

**ANALISA INTERFERENSI DENGAN METODE SHARING
FEMTOCELL (HOTSPOT) – MACROCELL DALAM JARINGAN
CDMA2000 1x**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro



UIN SUSKA RIAU

Oleh:

YOHAN FERNANDA
10655005224

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2013

**ANALISA INTERFERENSI DENGAN METODE SHARING
FEMTOCELL (HOTSPOT) – MACROCELL DALAM JARINGAN
CDMA2000 1x**

YOHAN FERNANDA
NIM : 10655005224

Tanggal Sidang : 28 Juni 2013

Tanggal Wisuda : November 2013

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Komunikasi operator mobile di dunia telah mengimplementasikan sel berukuran kecil umumnya *macrocell* dan *femtocell*. Tantangan implementasi *femtocell* untuk sistem berbasis CDMA, akan semakin tinggi ketika interferensi akan menurunkan kapasitas dan radius *coverage* dari jaringan *existing*. Penulis tertarik untuk mencoba mengimplementasikan *femtocell* pada perbatasan *Macrocell*, bukan pada pusatnya. Dalam penelitian ini, tingkat *interferensi* merupakan fungsi dari *Inter-Site Distance* (ISD) antara *Macrocell* dan *Femtocell*. dengan tujuan Menganalisa karakteristik *femtocell* terhadap *coverage macrocell existing*. Setelah melakukan penelitian maka dapat disimpulkan Semakin jauh jarak antara makrocell dan femtocell maka jaringan *femtocell* semakin baik. Besarnya *coverage femtocell* dipengaruhi oleh tinggi antena sedangkan besarnya *coverage Ec/Io* dipengaruhi jarak antar site. Kapasitas shannon menurun setengahnya akibat *inner cell interferensi*. Menginstall *femtocell co-located* (frekuensi yang sama) dengan *macrocell* adalah pilihan yang sia-sia karena kapasitas *macrocell* menurun karena *coverage femtocell* tidak pernah mengkoverage *macrocell* sehingga *femtocell* sebagai pengganggu.

Kata Kunci : *cdma, coverage, femtocell, interferensi, macrocell.*

**ANALYSIS INTERFERENCE WITH THE METHODS SHARING
FEMTOCELL (HOTSPOT)-MACROCELL IN NETWORK
CDMA2000 1X**

YOHAN FERNANDA
NIM : 10655005224

Date of Final Exam : June 28th, 2013
Graduation Ceremony Priod : November, 2013

*Department of Electrical Engineering
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas St. No. 155 Pekanbaru - Indonesia*

ABSTRACT

Communications mobile operator in the world have implemented a small cells generally macrocell and femtocell femtocell implementation Challenges for CDMA-based systems, will be higher when the interference will degrade the capacity and coverage of existing network radius. The author is interested to try implementing femtocell on Macrocell border, not on its head. In this study, the degree of interference is a function of Inter-Site Distance (ISD) between the Macrocell and Femtocell. with the aim of Analysing the characteristics of femtocell to macrocell existing coverage. After doing some research it can concluded the farther the distance between macrocell and femtocell, femtocell network the better. The amount of coverage is impacted by antenna height femtocell and the magnitude of the E_c/I_o coverage influenced the distance between sites. Shannon capacity declined by half due to the inner workings of the cell. Install a femtocell colacated (same frequency) with macrocell is useless because the capacity of macrocell declined because femtocell coverage never coverage macrocell and femtocell as bully.

Keywords : *cdma, coverage, femtocell, interferensi, macrocell*

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum wr. wbr

Syukur Alhamdulillah kami ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya berupa kekuatan dan kesehatan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus ditempuh dalam menyelesaikan program study Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Prodi Elektro Telekomunikasi Fakultas Sains Dan Teknologi.

Tugas Akhir ini diberi judul :

**" ANALISA INTERFERENSI DENGAN METODE SHARING FEMTOCELL
(HOTSPOT)-MACROCEL DALAM JARINGAN CDMA2000 1X "**

Menyadari akan keterbatasan pengetahuan dan wawasan penyusun, sehingga dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran dari pembaca kami perlukan untuk perbaikan penulisan kami selanjutnya.

Pada kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Allah Swt. yang telah memberikan kekuatan dan kesehatan lahir maupun batin dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dra. Hj. Yenita Morena, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Bapak Kunaifi, ST, PgDipEnst, Msc selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
4. Bapak Hasdi Radiles, ST, MT selaku Dosen dan Pembimbing yang telah banyak memberikan saran dan masukan demi selesainya Tugas Akhir ini.
5. Yang tercinta Orang Tua dan adik tercinta yang telah memberikan dukungan moral dan selalu memanjatkan do'a demi terselesaikannya Tugas Akhir ini.
6. Yang spesial kekasih tersayang Afrida Mardaleni, SHI yang senantiasa memberikan dukungan, perhatian, dan motivasi guna terselesainya tugas akhir ini.
7. Rekan-rekan angkatan 2006 jurusan Teknik Elektro terutama Prodi teknik Telekomunikasi yaitu Harisuddin, Deny, Defter, Willy, Zaki, Yudi, Deddy, dll, yang tidak mungkin disebutkan namanya satu persatu.

8. Adik-adik angkatan 2007 dan 2008 jurusan teknik elektro fakultas sains dan teknologi.
9. Dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Semoga Allah Swt selalu melimpahkan Rahmat atas kebaikan dalam membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penyusun berharap Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan Almamater pada khususnya.

Wassalaamu'alaikum wr. wbr

Pekanbaru, Juni 2013

Penulis,

YOHAN FERNANDA

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR RUMUS.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
DAFTAR ISTILAH.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-2
1.3. Tujuan penelitian	I-2
1.4. Batasan masalah	I-2
1.5. Manfaat penelitian	I-2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Terkait.....	II-1
2.1.1. Menurut Aksto Setiawan	II-1
2.1.1. Menurut Ali Margosim.....	II-2
2.1.1. Menurut Ming Young Chung	II-3
2.2. Sistem CDMA	II-4
2.2.1. Struktur Kanal Cdma.....	II-4

2.3. Link Budget	II-6
2.3.1. EIRP	II-8
2.3.2. Gain Antena.....	II-9
2.3.3. Feeder Loss.....	II-10
2.3.4. Propagation loss	II-12
2.3.5. Daya noise thermal	II-14
2.3.6. Batas shannon.....	II-14
2.4. Analisa Sinyal.....	II-15
2.4.1. Penerimaan sinyal pilot (RSCP).....	II-15
2.4.2. Kekuatan sinyal yang diterima (RSSI).....	II-16
2.4.3. Interferensi Sinyal (E_c/I_o)	II-16

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian	III-1
3.2. Tahapan Penelitian	III-1
3.3. Model Penelitian.....	III-2
3.3.1. Model Perhitungan jarak propagasi.....	III-2
3.3.2. Model Perhitungan gain antena	III-5
3.3.3. Model Daya Pancar	III-7
3.3.4. Model Pathloss	III-8
3.4. Model Skenario	III-9

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1. Konfigurasi Dasar Simulasi	IV-1
4.2. Skenario Peningkatan Tinggi antena	IV-2
4.2.1. Antena Femtocell.....	IV-3
4.2.2. Antena Macrocell	IV-8
4.3. Skenario Peningkatan pada jarak (ISD) macrocell-femtocell	IV-14
4.4. Skenario Peningkatan daya trafik macrocell dan femtocell	IV-20
4.4.1. Daya Trafik Macrocell 25%,50% dan 75%	IV-20
4.4.2. Daya Trafik Femtocell 25%,50% dan 75%	IV-26

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan..... V-1
5.2. Saran V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Berdasarkan hasil survey yang dilakukan oleh badan riset dunia pada awal tahun 2012, *Infonetics Research*¹, 83% operator *mobile* di dunia telah mengimplementasikan sel berukuran kecil (umumnya *macrocell* dan *femtocell*) dalam pengembangan jaringan selular mereka. *In building coverage* (IBC) masih merupakan alasan kuat operator-operator tersebut mengimplementasikan *femtocell*. *Infonetic* juga menyatakan bahwa, meskipun 61% operator melihat *outdoor femtocell* (dikenal dengan nama *Metro- Femtocell*) sebagai tantangan teknik yang mampu mengatasi permasalahan kebutuhan akses data yang tinggi, tetapi hanya 50% operator yang baru melaksanakannya. Pertumbuhan pembangunan *femtocell* ini meningkat dari 28% pada akhir tahun 2011 menjadi 44% pada tahun 2012, dengan fokus area seperti mall, perkantoran, Bandar udara dan tempat-tempat *outdoor* yang strategis untuk pelanggan.

Tantangan implementasi *femtocell* untuk sistem berbasis CDMA, akan semakin tinggi ketika interferensi akan menurunkan kapasitas dan radius *coverage* dari jaringan *existing*. Aksto Setiawan dalam penelitiannya yang berjudul “Peningkatan kapasitas sel CDMA dengan metoda partisi sel”², menyatakan bahwa kapasitas akan meningkat jika dilakukan partisi sel pada jaringan *existing* (jaringan yang sama). Partisi sel ini dapat dilakukan dengan membuat pemancar baru pada sel *existing* dengan ketinggian dan daya pancar yang lebih rendah. Dalam penelitiannya, Aksto Setiawan juga menyatakan bahwa penurunan kapasitas cell tidak konsisten ketika menggunakan model *pathloss* yang berbeda-beda, seperti *free space loss*, *okumura-hatta* dan *walfish-ikegami* untuk daerah *urban*, *sub-urban* dan *rural*.

Meskipun penelitian tersebut sukses dilaksanakan, tetapi strategi membangkitkan *interferensi* pada pusat sel akan menimbulkan ketidakstabilan kapasitas sistem pada

¹ Website [online] <http://www.infonectic.com> diakses juni 2013

² Aksto Setiawan, Peningkatan Kapasitas Sel CDMA Dengan Metode Partisi Sel, UNDIP 2010

perbatasan sel. Tingkat kestabilan *interferensi* akan terganggu ketika *breathing-cell* pada *uplink* dan *downlink*. Penelitian lainnya yang memiliki skenario femtocell adalah seperti yang dilakukan oleh Min Young Chung dalam papernya yang berjudul: “*Femtocell Deployment to Minimize Performance Degradation in Mobile WiMAX Systems*”³.

Penulis tertarik untuk mencoba mengimplementasikan *femtocell* pada perbatasan *Macrocell*, bukan pada pusatnya. Dalam penelitian ini, tingkat *interferensi* merupakan fungsi dari *Inter-Site Distance* (ISD) antara *Macrocell* dan *Femtocell*. Pemodelan *interferensi* dari sel-sel tetangga akan dirancang dalam *cluster* dengan konfigurasi 7 sel.

1.2. Rumusan Masalah

1. Apakah keberadaan *femtocell* berpengaruh kepada *coverage macrocell existing*.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisa karakteristik *femtocell* terhadap *coverage macrocell existing*.

1.4. Batasan Penelitian

1. Pemodelan dilakukan dengan asumsi permukaan datar dan mengabaikan faktor obstacle
2. Pengaruh *Softhandoff* di abaikan dalam perhitungan *link budget*
3. Perhitungan dilakukan pada satu lingkup *sel femto* yang di dalamnya terdapat sejumlah *sel makro* yang beroperasi. Perhitungan dilakukan terutama untuk arah *downlink*.
4. Perhitungan menggunakan *microsoft excell* untuk memudahkan penelitian.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Memberikan penjelasan seberapa besar pengaruh tinggi antenna, ISD dan daya trafik terhadap peningkatan kapasitas dan *interferensi*.

³ Ming Young Chung, *Femtocell Deployment to Minimize Performance Degradation in Mobile WiMAX Systems*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Penelitian ini didasarkan dari penelitian yang dilakukan oleh Aksto Setiawan, Ali Margosim dan Ming Young Chung. Dari penelitian mereka maka penulis mampu mengambil ide untuk meneliti lebih dalam.

2.1.1. Menurut Aksto Setiawan

Hasil dari penelitian tugas akhir yang dilakukan Aksto Setiawan², menyatakan bahwa kapasitas sel CDMA bergantung pada banyak faktor diantaranya adalah kontrol daya dan interferensi. Solusi yang biasa digunakan oleh perencanaan seluler untuk mengatasi masalah keterbatasan dalam kapasitas adalah dengan membuat sel baru dengan frekuensi yang berbeda. Akan tetapi hal ini menjadi tidak efektif dan efisien sehingga pertumbuhan *user* hanya terjadi satu lokasi tertentu saja. Selain itu dengan terbatasnya alokasi frekuensi, penggunaan pada spektrum tertentu menjadi lebih sulit. Untuk mengatasi masalah tersebut maka digunakanlah metode partisi sel dimana sel dibagi menjadi dua buah sel yang mempunyai radius yang berbeda. Sel yang mempunyai radius kecil disebut *inner cell* dan sel yang mempunyai radius besar disebut *outer cell*, perbedaan ini dilakukan dengan mengurangi tinggi antena dan mengurangi daya pancar.

Dalam tugas akhir tersebut, Aksto Setiawan menganalisa tentang kapasitas sel dan peningkatan kapasitas sel CDMA dengan menggunakan metode partisi sel. Dalam tujuannya Aksto Setiawan melakukan dengan beberapa tahapan yaitu analisis *link budget* untuk menentukan *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) untuk *inner cell* (radius kecil) dan *outer cell* (radius besar), menghitung jari-jari dari masing-masing sel dengan menggunakan beberapa jenis model perambatan *outdoor* yaitu *Free Space Loss*, *okumura-hata* dan *Walfish-Ikegami*, dan menghitung peningkatan kapasitas sel setelah partisi sel dan membatasi masalah untuk analisa *link budget* hanya untuk *reverse link* saja, kontrol daya yang digunakan adalah kontrol daya ideal, dan parameter yang digunakan untuk simulasi adalah parameter IS-95⁵.

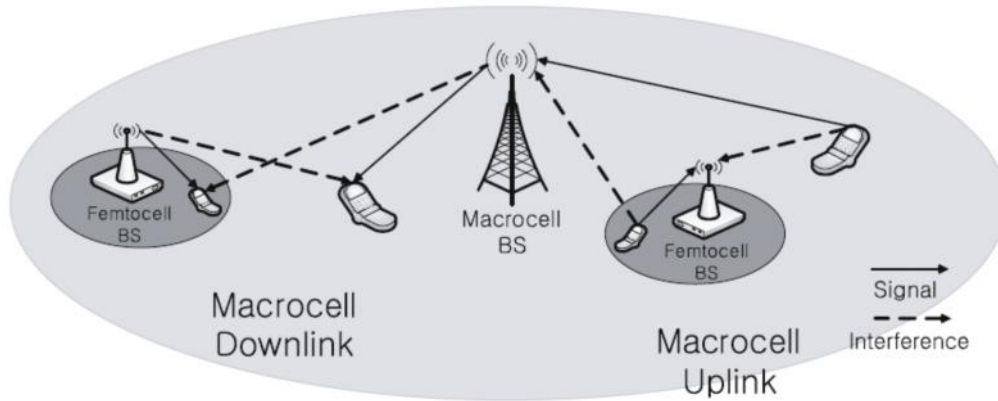
⁵ Aksto Setiawan “Peningkatan Kapasitas Sel CDMA Dengan Metode Partisi Sel”, UNDIP Semarang 2010

Setelah melakukan beberapa tahapan penelitian maka Aksto Setiawan menyimpulkan bahwa :

1. Peningkatan nilai Eb/Io menyebabkan jumlah kapasitas sel akan menurun, baik untuk sel yang dipartisi maupun sel yang tidak dipartisi.
2. Pada simulasi analisis *Link Budget* diperoleh *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) untuk *inner cell* dan *outer cell* dimana untuk tiap daerah menghasilkan MAPL berbeda-beda. Nilai MAPL terbesar terletak di daerah *free space* sedangkan nilai yang terkecil terletak di daerah urban. Hal itu berlaku untuk *inner cell* dan *outer cell*.
3. Jari-jari dan luas sel akan besar jika terletak di daerah *free space* dan *rural*. Akan tetapi untuk daerah *rural* yang menggunakan model perambatan Lee maka jari-jari dan luas selnya akan memiliki nilai yang sama dengan daerah *sub-urban*. Jari-jari dan luas sel akan kecil jika terletak di daerah *urban* untuk apapun model perambatannya, terkecuali *free space*.
4. Model Lee menghasilkan jari-jari dan luas sel yang lebih besar dari pada model Hata, COST-231 Hata dan Walfish-Ikegami untuk daerah *urban* dan *sub-urban*.
5. Model Walfish-Ikegami menghasilkan jari-jari dan luas sel yang lebih kecil daripada model Hata, COST-231 Hata dan Lee untuk daerah *urban* dan *sub-urban*.
6. Kapasitas sel setelah dilakukan partisi sel untuk daerah urban lebih besar dibandingkan daerah *suburban* dan *rural*.

2.1.2. Menurut Ming Young Chung

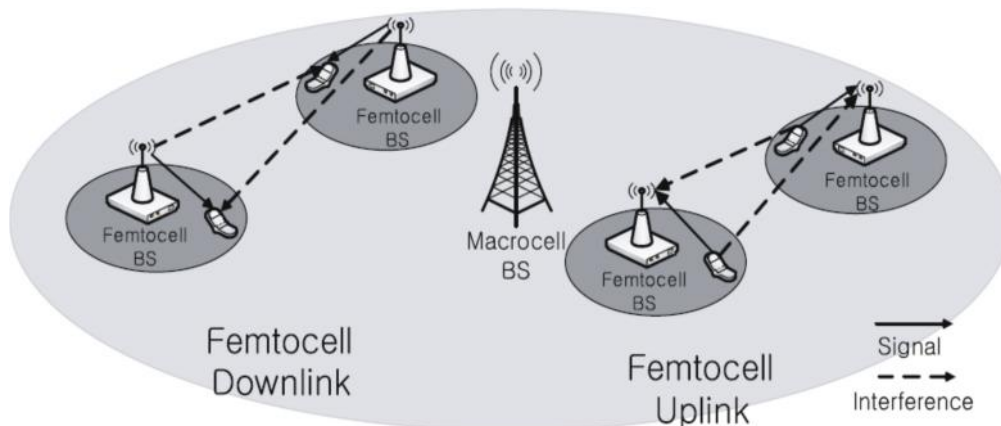
Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Ming Young Chung, bahwa *gangguan co-channel* antara *macrocell* dan *femtocell* harus dikurangi untuk menjamin kualitas pelayanan pengguna. Disini menganalisis gangguan *co-channel* antara *macrocell* dan *femtocell* sesuai dengan arah *link* dan lokasi *femtocell* BS dan *macrocell* UE. Skenario gangguan *Co-Channel* antara *macrocell* dan *femtocell* ditunjukkan dalam gambar 2.1 dibawah ini³:



Gambar 2.1. : Skenario *Co-Channel interferensi* antara *Macrocell* dan *femtocell*³

Dalam kasus *uplink*, gangguan *macrocell* dan *femtocell* disebabkan oleh *femtocell* UE dan *macrocell* UE, masing-masing. Demikian pula, di *downlink*, gangguan *macrocell* dan *femtocell* disebabkan oleh *femtocell* BS dan *macrocell* BS. Jika makro *femtocell* UE berada di *femto/macrocell* BS, gangguan antara *macrocell* dan *femtocell* menjadi besar. Dengan demikian, kapasitas saluran *macro femtocell* mungkin signifikan memburuk.

Ketika *femtocell* dikerahkan di *macrocell*, kita juga harus *mempertimbangkan co-channel* gangguan antara *femtocell* seperti yang ditampilkan dalam gambar 2.2. dibawah ini:



Gambar 2.2. : Skenario *co-channel interferensi* antara *femtocell*³

³ Min Young Chung, dkk. "Femtocell Deployment to Minimize Performance Degradation in Mobile WiMAX Systems". Hal 440-746 Korea 2010

Gangguan yang disebabkan oleh tetangga *femtocell* BS dan *femtocell* UE. Terutama, ketika jarak antara *femtocell* pendek, dampak gangguan dari tetangga *femtocell* mungkin tinggi. Yaitu *co-channel interferensi* antara *femtocell* dapat menjadi masalah serius ketika banyak *femtocell* terkonsentrasi di daerah kecil³.

2.1.3. Menurut Ali Margosim

Dari penelitian Ali Margosim juga melakukan penelitian tentang radio frequency sistem CDMA2000 1x, yang bertujuan untuk mengetahui kondisi sebenarnya di lapangan mengenai layanan komunikasi CDMA2000 1X, Fokus utama kinerja penelitiannya adalah pada kapasitas CDMA. Pembahasan ini menjadi sangat penting karena RF merupakan ujung tombak jaringan CDMA itu sendiri. Dengan kata lain, RF merupakan akses utama pelanggan ke jaringan.

Pada sistem seluler, jangkauan dan *interferensi* merupakan dua hal yang saling berkaitan. Untuk alokasi lebar pita yang sama, kapasitas tiap-tiap sel pada sistem yang sama akan sama pula. Oleh karena itu, jangkauan sel pada daerah dengan kepadatan penduduk atau kepadatan pelanggan yang tinggi diperkecil agar tiap sel memberikan kapasitas yang mencukupi.

Secara umum, jangkauan sistem seluler dibatasi oleh kebutuhan minimum sinyal yang diperlukan untuk layanan tertentu. Selain itu, jangkauan sel juga dipengaruhi oleh kebutuhan trafik yang ada. Pada sistem RF CDMA, sebaiknya jangkauan masing-masing sel harus diatur untuk meminimalkan *interferensi* antar sel. Metode untuk mengurangi *interferensi* antar sel antara lain dengan *tilting* antena atau pengaturan kemiringan antena⁷.

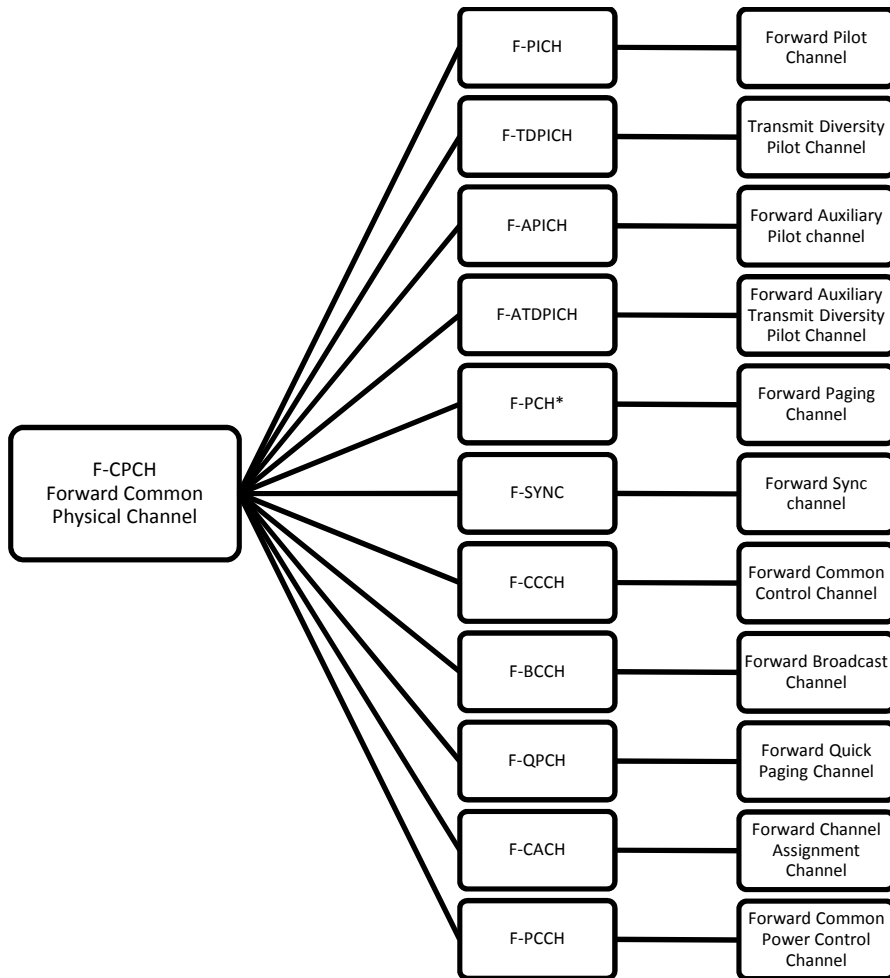
2.2. Sistem CDMA

2.2.1. Struktur kanal CDMA

Setiap sektor base station memancarkan gelombang radio dengan daya yang selalu berfluktuasi sesuai kebutuhan masing-masing kanal yang tersedia pada arah *downlink* (*forward link*). Secara umum, kanal *forward* dalam CDMA dapat dibedakan menjadi dua kategori yakni *common channel* (F-CPCH) dan *dedicated channel*⁸.

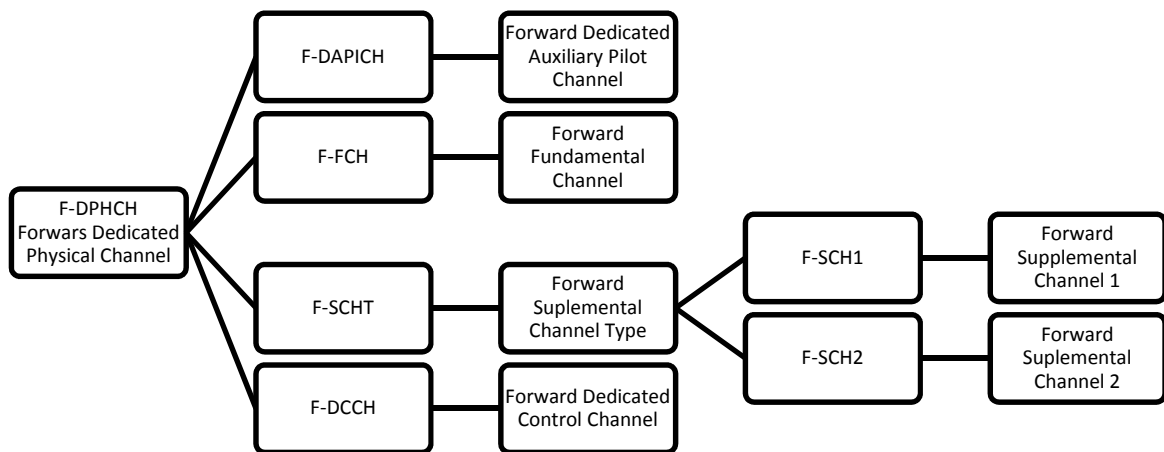
⁷ Ali Margosim “Analisis Kinerja RF (Radio Frekuensi) Pada Sistem Cdma2000 1x”, UNDIP Semarang 2009

⁸ Willenegger Serge, *cdma2000 Physical Layer: An Overview*, 2000



Gambar 2.3. : Kanal *Forward Common Physical Channel* (F-CPCH)⁵

F-CPCH dapat digunakan untuk keperluan pensinyalan dan kontrol yang dapat diterima dan dibaca oleh seluruh UE dalam sel tersebut, termasuk kanal pilot yang didapat digunakan untuk menguji kualitas kanal. Sedangkan untuk transport data, kanal fisiknya diilustrasikan oleh gambar 2.2 berikut ini.

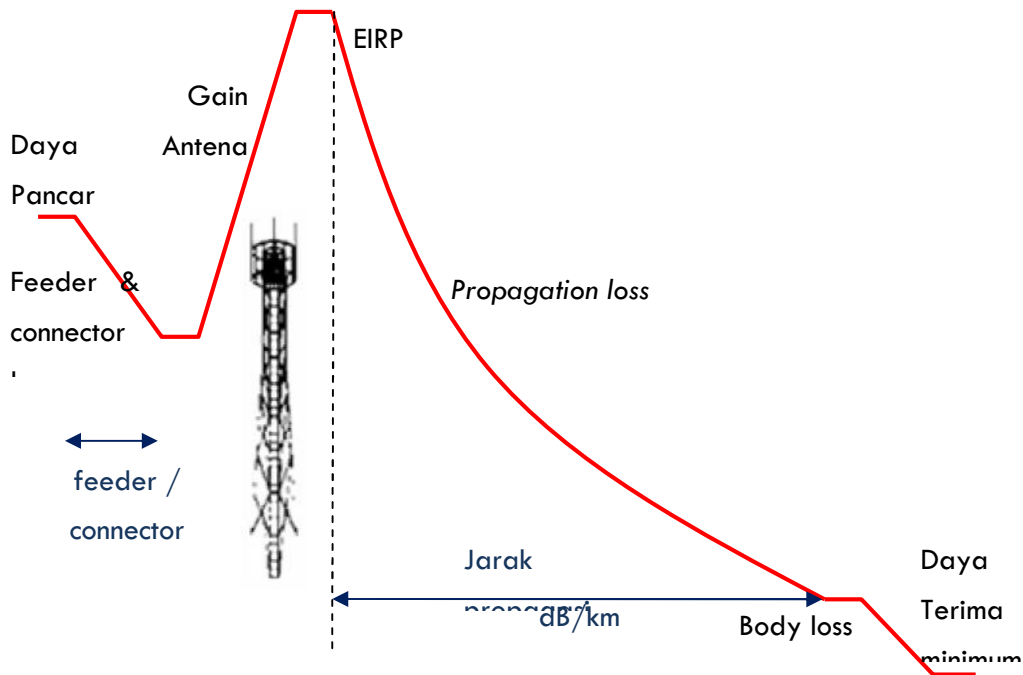


Gambar 2.4. : Kanal *Forward Dedicated Physical Channel* (F-DPHCH)⁵

2.3. *Link Budget*

Link budget merupakan sebuah cara untuk menghitung mengenai semua parameter dalam transmisi sinyal, mulai dari gain dan losses dari *transmitter* sampai Receiver melalui media transmisi. Kegunaan umum *Link Budget* ini adalah merencanakan model setting *transmitter* termasuk daya pancar, antena yang digunakan, pengarahannya hingga ke radius sel yang akan dilayani oleh BS tersebut. Berdasarkan ilustrasi tersebut, dalam penelitian ini, secara garis besar *link budget* dapat dibagi menjadi tiga kelompok perhitungan yakni : EIRP, *Pathloss* dan Penerimaan daya minimum (dalam hal ini perhitungan sinyal pilot dan *interferensi*). EIRP menggambarkan model pemasangan dan penggunaan *transmitter* dan antena yang dihubungkan oleh *feeder*. *Pathloss* merupakan ilustrasi keadaan dan kondisi *user* minimum terhadap antena pada *transmitter* atau radius area cakupan layanan (*coverage*). Sedangkan Penerimaan daya minimum memodelkan kondisi penerimaan daya minimum yang harus tercapai berdasarkan permintaan *service* yang sedang dilayani⁹.

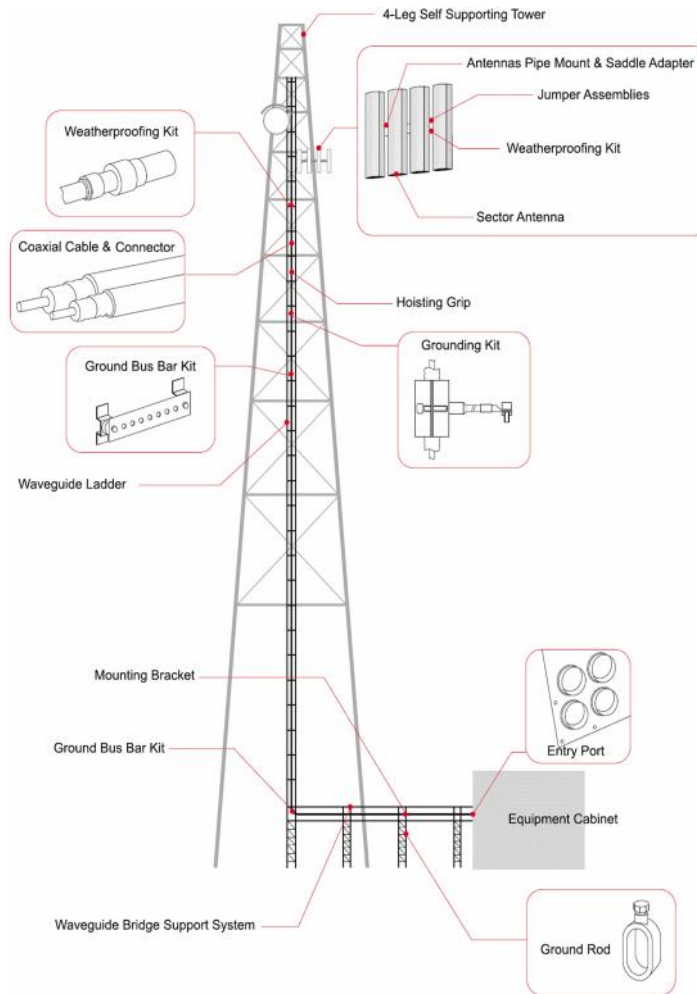
⁹ Black Peter j. and Wu Qiang "Link Budget Of Cdma2000 1xev-Do Wireless Internet Access System" IEEE 2002



Gambar 2.5. : Ilustrasi Link Budget Downlink

Base Station (BS) atau site dalam dunia telekomunikasi bergerak merupakan integrasi dari *transmitter*, *feeder* dan antena pemancar, yang terpasang pada suatu lokasi yang sama. BS ini kemudian dihubungkan ke *base station controller* (BSC) melewati beberapa BS lainnya menggunakan transmisi *microwave* atau serat optik. Integrasi banyak site ini ke BSC, dikenal dengan istilah *Base Station sub-System* (BSS). Sedangkan mulai dari transmitter menuju ke target user, umumnya dikenal dengan istilah Rekayasa frekuensi radio (*RF engineering*).

Salah satu hal utama dalam merencanakan frekuensi radio adalah merencanakan kebutuhan daya terima minimal yang dapat ditangkap oleh *receiver* (*user*), dengan kondisi dan *setting* tertentu yang telah dimodelkan sebelumnya. Pemodelan yang digunakan ini, kemudian dikenal dengan istilah *Link budget*. Jadi *Link budget* merupakan model perhitungan daya sinyal mulai dari *transmitter* hingga ke *receiver* dengan asumsi model harus mendekati kondisi alam yang sebenarnya.



Gambar 2.6. : Setting *base station* pada suatu *Green-field site*⁶

2.3.1. EIRP (*Equivalent Isotropically Radiated Power*)

EIRP merupakan daya yang teradiasi oleh antena isotropik yang memancarkan sama kuat keseluruh arah. Perhitungan EIRP umumnya terdiri dari perhitungan daya pancar, penguatan antena, redaman *feeder-konektor*, dan *pointing loss*. Untuk *reverse link*, dimana *mobile user* berperan sebagai *transmitter*, pemodelan redaman akibat suhu tubuh (badan manusia) atau sebagai *obstacle* juga harus diperhitungkan. Tambahan model lainnya, dalam prakteknya adalah *coupling loss* akibat ketidak-sesuaian pemasangan *feeder* terhadap kondisi ideal. Tetapi jika diasumsikan pemasangan *feeder* selalu ideal, maka redaman ini dapat diabaikan dalam perhitungan.

Perhitungan EIRP umumnya diberikan oleh persamaan berikut ini¹⁰:

$$EIRP = P_{Tx,dBm} + G_{ant,dBi} - L_{point} - L_{fc} - L_{body} \quad 2.1$$

di mana

- $P_{Tx,dBm}$: Daya pancar *transmitter* dalam satuan dBm
- $G_{Tx,dBi}$: Gain antena *transmitter* dalam satuan dBi
- L_{fc} : redaman kabel *feeder* total dan konektor
- L_{body} : redaman oleh badan user, berlaku hanya untuk *uplink* (*Reverse link*)
- L_{point} : redaman akibat ketidak-sesuaian arah antena terhadap posisi *user*

2.3.2. Gain Antena

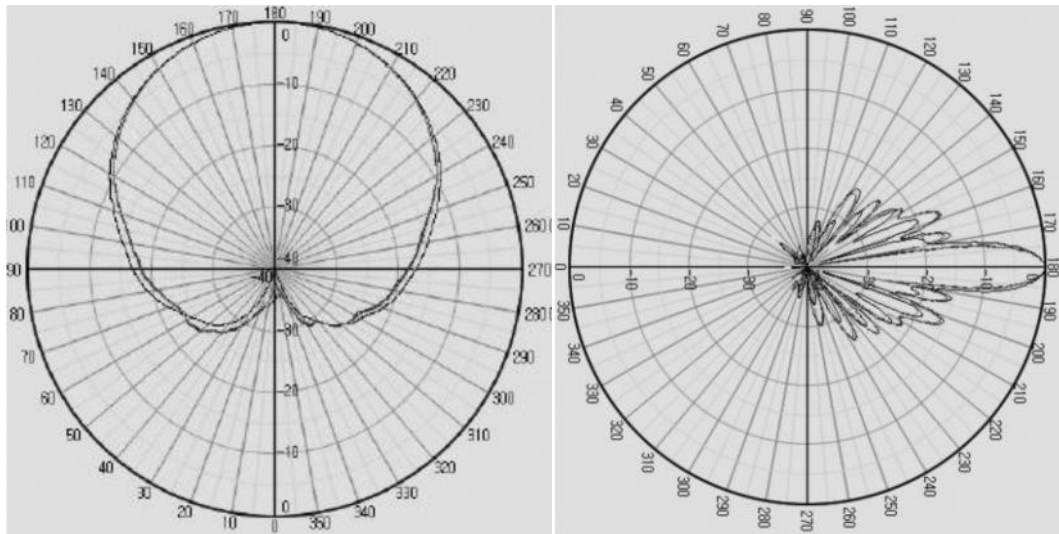
Dalam perencanaan komunikasi radio, gain yang dihasilkan oleh suatu antena harus seimbang dengan kebutuhan *coverage* dan daya terima yang diinginkan di perbatasan sel. *Gain* ini merupakan rasio perbandingan daya pancar antena relatif terhadap gambaran ideal dari suatu antena isotropik yang disajikan dalam satuan dBi (*Isotropic – desible*). Semakin besar suatu *gain* antena, maka dengan sendirinya seluruh daya antena akan semakin terfokus pada arah maksimumnya dan semakin kecil juga pada arah lainnya.

Gain yang dihasilkan oleh suatu antena ini merupakan fungsi dari pemetaan pola radiasi antena terhadap penglihatan relatif terhadap posisi MS. Fungsi pemetaan ini dapat dilihat dari dua buah sisi penglihatan, yaitu pola radiasi *horizontal* dan *vertikal*. Pola radiasi *horizontal* merupakan pancaran maksimum suatu antena dalam bidang horisontal di mana MS tepat berada pada arah gain maksimum, umumnya pada sudut 0^0 pada bidang vertikal. Sedangkan pola radiasi *vertikal* merupakan gambaran gain maksimum relatif terhadap arah maksimum pada bidang *horizontal*.

Hubungan antara *gain* antena (dalam satuan dBi), pola radiasi *horizontal* (dB) dan pola radiasi *vertikal* diberikan oleh persamaan berikut ini:

$$g_{\alpha,\theta} = G(dBi) + g_{\alpha} + g_{\theta} \text{ dB} \quad 2.2$$

¹⁰ Ilham Muhammad, *Analisis nilai EIRP tiga sistem jaringan (2G, 3G, CDMA) pada perangkat multi network*, Skripsi teknik elektro universitas indonesia 2007.



Gambar 2.7. : Model referensi pola radiasi antenna dengan (a) HPBW *horizontal* 65° dan (b) HPBW *vertikal* 10° , gain 16.5dB¹¹.

2.3.3. Feeder loss

Dalam sistem komunikasi radio, pemasangan antenna umumnya berada pada ketinggian tertentu untuk mendapatkan kondisi LoS atau *coverage* tertentu. Sementara itu *transmitter* tersimpan pada suatu ruang kabin tertutup yang disebut dengan *shelter*. Untuk itu, suatu kabel akan menghubungkan antara *transmitter (base station)* dengan antenna sektoral, yang disebut dengan kabel *feeder*.

Untuk komunikasi selular, terdapat empat jenis kabel feeder yang sering digunakan untuk menghubungkan antenna ke *transmitter*, yaitu kabel $\frac{1}{2}$ "", $\frac{7}{8}$ "", $\frac{5}{8}$ " dan $\frac{13}{8}$ ". Kabel $\frac{1}{2}$ " digunakan sebagai kabel *jumper* untuk menghubungkan antenna ke *feeder* utama atau *transmitter* dengan *feeder* utama dengan panjang 1 – 3 meter. Untuk *feeder* utama, menggunakan diameter yang lebih besar untuk mendapatkan loss yang minimum. Kabel *feeder* ini terinstall pada suatu *cable tray* pada sisi dalam tower dan masuk ke *shelter* dengan tinggi dari tanah sekitar 2 meter sebelum terhubung ke kabel jumper. Alokasi total loss untuk *feeder* beserta dengan konektor umumnya berkisar 1.5 – 2 dB untuk mendapatkan daya *transmit* yang maksimum.

¹¹ Katalog - CGXD65-17T0. Diakses Maret 2013



Gambar 2.8. : Jenis-jenis kabel *feeder* pada komunikasi selular

Besarnya *feeding loss* tergantung pada pemilihan diameter *feeder* yang digunakan. Nilai loss ini umumnya tidak jauh berbeda dan dapat merujuk pada katalog kabel salah satu produk *feeder* berikut ini¹²:

Tabel 2.1. Karakteristik loss pada kabel feeder dalam dB/100m

freq (MHz)	½”	7/8”	1¼”	1 5/8”
450	4.51	2.52	1.77	1.48
824	6.17	3.51	2.49	2.11
894	6.42	3.67	2.61	2.20
960	6.69	3.82	2.72	2.31
1000	6.84	3.92	2.79	2.38
1700	9.13	5.29	3.81	3.28
1800	9.41	5.47	3.94	3.40
2000	10.20	5.81	4.21	3.63
2400	11.00	6.46	4.37	4.05

¹² Katalog - *LS feeder System*, LHF Series, hal. 9, Diakses Maret 2013

2.3.4. Propagation Loss

Model *Propagation Loss* sinyal umumnya dikenal dengan istilah *Pathloss*, yaitu fungsi yang menggambarkan perubahan properti sinyal ketika berpropagasi dari suatu antenna pemancar ke target antenna penerima *Pathloss* umumnya dirancang dari berbagai karakteristik fisik radio pada pemancar, lingkungan yang dilewati dan penerima. Karena setiap saluran radio memiliki keadaan permukaan tanah, kondisi atmosfer, lintasan dan gangguan serta fenomena yang berbeda-beda, baik secara wilayah maupun perubahan kondisi dari waktu ke waktu, maka sulit untuk memodelkan *pathloss* ini secara akurat.

Model Okumura – Hata merupakan model *pathloss* yang terbaik hingga saat ini untuk memodelkan *loss propagasi* sel dengan radius *coverage* hingga 100 km dan dapat digunakan pada frekuensi hingga 2GHz. Metoda analisis pendekatan model ini dalam persamaan 2.3.¹³:

$$PL = 69.55 + 26.16 \log f_{MHz} - 13.82 \log h_t - a(h_m) + 44.9 - 6.55 \log h_t \log d \text{ dB} \quad 2.3$$

- PL : *Pathloss* dalam satuan desibel (dB)
f : Frekuensi kerja dalam satuan MHz
h_t : Tinggi model tower dalam satuan meter (m)
h_m : Tinggi model *user* dalam satuan meter (m)
d : Jarak antara tower ke target user dalam satuan kilometer (km)
a(h_m) : Konstanta koreksi redaman sebagai fungsi tinggi *user*

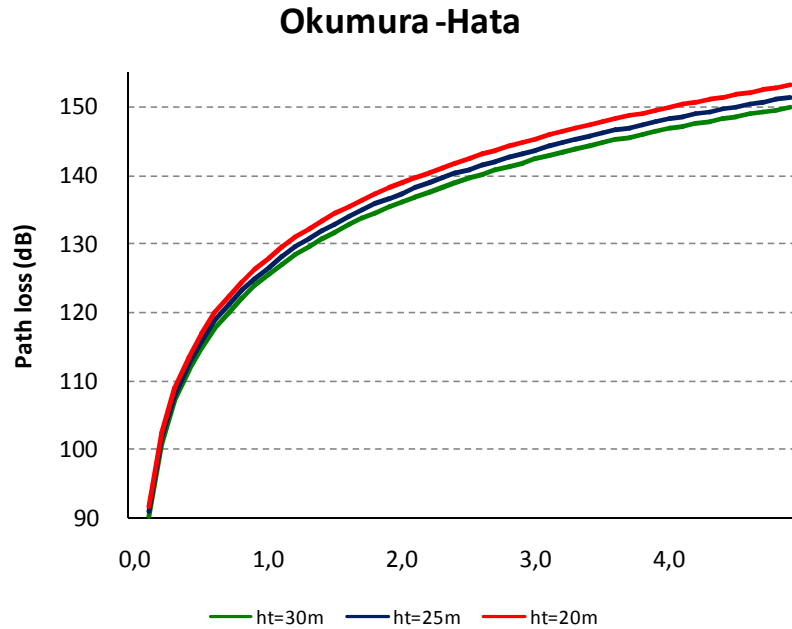
Untuk daerah suburban, nilai koreksi redaman dapat dihitung dengan:

$$a(h_m) = 1.1 \log f_{MHz} - 0.7 h_m - 1.56 \log f_{MHz} - 0.8 \text{ dB} \quad 2.4$$

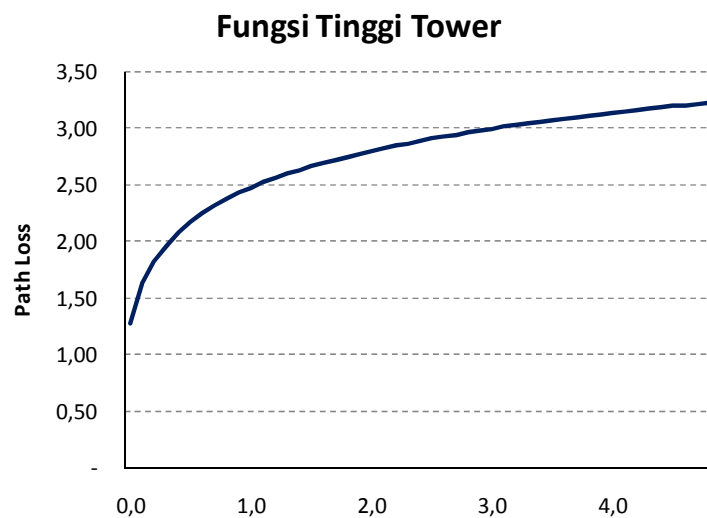
Efek *pathloss* ini akan meredam kuat sinyal yang terpancar dari suatu *transmitter* selama berpropagasi menuju antenna *receiver* sebagai fungsi dari jarak. Redaman sinyal pada model Okumura-Hata sebagai fungsi dari jarak diperlihatkan oleh gambar 2.7.

¹³ Anonymous” *Hata-Okumura Model*” [Online] : Available [http:// www.Wirelessapplications.com](http://www.Wirelessapplications.com). Diakses April 2013

Efek perbedaan parameter tinggi dua buah antenna untuk setiap 10 meter hanya memberikan tambahan redaman 1 – 3 dB. Untuk jarak user di atas 3 km, pengaruh perbedaan tinggi antenna pada tower mulai menurun. Tetapi untuk radius di bawah 1 km, perbaikan sinyal akan lebih baik jika menggunakan antenna yang lebih tinggi¹¹.



Gambar 2.9. : Model Okumura-Hata untuk tinggi antenna 20, 25 dan 30 meter⁹



Gambar 2.10. : Redaman tambahan pada 2 buah antenna yang berbeda tinggi 10m

2.3.5. Daya Noise Thermal

Dalam suatu perangkat aktif, *noise thermal* selalu muncul akibat efek dari panas yang ditimbulkannya. Persamaan daya *noise* ini merupakan perkalian dari konstanta Boltzman ($k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K), temperatur ($T = 290^0$ Kelvin) dan *bandwidth* ($B = 1.2288\text{Mcps}$), yaitu¹⁴:

$$N = kTB = 4.9177 \times 10^{-15}\text{watt} \quad 2.5$$

Persamaan 2.9 adalah bentuk *noise floor* dari suatu *receiver* yang ideal, tetapi kenyataannya *noise floor* jauh lebih besar, tergantung pada kualitas pembuatannya. Variabel *Noise Figure* (NF) dapat menyatakan seberapa bagus suatu *receiver* bekerja dengan segala bentuk *noise* dan *loss* yang terjadi didalam sistem tersebut. Nilai umum dari NF suatu sistem adalah sekitar 15dB (ayodeji, 2010), sehingga model *noise floor* untuk sistem CDMA2000 dapat dihitung sebagai berikut:

$$N = 10 \log 4.92 \times 10^{-15}\text{watt} + 15\text{dB} = -128.082 \text{ dBm} \quad 2.6$$

2.3.6. Batas Shannon

Dalam sistem CDMA, suatu bit informasi akan menyebar ke seluruh alokasi *bandwidth carrier* dengan representasi dari urutan-urutan chip tertentu. Penyebaran *bit* informasi ini oleh chip tersebut akan membuat sinyal lebih handal dalam mengatasi *error* selama propagasi. Perbandingan *bit rate* sinyal informasi ini terhadap *chip rate* sinyal disebut dengan *processing gain*.

Secara umum, daya RF (S , watt), *noise* (N , watt) dan *bandwidth* efektif (B , Hz) membatasi maksimum kecepatan transfer data (C , bit/s) yang dapat tercapai dalam saluran komunikasi radio. Batas atas ini mengacu pada teorema kapasitas kanal, atau lebih dikenal dengan kapasitas Shannon (persamaan 2.7). Hal ini mengindikasikan bahwa, untuk setiap sistem ideal, *bit error rate* (BER) akan mendekati nol, jika kecepatan transmisi lebih rendah dari kapasitas kanal. Tetapi kenyataannya, sistem aplikasi yang mendekati batas shannon tersebut tergantung pada pemilihan teknik modulasi dan *noise receiver*nya (Jim, 1998).

¹⁴ Budi Utomo, Simulasi *link budget* pada sel femto teknologi telekomunikasi LTE (*long term evolution*), Skripsi S1 jurusan teknik elektro, UNDIP Semarang 2010

$$C = B \times \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad 2.7$$

Aspek yang terpenting lainnya dalam teknik modulasi adalah permintaan minimum S/N yang harus tercapai, agar *receiver* dapat bekerja dengan konteks BER yang diinginkan. Untuk modulasi digital, parameter kualitas sinyal umumnya dikenal dengan istilah E_b/N_0 . E_b/N_0 merupakan perbandingan energi bit terhadap daya noise per Hz¹⁵. Hubungan antara S/N dan E_b/N_0 diberikan oleh persamaan berikut¹⁶ :

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S}{N} \times \frac{B}{C} \quad 2.8$$

Untuk menentukan nilai E_b/N_0 yang diperlukan untuk mencapai bit rate tertentu, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.9 dan persamaan 2.10 sebagai berikut:

$$\frac{E_b}{N_0}_{min} = 2^{C/B} - 1 \times \frac{B}{C} \quad 2.9$$

Sehingga definisi S/N adalah:

$$\frac{S}{N} = 10 \times \log \left(2^{C/B} - 1 \right) \text{ dB} \quad 2.10$$

2.4. Analisa Sinyal

2.4.1. Penerimaan Sinyal Pilot (RSCP)

RSCP (Received Signal Code Power) merupakan parameter yang menunjukkan daya terima pengukuran dari satu kode pada *channel pilot* yang utama. Atau bisa diartikan nilai yang ditunjukkan oleh RSCP adalah daya pada sinyal/pilot yang melayani MS (yang utama). Setiap service dalam sistem CDMA memerlukan persyaratan minimum yang harus dipenuhi untuk melakukan komunikasi. Persyaratan umumnya ditentukan berdasarkan penerimaan daya sinyal pilot (RSCP) dan atau kualitas sinyal pilot terhadap interferensi (E_c/I_o). Perhitungan RSCP bergantung pada jarak propagasi, *gain* antena, frekuensi dan model loss propagasi yang bersesuaian. Sedangkan perhitungan E_c/I_o merupakan rasio

¹⁵ Eberhard Brunner, *Cellular communications tutorial*, 2000

¹⁶ Vivier, G., *Femtocell-based Network Enhancement by Interference Management and Coordination of Information for Seamless Connectivity, ICT-248891 STP FREEDOM, 2010, Seventh Framework Programme.*

perbandingan sinyal pilot yang diinginkan terhadap sinyal pilot dari *Base station* yang lainnya yang terdeteksi oleh *mobile station* (MS).

Jika daya pancar kanal pilot suatu *base station* (BS) dinotasikan dengan P_t , penguatan antena pancar G_t , penguatan antena penerima G_r , loss propagasi L_p dan loss lainnya yang terjadi dalam sistem L_{sys} , maka RSCP dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r}{L_p L_{sys}} \quad 2.11$$

Untuk model propagasi apapun, persyaratan RSCP minimum ini mungkin dapat diabaikan jika radius sel relatif lebih kecil, terutama untuk jenis *macrocell* dan *femtocell*. Tetapi perhitungan ini diperlukan untuk mendefinisikan rasio interferensi diperbatasan sel¹⁷.

2.4.2. Daya Terima Sinyal (RSSI)

RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) merupakan parameter yang menunjukkan daya terima dari seluruh sinyal pada *band frequency channel pilot* yang diukur. Dalam artian semua daya sinyal yang terukur oleh penerima pada satu band frequency cdma di gabungkan menggunakan proses *rake receiver*. Parameter ini diukur pada arah *downlink* dengan acuan pengukuran pada konektor antena pada penerima (MS). Dalam proses CDMA dijelaskan bahwa pengguna lain pada jaringan yang sama merupakan interferensi , atau disebut dengan istilah *self interference* dimana hal itu dapat memperkuat daya terima, begitu juga dengan sinyal dari *sector* lain yang *notabene* satu *band frequency* dengan yang melayani MS pada saat itu¹⁸.

2.4.3. Interferensi Sinyal (Ec/Io)

E_c/I_o merupakan rasio perbandingan antara energi yang dihasilkan dari setiap pilot dengan total energi yang diterima. E_c/I_o juga menunjukkan level daya minimum (threshold) dimana MS masih bisa melakukan suatu panggilan. Biasanya nilai E_c/I_o menentukan kapan MS harus melakukan *handoff*. E_c/I_o atau *interferensi* (E_c/I_o , dB) umumnya optimum pada rentang level -5dB (-30% beban trafik) hingga -10dB (-90% beban trafik) dengan kondisi mengabaikan *interferensi* oleh sel lainnya. Jika *interferensi*

¹⁷ Indirawati, *CDMA20001x Network Planning*, Jurusan Teknik Elektro STT Telkom, Bandung, 2004

¹⁸ Yongsheng Shi, *dkk, On Resource Reuse for Cellular Networks with Femto- and Macrocell Coexistence*, 2010

dari sel lainnya diperhitungkan maka nilai E_c/I_o akan semakin memburuk tergantung pada level tegangan yang sampai ke MS.

$$E_c/I_o \text{ service} = \frac{P_{r,i}}{P_N + P_{B,i} - P_{r,i} + \sum P_{B,o}} \quad 2.12$$

$P_{B,i}$ adalah daya pancar total dari suatu BS yang bergantung pada kondisi trafik yang sedang dilayaninya. Model $P_{B,i}$ terdiri dari daya dari kanal pilot, sinkronisasi, broadcast serta trafik. Besarnya daya kanal trafik bergantung pada jumlah MS yang terhubung dalam *active-set* nya dan *bitrate service* yang sedang dilayani¹⁹.

¹⁹ Yang Samuel C., *CDMA RF System Engineering*, 2000

BAB III

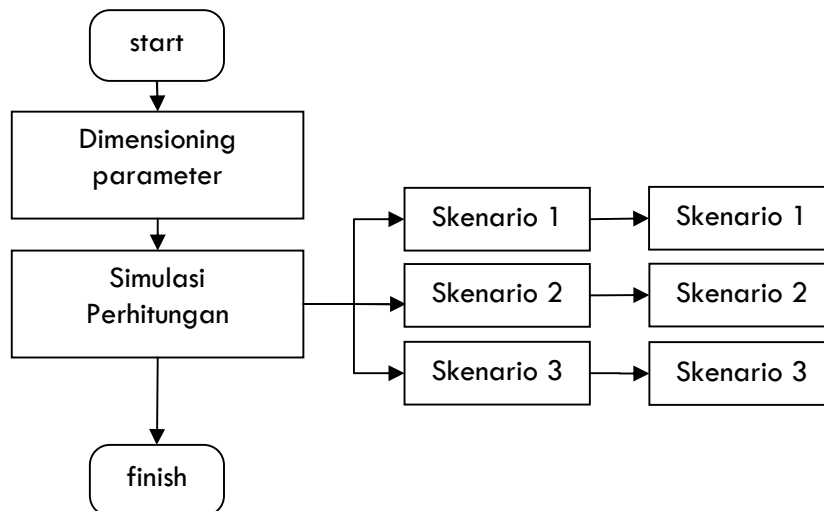
METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Permasalahan diangkat dari studi kasus kebutuhan sel baru pada perempatan jalan, tetapi *coverage* lebih kecil sebagai tindakan preventif dalam mengatasi kebutuhan kapasitas sel yang lebih besar. Analisa penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dengan metoda eksperimen dan korelasional antara hubungan variabel *Inter-Site Distance* (ISD), tinggi antena dan daya trafik.

Sifat penelitian dianggap mendesak untuk dapat segera diimplementasikan dalam mengatasi kebutuhan kapasitas. Sumber topik dan data penelitian didapatkan dari pengamatan di lapangan untuk memodelkan permasalahan. Model kemudian disusun berdasarkan studi literatur dengan memunculkan ide-ide imajinasi yang kreatif untuk mengatasi permasalahan tersebut.

3.2. Tahapan Penelitian



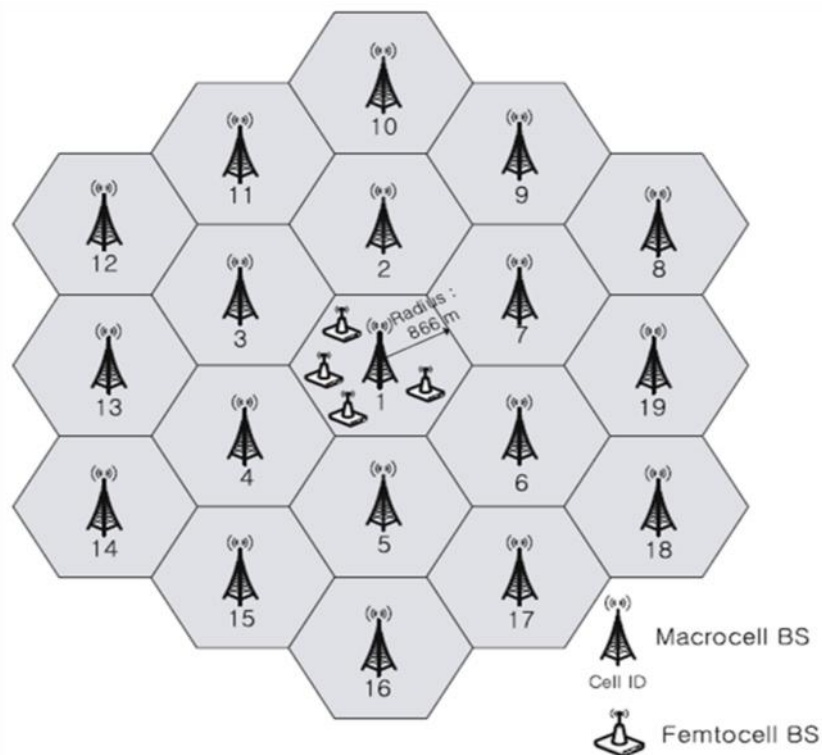
Gambar 3.1. : Tahapan Penelitian

Penelitian di mulai dari tahap dimensioning dan pengumpulan data untuk memodelkan sistem. Pengumpulan data dilakukan berdasarkan studi literatur dari berbagai sumber, seperti jurnal dan buku-buku yang terkait.

3.3. Model Penelitian

3.3.1. Model Perhitungan Jarak Propagasi

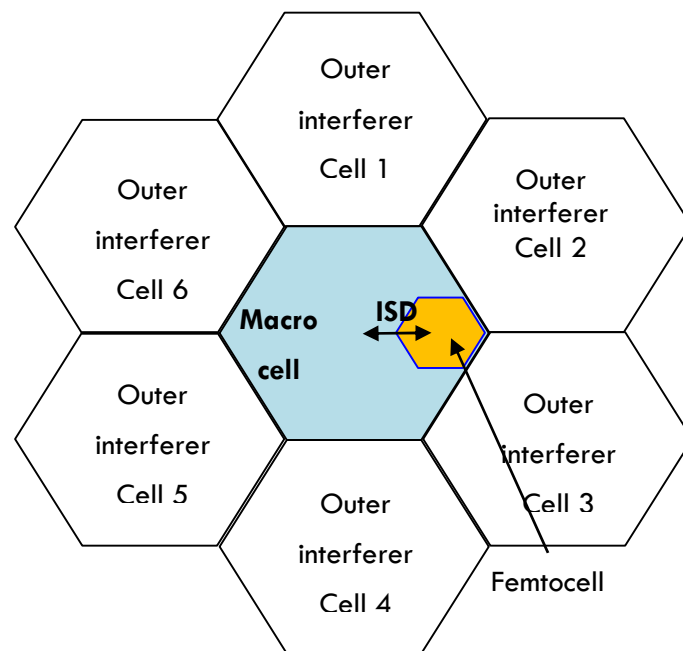
Pemodelan sel yang umum digunakan dalam penelitian adalah bentuk *hexagonal*. Bentuk *hexagonal* ini dapat dikombinasikan dalam cluster tanpa menyisakan ruang untuk analisis. Selain itu, bentuk ini juga dapat digunakan untuk pemodelan sel dengan jenis antena *omni-directional*, dimana posisi antena pemancar berada pada titik pertengahan geometri masing-masing sel. Penggunaan model *hexagonal* juga telah diimplementasikan oleh penelitian sebelumnya seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. : Struktur Sel Simulasi *Macrocell-Femtocell*²¹

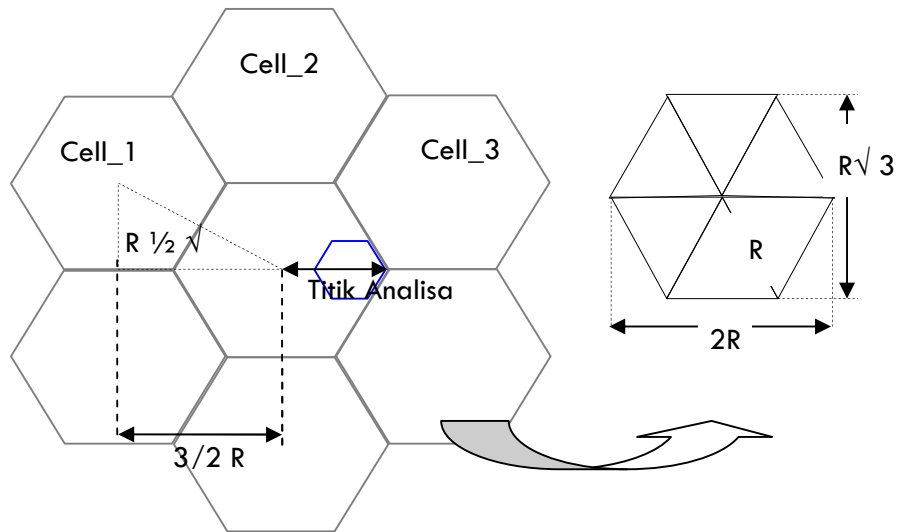
²¹ Min Young Chung,dkk “*Femtocell Deployment to Minimize Performance Degradation in Mobile WiMAX Systems*”. Hal 440-746 Korea 2010

Pada Gambar 3.2. Simulasi *Macrocell-femtocell* dilakukan dengan struktur yang terdiri dari 19 sel (*2 tiers clustering*) yang dilakukan pada sistem *Wimax*. Jumlah *interferer* (*sel peng-interferensi*) terdiri dari 18 sel dengan target sel *Macro* berada pada pusatnya. Simulasi ini, cukup kompleks disimulasikan menggunakan *software* sederhana seperti *excell*, sehingga jumlah *interferer* dapat dikurangi hingga tier pertama³. Usulan sel simulasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah yang diperlihatkan oleh gambar 3.3.



Gambar 3.3. : Model cluster dengan *hybrid-cell* pada pusatnya

Karena bentuknya yang simetris, dan penggunaan antenna *omni-directional*, pemodelan sel ini dapat dianalisa secara dua dimensi, jika sel-sel penginterferensi memiliki karakteristik yang sama dengan *Macrocell*. Sehingga model perhitungan sel interensi berdasarkan perhitungan jarak *ISD* dapat dimodel kan dari gambar 3.4:



Gambar 3.4. : Model perhitungan ISD pada *cluster hexagonal-cell*

Dengan menggunakan teori *pythagoras* pada geometri *hexagonal* sama-sisi, maka jarak antar *site macrocell* (ISD_{mm}) adalah:

$$ISD_{mm} = R \sqrt{\left(\frac{1}{2}\sqrt{3}\right)^2 + \left(\frac{3}{2}\right)^2} = R\sqrt{3} \quad 3.1$$

Jika jarak *macrocell hybrid* terhadap titik yang akan di analisa dilambangkan dengan r , maka jarak lintasan propagasi antara sel *interferer* ke titik analisa adalah sebagai berikut:

1. Untuk sel 1 atau sel 6:

$$d = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\sqrt{3}R\right)^2 + \left(\frac{3}{2}R + r\right)^2} \quad 3.2$$

2. Untuk sel 2 atau sel 5:

$$d = \sqrt{\left(\sqrt{3}R\right)^2 + r^2} \quad 3.3$$

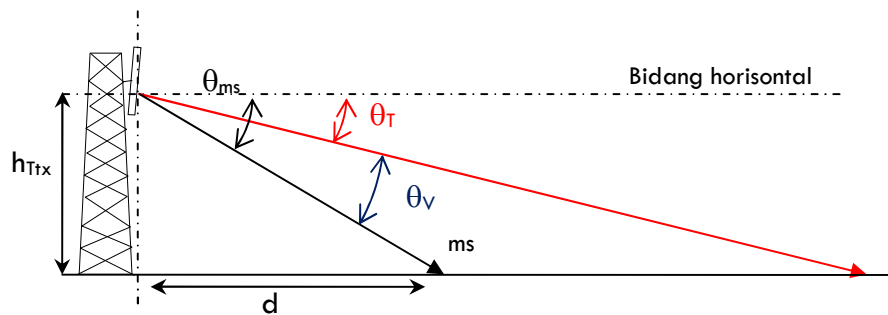
3. Untuk sel 3 atau sel 4:

$$d = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\sqrt{3}R\right)^2 + r^2} \quad 3.4$$

Jika karakteristik semua sel interensi sama, maka cukup menghitung salah satu sel untuk setiap persamaan di atas dan kemudian menjumlahkannya dua kali, sehingga model analisa menjadi lebih sederhana.

3.3.2. Model Perhitungan Gain Antena

Antena *base stasion* selalu dipasang pada ketinggian tertentu, termasuk untuk *femtocell*. Dalam penelitian ini jenis antena yang digunakan adalah *omni-directional*, untuk memudahkan pemodelan rumusan masalah. Meskipun antena ini memiliki *gain horizontal* yang memancar dengan kuat sinyal yang sama rata, tetapi gain akan berubah jika terdapat perbedaan tinggi relatif dengan antena penerima. Perubahan gain ini dapat modelkan dengan oleh gambar 3.5.:



Gambar 3.5. : Metode perhitungan *downtilt* relatif gain antena maksimum pada pola vertikal

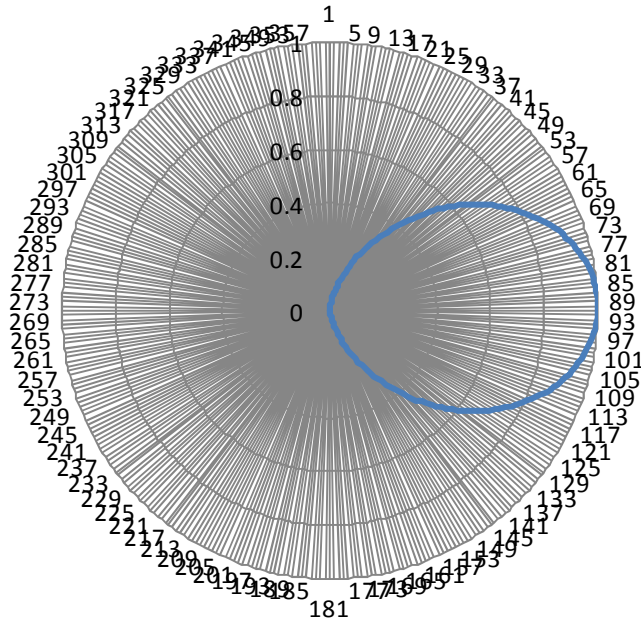
Berdasarkan model *visualisasi* dari gambar di atas, maka sudut *gain* relatif dapat dihitung dengan persamaan 3.5:

$$\theta_V = \text{atan} \frac{h_{Tx} - h_{Rx}}{d} - \theta_T \quad 3.5$$

Dimana h_{ant} adalah tinggi instalasi antena dari permukaan tanah, h_{rec} adalah tinggi *receiver (user)*, θ_T adalah *downtilt* instalasi antena pada tower, dan d adalah jarak antara *transmitter* dengan *receiver*. *Gain* relatif antena dapat dihitung dari pola radiasi dengan fungsi sinus dari persamaan 3.6:

$$G_\theta = \sin^2 \theta_V \quad 3.6$$

Dimana θ_v merupakan *downtilt* relatif antenna terhadap posisi *receiver*. *Plot* pola radiasi antenna diperlihatkan oleh gambar 3.5.:



Gambar 3.6. : Pola radiasi *vertikal* antenna

Pada gambar 3.5. *gain* antenna relatif setara dengan nilai rasio pada pola radiasi dikalikan dengan *gain* maksimum antenna. Sehingga persamaan *gain* sebagai fungsi jarak $d(m)$, tinggi antenna *transmitter* $h_{Tx}(m)$ dan tinggi *receiver* $h_{Rx}(m)$, dapat dihitung dengan persamaan 3.7⁹:

$$G_f = G_{ant} \times G_{\theta} = G_{ant} \times \sin^2 \tan^{-1} \frac{h_{Tx} - h_{Rx}}{d} - \theta_T \quad 3.7$$

3.3.3. Model Daya Pancar

Dalam sistem CDMA, kapasitas ditentukan oleh ketersediaan daya pancar untuk melakukan komunikasi. Ketika *interferensi* semakin tinggi pada suatu daerah, maka daya pancar yang dibutuhkan pun semakin meningkat, sebagai kompensasi untuk mendapatkan C/I yang diinginkan. Pemodelan daya dalam sistem CDMA, umumnya dimodelkan oleh 3

kanal utama, yaitu kanal trafik, pensinyalan (*paging* dan *sinkronisasi*) dan kanal pilot, sebagaimana yang diilustrasikan oleh gambar 3.7:



Gambar 3.7. : Ilustrasi alokasi daya pada BTS

Alokasi daya pancar untuk setiap kanal trafik (dalam hal ini disebut sebagai *inner-cell interferer*), diestimasi oleh suatu algoritma power control yang bekerja berdasarkan informasi kanal yang dikirimkan oleh mobile station ke BTS. Sedangkan alokasi daya untuk kanal pilot berkisar pada 10 – 20% dari total daya BTS dan pensinyalan juga berkisar 5 – 10%.

Tabel 3.1: Pemilihan model parameter radio daya pancar untuk simulasi

BTS Macrocell		
Daya pancar maksimum	40 watt	46 dBm
Daya pancar pilot	4 watt	36 dBm
Daya Pensinyalan	4 watt	36 dBm
Daya Traffik Maksimum	16 watt	42 dBm
BTS Femtocell		
Daya pancar maksimum	0.1; 1 dan 2 watt	20; 30 dan 33 dBm
Daya pancar pilot	0.01; 0.1 dan 0.2 watt	
Daya pensinyalan	0.01; 0.1 dan 0.2 watt	
Daya traffik maksimum		

3.3.4. Model EIRP

Equivalent Isotropically Radiated Power (EIRP) merupakan parameter yang menunjukkan besarnya daya transmitter yang terkumpul di permukaan antenna pemancar. EIRP merupakan penjumlahan *desible* seluruh penguatan antenna dan *loss* yang terjadi dalam saluran *feeder* ke antenna. Dalam satuan watt, EIRP didefinisikan sebagai perkalian daya *transmitter* dengan *gain* dibagi dengan total *loss* yang terjadi. Daya sinyal yang menjalar melalui *feeder* dan melewati beberapa konektor, akan meredam seiring dengan penambahan panjang kabel *feeder* yang digunakan.

Dalam penelitian ini total *loss* yang terjadi dimodelkan sederhana dengan menggunakan nilai konstanta tertentu. Sehingga persamaan EIRP dapat dituliskan sebagai berikut:

$$EIRP_x = \frac{P_x G_f}{L_f} \quad 3.8$$

di mana P_x adalah daya pancar kanal, G_f adalah fungsi *gain* terhadap jarak dan L_f adalah konstanta redaman *feeder*.

3.3.5. Model Pathloss

Model *pathloss* merupakan pemodelan tentang kondisi kanal yang akan dilalui sinyal radio ketika berpropagasi dari antenna transmitter menuju ke pada antenna *receiver*. Model *pathloss* yang sering digunakan untuk frekuensi 800MHz adalah Okumura-Hatta pada persamaan:

$$L = 69.55 + 26.16 \log f_{MHz} - 13.82 \log \varnothing_{Tx} - \alpha \varnothing_{Rx} + 44.9 - 6.55 \log \varnothing_{Tx} \log d \text{ dB} \quad 3.9$$

Di mana perbaikan *pathloss* sebagai fungsi antenna diberikan oleh 3.9a

$$\alpha \varnothing_m = 1.1 \log f_{MHz} - 0.7 \varnothing_m - 1.56 \log f_{MHz} - 0.8 \text{ dB} \quad 3.9a$$

Dengan memilih asumsi cdma bekerja pada frekuensi 825MHz, persamaan 3.9 dapat dihitung dengan persamaan 3.9b:

$$L = 145.84 - 13.82 \log \varnothing_{Tx} - \alpha \varnothing_{Rx} + 44.9 - 6.55 \log \varnothing_{Tx} \log d \text{ dB} \quad 3.9b$$

3.4. Model Skenario

Skenario model perhitungan diprogram menggunakan *microsoft excell* dengan berbagai asumsi parameter untuk memudahkan pembentukan model. Skenario uji kemudian dibangun untuk menjawab tujuan dari penelitian ini. Terdapat tiga skenario yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Skenario pengaruh tinggi antenna *femtocell* terhadap coverage *femtocell* baik dari RSCP ,Ec/Io maupun kapasitas shannon.
 - a. Perubahan tinggi antenna *femtocell*

Tabel 3.2. Skenario tinggi antenna *femtocell*

Tinggi antenna <i>macrocell</i>	Tinggi antenna <i>femtocell</i>	<i>interferer</i>
30	3	30
30	6	30
30	9	30

- b. Perubahan tinggi antenna *macrocell*

Skenario tinggi antenna *macrocell*

Tinggi antenna <i>macrocell</i>	Tinggi antenna <i>femtocell</i>	<i>interferer</i>
20	5	30
25	5	30
30	5	30

2. Skenario pengaruh ISD antara *macrocell* dan *femtocell*
 - a. ISD = 0m, ISD=500m dan ISD=1500m
3. Skenario pengaruh daya trafik *macrocell* dan *femtocell*
 - a. Daya trafik *macrocell* 25%,50% dan 75%
 - b. Daya trafik *femtocell* 25%,50% dan 75%

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

4.1. Konfigurasi Dasar Simulasi

Konfigurasi dasar simulasi adalah parameter yang ditetapkan untuk mendapatkan tujuan dari tugas akhir ini, pada analisa ini penulis menetapkan parameter site yang akan dilakukan untuk memperoleh hasil dari skenario yang akan dilakukan. penulis tidak melakukan perubahan keseluruhan pada parameter ini tetapi hanya pada tinggi antena baik macrocell dan femtocell, intersite-distance (ISD) atau pada parameter ditulis dengan koordinat analisa, dan perubahan pada faktor beban trafik dari *macrocell* dan *femtocell* dalam persen (%).

Tabel. 4.1 Konfigurasi Dasar Simulasi

Parameter Site				
Item	Satuan	Macrocell	Femtocell	Interferer
Daya Max BTS	watt	20	1	20
Daya Pilot	%	10	10	10
Daya Pensinyalan	%	10	10	10
Faktor Beban trafik	%	60	60	60
Antenna Gain	dBi	15	9	15
Tinggi Antena	m	30	3	30
Downtilt Antena	Deg	0	0	0
Loss feeder	dB	4	2	4

Radius Cell, R	m	2000		
Koordinat analisa	m	0	500	
Power Noise	dBm	-106	-106	-106

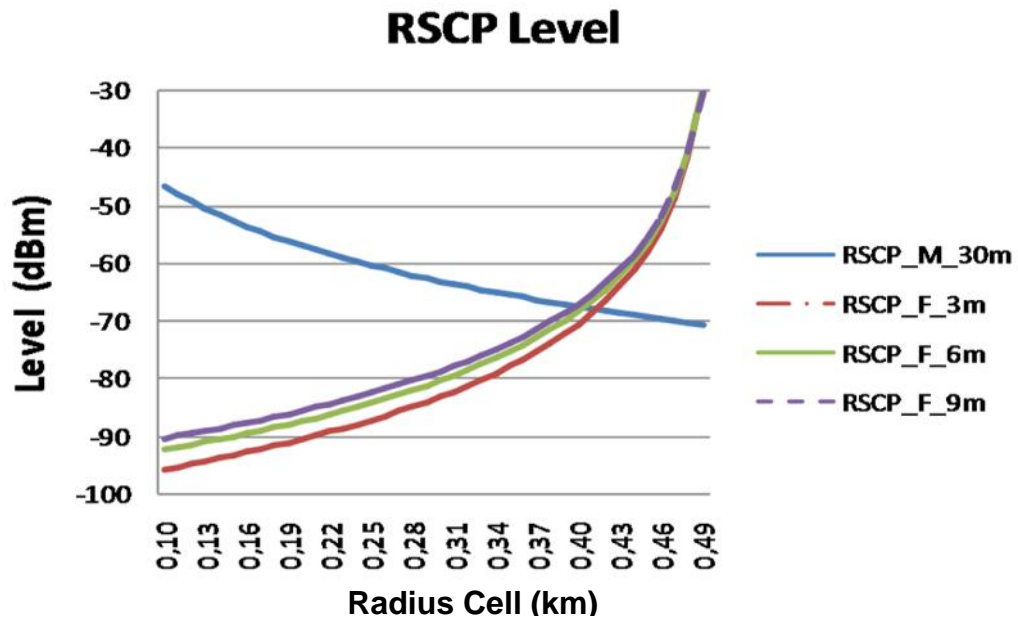
Parameter Pathloss				
Frequency	MHz	835	835	835
a(hm)	dB	0,01	0,01	0,01
Konstanta patloss	dB	126	139	126

Sebelum mendapatkan nilai RSCP, E_c/I_0 , dan Kapasitas shanon pada analisa ini maka terlebih dahulu harus diketahui Jarak, *Gain*, EIRP(Watt), *Pathloss* (dB), dan *Power Received* (watt) dengan menggunakan rumus yang sudah ada pada bab II, setelah itu baru dapat menghitung nilai analisa untuk skenario yang dilakukan, kemudian dikonversikan dalam bentuk grafik.

4.2. Skenario Peningkatan Tinggi Antena

4.2.1. Antena Femtocell

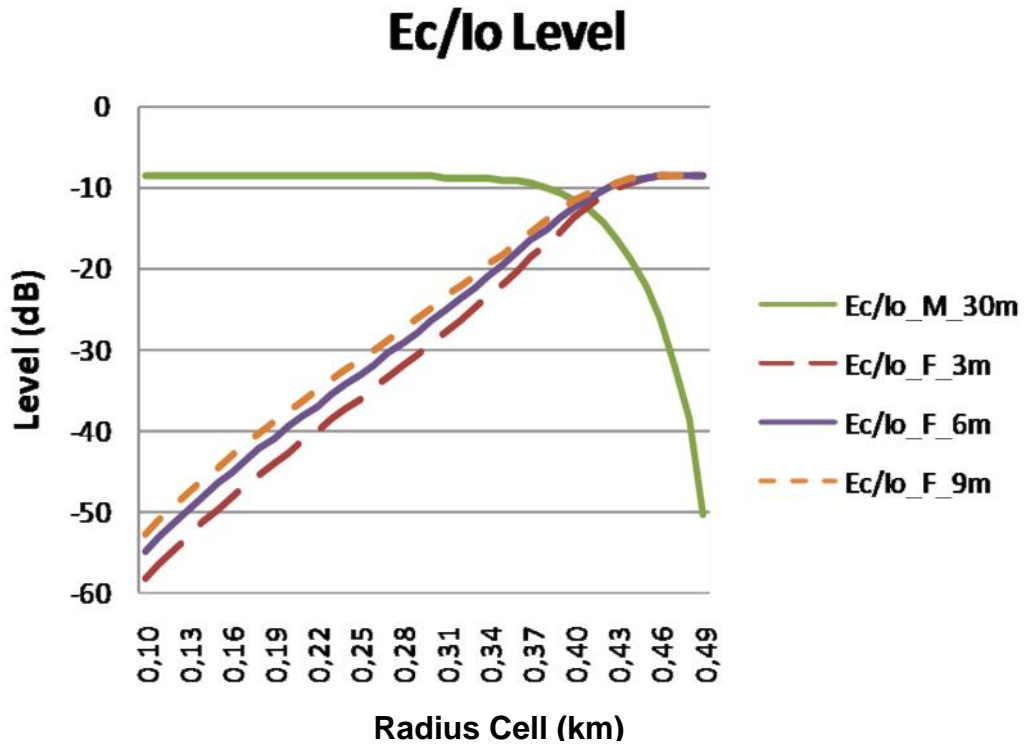
Pada lampiran A-1 Nilai RSCP pada peningkatan tinggi antenna *femtocell*, asumsi Antena *Femtocell* target memiliki tinggi yang berbeda-beda dengan konfigurasi 3m, 6m dan 9 meter. sedangkan tinggi antenna *macrocell* 30 meter. Maka didapat grafik level RSCP untuk peningkatan tinggi antenna *femtocell* dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1. : Grafik Level RSCP pada peningkatan tinggi antenna *femtocell*

Pada Gambar 4.1, dapat dilihat *coverage* RSCP *macrocell* pada tinggi antenna 30 meter yaitu pada level -46 dBm dengan radius cell 0,10 km, *coverage* RSCP mulai menurun hingga mencapai level -70 dBm seiring dengan radius cell yang semakin jauh, sedangkan pada *coverage* RSCP *femtocell* pada tinggi antenna 3m,6m,dan 9meter mengalami peningkatan level yang signifikan mulai dari radius 0,10 km pada level -98 dBm hingga mencapai radius 0,49 km pada level mencapai -30dBm. Hal tersebut dikarenakan *coverage* sinyal mendekati antenna *femtocell* yang hanya berjarak 500m dari *macrocell*, maka *femtocell* menginterferensi *macrocell* hampir di seluruh *coverage* areanya.

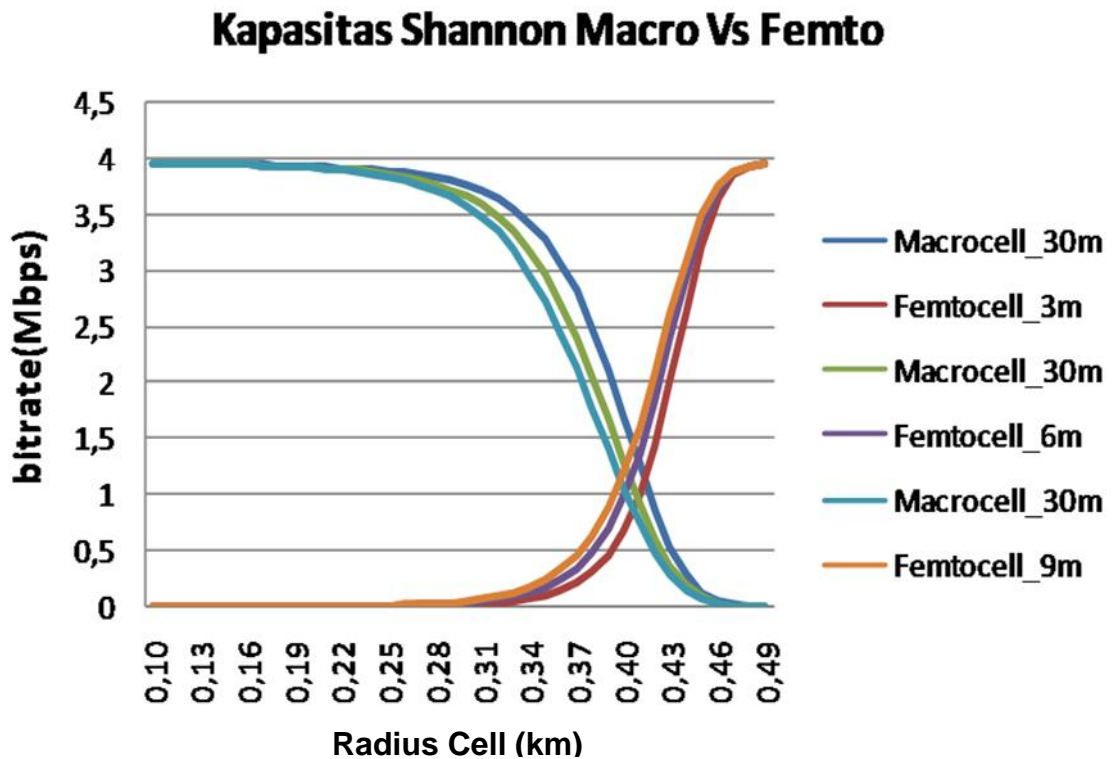
Pada lampiran A-2 dengan asumsi peningkatan antenna *femtocel* dari 3m, 6m, dan 9m, sedangkan pada *macrocell* dengan tinggi antenna 30 m, maka dapat digambarkan grafik dari level E_c/I_o untuk peningkatan tinggi antenna *femtocell* pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2. : Grafik Level E_c/I_o pada peningkatan tinggi antenna *femtocell*

Pada gambar 4.2 dapat dilihat level sinyal E_c/I_o *macrocell* begitu baik dan tidak mengalami *interferensi* pada level -8dB hingga pada radius cell 0,31 km, seiring semakin bertambahnya jarak maka sinyal *macrocell* mulai menurun dengan signifikan pada radius 0,37 km sampai pada radius 0,49 km setelah melewati daerah *handover* hingga mencapai level -50dB, jelas hal ini disebabkan oleh radius *cell* yang semakin jauh, berbeda dengan level E_c/I_o *femtocell* 3m, 6m, dan 9meter yang semakin menguat mulai pada level E_c/I_o -60dB hingga melewati daerah *handover* sampai pada titik level -8dB pada radius cell 0,43 km, setelah melewati radius 0,43 Km level sinyal *femtocell* stabil dan tidak mengalami *interferensi* pada level -8dB, hal ini disebabkan level sinyal mendekati antenna *femtocell* yang terletak pada jarak 500 meter atau 0,50 km dari antenna *macrocell*.

Pada lampiran A-3 maka didapat grafik kapasitas shannon pada peningkatan antenna *femtocell* pada gambar 4.3. dibawah ini.

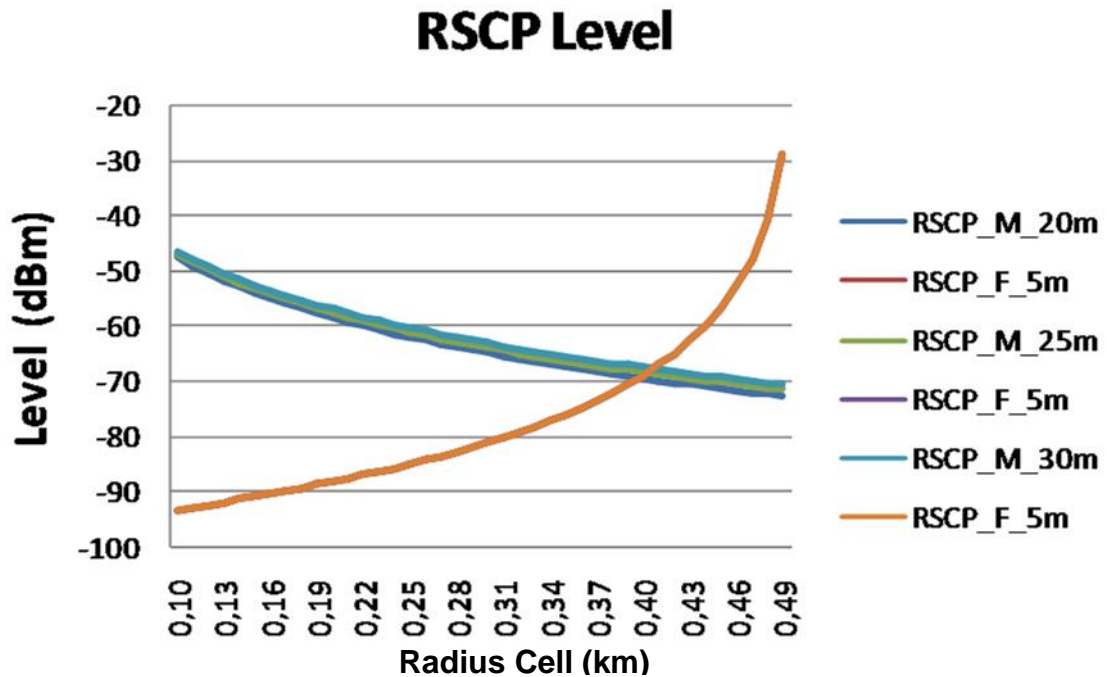


Gambar 4.3. : Grafik kapasitas shannon pada peningkatan tinggi antenna *femtocell*

Dari gambar 4.3 dapat dilihat kapasitas shannon *macrocell* pada tinggi antenna 30 meter dengan bitrate 4 Mbps di radius 0,10 km cenderung stabil atau tidak mengalami *interferensi* berlebihan hingga radius 0,25 km setelah melewati radius tersebut kapasitas shannon cenderung menurun hingga melewati titik *handover* sampai diradius 0,46 km hingga mencapai 0 Mbps, hal ini disebabkan karena semakin jauhnya radius cell, sedangkan pada kapasitas antenna *femtocell* sampai radius 0,31 km yaitu 0 Mbps, seiring bertambahnya jarak maka kapasitas *femtocell* semakin meningkat mulai pada radius 0,31 hingga mencapai radius 0,50 km, ini disebabkan letak antenna femtocell pada jarak 500 m atau sama dengan 0,50 km, Sehingga dari gambar 4.1 , 4.2 dan 4.3 dapat disimpulkan sementara bahwa tinggi antenna tidak mempengaruhi *interferensi* dan kapasitas sistem secara signifikan, tetapi hanya mempengaruhi *coverage* RSCP dari masing-masing sel *Macro* dan *femtocell*.

4.2.2. Antena *Macrocell*

Pada lampiran A-4 Nilai RSCP didapat dengan perhitungan dan rumus yang ada menggunakan *microsoft excell*, asumsi Antena *Macrocell* target memiliki tinggi yang berbeda-beda dengan konfigurasi 20m, 25m dan 30 meter. Dengan tinggi antenna *femtocell* 5 meter. Maka didapat grafik level RSCP untuk peningkatan tinggi antenna *macrocell* dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini.

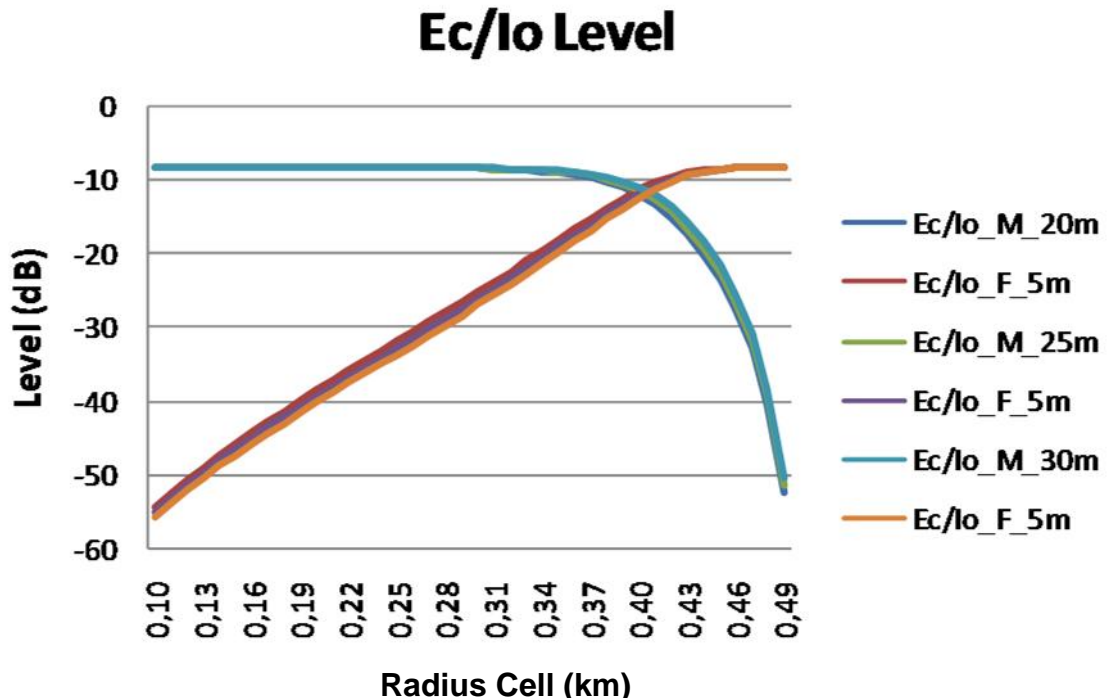


Gambar 4.4. : Grafik Level RSCP pada peningkatan tinggi antenna *macrocell*

Pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa coverage RSCP *femtocell* pada tinggi antenna 5m yaitu dengan radius cell 0,10 km terletak pada level -93 dB, level semakin meningkat dengan signifikan hingga mencapai titik puncak pada radius cell 0,49 km, hal ini disebabkan level sinyal mendekati antenna *femtocell* yang terletak pada jarak 0,50 km, sedangkan pada tinggi antenna *macrocell* 20m, 35m, dan 30m coverage RSCP terletak di level -46dBm pada radius 0,10 km, Level sinyal *macrocell* semakin menurun mencapai level -73dBm dengan jarak yang semakin jauh hingga 0,49 km, dapat dilihat bahwa dengan perbedaan antenna *macrocell* yang di asumsikan nilai coverage RSCP *macrocell* tidak begitu jauh berbeda.

Pada lampiran A-5 dengan asumsi peningkatan Antena *Macrocell* target memiliki tinggi yang berbeda-beda dengan konfigurasi 20m, 25m dan 30 meter. Dengan tinggi

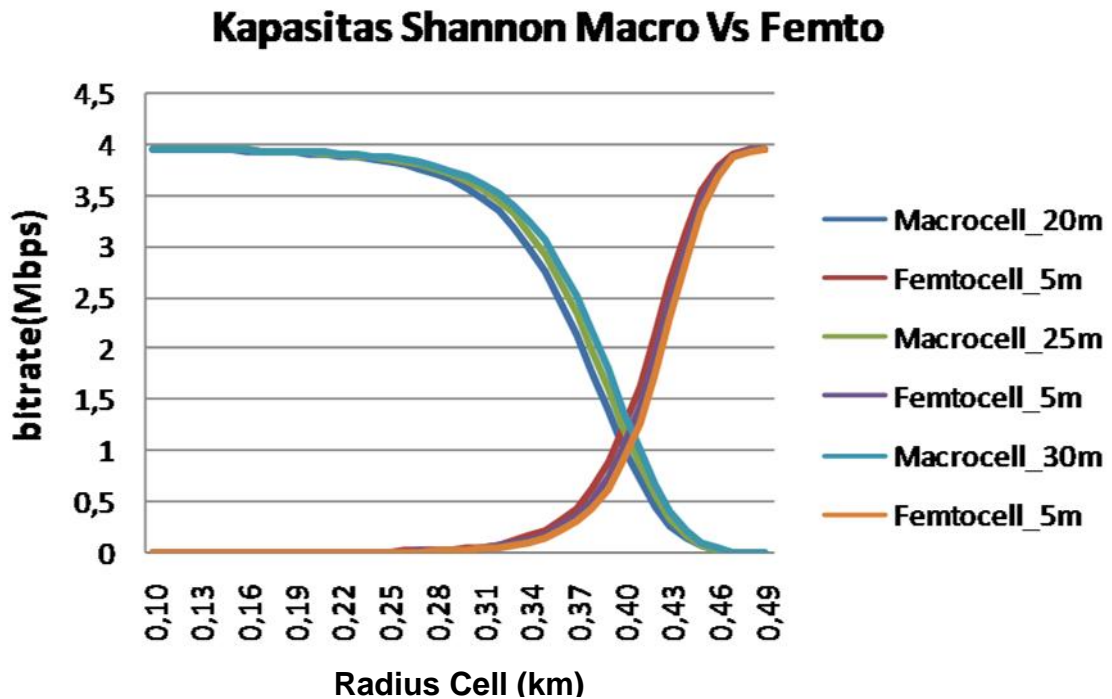
antena *femtocell* 5 meter, maka dapat digambarkan grafik dari level E_c/I_o untuk peningkatan tinggi antenna *macrocell* pada gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.5. : Grafik Level E_c/I_o pada peningkatan tinggi antenna *macrocell*

Pada gambar 4.5. tidak begitu berbeda dengan gambar 4.1, dapat dilihat grafik sinyal dari *macrocell* dalam keadaan stabil pada level -8dB sampai pada radius 0,34 km, dengan bertambahnya radius cell maka sinyal *macrocell* semakin menurun drastis sampai pada radius 0,49 dengan level mencapai -56 dB, tetapi tidak demikian pada antenna *femtocell* pada radius cell 0,10 km level E_c/I_o terletak pada level -56, dengan bertambahnya jarak/radius cell maka level E_c/I_o dari *femtocell* semakin menguat hingga melewati daerah *handover* yaitu pada radius 0,40 km dengan nilai E_c/I_o sekitar -12 dB, sampai sinyal mulai stabil pada level -8 dB saat radius mencapai pada jarak 0,46 km.

Pada lampiran A-6 nilai analisa kapasitas shanon dari asumsi peningkatan Antena *Macrocell* target memiliki tinggi yang berbeda-beda dengan konfigurasi 20m, 25m dan 30 meter. Dengan tinggi antena *femtocell* 5 meter, maka didapat grafik kapasitas shannon pada peningkatan antena *macrocell* dilihat pada gambar 4.6.

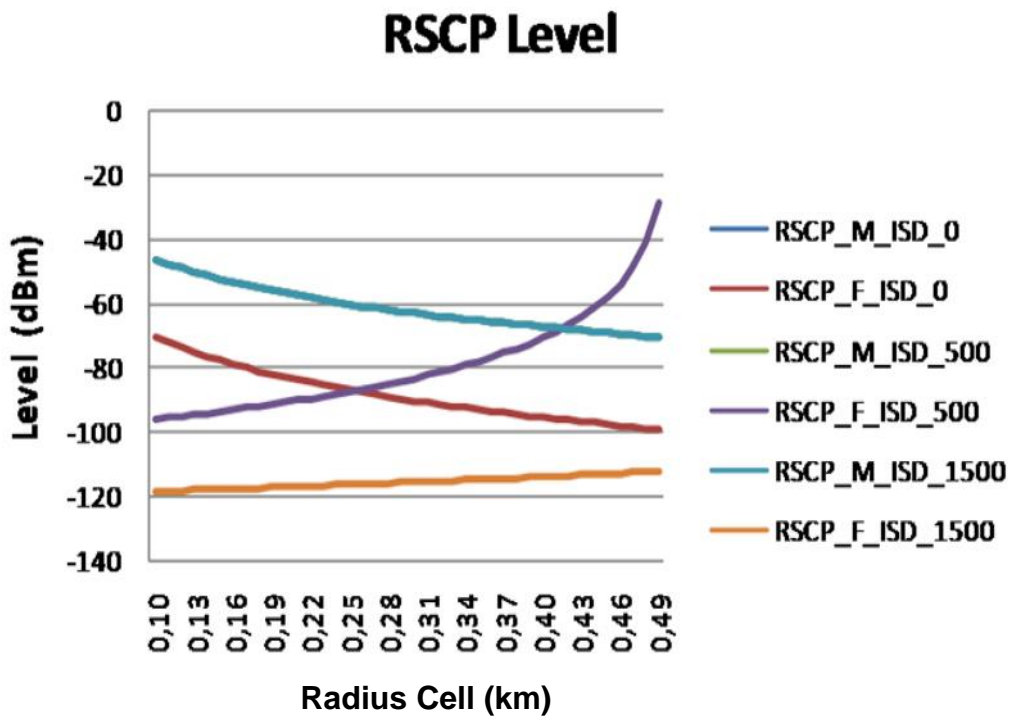


Gambar 4.6. : Grafik kapasitas *shannon* pada peningkatan tinggi antena *macrocell*

Dari gambar 4.6 dapat dilihat grafik sama dengan gambar 4.3. kapasitas shannon *macrocell* pada tinggi antena 30 meter dengan bitrate 4 Mbps di radius 0,10 km cenderung stabil atau tidak mengalami *interferensi* berlebihan hingga radius 0,25 km setelah melewati radius tersebut kapasitas shannon cenderung menurun hingga melewati titik *handover* sampai diradius 0,46 km hingga mencapai 0 Mbps, hal ini disebabkan karena semakin jauhnya radius cell, sedangkan pada kapasitas antena *femtocell* sampai radius 0,31 km yaitu 0 Mbps, seiring bertambahnya jarak maka kapasitas *femtocell* semakin meningkat mulai pada radius 0,31 hingga mencapai radius 0,50 km, ini disebabkan letak antena *femtocell* pada jarak 500 m atau sama dengan 0,50 km

4.3. Skenario peningkatan pada Jarak (ISD) *Macrocell-Femtocell*

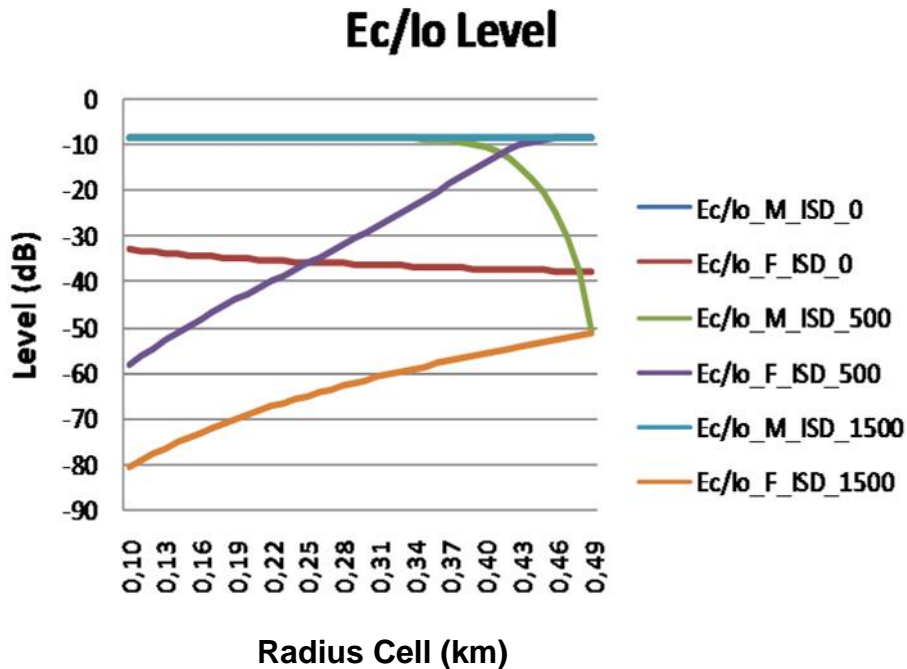
Pada lampiran A-7 nilai dari masing-masing *Inter-Side Distance (ISD) macrocell* dan *femtocell* 0, 500, 1500, maka didapatkan nilai RSCP, dari tabel lampiran tersebut kemudian dikonversikan kedalam bentuk grafik pada gambar 4.7 dibawah ini.



Gambar 4.7. : Grafik level RSCP pada peningkatan Jarak (ISD) *Macrocell-Femtocell*

Pada gambar 4.7 dapat kita lihat jelas bahwa *coverage femtocell* kalah jauh radius jika diinstal pada *site macrocell* Dapat dilihat untuk *coverage* sinyal ISD 0, 500, dan 1500m pada radius 0,10 km *coverage* sinyal level di -46 dBm, dengan bertambahnya jarak maka *coverage* sinyal semakin melemah atau menurun hingga pada jarak 0,49 km di level -70dbm, sedangkan pada layanan jaringan *femtocell* untuk ISD 0, yaitu pada radius 0,10 km dengan level -70dBm, layanan jaringan tidak begitu baik karena antenna *femtocell* terletak tepat didekat antenna *macrocell*, tetapi pada grafik untuk antenna *femtocell* dengan ISD 500, level RSCP tampak menguat atau meningkat mulai dari radius 0,10 km dengan level -95 dBm hingga mencapai puncaknya pada level -30 dBm pada radius 0,49 km, sedangkan untuk ISD 1500 Layanan jaringan *femtocell* meningkat dari radius 0,10 pada level -120dBm hingga mendekati jarak 1500 meter atau mendekati antenna *femtocell* itu sendiri.

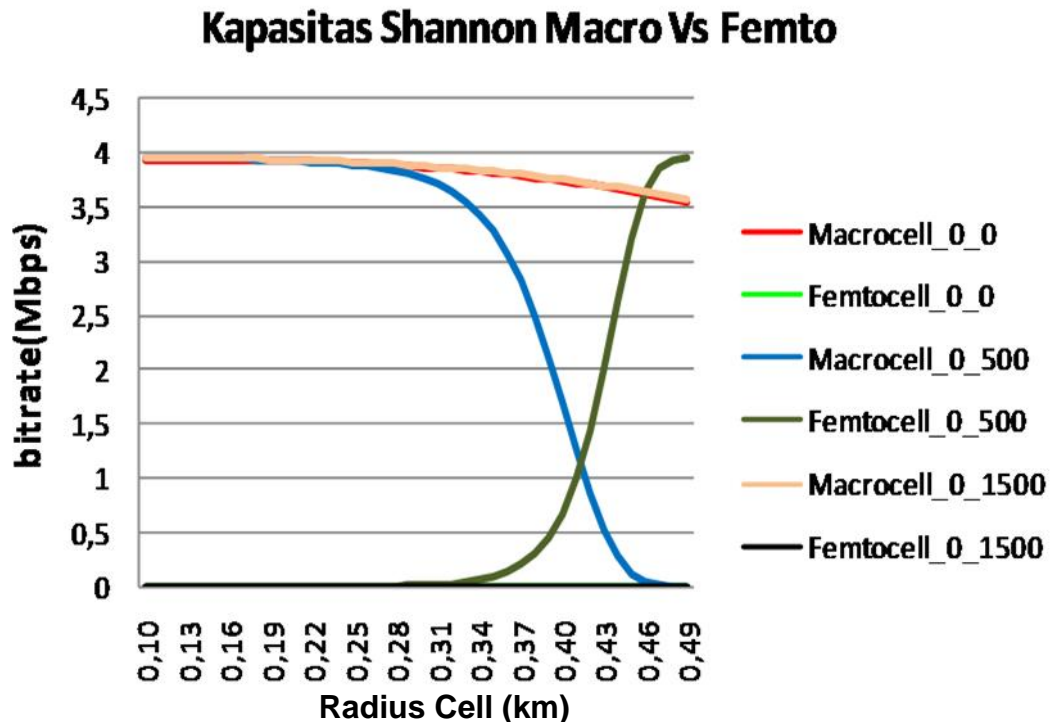
Pada lampiran A-8 dengan asumsi masing-masing *Inter-Side Distance* (ISD) *macrocell* dan *femtocell* 0, 500, 1500, maka didapatkan nilai E_c/I_o , dari lampiran tersebut kemudian dikonversikan kedalam bentuk grafik pada gambar 4.8 dibawah ini.



Gambar 4.8. : Grafik level E_c/I_o pada peningkatan Jarak (ISD) *Macrocell-Femtocell*

Pada gambar 4.8. nilai level E_c/I_o *macrocell* ISD 0 dan 1500 memiliki level sinyal yang stabil dan tidak ada interferensi yaitu pada level -8dB mulai dari radius 0,10 sampai 0,49 km, dB hal ini disebabkan level sinyal dari *macrocell* tidak mempengaruhi jarak dari ISD itu sendiri, lain halnya dengan level sinyal ISD 500, sinyal stabil pada level -8dB hanya sampai radius 0,40 km, kemudian jaringan menurun atau melemah hingga mencapai -50dB, berbeda dengan jaringan *femtocell level Ec/Io* pada ISD 0, maka level sinyal E_c/I_o akan melemah seiring bertambah jauhnya jarak, sedangkan pada ISD 500m level sinyal yang semula -58 dB pada radius 0,10 km langsung meningkat seiring bertambahnya radius cell pada *femtocell* kemudian mulai stabil pada radius 0,44 km dengan level -8dB, untuk ISD 1500m level sinyal yang semula radius 0,10 km dengan level E_c/I_o -80 dB juga mengalami peningkatan hingga pada radius 0,50 km pada level sinyal -50 dB. Dapat disimpulkan bahwa seiring dengan pertambahan nilai ISD, femtocell mulai memiliki *coverage*, dengan radius area sebagai fungsi dari ISD *macrocell – femtocell*. Juga tidak terdapat pengandaan kapasitas pada skenario ISD ini.

Pada lampiran A-9 nilai analisa dengan masing-masing *inter-Side Distance* (ISD) *macrocell* dan *femtocell* 0, 500, 1500, maka didapatlah nilai kapasitas shanon, dari tabel diatas kemudian dikonversikan kedalam bentuk grafik pada gambar 4.9 dibawah ini.



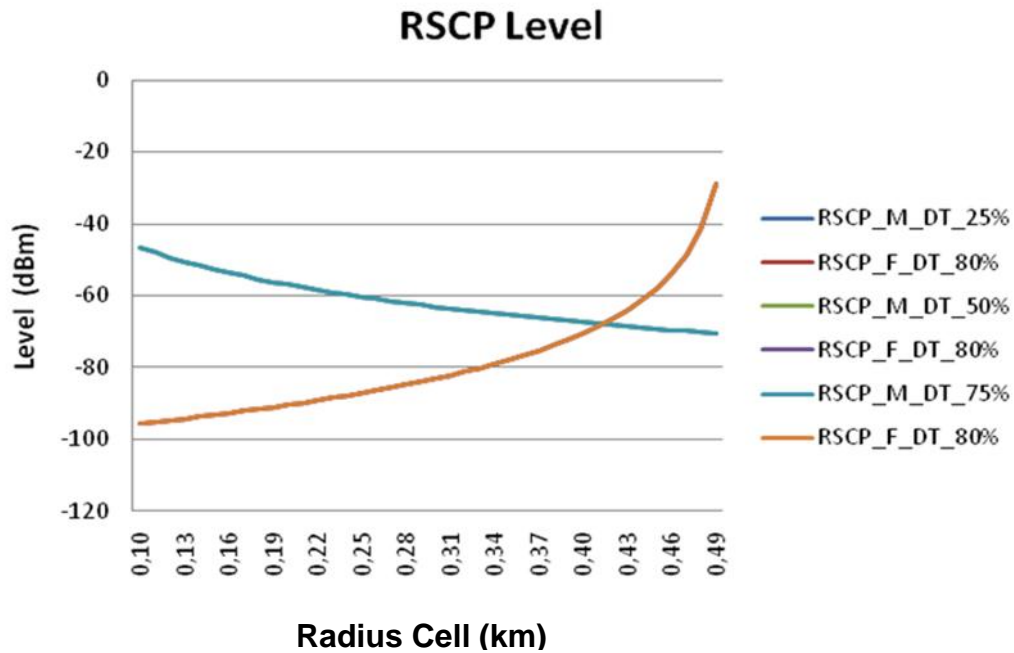
Gambar 4.9. : Grafik kapasitas shanon pada peningkatan Jarak (ISD) *Macrocell-Femtocell*

Pada gambar 4.9. kapasitas *macrocell* pada ISD 0, 500 dan 1500 mempunyai level yang sama pada radius 0,10 km yaitu dengan kapasitas 4 Mbps, tetapi dengan bertambahnya jarak kapasitas macro semakin melemah, yang lebih jauh menurunnya yaitu pada kapasitas *macrocell* dengan ISD 500m mulai dari radius 0,28 km dengan kapasitas 4 Mbps melemah hingga kapasitas menjadi 0 Mbps pada radius 0,46 km. Tetapi tidak demikian pada antenna *femtocell* pada area *soft-handoff* antara *macrocell* dengan *femtocell* kapasitas shanon cenderung menurun dari total kapasitas *macrocell - femtocell* sebelumnya. Hal ini terjadi karena RSCP dan E_c/I_o level antara *macrocell* dan *femtocell* nyaris seimbang. Dengan kata lain ketika suatu titik area tidak terdapat dominasi sel yang melayani, maka kapasitas cenderung turun setengahnya.

4.4. Skenario Peningkatan Daya trafik *macrocell-femtocell*

4.4.1. Daya trafik *macrocell* 25%,50% dan 75%

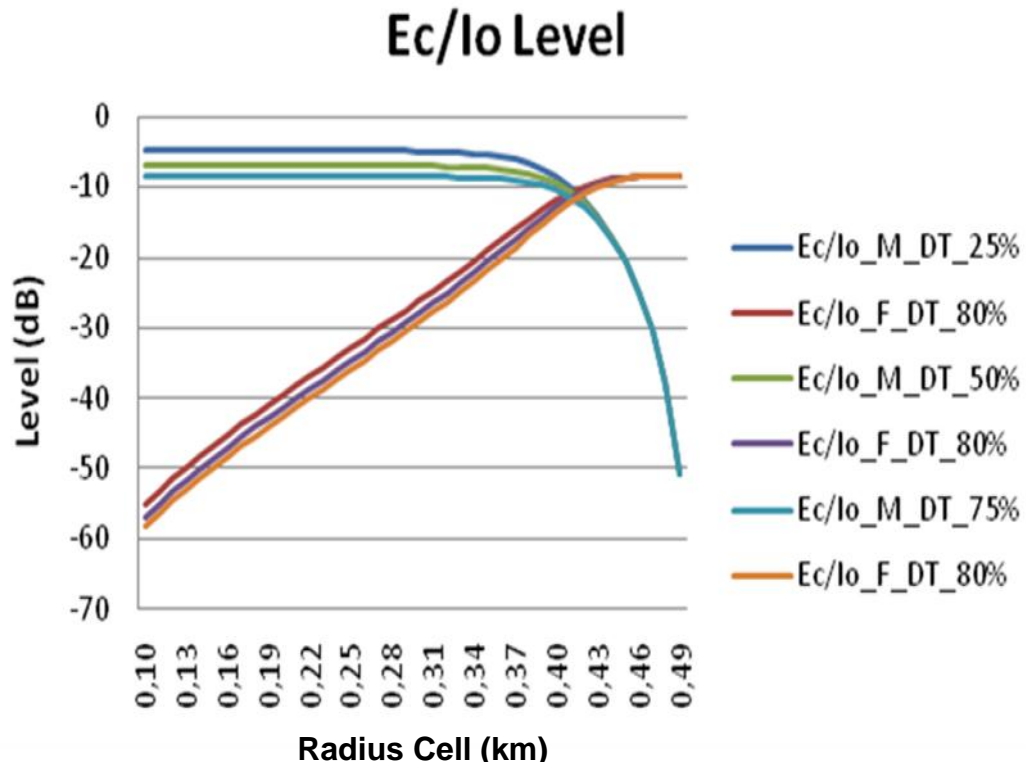
Pada skenario ini daya trafik untuk *macrocell* meningkat atau berubah sedangkan untuk daya trafik *femtocell* tetap yaitu 80% untuk masing-masing *femtocell*. Bisa dilihat nilai RSCP pada peningkatan daya trafik *macrocell* pada lampiran A-10. Dalam bentuk grafik yaitu pada gambar 4.10 dibawah ini.



Gambar 4.10. : Grafik level RSCP pada peningkatan daya trafik *macrocell*

Pada gambar grafik 4.10, *coverage* RSCP pada *femtocell* dengan daya trafik 80% pada jarak 0,10 km *coverage* RSCP dengan level -95 dB,dapat dilihat dari grafik diatas bahwa *coverage femtocell* meningkat pada jarak 0,49 km yaitu dengan *coverage* -30 dBm sehingga dapat dijelaskan bahwa *coverage* akan semakin baik atau meningkat dengan bertambahnya radius cell tersebut, tidak demikian dengan *coverage* RSCP pada *macrocell*, walaupun daya trafik berubah mulai dari 25%, 50%, dan 75%, tetapi *coverage macrocell* terjadi penggantian yaitu pada level -46 dBm dengan radius 0,10 km, *coverage* RSCP pada *macrocell* pun semakin melemah hingga mencapai -70dBm pada radius 0,49 km. Dapat diambil kesimpulan bahwa *coverage* pada *macrocell* tidak mempengaruhi peningkatan daya trafik *macrocell* pada *coverage* RSCP.

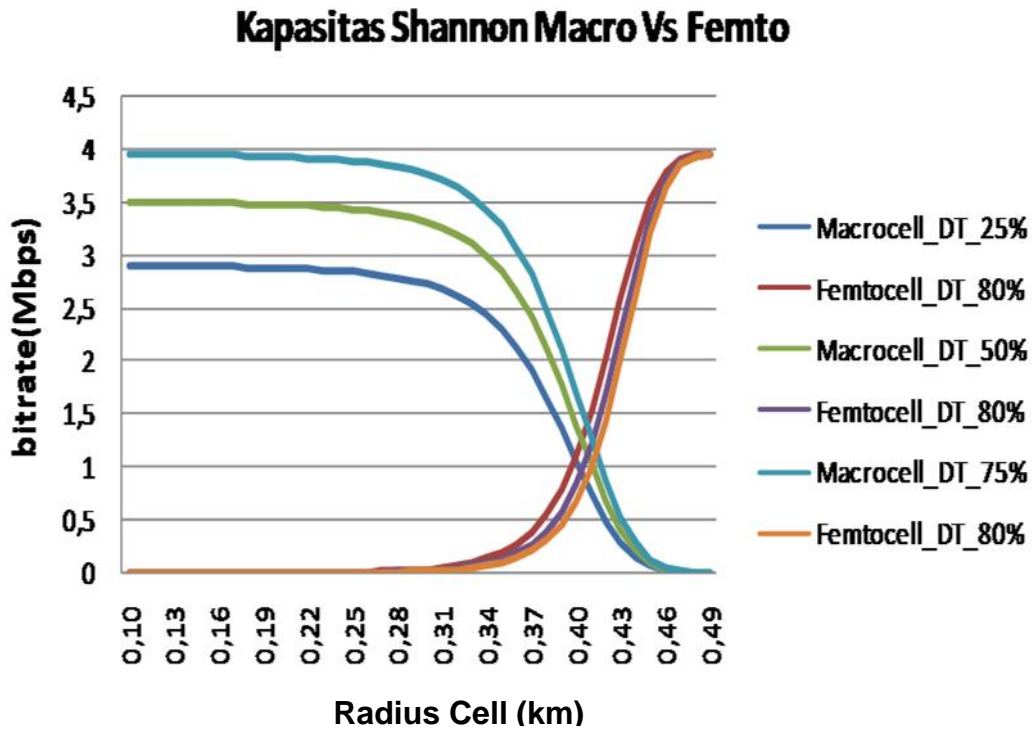
Nilai analisa E_c/I_o pada peningkatan daya trafik *macrocell* dapat dilihat lampiran A-11 kemudian dikonversikan dalam bentuk grafik yaitu pada gambar 4.11 dibawah ini.



Gambar 4.11. : Grafik level E_c/I_o pada peningkatan daya trafik *macrocell*

Gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa level E_c/I_o pada *macrocell* tidak mengalami perbedaan yang jauh untuk peningkatan daya trafik *macrocell*, daya trafik 25%, pada radius 0,10 memiliki level sinyal E_c/I_o sebesar -4dB, daya trafik 50% sebesar -6dB, dan daya trafik 75% sebesar -8dB , ketiga sinyal tersebut cukup stabil hingga mencapai radius 0,40 km, setelah itu sinyal melemah hingga mencapai -52 dB pada radius 0,50 km, sedangkan untuk E_c/I_o pada *femtocell* dengan daya trafik tetap yaitu 80% mengalami peningkatan sinyal mulai dari level sinyal -60dB pada radius 0,10 km hingga mencapai -6 dB untuk radius 0,46 km, kemudian stabil hingga mencapai 0,49 km. Daerah *handover* rata-rata terjadi pada *femtocell* dengan radius 0,42 km dengan nilai E_c/I_o -12 db.

Pada lampiran A-12 dengan peningkatan daya trafik *macrocell* yaitu 25%, 50%, dan 75% maka didapatlah nilai kapasitas shanon , kemudian dikonversikan kedalam bentuk grafik pada gambar 4.12 dibawah ini.

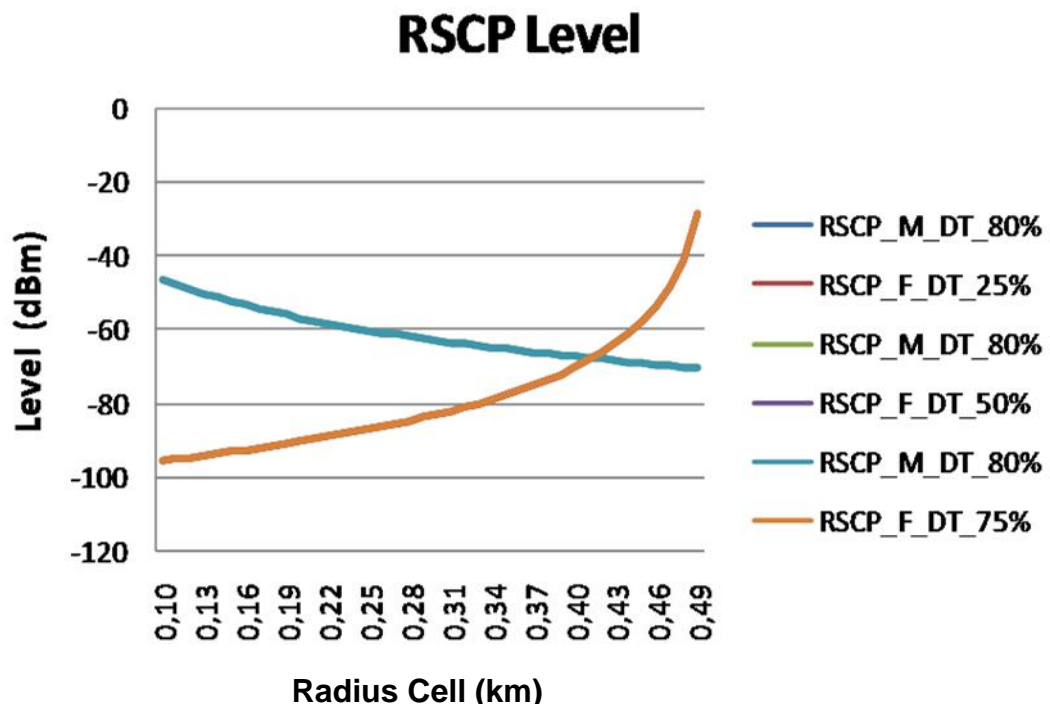


Gambar 4.12. : Grafik kapasitas shanon pada peningkatan daya trafik *macrocell*

Pada gambar 4.12 grafik kapasitas dari *macrocell* dengan daya trafik 25% dimulai dari 2,9 Mbps, pada *macrocell* dengan daya trafik 50% yaitu 3,5 Mbps, sedangkan pada peningkatan daya trafik 75% kapasitas shannonnya yaitu 4 Mbps pada masing-masing radius 0,10 km. kapasitas *macrocell* mulai melemah atau menurun dengan signifikan hingga mencapai kapasitas 0 Mbps dengan radius cell 0,46 Mbps karena semakin jauh nya radius sel tersebut, sedangkan pada kapasitas antenna *femtocell* dengan daya trafik 80% dijarak 0,34 km menunjuk pada kapasitas shanon 0 Mbps, kemudian mulai meningkat seiring bertambahnya jarak antara *macrocell* dan *femtocell* ini hingga mendekati 4 Mbps pada jarak 0,46 km, maka dapat diambil kesimpulan peningkatan daya trafik pada *macrocell* cenderung stabil dengan naik turunnya *interferensi* pada kedua sel tersebut.

4.4.2. Daya Trafik *femtocell* 25%,50% dan 75%

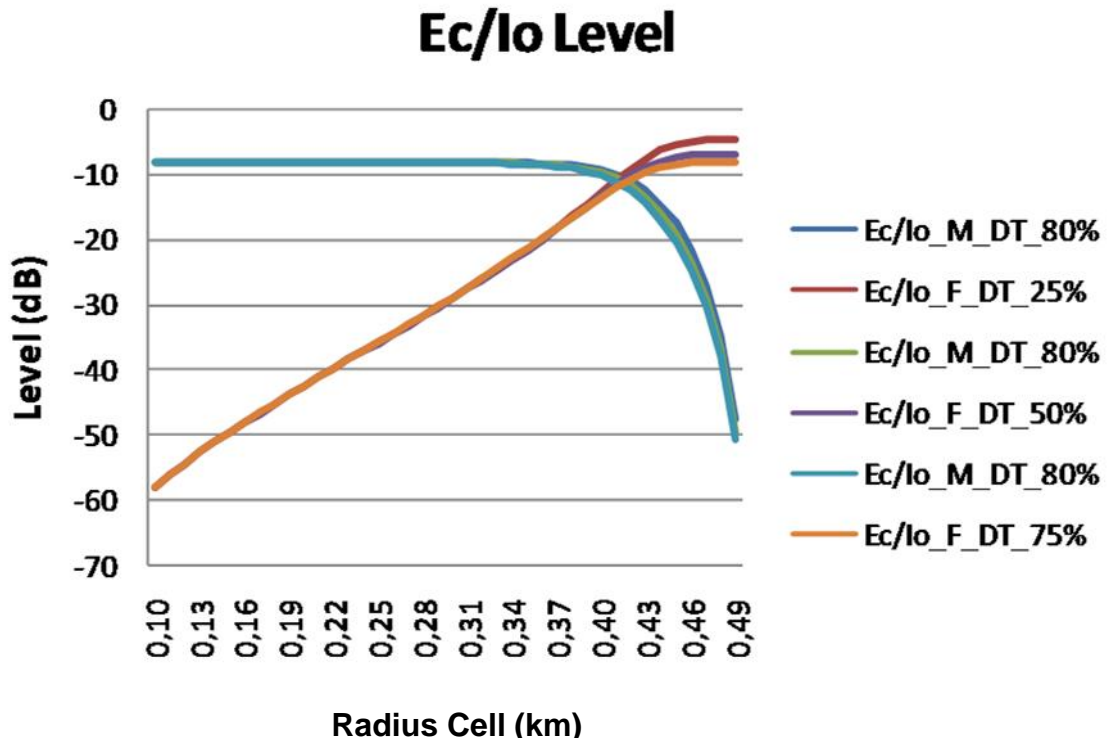
Pada skenario ini daya trafik untuk *femtocell* yang meningkat atau berubah sedangkan untuk daya trafik untuk masing-masing *macrocell* tetap yaitu 80% bisa dilihat nilai RSCP pada peningkatan daya trafik *femtocell* pada lampiran A-13. Kemudian dikonversikan dalam bentuk grafik yaitu pada gambar grafik 4.13 dibawah ini.



Gambar 4.13. : Grafik level RSCP pada peningkatan daya trafik *femtocell*

Pada gambar 4.13, dijelaskan bahwa radius 0,11 km pada antenna macrocel dengan daya trafik 80% memiliki *coverage* RSCP sebesar -46 dBm dari grafik diatas dijelaskan bahwa *coverage* pada *macrocel* semakin menurun semakin menurun seiring bertambahnya jarak antara *macrocell* dan *femtocell* hingga mencapai -70 dBm pada radius 0,49km, tetapi tidak demikian dengan *coverage* RSCP pada *femtocell* cenderung meningkat dengan bertambahnya jarak, *coverage femtocell* yaitu -95 diradius 0,10 km kemudian terus meningkat dengan bertambahnya jarak hingga mencapai -28dBm. Pada gambar grafik ini daya trafik pada peningkatan *femtocell* tidak ada perbedaan pada *coverage femtocell*.

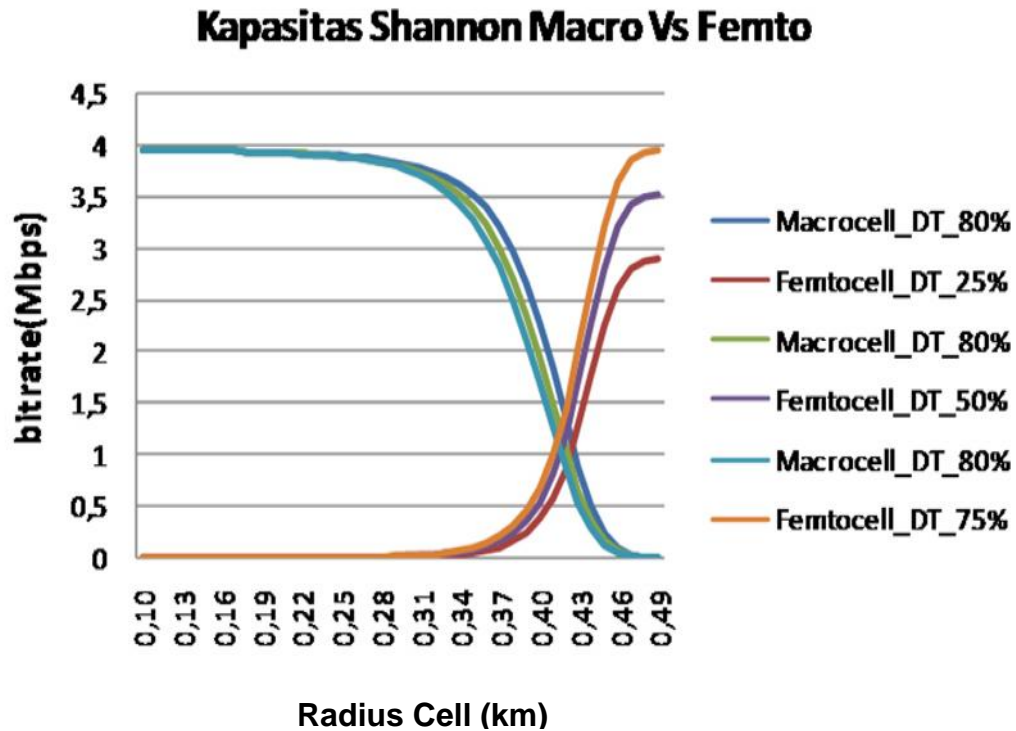
Nilai analisa E_c/I_o pada peningkatan daya trafik *femtocell* dapat dilihat pada lampiran A-14 dan diubah dalam bentuk grafik yaitu pada gambar 4.14 dibawah ini.



Gambar 4.14. : Grafik level E_c/I_o pada peningkatan daya trafik *femtocell*

Pada gambar 4.14 Gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa level E_c/I_o pada *macrocell* tidak mengalami perbedaan yang jauh untuk peningkatan daya trafik *femtocell*, dengan daya trafik sebesar 80%, pada radius 0,10 memiliki level sinyal E_c/I_o sebesar -8dB, sinyal tersebut cukup stabil hingga mencapai radius 0,37 km, kemudian sinyal E_c/I_o mulai melemah hingga mencapai -52 dB pada radius 0,49 km, hal ini dikarenakan radius cell pada sinyal E_c/I_o semakin jauh, sedangkan untuk E_c/I_o pada *femtocell* dengan peningkatan daya trafik yaitu mulai dari 25%,50%, dan 75 % mengalami peningkatan sinyal mulai dari level sinyal -58dB pada radius 0,10 km hingga mencapai -6 dB untuk radius 0,46 km, kemudian stabil hingga mencapai 0,49 km. Daerah *handover* antara *macrocell* dan *femtocell* rata-rata terjadi di radius 0,42 km dengan nilai E_c/I_o -12 dB. untuk melihat peningkatan kapasitas *femtocell* dapat dilihat pada gambar 4.15 dibawah ini.

Pada lampiran A-15 yaitu analisa peningkatan daya trafik *femtocell* yaitu 25%, 50%, dan 75% maka didapatlah nilai kapasitas shannon , kemudian dikonversikan kedalam bentuk grafik pada gambar 4.15 dibawah ini



Gambar 4.15. : Grafik kapasitas shannon pada peningkatan daya trafik *femtocell*

Pada gambar 4.15 grafik dapat dijelaskan bahwa kapasitas shannon dari *macrocell* dengan daya trafik 80% yaitu 4 Mbps pada radius 0,10 km, kapasitas *macrocell* masih stabil sampai dengan radius 0,28 km, kemudian kapasitas *macrocell* mulai melemah atau menurun dengan signifikan hingga mencapai kapasitas 0 Mbps dengan radius cell 0,46 Mbps karena semakin jauh nya radius cell tersebut, sedangkan pada kapasitas antenna *femtocell* dengan peningkatan daya trafik 25%, 50%, dan 75% menunjuk pada kapasitas shanon 0 Mbps, mulai dari radius 0,10 sampai 0,34 km, kapasitas shannon mulai meningkat pada masing-masing peningkatan daya trafik sehingga pada peningkatan daya trafik *femtocell* 25 % kapasitas shannon mencapai 2,9 Mbps, peningkatan daya trafik *femtocel* 50% kapasitas shannon mencapai 3,5 Mbps, sedangkan pada peningkatan daya trafik 75% kapasitas shannonnya mencapai 4 Mbps. Maka dapat diambil kesimpulan peningkatan daya trafik pada *femtocell* cenderung stabil dengan naik turunnya *interferensi* pada kedua sel tersebut.

Setelah melakukan penelitian pada skenario 4.4.1 dan 4.4.2 yaitu peningkatan nilai daya trafik pada *macrocell* dan *femtocell* dapat ditarik kesimpulan peningkatan dari masing-masing trafik hanya meningkatkan interferensi *inner cell* (radius kecil), tetapi tidak mempengaruhi besar daya trafik sehingga tidak mempengaruhi *outer cell* yang lain.

BAB V

PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Semakin jauh jarak antara *macrocell* dan *femtocell* maka jaringan semakin baik.
2. Besarnya *coverage femtocell* dipengaruhi oleh tinggi antenna sedangkan besarnya *coverage Ec/Io* dipengaruhi jarak antar site.
3. Kapasitas shannon menurun setengahnya akibat *inner cell interferensi*.
4. Menginstall *femtocell co-located* (frekuensi yang sama) dengan *macrocell* adalah pilihan yang sia-sia karena kapasitas *macrocell* menurun karena *coverage femtocell* tidak pernah mengcoverage *macrocell* sehingga *femtocell* sebagai pengganggu.

5.2. SARAN

Untuk pengembangan lebih lanjut, maka penulis memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Perlu penelitian lebih lanjut untuk menganalisa *uplink*
2. Menganalisa *soft handover*
3. Menganalisa untuk CDMA EVDO model *pathloss* diakuratin.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous* "Infonetics Research" [Online] :Available [http://:www.infonectic.com](http://www.infonectic.com).
Diakses Juni 2013
- Aksto Setiawan "*Peningkatan Kapasitas Sel CDMA Dengan Metode Partisi Sel*", UNDIP Semarang 2010
- Min Young Chung,dkk "*Femtocell Deployment to Minimize Performance Degradation in Mobile WiMAX Systems*".Hal 440-746 Korea 2010
- Ali Margosim "*Analisis Kinerja RF (Radio Frekuensi) Pada Sistem Cdma2000 1x*", UNDIP Semarang 2009
- Willenegger Serge, "*Cdma2000 Physical Layer: An Overview*", 2000
- Black Peter j.and Wu Qiang "*Link Budget Of Cdma2000 1xev-Do Wireless Internet Access System*"2002
- Ilham Muhammad"*Analisis nilai EIRP tiga sistem jaringan (2G, 3G, CDMA) pada perangkat multi network*" Skripsi teknik elektro Universitas Indonesia 2007.
- Katalog - *CGXD65-17T0*.Diakses Maret 2013
- Katalog - *LS feeder System*, LHF Series, hal. 9,Diakses Maret 2013
- Anonymous* "Hata-OkumuraModel" [Online] :Available <http://www.Wirelessapplications.com>. Diakses April 2013
- Budi Utomo "*Simulasi link budget pada sel femto teknologi telekomunikasi LTE (long term evolution)*",Skripsi S1 jurusan teknik elektro,UNDIP Semarang 2010
- Eberhard Brunner"*Cellular communications tutorial*",2000
- Vivier, G., "*Femtocell-based Network Enhancement by Interference Management and Coordination of Information for Seamless Connectivity*" ICT-248891 STP FREEDOM, Seventh Framework Programme.2010
- Indirawati "*CDMA20001x Network Planning*" Jurusan Teknik Elektro STT Telkom, Bandung, 2004
- Yongsheng Shi, dkk, "*On Resource Reuse for Cellular Networks with Femto- and Macrocell Coexistence*", 2010
- Yang Samuel C "*CDMA RF System Engineering*",2000

