

ANALISIS PENGARUH PENINGKATAN INTERFERENSI MS USER LAYANAN SUARA, DATA DAN VIDEO PADA SISTEM MULTISEL TERHADAP BESARNYA KAPASITAS HOME CELL DENGAN ARAH REVERSE LINK PADA SISTEM CDMA

Gatot Santoso¹

¹Teknik Elektro, Institut Sains& Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 11 April 2015, revisi masuk : 16 Mei 2015, diterima: 29 Juli 2015

ABSTRACT

The future technology of the technology of wireless communication system must be able to serve a multimedia application, included voice, data, and high speed video information. CDMA is one of the communication technology which can be used and have been proved as a technique of multiple access that capable of provide this service requirement. In this system the multicell is analyzed until two tier and the system of multiclass is divided into three classes of traffic which are class 1 for voice, class 2 for data, and class 3 for video services. The analysis of capacity is done according to the effect of variable quality of services, chip rate, bit rate and activity factor. The result show that higher chip rates can maintain the required BER of each information and achieve the user capacity in high traffic condition. However, larger bit rate will decrease total capacity. Furthermore larger activity factor will decrease total capacity of system. So the effect of interference in multi cell system can decrease home cell capacity of offered information traffics.

Keywords : *interference, multicell, home cell, CDMA*

INTISARI

Teknologi komunikasi tanpa kabel masa depan dituntut untuk mampu melayani aplikasi multimedia termasuk informasi suara, data dan video berkecepatan tinggi. CDMA adalah salah satu teknologi yang dapat diaplikasikan dan telah dibuktikan sebagai teknik akses jamak yang mampu untuk menyediakan berbagai macam kebutuhan layanan tersebut. Pada sistem multisel ini dianalisis persoalan sampai dengan dua *tier* sedangkan sistem multikelas di bagi menjadi 3 trafik yaitu kelas-1 untuk layanan suara, kelas-2 untuk layanan data, dan kelas-3 untuk layanan *video*. Analisis kapasitas didasarkan pada pengaruh variasi kualitas layanan, kecepatan *chip*, kecepatan bit, dan faktor aktivitas. Hasil analisis menunjukkan kecepatan *chip* yang lebih tinggi dapat memperbaiki BER yang dibutuhkan oleh tiap layanan informasi serta dapat meningkatkan kapasitas *user* pada saat kondisi trafik padat. Namun, kecepatan bit yang lebih tinggi akan menurunkan kapasitas total sistem. Semakin besar faktor aktivitas akan menurunkan kapasitas total sistem. Pengaruh interferensi pada sistem multisel dapat menurunkan kapasitas *home cell* dari trafik informasi yang ditawarkan.

Kata kunci : *interferensi, multisel, home cell, CDMA*

PENDAHULUAN

Perkembangan layanan suatu sistem komunikasi *wireless* dimasa depan ini dimungkinkan dapat mengintegrasikan berbagai jenis layanan antara suara, data,

dan gambar tanpa penundaan (*video*) dalam sistem pengoperasian yang sama dengan kecepatan yang berbeda-beda. Penelitian yang dilakukan ini untuk dapat mendefinisikan generasi sistem komunika-

¹gatsan@akprind.ac.id

si baru yang memiliki kapasitas yang tinggi dengan mempertimbangkan efisiensi lebarpita (*bandwidth*) (Wang, 2008).

Salah satu cara yang efektif untuk pengiriman data dengan kecepatan tinggi dengan menggunakan teknologi CDMA, merupakan teknologi komunikasi *wireless* generasi ketiga yang mempunyai beberapa keunggulan antara lain: mempunyai kapasitas yang besar dibandingkan dengan teknologi yang lainnya. Kapasitas sistem CDMA dibatasi oleh besarnya *interferensi* yang terjadi, setiap penguangan *interferensi* akan berpengaruh terhadap peningkatan kapasitas dan probabilitas kesalahan sistem multi makrosel dengan pengendalian daya sempurna telah diterangkan pada (Michel, 2008).

Spreading gain adalah salah satu cara yang dipakai pada sistem CDMA yang dapat mendukung transmisi multi *rate*. *Sperading gain* dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan mengubah-ubah *chip rate* dan dengan menjaga *chip rate* tetap, dengan menjaga *chip rate* tetap nilai *spreading gain* akan bervariasi sesuai dengan bervariasinya *rate* sinyal informasi (*input*), dengan besar kecilnya nilai *spreading gain* akan berbanding terbalik dengan *rate* sinyal informasi semakin kecil *rate* sinyal informasi maka semakin besar *spreading gain* begitu sebaliknya (Wang, 2008). Bervariasinya nilai *spreading gain* ini menyebabkan kinerja yang berbeda antara *mobile station* (MS) kelas-1 (suara), kelas-2 (data) dan kelas-3 (*video*) karena masing-masing kelas memiliki persyaratan kualitas yang berbeda.

Sistem *wireless* selular dengan menggunakan sistem CDMA mampu menyediakan layanan dengan kecepatan dan kualitas layanan yang berbeda pada *bandwidth* tetap, telah diteliti pada *single cell* (Michel, 2008). Penelitian kapasitas sistem CDMA dengan dua kelas layanan dengan pendekatan *outage probability* dengan adanya *interferensi* sel pada ring (*tier*) ke 2 tersebut memenuhi kualitas layanan suara dengan *bit error rate* (BER) $\leq 10^{-3}$ (Wu, 2009). Sistem multi *rate*

CDMA ini masih pada multi sel makrosel dengan dua kelas belum menganalisa tiga kelas dan pada dua *tier* sel. Pada penelitian ini dianalisis kapasitas dari MS aktif kelas suara dan data serta *video* pada *home cell* (*tier* ke 0) dengan adanya *interferensi* terhadap besarnya kapasitas sistem multi sel CDMA untuk layanan terpadu suara dan data serta *video* dengan sistem multi *rate* pada arah *reverse link*.

Kapasitas di dalam sistem CDMA dibatasi dengan adanya *interferensi* baik dari dalam sel itu sendiri maupun dari sel tetangga dan *performa* akan menurun untuk semua *user* dengan *user* yang baru dengan berbeda kelas pelayanan. Oleh karena itu diperlukan suatu analisis terhadap faktor perubahan penambahan kelas *user* dan *interferensi user* dari sel tetangga pada *tier* ke 2 (Michel, 2008).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh peningkatan *interferensi MS user* layanan *voice*, data, *video* pada sistem *multi* sel (dua *tier*) terhadap besarnya kapasitas sistem *home cell* (*tier* 0) dengan arah *reverse link* pada sistem CDMA.

Metode CDMA adalah metode akses untuk mengidentifikasi setiap pemakai MS dengan kode *pseudo noise* (PN) yang unik. Metode ini menggunakan teknik *spread spectrum* dengan *bandwidth* sinyal transmisi yang jauh lebih lebar daripada sinyal informasi dimana *bandwidth* sistem tidak bergantung pada sinyal informasi. Kelebihan *spread spectrum* antara lain dapat mengurangi *interferensi multiuser*, sehingga dapat meningkatkan kapasitas sistem.

Teori C.E. Shannon untuk kapasitas kanal dapat diterapkan untuk menentukan kapasitas sistem CDMA, yaitu pada persamaan (1):

$$C = W \cdot \log(1 + S/N) \dots\dots (1)$$

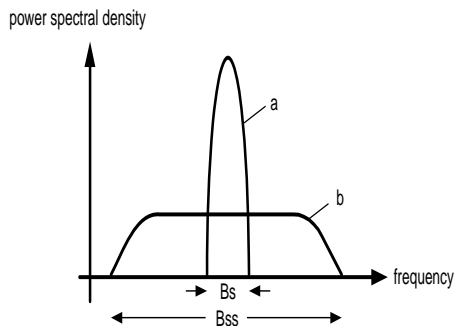
dimana C adalah kapasitas kanal transmisi (bit/detik), W adalah *bandwidth* transmisi (Hz), S adalah daya sinyal informasi (watt) dan N adalah daya *noise* (watt). Terlihat

bahwa kapasitas sistem CDMA dapat dinaikkan terutama dengan menaikkan W .

Ide yang mendasari *spread spectrum* adalah menyebar sinyal informasi dengan *bandwidth* B_s menjadi sinyal *pseudo noise* dengan *bandwidth* B_{ss} yang sangat lebar, namun dengan daya transmisi yang tetap sama dengan daya sinyal informasi. Akibatnya, *power spectral density* sinyal *spread spectrum* menjadi rendah daripada sinyal aslinya, yaitu seperti dinyatakan persamaan (2).

$$S_{ss} = P_s \cdot \left(\frac{B_s}{B_{ss}} \right) \dots\dots\dots (2)$$

dimana P_s adalah daya sinyal informasi, B_{ss}/B_s adalah *processing gain* dan dapat bernilai 10-10.000 kali *bandwidth* sinyal informasi. Gambar 1 memperlihatkan spektrum daya sinyal informasi sebelum dan sesudah penyebaran. *Power spectral density* sinyal *spread spectrum* yang rendah menyebabkan pengaruh interferensinya terhadap sinyal *narrow band* menjadi sangat kecil. Sifat ini dapat diterapkan pada sistem *overlay* antara sistem CDMA dan sistem *narrow band* yang sudah ada. Dua skema *spread spectrum* yang populer yaitu *direct sequence* dan *frequency hopping*.



Gambar 1. Spektrum sinyal sebelum (a) dan sesudah (b) penyebaran dengan luas di bawah kurva sama

Pada pengirim, sinyal informasi langsung dikalikan dengan urutan kode PN yang mempunyai karakteristik sinyal seperti *noise* yang unik dan sinyal yang

dihasilkan memodulasi sinyal *wideband carrier*. Pembangkit urutan kode PN yang populer adalah *maximum length (ML) feedback shift register (FSR)* dengan r elemen penyimpanan dan menghasilkan panjang urutan kode PN satu periode yang ditentukan oleh persamaan (3).

$$L = 2^{r-1} \text{ bit} \dots\dots\dots (3)$$

Periode urutan kode dinyatakan oleh persamaan (4).

$$T = L.T_c \dots\dots\dots (4)$$

dimana T_c adalah durasi *chip*, T_b adalah durasi bit dan T_c/T_b adalah *processing gain*. Nilai dari urutan kode PN bergantung pada nilai awal FSR dan beberapa keluaran elemen FSR yang difeedback melalui penambah *modulo-2* dengan dikendalikan oleh pulsa *clock*. Kelebihan dari urutan kode ini menghasilkan *auto correlation* yang tajam dan *cross correlation* yang rendah.

Pada penerima, sinyal *spread spectrum* dikorelasi dengan urutan kode PN yang sama dan sinkron dengan urutan kode PN dari sinyal *spread spectrum* lalu di *despread*. Keluarannya didemodulasi untuk mendapatkan kembali sinyal informasi.

Besarnya energi bit yang diperlukan untuk dapat mengirimkan sebuah sinyal informasi dengan bit *rate* tertentu dituliskan dengan persamaan (5).

$$E_b = P_s.T_b = S.R.\frac{1}{R} = S \dots\dots\dots (5)$$

dimana S adalah besarnya daya yang dikirimkan oleh *user kelas-b* dan R adalah *bit rate* sinyal informasi *user kelas-c* yang dinyatakan dalam satuan bit/detik. E_b adalah besarnya energi per bit dari *user kelas-b*. Lalu perbandingan energi bit dengan *noise power spectral density* untuk suatu panggilan *voice* yang dijaga tetap konstan dengan *power control* yang sama

membutuhkan $(\frac{E_b}{I_o})$ untuk mencapai layanan yang baik dapat diekspresikan dengan (Kim, 2010):

$$\frac{S_v/R_v}{(P_t - S_v)/W} = \frac{S_v}{(P_t - S_v)} \cdot PG_v = \frac{E_b}{I_o} \dots (6)$$

dimana P_t , S_v , PG_v , R_v adalah total power yang diterima pada suatu sel, daya yang diterima dari layanan voice, processing gain dari layanan voice dan bit rate dari layanan voice serta bandwidth yang tersedia, sedangkan daya untuk layanan voice diambil dari persamaan (6):

$$S_v = P_t \left(\frac{E_b}{I_o} \right) / \left(PG_v + \left(\frac{E_b}{I_o} \right)_v \right) \dots (7)$$

dan daya yang digunakan untuk layanan data dan video dapat diekspresikan sebagai berikut:

$$S_d = P_t \left(\frac{E_b}{I_o} \right) / \left(PG_d + \left(\frac{E_b}{I_o} \right)_d \right) \dots (8)$$

$$S_{vi} = P_t \left(\frac{E_b}{I_o} \right) / \left(PG_{vi} + \left(\frac{E_b}{I_o} \right)_{vi} \right) \dots (9)$$

maka perbandingan daya layanan data terhadap voice direpresentasikan sebagai berikut:

$$\frac{S_d}{S_v} = \frac{\left(\frac{E_b}{I_o} \right) / \left(PG_d + \left(\frac{E_b}{I_o} \right)_d \right)}{\left(\frac{E_b}{I_o} \right) / \left(PG_v + \left(\frac{E_b}{I_o} \right)_v \right)} \dots (10)$$

dan perbandingan daya yang diterima oleh layanan video dengan voice:

$$\frac{S_{vi}}{S_v} = \frac{\left(\frac{E_b}{I_o} \right) / \left(PG_{vi} + \left(\frac{E_b}{I_o} \right)_{vi} \right)}{\left(\frac{E_b}{I_o} \right) / \left(PG_v + \left(\frac{E_b}{I_o} \right)_v \right)} \dots (11)$$

sedangkan perbandingan daya yang diterima oleh layanan video dengan data sebagai berikut:

$$\frac{S_{vi}}{S_d} = \frac{\left(\frac{E_b}{I_o} \right) / \left(PG_{vi} + \left(\frac{E_b}{I_o} \right)_{vi} \right)}{\left(\frac{E_b}{I_o} \right) / \left(PG_d + \left(\frac{E_b}{I_o} \right)_d \right)} \dots (12)$$

Untuk sebuah sistem yang berisi M user, sebuah sel menerima sinyal dari gabungan dari kelas lain yang mempunyai daya $P_s = S.R$ dan $(M-1)$ sinyal interferensi, sehingga dengan mengasumsikan sebuah sel dengan power control sempurna maka total noise adalah jumlah dari background noise dan noise yang berasal dari interferensi user sebagai berikut:

$$N_o^1 = N_o + \frac{S}{W} \cdot (M - 1) \dots (13)$$

W = bandwidth yang digunakan dan N_o adalah Background noise yang berisi thermal noise di dalam spread bandwidth, sedangkan besarnya energi bit adalah sama dengan S dimana T_b adalah periode

bit ($T_b = \frac{1}{R}$) jadi perbandingan energi bit

per noise $(\frac{E_b}{N_o})$ adalah:

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S}{N_o + \frac{S \cdot R}{W} \cdot (M - 1)} \dots\dots (14)$$

$$= \frac{G_p}{G_p \left(\frac{E_b}{N_o} \right)^{-1} + M - 1} \geq \gamma$$

dimana γ adalah $\frac{E_b}{N_o}$ yang dibutuhkan

dan G_p adalah *processing gain* yang dapat didefinisikan sebagai perbandingan *bandwidth* dengan *bit rate*. Lalu jumlah maksimum *user* CDMA diambil dari persamaan (14) menjadi:

$$M = 1 + G_p \left(\frac{1}{\gamma} - \frac{1}{\frac{E_b}{N_o}} \right) \quad (15)$$

Dengan *bandwidth* yang tetap, kapasitas dapat meningkat dengan mengurangi interferensi dari *user* yang lainnya, memonitor faktor aktivitas dan jumlah *user* per sel bergantung pada *interferensi user* dari sel yang lainnya juga sebuah peningkatan faktor peningkatan *interferensi* (λ_i) yang dihitung dalam penghitungan *interferensi user* persel, jadi jumlah *user* per sel:

$$N_c = \frac{M}{1 + \lambda_i} \dots\dots (16)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (15) dengan (16) menjadi:

$$N_c = \frac{1}{1 + \lambda_i} \left[1 + \frac{G_p}{p} \left(\frac{1}{\gamma} - \frac{1}{\frac{E_b}{N_o}} \right) \right] \dots\dots (17)$$

persamaan diatas menjadi dasar untuk menghitung kapasitas *user* lebih dari satu kelas.

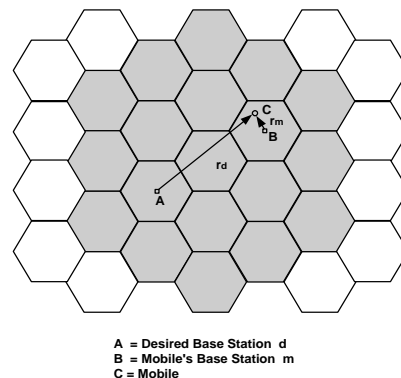
Model selular dari arah *reverse link* yang mana masing-masing BS diasumsikan berada di pusat sebuah sel, disebabkan peyebaran *bandwidth* (*spread bandwidth*) yang merata digunakan pada

masing-masing sel. Kita dapat memilih satu sel sebagai sel referensi dan *interferensi* yang dibangkitkan oleh user didalam sel referensi disebut *intracellular interference* dan interferensi yang dibangkitkan oleh *user* di dalam sel tetangga di sebut *intercellular interferensi*.

Total interferensi I_{tot} yang di terima ole BS dengan asumsi *power control* sempurna diberikan sebagai jumlah dari *intracellular* dan *intercellular interference* yang mana didefinisikan sebagai rata-rata dari perbandingan total interference I_{tot} dengan daya yang diterima S sebagai berikut: $I_{tot} = I_{Intra} + I_{Inter}$.

METODE

Model selular yang akan dianalisis digunakan sel makrosel dua *tier* dengan bentuk hexagonal dengan diasumsikan berupa suatu lingkaran (Vannithamby, 2010). Di dalam Gambar 2 digambarkan MS di titik C sedang berkomunikasi dengan MS di titik B dan menimbulkan interferensi ke A. Diasumsikan bahwa pada titik C terdapat beberapa MS disekitar BS (titik A dan B). Titik A adalah BS utama dan B adalah BS dimana C sedang berkomunikasi, MS menggunakan antena *omnidirectional* dan BS menggunakan tiga antena terarah (*directional*), jadi tiap sel memiliki tiga sektor dan sektorisasi dan *power control* diasumsikan sempurna.



Gambar 2. Model sistem selular (Vannithamby, 2010)

Kapasitas Sistem CDMA, pada sistem CDMA untuk mengetahui kualitas *link* bergantung pada besarnya total interferensi di dalam sistem. Lalu jumlah dan tipe dari inter-ferensi adalah parameter sistem yang krusial. Kecepatan data yang tinggi membutuhkan BER yang besar, syarat tersebut dapat dicapai dengan daya yang tinggi. Besarnya kapasitas MS pada makrocel acuan dipengaruhi oleh interferensi dari MS aktif kelas satu, dua dan tiga pada makrocel acuan I_H dan dari MS aktif kelas satu, dua dan tiga pada makrocel tetangga I_O sehingga interferensi total ke BS makrocel acuan adalah (Gilhousen, 2011):

$$I_{tot} = I_{int} + I_{ext} \dots\dots\dots (18)$$

Kapasitas sistem CDMA pada arah *reverse link* merupakan MS kelas satu, dua dan tiga yang aktif secara serempak. Kapasitas makrocel acuan merupakan jumlah MS yang aktif kelas satu (N_1) dan kelas dua (N_2) serta kelas tiga (N_3) yang bergantung pada pada jumlah MS aktif kelas satu (M_1) dan kelas dua (M_2) serta kelas tiga (M_3) pada makro sel tetangga *tier* ke 2 begitu juga energi tiap bit per daya interferensi untuk kelas c (*noise* diabaikan) (Gilhousen, 2011):

$$\left(\frac{E_b}{I_O}\right)_{3,\min} = \gamma_3 \dots\dots\dots (19)$$

$$E\left(\frac{I_{Inter}}{S_3}\right) = E\left(\frac{I_1}{S_3}\right) + E\left(\frac{I_2}{S_3}\right) + E\left(\frac{I_3}{S_3}\right) = \alpha_1 N_1 \frac{S_1}{S_3} + \alpha_2 N_2 \frac{S_2}{S_3} + \alpha_3 (N_2 - 1) \dots\dots\dots (20)$$

dan $E\left(\frac{I_{Inter}}{S_3}\right)$ atau $E\left(\frac{I_O(r_m, r_d)}{S_3}\right)$ adalah makrocel tetangga kelas tiga

sebagai acuan, persamaan (2) dapat ditulis menjadi (Kim, 2010):

$$= \alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 \cdot N_2 \cdot S_2 + \alpha_3 (N_3 - 1) S_3 \quad (21)$$

dan $E\left(\frac{I_{Inter}}{S_2}\right)$ atau $E\left(\frac{I_O(r_m, r_d)}{S_2}\right)$ adalah makrocel tetangga kelas tiga sebagai acuan:

$$E\left(\frac{I_O(r_m, r_d)}{S_3}\right) = E\left(\frac{I_1(r_m, r_d)}{S_3}\right)_O + E\left(\frac{I_2(r_m, r_d)}{S_3}\right)_O \dots\dots\dots (22)$$

$$+ E\left(\frac{I_3(r_m, r_d)}{S_3}\right)_O$$

$$= \alpha_1 \cdot M_1 \cdot m_{13}(r_m, r_d) + \alpha_2 \cdot M_2 \cdot m_{23}(r_m, r_d) + \alpha_3 \cdot M_3 \cdot m_{33}(r_m, r_d) = mean_3(r_m, r_d) \quad (23)$$

untuk kelas satu sebagai acuan, jadi jumlah *user* N_1 di *home cell* menjadi:

$$N_1 = 1 + \frac{G_1}{EbI_{O1}} - \left(\frac{\alpha_2 \cdot S_2}{\alpha_{21} \cdot S_1}\right) \cdot N_{2i} \dots\dots\dots (24)$$

$$- \left(\frac{\alpha_3 \cdot S_3}{\alpha_1 \cdot S_2}\right) \cdot N_3$$

$$\alpha_1 (N_1 - 1) \cdot S_1 + \alpha_2 N_2 S_2 + \alpha_3 N_3 S_3 + mean_1(r_m, r_d) \leq \frac{G_1}{\gamma_1} \dots\dots\dots (25)$$

jadi jumlah *user* N_1 di *home cell* dan interferensi dari satu sel *tier* ke dua menjadi:

$$N_1 + \frac{\alpha_2 S_2}{\alpha_1 \cdot S_1} N_2 + \frac{\alpha_3 S_3}{\alpha_1 \cdot S_1} N_3 + \frac{1}{\alpha_1 S_1} \dots\dots\dots (26)$$

$$(mean_1(r_m, r_d)) \leq 1 + \frac{G_1}{\gamma_1}$$

$$N_1 = 1 + \frac{G_1}{\alpha_1 \gamma_1} - \frac{\alpha_2 S_2}{\alpha_1 S_1} N_2 + \frac{\alpha_3 S_3}{\alpha_1 S_1} \dots\dots\dots (27)$$

$$N_3 + \frac{1}{\alpha_1} mean_1(r_m, r_d)$$

dimana nilai $\frac{S_2}{S_1}$ dan $\frac{S_3}{S_1}$ (Wu, 2009):

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{\alpha_1 + \frac{G_1}{EbI\alpha_1}}{\alpha_2 + \frac{G_2}{EbI\alpha_2}} \quad \frac{S_3}{S_1} = \frac{\alpha_1 + \frac{G_1}{EbI\alpha_1}}{\alpha_2 + \frac{G_3}{EbI\alpha_3}} \dots \quad (28)$$

untuk kelas dua sebagai acuan, jadi jumlah user N_2 di *home cell* menjadi:

$$N_2 = 1 + \frac{G_2}{EbI\alpha_2} - \left(\frac{\alpha_1 \cdot S_1}{\alpha_2 \cdot S_2} \right) \cdot N_1 - \left(\frac{\alpha_3 \cdot S_3}{\alpha_2 \cdot S_2} \right) \cdot N_3 \quad (29)$$

$$\alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 (N_2 - 1) \cdot S_2 + \alpha_3 N_3 S_3 + mean_2 \quad (30)$$

$$(r_m, r_d) \leq \frac{G_2}{\gamma_2}$$

jadi jumlah user N_2 di *home cell* dan interferensi dari satu sel *tier* ke dua menjadi:

$$N_2 + \frac{\alpha_1 S_1}{\alpha_2 S_2} N_1 + \frac{\alpha_3 S_3}{\alpha_2 S_2} N_3 + mean_2 \quad (31)$$

$$(r_m, r_d) \leq 1 + \frac{G_2}{\gamma_2}$$

$$N_2 = 1 + \frac{G_2}{\alpha_2 \gamma_2} - \frac{\alpha_1 S_1}{\alpha_2 S_2} N_1 + \frac{\alpha_3 S_3}{\alpha_2 S_2} N_3 \quad (32)$$

$$+ \frac{1}{\alpha_2} mean_2(r_m, r_d)$$

dimana nilai $\frac{S_1}{S_2}$ dan $\frac{S_3}{S_2}$:

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{\alpha_2 + \frac{G_2}{EbI\alpha_2}}{\alpha_1 + \frac{G_1}{EbI\alpha_1}} \quad \frac{S_3}{S_2} = \frac{\alpha_2 + \frac{G_2}{EbI\alpha_2}}{\alpha_3 + \frac{G_3}{EbI\alpha_3}} \dots \quad (33)$$

untuk kelas tiga sebagai acuan, jadi jumlah user N_3 di *home cell* menjadi:

$$N_3 = 1 + \frac{G_3}{EbI\alpha_3} - \left(\frac{\alpha_1 \cdot S_1}{\alpha_3 \cdot S_3} \right) \cdot N_1 \dots \dots \quad (34)$$

$$- \left(\frac{\alpha_2 \cdot S_2}{\alpha_3 \cdot S_3} \right) \cdot N_2$$

$$\alpha_1 \cdot N_1 \frac{S_1}{S_3} + \alpha_2 \cdot N_2 \frac{S_2}{S_3} + \alpha_3 (N_3 - 1) + \dots \dots \quad (35)$$

$$mean_3(r_m, r_d) \leq \frac{G_3}{\gamma_3}$$

jadi jumlah user N_3 di *home cell* dan interferensi dari satu sel *tier* ke dua menjadi:

$$N_3 + \frac{\alpha_1 S_1}{\alpha_3 S_3} N_1 + \frac{\alpha_2 S_2}{\alpha_3 S_3} N_2 + mean_3 \quad (36)$$

$$(r_m, r_d) \leq 1 + \frac{G_2}{\gamma_2}$$

PEMBAHASAN

Sebelumnya telah dibahas performansi mengenai kapasitas *voice*, data dan *video* pada sistem multi sel CDMA dengan arah *reverse link*. Analisa kapasitas menghitung jumlah kapasitas *user voice*, data dan *video* yang dapat dilayani sistem berdasarkan ambang batas (*threshold*) Eb/lo dari masing-masing *user home cell* maupun yang berada sel tetangga pada *tier* ke dua dengan menggunakan program komputer MATHCAD. Kapasitas sistem didasarkan pada kebutuhan minimum dari perbandingan sinyal yang diperlukan *user voice* dengan adanya *user data* dan *video* untuk mendapatkan nilai Eb/lo yang diperlukan untuk dapat terlayani oleh sistem.

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam analisa pada penelitian ini adalah perubahan variable kecepatan bit, *power control* diasumsikan sempurna, kecepatan bit R=(8,64,96,128 Kbps) dan faktor aktivitas $\alpha=(2/8,3/8,5/8,7/8)$ yang menunjukkan efektivitas penggunaan kanal oleh tipe trafik agar informasi dapat diterima untuk masing-masing *user*, perbandingan

daya transmisi, *bandwidth* yang digunakan sebesar 15 MHz.

Analisa performansi kapasitas didasarkan pada besarnya interferensi dalam sistem CDMA dapat diakibatkan dari tiga faktor antara lain:

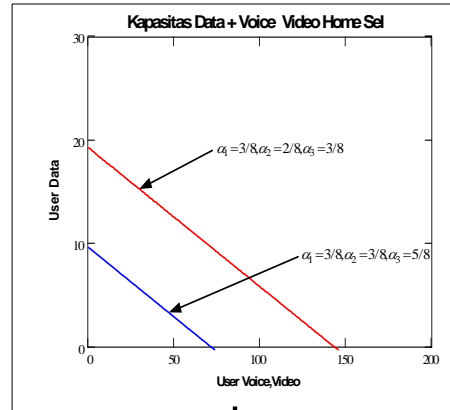
- Kelas *user* yang sama dalam satu sel.
- Kelas *user* yang berbeda dalam satu sel.
- Kelas *user* yang berbeda dari sel yang berbeda.

Interferensi *user voice*, data dan *video* pada *home cell* serta *user voice*, data dan *video* pada sel *tier* ke 2 dengan pengaruh *chip rate* (*processing gain*) dengan faktor aktivitas, yang berdampak pada perubahan kapasitas (Sandouk, 2012). Untuk menghitung jumlah dari kapasitas masing-masing kelas *user* yang sama pada *home cell* seperti pada rumus (6),(10),(15), dan jumlah kapasitas masing-masing kelas *user* yang sama pada *home cell* dengan adanya interferensi dari sel *tier* ke 2 seperti pada rumus (8),(13),(19).

Berikut ini merupakan hasil dan analisa perhitungan kapasitas *user voice*, data dan *video* pada *home cell* maupun dengan interferensi dari sel *tier* ke 2.

Analisa Kapasitas pada *Single Cell*,Kapasitas pada *single cell* dipengaruhi oleh adanya interferensi dari *user* kelas yang sama maupun kelas yang berbeda, pada perhitungan sistem kelas tunggal, pengaruh dari kelas lain tidak terjadi karena trafik hanya melayani satu trafik saja.

Pada Gambar 3 diperlihatkan besarnya kapasitas data terhadap *user voice* dan *user video* dan kualitas layanan yang tetap dengan membuat variasi kecepatan dari *user data* dan *video* seperti pada rumus (8), dan perbandingan daya pada rumus (12).

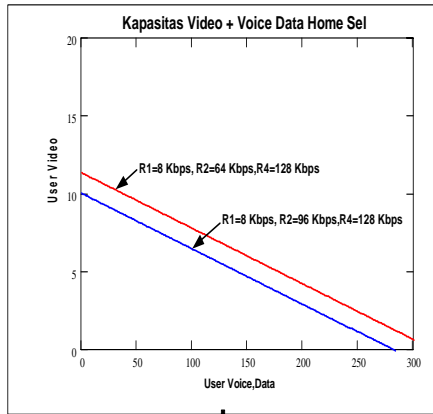


Gambar 3. Hubungan kapasitas *user data* dengan *user voice* ditambah *user video* dengan mengubah faktor aktivitas

Dari hasil tersebut maka terlihat dengan mengubah faktor aktifitas *user data* dan *video* akan didapatkan perbandingan daya yang cukup besar dikarenakan dengan besarnya aktivitas dari *user voice* dan *video* yang menyebabkan interferensi kepada *user data* dan mengalami penurunan jumlah *user* yang cukup besar dikarenakan penggunaan kanal dari *user video* yang cukup besar akan meningkatkan kapasitas *user video* dan akan mengeser alokasi *user data* dari kanal.

Pada Gambar 4 diperlihatkan besarnya kapasitas *user video* terhadap *user voice* dan *user data* dan kualitas layanan yang tetap dengan membuat variasi kecepatan dari *user data* seperti pada rumus (13), dan perbandingan daya pada rumus (18).

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dengan menambah kecepatan *user data*, maka akan merubah *processing gain* yang mengurangi pemakaian *bandwidth* sistem CDMA ditambah akan menaikkan perbandingan daya antara *user video* dengan *user voice* dan *user video* dengan *user data* yang menghasilkan interferensi kepada *user video* yang menurunkan jumlah *user video* seraya bertambahnya *user voice* dan *user data*.

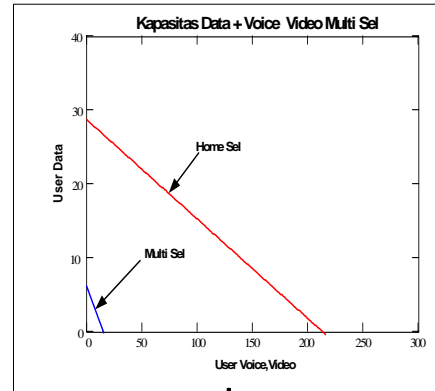


Gambar 4. Hubungan kapasitas *user video* dengan *user voice* ditambah *user data* dengan mengubah kecepatan dari *user data*

Analisa Kapasitas Multi Sel, Jumlah kapasitas pada *home cell* dipengaruhi oleh kelas *user* itu sendiri maupun dari kelas *user* yang lainnya, selain itu kapasitas *user* di *home cell* dipengaruhi oleh adanya interferensi dari *user* di *tier* yang lain yang kita asumsi dari sel *tier* ke 2. Pengaruh interferensi ini berasal dari dari satu sel tetangga sesuai dengan tingkatan 2 *tier* dengan mencari nilai rata-rata dari interferensi dari masing kelas *user* karena interferensi *user* dari *tier* ke 2 bersifat variable. Pengaruh interferensi ini dapat menurunkan kapasitas sistem layanan. Berikut akan digambarkan beberapa kelas *user* di *home cell* dipengaruhi oleh interferensi dari *tier* ke 2.

Disini kita melihat dari hasil perhitungan di atas bahwa jumlah *user voice* pada *home cell* dan dengan adanya interferensi dari satu sel ditier kedua akan mengakibatkan penurunan jumlah maksimum *user data* dan *video* dikarenakan kualitas layanan *user voice* berkurang bersama bertambahnya perbandingan daya yang besar dari *user data* dan *video* di *home cell* ditambah *user voice*, data dan *video* dari satu sel ditier ke 2, yang

menghasilkan interferensi ke *user voice* di *home cell*.



Gambar 5. Perbandingan dari *user data* di *home cell* (dipengaruhi *user voice* dan *video*) dengan *user data* di *home cell* ditambah adanya interferensi rata-rata (*mean*) pada sel *tier* ke 2

Pada Gambar 5 digambarkan perbandingan kapasitas *user voice*, ditambah *user data* dan *video* pada *home cell* dengan kapasitas *user voice*, ditambah *user data* dan *video* dengan adanya interferensi *user* yang sama dari satu sel *tier* ke 2 seperti pada persamaan (11) dan perbandingan daya (12).

Disini kita melihat dari hasil perhitungan di atas bahwa jumlah *user data* pada *home cell* dan dengan adanya interferensi dari satu sel ditier 2 akan mengakibatkan penurunan jumlah maksimum *user data* dan penurunan jumlah maksimum *user voice* dan *video* dikarenakan kualitas layanan *user data* berkurang bersama bertambahnya perbandingan daya yang besar dari *user voice* dan *video* di *home cell* ditambah *user voice*, data dan *video* dari satu sel ditier ke 2, yang menghasilkan interferensi ke *user data* di *home cell*.

KESIMPULAN

Perhitungan dari kapasitas untuk masing-masing *user* yang berada pada sisi *home sel* mempunyai batas kualitas (*threshold*) (*Eb/lo*) yang harus dipenuhi,

dimana *user* satu dengan yang lainnya dapat memberikan sinyal interferensi. Sinyal interferensi itu dihasilkan dengan membandingkan daya antara sinyal *user* yang satu dengan yang lainnya.

Selain perbandingan daya, penggunaan faktor aktivitas yang berbeda-beda memberikan efek interferensi dengan *user* yang lain. Efek interferensi tersebut dikarenakan semakin besar faktor aktivitas, yang mengakibatkan meningkatnya kualitas layanan dari *user* tersebut, tetapi dapat menurunkan kapasitas kelas *user* yang lainnya dikarenakan penggunaan kanal yang besar pada besar *bandwidth* yang tetap.

Dengan bertambahnya kecepatan *chip* dari nilai *processing gain* dapat meningkatkan kapasitas suatu *user*, tetapi dapat mengakibatkan penurunan jumlah kapasitas *user* kelas yang lainnya (dapat menginterferensi) sehingga dapat mengurangi kapasitas total dari sistem CDMA.

Besarnya interferensi pada sel tetangga di *tier* ke 2 terhadap *user* yang berada di *home cell* bersifat variabel, oleh karena itu dihitung nilai interferensi rata-rata, mengakibatkan penurunan yang cukup besar jumlah *user* yang besar di *home cell*, sesuai dengan nilai ambang batas (*threshold*) dari masing-masing *user*.

DAFTAR PUSTAKA

Gilhausen K.S., et al., 2011, *On the Capacity of a cellular CDMA System*, IEEE Trans. On Veh. Tech. Vol. 40, No.2.

Kim D.H., Sun W., 2010, *The Effect of Multirate data Transmission on Spectral Efficiency in DS/CDMA Cellular Systems*, IEEE Trans. Commun, Vol. E83-B, No.5.

Michel G., Hansen, Prasad R., 2008, *Capacity, Throughput and Delay Analysis of a Cellular DS CDMA System With Imperfect Power Control and Imperfect Sectorization*, IEEE Trans. On Veh. Tech. Vol. 44 No.1.

Sandouk A., Yamazato T., Katamaya M., 2012, *An Integrated Voice/Data/Video CDMA Packet Communication with Multi-Code CDMA Scheme*, IEICE Trans. Fundamental, Vol. E-82-A, No. 10.

Vannithamby R., Sousa E.S., 2010, *Performance of Multirate Data Traffic Using Variable Spreading Gain in the Reverse Link Under Wideband CDMA*, IEEE Vehicular Technology Conference.

Wang M., Kohno R., 2008, *A Novel Wireless Multimedia CDMA System Based on Adaptive Chip/Bit Rate Control*, IEICE Trans. Fundamentals Vol. E81-A, No. 11, pp. 76-85.

Wu J., Kohno R., 2009, *A Wireless Multimedia CDMA System Based on Transmission Power Control*, IEEE J. Select. Areas Comm., pp. 683-692.