada persamaan (1) dan (2)

$$L_{50}(dB) = 69,55 + 26,16 \log f_c - 13,82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44,9 - 6,55 \log h_{te}) \log d \quad (1)$$

Nilai faktor koreksi untuk daerah urban dihitung dengan persamaan^[11]:

$$a(h_{re}) = 3,2 \left(\log 11,75 h_{re} \right)^2 - 4,97 \text{ dB} \quad (2)$$

dimana:

- f_c = frekuensi sinyal pembawa
(MHz) > 300 MHz
- L_{50} = *path loss* rata-rata (dB)
- h_{te} = tinggi antena pemancar
(meter)
- $a(h_{re})$ = faktor koreksi untuk tinggi
antena penerima (dB)
- d = jarak penerima dengan
pemancar (km)

Model propagasi Okumura-Hata mempunyai beberapa batasan parameter untuk menjamin akurasi hasil perhitungannya^[2], yaitu:

$$150 \leq f_c \leq 1500 \text{ MHz}$$

$$30 \leq h_{te} \leq 200 \text{ meter}$$

$$1 \leq h_{re} \leq 10 \text{ meter}$$

$$1 \leq d \leq 20 \text{ km}$$

Klasifikasi Area Perencanaan

Dalam merencanakan suatu *link* radio selain menentukan model propagasi yang tepat digunakan, juga harus menentukan klasifikasi daerah dimana *base station* akan dibangun. Penentuan klasifikasi ini mencakup kepadatan penduduk, tinggi rata-rata bangunan, dan kerapatan bangunan pada daerah tersebut. Model Okumura membagi daerah menjadi 3 tipe yang berbeda, yaitu:

1. Daerah terbuka
Suatu daerah dikatakan terbuka jika tidak ada penghalang (*obstacle*) pada jarak 300 – 400 meter dari arah *base station* dan umumnya juga disekitar lokasi MS berada^[11]. Kerapatan penduduk untuk daerah urban sekitar 7.500 – 20.000 penduduk/km^{2[7]}
2. Daerah *Suburban*
Suatu daerah dikatakan daerah *suburban* (pinggiran) jika terdapat penghalang (*obstacle*) disekitar MS namun tidak terlalu rapat^[8]. Kerapatan penduduk untuk daerah suburban sekitar 500 – 7.500 penduduk/km^{2[7]}.
3. Daerah *Urban*
Daerah *urban* adalah kota dengan gedung-gedung tinggi dan rumah dengan lebih dari 2 tingkat^[11].

Pengaruh Level Daya Terima BS terhadap Jumlah User

Dengan mengasumsikan kontrol daya ideal, seluruh daya yang diterima MS berada pada level yang sama. Untuk N buah MS yang aktif, *base station* akan menerima sinyal yang diinginkan dengan daya sebesar S dan sebanyak (N-1) sinyal *noise* dengan daya sebesar S pula. Sehingga didapatkan *signal to noise ratio* (S/N)^[4] sebesar:

$$\frac{S}{N} = \frac{S}{(N-1)S} = \frac{1}{(N-1)} \quad (3)$$

dimana

- S/N = *signal to noise ratio*
- S = daya sinyal terima (mW)
- N = jumlah pelanggan (*user*)

Parameter yang menunjukkan faktor keandalan sistem adalah E_b/N_o yang mempunyai hubungan dengan S/N yang diperlihatkan dengan persamaan^[4] berikut:

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{\frac{S}{R}}{(N-1) \frac{S}{W}} = \frac{W/R}{N-1} \quad (3)$$

Dimana

E_b/N_o = rasio energi bit per kerapatan derau (dB)
 W/R = *processing gain* (dB)

Jika diasumsikan bahwa daya terima dari *user* ke-*i* adalah S_{ri} dan daya dari tiap *user* aktif adalah sama dan faktor *cochannel interference* dan *thermal noise* diperhitungkan maka interferensi total pada sel tersebut dapat dituliskan^[4] :

$$I_t = I_o + N_o = \frac{1}{W} \cdot \sum_{i=1}^{N-1} \alpha \cdot S_{ri} + N_o \quad (4)$$

Dimana jika $S_{ri} = S_r$ maka

$$I_t = \frac{(N-1) \cdot \alpha \cdot S_r}{W} + N_o \quad (5)$$

Sehingga E_b/I_t dapat dituliskan

$$\frac{E_b}{I_t} = G_p \cdot \frac{S_r}{[N_o \cdot W + (N-1) \cdot \alpha \cdot S_r]} \quad (6)$$

Nilai S_r dalam dB dapat dicari dengan persamaan^[3] :

$$S_r = P_M + G_{MS} + G_{BS} + G_{div} + G_{sho} + PL_{up} + M_{fade} + L_{body} + L_{pent} + L_c \quad (7)$$

Dimana:

- G_{MS} = penguatan antena MS (dB)
- G_{BS} = penguatan antena penerima di BS (dB)
- G_{div} = diversitas antena BS (dB)
- G_{sho} = *Soft-handoff gain* (dB)
- L_{body} = *body loss* (dB)
- L_c = rugi-rugi kabel dan konektor (dB)
- L_p = *pathloss* (dB)
- L_{pent} = rugi penetrasi melintasi gedung atau kendaraan (dB)
- M_{fade} = *log-normal shadow margin* (dB)
- P_M = daya pancar MS (dB)

Dengan memperhitungkan faktor ketidaksempurnaan kontrol daya η_c kapasitas *user* N dapat dihitung dengan menggunakan rumus^[3]:

$$N = 1 + G_p \cdot \left[\frac{\eta_c}{(E_b/I_t) \cdot \alpha \cdot (1+f)} \right] - \frac{N_o \cdot W \cdot \eta_c}{S_r \cdot \alpha \cdot (1+f)} \quad (8)$$

Dengan memperhitungkan faktor ketidaksempurnaan kontrol daya η_c maka nilai S_r dalam bentuk watt dapat dirumuskan sebagai berikut^[3] :

$$S_r = \frac{(E_b/I_t) \cdot N_o}{\left[\frac{1}{R} - \frac{(N-1) \alpha (1+f) (E_b/I_t)}{W \cdot \eta_c} \right]} \quad (9)$$

Jumlah *user* maksimum dalam satu sel CDMA tergantung dari laju data informasi yang ditransmisikan secara simultan, lebar bidang frekuensi yang dipakai, faktor aktifitas suara, *thermal noise* dan rasio energi bit terhadap interferensi total (E_b/I_t).

Kapasitas maksimum dari N dapat ditunjukkan oleh persamaan berikut^[3]:

$$N_{\max} = 1 + G_P \cdot \left[\frac{\eta_c}{(E_b/I_t) \cdot \alpha \cdot (1+f)} \right] \quad (10)$$

N_{\max} disebut *pole point* atau *asymptotic cell capacity* yang didapatkan saat daya terima $S_r \rightarrow \infty$ persamaan di atas dapat disederhanakan dengan mengabaikan 1 menjadi^[3]:

$$N_{\max} = G_P \cdot \left[\frac{\eta_c}{(E_b/I_t) \cdot \alpha \cdot (1+f)} \right] \quad (11)$$

dimana

- N = jumlah *user* aktif
- N_{\max} = jumlah *user* aktif
- W = lebar bidang frekuensi (Hz)
- R = laju data informasi (bps)
- E_b/I_t = rasio energi bit per Interferensi total (watt)
- α = faktor aktifitas suara
- η_c = faktor ketidaksempurnaan kontrol daya
- N_o = *background thermal noise* (mWatt)

Pengaruh Jumlah User terhadap Area Cakupan Sel

Setelah didapatkan kapasitas maksimum yang dapat dilayani oleh satu sel, selanjutnya adalah menentukan radius maksimum dari satu sel CDMA.

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah persamaan model Hata

Nilai S_r yang didapat dari persamaan (9) digunakan untuk menghitung pengaruh jumlah *user* terhadap radius sel dengan menghitung *pathloss* maksimum

dari penurunan persamaan (7) sehingga didapat persamaan baru untuk menghitung *pathloss*

$$L_p = P_m + G_m + G_b + G_{div} + G_{sho} - S_r^{-M} \text{fade}^{-L_{body}} - L_{pent} - L_c \quad (12)$$

Nilai *pathloss* maksimum dari persamaan (12) dimasukkan ke persamaan (13)

$$d_{up} = \log^{-1} \left(\frac{L_p - C_1 - C_2 \log(f_c) + 13,82 \log(h_{re}) + a(h_{re})}{44,9 - 6,55 \log(h_{re})} \right) \quad (13)$$

dimana untuk frekuensi 150 – 1500 MHz

$$C_1 = 69,55$$

$$C_2 = 26,16$$

Sehingga didapatkan hubungan antara jumlah *user* aktif di dalam sel dengan radius sel yang terjadi akibat perubahan jumlah *user* tersebut.

Nilai radius maksimum sel diasumsikan ketika hanya ada 1 *user* aktif di dalam sel dan setelah nilai radius maksimum sel diketahui, dapat dicari nilai luas maksimum sel heksagonal dengan persamaan:

$$L_{sel} = 2,6.R^2 \quad (km^2) \quad (14)$$

dimana

L_{sel} = luas sel heksagonal (km^2)

R = radius sel (km)

Dari persamaan (9), (12) dan (13) didapat hubungan antara jumlah *user* aktif di dalam sel dengan level daya terima minimum BS, *pathloss* maksimum dan area cakupan sel.

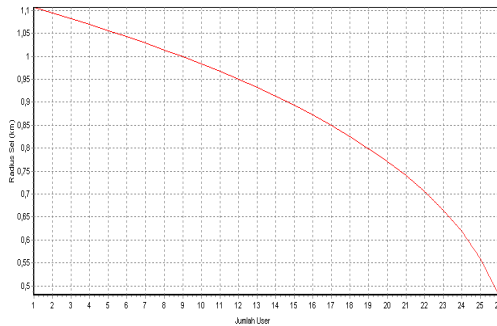
Daya terima untuk *user* ke-i akan berubah seiring dengan bertambahnya jumlah *user* aktif dalam satu sel CDMA. Perubahan nilai S_r akan mengubah nilai *pathloss* dan secara otomatis mempengaruhi nilai radius dan luas sel sekaligus.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Jumlah User terhadap Radius

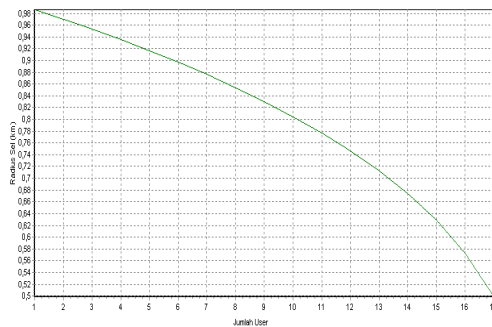
Simulasi ini menggunakan *Radio Configuration* 1 dengan *bitrate* 9,6 kbps dan *Radio Configuration* 2 dengan *bitrate* 14,4 kbps yang digunakan pada trafik voice dan bukan data.

Simulasi untuk kedua *bitrate* dilakukan terpisah dan hasil dari simulasi pada *bitrate* 9,6 kbps untuk pengaruh jumlah *user* dan radius sel maksimum yang didapat terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan jumlah *user* dan Radius cakupan sel pada *bitrate* 9,6 kbps

Berdasarkan Gambar terlihat bahwa jumlah *user* maksimum yang bisa dilayani sebuah sel CDMA adalah sebanyak 26 *user* untuk *bitrate* 9,6 kbps dengan radius sel yang terjadi karena kepadatan *user* sebesar 0,48



Gambar 2. Hubungan jumlah *user* dan Radius cakupan sel pada *bitrate* 14,4 kbps

Perhitungan kapasitas maksimum pada *bitrate* 14,4 kbps menghasilkan 17 *user*. Dari Gambar 2 terlihat bahwa radius yang diperlukan untuk mencakup seluruh *user* adalah 0,498 km.

Dari Grafik yang didapat, terlihat hubungan antara jumlah *user* yang membebani sel dan pengaruhnya terhadap radius dan luas sel pada saat jumlah *user* maksimum maupun saat hanya tersisa 1 *user* aktif di dalam sel. Untuk kedua *bitrate* yang disimulasikan yaitu 9,6 kbps dan 14,4 kbps, jumlah *user* maksimum yang dapat dilayani akan menurun jika *bitrate*-nya semakin meningkat.

Ukuran maksimum sel adalah keadaan dimana beban di dalam sel masih dapat ditangani tanpa harus mengurangi ukuran sel dan keadaan ini diasumsikan terjadi pada saat hanya ada 1 *user* aktif di dalam sel, dimana pada *bitrate* 9,6 kbps radius maksimum sel yang didapat adalah 1,106 km.

Ukuran maksimum sel yang didapat pada saat hanya ada 1 *user* aktif di dalam sel pada *bitrate* 14,4 kbps lebih kecil daripada ukuran yang didapat pada simulasi menggunakan *bitrate* 9,6 kbps, yaitu sebesar 0,986 km.

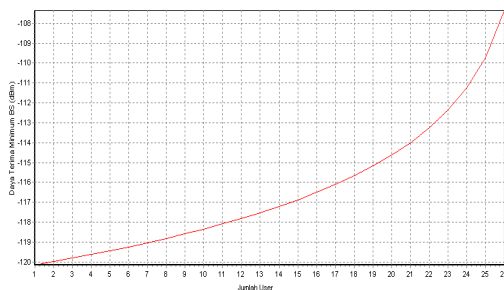
Pada saat *user* semakin bertambah menuju titik maksimum, sel akan menciut untuk mempertahankan kapasitasnya dan pada saat jumlah maksimum tercapai maka ukuran sel yang terjadi merupakan ukuran minimum dari sel tersebut.

Jumlah User terhadap Level Daya Terima

Dari persamaan (9) terlihat semakin banyak jumlah *user* aktif di dalam sel maka level daya terima yang harus diterima BS dari setiap *user* aktif semakin tinggi.

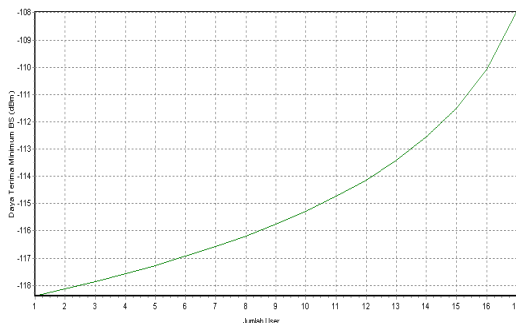
Jika diasumsikan kondisi ideal dan parameter E_b/I_t , faktor aktifitas suara, *chiprate*, *bitrate*, dan faktor akurasi kontrol daya bernilai tetap maka didapat hubungan berbanding terbalik antara jumlah *user* dan level daya terima minimum BS, dimana semakin banyak *user* aktif di dalam sel maka level daya terima minimum yang harus diterima BS dari tiap *user* akan semakin besar.

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara jumlah *user* aktif di dalam sel dengan level daya terima minimum yang harus diterima BS dari tiap *user*



Gambar 3. Hubungan jumlah *user* dengan level daya terima minimum BS pada *bitrate* 9,6 kbps

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara jumlah *user* aktif di dalam sel dengan level daya terima minimum yang harus diterima BS dari tiap *user*



Gambar 4. Hubungan jumlah *user* dengan level daya terima minimum BS pada *bitrate* 14,4 kbps

Level daya terima minimum yang harus diterima BS (S_r) dari tiap-tiap *user* pada *bitrate* 9,6 kbps adalah -107,37 dBm pada saat kapasitas maksimum tercapai. Semakin banyak *user* dalam suatu sel maka akan menyebabkan semakin tinggi level daya terima minimum yang harus sampai ke BS. Pada saat hanya ada 1 *user* aktif dalam sel maka level daya terima minimum yang harus diterima BS turun menjadi -120,152 dBm.

Keadaan yang sama juga terjadi pada saat simulasi dilakukan pada *bitrate* 14,4 kbps. Level daya terima minimum yang harus diterima BS adalah -107,96 dBm dan pada saat hanya ada 1 *user* aktif dalam sel level daya terima minimum menjadi -118,39 dBm.

Dari hasil perhitungan dan Gambar 3 maupun 4 untuk kedua *bitrate* terlihat bahwa untuk *bitrate* yang lebih tinggi yaitu 14,4 kbps level daya terima minimum yang harus diterima BS akan lebih tinggi baik pada saat hanya ada 1 *user* aktif di dalam sel namun pada saat sel berada dalam kapasitas maksimumnya, *bitrate* 9,6 kbps memiliki level daya terima minimum yang lebih tinggi.

Nilai S_r pada saat hanya ada 1 *user* aktif sama dengan nilai sensitifitas BS dari BS itu yaitu nilai minimum daya yang diperlukan BS untuk memperoleh nilai $E_b/(N_o+I_o)$ yang diinginkan^[6].

Nilai level daya terima minimum BS untuk *bitrate* 9,6 kbps lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai level daya terima minimum BS untuk *bitrate* 14,4 kbps. Sehingga untuk *bitrate* 9,6 kbps mempunyai sensitifitas BS yang lebih baik dibandingkan dengan sensitifitas BS pada *bitrate* 14,4 kbps.

Sensitifitas BS yang lebih baik memungkinkan BS menerima sinyal dari MS dengan sensitifitas yang lebih tinggi sehingga MS tidak perlu memancarkan daya yang lebih besar untuk memastikan dirinya dapat terdeteksi oleh BS dan tidak mengalami *drop call*.

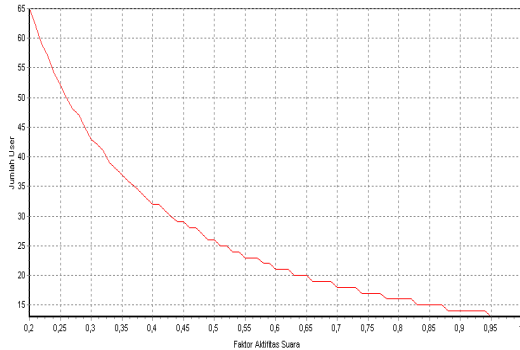
Pada saat *bitrate* semakin tinggi maka level daya terima minimum yang harus diterima BS dari tiap-tiap MS juga akan meningkat, menyebabkan banyak MS tidak bisa menaikkan daya pancar dan terjadi *drop call*.

Faktor yang Mempengaruhi Kapasitas dan Ukuran Sel

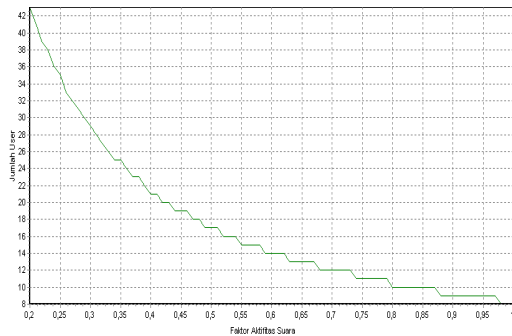
Dalam percakapan biasanya hanya sebagian waktu yang digunakan untuk berbicara, selebihnya digunakan untuk mendengar maupun sama-sama diam. Faktor ini disebut faktor aktifitas suara, biasanya diasumsikan sebesar 40%-60% dari total waktu percakapan. Sehingga jika percakapan terjadi selama 10 menit, waktu bicara efektif hanya sekitar 4 - 6 menit.

Pada saat *user* dalam keadaan diam, daya pancar akan dikurangi untuk mencegah daya dipancarkan sia-sia. Jika diaplikasikan pada seluruh MS dalam sel maka akan mereduksi level interferensi yang diterima oleh tiap MS.

Menurunnya level interferensi akan meningkatkan jumlah *user* aktif yang dapat dilayani oleh sel tersebut. Hubungan faktor aktifitas suara terhadap jumlah *user* aktif di dalam sel diperlihatkan pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Hubungan faktor aktifitas suara dengan jumlah *user* aktif pada *bitrate* 9,6 kbps



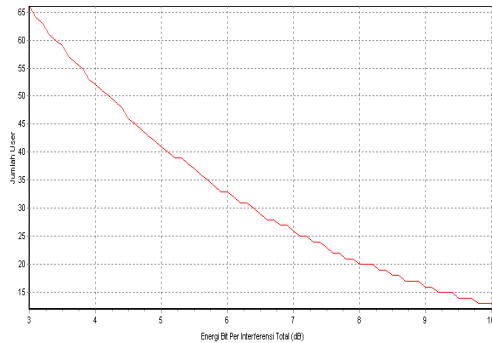
Gambar 6. Hubungan faktor aktifitas suara dengan jumlah *user* aktif pada *bitrate* 14,4 kbps

Semakin besar faktor aktifitas suara maka kapasitas yang dapat ditampung sebuah sel akan menurun, hal ini karena MS akan terus memancarkan daya yang lebih besar untuk menyalurkan pembicaraan ke BS dan daya yang lebih besar ini akan meningkatkan level interferensi dalam sistem dan mereduksi kapasitas dari sel tersebut.

Faktor lain yang mempengaruhi kapasitas sel adalah nilai E_b/I_t . E_b/I_t adalah kerapatan energi terhadap energi dari tiap bit terhadap rapat energi *noise* dan interferensi total^[7].

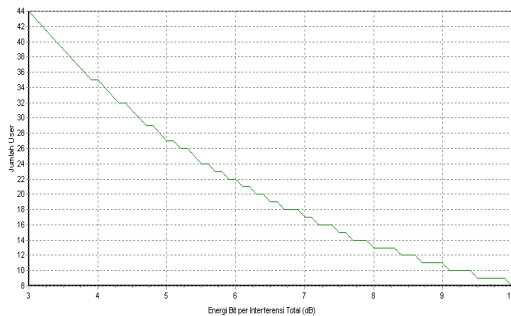
Nilai E_b/I_t untuk CDMA2000 adalah 7,2 dB untuk komunikasi bergerak dan 3-4 dB untuk komunikasi *fixed*. Nilai E_b/I_t yang lebih tinggi diperlukan untuk mengkompensasi gerakan MS^[7].

Semakin tinggi nilai E_b/I_t performansi sistem akan meningkat, namun jumlah *user* yang mampu dilayani oleh sel akan menurun. Hubungan antara E_b/I_t dengan jumlah *user* dalam sel CDMA dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Hubungan energi bit per interferensi total dengan jumlah *user* aktif pada *bitrate* 9,6 kbps

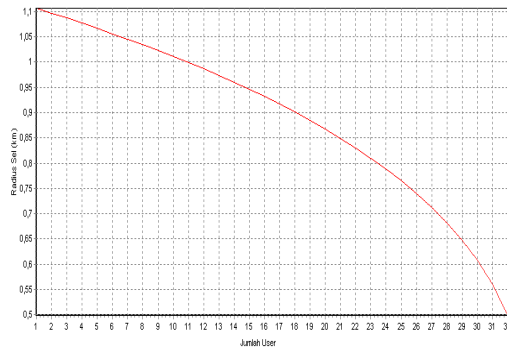
Dari Gambar 7 terlihat bahwa pada *bitrate* 9,6 kbps dengan nilai E_b/I_t sebesar 3 dB diperoleh sebanyak 66 *user* dan 4 dB sebanyak 52 *user*. Dibandingkan dengan komunikasi bergerak yang mempersyaratkan E_b/I_t sebesar 7 dB diperoleh *user* maksimum yang bisa dicapai hanya sebesar 26 *user*.



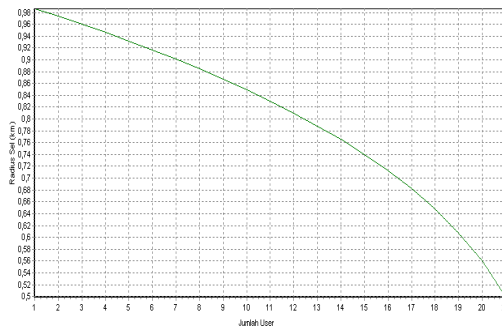
Gambar 8. Hubungan energi bit per interferensi total dengan jumlah *user* aktif pada *bitrate* 14,4 kbps

Pada simulasi menggunakan *bitrate* 14,4 kbps yang ditunjukkan oleh gambar 8 dengan E_b/I_t sebesar 3 dB diperoleh sebanyak 44 *user* dan 4 dB sebesar 35 *user*. Sedangkan untuk komunikasi bergerak dengan nilai E_b/I_t sebesar 7 dB didapat jumlah *user* maksimum adalah 17 *user*.

Jika diasumsikan faktor kontrol daya sempurna yaitu bernilai 1 maka dianggap semua MS memancarkan level daya yang sama dan tidak ada interferensi antar MS di dalam sel. Jika diasumsikan menggunakan *perfect power control*, grafik hubungan antara jumlah *user* dan radius sel yang terjadi diperlihatkan pada Gambar 9 dan 10



Gambar 9 Grafik Hubungan jumlah *user* dan Radius cakupan sel pada *bitrate* 9,6 kbps dengan *Perfect Power Control*



Gambar 10 Grafik Hubungan jumlah *user* dan Radius cakupan sel pada *bitrate* 14,4 kbps dengan *Perfect Power Control*

Dari Gambar 9 terlihat pada *bitrate* 9,6 kbps jumlah *user* yang diperoleh adalah 32 *user* dengan radius maksimum sama dengan tanpa menggunakan *perfect power control* yaitu sebesar 1,106 km.

Dari Gambar 10 terlihat pada *bitrate* 14,4 kbps jumlah *user* yang diperoleh adalah 21 *user* dengan radius maksimum 0,986 km sama dengan radius saat tanpa menggunakan *perfect power control*.

Dari perbandingan di atas dapat disimpulkan bahwa pada saat kondisi ideal dimana *perfect power control* dapat digunakan akan meningkatkan kapasitas sel namun tidak mengubah ukuran sel baik saat hanya ada 1 *user* aktif di dalam sel maupun saat jumlah *user* maksimum dalam sel terpenuhi.

Pada kondisi ideal dimana interferensi dianggap tidak ada, yang berpengaruh terhadap kapasitas dan area cakupan sel adalah parameter E_b/I_t , akurasi kontrol daya, faktor aktifitas suara, *bitrate* yang digunakan.

Dapat diamati bahwa pemberian margin E_b/I_t yang semakin besar akan meningkatkan kualitas layanan menjadi semakin baik. Dengan E_b/I_t yang semakin

besar, maka sel akan dirancang dengan kemampuan menangani kapasitas yang kecil dan membuat radius yang digunakan untuk mencakup jumlah *user* tersebut tidak terlalu besar.

Kapasitas sel akan semakin besar dengan meningkatnya akurasi kontrol daya BS pada sel. Nilai maksimumnya adalah 1 yaitu jika seluruh MS di dalam sel mempunyai daya pancar yang sama. Akurasi kontrol daya ini tidak mempunyai pengaruh terhadap area cakupan sel, namun berpengaruh pada jumlah *user* yang dapat dilayani oleh sel. Akurasi kontrol daya sempurna sangat sulit diperoleh karena keterbatasan perangkat dan kondisi propagasi yang berbeda.

Faktor lain adalah faktor aktifitas suara, yang merupakan salah satu kelebihan CDMA dibandingkan teknologi akses lain. Dengan menggunakan *Variable Rate Vocoder* pada sisi BS dan MS memungkinkan daya yang dipancarkan oleh MS maupun BS dapat berubah-ubah sesuai level pembicaraan yang terjadi. Hal ini akan mereduksi interferensi yang terjadi dan menaikkan kapasitas sel.

Pada simulasi ini *bitrate* yang digunakan adalah 9,6 kbps dan 14,4 kbps yang hanya digunakan untuk melayani trafik *voice* dan bukan data. Semakin tinggi *bitrate* yang digunakan maka semakin banyak bit yang dapat ditransmisikan dalam satu waktu dengan menggunakan lebar pita frekuensi yang sama. Semakin tinggi *bitrate* yang digunakan akan mereduksi jumlah *user* yang dapat ditangani dalam sel dan area cakupan sel tersebut.

Konsekuensi dari faktor-faktor yang berpengaruh tersebut pada sistem adalah terjadinya *trade-off* antara kualitas, area cakupan dan kapasitas sel. Salah satu faktor harus direduksi nilainya sampai pada batas toleransi tertentu untuk meningkatkan nilai faktor lainnya.

Perubahan nilai dari parameter-parameter di atas akan mempengaruhi ukuran sel dan membuat ukuran sel berubah-ubah sesuai perubahan dari faktor-faktor tersebut. Perubahan ukuran sel inilah yang disebut dengan fenomena *cell breathing*.

KESIMPULAN

1. Antara radius dan kapasitas *user* di dalam sel akan terjadi *trade-off* sehingga semakin banyak jumlah *user* yang aktif di dalam sel maka area cakupan dari sel tersebut akan semakin menciut.
2. Semakin banyak jumlah *user* yang aktif di dalam sel akan mengakibatkan level daya terima minimum yang harus diterima BS semakin besar.
3. Pada kondisi ideal faktor-faktor yang mempengaruhi area cakupan sel dan kapasitas *user* adalah energi bit per interferensi total, faktor aktifitas suara, faktor akurasi kontrol daya sempurna dan *bitrate* yang digunakan

4. Semakin tinggi *bitrate* yang digunakan *user*, maka area cakupan sel akan semakin mengecil dan jumlah *user* yang dapat dilayani oleh sel tersebut akan berkurang.
5. Semakin tinggi nilai energi bit per interferensi total, kualitas sambungan akan semakin baik namun jumlah *user* semakin berkurang
6. Semakin tinggi faktor aktifitas suara berarti semakin tinggi intensitas percakapan sehingga daya yang dipancarkan MS dapat mengakibatkan interferensi bagi sel lain dan mengurangi jumlah *user* di dalam sel.
7. Dengan akurasi kontrol daya sempurna didapatkan jumlah *user* yang lebih besar daripada menggunakan kontrol daya tidak sempurna (*imperfect power control*).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, “ Tugas Akhir Program Simulasi *Cell Breathing* “ Universitas Udayana, <http://baliku.s5.com/2.htm>
Diakses April 2005
- Garg, V. K., Kenneth S., Joseph E. W.,” *Application of CDMA in Wireless/Personal Communications*” Prentice Hall, Upper Saddle River New Jersey, 1997
- Garg, V. K.,” *IS-95 CDMA and CDMA 2000*” Prentice Hall, New Jersey, 2002
- Gould, P. R.,”*Radio Planning of Third Generation Networks in Urban Areas*”, Multiple Access Communications Limited, United Kingdom, 2003
- Guo, Liang., Jie Zhang dan Carsten Maple.,”*Coverage and Capacity Calculation for 3G Mobile Network Planning*” Department of Computing and Information System University of Luton, Luton, 2003
- Hikmaturokhman, A.,” Modul Kuliah Jarlokar” Akatel Sandhy Putra Purwokerto, Purwokerto, Maret 2005
- Jatiluhur, Divlat., “*Introduction to CDMA*”, Indosat, Jatiluhur, Mei 2004
- Motorola,” *CDMA/CDMA2000 1x RF Guide Planning*” Motorola, Maret 2002
- Priyanto, Tonda.,” Teori Dasar dan Perkembangan DS-CDMA (*Direct Sequence Code Division Multiple Access*) “ Elektro Indonesia Edisi kesepuluh, 1997
- Rappaport, T. S.,”*Wireless Communication Principle and Practice*” Prentice Hall, Upper Saddle River New Jersey, 1996
- Stamm, Christoph.,” *Algorithms and Software for Radio Signal Coverage Prediction in Terrains* ” Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich, 2001
- Yang, S. C.,” *CDMA RF System Engineering* ” Artech House Publisher Boston-London, 1998