



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS PENGARUH INTERFERENSI TERHADAP
KAPASITAS SEL PADA SISTEM WCDMA**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar menjadi
Sarjana Teknik**

BAMBANG BUDIANTO
0706199174

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : BAMBANG BUDIANTO

NPM : 0706199174

Tanda Tangan :

Tanggal : 7 Juli 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Bambang Budianto
NPM : 0706199174
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : **ANALISIS PENGARUH INTERFERENSI
TERHADAP KAPASITAS SEL PADA
SISTEM WCDMA**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Elektro Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Hj. Ir. Rochmah N S Ny M.Eng.Sc (.....)

Penguji : Prof. DR. Ir. Dadang Gunawan M.Eng. (.....)

Penguji : DR. Ir. Fitri Yuli Zulkifli M.Eng. (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Juli 2009

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Hj. Ir. Rochmah N Sukardi Ny M.Eng.Sc

Selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.

Harapan penulis kiranya skripsi ini dapat memberikan pengetahuan yang bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah pada kita semua. Amin.

Depok, 7 Juli 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bambang Budianto
NPM : 0706199174
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**” ANALISIS PENGARUH INTERFERENSI TERHADAP KAPASITAS
SEL PADA SISTEM WCDMA”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 7 Juli 2009
Yang menyatakan

(Bambang Budianto)

ABSTRAK

Nama : Bambang Budianto
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : **ANALISIS PENGARUH INTERFERENSI
TERHADAP KAPASITAS SEL PADA SISTEM
WCDMA**

Pada sistem komunikasi selular, interferensi yang terjadi dapat mempengaruhi proses transmisi dan penerimaan sinyal informasi pada terminal. Interferensi yang terjadi dapat menyebabkan suatu terminal telepon selular menjadi tidak dapat melakukan suatu proses panggilan sehingga mempengaruhi kapasitas sel.

Skripsi ini adalah menganalisis pengaruh yang terjadi akibat dari interferensi yang terjadi terhadap kapasitas sel di sistem WCDMA. Interferensi yang terjadi pada sistem WCDMA dapat berasal dari *internal interference* dan *eksternal interference* yang berasal dari sistem lain.

Analisis berdasarkan dari studi literatur yang diperoleh dan melakukan perhitungan dengan menggunakan formula kapasitas sel beserta simulasi grafik pengaruh interferensi pada kapasitas sel.

Dari data percobaan didapatkan jumlah *user* 25 untuk *interference margin* sebesar -0,04 pada *picocell*, sedangkan untuk *interference margin* -0,16 didapatkan jumlah *user* 5.

Kata Kunci *internal interference, eksternal interference, WCDMA*

ABSTRACT

Name : Bambang Budianto
Study Program : Electrical Engineering
Title : **ANALYZING INTERFERENCE INFLUENCE TO
CELL CAPACITY IN WCDMA SYSTEM**

In cellular communication system, the interference which occurs can influence the transmission process and receiving information signal received at terminal. The interference which occurs can cause the cellular phone terminal can't successfully establish the call process and therefore influence the cell capacity.

This study analyze the parameters which influence the interference that occurs at cell capacity in WCDMA system. The interference in WCDMA system derive from internal interference and external interference coming from other systems.

The analysis is based from literature study and from calculation using the cell capacity formula along with the GUI.

The result shows for the interference margin equal - 0,04 at picocell, the maximum number of user is 25, while for interference margin - 0,16 the maximum number of user is 5.

Key word: internal interference, external interference, WCDMA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. LATAR BELAKANG MASALAH.....	1
1.2. TUJUAN PENULISAN.....	2
1.3. BATASAN MASALAH.....	2
1.4. METODOLOGI PENULISAN.....	3
1.5. SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
BAB 2 KONSEP DASAR WCDMA.....	5
2.1. Arsitektur Jaringan WCDMA.....	6
2.2. Karakteristik Sistem WCDMA.....	8
2.3. <i>Handover</i>	9
2.4. <i>Power Control</i>	10
2.5. <i>Cell Reselection</i>	11
2.6. <i>WCDMA Codes</i>	12
2.6.1. <i>Scrambling Code</i>	12
2.6.2. <i>Channelization Code</i>	13
2.7. <i>Pilot Pollution</i>	14
2.7.1. <i>Pilot Set</i>	14
2.8. RAB (<i>Radio Access Bearer</i>).....	14
2.9. Interferensi Pada Sistem Komunikasi Selular.....	16
2.9.1. <i>Co-channel Interference</i>	17
2.9.2. <i>Adjacent Channel Interference (ACI)</i>	20
2.10. Jenis Interferensi Pada WCDMA.....	22
2.10.1. <i>In-band Interference</i>	23
2.10.2. <i>Out-band Interference</i>	24
BAB 3 DATA DAN PERHITUNGAN INTERFERENSI.....	25
3.1. Diagram Alir Perhitungan Interferensi.....	25
3.2. Data Interferensi.....	26
3.3. Grafik Pengaruh Interferensi Pada WCDMA.....	29
3.3.1. Pengaruh Perubahan <i>bitrate</i>	28
3.3.2. Pengaruh Perubahan Faktor Koreksi Kontrol Daya.....	31
3.3.3. Pengaruh Perubahan Faktor Aktifitas Pengguna.....	32
3.4. Pencuplikan Data Sampel.....	34
BAB 4 HASIL DAN ANALISIS PERHITUNGAN.....	35
4.1. Analisis Interferensi pada <i>Picocell</i> WCDMA.....	35
4.2. Perhitungan Interferensi vs <i>User</i> pada <i>Picocell</i>	37

4.3. Analisis Interferensi pada <i>Microcell</i> WCDMA.....	40
4.4. Perhitungan Interferensi vs <i>User</i> pada <i>Microcell</i>	42
4.5. Analisis Interferensi pada <i>Macrocell</i> WCDMA.....	43
4.6. Perhitungan Interferensi vs <i>User</i> pada <i>Macrocell</i>	45
BAB 5 KESIMPULAN.....	48
DAFTAR REFERENSI.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Arsitektur Jaringan WCDMA	5
Gambar 2.2 <i>Gateway GPRS Support Node</i> (GGSN)	8
Gambar 2.3 <i>Radio Access Bearer</i> (RAB)	15
Gambar 2.4 <i>Co-Channel Cell</i>	18
Gambar 2.5 Ilustrasi terjadinya <i>Adjacent Channel Interference</i>	19
Gambar 2.6 Berbagai jenis Interferensi	24
Gambar 3.1 Diagram alir simulasi grafik	25
Gambar 3.2 Grafik Eb/No vs BER	27
Gambar 3.3 Grafik Interferensi vs Jumlah <i>User</i> untuk <i>Picocell</i>	29
Gambar 3.4 Grafik Interferensi vs Jumlah <i>User</i> untuk <i>Microcell</i>	30
Gambar 3.5 Grafik Interferensi vs Jumlah <i>User</i> untuk <i>Macrocell</i>	30
Gambar 3.6 Grafik Interferensi vs Jumlah <i>User</i> untuk Faktor Koreksi Kontrol Daya 50 %	31
Gambar 3.7 Grafik Interferensi vs Jumlah <i>User</i> untuk Faktor Koreksi Kontrol Daya 75 %	31
Gambar 3.8 Grafik Interferensi vs Jumlah <i>User</i> untuk Faktor Koreksi Kontrol Daya 100 %	32
Gambar 3.9 Grafik Interferensi vs Jumlah <i>User</i> untuk Faktor Aktifitas Pengguna 1 (Tanpa Aktifitas Suara)	33
Gambar 3.10 Grafik Interferensi vs Jumlah <i>User</i> untuk Faktor Aktifitas Pengguna 2,5 (Dengan Aktifitas Suara)	33
Gambar 4.1 Grafik Interferensi pada <i>picocell</i> dengan faktor korelasi kontrol 60 %.	36
Gambar 4.2 Grafik Interferensi vs <i>User</i> pada <i>picocell</i> dengan korelasi kontrol 70%	40
Gambar 4.3 Grafik Interferensi vs <i>User</i> pada <i>microcell</i> dengan korelasi kontrol 60%.	41
Gambar 4.4 Grafik Interferensi Vs <i>User</i> pada <i>microcell</i> dengan korelasi kontrol 70%	41
Gambar 4.5 Grafik Interferensi vs <i>User</i> pada <i>macrocell</i> dengan korelasi kontrol 60 %	44
Gambar 4.6 Grafik Interferensi vs <i>User</i> pada <i>macrocell</i> dengan korelasi kontrol 70%	44

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1	Interferensi vs jumlah user pada <i>picocell</i> (2Mbps) dengan korelasi kontrol 0,6 dan faktor aktifitas pengguna dengan aktifitas suara (2,5) 34
Tabel 3.2	Interferensi vs jumlah user pada <i>picocell</i> (2Mbps) dengan korelasi kontrol 0,6 dan faktor aktifitas pengguna dengan tanpa aktifitas suara (1) 34
Tabel 3.3	Interferensi vs jumlah user pada <i>microcell</i> (2Mbps) dengan korelasi kontrol 0,6 dan faktor aktifitas pengguna dengan aktifitas suara (2,5) 34
Tabel 4.1	Parameter Perhitungan Interferensi 35
Tabel 4.2	Data Perbandingan Jumlah <i>User</i> dan <i>interference margin</i> pada <i>picocell</i> . 37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dari studi literatur yang dilakukan Penulis, masalah yang sudah dibahas diantaranya BS to BS interference of WCDMA, Penulis Settapong Malisuwan Ph.D dari Department of Electrical Engineering Chulachomkiao Royal Military Academy, Thailand dan acuan lain yaitu Penentuan cakupan dan kapasitas sel jaringan WCDMA penulis Herlinawati, seminar di UNILA 2008 . Dan Penulis memutuskan untuk menganalisa pengaruh interferensi terhadap kapasitas sel pada WCDMA karena hal tersebut menarik untuk perkembangan dunia selular di masa depan khususnya WCDMA

Pada komunikasi seluler khususnya jaringan WCDMA yang dibahas penulis, interferensi merupakan faktor pembatas yang cukup berpengaruh dalam kapasitas sel suatu sistem selular. Sumber dari interferensi antara lain dapat berasal dari telepon selular lain yang terdapat pada sel yang sama, *base station* yang lain yang beroperasi pada pita frekuensi yang sama, atau energi bocor berasal dari sistem non selular yang mempengaruhi pita frekuensi sistem selular tersebut [1].

Pada sistem komunikasi selular, interferensi yang terjadi dapat mempengaruhi proses transmisi dan penerimaan sinyal informasi pada terminal. Interferensi yang terjadi dapat menyebabkan suatu terminal telepon selular menjadi tidak dapat melakukan suatu proses panggilan. Hal tersebut tentunya akan menyebabkan berkurangnya jumlah terminal yang dapat ditangani oleh sistem. Oleh karena itu, interferensi sangat mempengaruhi kapasitas suatu sistem selular.

Dalam sistem komunikasi selular generasi ke-3 (3G) yaitu WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*), faktor-faktor yang mempengaruhi unjuk kerja dan kapasitas sistem yaitu:

1. *Interference* (interferensi)
2. *Jamming* (penyumbatan)
3. *Interception* (pemotongan)

Kapasitas dari suatu sistem selular CDMA sangat bergantung pada besar nilai C/I yaitu perbandingan sinyal yang diterima dengan sinyal interferensi yang terjadi. Jenis interferensi yang terdapat dalam sistem CDMA terdiri dari *intra-system interference* dan *inter-system interference*. Jenis interferensi yang cukup berpengaruh adalah *inter-system interference* atau disebut juga sebagai *out-band interference* (ACI). Salah satu jenis dari *out-band interference* ialah *Adjacent Channel Interference* (ACI). ACI terjadi akibat adanya operator selular lain yang beroperasi pada pita atau alokasi frekuensi yang berdekatan. ACI memiliki pengaruh yang besar dalam menurunkan kapasitas dari sistem CDMA.

Teknologi 3G telah digunakan di banyak negara dan negara Indonesia telah menerapkan teknologi 3G tersebut. Indonesia telah menerapkan teknologi 3G yaitu WCDMA dan CDMA2000. Dengan diterapkannya dua teknologi tersebut, maka sangat dimungkinkan terjadinya interferensi yang akan mempengaruhi kedua sistem. Oleh karena itu sangat penting untuk dilakukan peninjauan mengenai interferensi yang terjadi. Analisis interferensi yang dilakukan tersebut tentunya akan sangat bermanfaat dalam proses perencanaan suatu jaringan komunikasi selular terutama untuk penerapan teknologi 3G khususnya WCDMA.

1.2 TUJUAN PENULISAN

Tujuan penulisan skripsi ini adalah menganalisis pengaruh interferensi terhadap kapasitas sel dalam sistem WCDMA dengan melakukan simulasi grafik berdasarkan formula kapasitas sel dan melakukan perhitungan kapasitas sel

1.3 BATASAN MASALAH

Interferensi merupakan suatu faktor pembatas yang berpengaruh dalam unjuk kerja suatu sistem komunikasi selular. Selain bergantung pada faktor *pathloss* dan *noise*, besarnya jangkauan suatu sistem selular ataupun komunikasi nirkabel juga sangat bergantung pada tingkat interferensi yang terjadi [2]. Dalam implementasinya, tidak ada sistem komunikasi yang sempurna. Interferensi sangat mempengaruhi kapasitas dari suatu sistem komunikasi selular

Pada sistem komunikasi selular, interferensi yang terjadi dapat mempengaruhi proses transmisi dan penerimaan sinyal informasi pada terminal. Interferensi yang terjadi dapat menyebabkan suatu terminal telepon selular menjadi tidak dapat melakukan suatu proses panggilan. Hal tersebut tentunya akan menyebabkan berkurangnya jumlah terminal yang dapat ditangani oleh sistem. Oleh karena itu, interferensi juga sangat mempengaruhi kapasitas suatu sistem selular. Penulisan skripsi ini akan lebih cenderung membahas mengenai pengaruh akibat interferensi yang terjadi pada sistem WCDMA terhadap kapasitas sel dengan menganalisa simulasi grafik dan perhitungan yang dibuat berdasarkan formula kapasitas sel

1.4 METODELOGI PENULISAN

Dalam penulisan tugas akhir ini, metode yang dilakukan meliputi tahap-tahap sebagai berikut:

- Studi Literatur
Pada tahap ini penulis mencoba mencari literatur yang berkaitan dengan sistem WCDMA.
- Simulasi
Dengan menggunakan data-data yang didapatkan, maka pada tahap ini penulis mencoba merancang simulasi menggunakan MATLAB.
- Pengolahan Data Perhitungan
Pada tahap ini penulis melakukan pengolahan data perhitungan untuk kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi.
- Analisis
Menganalisis data hasil perhitungan dengan hasil simulasi.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Pokok-pokok penulisan laporan ini disusun dan dikelompokkan menjadi 5 (lima) bab sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metodologi penulisan dan sistematika penulisan laporan.

BAB II KONSEP DASAR WCDMA

Memberikan penjelasan dasar-dasar sistem komunikasi pada WCDMA dengan beberapa faktor pendukung lainnya.

BAB III DATA DAN PERHITUNGAN INTERFERENSI

Mencakup perhitungan data, langkah-langkah simulasi interferensi vs jumlah *user* pada WCDMA.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS PERHITUNGAN

Memberikan penjelasan tentang pengaruh perubahan *bitrate*, faktor koreksi kontrol daya dan faktor aktifitas pengguna terhadap jumlah *user* dan interferensi pada sistem WCDMA.

BAB V KESIMPULAN

Berisi kesimpulan dan saran terhadap seluruh pembahasan tugas akhir.

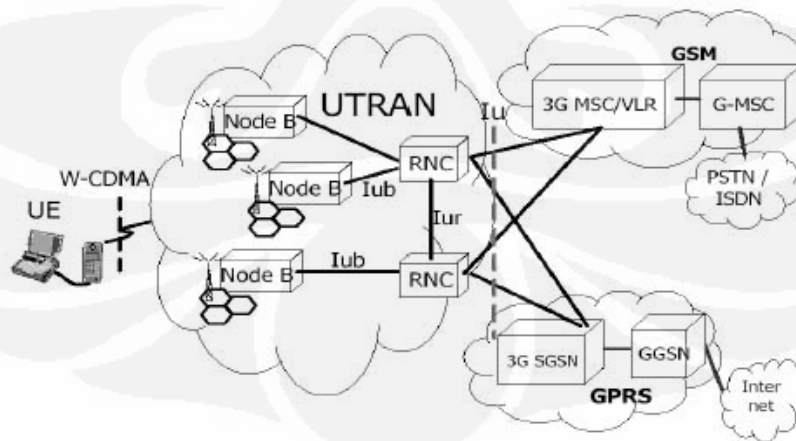
BAB II

KONSEP DASAR WCDMA

Wideband Code Division Multiple Access merupakan teknik *multiple access* yang berdasarkan spektral tersebar, dimana sinyal informasi disebar pada pita frekuensi yang lebih besar daripada lebar pita sinyal aslinya (informasi). Sistem WCDMA hanya memerlukan satu *channel* frekuensi radio untuk semua pemakainya, masing-masing pemakai diberi kode yang membedakan antara pengguna satu dengan yang lain. Skema metode akses yang digunakan untuk penyebaran sinyal WCDMA adalah *direct sequence* dimana code sequence digunakan secara langsung untuk memodulasi sinyal radio yang dipancarkan dengan menggunakan sinyal penyebar.

2.1 ARSITEKTUR JARINGAN WCDMA

Teknologi telekomunikasi wireless generasi ketiga (3G) yaitu *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS). *Universal Mobile Telecommunication System* merupakan suatu evolusi dari GSM, dimana interface radionya adalah WCDMA, mampu melayani transmisi data dengan kecepatan yang lebih tinggi, kecepatan data yang berbeda untuk aplikasi-aplikasi dengan QoS yang berbeda. Berikut ini adalah gambar arsitektur jaringan UMTS, yaitu terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan WCDMA

Dari gambar diatas terlihat bahwa arsitektur jaringan UMTS terdiri dari perangkat-perangkat yang saling mendukung, yaitu sebagai berikut :

1. UE (*User Equipment*)

User Equipment merupakan perangkat yang digunakan oleh pelanggan untuk dapat memperoleh layanan komunikasi bergerak. UE dilengkapi dengan *smart card* yang dikenal dengan nama USIM (*UMTS Subscriber Identity Module*) yang berisi nomor identitas pelanggan dan juga algoritma security untuk keamanan seperti *authentication algorithm* dan algoritma enkripsi. Selain terdapat USIM, UE juga dilengkapi dengan ME (*Mobile Equipment*) yang berfungsi sebagai terminal radio yang digunakan untuk komunikasi lewat radio.

2. UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*)

Di dalam UTRAN terdapat beberapa elemen jaringan yang baru dibandingkan dengan teknologi 2G yang ada saat ini, di antaranya adalah node B dan RNC (*Radio Network Controller*).

- RNC (*Radio Network Controller*)

RNC bertanggung jawab mengontrol radio resources pada UTRAN yang membawahi beberapa Node B, menghubungkan CN (*Core Network*) dengan *user*, dan merupakan tempat berakhirnya protokol RRC (*Radio Resource Control*) yang mendefinisikan pesan dan prosedur antara *mobile user* dengan UTRAN.

- Node B

Node B sama dengan *Base Station* di dalam jaringan GSM. Node B merupakan perangkat pemancar dan penerima yang memberikan pelayanan radio kepada UE. Fungsi utama node B adalah melakukan proses pada *layer 1* antara lain : *channel coding*, *interleaving*, *spreading*, *de-spreading*, modulasi, demodulasi dan lain-lain. Node B juga melakukan beberapa operasi RRM (*Radio Resource Management*), seperti *handover* dan *power control*

3. CN (*Core Network*)

Core Network berfungsi sebagai *switching* pada jaringan UMTS, memajemen jaringan serta sebagai *interface* antara jaringan UMTS dengan jaringan yang lainnya. Komponen *Core Network* UMTS terdiri dari

- MSC (*Mobile Switching Center*)

MSC didesain sebagai *switching* untuk layanan berbasis *circuit switch* seperti video, *video call*.

- VLR (*Visitor Location Register*)

VLR merupakan *database* yang berisi informasi sementara mengenai pelanggan terutama mengenai lokasi dari pelanggan pada cakupan area jaringan.

- HLR (*Home Location Register*)

HLR merupakan *database* yang berisi data-data pelanggan yang tetap. Data-data tersebut antara lain berisi layanan pelanggan, *service* tambahan serta informasi mengenai lokasi pelanggan yang paling akhir (*Update Location*)

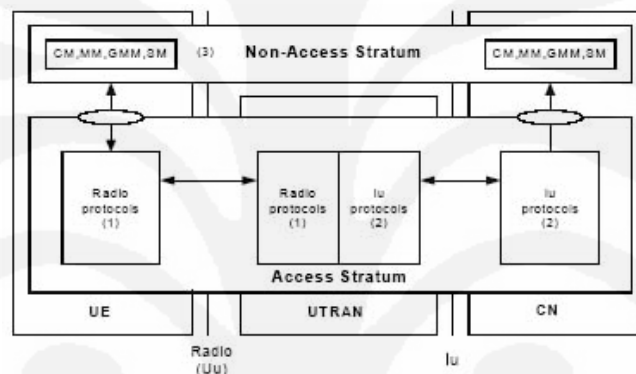
- SGSN (*Serving GPRS Support Node*)

SGSN merupakan gerbang penghubung jaringan BSS/BTS ke jaringan GPRS. Fungsi SGSN adalah sebagai berikut :

- Mengantarkan *packet data* ke MS
- *Update* pelanggan ke HLR
- Registrasi pelanggan baru
- GGSN (*Gateway GPRS Support Node*)

GGSN berfungsi sebagai gerbang penghubung dari jaringan GPRS ke jaringan paket data *standard* (PDN). GGSN berfungsi dalam menyediakan fasilitas *internetworking* dengan *eksternal packet-switch network* dan dihubungkan dengan SGSN via Internet Protokol (IP). GGSN akan berperan antarmuka logik bagi PDN, dimana GGSN akan memancarkan dan menerima paket data dari SGSN atau PDN. Selain itu juga terdapat beberapa *interface* baru, seperti : Uu, Iu, Iub, Iur. Antara UE dan UTRAN terdapat *interface* Uu. Di dalam UTRAN terdapat *interface* Iub yang menghubungkan Node B dan RNC, Interface Iur yang menghubungkan antar RNC, sedangkan UTRAN dan CN dihubungkan oleh *interface* Iu. Protokol pada *interface* Uu dan Iu dibagi menjadi dua sesuai

fungsinya, yaitu bagian *control plane* dan *user plane*. Bagian *user plane* merupakan *protocol* yang mengimplementasikan layanan *Radio Access Bearer* (RAB), misalnya membawa data *user* melalui *Access Stratum* (AS). Sedangkan *control plane* berfungsi mengontrol RAB dan koneksi antara mobile user dengan jaringan dari aspek : jenis layanan yang diminta, pengontrolan sumber daya transmisi, *handover*, mekanisme transfer *Non Access Stratum* (NAS) seperti *Mobility Management* (MM), *Connection Management* (CM), *Session Management* (SM), dan lain-lain.



Gambar 2.2 Gateway GPRS Support Node (GGSN)

2.2 KARAKTERISTIK SISTEM WCDMA

Salah satu karakteristik yang terpenting dari WCDMA adalah kenyataan bahwa *power* merupakan *resource* yang dishare secara bersama-sama. Hal ini menjadikan sistem WCDMA sangat fleksibel dalam menyediakan paduan layanan dan layanan yang membutuhkan *variable bit rate*. *Radio Resource Management* dilakukan dengan mengalokasikan *power* untuk setiap *user (call)*, dan untuk menjamin bahwa kualitas sinyal tidak melampaui batas maksimum *interference* yang telah ditentukan. Tidak ada alokasi kode maupun *time slot* yang dibutuhkan ketika terjadi perubahan *bit rate*. Hal ini berarti bahwa alokasi *physical channel* tidak terpengaruh pada saat terjadi perubahan *bit rate*. Sistem WCDMA tidak membutuhkan perencanaan frekuensi, dikarenakan setiap *cell* menggunakan frekuensi yang sama. Fleksibilitas dimiliki oleh sistem WCDMA, dikarenakan sistem ini menggunakan kode OVSF (*Orthogonal Variable Spreading Codes*) untuk *channelization* dari *user* yang berbeda. Kode ini memiliki karakteristik

dalam hal orthogonalitas antara *users* (layanan yang berbeda dialokasikan untuk satu *user*) meskipun user tersebut menggunakan *bit rate* yang berbeda. Sebuah *physical resource* dapat membawa beberapa layanan dengan *bit rate* yang berbeda. Dengan berubahnya *bit rate*, maka alokasi *power* untuk *physical resource* tersebut juga akan berubah sehingga QoS dijamin pada setiap komunikasi. Setiap *radio frame* memiliki periode sebesar 10 ms yang dibagi ke dalam 15 slot, yang menggambarkan satu periode *power control*. *Power control* yang digunakan didasarkan pada SIR (*Signal to Interference Ratio*), dimana *fast closed loop* disesuaikan dengan SIR dan perubahan SIR target dilakukan oleh *outer loop*.

Beberapa hal pokok mengenai karakteristik WCDMA yaitu :

- a. WCDMA merupakan sistem *wideband Direct Sequence Code Division Multiple Access* (DSCDMA), dimana bit informasi pengguna disebar sampai melebihi *bandwidth* dengan mengalikan data pengguna dengan *bit quasi random (chip)* dari kode *spreading* CDMA
- b. *Chip rate* sebesar 3,84 Mcps dapat memastikan membawa data dengan *bandwidth* sebesar 5 MHz
- c. WCDMA mendukung penggunaan *data rate* pengguna yang bervariasi dengan kata lain mendukung konsep untuk menghasilkan *Bandwidth on Demand*(BOD)
- d. WCDMA mendukung mode dasar operasi pentransmision,yaitu : *Frequency Division Duplex* (FDD) dan *Time Division Duplex* (TDD). Dalam mode pentransmision FDD, *bandwidth* pembawa sebesar 5 MHz dipisahkan oleh pita frekuensi antara *uplink* dan *downlink*, sedangkan dalam mode pentransmision TDD, *bandwidth* pembawa 5 MHz terbagi ke dalam interval waktu antara *uplink* dan *downlink* [3].

2.3 **HANDOVER**

Handover merupakan sekumpulan algoritma dan prosedur yang menjamin kelangsungan dari sebuah komunikasi antara UE dan jaringan pada kondisi bergerak dan kondisi *overload*. Pada kondisi bergerak, prosedur tersebut dibutuhkan untuk mempertahankan *connection* baik dalam sesama sistem WCDMA pada frekuensi yang sama melalui *intra frequency handover*, atau

dengan frekuensi yang lain melalui *inter frequency handover*, atau dengan sistem yang lain melalui Inter Radio Akses Teknologi (IRATHO). Dengan adanya *rake receiver* pada kedua UE dan RBS memungkinkan UE di sambungkan dengan lebih dari satu sektor pada *dedicated channel*. Kondisi ini disebut *Soft Handover* atau *Softer Handover* jika UE dihubungkan dengan sektor yang berbeda pada *site* yang sama. Untuk kondisi *handover* dalam WCDMA dengan frekuensi yang lain atau dengan sistem yang lain (GSM) maka prosedur *Hard Handover* dilakukan. Terdapat beberapa macam *handover* dalam sistem WCDMA antara lain :

a. *Intra-system Handover*

Intra-system Handover terjadi dalam satu sistem. Dapat dibagi menjadi *intra frequency handover* dan *inter frequency handover*. *Intra frequency handover* terjadi antar sel WCDMA dengan *carrier* yang sama, sedangkan *inter frequency handover* terjadi antar sel WCDMA dengan *carrier* yang berbeda.

b. *Inter-system Handover*

Inter-system Handover berlangsung antar sel yang mempunyai dua *Radio Access Technologies* (RAT) berbeda atau *Radio Access Modes* (RAM) berbeda. Kasus yang paling antara WCDMA dan GSM/EDGE (IRATHO), selain itu karena sistem CDMA yang berbeda.

c. *Soft / Softer Handover*

Soft handover adalah kondisi jika UE dihubungkan dengan lebih dari satu sektor pada *site* yang berbeda, dan *softer handover* adalah kondisi ketika UE dihubungkan dengan lebih dari satu sektor pada *site* yang sama. Jumlah *user* pada *soft handover* ditentukan oleh *coverage* untuk tiap sektornya. Selama proses pemasangan antenna dalam hal penentuan orientasi dan *tilt* sangat penting untuk merencanakan seberapa besar daerah *handover*, dimana *coverage* tiap sektornya saling beririsan dengan *base station* yang berbeda sesuai dengan jenis layanan dan distribusi dari pelanggan.

2.4 **POWER CONTROL**

Power control pada sistem WCDMA adalah untuk mengontrol daya pancar dari UE ke Node B. Level daya pancar akan diatur sedemikian rupa sehingga interferensinya tidak terlalu besar. Tujuan utama penggunaan *power*

control pada WCDMA adalah untuk mendapatkan kualitas komunikasi yang baik, mengurangi interferensi, dan memaksimalkan kapasitas. Sistem komunikasi seluler CDMA menggunakan tipe *power control* di bawah ini :

- a. *Reverse open-loop power control*
- b. *Reverse close-loop power control*
- c. *Reverse outerloop power control*
- d. *Forward close-loop power control*

Power control dalam sistem CDMA dibedakan atas *reverse power control* dan *forward power control*. *Power control reverse* ditujukan untuk mengontrol level daya pancar UE, sedangkan *power control forward* digunakan untuk mengontrol level daya pancar Node B. Pada WCDMA menggunakan metode *fast power control* khususnya pada arah *reverse*. Periode peng-update-an *power control user* adalah 1500 kali setiap menit (1500KHz) yang lebih cepat daripada perubahan *pathloss user* dan juga bahkan lebih cepat dari perubahan kanal *fast reyleigh fading*. WCDMA menggunakan *open loop power control* untuk *initial* daya pertama kali yang harus dipancarkan oleh UE. Sedangkan selanjutnya, untuk arah *reverse* menggunakan *fast close loop power control*. Pada metode ini Node B membandingkan *SIR user* yang diterima dan dibandingkan dengan *SIR target*. Jika lebih besar maka akan dikirim *command* untuk menurunkan daya *transmit* user, dan sebaliknya. Metode *closed loop power control* ini akan mampu mengontrol ketidakseimbangan daya *reverse* yang diterima oleh Node B, Sedangkan pada arah *forward* menggunakan *close loop power control*. Alasannya bagaimana agar user yang berada di sisi *border* sel juga bisa mendapatkan sinyal dengan kualitas yang bagus, artinya memperkecil efek *other cell interference*. Fungsi *closed loop power control* pada arah *forward* juga member tambahan daya untuk menjaga Qos sinyal jika *error correcting code* tidak bekerja dengan baik.

2.5 CELL RESELECTION

UE akan memilih *cell* yang cocok dan mode radio akses berdasarkan pengukuran *idle mode* dan kriteria *cell selection*. Pada saat UE berada pada mode UMTS atau GSM, UE melakukan pengukuran pada radio akses teknologi yang

lain tergantung pada parameter yang diset oleh operator. Parameter tersebut mendefinisikan :

- Nilai *threshold* pada *-serving cell* jika UE harus melakukan pengukuran pada *cell* inter radio akses teknologi.
- Kualitas minimum yang dibutuhkan untuk pemilihan sebuah *cell* pada radio akses teknologi yang lain.

2.6 WCDMA CODES

Dalam sistem WCDMA digunakan dua macam operasi pada *physical channel* : *channelization* dimana mentransformasikan setiap bit ke dalam jumlah chip SF (*Spreading Factor*), sedangkan *Scrambling Code* digunakan untuk menebar sinyal informasi. Pada operasi *channelization*, kode OVSF (*Orthogonal Variable Spreading Factor*) digunakan untuk menjaga keorthogonalan antara *physical channel* dari sebuah hubungan walaupun dengan menggunakan laju yang berbeda. Pada arah *uplink* setiap *user* memiliki *Scrambling Code* yang unik dan dapat menggunakan semua kode yang terdapat pada *code tree* OVSF. *Scrambling Code* sering juga dikaitkan dengan *user* dan kode *channelization* dikaitkan dengan tipe dari layanan sesuai dengan *bit rate* yang diberikan. Sedangkan pada arah *downlink*, *Scrambling Code* digunakan untuk membedakan sektor yang berbeda dan kode *channelization* dikaitkan dengan tipe layanan yang berbeda dan *user*.

2.6.1 SCRAMBLING CODE

Pada arah *uplink* terdapat dua macam *Scrambling Code* yaitu *long (gold code)* dan *short scrambling codes*, yang masing-masing berjumlah 224 buah. *Scrambling Code* ditentukan oleh layer atas. Pada proses *scrambling*, urutan kode dari *user* yang telah di-*spreading* dikalikan dengan kode *pseudorandom*. Pada arah *downlink*, jumlah maksimum dari *Scrambling Code (Gold code)* dengan deret sepanjang 38400 *chips*) adalah $2^{18} - 1$, namun tidak semua kode digunakan. *Scrambling Code* dibagi menjadi 512 set *Primary Scrambling Code* dan 15 *Secondary Scrambling Code*, sehingga total kode yang digunakan adalah 8192. Setiap sektor dialokasikan hanya satu *primary SC*. Sebagai konsekwensinya

jumlah maksimum *reuse Scrambling Code* adalah 1 : 512. Kode dibagi ke dalam 64 *group* yang berbeda dan jika *neighbour* dari sektor lain dialokasikan kode dari *group* kode yang berbeda maka konsumsi *power* dari UE akan berkurang, sehingga pada kenyataannya *reuse* kode akan lebih kecil dari 1 : 64. Primary CCPCH selalu dikirimkan menggunakan *Primary Scrambling Code* sementara physical channel yang lain dapat dikirimkan dengan salah satu *primary* ataupun *secondary* SC digabungkan dengan *primary* SC dari sebuah sektor.

2.6.2 CHANNELIZATION CODE

Spreading Code biasa juga disebut kode kanalisasi pada WCDMA. Sesuai standar 3GPP untuk UMTS digunakan kode *Orthogonal Variable Spreading Factor* (OVSF). Kode OVSF mengizinkan SF yang berbeda untuk kode kanalisasi yang berbeda. *Spreading Factor* adalah perbandingan antara *bandwidth* sinyal setelah dan sebelum *spreading.code* OVSF mempunyai karakteristik unik yaitu adanya orthogonalitas di antara kode, artinya suatu kode tidak akan menginterferensi kode lainnya selama keduanya tersinkronisasi. Oleh karena itu, kode OVSF biasanya digunakan untuk sistem yang transmisinya sinkron (*downlink*). *Spreading Factor* mulai dari 1 sampai 256 untuk chip rate 3.840 Mcps. Pada arah *downlink* jumlah maksimum dari OVSF kode penebar adalah 512. Semua user pada sebuah sektor harus berbagi kode *channelization* yang tersedia pada *code tree* OVSF, yang merupakan resource yang sangat terbatas. Batasan dari jumlah kode *downlink* ditunjukkan dengan layanan *bit rate* yang tinggi akan dialokasikan SF yang rendah. Sebagaimana utilisasi dari sebuah kode menyebabkan tidak tersedianya sub tree dari SF yang tinggi. Selain itu juga, user pada kondisi *soft handover* menggunakan kode lebih banyak (satu kode untuk setiap layanan). Terkadang penggunaan dari satu kode *channelization* per *user* berdampak terhadap orthogonalitas dari penyediaan layanan yang berbeda pada sebuah sektor. Pada kenyataannya, lingkungan yang berbeda dapat mengganggu orthogonalitas, hal ini yang menyebabkan bahwa sistem lebih tergantung terhadap interferensi yang terjadi. Kode OVSF yang sangat terbatas digunakan kembali pada sel lain tetapi dengan *Scrambling Code* yang berbeda. Tiap stage dari struktur kode OVSF mempunyai SF yang berbeda. Hal ini tidak dapat menaikkan

kapasitas hingga 100% untuk setiap kode yang digunakan karena *Scrambling Code* memiliki sifat tidak orthogonal.

2.7 PILOT POLLUTION

Pilot Pollution merupakan kondisi dimana jumlah dari *active set* yang menangani suatu UE lebih dari 3 dan keseluruhan *active set* tersebut berada pada range 5dB atau sekitar 3dB dari *active set* yang terbesar. *Active set* yang melebihi batasan *Max Active Set* (3 *active set*) dapat mengganggu kualitas dari suatu sinyal dan bertindak sebagai penginterferen. Dalam hal ini, penginterferen dapat menurunkan performansi dari suatu sistem.

2.7.1 PILOT SET

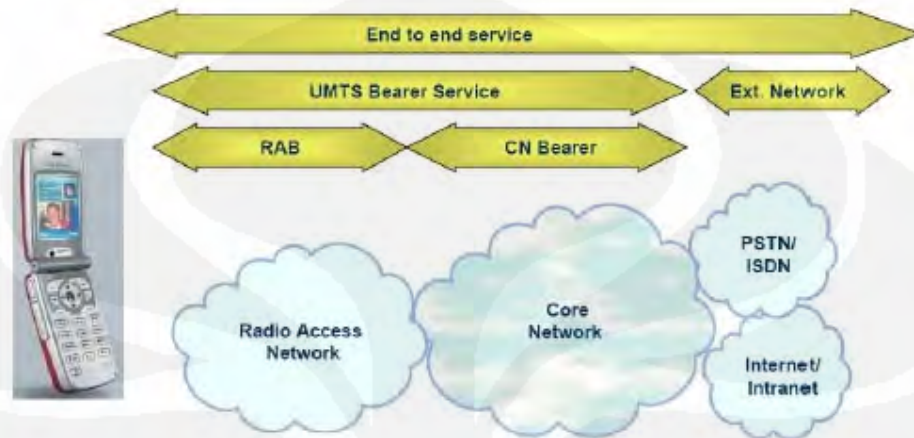
Kanal *pilot* menjadi acuan dalam penentuan *hand-off*. *Pilot* diidentifikasi oleh MS dan dikategorikan menjadi:

- a. *Active Set*, adalah *pilot* yang dikirimkan oleh BS dimana MS tersebut aktif. Banyaknya *pilot* yang termasuk pada kategori ini tergantung pada banyaknya komponen *rake receiver*.
- b. *Candidate Set*, terdiri dari *pilot* yang tidak termasuk dalam *active set*. *Pilot* ini harus diterima dengan baik untuk mengidentifikasi bahwa kanal trafik *forward link* dapat didemodulasi dengan baik.
- c. *Neighbor Set*, terdiri dari *pilot* yang tidak termasuk pada dua kelompok sebelumnya, dan dipergunakan untuk proses *handover*.
- d. *Remaining Set*, terdiri dari keseluruhan *pilot* dalam sistem kecuali yang terdapat pada *active set*, *candidate set*, dan *neighbor set*.

2.8 RAB (RADIO ACCESS BEARER)

Suatu konsep baru yang diperkenalkan oleh UMTS adalah RAB, yang mana merupakan gambaran dari kanal pengiriman antara jaringan dan *user*. RAB dibagi menjadi *radio bearer* pada *air interface* dan *Iu bearer* di *radio network* (UTRAN). Tujuan RAB yaitu untuk menyediakan sebuah hubungan melalui UTRAN yang mendukung layanan UMTS *bearer*. UTRAN dapat menyediakan RAB *connection* dengan karakteristik yang berbeda agar supaya sesuai dengan

kebutuhan untuk layanan UMTS *bearer* yang berbeda. Berikut ini adalah gambaran RAB dalam *end to end service*, yaitu dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 2.3 *Radio Access Bearer (RAB)*

Pengklasifikasian *Radio Access Bearer* adalah sebagai berikut :

- *Conversational*

Hal ini dikarakteristikan dengan rendahnya *delay*, *jitter* (variasi *delay*), dan *error*. Kebutuhan akan laju data dapat bervariasi, tetapi secara umum bersifat simetris. Artinya, laju data dalam satu arah akan sama dengan laju data pada arah yang lain. Suara dan data termasuk dalam kategori ini. *Voice* yang sensitif terhadap *delay* yang tinggi tidak terlalu memerlukan laju bit yang tinggi, sedangkan *video conferencing* yang memiliki toleransi terhadap error yang rendah, memerlukan laju bit yang tinggi. Contohnya : *Voice*, *Video Telephony*, *Video Gaming* dan *Video Conferencing*

- *Interactive*

Interaktif trafik dikarakteristikan dengan toleransi yang rendah terhadap *error*, tetapi memiliki toleransi terhadap *delay* yang lebih tinggi daripada layanan *conversational*. Contohnya : *Multimedia*, *Video on Demand*, *Webcast* dan *Real Time video*.

- *Streaming*

Layanan *streaming* mempunyai toleransi *error* yang rendah, tetapi pada umumnya mempunyai toleransi yang tinggi terhadap *delay* dan *jitter*. Hal ini dikarenakan

adanya *buffer* data pada penerima. *Streaming audio*, *web browsing* dan video termasuk aplikasi *streaming*.

Background

Hal ini dikarakteristikan dengan sangat kecilnya *delay*. Contohnya adalah pengiriman SMS dan *email* dari *server* ke *server*. Aplikasi *background* memerlukan pengiriman yang bebas *error*.

2.9 INTERFERENSI PADA SISTEM KOMUNIKASI SELULAR

Menurut definisi secara fisika, interferensi merupakan suatu efek yang terjadi akibat superposisi dari dua atau lebih sistem gelombang atau sinyal yang dapat saling mempengaruhi sehingga menghasilkan pola sinyal baru yang berbeda [3,4]. Pada sistem komunikasi, umumnya interferensi diartikan sebagai sinyal lain yang tidak diinginkan yang mempengaruhi atau mengganggu sinyal informasi yang ditransmisikan kepada rangkaian penerima (*receiver*). Gangguan tersebut dapat berupa sinyal lain yang memancarkan daya atau energi pada pita frekuensi yang sama dengan suatu sinyal informasi yang sebenarnya [5]. Interferensi merupakan *noise* yang timbul karena operasional dari sistem komunikasi yang lain [3].

Interferensi akan mempengaruhi besar daya sinyal yang diterima pada suatu *receiver*. Besarnya suatu tingkat interferensi akan bergantung pada jarak antara sistem penerima dan sistem pengirim (*transmitter*) dibandingkan dengan faktor lainnya. Jika semua sinyal ditransmisikan dengan besar daya yang sama maka tingkat interferensi hanya akan tergantung pada konstelasi geometris dari setiap *transmitter* [5].

Interferensi merupakan suatu faktor pembatas yang berpengaruh dalam unjuk kerja sistem komunikasi selular. Selain bergantung pada faktor *pathloss* dan *noise*, besarnya jangkauan suatu sistem komunikasi selular ataupun komunikasi nirkabel juga sangat bergantung pada tingkat interferensi yang terjadi [6]. Dua sistem komunikasi selular yang berada pada frekuensi yang sama dapat beroperasi secara efisien jika kedua sistem tersebut dipisahkan oleh jarak tertentu sehingga meminimalkan terjadinya redaman yang terjadi pada sinyal. Jarak antara kedua sistem yang semakin berkurang akan menyebabkan penurunan pada kualitas sinyal yang diterima pada *receiver*. Pada sistem komunikasi selular, kualitas

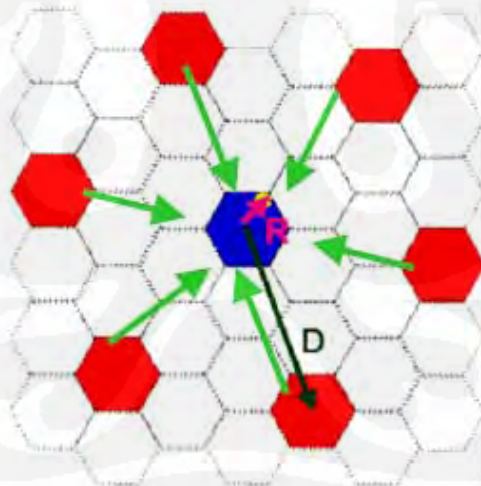
sinyal yang diterima tersebut dapat dilihat melalui berbagai nilai perbandingan seperti S/N (*Signal-to-Noise*), C/I (*Carrier-to-Interference*), ataupun S/I (*Signalto-Interference*). Semakin kecil nilai interferensi atau *noise* yang terjadi maka unjuk kerja sistem komunikasi selular tersebut akan semakin baik dan begitu juga sebaliknya. Dalam implementasinya, tidak ada sistem komunikasi yang sempurna. *Transmitter* dan *receiver* yang tidak ideal dapat menjadi sumber interferensi. Pada sistem komunikasi selular, sumber interferensi antara lain dapat berasal dari suatu *Mobile Station* (MS) lain yang terdapat pada sel yang sama, sebuah proses panggilan (*progress call*) yang terdapat pada sel tetangga, *Base Station* (BS) lain yang beroperasi pada pita frekuensi yang sama, atau energi bocor berasal dari sistem nonselular yang mempengaruhi pita frekuensi sistem selular tersebut [7]. Pada kanal suara, interferensi dapat menyebabkan *cross talk*, sehingga pelanggan mendengar interferensi sinyal lain yang disebabkan oleh proses transmisi yang tidak ideal. Pada kanal kontrol, interferensi menyebabkan suatu panggilan terputus dan terhenti karena terjadi kesalahan dalam *digital signalling*. Interferensi dapat juga disebabkan oleh *transmitter* yang berasal dari sistem selular lain. Hal tersebut terjadi karena operator selular yang lain tersebut sering menempatkan BS dekat dengan BS operator lainnya dalam rangka mendapatkan jangkauan yang lebih luas bagi pelanggan. Interferensi sangat mempengaruhi kapasitas dari suatu sistem komunikasi selular dan dapat menyebabkan degradasi unjuk kerja pada sistem tersebut. Dua jenis interferensi yang cukup berpengaruh besar pada sistem selular adalah *Cochannel Interference* dan *non-co-channel interference*. *Non-co-channel interference* terdiri dari *Adjacent Channel Interference* (ACI) dan *Intermodulation Interference*. Namun yang akan dibahas pada bab ini hanyalah mengenai *cochannel interference* dan ACI.

2.9.1 CO-CHANNEL INTERFERENCE

Pada sistem komunikasi selular, terdapat konsep *frequency reuse* yaitu teknik penggunaan frekuensi yang sama pada beberapa sel atau area. Sel atau area yang memiliki frekuensi yang sama itu disebut *co-channel cell*. Interferensi yang terjadi antara sinyal yang berasal dari sel – sel tersebut adalah *co-channel*

interference. *Co-channel interference* adalah interferensi yang diterima oleh BS pada saat *uplink* atau MS pada saat *downlink* yang berasal dari pengguna lain [8].

Interferensi tersebut timbul akibat BS atau MS lain yang mentransmisikan sinyal secara bersamaan pada pita frekuensi yang sama dengan pengguna yang sebenarnya. Proses transmisi sinyal yang timbul pada waktu dan kanal yang sama tersebut merupakan hasil dari *frequency reuse* dan hal tersebut tidak dapat dihindari dalam sistem komunikasi selular modern. *Co-channel interference* tidak dapat diatasi dengan hanya memperbesar daya sinyal pembawa atau *carrier* dari transmitter. Jika daya sinyal yang dipancarkan diperbesar maka interferensi yang terjadi pada sel *co-channel* yang lain akan semakin meningkat. *Co-channel interference* dapat direduksi dengan memisahkan secara fisik dan mengatur *co-channel cell* pada jarak minimum tertentu untuk menyediakan isolasi yang cukup. Jika ukuran dari setiap sel diperkirakan sama, maka *co-channel interference* tidak tergantung pada daya yang ditransmisikan tetapi menjadi suatu fungsi dari besarnya radius sel (R) dan jarak ke pusat *co-channel cell* terdekat (D).



Gambar 2.4 *Co-Channel Cell*

Sel – sel yang diarsir pada Gambar 2.1 merupakan sel –sel yang memiliki frekuensi yang sama. Besarnya *co-channel interference* yang terjadi pada sel yang berada di tengah merupakan jumlah interferensi yang berasal dari 6 *co-channel cell* lainnya. Dengan memperbesar nilai perbandingan dari D/R , maka jarak antara

co-channel cell relatif dengan jarak jangkauan dari sel akan semakin besar. Dengan demikian, interferensi akan semakin berkurang dengan semakin besarnya isolasi energi *Radio Frequency* dari *co-channel cell* [7]. Perbandingan antara D dan R disebut sebagai *co-channel reuse ratio* yang dinyatakan dalam notasi Q. Hubungan antara D, R, Q dan ukuran *cluster* N dapat dilihat pada persamaan (2.1).

$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N} \quad (2.1)$$

Nilai Q yang kecil akan menyediakan kapasitas sistem yang lebih besar karena nilai N yang kecil. Namun hal tersebut akan memperbesar tingkat interferensi karena jarak *co-channel cell* (D) yang kecil. Nilai Q yang besar akan meningkatkan kualitas dari transmisi karena level *co-channel interference* yang kecil. Hal tersebut menunjukkan bahwa *co-channel interference* akan mempengaruhi kualitas dari sinyal yang diterima dan juga besarnya kapasitas dari sistem komunikasi selular. Untuk mendorong pelayanan multimedia, maka diperlukan suatu kajian mengenai besar cakupan dan kapasitas sel dalam suatu jaringan sebagai peningkatan sistem jaringan telekomunikasi selular. Dikarenakan pada waktu tertentu, sistem komunikasi bergerak selular yang ada tidak mampu untuk menampung jumlah pengguna yang semakin bertambah, sehingga peningkatan kapasitas perlu dilakukan untuk menghindari penolakan (blocking) panggilan karena jumlah kanal terbatas

Berikut merupakan persamaan untuk mengetahui hubungan jumlah *user* dengan interferensi [17].

$$N_{User} = 1 + \frac{W/R}{Eb/No} \cdot \frac{\alpha}{(1+i)v} \quad (3.1)$$

Dimana :

N_{user} = Jumlah pengguna per sel

W = WCDMA *chiprate*

R = *Bitrate* pengguna (bps)

E_b = Energi sinyal per bit

No

α = Faktor koreksi kontrol daya yang dipengaruhi beban sel

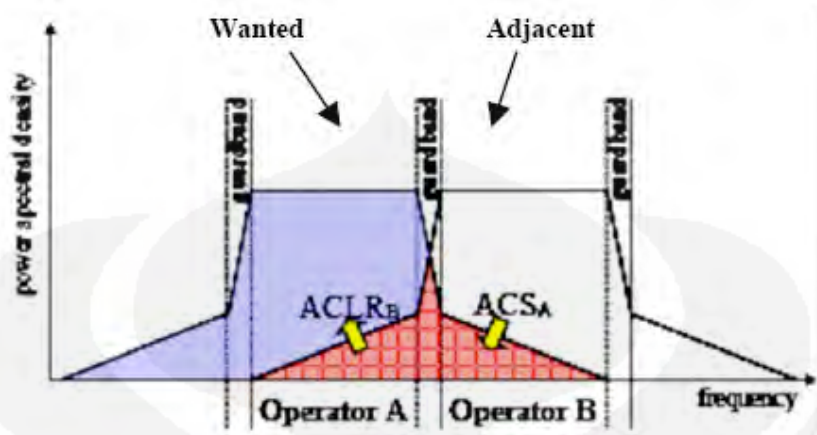
i = Interferensi *co-channel* sel lain terhadap sel sendiri

v = Faktor aktifitas pengguna

2.9.2 ADJACENT CHANNEL INTERFERENCE (ACI)

Interferensi yang dihasilkan oleh sinyal yang berada pada frekuensi yang berdekatan dengan sinyal yang asli disebut sebagai *Adjacent Channel Interferente* []. ACI dapat disebabkan oleh adanya beberapa operator jaringan komunikasi yang berada pada area geografis yang sama. Interferensi antara beberapa operator tersebut dapat timbul ketika pita frekuensi operator – operator tersebut cukup berdekatan satu sama lain [9]. Penyebab utama timbulnya ACI adalah ketidaksempurnaan *power amplifier* (PA) pada pemancar [10]. Selain itu, ACI juga disebabkan oleh tidak sempurnanya proses *filtering* pada penerima. Besarnya ACI yang terjadi ditentukan oleh nilai dari parameter *Adjacent Channel Interference Ratio* (ACIR). ACIR merupakan nilai perbandingan antara besarnya daya total yang ditransmisikan dari suatu sumber (BS atau MS) dengan besarnya daya interferensi yang diterima oleh *receiver* dari sistem atau operator yang lain [11]. Nilai ACIR merupakan kombinasi dari nilai dari ACLR dan ACS.

Adjacent Channel Leakage Ratio (ACLR) merupakan nilai perbandingan antara besarnya daya yang ditransmisikan dengan besarnya daya yang diterima setelah melewati filter pada *receiver* dari sistem atau operator lain yang berada pada kanal yang berdekatan. *Adjacent Channel Selectivity* (ACS) merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan *receiver* untuk menerima suatu sinyal pada kanal frekuensi yang telah ditetapkan dan menunjukkan kemampuan *receiver* untuk menolak sinyal lain yang berada pada kanal yang berdekatan. ACS juga merupakan nilai perbandingan antara attenuasi filter penerima dari suatu kanal frekuensi dan attenuasi filter penerima dari sistem lain yang memiliki kanal frekuensi yang berdekatan.



Gambar 2.5 Ilustrasi terjadinya *Adjacent Channel Interference* [9]

Gambar 2.2 menunjukkan suatu ilustrasi timbulnya ACI yang terjadi antara dua operator selular seperti yang ditunjukkan pada [9]. Operator A merupakan sistem yang akan mengalami interferensi dari Operator B. Interferensi tersebut dapat terjadi karena Operator B yang memancarkan sebagian sinyalnya kepada kanal frekuensi dari Operator A sesuai dengan nilai ACLR dari pemancar Operator B. Selain itu, dapat juga terjadi karena Operator A yang menerima sebagian sinyal dari kanal frekuensi Operator B yang disebabkan oleh nilai ACS dari *receiver* Operator A. Jadi, kombinasi dari interferensi tersebut yang menentukan besarnya nilai ACIR sesuai dengan persamaan (2.2).

$$ACIR = \frac{1}{1/ACLR + 1/ACS} \quad (2.2)$$

ACI dapat timbul pada saat proses *uplink* dan *downlink*. Pada proses *uplink*, interferensi yang terjadi didominasi dan disebabkan oleh pemancar MS. Hal tersebut disebabkan oleh nilai ACLRMS yang jauh lebih kecil dari nilai ACSBS.

Pada proses *downlink*, interferensi disebabkan oleh *receiver* MS karena nilai ACSMS jauh lebih kecil dari nilai ACLRBS. Jadi, nilai ACIR baik pada *uplink* maupun *downlink* ditentukan oleh nilai ACLR dan ACS dari MS seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.3) dan (2.4).

$$ACIR_{UL} = \frac{1}{\frac{1}{ACLR_{MS}} + \frac{1}{ACS_{BS}}} \quad (2.3)$$

$$\approx ACLR_{MS} \quad (ACLR_{MS} \ll ACS_{BS})$$

$$ACIR_{DL} = \frac{1}{\frac{1}{ACLR_{BS}} + \frac{1}{ACS_{MS}}} \quad (2.4)$$

$$\approx ACS_{MS} \quad (ACS_{MS} \ll ACLR_{BS})$$

Besarnya tingkat ACI dapat dipengaruhi oleh posisi dari MS dalam suatu sel. Daya interferensi akibat ACI dapat semakin besar dibandingkan sinyal yang dipancarkan oleh suatu MS ketika MS tersebut letaknya terlalu dekat dengan BS operator lain pada *adjacent channel* akan tetapi jauh dari BS yang seharusnya. ACI dapat diminimalisasi dengan melakukan perbaikan pada proses *filtering* dan penetapan kanal yang digunakan (*channel assignments*). Dengan menjaga jarak frekuensi antara kanal pada suatu sel sebesar mungkin, maka *adjacent channel interference* dapat direduksi.

2.10 JENIS INTERFERENSI PADA WCDMA

Pada banyak kasus, unjuk kerja sistem CDMA dibatasi oleh factor interferensi sehingga dalam perencanaan jaringan komunikasinya harus mempertimbangkan pengaruh dari interferensi yang terjadi pada sistem secara keseluruhan. Besarnya kapasitas dan luasnya daerah jangkauan dari jaringan CDMA ditentukan oleh tingkat interferensi yang terjadi pada sistem. Hal tersebut sangat berpengaruh dalam implementasi sistem CDMA terutama dalam implementasi teknologi generasi ke-3 (*Third Generation - 3G*).

Berdasarkan berbagai jenis layanan yang telah disebutkan, diketahui bahwa perencanaan teknologi 3G pada umumnya akan lebih sulit akibat

multidimensionalitas yang dimilikinya. Teknologi 3G harus mampu menyediakan tingkat *Quality of Service* (QoS) tertentu bagi berbagai layanan dan kecepatan transfer data (*bit-rate*) yang ada. Oleh karena itu, masalah interferensi sangat penting dalam optimalisasi unjuk kerja dari sistem WCDMA. Sistem WCDMA merupakan sistem yang dibatasi oleh interferensi. Besarnya kapasitas dan luas area jangkauan tergantung pada unjuk kerja dari rangkaian *receiver* dan interferensi yang terjadi pada jaringan sistem itu sendiri ataupun yang berasal dari jaringan lainnya yang memiliki spektrum frekuensi yang berdekatan. Oleh karena itu, sumber – sumber interferensi yang dapat terjadi pada sistem WCDMA dapat dikelompokkan menjadi 2 kategori yaitu *in-band interference* dan *out-band interference*.

2.10.1 IN-BAND INTERFERENCE

Sumber interferensi yang termasuk dalam kategori *in-band interference* adalah :

1. *Inter Symbol Interference* (ISI)

ISI merupakan interferensi yang disebabkan oleh superposisi atau *overlapping* data simbol dalam *bit-stream* yang sama yang disebabkan oleh *multipath propagation* [12].

2. *Intracell interference*

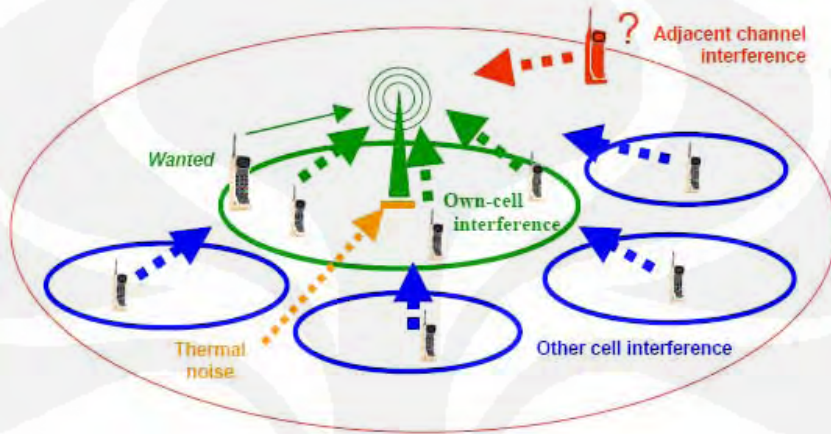
Intracell interference atau disebut juga sebagai *Own cell interference* merupakan interferensi yang disebabkan oleh pengguna (*user*) lain yang berada pada sel yang sama.

3. *Intercell interference*

Intercell interference atau disebut juga sebagai *other cell interference* merupakan interferensi yang berasal dari pengguna yang berada pada sel yang lain namun masih dalam satu sistem yang sama. Pada *uplink*, *intercell interference* berasal dari MS yang berada pada sel yang lain, sedangkan pada *downlink*, *intercell interference* berasal dari BS yang berada pada sel yang lain.

Intercell interference dan *intracell interference* yang terjadi pada jaringan WCDMA dapat dilihat pada gambar 3.3. ISI dan *Intracell interference* dapat

direduksi dengan dengan meningkatkan algoritma *receiver*. *Intercell interference* dapat diminimalisasi dengan perencanaan jaringan (*site planning*), pemilihan antena, perencanaan alokasi frekuensi, ataupun optimalisasi parameter *handover* seperti yang diungkapkan pada [12].



Gambar 2.6 Berbagai jenis interferensi [13]

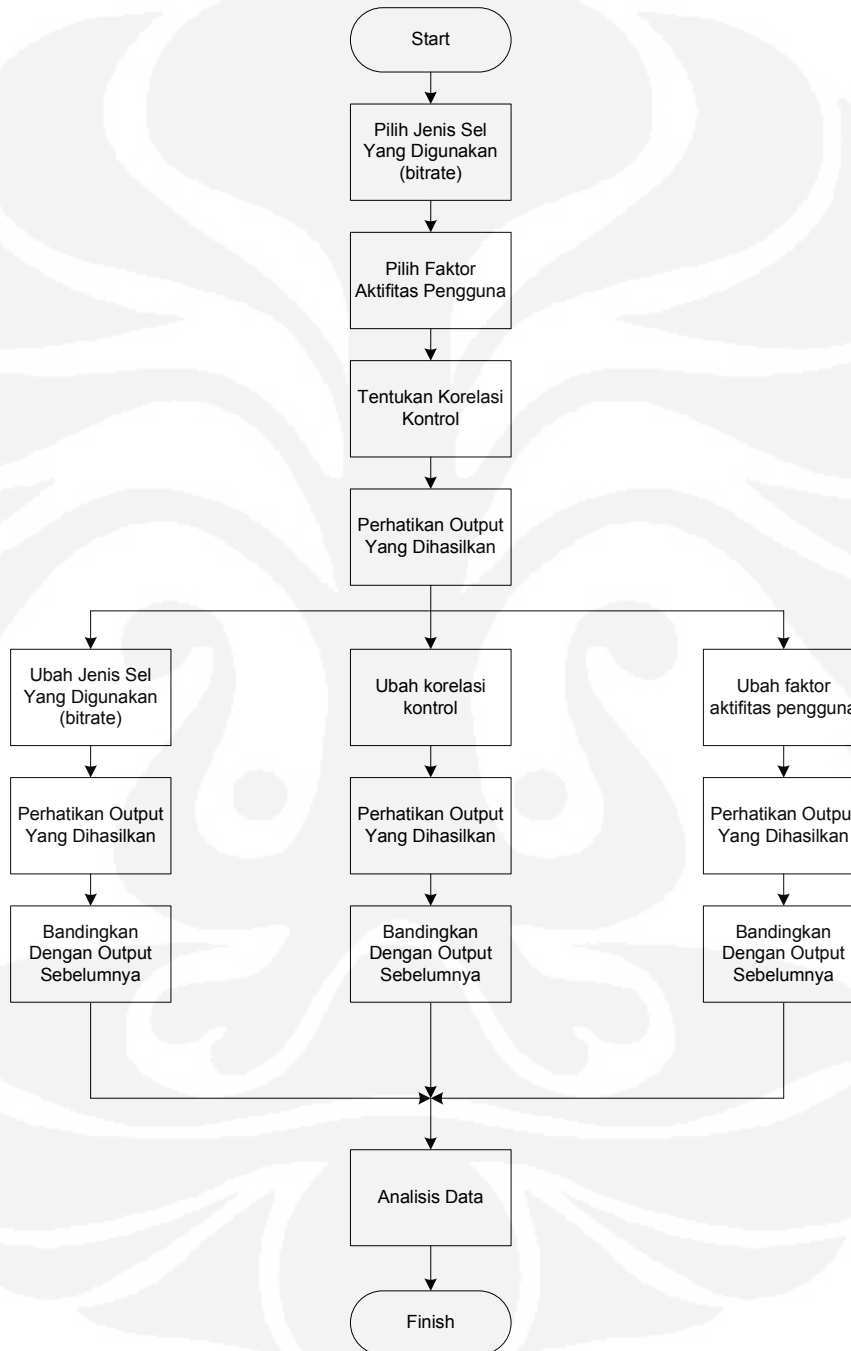
2.10.2 OUT-BAND INTERFERENCE

Sumber interferensi yang paling berpengaruh dalam *out-band interference* adalah *Adjacent Channel Interference* (ACI) yang disebabkan oleh operator atau sistem selular lain yang mentransmisikan sinyal pada pita frekuensi yang saling berdekatan. Interferensi tersebut dapat terjadi antara WCDMA FDD dengan WCDMA TDD ataupun dengan CDMA2000.

Pada dasarnya, ACI sangat mempengaruhi unjuk kerja sistem CDMA. Namun sebenarnya, ACI juga dapat terjadi pada sistem non – CDMA seperti GSM. Pada jaringan selular GSM, ACI tidak memiliki pengaruh yang signifikan karena adanya penggunaan *frequency reuse* yang tinggi (misalnya, 7). Namun pada sistem CDMA, *frequency reuse* yang digunakan adalah sama dengan 1 sehingga suatu sistem akan mengalami interferensi yang disebabkan oleh operator atau sistem lain yang berada pada pita frekuensi yang saling berdekatan. Oleh karena itu, ACI sangat mempengaruhi besarnya area jangkauan (*coverage*) dan kapasitas yang dapat dimiliki oleh sistem CDMA

BAB III
DATA DAN PERHITUNGAN INTERFERENSI

3.1 Diagram Alir Perhitungan Interferensi



Gambar 3.1 Diagram Alir Perhitungan Interferensi

Pada diagram alir perhitungan interferensi terhadap jumlah *user* untuk menjalankan simulasi yang pertama dilakukan adalah memilih jenis sel yang digunakan yang berkaitan dengan kecepatan transmisi (*bit rate*), dimana menurut IMT2000 kecepatan transmisi data yang tinggi, yaitu:

- a) 2 Mbps untuk di dalam ruangan atau mobilitas yang rendah (*picocell*)
- b) 384 kbps untuk kecepatan yang agak lambat (*microcell*)
- c) 144 kbps untuk mobilitas yang tinggi (*macrocell*)

Kemudian memilih faktor aktifitas pengguna, dimana ada dua jenis faktor aktifitas pengguna, ada 2 macam faktor aktifitas pengguna, yaitu :

- Dengan aktifitas suara : 2,5
Tanpa aktifitas suara : 1

Kemudian memilih korelasi kontrol yang berkisar antara 50% - 100% (0.5 – 1) Dan di plot data tersebut dalam grafik sehingga terlihat hasil output pada grafik simulasi. Langkah selanjutnya yaitu memvariasikan input dari jenis sel, korelasi kontrol dan faktor aktifitas pengguna, dan tiap-tiap variasi di plot dalam grafik sehingga terlihat variasi output dari hasil simulasi grafik perubahan pengaruh interferensi terhadap kapasitas sel dalam hal ini dalam satuan jumlah user. Dan dibandingkan dengan ouput sebelumnya. Untuk selanjutnya dilakukan analisis data hasil simulasi grafik yang dihasilkan.

3.2 Data Interferensi

Data interferensi diperoleh dari beberapa sumber. Berikut merupakan persamaan untuk mengetahui hubungan jumlah *user* dengan interferensi [17].

$$N_{User} = 1 + \frac{W/R}{Eb/No} \cdot \frac{\alpha}{(1+i)v} \quad (3.1)$$

Dimana :

N_{user} = Jumlah pengguna per sel

W = WCDMA *chiprate*

- R = *Bitrate* pengguna (bps)
 E_b = Energi sinyal per bit
 N_o
 α = Faktor koreksi kontrol daya yang dipengaruhi beban sel
 i = Interferensi *co-channel* sel lain terhadap sel sendiri
 v = Faktor aktifitas pengguna

WCDMA *Chiprate* (W)

Nilai WCDMA *chiprate* adalah 3,84 Mcps

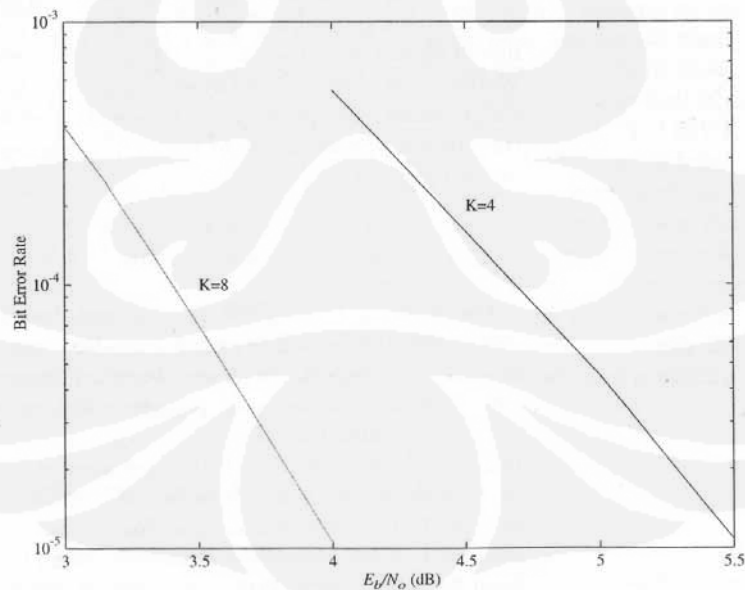
Bitrate Pengguna (R)

Ada 3 macam *bitrate* pengguna, yaitu :

- picocell* : 2 Mbps
microcell : 384 kbps
macrocell : 144 kbps

Energi Sinyal Per Bit (E_b/N_o)

E_b/N_o yang menjadi target dalam pembahasan untuk sistem WCDMA pada tugas akhir ini adalah sebesar 3 dB dengan berdasarkan pada grafik di bawah ini[19].



Gambar 3.2 Grafik E_b/N_o vs BER[19]

Pada Gambar 3.2 merupakan penggambaran performa BER terhadap Eb/No. Dengan nilai Eb/No sebesar 3 dB didapatkan BER sebesar $10^{-3,4}$ dengan faktor $K = 8$ menggunakan level kuantisasi 8 dan asumsi Gaussian noise [9]. Dengan nilai Eb/No yang kecil dapat membantu untuk meningkatkan kapasitas sel pada WCDMA [19]. Tetapi di lain pihak akan meningkatkan BER untuk semua pengguna. Pengurangan nilai Eb/No dimungkinkan tanpa resiko lanjutan yaitu peningkatan BER. Salah satu cara untuk melakukannya adalah memilih teknik modulasi yang cocok. [9]

Dikarenakan BER meningkat maka perlu untuk menggunakan koreksi kesalahan kode. Kode yang biasanya digunakan dalam sistem WCDMA adalah convolutional kode dimana dimungkinkan untuk memperoleh penguatan pengkodean. Kapasitas dari WCDMA sistem dapat ditingkatkan dengan menggunakan pengkodean channel. Gambar 3.2 adalah performa BER dari convolutional code untuk 2 nilai dari *constraint length* yaitu $K=4$ dan $K=8$.

Faktor koreksi kontrol daya yang dipengaruhi beban sel (α)

Untuk sistem WCDMA nilai α berkisar antara 50% - 100% [19].

Faktor aktifitas pengguna (v)

Mengingat kapasitas sistem WCDMA dibatasi oleh daya interferensi maka dapat disimpulkan bahwa bila suatu percakapan tidak selalu memancarkan sinyal radio (saat kanal/pengguna tidak aktif akan mengurangi interferensi). Oleh karena itu, secara teori WCDMA akan mempunyai kapasitas yang lebih besar. Dari hasil pengukuran oleh Bell laboratories [7] diketahui bahwa pengguna hanya aktif selama 35-40% dari waktu percakapan. Angka ini dikenal sebagai '*Voice Activation Factor*', (lebih sering dikenal sebagai *vox*) dan bernilai sekitar 0,4, yang berarti kanal yang memancar pada saat bersamaan hanyalah $0,4N$ atau dengan kata lain kapasitas naik 2,5 kalinya.

Ada 2 macam faktor aktifitas pengguna, yaitu :

Dengan aktifitas suara : 2,5

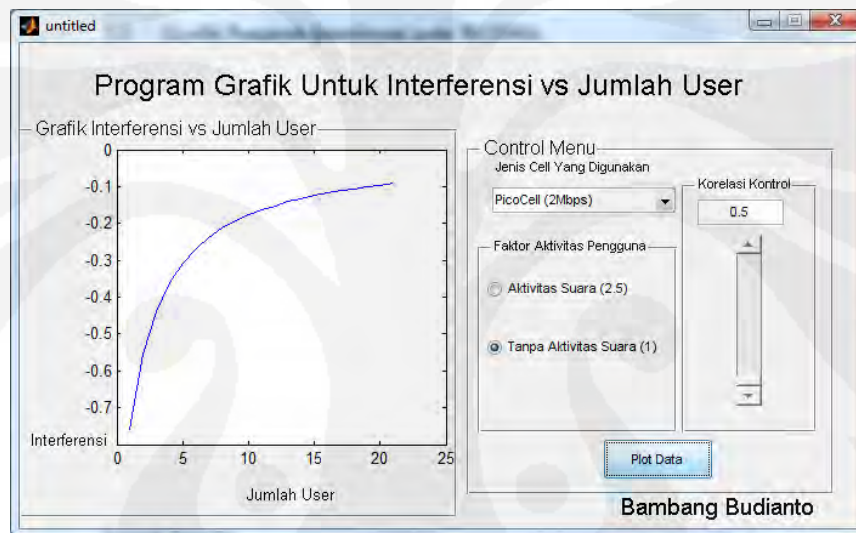
Tanpa aktifitas suara : 1

3.3 Grafik Pengaruh Interferensi pada WCDMA

Dalam sistem WCDMA jumlah user mempengaruhi besar interferensi. Berikut ini merupakan data grafik jumlah user dan interferensi yang ditimbulkannya.

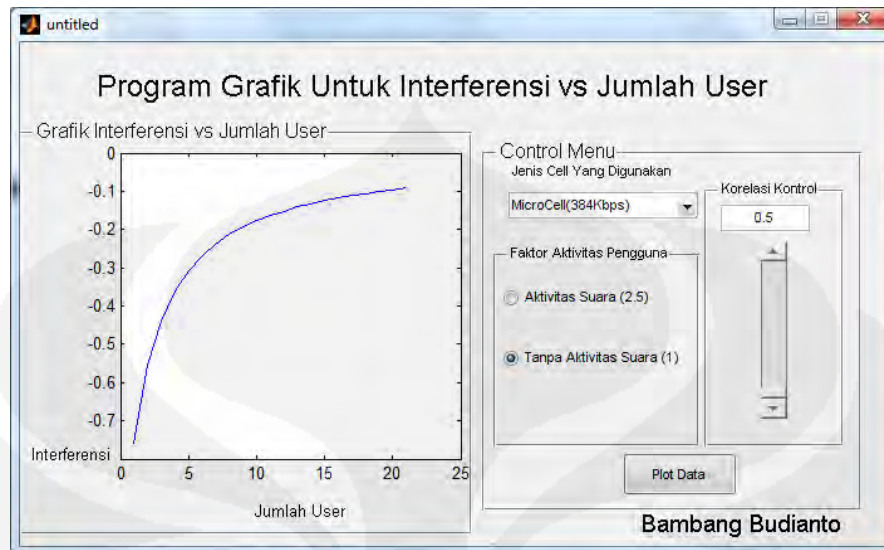
3.3.1 Pengaruh Perubahan *bitrate*

Untuk data pertama digunakan *bitrate picocell* sebesar 2 Mbps, faktor koreksi kontrol daya 50% dan faktor aktifitas pengguna 1 (tanpa aktifitas suara). Parameter yang akan dilihat disini yaitu pengaruh dari perubahan *bitrate* (R).



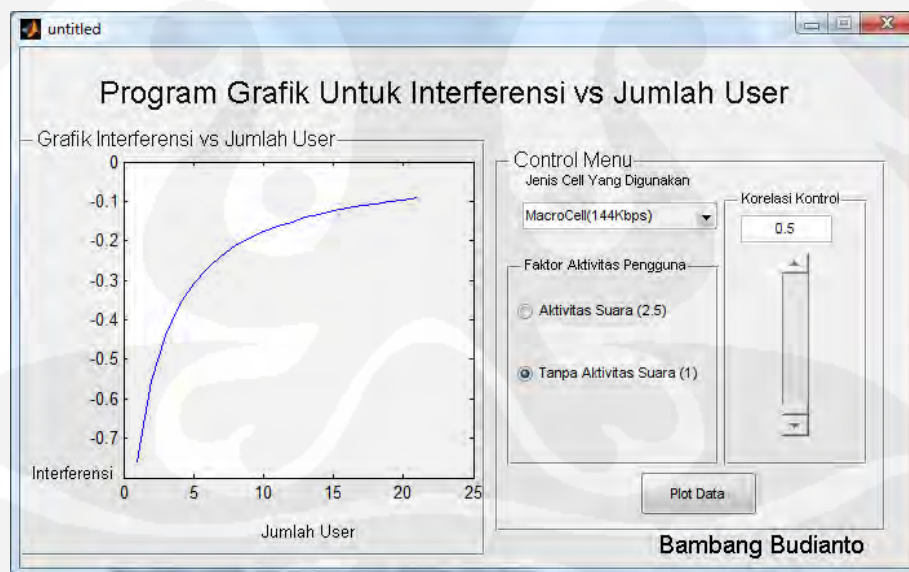
Gambar 3.3 Grafik Interferensi vs Jumlah *User* untuk *Picocell*

Gambar diatas merupakan grafik interferensi vs jumlah *user* pada WCDMA untuk *bitrate picocell* sebesar 2 Mbps.



Gambar 3.4 Grafik Interferensi vs Jumlah *User* untuk *Microcell*

Gambar diatas merupakan grafik interferensi vs jumlah *user* pada WCDMA untuk *bitrate microcell* sebesar 384 Kbps.

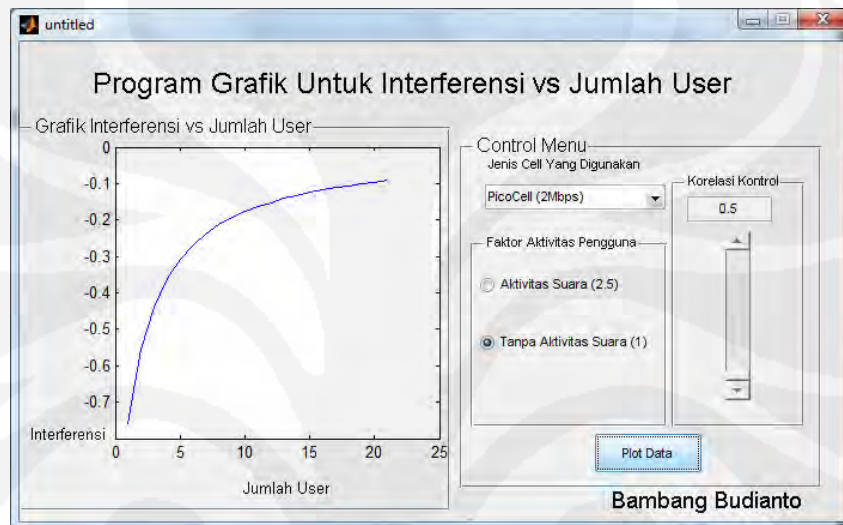


Gambar 3.5 Grafik Interferensi vs Jumlah *User* untuk *Macrocell*

Gambar diatas merupakan grafik interferensi vs jumlah *user* pada WCDMA untuk *bitrate macrocell* sebesar 144 Kbps.

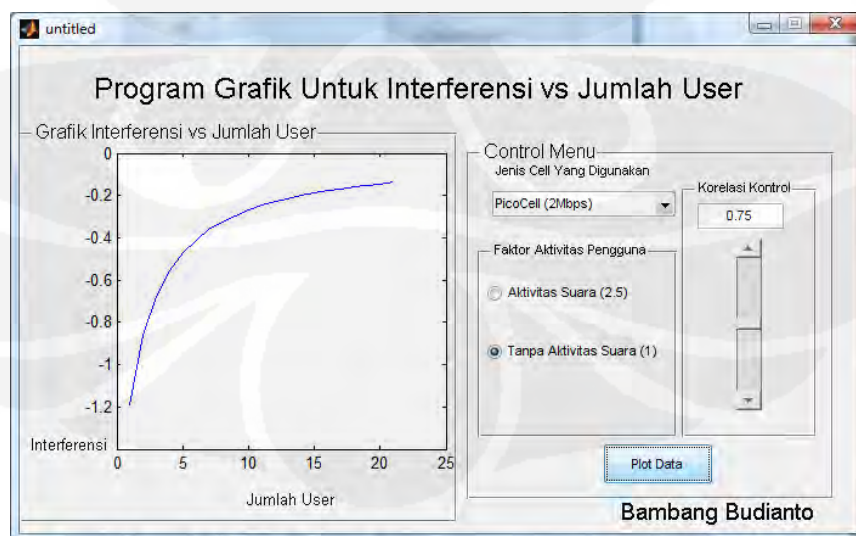
3.3.2 Pengaruh Perubahan Faktor Koreksi Kontrol Daya

Untuk data kedua digunakan bitrate picocell sebesar 2 Mbps, faktor koreksi kontrol daya 50% dan faktor aktifitas pengguna 1 (tanpa aktifitas suara). Parameter yang akan dilihat disini yaitu pengaruh dari perubahan faktor koreksi kontrol daya (α).



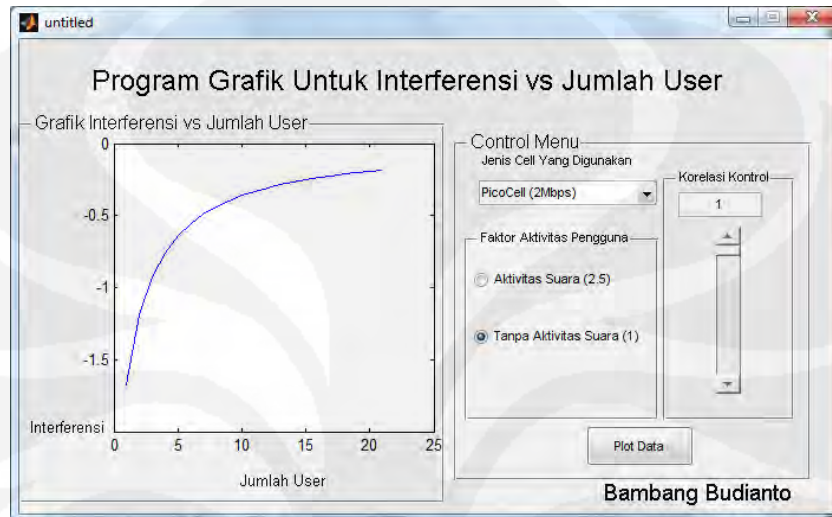
Gambar 3.6 Grafik Interferensi vs Jumlah *User* untuk Faktor Koreksi Kontrol Daya 50 %

Gambar diatas merupakan grafik interferensi vs jumlah *user* pada WCDMA untuk faktor koreksi kontrol daya 50 %.



Gambar 3.7 Grafik Interferensi vs Jumlah *User* untuk Faktor Koreksi Kontrol Daya 75 %

Gambar diatas merupakan grafik interferensi vs jumlah *user* pada WCDMA untuk faktor koreksi kontrol daya 75 %.

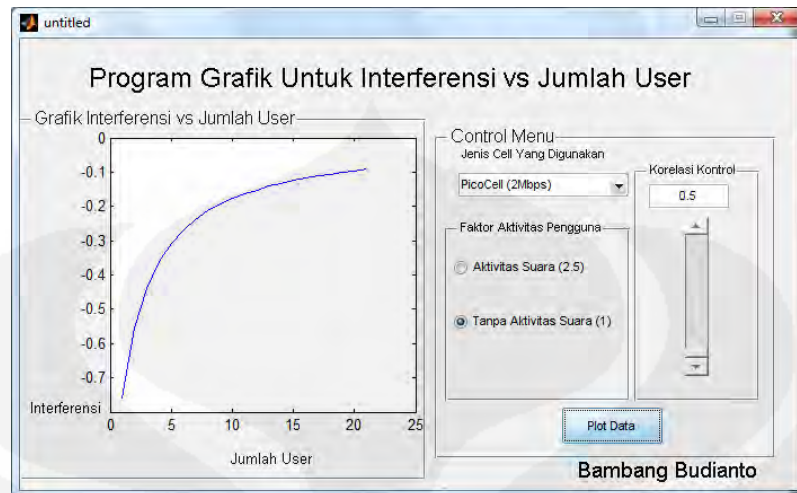


Gambar 3.8 Grafik Interferensi vs Jumlah *User* untuk Faktor Koreksi Kontrol Daya 100 %

Gambar diatas merupakan grafik interferensi vs jumlah *user* pada WCDMA untuk faktor koreksi kontrol daya 100 %.

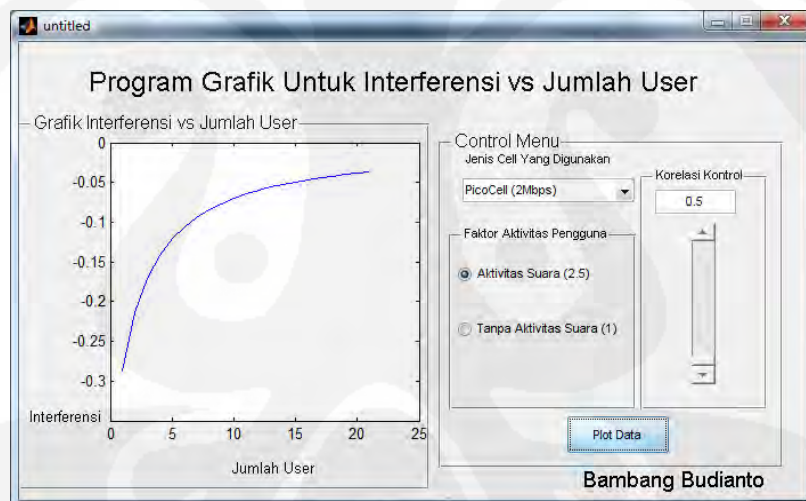
3.3.3 Pengaruh Perubahan Faktor Aktifitas Pengguna

Untuk data kedua digunakan bitrate picocell sebesar 2 Mbps, faktor koreksi kontrol daya 50% dan faktor aktifitas pengguna 1 (tanpa aktifitas suara). Parameter yang akan dilihat disini yaitu pengaruh dari perubahan faktor aktifitas pengguna (v).



Gambar 3.9 Grafik Interferensi vs Jumlah *User* untuk Faktor Aktifitas Pengguna 1 (Tanpa Aktifitas Suara)

Gambar diatas merupakan grafik interferensi vs jumlah *user* pada WCDMA untuk faktor aktifitas pengguna 1 (tanpa aktifitas suara)



Gambar 3.10 Grafik Interferensi vs Jumlah *User* untuk Faktor Aktifitas Pengguna 2,5 (Dengan Aktifitas Suara)

Gambar diatas merupakan grafik interferensi vs jumlah *user* pada WCDMA untuk faktor aktifitas pengguna 2,5 (dengan aktifitas suara).

3.4 Pencuplikan data sampel

Tabel untuk interference vs jumlah user pada picocell(2Mbps) dengan korelasi kontrol 0,6 dan faktor aktifitas pengguna dengan aktifitas suara (2,5)

Tabel 3.1 Tabel Interference vs Jumlah *User* untuk Picocell dengan Aktifitas Suara

No	Interference Margin	Jumlah User	Korelasi Kontrol
1.	-0,16	5	0,6
2.	-0,09	10	0,6
3.	-0,065	15	0,6
4.	-0,05	20	0,6
5.	-0,04	25	0,6

Tabel untuk interference vs jumlah user pada picocell(2Mbps) dengan korelasi kontrol 0,6 dan faktor aktifitas pengguna dengan tanpa aktifitas suara (1)

Tabel 3.2 Tabel Interference vs Jumlah *User* untuk Picocell Tanpa Aktifitas Suara

No	Interference Margin	Jumlah User	Korelasi Kontrol
1.	-0,4	5	0,6
2.	-0,23	10	0,6
3.	-0,18	15	0,6
4.	-0,1	20	0,6
5.	-0,09	25	0,6

Tabel untuk interference vs jumlah user pada microcell(2Mbps) dengan korelasi kontrol 0,6 dan faktor aktifitas pengguna dengan aktifitas suara (2,5)

Tabel 3.3 Tabel Interference vs Jumlah *User* untuk Microcell dengan Aktifitas Suara

No	Interference Margin	Jumlah User	Korelasi Kontrol
1.	-0,16	5	0,6
2.	-0,09	10	0,6
3.	-0,065	15	0,6
4.	-0,05	20	0,6
5.	-0,04	25	0,6

BAB IV HASIL DAN ANALISIS PERHITUNGAN

4.1 Analisis Interferensi Pada *PicoCell* WCDMA

Interferensi yang disimulasikan adalah berasal dari sistem WCDMA itu sendiri *Own-cell interference* dan *Other-cell interference*. Simulasi yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh interferensi pada system WCDMA dengan parameter dan mekanisme (skenario) tertentu. Program simulasi dibuat dalam bentuk GUI (*Graphical User Interface*) dengan menggunakan *software* bantuan. Program akan menghasilkan grafik keluaran sesuai dengan nilai parameter tertentu yang dimasukkan.

Tabel 4.1 Parameter Perhitungan Interferensi

Parameter	
<i>Chip Rate</i> (<i>W</i>)	38,4 <i>Megachips/sec</i>
<i>User bit-rate</i> ®	<i>picocell</i> : 2 Mbps <i>microcell</i> : 384 Kbps <i>macrocell</i> : 144 Kbps)
<i>Voice activity factor</i> (<i>v</i>)	2,5 dan 1
<i>Eb/No</i> target	3 dB = 1,995
α (Faktor koreksi kontrol daya yang dipengaruhi beban sel)	0,60 atau 60 % 0,70 atau 70 %

Berikut ini akan dijelaskan mengenai algoritma program simulasi untuk mencari besarnya interferensi yang diterima akibat meningkatnya jumlah user.

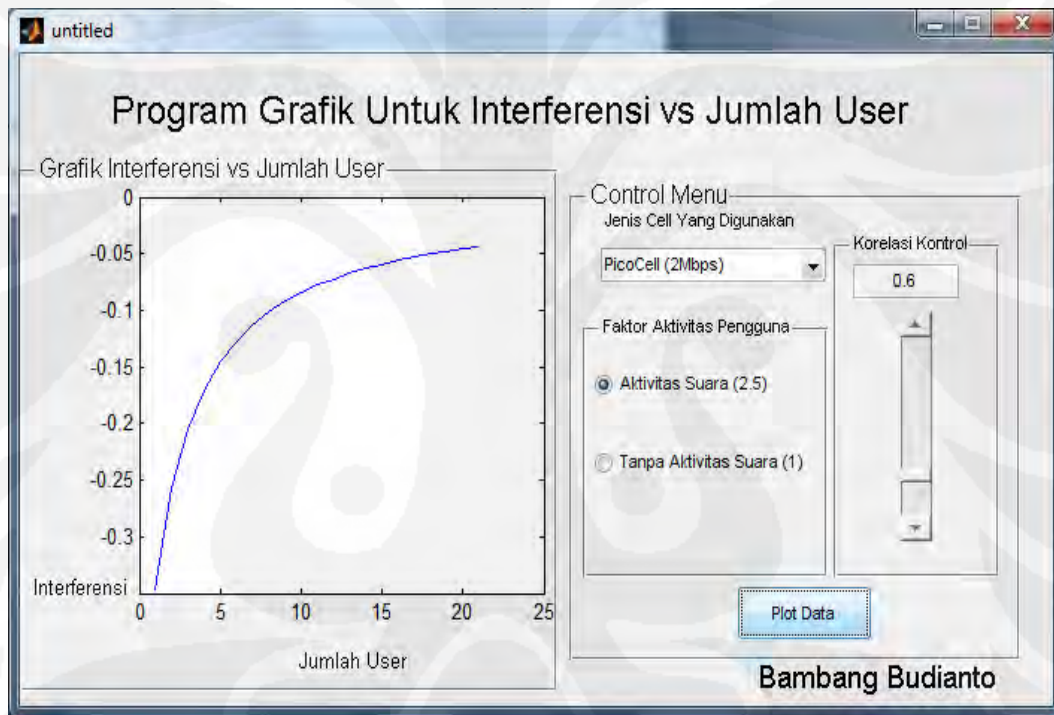
1. Hitung besarnya interferensi (*pole capacity*) pada WCDMA dengan memasukkan nilai parameter yang telah didapatkan ke dalam persamaan 4.1 berikut :

$$N_{User} = 1 + \frac{W/R}{Eb/No} \cdot \frac{\alpha}{(1+i)v} \dots\dots\dots (4.1)$$

Proses perhitungan yang telah dilakukan akan menghasilkan grafik yang menunjukkan besarnya interferensi yang dapat diterima oleh WCDMA untuk jumlah

user WCDMA yang berbeda. Berikut ini adalah grafik – grafik hasil yang didapatkan pada simulasi :

1.) Grafik hasil simulasi saat faktor korelasi kontrol daya yang dipengaruhi beban sel 60 % kemudian jenis cell yang digunakan adalah *pico cell* dengan bitrate 2 Mbps. Pada program simulasi digunakan faktor korelasi kontrol 0,6 sebagai *sample* dikarenakan standar korelasi kontrol berkisar antara 0,5 -1 [19]. Untuk kondisi ideal faktor korelasi kontrol bernilai 1.



Gambar 4.1 Grafik Interferensi pada *pico cell* dengan faktor korelasi kontrol 60 %.

Gambar 4.1 menunjukkan besarnya interferensi yang diakibatkan oleh meningkatnya user yang bervariasi dari 0 sampai 25 untuk nilai parameter tertentu. Gambar 4.1 didapatkan dengan menggunakan faktor aktifitas pengguna 2,5. Dari grafik terlihat bahwa dengan bertambahnya jumlah pengguna maka nilai interferensi yang dihasilkan juga semakin besar. Data – data mengenai peningkatan jumlah *user* yang sebanding dengan peningkatan margin interferensi diperlihatkan pada Tabel 4.1.

Interference margin yang diperbolehkan (limit) sebesar -3 dB [19]. Dari Grafik 4.1 dapat kita lihat bahwa hasil simulasi (*interference margin* -0,05 s.d. -0,3) masih berada dalam limit *interference margin* yang diperbolehkan.

Tabel 4.2 Data Perbandingan Jumlah *User* dan *interference margin* pada *picocell*.

No	Interference Margin	Jumlah User	Korelasi Kontrol
1.	-0,16	5	0,6
2.	-0,09	10	0,6
3.	-0,065	15	0,6
4.	-0,05	20	0,6
5.	-0,04	25	0,6

4.2 Perhitungan Interferensi vs *User* Pada *Picocell*

Dengan menggunakan persamaan 4.1 diatas maka akan dihitung bagaimana nilai interferensi mempengaruhi jumlah pengguna dalam satu *cell*.

Untuk *picocell* dengan nilai bitrate pengguna 2Mbps dengan faktor koreksi kontrol misalkan diambil nilai secara acak yaitu 0,6 kemudian faktor aktifitas pengguna dengan aktifitas suara yaitu 2,5 maka akan didapat jumlah pengguna adalah sebagai berikut :

$$N_{User} = 1 + \frac{W/R}{Eb/No} \cdot \frac{\alpha}{(1+i)v}$$

dengan :

$$W = 3,84 \text{ Mcps}$$

$$R = 2 \text{ Mbps}$$

$$\begin{aligned} E_b/N_0 &= 3 \text{ dB} \\ &= 1,995 \end{aligned}$$

$$\alpha = 0,602 \text{ atau } 60,2 \%$$

$$v = 2,5$$

$$I = -0,93$$

maka n user jumlahnya adalah :

$$\begin{aligned} N_{User} &= 1 + \frac{3,84 \cdot 10^6 / 2 \cdot 10^6}{1,995} \cdot \frac{0,602}{(1 + (-0,93))^{2,5}} \\ &= 10 \text{ user} \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung dengan faktor aktifitas pengguna tanpa suara yaitu 1 dengan menggunakan persamaan yang sama maka didapatkan jumlah pengguna adalah :

$$\begin{aligned} N_{User} &= 1 + \frac{3,84 \cdot 10^6 / 2 \cdot 10^6}{1,995} \cdot \frac{0,602}{(1 + (-0,97))^{1}} \\ &= 11 \text{ user} \end{aligned}$$

Dengan metode yang sama, proses penghitungan pengguna dilakukan dengan merubah nilai korelasi kontrol dan interferensi dengan faktor aktifitas pengguna dengan suara yaitu 2,5 dengan demikian parameter – parameternya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,90 \\ I &= -0,92 \\ v &= 2,5 \end{aligned}$$

maka didapatkan jumlah pengguna yaitu :

$$N_{User} = 1 + \frac{3,84 \cdot 10^6 / 2 \cdot 10^6}{1,995} \cdot \frac{0,9}{(1 + (-0,92))^{2,5}}$$

$$= 11 \text{ user}$$

Dengan nilai interferensi ditingkatkan menjadi -0,91 dan α sama tetapi faktor aktifitas pengguna tanpa suara yang berarti nilai $v = 1$, maka didapatkan jumlah pengguna adalah :

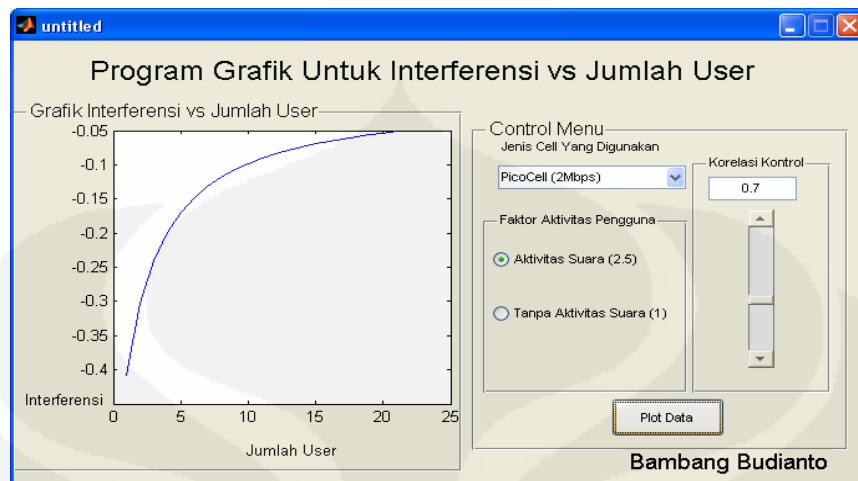
$$N_{User} = 1 + \frac{3,84 \cdot 10^6 / 2 \cdot 10^6}{1,995} \cdot \frac{0,9}{(1 + (-0,91))1}$$

$$= 12 \text{ user}$$

Untuk perhitungan menggunakan nilai interferensi -0,93 dengan aktifitas pengguna dengan suara yaitu 2,5 dan factor korelasi adalah 0,6 maka didapatkan jumlah 10 pengguna. Sedangkan dengan aktifitas tanpa suara yang berarti 1 dengan faktor korelasi dan nilai interferensi -0,97 didapatkan jumlah pengguna adalah 11.

Ketika nilai interferensi ditambah menjadi -0,92 dengan faktor korelasi 0,9 dan aktifitas pengguna dengan suara adalah 2,5 maka didapatkan jumlah pengguna 11. Sedangkan ketika aktifitas pengguna tanpa suara yaitu 1 didapatkan 12 user. Dari hasil perhitungan pada pico cell dengan bit rate 2 Mbps terlihat bahwa jumlah pengguna mempengaruhi nilai interferensi. Semakin besar jumlah pengguna maka nilai interferensi akan semakin besar.

Selain itu faktor korelasi kontrol juga berperan dalam meningkatkan interferensi sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.2.

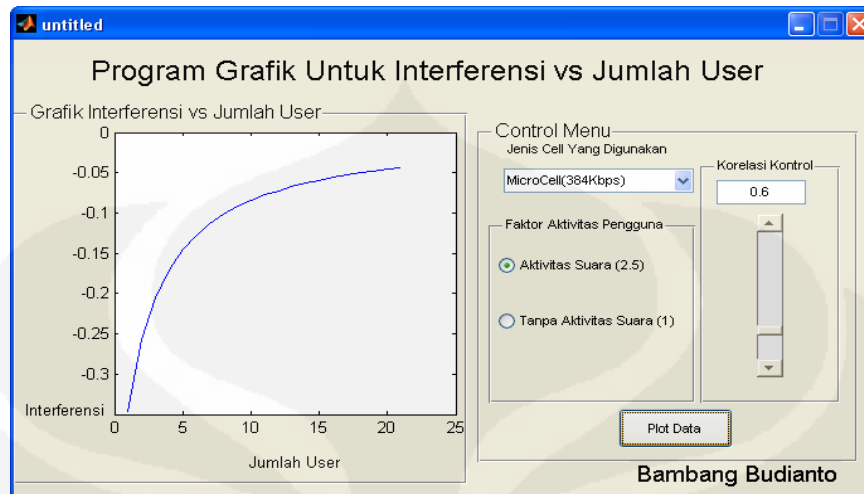


Gambar 4.2 Grafik Interferensi vs *User* pada *pico cell* dengan korelasi kontrol 70%

Gambar 4.2 merupakan hasil simulasi untuk picocell 2 Mbps dengan menggunakan nilai factor korelasi kontrol yang dipengaruhi beban sebesar 70 %. Dari grafik dapat dilihat bahwa dengan meningkatkan nilai korelasi control maka meningkat pula nilai dari interferensi yang dihasilkan. *Interference margin* yang diperbolehkan (limit) sebesar -3 dB [19]. Dari Grafik 4.2 dapat kita lihat bahwa hasil simulasi (*interference margin* -0,05 s.d. -0,4) masih berada dalam limit *interference margin* yang diperbolehkan.

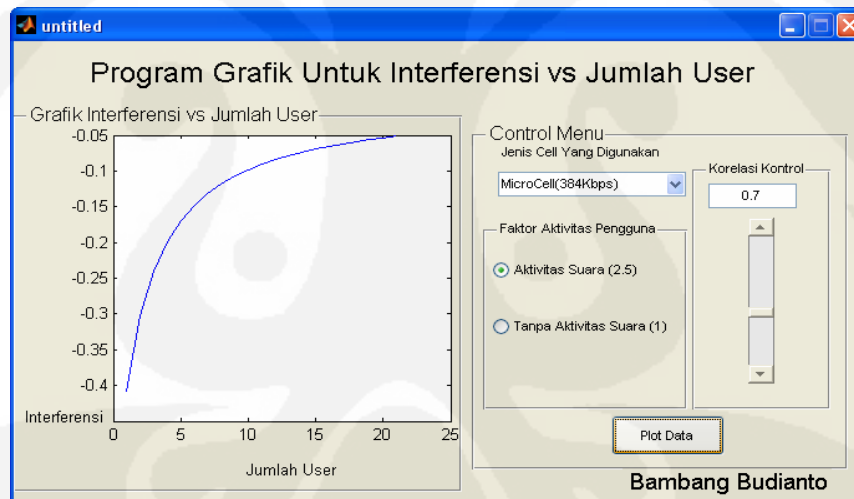
4.3 Analisis Interferensi Pada *MicroCell* WCDMA

Grafik hasil simulasi saat faktor koreksi kontrol daya yang dipengaruhi beban sel 60 % kemudian jenis *cell* yang digunakan adalah *microcell* dengan *bitrate* 384 kbps.



Gambar 4.3 Grafik Interferensi Vs User pada microcell dengan korelasi control 60%.

Untuk selanjutnya nilai korelasi kontrol diubah menjadi 0,7 atau 70% dan grafiknya adalah :



Gambar 4.4. Grafik Interferensi Vs User pada *microcell* dengan korelasi kontrol 70%.

Dari grafik yang dihasilkan nilai interferensi ketika faktor korelasi kontrol diubah terjadi perubahan nilai interferensi pada jumlah *user* yang sama.

4.4 Perhitungan Interferensi vs User Pada MicroCell

Proses selanjutnya adalah menghitung keterkaitan interferensi dengan jumlah pengguna pada microcell dengan menggunakan parameter – parameter sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W &= 3,84 \text{ Mcps} \\ R &= 384 \text{ Kbps} \\ E_b/N_o &= 3 \text{ dB} \\ &= 1,995 \\ \alpha &= 0,602 \text{ atau } 60,2 \% \\ v &= 2,5 \\ I &= -0,86 \end{aligned}$$

maka n user didapatkan:

$$\begin{aligned} N_{User} &= 1 + \frac{3,84 \cdot 10^6}{1,995 \cdot 384 \cdot 10^3} \cdot \frac{0,602}{(1 + (-0,86))^{2,5}} \\ &= 10 \text{ user} \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung dengan faktor aktifitas pengguna tanpa suara yaitu 1 dan nilai interferensi ditingkatkan menjadi -0,33 dengan menggunakan persamaan yang sama maka didapatkan jumlah pengguna adalah :

$$\begin{aligned} N_{User} &= 1 + \frac{3,84 \cdot 10^6}{1,995 \cdot 384 \cdot 10^3} \cdot \frac{0,602}{(1 + (-0,33))^1} \\ &= 11 \text{ user} \end{aligned}$$

Dengan metode yang sama, proses penghitungan pengguna dilakukan dengan merubah nilai korelasi kontrol dan interferensi dengan faktor aktifitas pengguna dengan suara yaitu 2,5 dengan demikian parameter – parameternya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,90 \\ i &= -0,87 \end{aligned}$$

$$v = 2,5$$

maka didapatkan jumlah pengguna yaitu :

$$N_{User} = 1 + \frac{3,84 \cdot 10^6 / 384 \cdot 10^3}{1,995} \cdot \frac{0,9}{(1 + (-0,87))2,5}$$

$$= 15 \text{ user}$$

Dengan nilai i dan α sama tetapi faktor aktifitas pengguna tanpa suara yang berarti nilai $v = 1$ dan interferensinya ditingkatkan menjadi $-0,67$ maka didapatkan jumlah pengguna adalah :

$$N_{User} = 1 + \frac{3,84 \cdot 10^6 / 2 \cdot 10^6}{1,995} \cdot \frac{0,9}{(1 + (-0,67))1}$$

$$= 16 \text{ user}$$

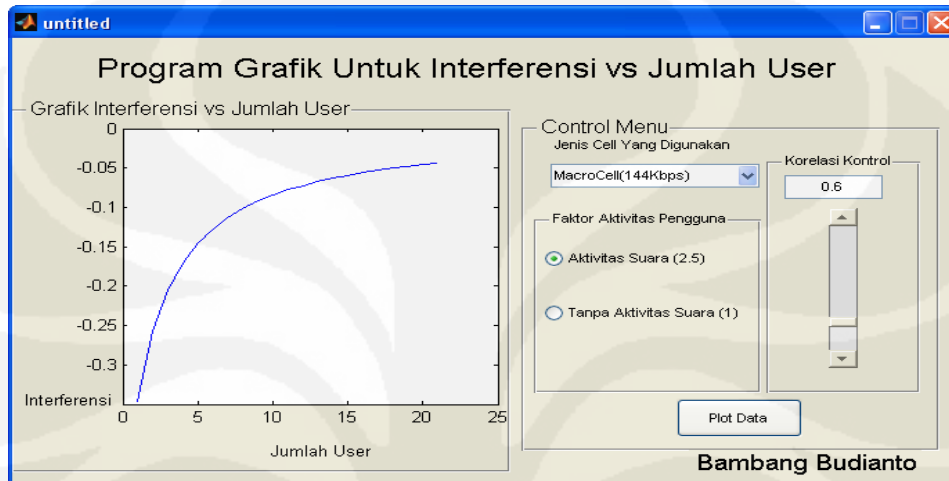
Untuk perhitungan pada microcell dengan bit rate 384 Kbps menggunakan nilai interferensi $-0,86$ dengan aktifitas pengguna dengan suara yaitu $2,5$ dan faktor korelasi adalah $0,6$ maka didapatkan jumlah 10 pengguna. Sedangkan dengan aktifitas tanpa suara yang berarti 1 dengan factor korelasi dan nilai interferensi ditambah yaitu $-0,33$ didapatkan jumlah pengguna adalah 11.

Ketika nilai interferensi dikurangi menjadi $-0,87$ dengan factor korelasi $0,9$ dan aktifitas pengguna dengan suara adalah $2,5$ maka didapatkan jumlah pengguna 15. Sedangkan ketika aktifitas pengguna tanpa suara yaitu 1 dengan nilai interferensi ditingkatkan menjadi $-0,67$ didapatkan 16 *user*. Dari hasil perhitungan pada microcell terlihat bahwa jumlah pengguna mempengaruhi nilai interferensi. Semakin besar jumlah pengguna maka nilai interferensi akan semakin besar. Hal ini juga dipengaruhi oleh bit rate dan korelasi control yang dipengaruhi beban sel pada microcell.

4.5 Analisis Interferensi Pada *MacroCell* WCDMA

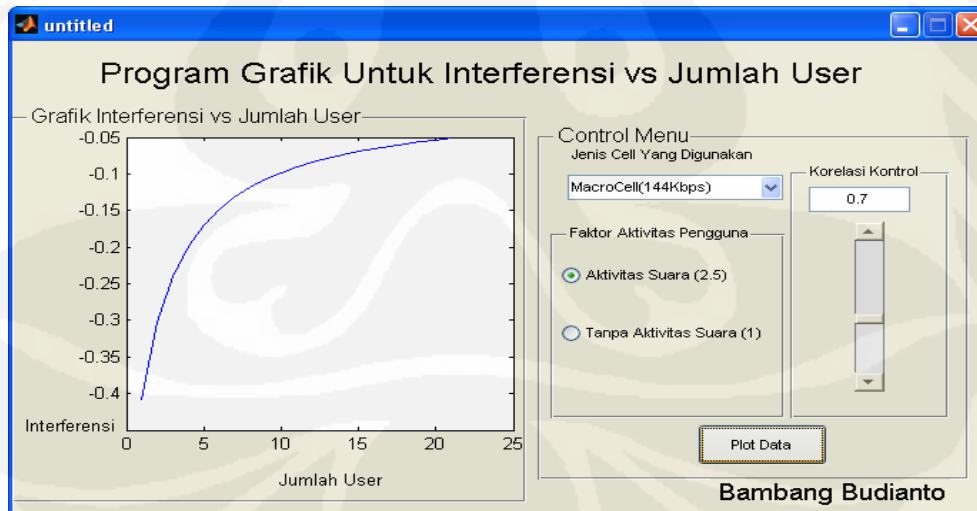
Grafik hasil simulasi saat faktor koreksi kontrol daya yang dipengaruhi beban sel 60 % kemudian jenis *cell* yang digunakan adalah *macrocell* dengan bitrate 144

Kbps. Pada grafik terlihat bahwa dengan nilai bit rate yang semakin kecil maka interferensi yang terjadi cenderung menurun dengan factor aktifitas pengguna dengan suara.



Gambar 4.5 Grafik Interferensi vs User pada *Macrocell* dengan korelasi kontrol 60 %

Untuk selanjutnya nilai korelasi kontrol diubah menjadi 0,7 atau 70% dan grafiknya adalah :



Gambar 4.5 Grafik Interferensi vs User pada *Macrocell* dengan korelasi kontrol 70%.

Dari grafik terlihat bahwa faktor korelasi kontrol mempengaruhi nilai interferensi seiring dengan bertambahnya user maka nilai interferensi pun meningkat. Dan nilainya lebih besar dibandingkan dengan menggunakan faktor korelasi 60 %.

4.6 Perhitungan Interferensi vs User Pada MacroCell

Proses selanjutnya adalah menghitung keterkaitan interferensi dengan jumlah pengguna pada *macrocell* dengan menggunakan parameter – parameter sebagai berikut :

$$W = 3,84 \text{ Mcps}$$

$$R = 144 \text{ Kbps}$$

$$E_b/N_o = 3 \text{ dB}$$

$$= 1,995$$

$$\alpha = 0,602 \text{ atau } 60,2 \%$$

$$v = 2,5$$

$$I = -0,64$$

maka n user didapatkan:

$$N_{User} = 1 + \frac{3,84 \cdot 10^6}{1,995} \cdot \frac{0,602}{(1 + (-0,64))^{2,5}}$$

$$= 10$$

Selanjutnya dihitung dengan faktor aktifitas pengguna tanpa suara yaitu 1 dengan nilai interferensi ditambah menjadi -0,1 dan menggunakan persamaan yang sama maka didapatkan jumlah pengguna adalah :

$$N_{User} = 1 + \frac{3,84 \cdot 10^6}{1,995} \cdot \frac{0,602}{(1 + (-0,1))^{2,5}}$$

$$= 11 \text{ user}$$

Dengan metode yang sama, proses penghitungan pengguna dilakukan dengan merubah nilai korelasi kontrol dan interferensi dengan faktor aktifitas pengguna

dengan suara yaitu 2,5 dengan demikian parameter – parameternya adalah sebagai berikut :

$$\alpha = 0,90$$

$$i = -0,65$$

$$v = 2,5$$

maka didapatkan jumlah pengguna yaitu :

$$N_{User} = 1 + \frac{3,84 \cdot 10^6 / 144 \cdot 10^3}{1,995} \cdot \frac{0,9}{(1 + (-0,65))2,5}$$

$$= 15 \text{ user}$$

Dengan nilai interferensi ditambah menjadi -0,14 dan α sama tetapi faktor aktifitas pengguna tanpa suara yang berarti nilai $v = 1$, maka didapatkan jumlah pengguna adalah :

$$N_{User} = 1 + \frac{3,84 \cdot 10^6 / 144 \cdot 10^3}{1,995} \cdot \frac{0,9}{(1 + (-0,14))1}$$

$$= 16 \text{ user}$$

Untuk perhitungan menggunakan nilai interferensi -0,64 dengan aktifitas pengguna dengan suara yaitu 2,5 dan faktor korelasi kontrol adalah 0,6 maka didapatkan jumlah pengguna adalah 10. Sedangkan dengan aktifitas tanpa suara yang berarti 1 dengan faktor korelasi dan nilai interferensi ditambah menjadi -0,1 didapatkan jumlah pengguna adalah 11.

Ketika nilai interferensi diubah menjadi -0,65 dB dengan faktor korelasi ditambah menjadi 0,9 dan aktifitas pengguna dengan suara adalah 2,5 maka didapatkan jumlah pengguna 15. Sedangkan ketika aktifitas pengguna tanpa suara yaitu 1 dan nilai interferensi ditambah menjadi -0,14 didapatkan 16 pengguna. Dari hasil perhitungan pada macrocell dengan bit rate 144 Kbps terlihat bahwa jumlah pengguna dan faktor korelasi kontrol mempengaruhi nilai interferensi. Semakin besar jumlah pengguna dan nilai korelasi kontrol yang dipengaruhi beban sel maka nilai

interferensi akan semakin besar. Berdasarkan hasil simulasi, nilai *interference margin* yang dihasilkan berkisar antara -0,05 sampai dengan -0,4. Nilai *interference margin* yang dihasilkan sudah memenuhi limit *interference margin* yaitu $\geq -3\text{dB}$ pada korelasi kontrol daya 60%-70 %.

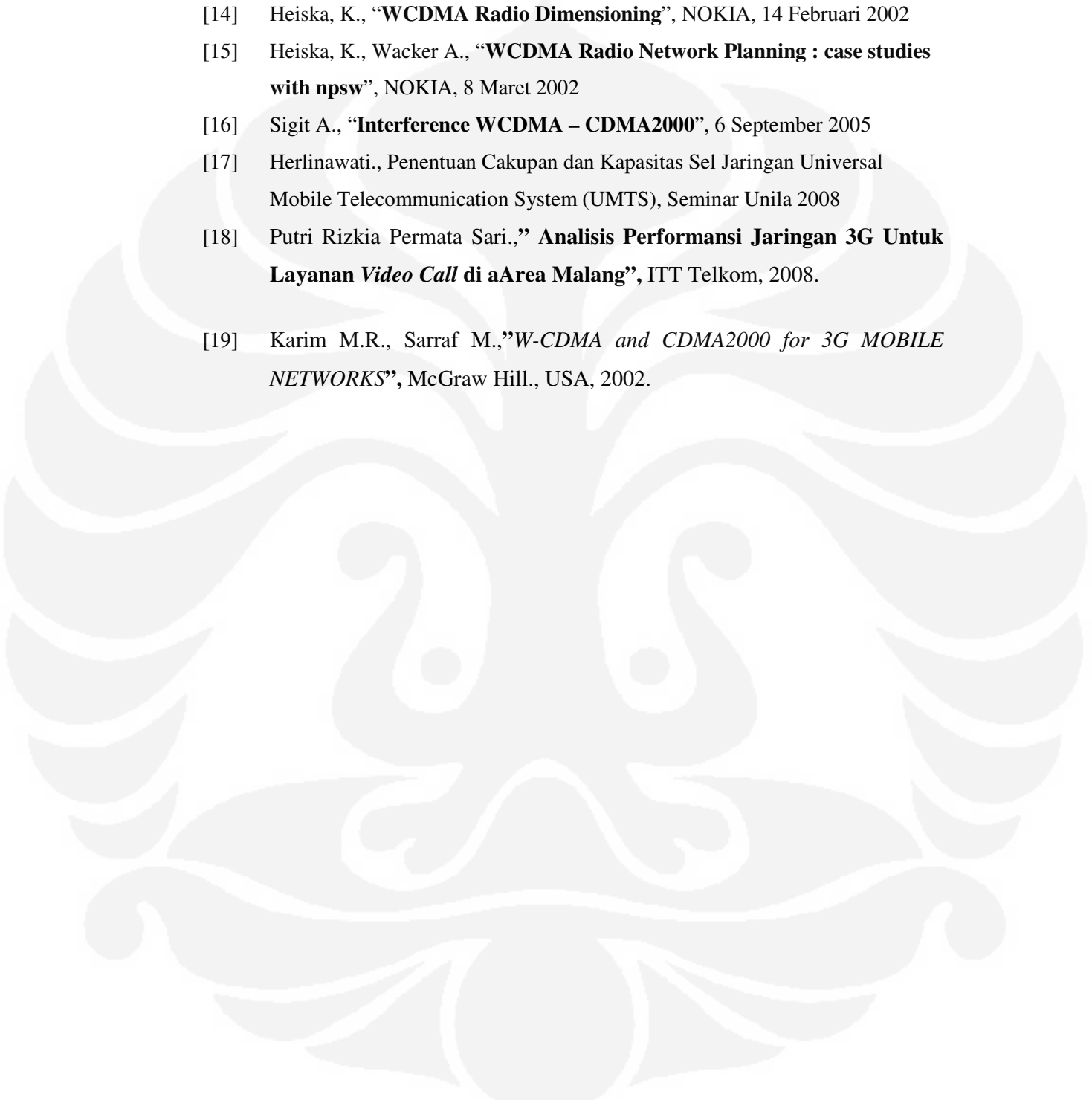


BAB V KESIMPULAN

1. Interferensi sangat berpengaruh pada kapasitas sel dan membatasi jumlah user dalam sel, dimana apabila jumlah user naik akan mengakibatkan naiknya interferensi
2. Faktor aktifitas pengguna akan menaikkan interferensi, dimana faktor aktifitas pengguna yang di gunakan untuk aktifitas suara adalah 2.5 , sedangkan tanpa aktifitas suara adalah 1
3. Korelasi kontrol daya yang berkisar antara 60% - 70% apabila dinaikkan akan menurunkan interferensi.
4. Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan, nilai *interference margin* yang dihasilkan berkisar antara -0,05 sampai dengan -0,4. Nilai *interference margin* yang dihasilkan sudah memenuhi limit *interference margin* yaitu $\geq -3\text{dB}$ pada korelasi kontrol daya 60%-70 %.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Rappaport, T.S., “*Wireless Communications: Principles and Practice*”, Prentice Hall Inc., New Jersey, USA, 2002
- [2] Brown, T.X., Notaros, O., Jadhav. N. “**Lab 7 – Interference In Cellular Radio Systems**”, TLEN 5320 Wireless Systems Lab Colorado, Boulder
- [3] Corinex Link, “Interference Issues”, Corinex Global Corp., 2001.
- [4] Interference – Wikipedia, the free encyclopedia. htm, www.wikipedia.com, tanggal akses : 4 Juni 2009
- [5] Walke,B., Seidenberg, R., Althoff,M.P., “UMTS The Fundamentals”, John Wiley ft Sons, Ltd, England, 2003.
- [6] Brown, T.X., Notaros,O., Jadhav, N. “Lab 7 – Interference in Cellular Radio System”, TLEN 5320 Wireless Systems Lab University of Colorado, Boulder.
- [7] Rappaport, T.S., “*Wireless Communications: Principles and Practice*”, Prentice Hall Inc., New Jersey, USA, 2002.
- [8] Rintamaki,M., “ Adaptive Power Control in CDMA Cellular Communication Systems”, Hal,21, Helsinsi University of Technology
- [9] Povey, G., Gatzoulis, L., Stewarts L. Dan Band I., “WCDMA inter operator interference and dead zones”, Elektrobit (UK) Ltd dan University of Edinburgh
- [10] Chaufray,J.M., “Adjacent Channel Interference in WCDMA Networks equipped with Multiple Antennas Mobile Stations
- [11] 3GPP, Technical Specification Group, Radio Access Network, Working Group Four (3GPP TSG RAN WG4), Response to LS from ERC TG1: Adjacent channel performance, Yokohama 21-23 April 1999, TSGR#3(99)231
- [12] Heiska, K., “**On The Modelling of WCDMA System Performance with Propagation Data**”, Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology, Department of Electrical and Communications Engineering, Helsinki University of Technology, Espoo, Finland, 23 April 2004

- 
- [13] Parker J., “**Examining the Implications of WCDMA Site Sharing for Cell Planning**”, Coleago Consulting Ltd 3 Juli 2003
- [14] Heiska, K., “**WCDMA Radio Dimensioning**”, NOKIA, 14 Februari 2002
- [15] Heiska, K., Wacker A., “**WCDMA Radio Network Planning : case studies with npsw**”, NOKIA, 8 Maret 2002
- [16] Sigit A., “**Interference WCDMA – CDMA2000**”, 6 September 2005
- [17] Herlinawati., Penentuan Cakupan dan Kapasitas Sel Jaringan Universal Mobile Telecommunication System (UMTS), Seminar Unila 2008
- [18] Putri Rizkia Permata Sari.,” **Analisis Performansi Jaringan 3G Untuk Layanan Video Call di aArea Malang**”, ITT Telkom, 2008.
- [19] Karim M.R., Sarraf M.,”*W-CDMA and CDMA2000 for 3G MOBILE NETWORKS*”, McGraw Hill., USA, 2002.

DAFTAR PUSTAKA

Durantini A., Mazzenga, F., Santella G., **“A Semi-Analytic Approach for CDMA Systems Performance Evaluation with Adjacent Channel Interference”**, Italy, 2004 IEEE

White Paper ,**“WCDMA Radio Link Engineering Basics: Lessons Learned from 2G IS-95 CDMA and GSM Networks ”**, ACTIX, www.actix.com

Ericsson, **“WCDMA Radio Workshop Student Text EN/LZT TBA : Topic 11 WCDMA Capacity”**, Ericsson Radio Systems AB, 2004