

**PERFORMANSI MICRO-BTS INDOOR BASE STATION (IBS) PADA  
HSDPA (HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS)**

**SKRIPSI**

**KONSENTRASI TELEKOMUNIKASI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

**RADITYA SHERGIAN RIZKI**

**NIM. 0610633057 – 63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**MALANG**

**2012**

**PERFORMANSI MICRO-BTS INDOOR BASE STATION (IBS) PADA  
HSDPA (HIGH SPEED DOWNLINK PAKCET ACCESS)**

**SKRIPSI**

**KONSENTRASI TELEKOMUNIKASI**

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik*



Disusun Oleh :

**RADITYA SHERGIAN RIZKI**

**NIM. 0610633057 – 63**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh**

**Dosen Pembimbing:**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir. Endah Budi P, MT.**

**NIP. 19621116 198903 2 002**

**Rudy Yuwono, ST., MSc**

**NIP. 19710615 199802 1 003**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERFORMANSI *MICRO-BTS INDOOR BASE STATION*  
(IBS) PADA HSDPA (*HIGH SPEED DOWNLINK PAKCET*  
*ACCESS*)**

Disusun oleh :

**RADITYA SHERGIAN RIZKI**  
NIM. 0610633057-63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus  
pada tanggal **24 Januari 2012**

**Majelis Penguji:**

**Ir. Wahyu Adi Priyono, MT.**  
NIP. 196000518 198802 1 001

**Dwi Fadila Kurniawan, ST., MT.**  
NIP. 19720630 200003 1 002

**Rusmi Ambarwati, ST., MT.**  
NIP. 19720204 200003 2 002

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

**Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS**  
NIP. 19580728 198701 1 001



## PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Performansi *Micro BTS Indoor Base Station (IBS) Pada HSDPA (High Speed Dwonlink Packet Access)*” yang diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik. Tidak lupa pula shalawat serta salam selalu penulis sampaikan kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita menuju ke jalan yang terang.

Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberkan bantuan baik lahir maupun batin selama pekerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya, Ayahanda Herwanto Budi Sardjono dan Ibunda Urip Sri Wuryani serta kakakku Reininta Sherly Rizkia dan adikku Rachelia Sherviani Rizkia yang senantiasa memberikan doa, motivasi dan dukungan demi terselesaikan skripsi ini
2. Ibu Ir.Endah Budi Purnomowati, MT. dan Bapak Rudy Yuwono, ST., MSc selaku dosen pembimbing skripsi penulis yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Bapak M. Aziz Muslim, ST. MT., Ph.D, selaku sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak dan Ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro.
5. Saudari Putri Paramitha W yang telah memberikan semangat dan dukungan tiada henti dalam menyelesaikan skripsi ini
6. Teman-teman angkatan 2006 (Ge-Force) atas bantuannya selama menjadi mahasiswa
7. Teman-teman HFGM yang senantiasa memberika dukungan dan semangat untuk penulis
8. Teman-teman Kos CPI 7 yang juga slalu memberikan motivasi
9. Dan untuk semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan secara tidak langsung dalam proses penyelesaian skripsi ini.

repository.ub.ac.id

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari adanya kekurangan dan ketidak sempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kelengkapan dan kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi rekan-rekan mahasiswa.

Malang, Januari 2012

Penulis



## ABSTRAK

**RADITYA SHERGIAN RIZKI**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2012, *Performansi Micro BTS Indoor Base Station (IBS) pada HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)*, Dosen Pembimbing: Ir.Endah Budi Purnomowati, MT. dan Bapak Rudy Yuwono, ST., MSc

Kebutuhan masyarakat terhadap transfer data dengan kecepatan tinggi semakin meningkat. Hal ini juga diikuti dengan perkembangan teknologi telekomunikasi khususnya pada teknologi HSDPA. Seiring dengan perkembangan dan pertumbuhan dalam dunia telekomunikasi, pertumbuhan gedung bertingkat di kota besar juga semakin berkembang dan bertambah tiap tahunnya. Namun, hal ini dapat menimbulkan masalah mengenai kebutuhan jaringan komunikasi didalam gedung yang menjadi kurang baik dan maksimal akibat banyaknya sekat-sekat didalam gedung. Untuk mengatasi ataupun mengantisipasi kemampuan sinyal didalam gedung dapat diatasi dengan meletakkan antena IBS (*Indoor Base Station*), sehingga koneksi antar perangkat komunikasi dapat lebih maksimal.

Dalam perencanaan dan peletakan antena IBS didalam gedung, hal pertama yang dilakukan adalah observasi data jumlah *demand* dan tata ruang gedung, kemudian perhitungan kapasitas *subscriber* per IBS, *frequency planning*, dan perhitungan *link budget*. Barulah kita dapat meletakkan perangkat IBS yang sesuai dengan *survey* dan perhitungan perencanaan. Hasil desain yang dilakukan untuk gedung MX Mall Malang dengan 3 tingkat memerlukan antena yang berpolarisasi *omnidirectional* berjumlah 15 buah antena dan *sectoral* berjumlah 1 antena, 5 buah splitter 3 way dan 5 buah splitter 2 way, dengan kabel 1 5/8" sepanjang 1698 meter.

**Kata Kunci:** *BTS, GOS, Traffic, Kapasitas, Coverage dan Antena.*



DAFTAR ISI

	halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Ruang Lingkup.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II HSDPA (<i>HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS</i>) DAN <i>MICRO</i> <b>BTS (<i>BASE TRANCEIVER STATION</i>)</b>.....</b>	4
2.1 Konsep Komunikasi Bergerak.....	4
2.2 HSDPA ( <i>High Speed Downlink Packet Access</i> ).....	5
2.2.1 Karakteristik HSDPA.....	5
1. <i>Share Channel Transmition</i> .....	5
a. <i>HS-DSCH (High Speed Downlink Shared Channel)</i> .....	6
b. <i>HS-SCCH (High Speed Shared Control Channel)</i> .....	6
c. <i>HS-DPCCH (High-Speed Dedicated Physical Control Channel)</i> .....	8
d. <i>HS-PDSCH (High Speed-Physical Downlink Shared Channel)</i> .....	8
2. <i>Adaptive Modulation and Coding (AMC)</i> .....	9
3. <i>Short transmisiom Time Interval (TTI)</i> .....	10
4. <i>Fast Link Adaptation</i> .....	10
5. <i>Fast Scheduling</i> .....	11
6. <i>Fast Hybrid Automatic Repeat Request (H-ARQ)</i> .....	12
2.2.2 Arsitektur Jaringan HSDPA.....	13
1. <i>Home Location Register (HLR)</i> .....	13
2. <i>Visitor Location Register (VLR)</i> .....	14
3. <i>Equipment Identity Register (EIR)</i> .....	14
4. <i>Authentication Center (AuC)</i> .....	14



5.	<i>Mobile Switching Center (MSC)</i> .....	14
6.	<i>Gateway Mobile Service Switching Center (GMSC)</i> .....	14
7.	<i>Serving GPRS (General Packet Radio Service) Support Node (SGSN)</i> .....	14
8.	<i>Gateway GPRS Support Node (GGSN)</i> .....	14
9.	<i>Radio Network Controller (RNC)</i> .....	14
10.	<i>Node B</i> .....	15
11.	<i>User Equipment (UE)</i> .....	15
12.	<i>Iub interface</i> .....	15
2.3	<i>Micro BTS Indoor Base Station (IBS)</i> .....	16
2.3.1	Konfigurasi Indoor Base Station.....	16
2.3.2	<i>Power Splitter</i> .....	16
2.3.3	Antena.....	17
2.3.3.1	<i>Antena Omnidirectional</i> .....	18
2.3.3.2	<i>Antena Directional/Sectoral</i> .....	19
2.3.3.3	Struktur Mikro BTS.....	20
<b>BAB III PERENCANAAN INDOOR BASE STATION (IBS) PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN METODE AKSES HSDPA</b> .....		
3.1	Sistem Indoor Base Station HSDPA secara umum.....	22
3.2	Parameter Kapasitas HSDPA.....	23
3.2.1	Trafik Sistem Komunikasi Bergerak.....	23
3.2.1.1	Intensitas Trafik.....	23
3.2.1.2	GOS ( <i>Grade Of Service</i> ).....	23
3.2.2	Perhitungan Jumlah Kanal HSDPA.....	24
3.2.3	Perhitungan Estimasi <i>Demand</i> Trafik.....	26
3.3	Parameter <i>Coverage Micro BTS</i> HSDPA.....	26
3.3.1	Perhitungan <i>Link Budget</i> .....	26
3.3.2	Pembebanan atau <i>Load</i> Efektif.....	28
3.3.3	Spesifikasi Perangkat Yang Digunakan.....	28
3.3.4	<i>Receiver Sensitivity</i> .....	29
3.3.5	Rugi-Rugi Lintasan Propagasi.....	29
3.3.6	<i>Coverage Distance FSL Model</i> .....	30
3.4	Parameter Kualitas Indoor Base Station Pada Gedung Bertingkat Dengan Metode Akses HSDPA.....	30
3.4.1	BER ( <i>Bit Error Rate</i> ).....	30



3.4.2	<i>Delay</i> .....	31
3.4.2.1	<i>Delay Transmisi</i> .....	32
3.4.2.1	<i>Delay Propagasi</i> .....	34
3.4.3	<i>Throughput</i> .....	34
<b>BAB IV METODOLOGI</b> .....		37
4.1	Studi Literatur .....	37
4.2	Studi Lapangan.....	37
4.2.1	Lokasi Perencanaan <i>Micro BTS Indoor Base Station (IBS)</i> dengan metode akses HSDPA.....	37
4.2.2	Pengambilan Data.....	37
4.3	Perencanaan Desain Komunikasi <i>Micro BTS Indoor Base Station (IBS)</i> HSDPA.....	37
4.4	Kerangka Solusi Permasalahan.....	38
1.	Perencanaan Indoor Base Station.....	38
2.	Perhitungan Kapaitas HSDPA.....	39
3.	Perhitungan <i>Delay Transmisi</i> .....	40
4.	Perhitungan <i>Delay Propagasi</i> .....	41
5.	BER ( <i>Bit Error Rate</i> ).....	42
6.	<i>Throughput</i> .....	43
<b>BAB V PERFORMANSI MICRO BTS INDOOR BASE STATION (IBS) METODE AKSES HSDPA DI MX MALL</b> .....		44
5.1	Parameter Teknis <i>Micro BTS (Indoor Base Station)</i> HSDPA.....	44
5.2	Parameter Kapasitas Sistem Teknis <i>Micro BTS (Indoor Base Station)</i> Pada Gedung Dengan Akses HSDPA.....	45
5.2.1	Kapasitas Berdasarkan Kebutuhan Perkiraan <i>Demand</i> .....	45
5.2.2	Penentuan Kapasitas Maksimum <i>Indoor Base Station</i> HSDPA.....	46
5.2.3	Kapasitas HSDPA.....	47
5.2.4	Perhitungan Estimasi <i>Demand</i> Trafik.....	52
5.3	Parameter <i>Coverage</i> IBS Gedung Bertingkat Dengan Akses HSDPA.....	53
5.4	Tabel <i>Link Budget</i> .....	58
5.4.1	Lantai 1.....	58
5.4.2	Lantai 2.....	59
5.4.3	Lantai 3.....	60
5.5	Diagram Perencanaan <i>Micro BTS Indoor Base Station (IBS)</i> HSDPA.....	61
5.6	Hasil Desain.....	62
5.6.1	Desain dan Konfigurasi IBS HSDPA Lantai 1.....	62

5.6.2	Desain dan Konfigurasi IBS HSDPA Lantai 2.....	63
5.6.3	Desain dan Konfigurasi IBS HSDPA Lantai 3.....	64
5.6.4	Desain dan Konfigurasi IBS HSDPA Roof Top.....	65
5.7	Parameter Kualitas Perencanaan Desain <i>Micro BTS</i> (IBS) Gedung Bertingkat Dengan Metode Akses HSDPA.....	66
5.7.1	BER ( <i>Bit Error Rate</i> ).....	66
5.7.1.1	<i>Bit Error Rate</i> (BER) Pada Link MS Ke MBTS lintasan <i>Uplink</i> .....	66
1.	BER Pada Link MBTS ke Node B <i>Uplink</i> .....	68
2.	BER Pada Link Node B ke RNC <i>Uplink</i> .....	68
3.	BER Pada Link RNC B ke MSC <i>Uplink</i> .....	69
5.7.1.2	<i>Bit Error Rate</i> (BER) Pada Link MBTS Ke MS lintasan <i>Downlink</i> .....	70
1.	BER Pada Link MBTS ke Node B <i>Downlink</i> .....	72
2.	BER Pada Link Node B ke RNC <i>Downlink</i> .....	73
3.	BER Pada Link RNC B ke MSC <i>Downlink</i> .....	74
5.7.1.3	Pengaruh Jarak Terhadap Performansi BER Ke <i>User</i> .....	75
1.	Lintasan <i>Uplink</i> .....	75
2.	Lintasan <i>Downlink</i> .....	78
5.7.2	<i>Delay</i> .....	81
5.7.2.1	<i>Delay</i> Transmisi.....	81
1.	<i>Delay</i> Transmisi MS-MBTS.....	81
2.	<i>Delay</i> Transmisi MBTS-Node B.....	82
3.	<i>Delay</i> Transmisi Node B-RNC.....	83
4.	<i>Delay</i> Transmisi RNC-MSC.....	84
5.	<i>Delay</i> Transmisi MSC-RNC.....	85
6.	<i>Delay</i> Transmisi RNC-Node B.....	86
7.	<i>Delay</i> Transmisi Node B-MBTS.....	87
8.	<i>Delay</i> Transmisi MBTS-MS.....	88
5.7.2.2	<i>Delay</i> Propagasi.....	90
1.	<i>Delay</i> Propagasi MS-MBTS.....	91
2.	<i>Delay</i> Propagasi MBTS-Node B.....	91
3.	<i>Delay</i> Propagasi Node B-RNC.....	91
4.	<i>Delay</i> Propagasi RNC-MSC.....	92
5.	<i>Delay</i> Propagasi MSC-RNC.....	92
6.	<i>Delay</i> Propagasi RNC-Node B.....	92
7.	<i>Delay</i> Propagasi Node B-MBTS.....	93
8.	<i>Delay</i> Propagasi MBTS-MS.....	93
5.7.3	<i>Throughput</i> .....	94



<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN</b> .....	96
6.1	Kesimpulan.....	96
6.2	Saran.....	96
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		98
<b>LAMPIRAN</b> .....		99





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bentuk Ideal Sel Pada Komunikasi Bergerak Selular.....	4
Gambar 2.2	Pemetaan Kanal Pada HSDPA.....	6
Gambar 2.3	Struktur Frame HS-SCCH.....	7
Gambar 2.4	Struktur <i>Frame</i> HS-DPCCH.....	8
Gambar 2.5	Struktur Frame HS-PDSCH.....	9
Gambar 2.6	<i>Link Adaptation</i> .....	11
Gambar 2.7	Mekanisme Penerapan <i>Fast Scheduling</i> Pada HSDPA.....	11
Gambar 2.8	Proses HARQ Pada HSDPA.....	13
Gambar 2.9	Arsitektur Jaringan HSDPA-WCDMA.....	13
Gambar 2.10	Konfigurasi <i>micro</i> BTS di dalam gedung.....	16
Gambar 2.11	Power Splitter.....	17
Gambar 2.12	Pola radiasi antena omnidirectional dan directional.....	18
Gambar 2.13	Antena <i>omnidirectional Indoor Base Station</i> .....	18
Gambar 2.14	Antena <i>sectoral Indoor Base Station</i> .....	19
Gambar 2.15	Struktur <i>Micro BTS</i> .....	20
Gambar 3.1	Konfigurasi <i>Indoor Base Station</i> HSDPA.....	22
Gambar 3.2	<i>Delay data sisi Up link</i> .....	32
Gambar 3.3	<i>Delay data sisi Down Link</i> .....	32
Gambar 4.1	<i>Flowchart</i> Perencanaan IBS Pada Gedung.....	38
Gambar 4.2	Perhitungan Kapasitas HSDPA.....	39
Gambar 4.3	Perhitungan Delay Transmisi.....	40
Gambar 4.4	Perhitungan Delay Propagasi.....	41
Gambar 4.5	Perhitungan Bit Error Rate (BER).....	42
Gambar 4.6	Perhitungan Throughput.....	43
Gambar 5.1	Diagram Perencanaan IBS HSDPA.....	61
Gambar 5.2	Desain IBS HSDPA Lantai 1.....	62
Gambar 5.3	Desain IBS HSDPA Lantai 2.....	63
Gambar 5.4	Desain IBS HSDPA Lantai 3.....	64
Gambar 5.5	Desain IBS HSDPA <i>Roof Top</i> .....	65
Gambar 5.6	Jaringan HSDPA Indosat.....	81
Gambar 5.7	Grafik <i>Delay Transmisi</i> MS-MBTS ( $t_{T(1)}$ ).....	82
Gambar 5.8	Grafik <i>Delay Transmisi</i> MBTS-Node B ( $t_{T(2)}$ ).....	83
Gambar 5.9	Grafik <i>Delay Transmisi</i> Node B-RNC ( $t_{T(3)}$ ).....	84
Gambar 5.10	Grafik <i>Delay Transmisi</i> RNC-MSC ( $t_{T(4)}$ ).....	85
Gambar 5.11	Grafik <i>Delay Transmisi</i> MSC-RNC ( $t_{T(5)}$ ).....	86

Gambar 5.12	Grafik <i>Delay</i> Transmisi RNC-Node B ( $t_{T(6)}$ ).....	87
Gambar 5.13	Grafik <i>Delay</i> Transmisi Node B -MBTS ( $t_{T(7)}$ ).....	88
Gambar 5.14	Grafik <i>Delay</i> Transmisi MBTS-MS ( $t_{T(8)}$ ).....	89
Gambar 5.15	Grafik <i>Delay</i> Transmisi Total ( $t_{T(Total)}$ ).....	90





## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kategori UE HSDPA.....	9
Tabel 2.2	Kategori Terminal HSDPA.....	15
Tabel 2.3	Tabel Insertin Loss.....	17
Tabel 3.1	Receiver sensitivity.....	29
Tabel 5.1	Parameter Teknis IBS HSDPA.....	44
Tabel 5.2	Jumlah <i>Demand</i> di gedung perbelanjaan MX Mall Malang.....	45
Tabel 5.3	<i>Erlang B Traffic Table</i> .....	46
Tabel 5.4	<i>Erlang B Traffic Table</i> .....	47
Tabel 5.5	Parameter Kapasitas IBS HSDPA.....	47
Tabel 5.6	Parameter <i>Link Budget</i> untuk HSDPA.....	48
Tabel 5.7	<i>Erlang B Traffic Table</i> .....	51
Tabel 5.8	Kapasitas <i>Demand</i> (rumus Trafik).....	52
Tabel 5.9	Kapasitas Maksimum (rumus HSDPA).....	52
Tabel 5.10	<i>Erlang B Traffic Table</i> .....	53
Tabel 5.11	Kebutuhan Material IBS HSDPA di MX Mall.....	57
Tabel 5.12	<i>Link Budget</i> Lantai 1.....	58
Tabel 5.13	<i>Link Budget</i> Lantai 2.....	59
Tabel 5.14	<i>Link Budget</i> Lantai 3.....	60
Tabel 5.15	Perhitungan BER Lantai 1 <i>Up Link</i> .....	77
Tabel 5.16	Perhitungan BER Lantai 2 <i>Up Link</i> .....	77
Tabel 5.17	Perhitungan BER Lantai 3 <i>Up Link</i> .....	77
Tabel 5.18	Perhitungan BER Lantai 1 <i>Down Link</i> .....	79
Tabel 5.19	Perhitungan BER Lantai 2 <i>Down Link</i> .....	80
Tabel 5.20	Perhitungan BER Lantai 3 <i>Down Link</i> .....	80
Tabel 5.21	<i>Delay Transmisi</i> MS-MBTS ( $t_{T(1)}$ ) untuk panjang data berbeda.....	82
Tabel 5.22	<i>Delay Transmisi</i> MBTS-Node B ( $t_{T(2)}$ ) untuk panjang data berbeda.....	83
Tabel 5.23	<i>Delay Transmisi</i> Node B-RNC ( $t_{T(3)}$ ) untuk panjang data berbeda.....	84
Tabel 5.24	<i>Delay Transmisi</i> RNC-MS ( $t_{T(4)}$ ) untuk panjang data berbeda.....	85
Tabel 5.25	<i>Delay Transmisi</i> MSC-RNC ( $t_{T(5)}$ ) untuk panjang data berbeda.....	86
Tabel 5.26	<i>Delay Transmisi</i> RNC-Node B ( $t_{T(6)}$ ) untuk panjang data berbeda.....	87
Tabel 5.27	<i>Delay Transmisi</i> Node B -MBTS ( $t_{T(7)}$ ) untuk panjang data berbeda.....	88
Tabel 5.28	<i>Delay Transmisi</i> MBTS-MS ( $t_{T(8)}$ ) untuk panjang data berbeda.....	89
Tabel 5.29	<i>Delay Transmisi</i> Total dari MS ( <i>Mobile Station</i> ) pengirim ke MS ( <i>Mobile Station</i> ) penerima ( $t_{T(Total)}$ ) untuk panjang data berbeda.....	90
Tabel 5.30	Hubungan Panjang Data terhadap <i>Throughput</i> ( $\lambda$ ).....	95



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan masyarakat terhadap transfer data dengan kecepatan tinggi semakin meningkat. Hal ini ditunjukkan dari data jumlah pengguna internet di Indonesia yang dimuat pada website [www.internetworldstats.com](http://www.internetworldstats.com). Jumlah pengguna internet tersebut menunjukkan perubahan tiap tahunnya. Tahun 2000, 2007, 2008, 2009, 2010 perubahan pengguna internet secara berturut-turut adalah 2 juta, 20 juta, 25 juta, 30 juta, 47 juta pengguna. Hal ini juga diikuti dengan perkembangan teknologi telekomunikasi, khususnya pada teknologi GSM (*Global System For Mobile Communication*).

Perkembangan teknologi komunikasi diawali dengan AMPS (*Advanced Mobile Phone System*) atau yang lebih dikenal dengan nama 1G, yang masih menggunakan sistem analog, bersifat lokal, dan pelayanan sangat terbatas. Kemudian berkembang menjadi 2G atau dikenal dengan teknologi GSM (*Global System For Mobile Communication*) yang telah menggunakan sistem digital. GSM (*Global System For Mobile Communication*) menggunakan teknologi akses gabungan antara FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) dan TDMA (*Time Division Multiple Access*) yang awalnya bekerja pada frekuensi 900 MHz. Setelah itu pada generasi ke-2 (2G) tidak langsung meloncat ke generasi 3G, seperti 1G ke 2G. Ada tahap generasi yang disebut 2,5G karena teknologi 3G lebih dulu dikembangkan sebelum 2,5G digunakan. 2,5G dibangun karena teknologi yang dipakai pada 3G masih belum ekonomis. 2,5G yang lebih dikenal dengan GPRS (*General Packet Data Radio Services*). Dibandingkan dengan pendahulunya GPRS memiliki transfer data yang cepat. GPRS memanfaatkan kanal TDMA yang tidak terpakai pada jaringan GSM. Setelah itu ada lagi teknologi yang disebut dengan EDGE (*Enhanced Data for Global Evolution*) atau 2,75G. EDGE adalah teknologi telepon *mobile* yang memperbaiki jaringan 2G dan 2,5G khususnya dalam jalur komunikasi data. Teknologi ini bekerja pada jaringan GSM ataupun pada jaringan GPRS yang ada.

Kelanjutan dari teknologi GSM/GPRS/EDGE adalah teknologi 3G atau yang biasa disebut UMTS (*Universal Mobile Telecommunication Service*). UMTS merupakan standard telekomunikasi generasi ketiga dimana salah satu tujuan utamanya adalah untuk memberikan kecepatan akses data yang lebih tinggi dibandingkan dengan GPRS dan EDGE. Kecepatan akses data yang bisa didapat dari UMTS adalah sebesar

384 kbps pada frekuensi 5 KHz. Namun perkembangan teknologi komunikasi tidak berhenti sampai disitu. HSPDA (*High Speed Packet Downlink Access*) atau 3,5G merupakan kelanjutan dari UMTS.

HSDPA merupakan evolusi WCDMA. HSDPA merupakan protokol tambahan pada sistem WCDMA (*Wideband CDMA*) yang mampu mentransmisikan data berkecepatan tinggi. HSDPA menggunakan *bandwidth* sebesar 5 MHz, HSDPA merupakan standar HSPA dengan kemampuan dari sisi kecepatan transfer *downlink*-nya dan dapat mencapai kecepatan *downlink* hingga 14.4 Mbps dengan maksimum *uplink* 384 kbps. Di lingkungan perumahan, *user* dapat *men-download* data menggunakan jaringan HSDPA dengan kecepatan 3.7 Mbps. Sedangkan seseorang yang sedang berkendara dengan kecepatan 100 km/jam dapat mengakses internet berkecepatan 1.2 Mbps, sementara user di lingkungan yang padat masih dapat menikmati *streaming video* meskipun hanya memperoleh 300 kbps.

Seiring dengan perkembangan dan pertumbuhan dalam dunia telekomunikasi, pertumbuhan gedung-gedung bertingkat di kota-kota besar juga semakin bertambah dan berkembang tiap tahunnya. Hal ini dapat dilihat dari semakin banyaknya gedung bertingkat baru seperti gedung perkantoran, hotel/apartemen, ataupun pusat perbelanjaan. Disisi lain, pertumbuhan gedung-gedung baru menimbulkan masalah baru mengenai kebutuhan komunikasi di dalam gedung yang menjadi semakin besar, dimana diusahakan tiap perangkat komunikasi di dalam gedung bertingkat saling terkoneksi dengan baik. Namun, hal ini terkendala akan banyaknya sekat-sekat gedung yang mengakibatkan koneksi perangkat komunikasi satu sama lain menjadi kurang maksimal. Untuk mengatasi ataupun mengantisipasi kemampuan sinyal dalam suatu lokasi tertutup (*indoor*), dapat diatasi dengan meletakkan *micro BTS* atau yang biasa disebut IBS (*Indoor Base Station*) sehingga koneksi antar perangkat komunikasi dapat lebih maksimal lagi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang telah diuraikan dalam latar belakang maka rumusan masalah ditekankan pada:

1. Bagaimana konsep jaringan HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*)?
2. Bagaimana konfigurasi *desain micro-BTS Indoor Base Station (IBS)* pada HSDPA?



3. Bagaimana merencanakan perhitungan *link budget* untuk *Indoor Base Station (IBS)* gedung bertingkat dengan metode akses HSDPA di MX Mall Malang.
4. Bagaimana menentukan perangkat yang dibutuhkan untuk mendesain IBS pada gedung bertingkat dengan metode akses HSDPA di MX Mall Malang.

### 1.3 Ruang Lingkup

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka pembahasan dalam skripsi ini dibatasi pada:

1. Performansi *micro* BTS (IBS) pada komunikasi HSDPA dibatasi pada *BER*, kapasitas kanal, *delay*, dan *throughput*.
2. Menggunakan tabel Erlang B dengan GOS 2%
3. Operator *micro*-BTS yang digunakan adalah Indosat.
4. Pembahasan Sistem lebih ditekankan pada masalah perencanaan kapasitas, *coverage area* dan penentuan perangkat *Indoor Base Station (IBS)* pada gedung bertingkat dengan metode akses HSDPA
5. Pembahasan mendetail mengenai pengkodean dan kontrol daya serta perangkat *hardware* dan *software* elemen penyusun HSDPA tidak termasuk di dalamnya.

### 1.4 Tujuan

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk perancangan *Micro-BTS Indoor Base Station (IBS)* pada sistem HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) di MX Mall Malang.

### 1.5 Sistematika Penulisan

- Bab I Pendahuluan yang memuat latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan, dan sistematika penulisan.
- Bab II Tinjauan pustaka yang memuat teori dasar sistem komunikasi seluler, HSDPA, dan *Micro* BTS
- Bab III Membahas dasar-dasar perencanaan *micro* BTS HSDPA
- Bab IV Metodologi penulisan
- Bab V Perencanaan yang memuat proses instalasi *micro* BTS HSDPA gedung bertingkat meliputi peramalan jumlah pelanggan, perkiraan jumlah perangkat *micro* BTS HSDPA, perhitungan trafik, *coverage*, *link budget*, *delay*, *BER*, dan *throughput*
- Bab VI Penutup yang memuat kesimpulan dan saran skripsi ini.

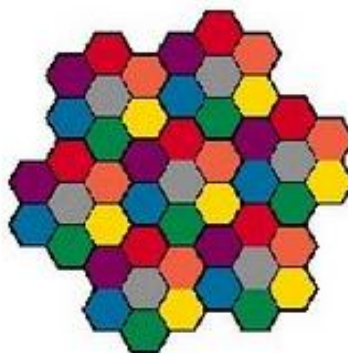


## BAB II

### HSDPA (*HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS*) DAN *MICRO BTS* (*BASE TRANCEIVER STATION*)

#### 2.1 Konsep Sistem Komunikasi Bergerak

Sistem komunikasi bergerak adalah suatu sistem komunikasi antar *user* dengan semua *user* yang bisa bergerak atau berpindah dengan ruang gerak yang tidak terbatas pada saluran transmisi seperti kabel atau media transmisi fisik lainnya, yang mana tidak memungkinkan *user* dapat melakukan akses dengan ruangan gerak yang bebas, konsep komunikasi bergerak adalah sebuah komunikasi antar *user* atau lebih, dimana *user* dapat melakukan akses komunikasi darimana saja meskipun ruang gerak masih tetap ada, tetapi cakupannya akan lebih luas lagi. Metode pentransmision yang mampu mendukung konsep komunikasi bergerak ini adalah dengan menggunakan media transmisi udara atau ruang bebas (*Free Space*) dan menggunakan gelombang radio sebagai teknik pentransmision informasinya. Batasan yang lain dari komunikasi radio ini adalah berupa sinyal atau energi gelombang radio yang mampu diterima oleh *user* atau ditransmisikan oleh sentral karena ini merupakan poin utama yang harus dipenuhi dalam melakukan komunikasi yang menggunakan gelombang radio. Batasan yang lain yang bisa dikatakan merupakan batasan yang dibuat dengan sengaja adalah batasan sel, dimana sel adalah suatu batasan area komunikasi meski batasan ini bukan merupakan batasan mutlak dari komunikasi bergerak.



**Gambar 2.1** Bentuk ideal sel pada komunikasi bergerak selular

(Sumber: <http://bobcatreviewict.blogspot.com> )

Dalam setiap sel terdapat *base station* sebagai *interface* pertama dengan sentral yang berfungsi sebagai penghubung komunikasi antar *user*. Sistem komunikasi

bergerak menggunakan konsep seluler didalamnya. Konsep seluler diterapkan untuk mengatasi semakin meningkatnya jumlah *user* dalam komunikasi bergerak untuk sebuah cakupan area serta untuk meminimalisir terjadinya interferensi.

Dalam sistem telekomunikasi bergerak seluler, seluruh wilayah pelayanan dibagi menjadi beberapa wilayah yang disebut dengan sel. Tiap sel dicatu oleh satu BTS (*Base Transceiver Station*). Agar sel-sel tersebut tersusun secara sistematis, maka setiap sel harus mempunyai bentuk yang sama dan beraturan. Bentuk sel yang biasa digunakan dalam sistem komunikasi bergerak seluler adalah sel heksagonal seperti terlihat pada gambar 2.1. Secara prinsip bentuk sel yang sebenarnya tergantung pada keadaan geografis sehingga membentuk sel yang tidak beraturan. Tetapi untuk mempermudah perencanaan maupun analisis serta pertimbangan ekonomis maka bentuk sel heksagonal merupakan bentuk yang paling cocok dalam sistem radio seluler.

## 2.2 HSDPA (*High Speed Downlink Access*)

HSDPA adalah suatu teknologi dalam sistem telekomunikasi bergerak yang termasuk dalam spesifikasi WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) Release 5. HSDPA pada jaringan WCDMA merupakan sebuah evolusi teknologi 3.5G, yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan performansi *downlink* jaringan WCDMA. Tujuan utama HSDPA adalah untuk meningkatkan *data rate* dan QoS, serta secara umum meningkatkan efisiensi spektral untuk layanan paket data *downlink*.

### 2.2.1 Karakteristik HSDPA

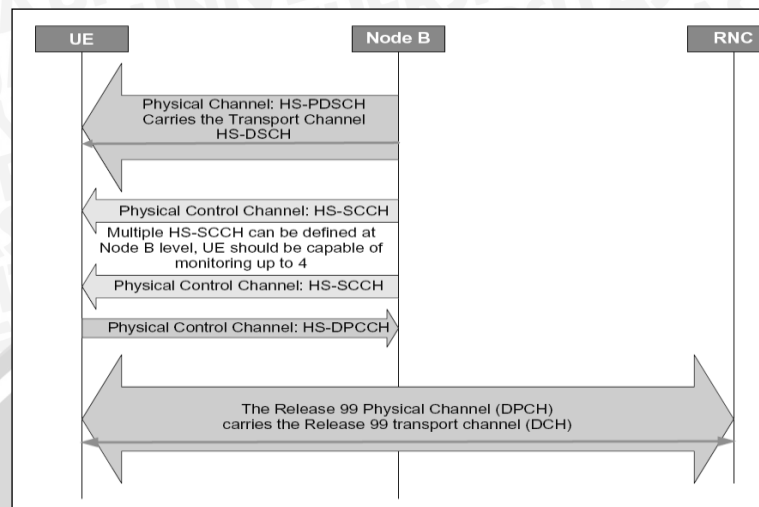
HSDPA merupakan pengembangan dari *air interface* pada jaringan WCDMA, yang bertujuan meningkatkan performansi WCDMA untuk mengatasi peningkatan *user* dan perkembangan komunikasi data yang mengarah pada komunikasi multimedia. Konsep HSDPA didasarkan pada beberapa karakteristiknya antara lain:

#### 1. *Shared Channel Transmission*

Banyaknya UE yang akan melakukan transmisi HS-PDSCH bersamaan. Pada arah *uplink*, Release 5 memperkenalkan kanal *layer* fisik baru yang disebut *High-Speed Dedicated Physical Control Channel* (HS-DPCCH). Setiap UE yang beroperasi pada mode HSDPA memiliki sebuah HS-DPCCH yang membawa *positive acknowledgement* (ACK) atau *negative acknowledgement* (NAK) dari data transmisi HS-DSCH dan juga



laporan CQI (*Channel Quality Indicator*) yang memberi informasi kepada *scheduler* Node B mengenai kualitas kanal. Pemetaan kanal transpor dan fisik pada HSDPA diilustrasikan pada Gambar 2



**Gambar 2.2** Pemetaan Kanal Pada HSDPA

Sumber: Kevin P. Murray dan Sunil Patil, 2006: 261

**a) HS-DSCH (*High Speed Downlink Shared Channel*)**

HS-DSCH merupakan kanal transpor yang membawa data pengguna pada HSDPA. Pada *layer* fisik HS-DSCH dipetakan pada *High-Speed Physical Downlink Shared Channel* (HS-PDSCH). Karakteristik penting HS-DSCH adalah sifat dinamis yang memungkinkan *resource sharing* dengan alokasi periode 2 ms. Saat terdapat data untuk pengguna yang dialokasikan pada HS-PDSCH, data-data tersebut akan dikirimkan terus menerus selama periode TTI 2 ms.

**b) HS-SCCH (*High Speed Shared Control Channel*)**

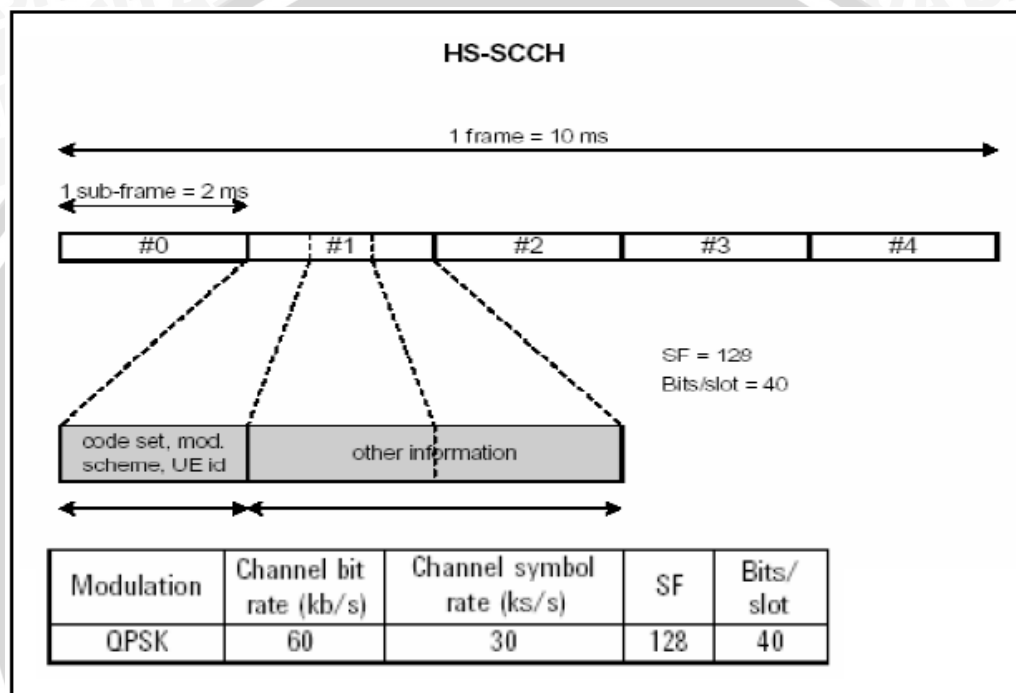
HS-SCCH adalah kanal pensinyalan *downlink* yang membawa informasi untuk UE (*User Equipment*). HS-SCCH membawa informasi *timing* dan *coding* diantaranya *channel code set*, skema modulasi, TBS (*Transport Block Size*) dan UE *identity* serta informasi lain seperti *redundancy* dan jumlah proses H-ARQ.

HS-SCCH memiliki dua slot untuk mengimbangi HS-DSCH, seperti yang ditampilkan dalam Gambar 2.3 HS-SCCH memiliki *spreading factor* sehingga terdapat 40 bit per slot yang dibawa (dengan modulasi QPSK). Tidak terdapatnya bit pilot



maupun kontrol daya membuat referensi fasa HS-SCCH selalu sama dengan HS-DSCH. HS-SCCH dibagi menjadi dua bagian yaitu:

- Bagian pertama membawa informasi yang dibutuhkan untuk proses *despreading* kode yang benar dan juga membawa informasi modulasi.
- Bagian kedua terdiri dari informasi yang tidak terlalu mendesak, seperti proses ARQ mana yang tengah ditransmisikan. Selain itu bagian kedua juga mengindikasikan apakah suatu transmisi paket benar-benar baru atau terkait dengan transmisi paket sebelumnya.



**Gambar 2.3** Struktur frame HS-SCCH

Sumber: Juha Korhonen, 2004: 12

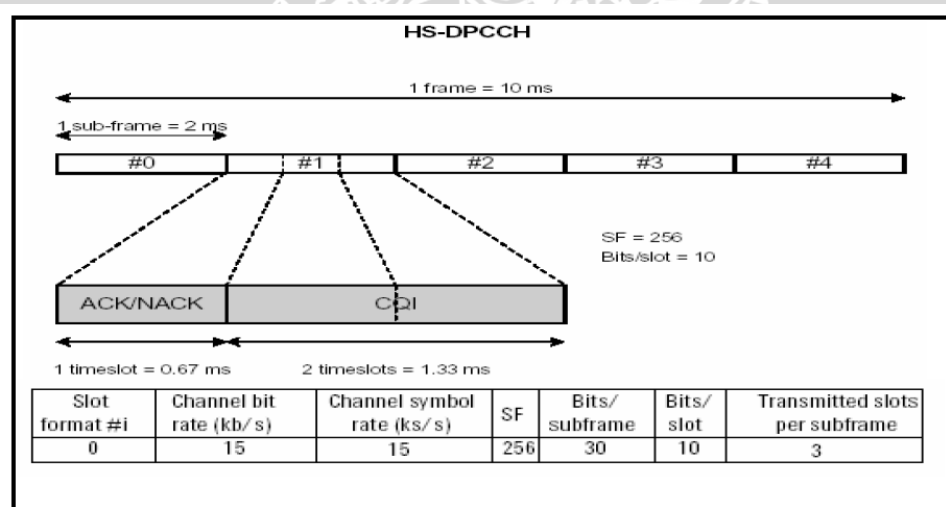
Sebuah *sub frame* HS-SCCH berisi informasi sebagai berikut:

- Kanalisasi-kode-set informasi (7 bit)
- Informasi skema modulasi (1 bit)
- Informasi ukuran blok transport (6 bit)
- Informasi proses H-ARQ (3 bit)
- *Redudancy* dan versi *constellation* (3 bit)
- Indikator data baru (1 bit)
- Identitas UE (16 bit)

c) **HS-DPCCH (High-Speed Dedicated Physical Control Channel)**

Operasi HSDPA memerlukan informasi umpan balik *layer* fisik *uplink* dari terminal menuju *base station* untuk memungkinkan proses adaptasi *link* dan retransmisi *layer* fisik. Informasi umpan balik *uplink* tersebut dibawa oleh HS-DPCCH. Umpan balik HARQ (*Hybrid Automatic Repeat Request*) menginformasikan kepada *base station* apakah paket telah dikodekan dengan benar atau tidak. Sedangkan CQI (*Channel Quality Information*) memberitahukan *data rate* yang bisa diterima terminal kepada *base station scheduler*.

HS-DPCCH menggunakan *spreading factor* tetap yaitu sebesar 256 dan memiliki panjang *sub-frame* 2 ms yang terdiri dari 3 slot, masing-masing slot terdiri dari 2560 *chip*, seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 2.4. Slot pertama dipergunakan untuk informasi HARQ. Sedangkan kedua slot yang tersisa digunakan untuk CQI. Informasi HARQ selalu dikirimkan saat ada HS-SCCH yang telah dikodekan dengan benar diterima pada arah *downlink*. CQI didasarkan pada CPICH (*Common Pilot Channel*) dan digunakan untuk perkiraan ukuran blok transport, tipe modulasi dan jumlah kanal kode yang mendukung keandalan level transmisi *downlink*.



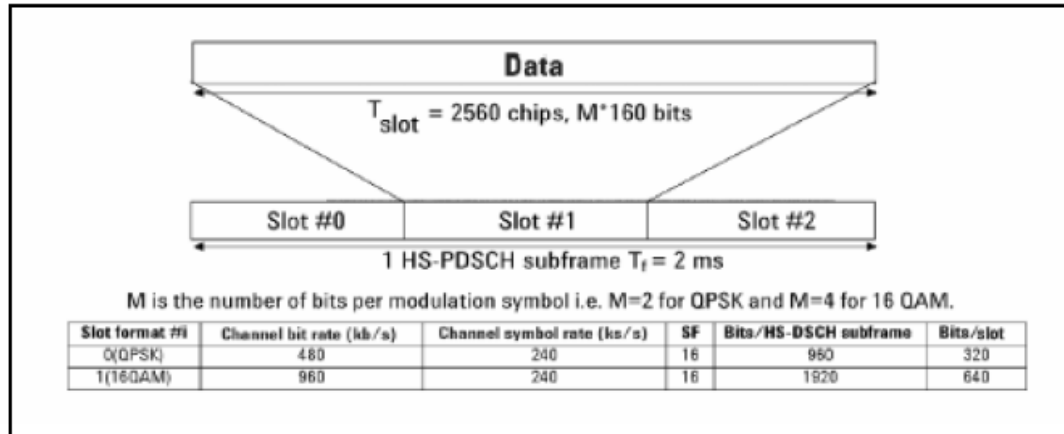
**Gambar 2.4** Struktur *Frame* HS-DPCCH

Sumber: Juha Korhonen, 2004:13

d) **HS-PDSCH (High Speed-Physical Downlink Shared Channel)**

HS-PDSCH adalah kanal fisik *downlink* yang membawa data user HS-DSCH. Struktur frame HS-PDSCH ditunjukkan dalam Gambar 2.5. Panjang *sub-frame* HS-PDSCH adalah 2 ms. HS-PDSCH menggunakan modulasi QPSK atau 16-QAM dengan *bit rate* kanal berbeda yaitu 480 kbps untuk QPSK dan 960 untuk modulasi 16-QAM.

Kecepatan simbol HS-PDSCH tetap yaitu 240 kbps, tetapi jumlah kodenya bervariasi dari 1-15 kode. Jumlah kode yang dialokasikan untuk UE tergantung pada *cell loading*, kebutuhan kualitas layanan dan tipe UE (5, 10 atau 15 kode). Sedangkan *spreading factor* HS-PDSCH tetap yaitu 16.



**Gambar 2.5** Struktur Frame HS-PDSCH

Sumber: Anonim, 2006: 6

**Tabel 2.1.** Kategori UE HSDPA

HS-DSCH category	HS-PDSCH codes	Modulation supported	Min. inter-TTI	Max. TBS [bits]	UE IR buffer size [SML]	Peak data rate [Mbps]
1	5	QPSK and 16-QAM	3	7298	19200	1.2
2	5	QPSK and 16-QAM	3	7298	28800	1.2
3	5	QPSK and 16-QAM	2	7298	28800	1.8
4	5	QPSK and 16-QAM	2	7298	38400	1.8
5	5	QPSK and 16-QAM	1	7298	57600	3.6
6	5	QPSK and 16-QAM	1	7298	67200	3.6
7	10	QPSK and 16-QAM	1	14411	115200	7.2
8	10	QPSK and 16-QAM	1	14411	134400	7.2
9	15	QPSK and 16-QAM	1	20251	172800	10.1
10	15	QPSK and 16-QAM	1	27952	172800	14.0
11	5	QPSK	2	3630	14400	0.9
12	5	QPSK	1	3630	14400	1.8

Sumber: Ajay R. Mishra, 2007: 282

## 2. Adaptive Modulation and Coding (AMC)

Pada *Release 5* untuk HS-PSCH, AMC menggantikan posisi kontrol daya. Tujuan utama AMC adalah untuk mengatasi ketidakstabilan kanal radio dengan jalan mengatur parameter transmisi. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan pengukuran kanal radio yang diekstraksi oleh terminal *mobile*, dalam kasus HSDPA dengan cara memanfaatkan *Channel Quality Indication (CQI)* dan prosedur retransmisi. Karena dilengkapi dengan informasi-informasi tersebut serta informasi yang berkaitan



dengan trafik, AMC memampukan jaringan untuk memilih metode pengkodean dan modulasi yang paling sesuai. AMC juga mengizinkan seleksi modulasi untuk dikombinasikan dengan proses pengkodean kanal, yang sering disebut sebagai *Transport Format and Resource Combination* (TRFC). Sehingga berdasarkan pengukuran kanal, kombinasi terbaik dari multi kode, *channel rate* dan modulasi dapat dipilih untuk menghasilkan *throughput* maksimal untuk kondisi kanal tertentu.

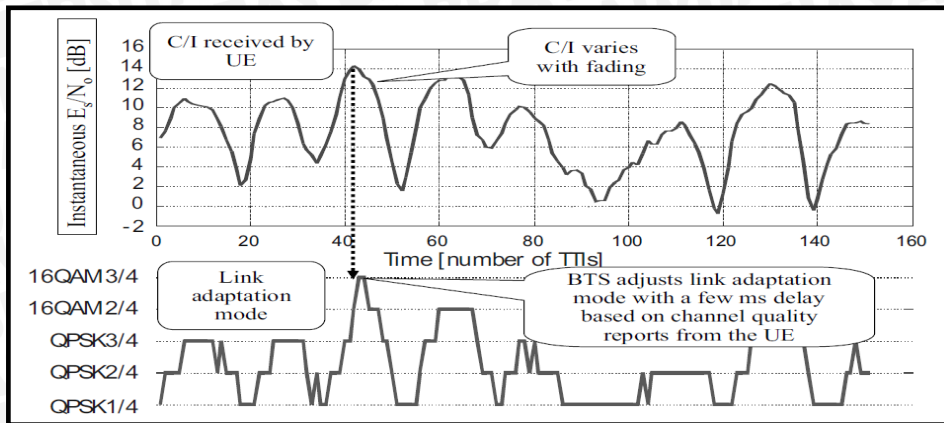
Sehubungan dengan modulasi, *Release 5* memperbolehkan HSDPA, secara spesifik HS-DSCH, untuk menggunakan baik 16-*Quadrature Amplitude Modulation* (16QAM) maupun *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK). QPSK telah didefinisikan secara spesifik dalam *Release 4*, sedangkan 16QAM didefinisikan dalam *Release 5* untuk operasi HSDPA. Metode modulasi orde tinggi seperti 16QAM menyediakan efisiensi spektral yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan QPSK. 16QAM melipatgandakan *data rate* dibandingkan dengan QPSK dengan cara merepresentasikan empat bit informasi per simbol modulasi. Namun aplikasi 16 QAM memiliki kelemahan yaitu hanya dapat diterapkan pada daerah dengan kondisi RF yang baik karena metode modulasi 16QAM memerlukan informasi magnitudo dan fasa yang akurat untuk menentukan posisi simbol dalam keluaran konstelasi secara tepat.

### 3. *Short transmisiom Time Interval (TTI)*

HSDPA menerapkan TTI sebesar 2 ms untuk sebuah *sub-frame* HS-DSCH yang terdiri dari tiga buah slot. Sebuah UE dapat menggunakan semua kode kanalisasi sepanjang TTI atau beberapa UE menduduki TTI yang sama dengan alokasi kode kanal yang berbeda. TTI dapat mengurangi waktu *roundtrip* dan memperbaiki proses pelacakan pada kanal radio yang berbasis *time-varying*.

### 4. *Fast Link Adaptation*

Adaptasi *link* pada HSDPA berdasarkan pada layer fisik CQI yang disediakan oleh terminal. Pengguna yang relatif lebih dekat dengan *base station* mentransmisikan level daya yang lebih tinggi daripada yang dibutuhkan. Adaptasi *link* mengatasi ekstra margin tersebut dengan menyeleksi parameter transmisi sehingga energi simbol yang dibutuhkan sesuai dengan daya simbol yang tersedia. Adaptasi *link* dilakukan berdasarkan informasi CQI yang juga mempertimbangkan aspek lain selain kekuatan sinyal atau C/I (*Carrier to Interference ratio*). Adaptasi *link* sebagai fungsi C/I diilustrasikan dalam Gambar 2.6.

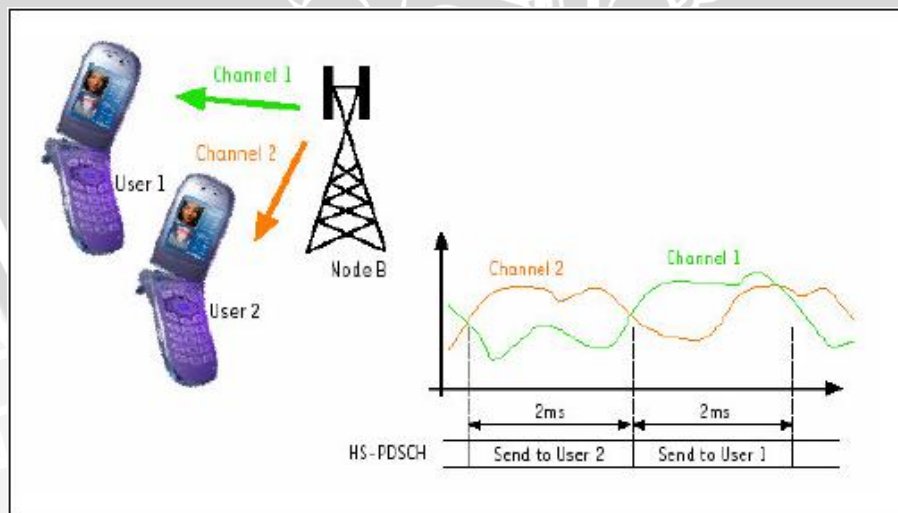


**Gambar 2.6** Link Adaptation

Sumber: Harri Holma, 2006:47

### 5. Fast Scheduling

Fitur *fast-scheduling* menentukan UE tertentu dalam transmisi kanal bersama yang harus diarahkan pada waktu tertentu. Tujuannya adalah untuk mentransmisikan sinyal pada pengguna dengan kondisi radio yang terbaik. HSDPA menggunakan *maximum C/I Scheduler*, yang memprioritaskan UE sesuai dengan nilai C/I (*Carrier to Interference Ratio*) terbaik. Pada permulaan setiap TTI, *scheduler* membandingkan level C/I pada semua *active user* dan memberi akses kepada *user* dengan level C/I paling tinggi untuk menggunakan kanal transmisi.



**Gambar 2.7** Mekanisme Penerapan *Fast Scheduling* Pada HSDPA

Sumber: Anonim, 2005: 3

*Packet scheduling* pada HSDPA berada pada *layer MAC-hs* di *Node B*. Dalam Gambar 2.7, diilustrasikan ada dua UE ingin mengakses kanal transmisi, kemudian



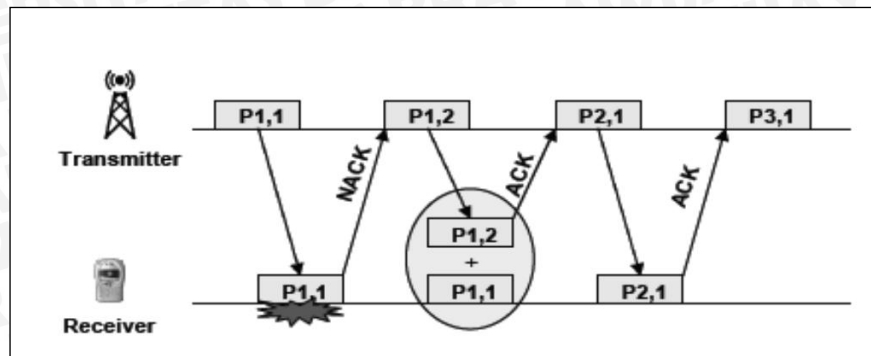
*scheduler* memilih dan memberikan akses pada user dengan nilai C/I terbaik. Pada saat TTI pertama kondisi kanal UE 2 lebih bagus dibanding dengan UE 1 sehingga *scheduler* memberikan akses kepada UE 2. Untuk TTI kedua kondisi kanal UE 1 lebih bagus dari UE 2 sehingga *scheduler* memberikan akses kepada UE 1.

#### 6. **Fast Hybrid Automatic Repeat Request (H-ARQ)**

Dengan menggunakan HARQ maka *Network Element* (NE) dapat mendeteksi *error* dan meminta retransmisi bila diperlukan. Teknik retransmisi memastikan data paket diterima tanpa *error*. Bila dibandingkan dengan ARQ (*Automatic Repeat Request*) konvensional, nilai tambah HARQ terletak pada kemampuannya untuk mengombinasikan estimasi permulaan baik dari transmisi asal maupun retransmisi yang berhubungan dengan proses adaptasi *link*.

HARQ menggabungkan metode FEC (*Forward Error Correction*) dengan ARQ yang menyimpan informasi data sebelumnya untuk dikirimkan kembali pada saat terjadi kesalahan atau kegagalan dalam pengiriman. Teknik HARQ digunakan untuk retransmisi data yang diterapkan pada *layer* fisik (Node B). Retransmisi dapat dilayani langsung oleh Node B tanpa adanya keterlibatan dari RNC, sehingga diharapkan akan mengurangi *latency* dan meningkatkan utilitas kanal. HARQ yang digunakan dalam HSDPA memanfaatkan prosedur *stop and wait*. Dengan *stop and wait*, *transmitter* mengirimkan satu blok TTI (3 slot) dan menunggu sampai *acknowledgement* (ACK) atau *negative acknowledgement* (NAK) diterima dari UE. Untuk memanfaatkan waktu selama menunggu *acknowledgement*, proses *stop and wait*-HARQ sebanyak N paralel diset untuk UE sehingga beberapa proses yang berbeda dapat ditransmisikan dalam blok TTI yang berbeda. Bila UE meminta retransmisi untuk data *error* yang diterima sebelumnya, maka saat menerima transmisi yang kedua UE mengombinasikan informasi dari transmisi sebelumnya dengan transmisi yang kedua sebelum mendekodekannya. Proses HARQ pada HSDPA ditampilkan pada Gambar 2.8.



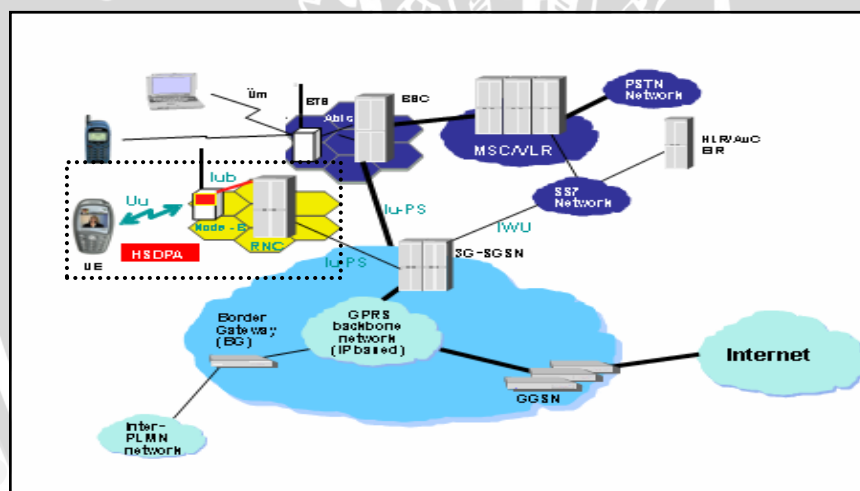


**Gambar 2.8** Proses HARQ Pada HSDPA

Sumber: Alexander Wang, 2004: 9.

### 2.2.2 Arsitektur Jaringan HSDPA

Penerapan HSDPA pada jaringan WCDMA mengakibatkan perubahan pada UTRAN (UMTS *Terrestrial Radio Access Network*) yang meliputi *Radio Network Controller* (RNC), Node B, *Iub interface* dan UE (*User Equipment*). Arsitektur jaringan WCDMA yang menerapkan HSDPA ditampilkan dalam Gambar 2.9.



**Gambar 2.9** Arsitektur Jaringan HSDPA-WCDMA

Sumber: Indosat, 2006

1. *Home Location Register* (HLR)

Merupakan perangkat database yang diletakkan dalam sistem pengguna yang menyimpan copy master dari profil layanan pengguna.

2. *Visitor Location Register* (VLR)

Berfungsi sebagai *register* pengunjung yang menyimpan data semua *mobile terminal* (MT) yang saat itu sedang berada di wilayah administratif sebuah MSC. VLR dapat dianggap sebagai data dinamik yang secara intensif bertukar data dengan HLR. Kapan pun MSC membutuhkan data yang berhubungan dengan MT yang saat itu sedang berada di daerah layanannya, MSC akan menginterogasi VLR.

3. *Equipment Identity Register* (EIR)

Berfungsi menyimpan data semua MT termasuk data dari perangkat MT tersebut.

4. *Authentication Center* (AuC)

Berfungsi untuk melayani aturan keamanan dan konfirmasi.

5. *Mobile Switching Center* (MSC)

Berfungsi menangani circuit switching dan pensinyalan untuk MT yang berada di dalam area geografis layanannya. MSC dihubungkan dengan MSC yang lain pada operator WAN dan ke PSTN (*Public Switched Telephone Network*) melalui sebuah *gateway*.

6. *Gateway Mobile Service Switching Center* (GMSC)

Merupakan switch pada point dimana WCDMA PLMN (*Public Land Mobile Network*) dihubungkan ke jaringan *Circuit Switching* (CS) eksternal. Semua CS yang masuk dan keluar harus berhubungan melalui GMSC.

7. *Serving GPRS (General Packet Radio Service) Support Node* (SGSN)

Mempunyai fungsi yang sama dengan MSC tetapi khusus digunakan untuk layanan packet switching (PS).

8. *Gateway GPRS Support Node* (GGSN)

Fungsinya sebagai interface antara jaringan backbone *Packet Switching* (PS) WCDMA dengan jaringan eksternal PDN (*Packet Data Network*), seperti jaringan internet. GGSN akan mengkonversikan paket data dari PDN menjadi *Packet Data Protocol* (PDP) seperti IP atau X.25, kemudian mengirimnya ke jaringan paket data yang dituju, demikian pula sebaliknya.

9. *Radio Network Controller* (RNC)

RNC digunakan untuk mengontrol beberapa Node B pada jaringan. Perbedaan utama fungsi RNC pada WCDMA Release 99 dengan WCDMA yang menerapkan HSDPA adalah penanganan retransmisi. Pada Release 99 semua kanal transpor diterminasi pada RNC oleh karena itu mekanisme retransmisi paket data berada di RNC. Sedangkan pada WCDMA yang menerapkan HSDPA diperkenalkan HS-DSCH yang langsung diterminasi pada Node B. Dengan demikian proses retransmisi dapat

dikontrol secara langsung oleh *Node B* yang mengakibatkan retransmisi lebih cepat dan delay yang lebih pendek.

#### 10. *Node B*

*Node B* mentransmisikan data dari *Iub interface* dan *Uu interface* atau sebaliknya serta ikut mengontrol sumber radio. Pada WCDMA yang menerapkan HSDPA, *Node B* melakukan terminasi langsung terhadap fitur HSDPA seperti *shared channel transmission*, HARQ, *Fast Link Adaptation*, AMC, dan *Fast Scheduling*.

#### 11. *User Equipment (UE)*

HSDPA memiliki 12 tipe UE. Karakteristik dari 12 tipe UE berdasarkan jumlah maksimal kode HS-DSCH yang diterima, bit per TTI, interval inter-TTI minimal, peak data rates dan metode modulasi yang didukung, ditampilkan dalam Tabel 2.1.

#### 12. *Iub interface*

*Iub interface* berfungsi untuk menghubungkan RNC dengan *Node B* menggunakan pensinyalan NBAP (*Node B Application Part*). Kode kanalisasi yang dialokasikan untuk transmisi HSDPA juga memerlukan pensinyalan antara RNC ke *Node B*.

**Tabel 2.2** Kategori Terminal HSDPA

Class	Modulation	Max Codes	Min inter-TTI interval	Bits/TTI	Peak UE rate (Mbps)															
1	16QAM	5	3	7298	1.216															
2			2		14411	1.824														
3						1	20251	3.649												
4								15	27952	7.205										
5										5	3630	10.125								
6												2	1	13.976						
7														1	1	0.907				
8																1	1	1.815		
9																		1	1	
10																				1
11	1	1																		
12			1	1																

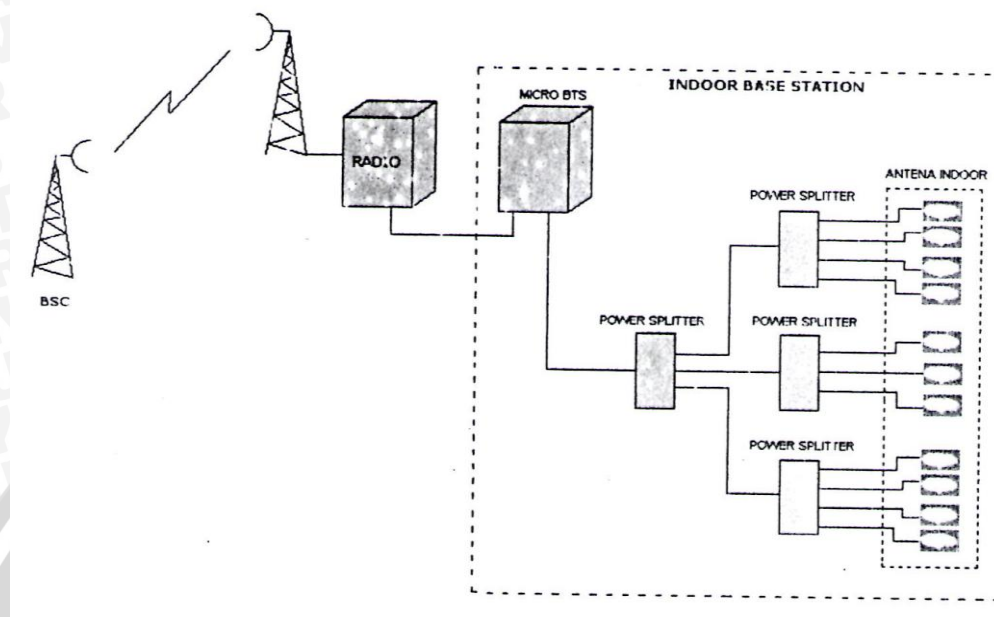
Sumber: Jong-Gu Park, 2005: 14

### 2.3 *Micro BTS Indoor Base Station (IBS)*



### 2.3.1 Konfigurasi Indoor Base Station

Sistem konfigurasi *Indoor Base Station* terdiri dari beberapa subsistem. Secara umum dapat dilihat pada konfigurasi *Micro Base Station* pada gambar 2.10 :



**Gambar 2.10** Konfigurasi *micro* BTS di dalam gedung  
(Sumber:ZTE course slide Training Indosat : 2005)

### 2.3.2 Power Splitter

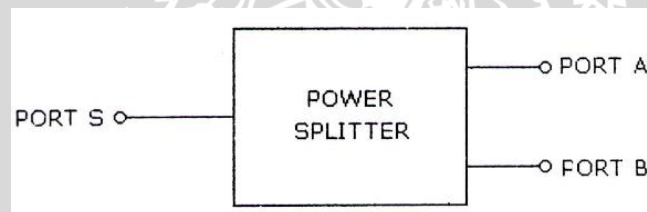
Pada dasarnya *power splitter* merupakan perangkat pasif yang menerima sinyal input dan menghasilkan sinyal output dengan karakteristik *amplitude* dan *phase* yang spesifik. Secara teoritis, sinyal output-nya akan memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Amplitudo yang sama
- Phase  $0^\circ$
- High Isolation diantara sinyal output masing-masing
- Mmemiliki Insertion Loss sesuai dengan jumlah output. Hal ini dapat dilihat pada tabel

**Tabel 2.3** Tabel *Insertin Loss*

Number of Output Ports	Theoretical Insertion Loss (dB)
2	3.0
3	4.8
4	6.0
5	7.0
6	7.8
8	9.0
10	10.0
12	10.8
16	12.0
24	13.8
48	16.8

Sumber: [www.wi-elektroindonesia.com](http://www.wi-elektroindonesia.com)



**Gambar 2.11** *Power Splitter*

(Sumber: ZTE course slide Training Indosat : 2005)

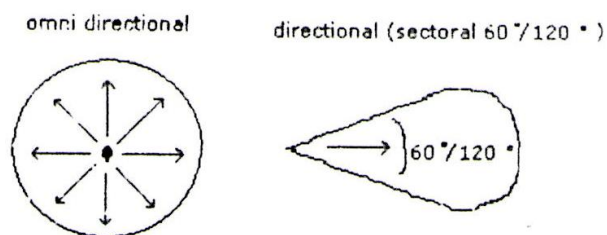
*Power splitter* berfungsi untuk membagi sinyal input menjadi beberapa sinyal output. Jika terdapat dua output pada *power splitter* maka daya di masing-masing output akan sama dengan  $\frac{1}{2}$  daya dari input.

### 2.3.3 Antena

Antena merupakan suatu alat yang dapat memancarkan dan menerima gelombang radio (yang berupa gelombang elektromagnetik) tanpa menggunakan struktur penuntun seperti kabel (kabel tembaga maupun optik). Antena dibutuhkan untuk mendapatkan area yang diinginkan dan meminimalisasi level interferensi. Berdasarkan pola radiasinya



antena dibagi atas dua jenis, yaitu *omnidirectional* dan *directional*. Pola radiasi kedua antenna dapat dilihat pada gambar 2.12 :



**Gambar 2.12** Pola radiasi antenna *omnidirectional* dan *directional*

(Sumber: Materi pelatihan indosat : 2004)

### 2.3.3.1 Antena *Omnidirectional*

Antena *Omnidirectional* mempunyai pola radiasi yang sama kesegala arah horizontal, seperti terlihat pada gambar 2.13. Sehingga baik digunakan pada daerah rata/datar. Antena *Omnidirectional* dibutuhkan jika pancaran/penerimaan gelombang radio yang diinginkan, keluar atau datang dari segala arah. Antena-antena jenis tersebut cocok dipasang pada stasiun *broadcast* yang terletak ditengah kota dan dan berharap pancarannya dapat diterima disegala arah. Antena *Omnidirectional* ini memiliki gain sebesar 2 dB. Antena tersebut juga cocok dipasang pada mobil yang arah pergerakannya cepat berubah. Telepon selular juga membutuhkan antena tersebut. Gambar 2.13 menunjukkan penampakan fisik dari antena *omnidirectional* yang digunakan untuk *Indoor Base Station*.



**Gambar 2.13** Antena *omnidirectional Indoor Base Station*

(Sumber: <http://handphones-pdas.dinomarket.com>)

### 2.3.3.2 Antena *Directional/Sectoral*

Adapun antena *directional* mempunyai radiasi terkuat pada arah tertentu, sementara radiasi pada arah lainnya sangat kecil atau bahkan nol. Sehingga dapat digunakan untuk daerah yang tidak rata/berbukit. Peletakkannya tidak harus ditengah-tengah seperti *omnidirectional* hanya saja harus memerhatikan lebar sudut pengarahannya agar dapat meng-*cover* wilayah yang diinginkan. Antena *directional* dibutuhkan jika arah pancaran atau penerimaan datang atau menuju ke arah tertentu. Antena *directional/sectoral* ini memiliki gain sebesar 7 dB. Antena televisi termasuk jenis tersebut karena letak rumah dan pancaran siaran TV tetap. Selain itu, diharapkan sinyal yang diterima pada arah tersebut jauh lebih besar daripada sinyal yang datang dari arah lain.

Untuk permintaan *traffic*, biasanya digunakan antena *sectoral*, sehingga didapatkan *traffic* yang lebih banyak pada sisi sel tertentu, dan akan mengurangi dampak interferensi dari sel lain. Gambar 2.14 menunjukkan penampakan dari antena *sectoral* untuk perencanaan *Indoor Base Station*.

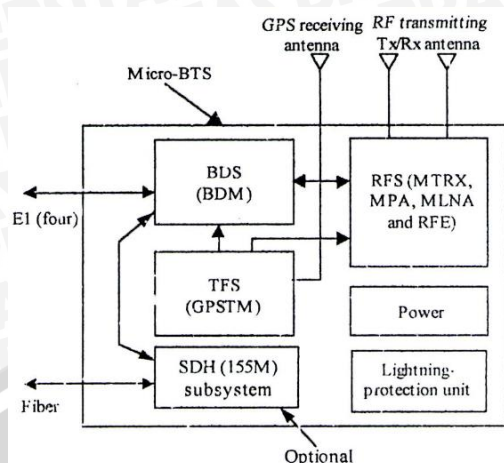


**Gambar 2.14** Antena *sectoral Indoor Base Station*

(Sumber: datasheet)



### 2.3.3 Struktur Micro BTS



**Gambar 2.15** Struktur *Micro BTS*

(Sumber: ZTE course slide Training Indosat : 2005)

Mikro BTS terdiri dari 6 subsistem, yaitu :

1. *Baseband Digital Subsystem (BDS)*

BDS menyediakan modulasi/demodulasi sinyal dan juga menyediakan fungsi-fungsi seperti *resources management*, *signaling processing* dan *operation and maintenance*.

2. *Timing and Frequency Subsystem (TFS)*

TFS menyediakan sinyal-sinyal waktu dan frekuensi yang dibutuhkan oleh BDS dan RFS.

3. *Radio Frequency Subsystem (RFS)*

RFS menyediakan *air interface* dan melengkapi modulasi pengiriman dan demodulasi penerima sinyal dan implementasinya berhubungan dengan deteksi, monitor, konfigurasi dan fungsi kontrol.

4. *Power Subsystem*

*Power Subsystem* menyediakan power untuk seluruh sistem.

5. *Lightning-protection Subsystem*

*Lightning-protection Micro BTS* terdiri dari *antena feeder*, *power* dan *signal line lightning protection*. *Antena Feeder* menyangkut antena Tx/Rx dan antena *feeder* GPS.

6. *SDH optical transmission subsystem (optional)*

*SDH optical transmission subsystem* dilengkapi dengan konversi *optical-elektrical*. Modul dengan tipe *optional module*. Ketika user menggunakan

*Micro BTS*, jika tidak ada perangkat transmisi *optic* tetapi hanya *fiber-fiber* maka modul dapat dikonfigurasi. *User* tidak perlu membeli perangkat transmisi apapun. Jadi, periode konstruksi perencanaan bisa lebih pendek dan koordinasi dan manajemen beban kerja dari user bisa dikurangi.

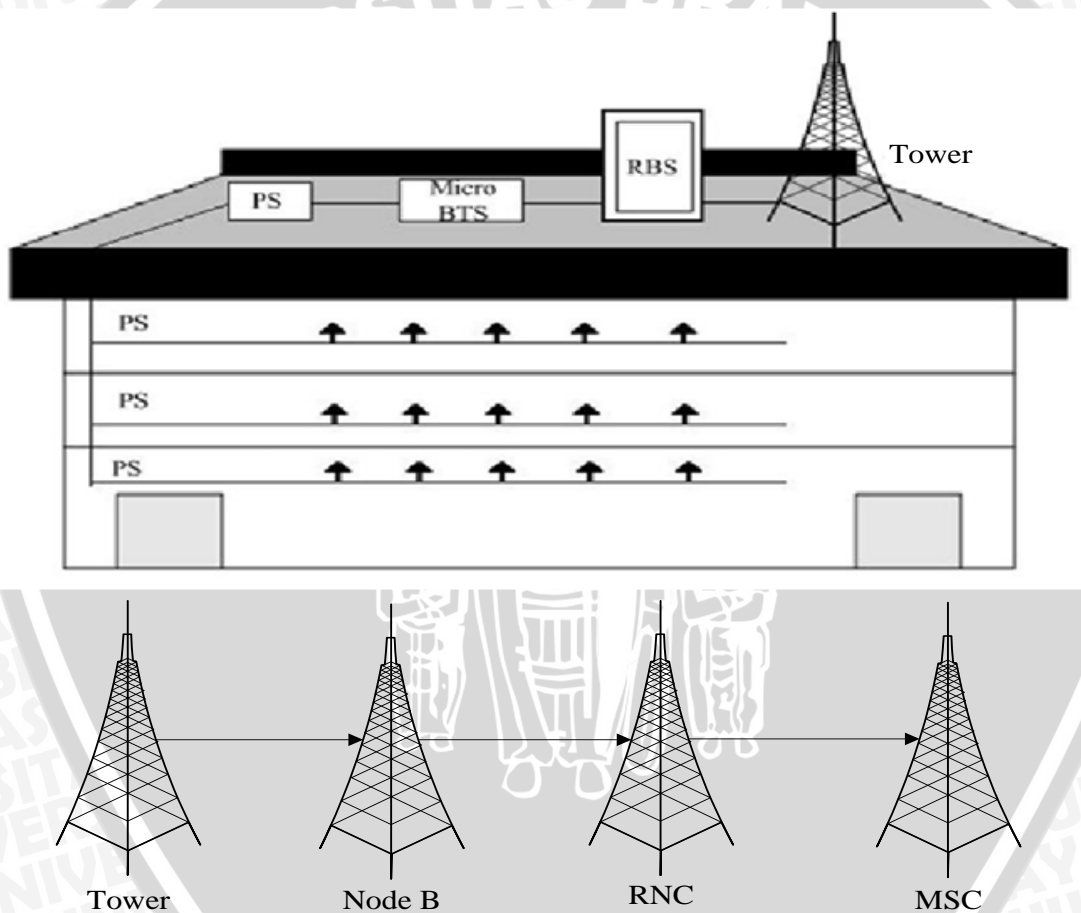


**BAB III**

**PERENCANAAN INDOOR BASE STATION (IBS) PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN METODE HSDPA**

**3.1 Sistem Indoor Base Station HSDPA Secara Umum**

Pemasangan *Indoor Base Station* terutama untuk gedung bertingkat harus melalui beberapa tahap perencanaan. Pada dasarnya langkah dari perencanaan mengacu pada parameter kapasitas, parameter *coverage* dan parameter kualitas layanan dari sistem yang direncanakan. Blok diagram perencanaan desain *Indoor Base Station* untuk gedung perbelanjaan MX Mall Malang secara umum seperti pada gambar 3.1.



Keterangan gambar :

PS : *Power Splitter*

RBS : *Radio Base Station*

**Gambar 3.1** Konfigurasi *Indoor Base Station* HSDPA

Sumber: Perencanaan 2011





### 3.2 Parameter Kapasitas Sistem HSDPA

Kapasitas didefinisikan sebagai jumlah user yang bisa ditampung oleh sebuah *cell site* dengan harga QoS/GOS yang memadai. Langkah awal dari mendesain suatu jaringan telekomunikasi berdasarkan pada estimasi yang akan terjadi pada masa yang akan datang terhadap jaringan yang akan direncanakan. Dalam hal ini prediksi trafik telekomunikasi yang merupakan hal penting yang pertama kali harus diperhitungkan.

Perencanaan jaringan dimulai dari alokasi pita frekuensi yang diberikan pemerintah kepada suatu operator seluler. Alokasi lebar pita (*bandwidth*) inilah yang digunakan oleh operator untuk memberikan layanan komunikasi yang sebaik-baiknya kepada pelanggan (*user*) dengan menggunakan analisa statistik *demand*. Prediksi trafik akan dibutuhkan untuk layanan beberapa tahun kedepan.

#### 3.2.1 Trafik Sistem Komunikasi Bergerak

##### 3.2.1.1 Intensitas Trafik

Secara umum intensitas trafik dapat diartikan sebagai perpindahan informasi satu tempat ke tempat lain melalui jaringan telekomunikasi. Besaran dari suatu trafik telekomunikasi diukur dengan satuan waktu, sedangkan nilai trafik dari suatu kanal adalah lamanya waktu pendudukan pada kanal tersebut. Salah satu tujuan perhitungan trafik adalah untuk mengetahui kerja jaringan (*network performance*) dan mutu pelayanan jaringan telekomunikasi (*Quality Of Service*).

Dalam sebuah kanal, intensitas trafik didefinisikan sebagai volume yang terjadi dalam periode pengamatan. Satuan intensitas trafik adalah Erlang.

##### 3.2.1.2 GOS (*Grade Of Service*)

*Grade of Service* (GOS) merupakan suatu metoda yang digunakan agar seluruh pengguna dapat memperoleh akses kanal dari jumlah kanal yang tersedia pada sistem [Rappaport, Theodore S, Ibid, 1987:44]. GOS menggambarkan kemungkinan panggilan diblok atau kemungkinan panggilan mengalami *delay* lebih besar daripada waktu antrian yang telah ditentukan.

Dalam lingkungan *wireless*, target desain GOS adalah 2% atau 5%. Target 1% digunakan jika sistem *wireless* digunakan untuk melengkapi *wireline*.

Misalnya dalam sistem seluler ini GOS yang harus dipenuhi adalah 2% yang artinya tiap seratus pelanggan yang melakukan panggilan, ada 2 pelanggan yang mengalami *blocking* (gagal panggilan) atau ditolak. *Blocking* adalah suatu kemampuan

sistem untuk menolak melayani panggilan karena kanal yang tersedia sudah berisi (tingginya jumlah panggilan yang tidak sebanding dengan jumlah kanal yang tersedia).

Terdapat 3 jenis blocking :

1. *Blocking Call Set Up*

Terjadinya banyak percobaan pengulangan melakukan panggilan.

2. *Blocking Kanal Suara*

Terjadi jika panggilan datang sebagian tidak dapat dilayani karena tidak mendapatkan kanal suara.

3. *Blocking End-Office*

Trunk panggilan dari sentral ke *end-office* mulai meningkat dan jumlah terhubung ke *end-office* menjadi tidak mencukupi.

Besar peluang ditolaknya suatu panggilan tergantung pada jumlah kanal yang disediakan dan beban *traffic* yang ditawarkan. GOS berdasarkan Erlang-B (Ir.Wahyu Adi Priyono, 2005 : 61).

$$P(N) = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}} \quad (3-1)$$

Keterangan :

P(N) : Kemungkinan gagal

A : Trafik yang tersedia

N : Jumlah saluran/kanal yang tersedia (1,2,3,....)

Pada saat N buah saluran diduduki, maka semua panggilan ditolak. P(N) merupakan rugi erlang atau GOS yang nilai probabilitas dari trafik yang hilang.

### 3.2.2 Perhitungan Jumlah Kanal HSDPA

Kapasitas sistem merupakan jumlah kanal/*trunk* yang dapat disediakan oleh sistem pada suatu tipe layanan tertentu. Jumlah kanal/*trunk* dihitung dengan menggunakan Persamaan (3-2) seperti yang terlihat di bawah ini (TECHCOM Consulting, 2002 : 8).

$$N = \frac{\eta_{DL} \cdot \frac{W}{R}}{v \cdot (1 - \alpha + i) \cdot \frac{E_b}{N_0}} \quad (3-2)$$



Keterangan :

- $N$  = jumlah kanal/*trunk*  
 $\eta_{DL}$  = *load factor* (%)  
 $W$  = *chip rate* (bps)  
 $R$  = *bit rate* layanan (bps)  
 $v$  = *activity factor*  
 $\alpha$  = *orthogonal factor*  
 $i$  = *other sel interference factor*  
 $E_b/N_0$  = *energy bit per noise* (dB)

Karena dalam HSDPA, nilai *bit rate* dan jumlah kode HS-PDSCH dapat berubah-ubah setiap TTI (2 ms) maka untuk menghitung jumlah kanal/*trunk* digunakan

SINR untuk mencari nilai  $\frac{E_b}{N_0}$ . Hubungan SINR dengan  $\frac{E_b}{N_0}$  ditunjukkan dalam

Persamaan (3-3) (Ajay R. Mishra, 2007 : 477).

$$SINR = \frac{E_b}{N_0} \cdot M \quad (3-3)$$

Dengan,

- $M$  = jumlah kode HS-PDSCH  
 SINR = *Signal to Interference + Noise Ratio* (dB)

Nilai SINR dihitung dengan menggunakan Persamaan (3-4) seperti yang ditunjukkan di bawah ini.

$$SINR = SF_{HS-PDSCH} \cdot \frac{P_{HS-DSCH\_tx}}{P_{tot\_tx} \cdot (1 - \alpha + \frac{1}{G})} \quad (3-4)$$

Dengan,

- $SF_{HS-PDSCH}$  = *Spreading factor* (16)  
 $P_{HS-DSCH\_tx}$  = daya HSDPA yaitu daya transmisi HS-DSCH (watt)  
 $P_{tot\_tx}$  = daya total BTS termasuk daya TX HSDPA (watt)  
 $\alpha$  = *orthogonal factor* DL  
 $G$  = *geometric factor*

Sedangkan nilai G dihitung dengan menggunakan Persamaan (3-5) seperti yang terlihat di bawah ini

$$G = \frac{\frac{E_C}{N_0} P_{tot\_tx}}{P_{CPICH} - \frac{E_C}{N_0} P_{tot\_tx}} \quad (3-5)$$

Dengan,

$P_{CPICH}$  = daya transmisi CPICH (*Common Pilot Channel*) (Watt)

$E_C/N_0$  = *Energy Chip per Noise*(dB)

### 3.2.3 Perhitungan Estimasi Demand Trafik

Perhitungan estimasi pelanggan dipengaruhi oleh *trend demand* yang akhirnya mempengaruhi kapasitas sistem. Kapasitas sistem direncanakan untuk beberapa tahun kedepan. Jaringan yang akan dibangun harus mampu menangani *demand* trafik dan suara. Perhitungan estimasi pelanggan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Nachwan Mufti, 2003):

$$U_n = U_0 (1+f_p)^n \quad (3-6)$$

Keterangan :

$U_0$  = Jumlah *user* saat perencanaan

$f_p$  = Faktor pertumbuhan pelanggan

$n$  = Jumlah prediksi *user* total setelah tahun ke- $n$

### 3.3 Parameter Coverage Micro BTS HSDPA

Salah satu tujuan perencanaan desain *micro* BTS HSDPA adalah untuk memeberikan layanan komunikasi 3,5G HSDPA dalam gedung bertingkat pada cakupan (*coverage*) yang sudah ditentukan. Cakupan yang ditentukan berdasarkan pada kapasitas yang telah diketahui dalam perhitungan diatas. Pembahasan topik *coverage* tidak lepas dari perhitungan *link budget*, analisa *pathloss*, *frequency planning* serta *power planning*.

#### 3.3.1 Perhitungan Link Budget

Untuk mengcover gedung bertingkat 3 lantai di MX Mall Malang secara keseluruhan maka menggunakan perhitungan radius *coverage* dari sisi lintasan maju (BS menuju MS)

Perhitungan *link budget* :



1. *Pathloss* :

$$\text{Pathloss}(L_f) \text{ [dB]} = \text{EIRP} - \text{Redaman } L_{MF} - \text{Rx Sensitivity} + \text{Gain Antena BS} - \text{Fast Fading Margin}$$

2. *EIRP (Effective Isotropic Radiated Power)*

$$\begin{aligned} \text{EIRP [dBm]} &= \text{Daya Efektif} - (\text{Total Loss Perangkat Indoor}) + \text{Gain Antena Indoor} \\ &= P_{\text{eff}} - (\text{Redaman Konektor} + \text{Redaman Feeder} + \text{Redaman Splitter 2 way} + \text{Redaman Splitter 3 way} + \text{Redaman Jumper}) + \text{Gain Antena Indoor} \end{aligned}$$

3. *Daya Output mBTS* :

$$P[\text{dB}] = 10 \log \frac{P_{1\text{mw}}}{1\text{mw}} \times 1000$$

4. *Loading Factor* ( $\eta$ ) yang digunakan pada provider Indosat = 70%

5. *Daya Efektif mBTS* :

$$P_{\text{eff}} [\text{dBm}] = \text{Loading Factor } (\eta) \times \text{Daya output}$$

6. *Redaman Connector* :

$$\text{Redaman Konektor [dB]} = \text{Jumlah Konektor} \times \text{nilai loss connector}$$

7. *Redaman Feeder 1 5/8"* :

$$\text{Redaman Feeder [dB]} = \text{Panjang Kabel coaxial per antena} \times \text{nilai loss kabel}$$

8. *Redaman Splitter 2 way* yang digunakan = 3 dB

9. *Redaman Splitter 3 way* yang digunakan = 4,8 dB

10. *Redaman Jumper*:

$$\text{Redaman Jumper [dB]} = \text{Jumlah Jumper yang digunakan} \times \text{nilai loss jumper}$$

11. *Gain Antena Indoor* :

- *Antena Omnidirectional* = 2 dB
- *Antena Sectoral* = 7 dB

12. *Redaman Dinding* = 31 dB

13. *Rx Sensitivity* :

$$\text{Rx Sensitivity [dBm]} = E_b/N_o - \text{Processing Gain} + (\text{Total Effective Noise} + \text{Interference Margin})$$

14. *Coverage Distance* :

$$\text{Coverage Distance (D)} \longrightarrow \text{Pathloss (L}_f) = 32,4 + 20 \log f_c + 20 \log D$$

Keterangan :

$f_c$  = frekuensi kerja (*Uplink/Downlink*)

### 3.3.2 Pembebanan atau Load Effektif ( $\eta$ )

*Loading* sistem maksimum adalah 70%. Untuk desain kali ini menggunakan load 70%. Hal ini diperkirakan dapat menyediakan margin kapasitas yang pada sistem agar tidak terjadi dropp call saat beban trafik bertambah. Load sistem merupakan perbandingan antara kapasitas yang disediakan akibat pengguna trafik yang selalu berubah secara acak.

Interference Margin :

$$I_m = 10 \times \log \left( \frac{1}{1-\eta} \right) \quad (3-7)$$

Loading factor tersebut dipergunakan pula untuk menghitung penggunaan daya efektif dari daya *output micro* BTS sebagai berikut :

Nilai daya output :

$$P_{out} = 10 \log \frac{P_{1mw}}{1mw} \times 1000 = (dBm) \quad (3-8)$$

Maka daya efektif *micro* BTS dengan loading factor 70% adalah :

$$P_{eff} = \eta \times P_{out}$$

$$P_{eff} = 70\% \times P_{out} \quad (dBm) \quad (3-9)$$

### 3.3.3 Spesifikasi Perangkat yang Digunakan

Dalam pemilihan spesifikasi perangkat yang digunakan pada penerapan kedepannya akan mempengaruhi kualitas layanan jaringan seluler. Karena pada saat pemakaian tiap perangkat akan menimbulkan rugi-rugi. Rugi-rugi perangkat *indoor* dapat dihitung dengan :

$$Total Loss = loss\ connector\ 1\ 5/8'' + loss\ feeder\ 1\ 5/8'' + loss\ splitter\ 2way + loss\ splitter\ 3way + loss\ jumper\ 1m\ (dB) \quad (3-10)$$

Selain terdapat rugi-rugi perangkat *indoor* terdapat pula redaman yang diakibatkan oleh perambatan sinyal dalam gedung bertingkat. Redaman lintasan dalam ruang (*indoor*) ini terdiri dari redaman ruang bebas ditambah redaman yang diakibatkan oleh dinding antara Tx-Rx sesuai persamaan :

$$L_{MF} = L_F + L_C + \sum_{i=1}^I K_{wi} L_{wi} + K_f \left[ \frac{kf + 2}{kf + 1} - b \right] \cdot L_f \quad (dB) \quad (3-11)$$

Keterangan :

$L_{MF}$  = redaman perambatan sinyal dalam ruang (dB)

$L_F$  = redaman ruang bebas (dB)



- $L_c$  = konstanta redaman (untuk tipe lingkungan gedung dan perkantoran sistem generasi ketiga nilainya sebesar 37)  
 $I$  = jumlah jenis dinding sesuai bahannya  
 $K_{wi}$  = redaman tiap dinding dengan bahan  $i$   
 $K_f$  = jumlah lantai antara Tx dan Rx  
 $b$  = parameter empirik (0,46 untuk lingkungan perkantoran)  
 $L_f$  = redaman antara lantai yang salaing berdekatan (nilainya 18,3)

Redaman ruang bebas dianggap bernilai nol, karena dianggap keadaan *loss* (tidak ada halangan).

### 3.3.4 Receiver Sensitivity

**Tabel 3.1** Receiver sensitivity

No	Parameter	Unit	Perhitungan
1	Thermal Noise	dBm/Hz	-174
2	UE Noise Figure	dB	8
3	Receiver Noise Density	dBm/Hz	-166
4	Receiver Noise Power	dBm	-100,2
5	Interference Margin	dB	5,22
6	Total Effective Noise + Interference	dBm	$(-100,2+5,22) = -94,98$
7	Processing Gain	dB	$10\log(3,84\text{Mbps}/64\text{kpbs}) = 18$
8	$E_b/N_o$	dB	0,83
9	Receiver Sensitivity	dBm	$0,83-18+(-94,98) = -112,15$

Sumber : data sekunder dan perhitungan

### 3.3.5 Rugi-rugi Lintasan Propagasi

Untuk menghitung rugi-rugi lintasan propagasi ini digunakan perhitung nilai FSL (*Free Space path Loss*) ( $L_f$ ) sebagai berikut :

$$L_f = 32,4 + 20\log D + 20\log f_c \quad (\text{dB}) \quad (3-12)$$

*Path loss* merupakan penurunan kekuatan sinyal yang terjadi, tergantung pada jarak antara *transmitter* dan *receiver*. Sehingga *Mobile Subscriber* berada diluar jangkauan BTS. Selain itu merupakan fungsi jarak antara subscriber ke BTS. Daya pancar dari user akan dikendalikan oleh BTS terdekat.

$$EIRP = P_{\text{eff}} - \text{Total Loss Perangkat Indoor} + \text{Gain antenna Indoor} \quad (\text{dBm}) \quad (3-13)$$

$$L_f = EIRP - \text{Redaman } L_{MF} - \text{MS Sensitivity} + \text{Gain Antena BS} - \text{Fast Fading Margin} \quad (\text{dB}) \quad (3-14)$$

### 3.3.6 Coverage Distance FSL Model

Coverage Distance ditentukan dari rumus FSL (*Free Space path Loss*) seperti pada rumus 3.14 di atas, dengan menghitung nilai  $L_f$  terlebih dahulu.

Nilai  $f$  (Hz) adalah nilai frekuensi kerja operator seluler (misalnya: Telkomsel, Indosat, Exelcomindo, 3) meliputi frekuensi kerja uplink dan downlink.

## 3.4 Parameter Kualitas Indoor Base Station Pada Gedung Bertingkat Dengan Metode Akses HSDPA

### 3.4.1 BER (*Bit Error Rate*)

BER (*Bit Error Rate*) didefinisikan sebagai banyaknya probabilitas bit error apabila sebuah 0 yang diterima dan 1 yang ditransmisikan atau sebaliknya. BER merupakan kualitas pentransmisian dari sinyal yang diterima, rasio antara bit yang salah dalam informasi dengan jumlah total bit yang ditransmisikan. [Garg, 1997:18]

$$BER = \frac{1}{2} \text{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{N_o}} \quad (3-15)$$

Keterangan :

BER = Nilai kesalahan bit ( $0 < \text{BER} < 1$ )

$E_b/N_o$  = Energi bit noise spectral density (dB)

$\text{Erfc}(x)$  = *Error Function complementary*

Nilai  $\text{erf}(x)$  adalah *error function* yang dinyatakan dengan :

$$\text{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp^{-u^2} .du \quad (3-16)$$

Sedangkan  $\text{erfc}(x)$  adalah *complementary error function* yang dinyatakan dengan :

$$\text{erfc}(x) = 1 - \text{erf}(x) \quad (3-17)$$

Untuk nilai  $x$  lebih besar dari 4 maka  $\text{erfc}(x)$  dapat dinyatakan dengan :

$$\text{erfc}(x) = \frac{e^{-x^2}}{x\sqrt{\pi}} \quad (3-18)$$

$$E_b / N_o = \frac{\text{SNR} \cdot B_w}{R_b} \quad (3-19)$$



Sehingga nilai  $E_b/N_0$  :

$$E_b / N_0 = SNR + 10 \log \frac{B_w}{R_b} \quad (3-20)$$

Keterangan :

$E_b/N_0$  = rasio energi per bit terhadap *noise* (dB)

SNR = *Signal Noise Ratio* (dB)

$B_w$  = *Bandwidth* (MHz)

$R_b$  = *Bit Rate* data SMS yang digunakan (bps)

$$SNR(dB) = 10 \log \frac{E_b.R}{N_0.B} \quad (3-21)$$

$$SNR = P_r - \text{ReceiverSensitivity} \text{ (dB)} \quad (3-22)$$

Keterangan :

SNR = *Signal Noise Ratio* (dB)

$E_b/N_0$  = Rasio Energi per *bit* terhadap *noise* (dB)

$B$  = *Bandwidth* (MHz)

$$P_R(dBm) = P_T(dBm) - L_p(dBm) \quad (3-23)$$

Keterangan :

$P_R$  = daya terima (dBm)

$P_T$  = daya pancar (dBm)

$L_p$  = *loss propagasi* (dB)

$$L_p = 20 \log \left[ \frac{4\pi d}{\lambda} \right] \quad (3-24)$$

Keterangan :

$L_p$  = *loss propagasi* (dB)

$\lambda$  = panjang gelombang (m)

$d$  = jarak antara MS tujuan ke MS penerima (m)

Besarnya nilai BER akan mempengaruhi pula nilai *throughput*. Jika nilai BER kecil maka nilai *throughput* akan semakin besar, dikarenakan nilai BER berbanding terbalik dengan *throughput*.

### 3.4.2 Delay

Definisi umum dari *delay* adalah waktu tunda. Salah satu ukuran kualitas jaringan seluler adalah *delay*. *Delay* yang terjadi merupakan penjumlahan dari *delay-delay* yang ada dalam perjalanan paket dari sumber ke tujuan.

Waktu tunda pengiriman paket data pada jaringan dirumuskan dalam *delay* total

( $t_v$ ) :

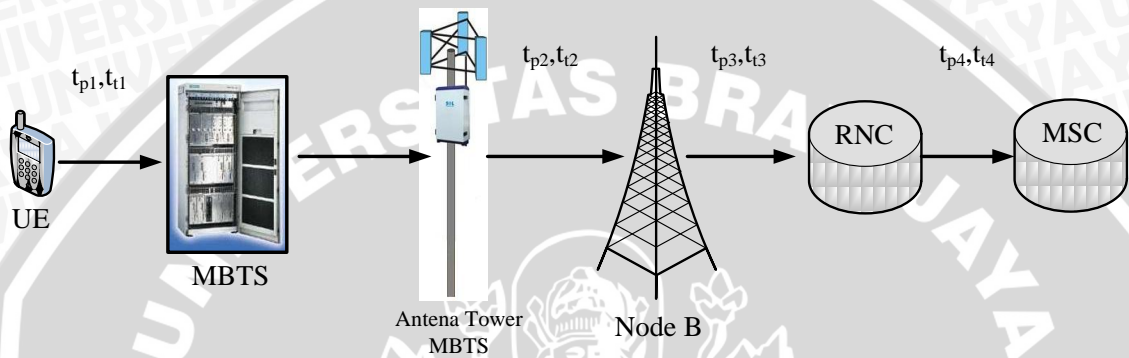
$$t_v = t_T + t_p \quad (3-25)$$

Keterangan :

$t_v$  = *delay* total jaringan (s)

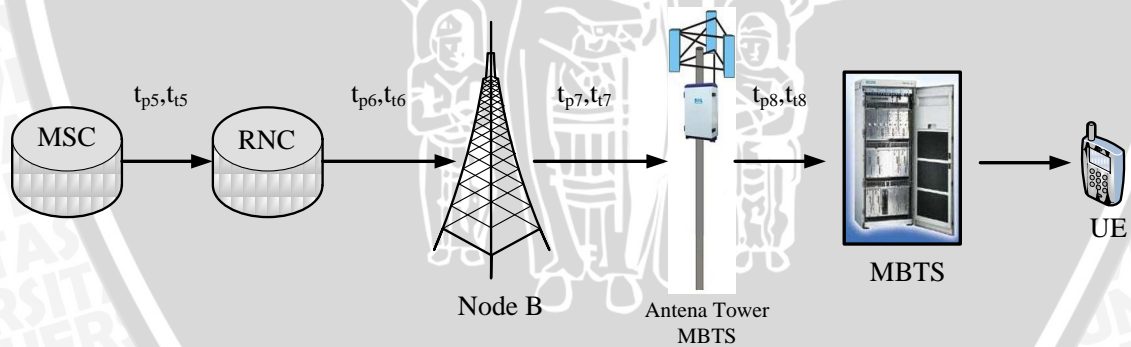
$t_T$  = *delay* transmisi total (s)

$t_p$  = *delay* propagasi total(s)



**Gambar 3.2** Delay data sisi Up link

Sumber: Perencanaan 2011



**Gambar 3.3** Delay data sisi Down Link

Sumber: Perencanaan 2011

### 3.4.2.1 Delay Transmisi

*Delay* transmisi adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan suatu *frame* data *short message* dari satu node ke node yang lain melalui sebuah media transmisi. Besarnya *delay* transmisi ini tergantung pada jumlah bit data yang ditransmisikan, serta kecepatan transmisi data yang digunakan.



Delay transmisi tiap-tiap node dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut

[Mischa Schwart, 1987 :132] :

$$t_{T(n)} = \frac{(l + l')}{C_{Link}} \quad (3-26)$$

Keterangan :

$t_{T(n)}$  = Delay transmisi (s)

$l$  = Panjang data *short message* (bit)

$l'$  = jumlah *header* (bit)

Clink = Kapasitas saluran transmisi pada masing-masing saluran transmisi yang dihubungkan oleh tiap-tiap node (bps)

$N$  = Node pada masing-masing saluran transmisi.

Dalam perencanaan ini delay transmisi terjadi antara UE-Antena, Antena-Node B, Node B-RNC, RNC-MS

$$t_{Total} = t_{t1} + t_{t2} + t_{t3} + t_{t4} + t_{t5} + t_{t6} + t_{t7} + t_{t8} \quad (3-27)$$

$$t_{t-n} = n \cdot \frac{W}{V_n} \quad (3-28)$$

Keterangan :

$t_{t\ total}$  = delay transmisi total (s)

$t_{t1}$  = delay transmisi dari UE ke MBTS (s)

$t_{t2}$  = delay transmisi dari MBTS ke antena tower MBTS (s)

$t_{t3}$  = delay transmisi dari antena tower MBTS ke Node B (s)

$t_{t4}$  = delay transmisi dari Node B ke RNC (s)

$t_{t5}$  = delay transmisi dari MSC ke RNC (s)

$t_{t6}$  = delay transmisi dari RNC ke Node B (s)

$t_{t7}$  = delay transmisi dari Node B ke antena tower MBTS (s)

$t_{t8}$  = delay transmisi dari antena tower MBTS ke UE (s)

$t_{t-n}$  = delay transmisi pada titik ke-n (s)

$W$  = banyak paket data yang ditransmisikan (buah)

$V_n$  = kecepatan transmisi data (s)

### 3.4.2.2 Delay Propagasi

*Delay* propagasi adalah waktu perambatan atau penjalaran ke udara yang dibutuhkan oleh sebuah paket data.

$$t_p = t_{p1} + t_{p2} + t_{p3} + t_{p4} + t_{p5} + t_{p6} + t_{p7} + t_{p8} \quad (3-29)$$

$$t_{p-n} = \frac{d}{c} \quad (3-30)$$

Keterangan:

- $t_p$  = *delay* propagasi total (s)
- $t_{p-n}$  = *delay* propagasi pada titik ke-n (s)
- $t_{p1}$  = *delay* propagasi dari UE ke MBTS (s)
- $d_1$  = jarak dari UE ke MBTS (m)
- $t_{p2}$  = *delay* propagasi dari MBTS ke antena tower MBTS (s)
- $d_2$  = jarak dari MBTS ke antena tower MBTS (m)
- $t_{p3}$  = *delay* propagasi dari antena tower MBTS ke Node B (s)
- $d_3$  = jarak dari antena tower MBTS ke Node (m)
- $t_{p4}$  = *delay* propagasi dari Node B ke RNC (s)
- $d_4$  = jarak dari Node B ke RNC (m)
- $t_{p5}$  = *delay* propagasi dari MSC ke RNC (s)
- $d_5$  = jarak dari MSC ke RNC (m)
- $t_{p6}$  = *delay* propagasi dari RNC ke Node B (s)
- $d_6$  = jarak dari RNC ke Node B (m)
- $t_{p7}$  = *delay* propagasi dari Node B ke antena tower MBTS (s)
- $d_7$  = jarak dari Node B ke antena tower MBTS (m)
- $t_{p8}$  = *delay* propagasi dari antena tower MBTS ke UE (s)
- $d_8$  = jarak dari antena tower MBTS ke UE (m)
- $c$  = kecepatan propagasi ( $3 \times 10^8$  m/s)

### 3.4.3 Throughput

Semakin besar nilai *delay* total pada jaringan maka akan mempengaruhi performansi *throughput*. *Throughput* semakin meningkat maka *delay* kecil dan probabilitas paket data yang error juga semakin kecil. *Throughput* merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui jumlah data yang diterima dalam keadaan baik terhadap waktu transmisi yang dibutuhkan dari sumber ke penerima.



*Throughput* adalah bandwidth actual yang diukur secara spesifik. Judi nilai bandwidth selalu lebih besar dari pada nilai *throughput*. Pada keadaan saturasi selalu tersedia *frame* yang menunggu ditransmisikan,  $t_v$  (*delay total*) merepresentasikan waktu transmisi rata-rata *frame* yang diterima dengan benar [Mischa Schwart, 1987 :131]. Besarnya nilai *throughput* dengan memperhitungkan jumlah paket yang diterima benar :

$$\lambda = \frac{\text{jumlah paket data benar yang diterima}}{t_v} \quad (3-31)$$

Keterangan:

$t_v$  = *delay total* (bit/s)

$\lambda$  = *throughput*

Jumlah paket benar = jumlah total seluruh paket data diterima yang benar (bit)

Nilai *throughput* dirumuskan :

$$\lambda = \frac{1}{t_v} = \frac{(1-\rho)}{t_T [1+(\alpha-1)\rho]} \quad (3-32)$$

$$\rho = (L+L')P_b \quad (3-33)$$

$$t_T = (L+L')P_b \quad (3-34)$$

Keterangan :

$\lambda$  = *throughput* (bit/s)

$t_v$  = *delay total* untuk mengirim paket yang benar (s)

$t_t$  = *delay transmisi* sebuah paket data (s)

$\rho$  = probabilitas paket yang error ( $0 < \rho < 1$ )

$P_b$  = probabilitas bit error sistem untuk transmisi data digital besarnya minimal  $10^{-6}$

$C$  = kecepatan transmisi (bps)

$L$  = panjang segmen data (bit)

$L'$  = *Control field/header* (bit)

$t_{out}$  = waktu mentransmisikan sebuah *frame* =  $0.01+t_T$  (s)

$t_T$  = waktu mentransmisikan sebuah paket data/*frame* (s)

$\alpha$  = konstanta =  $1 + \frac{t_{out}}{t_T}$

Apabila  $t_1 = \frac{(L+L')}{C}$  maka nilai kecepatan *throughput* data adalah :

$$\frac{D}{C} = \left( \frac{L}{L+L'} \right) \left[ \frac{(1-\rho)L}{1+(\alpha-1)\rho} \right] \leq 1 \quad (3-35)$$

Dari persamaan diatas, untuk nilai L yang kecil, maka sistem tidak efisien karena kecepatan *throughput* data yang rendah (*frame* hanya membawa sedikit bit data). Untuk L yang besar, kemungkinan retransmisi akan meningkat sehingga akan menurunkan *throughput*. Dengan menganalisis L optimum maka akan diperoleh *peak throughput*. Apabila  $a=1$  dan menurunkan persamaan di atas terhadap L dan menyamakan turunannya dengan 0.

$$L_{opt} = \frac{L'}{2} \left[ \sqrt{1 + \frac{4}{L' \log_e q_b}} - 1 \right] a = 1 \quad (3-36)$$

Keterangan :

- $\lambda$  = kecepatan transmisi paket data (paket/s)
- $\alpha$  = *data rate* (bit/s)
- $\rho$  = probabilitas paket diterima yang error ( $0 < \rho < 1$ )
- D = *data rate* (bit/s)
- C = kapasitas kecepatan link transmisi (bit/s)
- L = panjang segment data maksimum-*Segment Size/Maximum Information Field* (bit)
- L' = *control field header* (bit)
- L<sub>opt</sub> = panjang segmen data optimum (byte)
- t<sub>1</sub> = waktu transmisi sebuah paket data *frame* (s)
- t<sub>out</sub> = waktu mentransmisikan sebuah *frame* (s)



## BAB IV METODOLOGI

Skripsi ini mengenai perencanaan *Micro BTS (Indoor Base Station)* dengan metode HSDPA di MX Mall Malang. Metodologi yang digunakan dalam skripsi ini terdiri dari studi literatur, studi lapangan, perencanaan desain komunikasi *micro BTS (Indoor Base Station)* pada HSDPA, dan kerangka solusi permasalahan.

### 4.1 Studi Literatur

Studi literatur dalam skripsi ini bertujuan mencari landasan teori mengenai perencanaan *micro BTS (Indoor Base station)* pada gedung bertingkat dengan metode akses yang digunakan adalah HSDPA. Literatur diperoleh dari berbagai sumber diantaranya media cetak berupa buku referensi, tutorial, diktat kuliah, jurnal, serta media elektronik berupa website yang berkaitan dengan skripsi ini.

### 4.2 Studi Lapangan

#### 4.2.1 Lokasi Perencanaan *micro BTS (Indoor Base station)* dengan metode HSDPA

Lokasi perencanaan *micro BTS (Indoor Base station)* pada gedung bertingkat dengan metode akses HSDPA adalah di MX Mall Malang sebagai salah satu pusat perbelanjaan terbesar dan terbaru di kota Malang. Terdiri dari tiga lantai dan masing-masing lantai terdiri dari bersekat-sekat ruangan ruko.

#### 4.2.2 Pengambilan Data

Dalam pengambilan data adalah berupa data sekunder yang didapat dari operator Indosat, buku referensi, jurnal, skripsi, internet, dan forum-forum resmi mengenai jaringan HSDPA. Berupa parameter-parameter untuk menghitung dan mendesain *micro BTS (Indoor Base station)* pada gedung bertingkat dengan metode akses HSDPA di MX Mall Malang.

### 4.3 Perencanaan Desain Komunikasi *Micro BTS (Indoor Base Station)* HSDPA

Adapun batasan dalam mendesain *micro BTS* yaitu:

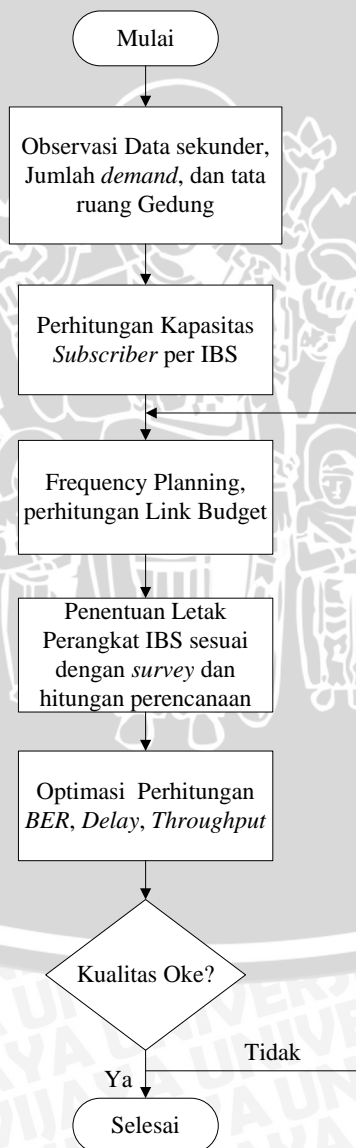
- Menghitung data yang berkenaan dengan kapasitas maksimum *Micro BTS (Indoor Base Station)* berdasarkan jumlah pelanggan (*subscriber*), intensitas trafik.

- b. Menghitung *coverage distance*, *link budget*, *loading factor*, rugi-rugi propagasi, *path loss*, serta menentukan spesifikasi parameter perangkat yang digunakan untuk mendesain *Micro BTS (Indoor Base Station)*.
- c. Menghitung parameter *Micro BTS (Indoor Base Station)* yang meliputi *Bit Error Rate*, *delay*, *throughput*.

#### 4.4 Kerangka Solusi Permasalahan

Rangka keseluruhan proses penyelesaian masalah yang telah dirumuskan dan ditelaah dari aspek tertentu, dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan dijabarkan dalam beberapa bentuk *flowchart*.

##### 1. Perencanaan *Indoor Base Station*

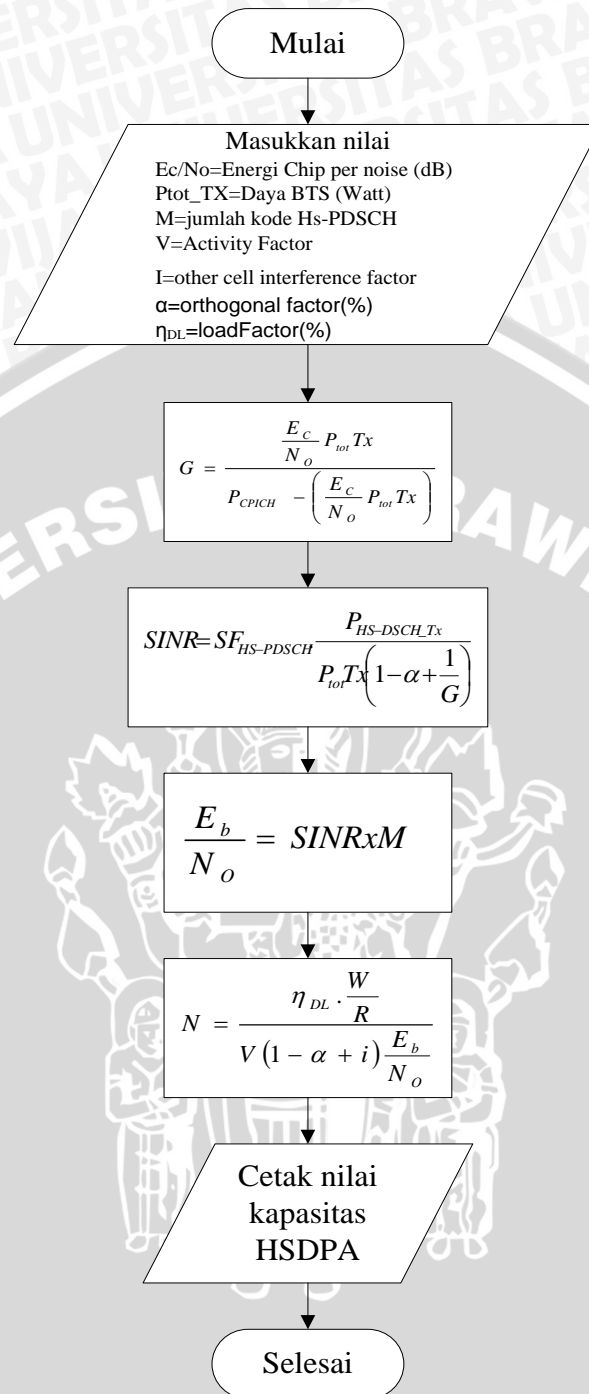


**Gambar 4.1** Flowchart Perencanaan IBS Pada Gedung

Sumber : Perencanaan



## 2. Perhitungan Kapasitas HSDPA



Gambar 4.2 Perhitungan Kapasitas HSDPA

Sumber : TECHCOM Consulting, 2002 : 8

Keterangan :

N = jumlah kanal/trunk

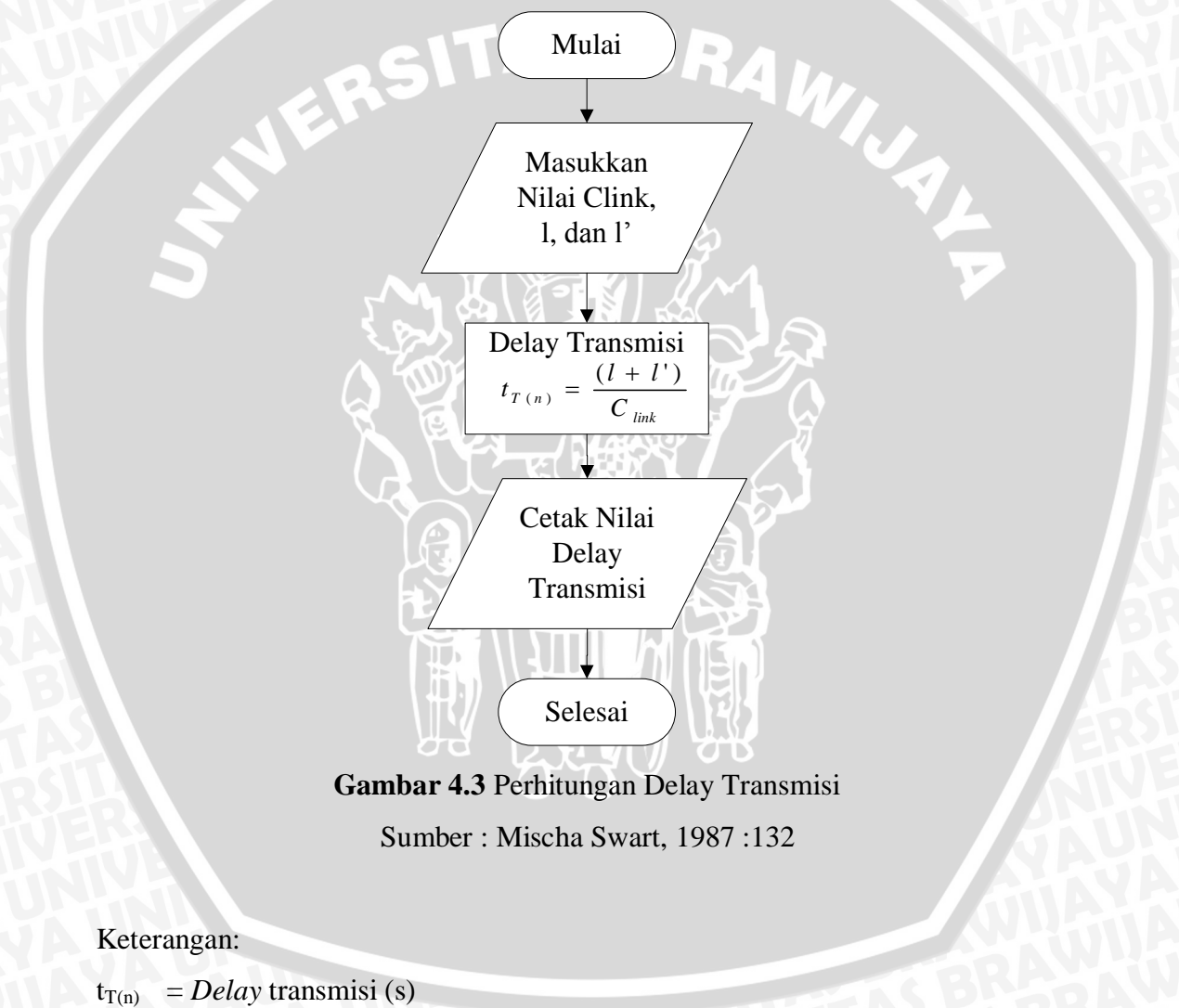
 $\eta_{DL}$  = load factor (%)

W = chip rate (bps)

- $R$  = *bit rate layanan* (bps)  
 $v$  = *activity factor*  
 $\alpha$  = *orthogonal factor*  
 $i$  = *other sel interference factor*  
 $E_b/N_o$  = *energy bit per noise* (dB)

### 3. Perhitungan *Delay Transmisi*

*Delay transmisi* adalah waktu yang dibutuhkan untuk meletakkan sebuah paket data ke media transmisi. Dipengaruhi ukuran paket data dan kecepatan transmisi.



**Gambar 4.3** Perhitungan *Delay Transmisi*

Sumber : Mischa Swart, 1987 :132

Keterangan:

$t_{T(n)}$  = *Delay transmisi* (s)

$l$  = Panjang data *short message* (bit)

$l'$  = jumlah *header* (bit)

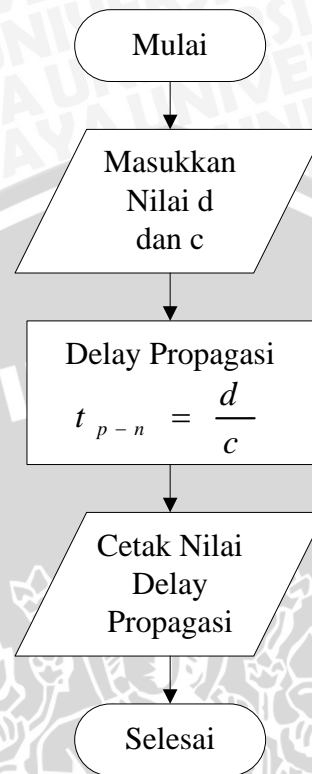
Clink = Kapasitas saluran transmisi pada masing-masing saluran transmisi yang dihubungkan oleh tiap-tiap node (bps)

$N$  = Node pada masing-masing saluran transmisi.



#### 4. Perhitungan *Delay* Propagasi

*Delay* propagasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk merambatkan paket data melalui media transmisi.



**Gambar 4.4** Perhitungan *Delay* Propagasi

Sumber : Forouzan, Behrouz A, 2000 : 215

Keterangan :

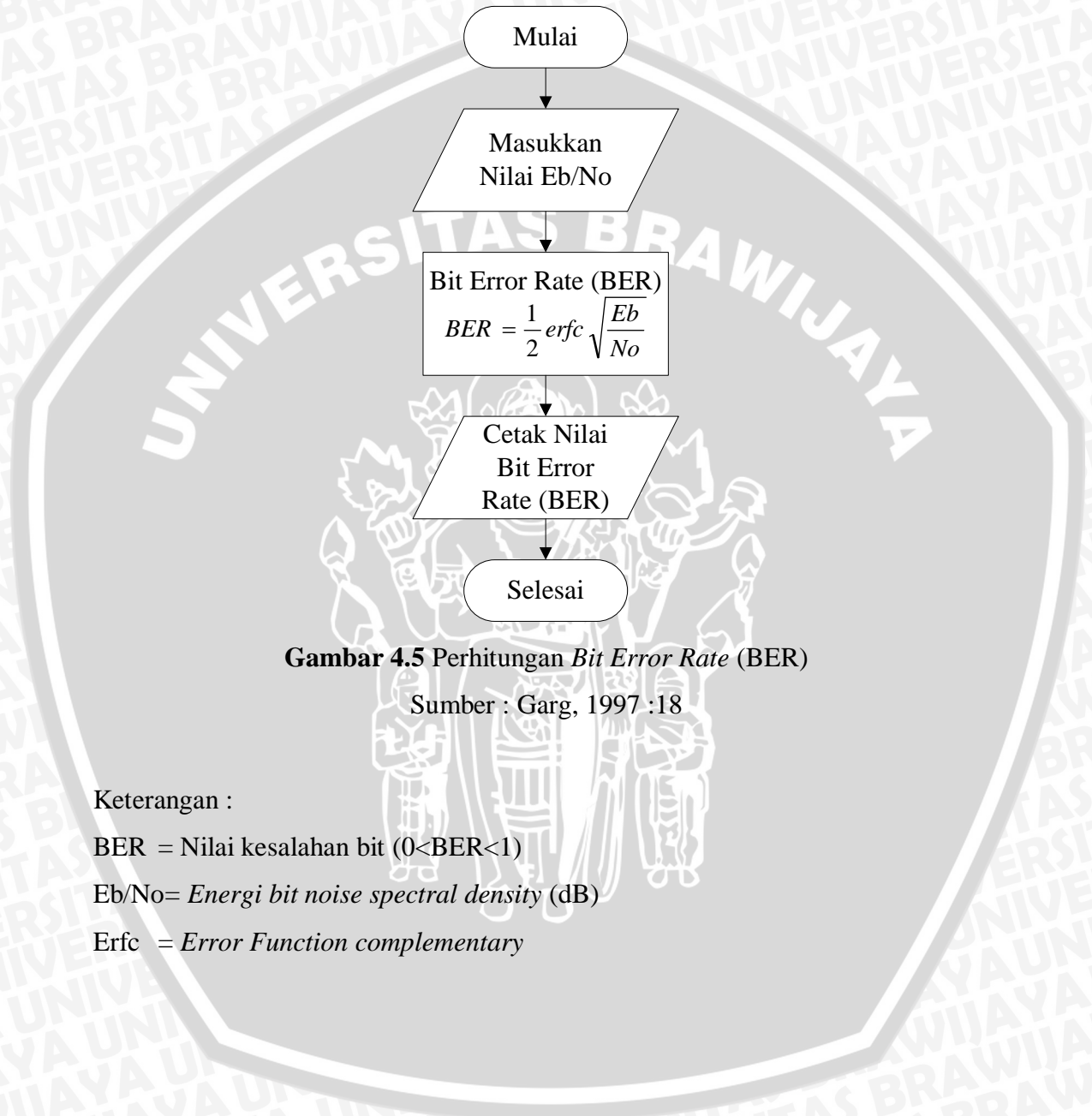
$t_{p-n}$  = *delay* propagasi pada titik ke-n (s)

$c$  = kecepatan propagasi (m/s)

$d$  = jarak dari n ke n

5. BER (*Bit Error Rate*)

BER (*bit error rate*) atau dengan sebutan lain probabilitas *error* bit merupakan nilai ukur kualitas sinyal yang diterima untuk sistem transmisi data digital. BER juga dapat didefinisikan sebagai perbandingan jumlah bit *error* terhadap total bit yang ditransmisikan.



**Gambar 4.5** Perhitungan *Bit Error Rate* (BER)

Sumber : Garg, 1997 :18

Keterangan :

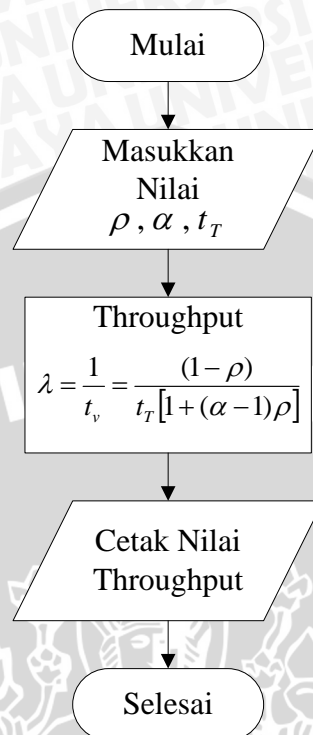
BER = Nilai kesalahan bit ( $0 < \text{BER} < 1$ )

$E_b/N_0$  = *Energi bit noise spectral density* (dB)

Erfc = *Error Function complementary*

6. *Throughput*

*Throughput* adalah kecepatan maksimum jaringan saat tidak ada data yang hilang pada pentransmisiannya atau banyaknya data yang bisa ditransmisikan.



**Gambar 4.6** Perhitungan Throughput

Sumber : Mischa Swart, 1987 : 131

Keterangan :

$\lambda$  = *throughput* (bit/s)

$t_v$  = *delay total* untuk mengirim paket yang benar (s)

$t_t$  = *delay transmisi* sebuah paket data (s)

$\rho$  = probabilitas paket yang error ( $0 < \rho < 1$ )

$P_b$  = probabilitas bit error sistem untuk transmisi data digital besarnya minimal  $10^{-6}$

$C$  = kecepatan transmisi (bps)

$L$  = panjang segmen data (bit)

$L'$  = *Control field/header* (bit)

$t_{out}$  = waktu mentransmisikan sebuah *frame* =  $0.01 + t_T$  (s)

$t_T$  = waktu mentransmisikan sebuah paket data/*frame* (s)

$\alpha$  = konstanta =  $1 + \frac{t_{out}}{t_T}$



## BAB V

PERFORMANSI MICRO BTS IBS (*INDOOR BASE STATION*)

## METODE AKSES HSDPA DI MX MALL

5.1 Parameter Teknis *Micro BTS (Indoor Base Station)* HSDPA

Tabel 5.1 Parameter Teknis IBS HSDPA

Parameter Teknis	Nilai
Frekuensi kerja HSDPA	1920-1980 MHz ( <i>Up Link</i> ) 2110-2170 MHz ( <i>Down Link</i> )
Gain antenna <i>indoor omnidirectional</i>	2dB
Gain antenna <i>indoor sectoral</i>	7dB
Gain antenna radio	40dBi
<i>Bandwidth</i> HSDPA	5 MHz
<i>Load Factor</i>	70%
<i>Traffic per subscriber</i>	60mErlang
GOS	2%
Faktor Koreksi Kontrol Daya ( $\alpha$ )	60% = 0,6
<i>Transmit Power</i>	23 dBm ( <i>reverse link</i> ) 43 dBm ( <i>forward link</i> )

Sumber :Data Sekunder

## 5.2 Parameter Kapasitas Sistem *Micro BTS (Indoor Base Station)* Pada Gedung dengan Akses HSDPA

### 5.2.1 Kapasitas Berdasarkan Perkiraan Kebutuhan *Demand*

Salah satu parameter yang diperlukan dalam perhitungan kapasitas IBS (*Indoor Base Station*) di MX Mall Malang adalah dengan menghitung jumlah *demand*. Dari data sekunder yang didapat, diperoleh nilai *demand* sebagai berikut :

**Tabel 5.2** Jumlah *Demand* di gedung perbelanjaan MX Mall Malang

Hari/Tanggal	Jumlah Pengunjung
Senin, 20 Juni 2011	2723 orang
Selasa, 21 Juni 2011	3092 orang
Rabu, 22 Juni 2011	2677 orang
Kamis, 23 Juni 2011	2352 orang
Jumat, 24 Juni 2011	3362 orang
Sabtu, 25 Juni 2011	5794 orang
Minggu, 26 Juni 2011	5275 orang

Sumber : survey lapangan, 2011

Dari tabel 5.2 di atas, dapat diketahui bahwa jumlah pengunjung terpadat adalah pada hari sabtu dengan jumlah pengunjung 5794 orang. Dengan menggunakan GOS 2% maka jumlah pengunjung tersebut diambil asumsi 2% merupakan *user*. Dengan parameter tersebut maka kapasitas maksimum dapat diperhitungkan sebagai berikut :

1. Jumlah *user* yang mengakses *per second* adalah :

$$2\% \times 5794 \text{ orang} = 115,88 \text{ orang} \\ \approx 116 \text{ orang}$$

2. Dengan parameter *Traffic per Subscriber* adalah 60mErlang, maka nilai kanal *traffic*-nya :

$$116 \times 0,06 = 6,96 \text{ Erlang} \approx 7 \text{ Erlang}$$

3. Penskalaan dengan *Erlang Traffic B table* dengan nilai GOS 2% maka nilai kanal trafik dalam Erlang yaitu 7 Erlang. Jumlah *channel* dapat diperoleh melalui Tabel 5.3 dengan menarik secara lurus kolom (B) dan baris (N) maka jumlah *channel* yang dibutuhkan adalah 13 *channel*.

**Tabel 5.3 Erlang B Traffic Table**

Erlang B Traffic Table												
Maximum Offered Load Versus B and N												
N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89

Sumber: Perencanaan, 2011

### 5.2.2 Penentuan Kapasitas Maksimum *Indoor Base Station* HSDPA

Perhitungan dari jumlah pengguna (*user*) sangat penting dalam perencanaan desain komunikasi *Indoor Base Station*. Hal tersebut berguna dalam penyediaan kapasitas kanal oleh *micro* BTS.

Parameter yang diperlukan sebagai berikut :

1. Dengan menentukan nilai *Grade of Service* (GOS) sebesar 2%
2. *Traffic per Subscriber* = 60 mErlang  
Dengan *Traffic per Subscriber* diasumsikan sebesar 60 mErlang maka dari 1000 *user* diperkirakan 60 *user* menggunakan telepon secara bersamaan.
3. Kapasitas mBTS = 64 kanal

Perhitungan perencanaan kapasitas dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Dengan menentukan GOS sebesar 2% dan kapasitas mBTS 64 kanal dengan menggunakan Tabel 5.4 *Erlang B traffic Table* dapat ditarik nilai kanal *traffic* yaitu sebesar 53,43 Erlang  $\approx$  54 Erlang.



**Tabel 5.4 Erlang B Traffic Table**

Erlang B Traffic Table												
Maximum Offered Load Versus B and N												
N/B	B is in %											
	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
56	33.49	36.13	37.46	41.23	43.32	45.88	50.54	56.06	60.98	65.94	77.00	90.97
57	34.27	36.95	38.29	42.11	44.22	46.82	51.55	57.14	62.14	67.18	78.43	92.64
58	35.05	37.76	39.12	42.99	45.13	47.76	52.55	58.23	63.31	68.42	79.85	94.30
59	35.84	38.58	39.96	43.87	46.04	48.70	53.56	59.32	64.47	69.66	81.27	95.97
60	36.62	39.40	40.80	44.76	46.95	49.64	54.57	60.40	65.63	70.90	82.70	97.63
61	37.41	40.22	41.63	45.64	47.86	50.59	55.57	61.49	66.79	72.14	84.12	99.30
62	38.20	41.05	42.47	46.53	48.77	51.53	56.58	62.58	67.95	73.38	85.55	101.0
63	38.99	41.87	43.31	47.42	49.69	52.48	57.59	63.66	69.11	74.63	86.97	102.6
64	39.78	42.70	44.16	48.31	50.60	53.43	58.60	64.75	70.28	75.87	88.40	104.3
65	40.58	43.52	45.00	49.20	51.52	54.38	59.61	65.84	71.44	77.11	89.82	106.0
66	41.38	44.35	45.85	50.09	52.44	55.33	60.62	66.93	72.60	78.35	91.25	107.6
67	42.17	45.18	46.69	50.98	53.35	56.28	61.63	68.02	73.77	79.59	92.67	109.3
68	42.97	46.02	47.54	51.87	54.27	57.23	62.64	69.11	74.93	80.83	94.10	111.0
69	43.77	46.85	48.39	52.77	55.19	58.18	63.65	70.20	76.09	82.08	95.52	112.6
70	44.58	47.68	49.24	53.66	56.11	59.13	64.67	71.29	77.26	83.32	96.95	114.3

Sumber: Perencanaan, 2011

2. Dengan *Traffic per Subscriber* adalah 60mErlang dan kanal *traffic* 54 Erlang

maka kapasitas per *subscriber* per IBS adalah  $\frac{54}{0,06} = 900\text{user}$

### 5.2.3 Kapasitas HSDPA

Dalam perhitungan kapasitas HSDPA ini diperlukan guna mengetahui maksimum *user* yang bisa ditangani oleh IBS.

Parameter perhitungan kapasitas HSDPA diperoleh dari data data sekunder yang dapat dari berbagai buku referensi, jurnal-jurnal dan *download* dari internet antara lain:

**Tabel 5.5** Parameter Kapasitas IBS HSDPA

Parameter	nilai
<i>Load factor</i> ( $\eta_{DL}$ )	70%
<i>Activity factor</i> ( $v$ )	1
<i>Orthogonality factor</i>	0,6
<i>Other sel interference factor</i> ( $i$ )	0,6
<i>Chip rate</i> ( $W$ )	3,84Mbps

Sumber : Data sekunder

**Tabel 5.6** Parameter *Link Budget* Untuk HSDPA Dan WCDMA Release 1999

No	Parameter <i>Link Budget</i>	WCDMA Release 1999 + HSDPA	WCDMA Release 1999
<i>Transmitter (Node B)</i>			
01	HS-DSCH Tx Power ( $P_{HS-DSCH}$ )	37,4 dBm	-
02	CPICH Tx Power ( $P_{CPICH}$ )	33 dBm	33 dBm
03	Total Tx Power ( $P_{tot\_tx}$ )	43 dBm	37 dBm
<i>Receiver (UE)</i>			
01	<i>Processing Gain</i>	12 dB	Tergantung Tipe Layanan
02	$E_c/N_0$	-12 dB	Tergantung Tipe Layanan
03	<i>Orthogonality Factor</i> ( $\alpha$ )	0,6	0,6

Sumber : PT. Indosat, Tbk KPI Surabaya, 2006: 1-23

Untuk menghitung jumlah kanal digunakan SINR untuk mencari nilai  $E_b/N_0$  ditunjukkan dalam Persamaan (3-3) :

$$SINR = \frac{E_b}{N_0} \cdot M$$

Dengan,

$M$  = jumlah kode HS-PDSCH

SINR = *Signal to Interference + Noise Ratio* (dB)

Nilai SINR dihitung dengan menggunakan Persamaan (3-4):

$$SINR = SF_{HS-PDSCH} \cdot \frac{P_{HS-DSCH\_tx}}{P_{tot\_tx} \cdot (1 - \alpha + \frac{1}{G})}$$

Dengan,

$SF_{HS-PDSCH}$  = *Spreading factor* (16)

$P_{HS-DSCH\_tx}$  = daya HSDPA yaitu daya transmisi HS-DSCH (watt)

$P_{tot\_tx}$  = daya total BTS termasuk daya TX HSDPA (watt)

$\alpha$  = *orthogonal factor* DL

$G$  = *geometric factor*

Sedangkan nilai  $G$  dihitung dengan menggunakan Persamaan (3-5) :

$$G = \frac{\frac{E_c}{N_0} P_{tot\_tx}}{P_{CPICH} - \frac{E_c}{N_0} P_{tot\_tx}}$$

Dengan,

$P_{CPICH}$  = daya transmisi CPICH (*Common Pilot Channel*) (Watt)

$E_c/N_0$  = *Energy Chip per Noise*(dB)

Bila diketahui seperti pada tabel 5.6 :

- $\frac{E_c}{N_0}$  (dB) = - 12 dB  $\longrightarrow -12 = 10 \log X$

$$\log X = -12/10$$

$$X = 10^{(-12/10)} = 0,06$$

- $P_{\text{tot\_tx}} = 43 \text{ dBm} \longrightarrow 43 = 10 \log X/1\text{mW}$

$$\log X/1\text{mW} = 43/10$$

$$X/1\text{mW} = 10^{(43/10)} = 20 \text{ W}$$

$$X = 20\text{W} \cdot 1\text{mW} = 0,02 \text{ W}$$

- $P_{\text{CPICH}} = 33 \text{ dBm} \longrightarrow 33 = 10 \log X/1\text{mW}$

$$\log X/1\text{mW} = 33/10$$

$$X/1\text{mW} = 10^{(33/10)} = 2 \text{ W}$$

$$X = 2\text{W} \cdot 1\text{mW} = 0,002 \text{ W}$$

- Orthogonal faktor ( $\alpha$ ) = 0,6

- $P_{\text{HS-DSCH}} = 37,4 \text{ dBm} \longrightarrow 37,4 = 10 \log X/1\text{mW}$

$$\log X/1\text{mW} = 37,4/10$$

$$X/1\text{mW} = 10^{(37,4/10)} = 5,5 \text{ W}$$

$$X = 5,5\text{W} \cdot 1\text{mW} = 0,0055 \text{ W}$$

- $SF_{\text{HS-PDSCH}} = 12 \text{ dB} \longrightarrow 12 = 10 \log X$

$$\log X = 12/10$$

$$X = 10^{(12/10)} = 16$$

Maka dengan mensubstitusikan nilai-nilai  $\frac{E_c}{N_0}$ ,  $P_{\text{tot\_tx}}$ , dan  $P_{\text{CPICH}}$  ke dalam Persamaan

(3-5) diperoleh nilai G sebagai berikut,

$$\begin{aligned} G &= \frac{\frac{E_c}{N_0} P_{\text{tot\_tx}}}{P_{\text{CPICH}} - \frac{E_c}{N_0} P_{\text{tot\_tx}}} \\ &= \frac{0,06 \times 0,02}{0,002 - (0,06 \times 0,02)} \\ &= \frac{0,0012}{0,002 - (0,0012)} \\ &= \frac{0,0012}{0,0008} \\ &= 1,5 \end{aligned}$$



Dengan mensubstitusi nilai  $SF_{HS-PDSCH}$ ,  $P_{HS-DSCH}$ ,  $P_{tot\_tx}$ ,  $\alpha$ , dan  $G$  ke dalam Persamaan (3-4) diperoleh nilai SINR sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 SINR &= SF_{HS-PDSCH} \cdot \frac{P_{HS-DSCH\_tx}}{P_{tot\_tx} \cdot (1 - \alpha + \frac{1}{G})} \\
 &= 16 \cdot \frac{0,0055}{0,02(1 - 0,6 + \frac{1}{1,5})} \\
 &= 16 \cdot \frac{0,0055}{0,02(1 - 0,6 + 0,66)} \\
 &= 16 \cdot \frac{0,0055}{0,02(1,06)} \\
 &= 16 \cdot \frac{0,0055}{0,0212} \\
 &= 4,15
 \end{aligned}$$

Bila didapatkan nilai pada tabel 5.5 :

1. Digunakan *load factor* ( $\eta_{DL}$ ) sebesar 70 %.
2. Digunakan *activity factor* ( $v$ ) sebesar 1.
3. Digunakan *orthogonal factor* ( $\alpha$ ) sebesar 0.6.
4. Digunakan *other sel interference factor* ( $i$ ) sebesar 0.6.
5. Digunakan *chip rate* ( $W$ ) sebesar 3.84 Mbps.
6. Jumlah kode HS-PDSCH ( $M$ ) adalah 5 (seperti pada tabel 2.1, kolom 2)

Maka nilai  $\frac{E_b}{N_0}$  untuk jumlah kode HS-PDSCH ( $M$ ) sebesar 1 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \frac{E_b}{N_0} &= \frac{SINR}{M} \\
 &= \frac{4,15}{5} \\
 &= 0,83
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk tipe layanan komunikasi data dengan *bit rate* 64 kbps jumlah kanal/*trunk* yang dapat disediakan oleh sistem adalah sebesar:

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{\eta_{DL} \cdot \frac{W}{R}}{v \cdot (1 - \alpha + i) \cdot \frac{E_b}{N_0}} \\
 &= \frac{0,7 \cdot \frac{3,84 \times 10^6}{64 \times 10^3}}{1 \cdot (1 - 0,6 + 0,6) \cdot 0,83} \\
 &= \frac{0,7 \cdot 60}{1 \cdot (1) \cdot 0,83} \\
 &= \frac{42}{0,83} \\
 &= 50,60 \text{ kanal}
 \end{aligned}$$

Jumlah kanal yang dapat disediakan oleh sistem adalah 50,60 kanal = 51 kanal. Penskalaan dengan *Erlang Traffic B Table* dengan nilai GOS 2% didapat nilai kanal trafik yaitu sebesar 41,19 Erlang = 41 Erlang. Dengan kanal *traffic* sebesar 41 Erlang maka kapasitas per *subscriber* per IBS adalah :

$$\frac{41}{0,06} = 683 \text{ user}$$

**Tabel 5.7 Erlang B Traffic Table**

Erlang B Traffic Table												
Maximum Offered Load Versus B and N												
N/B	B is in %											
	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
46	25.83	28.11	29.26	32.52	34.32	36.53	40.55	45.24	49.40	53.56	62.77	74.33
47	26.59	28.90	30.07	33.38	35.22	37.46	41.54	46.32	50.56	54.80	64.19	76.00
48	27.34	29.70	30.88	34.25	36.11	38.39	42.54	47.40	51.71	56.03	65.61	77.66
49	28.10	30.49	31.69	35.11	37.00	39.32	43.53	48.48	52.87	57.27	67.04	79.32
50	28.87	31.29	32.51	35.98	37.90	40.26	44.53	49.56	54.03	58.51	68.46	80.99
51	29.63	32.09	33.33	36.85	38.80	41.19	45.53	50.64	55.19	59.75	69.88	82.65
52	30.40	32.90	34.15	37.72	39.70	42.12	46.53	51.73	56.35	60.99	71.31	84.32
53	31.17	33.70	34.98	38.60	40.60	43.06	47.53	52.81	57.50	62.22	72.73	85.98
54	31.94	34.51	35.80	39.47	41.51	44.00	48.54	53.89	58.66	63.46	74.15	87.65
55	32.72	35.32	36.63	40.35	42.41	44.94	49.54	54.98	59.82	64.70	75.58	89.31
56	33.49	36.13	37.46	41.23	43.32	45.88	50.54	56.06	60.98	65.94	77.00	90.97
57	34.27	36.95	38.29	42.11	44.22	46.82	51.55	57.14	62.14	67.18	78.43	92.64
58	35.05	37.76	39.12	42.99	45.13	47.76	52.55	58.23	63.31	68.42	79.85	94.30
59	35.84	38.58	39.96	43.87	46.04	48.70	53.56	59.32	64.47	69.66	81.27	95.97
60	36.62	39.40	40.80	44.76	46.95	49.64	54.57	60.40	65.63	70.90	82.70	97.63

Sumber: Perencanaan, 2011

Dari hasil perhitungan kapasitas sistem IBS HSDPA maka dapat dilihat kapasitas maksimum pada Tabel 5.7

**Tabel 5.8** Kapasitas *Demand* (rumus Trafik)

No	Deskripsi	Nilai
1	<i>Grade of Service</i> (GOS) (%)	2%
2	Nomor <i>Traffic Channel</i> (Erlang)	7,402
3	<i>Traffic per Subscriber</i> (mErlang)	60
4	<i>User</i>	116
5	<i>Channel yang dibutuhkan</i>	13

Sumber: Perencanaan dan Data sekunder Mx Mall

**Tabel 5.9** Kapasitas Maksimum (rumus HSDPA)

No	Deskripsi	Nilai
1	<i>Grade of Service</i> (GOS) (%)	2%
2	Nomor <i>Traffic Channel</i> (Erlang)	41,19
3	<i>Traffic per Subscriber</i> (mErlang)	60
4	<i>Subscriber per IBS</i>	683
5	<i>Channel yang disediakan</i>	51

Sumber: Perencanaan dan Survey lapangan, 2011

Melihat perhitungan perencanaan kapasitas berdasarkan *demand* di atas, jumlah maksimum *user* masih memadai untuk bisa ditangani oleh IBS.

#### 5.2.4 Perhitungan Estimasi *Demand* Trafik

Berdasarkan data pelanggan yang didapat maka dalam perencanaan dapat dilakukan estimasi hingga beberapa tahun ke depan sehingga hasil perencanaan dapat digunakan hingga beberapa tahun kedepan dengan jumlah pelanggan maksimum yang sudah diperkirakan. Didapatkan pertumbuhan pelanggan indosat 25%-32% pertahun (<http://www.slideshare.net/henrianto2010/aplikasi-ge-matrix-3072862>). Maka perkiraan jumlah pelanggan tersebut dapat dihitung dengan Persamaan (3-6) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 U_n &= U_0 (1+f_p)^n \\
 &= 116 (1+0,32)^5 \\
 &= 116 (4,007) \\
 &= 464,86 \\
 &\approx 465 \text{ orang}
 \end{aligned}$$



Maka berdasarkan perhitungan diatas maka perkiraan 5 tahun kedepan jumlah user adalah 465 pelanggan.

1. Jumlah *user* yang mengakses *per second* kurang lebih 465 pelanggan.
2. Dengan parameter *traffic per subscriber* 60 mErlang maka nilai kanal *traffic*-nya adalah :  
 $465 \times 0,06 = 27,9 \text{ Erlang} \approx 28 \text{ Erlang}$
3. Penskalaan dengan *Erlang Traffic B table* dengan nilai GOS 2% maka nilai kanal *traffic* dalam Erlang yaitu 28 Erlang, dengan jumlah *channel* yang dibutuhkan adalah 37 *channel*. Nilai ini masih dalam batas bisa dipenuhi oleh mBTS denga standar kapasitas channel maksimum yang disediakan mBTS yaitu sebesar 64 *channel*.

**Tabel 5.10 Erlang B Traffic Tabel**

Erlang B Traffic Table												
Maximum Offered Load Versus B and N												
N/B	B is in %											
	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
31	14.94	16.60	17.44	19.85	21.19	22.83	25.77	29.17	32.14	35.07	41.46	49.40
32	15.63	17.34	18.21	20.68	22.05	23.73	26.75	30.24	33.28	36.30	42.88	51.06
33	16.34	18.09	18.97	21.51	22.91	24.63	27.72	31.30	34.43	37.52	44.30	52.72
34	17.04	18.84	19.74	22.34	23.77	25.53	28.70	32.37	35.58	38.75	45.72	54.38
35	17.75	19.59	20.52	23.17	24.64	26.44	29.68	33.43	36.72	39.99	47.14	56.04
36	18.47	20.35	21.30	24.01	25.51	27.34	30.66	34.50	37.87	41.22	48.56	57.70
37	19.19	21.11	22.08	24.85	26.38	28.25	31.64	35.57	39.02	42.45	49.98	59.37
38	19.91	21.87	22.86	25.69	27.25	29.17	32.62	36.64	40.17	43.68	51.40	61.03
39	20.64	22.64	23.65	26.53	28.13	30.08	33.61	37.72	41.32	44.91	52.82	62.69
40	21.37	23.41	24.44	27.38	29.01	31.00	34.60	38.79	42.48	46.15	54.24	64.35
41	22.11	24.19	25.24	28.23	29.89	31.92	35.58	39.86	43.63	47.38	55.66	66.02
42	22.85	24.97	26.04	29.09	30.77	32.84	36.57	40.94	44.78	48.62	57.08	67.68
43	23.59	25.75	26.84	29.94	31.66	33.76	37.57	42.01	45.94	49.85	58.50	69.34

Sumber: perencanaan, 2011

### 5.3 Parameter Coverage IBS Gedung Bertingkat dengan akses HSDPA

Untuk mengcover gedung bertingkat MX Mall Malang diperlukan beberapa perhitungan, yaitu :

1. Menentukan *Interference Margin* melalui *Load effective* ( $\eta$ ) dari rumus *Load* maksimum yang dipergunakan sebesar 70%.

Maka *Interference Margin* :

$$lm = 10 \times \log \left( \frac{1}{1 - 70\%} \right) = 10 \times \log 3,33 = 5,22 \text{ dB}$$

## 2. Spesifikasi Perangkat (berdasarkan *Data Sheet*)

- *Micro* BTS dengan *output power* 20 Watt
- *Power Splitter*, dengan nilai *loss*
  1. 2 way = 3 dB
  2. 3 way = 4,8 dB
- Kabel *coaxial* dengan diameter 1 5/8", nilai *loss* per meter 0,0342 dB
- *Jumper* dengan panjang 1 meter, nilai *loss* 0,16 dB
- *Connector*, dengan nilai *loss* 0,1 dB
- Antena *Indoor* dengan nilai *gain* :
  1. *Omnidirectional* = 2 dB
  2. *Sectoral* = 7 dB
- Redaman dinding
  1. Dinding *Concrete* = 10 dB
  2. Dinding *Gypsum* = 5 dB
  3. Dinding *Glass* = 3 dB

Nilai dari masing-masing redaman perangkat tersebut mempengaruhi nilai *coverage distance* antena *indoor*.

## 3. Menghitung Daya *Micro* BTS

Daya yang digunakan pada perangkat mBTS RBS 3206 adalah 20 Watt, sehingga sesuai Persamaan (3-8) daya *output* :

$$\begin{aligned}
 P &= 10 \log \frac{P_{1mw}}{1mw} \times 1000 \\
 &= 10 \log 20000 \\
 &= 43,01 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Dengan daya efektif mBTS berdasarkan rumus (3-9), maka:

$$\begin{aligned}
 P_{eff} &= \eta \times \text{Daya output} \\
 &= 70\% \times 43,01 \\
 &= 30,1 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

## 4. Rugi-rugi Lintasan Propagasi

Total *loss* diperoleh dari perangkat yang digunakan, masing-masing menimbulkan redaman sesuai dengan spesifikasi masing-masing perangkat. Selain itu terdapat redaman yang ditimbulkan oleh lantai dan dinding berdasarkan jumlah lantai yang membatasi Tx-Rx serta jenis dari bahan dinding.



Nilai total *loss* sesuai rumus (3-10) sebesar :

$$\text{Total Loss} = \text{loss connector } 1 \frac{5}{8}'' + \text{loss feeder } 1 \frac{5}{8}'' + \text{loss splitter 2way} + \\ \text{loss splitter 3way} + \text{loss jumper 1m (dB)}$$

$$\text{Total Loss} = 0,8 \text{ dB} + 3,42 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 4,8 \text{ dB} + 1,28 \text{ dB} \\ = 13,3 \text{ dB}$$

Menghitung redaman perambatan sinyal dalam ruangan ( $L_{MF}$ ) sesuai

Persamaan (3-11) :

$$L_{MF} = L_F + L_C + \sum_{i=1}^l K_{Wi} L_{Wi} + K_f \left[ \frac{kf + 2}{kf + 1} - b \right] \cdot L_f \quad (\text{dB})$$

$$L_{MF} = 0 + 37 + \sum_{i=3}^3 K_{W3} L_{W3} + 3 \left[ \frac{3+2}{3+1} - 0,46 \right] \times 18,3 \\ = 37 + 31 + 43,371 \\ = 111,371 \text{ dB}$$

5. Menghitung EIRP antenna *Indoor* dengan Persamaan (3-13)

$$EIRP = P_{eff} - \text{Total Loss Perangkat Indoor} + \text{Gain antenna Indoor (dBm)}$$

➤ EIRP antenna *indoor omnidirectional* :

$$EIRP = P_{eff} - \text{Total Loss Perangkat Indoor} + \text{Gain antenna omni} \\ = 30,1 \text{ dBm} - 13,3 \text{ dB} + 2 \text{ dB} \\ = 18,8 \text{ dBm}$$

➤ EIRP antenna *indoor sectoral* :

$$EIRP = P_{eff} - \text{Total Loss Perangkat Indoor} + \text{Gain antenna sectoral} \\ = 30,1 \text{ dBm} - 13,3 \text{ dB} + 7 \text{ dB} \\ = 23,8 \text{ dBm}$$

6. Meenghitung nilai *Pathloss* ( $L_f$ ) berdasarkan rumus (3-14)

$$L_f = EIRP - \text{Redaman } L_{MF} - \text{MS Sensitivity} + \text{Gain Antena BS} - \text{Fast Fading} \\ \text{Margin (dB)}$$

$$\text{➤ Pathloss}_{\text{Omni}} = 18,8 - 111,371 - (-112,15) + 40 \text{ dBi} - 0 \\ = 59,58 \text{ dB}$$

$$\text{➤ Pathloss}_{\text{sectoral}} = 23,8 - 111,371 - (-112,15) + 40 \text{ dBi} - 0 \\ = 64,58 \text{ dB}$$



7. Menghitung nilai *coverage Distance* menggunakan *Pathloss* dari Persamaan (3-12)

Frekuensi Kerja HSDPA = 1920 – 1980 MHz (*Up Link*)  
2110 – 2170 MHz (*Down Link*)

$$\text{➤ } L_f = 32,4 + 20 \log f_c + 20 \log D$$

$$L_f = 32,4 + 20 \log f(\text{MHz}_{UL}) + 20 \log D (\text{km})$$

$$59,58 \text{ dB} = 32,4 + 20 \log 1920 + 20 \log D$$

$$59,58 \text{ dB} = 98,06 + 20 \log D$$

$$20 \log D = - 38,48$$

$$D = 0,01191 \text{ km} = 11,91 \text{ m}$$

$$\text{➤ } L_f = 32,4 + 20 \log f_c + 20 \log D$$

$$L_f = 32,4 + 20 \log f(\text{MHz}_{UL}) + 20 \log D (\text{km})$$

$$64,58 \text{ dB} = 32,4 + 20 \log 1980 + 20 \log D$$

$$64,58 \text{ dB} = 98,33 + 20 \log D$$

$$20 \log D = -33,75$$

$$D = 0,02053 \text{ km} = 20,53 \text{ m}$$

$$\text{➤ } L_f = 32,4 + 20 \log f_c + 20 \log D$$

$$L_f = 32,4 + 20 \log f(\text{MHz}_{DL}) + 20 \log D (\text{km})$$

$$59,58 \text{ dB} = 32,4 + 20 \log 2110 + 20 \log D$$

$$59,58 \text{ dB} = 98,88 + 20 \log D$$

$$20 \log D = - 39,3$$

$$D = 0,01083 \text{ km} = 10,83 \text{ m}$$

$$\text{➤ } L_f = 32,4 + 20 \log f_c + 20 \log D$$

$$L_f = 32,4 + 20 \log f(\text{MHz}_{DL}) + 20 \log D (\text{km})$$

$$64,58 \text{ dB} = 32,4 + 20 \log 2170 + 20 \log D$$

$$64,58 \text{ dB} = 99,12 + 20 \log D$$

$$20 \log D = - 34,54$$

$$D = 0,01874 \text{ km} = 18,74 \text{ m}$$

### 8. Kebutuhan Material

Berdasarkan perhitungan dan diagram desain *Indoor Base Station* maka kebutuhan material *Indoor Base Station* HSDPA pada MX Mall dapat didata sebagai berikut :

**Tabel 5.11** Kebutuhan Material IBS HSDPA di MX Mall

PERANGKAT	UNIT
<i>Micro</i> BTS output daya 20 W	1
Antena Radio gain 40 dBi	1
Antena <i>Omnidirectional indoor</i> gain 2dB	15
Antena <i>Sectoral indoor</i> gain 7dB	1
<i>Jumper</i>	54
<i>Feeder</i> 1 5/8" redaman 0,0342 dB/m	1698m
<i>Connector</i>	54
<i>Power Splitter</i> 2 way	5
<i>Power Splitter</i> 3 way	5

Sumber : Perencanaan dan *Survey* lapangan,2011

## 5.4 Tabel Link Budget

### 5.4.1 Lantai 1

Tabel 5.12 Link Budget Lantai 1

Parameter	A1/L1	A2/L1	A3/L1	A4/L1	A5/L1	A6/L1
Daya Output mBTS	43,01 dBm	43,01 dBm	43,01 dBm	43,01 dBm	43,01 dBm	43,01 dBm
Loading Factor	70%	70%	70%	70%	70%	70%
Daya Efektif mBTS	30,01 dBm	30,01 dBm	30,01 dBm	30,01 dBm	30,01 dBm	30,01 dBm
Redaman <i>Connector</i> (8buah)	0,8 dB	0,8 dB	0,8 dB	0,8 dB	0,8 dB	0,8 dB
Redaman <i>Feeder 1 5/8"</i> (3,42/100m)	0,65 dB	2,05 dB	3,32 dB	0,79 dB	2,36 dB	4,1 dB
Redaman <i>Splitter 2 way</i>	3 dB	3 dB	3 dB	3 dB	3 dB	3 dB
Redaman <i>Splitter 3 way</i>	4,8 dB	4,8 dB	4,8 dB	4,8 dB	4,8 dB	4,8 dB
Redaman <i>jumper 1meter</i>	1,28 dB	1,28 dB	1,28 dB	1,28 dB	1,28 dB	1,28 dB
Gain antena <i>indoor</i>	2 dB	2 dB	2 dB	2 dB	2 dB	7 dB
EIRP	21,84 dBm	20,08 dBm	18,81 dBm	21,34 dBm	19,77 dBm	23,03 dBm
Redaman dinding	31 dB	31 dB	31 dB	31 dB	31 dB	31 dB
<i>Rx Sensitivity</i>	-112,15 dBm	-112,15 dBm	-112,15 dBm	-112,15 dBm	-112,15 dBm	-112,15 dBm
<i>Path loss</i>	62,26 dB	60,86 dB	59,59 dB	62,12 dB	60,55 dB	63,81 dB
<i>Covergae distance</i>	15,49 m	13,18 m	10,44 m	15,22 m	12,71 m	17,54 m

Sumber : Perhitungan, 2011



## 5.4.2 Lantai 2

Tabel 5.13 Link Budget Lantai 2

Parameter	A1/L2	A2/L2	A3/L2	A4/L2	A5/L2
Daya Output mBTS	43,01 dBm	43,01 dBm	43,01 dBm	43,01 dBm	43,01 dBm
Loading Factor	70%	70%	70%	70%	70%
Daya Efektif mBTS	30,01 dBm	30,01 dBm	30,01 dBm	30,01 dBm	30,01 dBm
Redaman Connector (8buah)	0,8 dB	0,8 dB	0,8 dB	0,8 dB	0,8 dB
Redaman Feeder 1 5/8" (3,42/100m)	0,48 dB	1,61 dB	3,15 dB	1,74 dB	3,93 dB
Redaman Splitter 2 way	3 dB	3 dB	3 dB	3 dB	3 dB
Redaman Splitter 3 way	4,8 dB	4,8 dB	4,8 dB	4,8 dB	4,8 dB
Redaman jumper 1 meter	1,28 dB	1,28 dB	1,28 dB	1,28 dB	1,28 dB
Gain antena indoor	2 dB	2 dB	2 dB	2 dB	2 dB
EIRP	21,65 dBm	20,52 dBm	18,98 dBm	20,39 dBm	18,20 dBm
Redaman dinding	31 dB	31 dB	31 dB	31 dB	31 dB
Rx Sensitivity	-112,15 dBm	-112,15 dBm	-112,15 dBm	-112,15 dBm	-112,15 dBm
Path loss	62,43 dB	61,30 dB	59,76 dB	61,17 dB	58,98 dB
Covergae distance	15,78 m	13,85 m	11,6 m	13,65 m	10,6 m

Sumber : Perhitungan, 2011

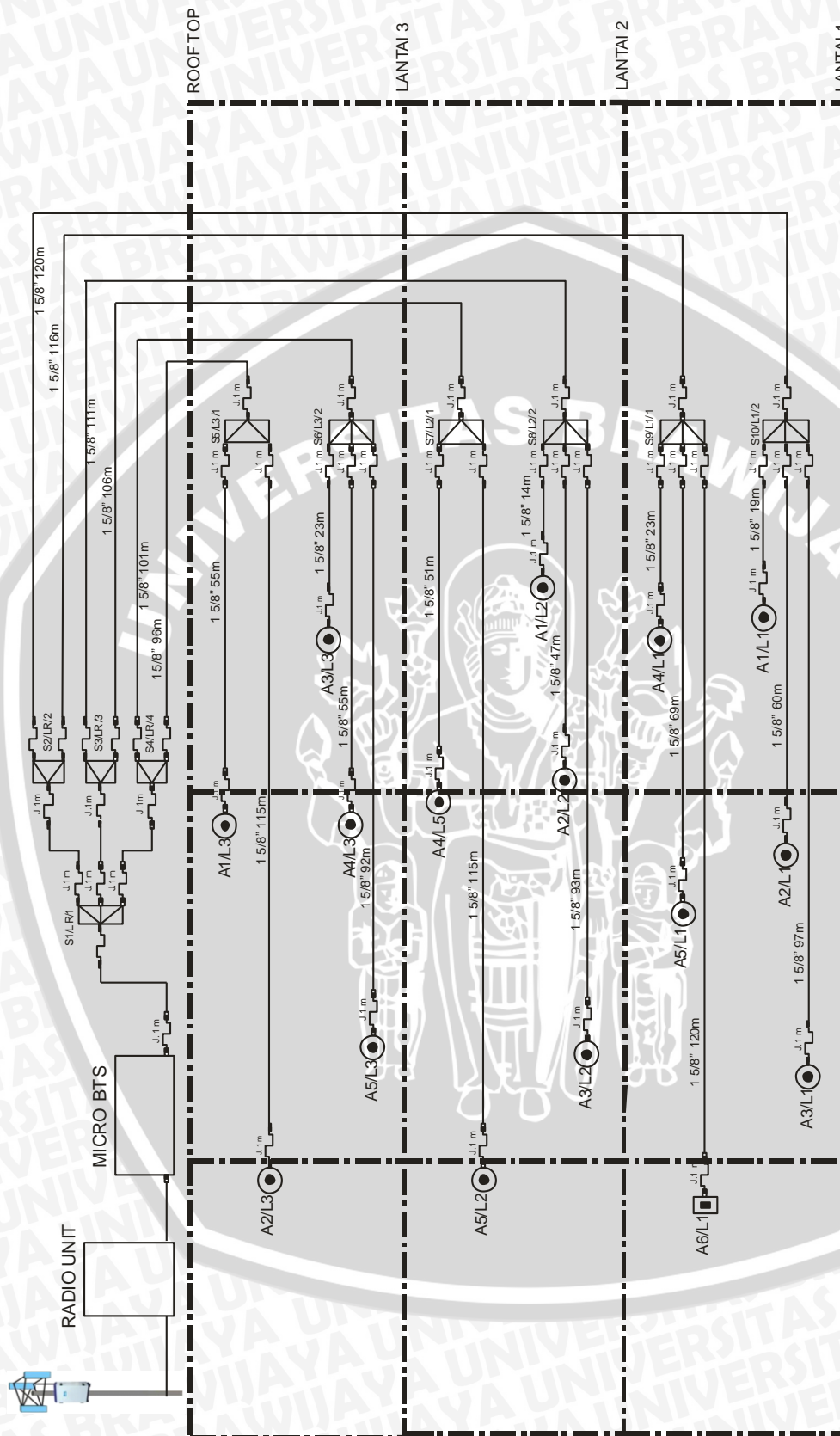
### 5.4.3 Lantai 3

**Tabel 5.14** *Link Budget* Lantai 3

<b>Parameter</b>	<b>A1/L3</b>	<b>A2/L3</b>	<b>A3/L3</b>	<b>A4/L3</b>	<b>A5/L3</b>
Daya Output mBTS	43,01 dBm	43,01 dBm	43,01 dBm	43,01 dBm	43,01 dBm
Loading Factor	70%	70%	70%	70%	70%
Daya Efektif mBTS	30,01 dBm	30,01 dBm	30,01 dBm	30,01 dBm	30,01 dBm
Redaman <i>Connector</i> (8buah)	0,8 dB	0,8 dB	0,8 dB	0,8 dB	0,8 dB
Redaman <i>Feeder 1 5/8"</i> (3,42/100m)	1,88 dB	3,93 dB	0,79 dB	1,88 dB	3,15 dB
Redaman <i>Splitter 2 way</i>	3 dB	3 dB	3 dB	3 dB	3 dB
Redaman <i>Splitter 3 way</i>	4,8 dB	4,8 dB	4,8 dB	4,8 dB	4,8 dB
Redaman <i>jumper 1meter</i>	1,28 dB	1,28 dB	1,28 dB	1,28 dB	1,28 dB
Gain antena <i>indoor</i>	2 dB	2 dB	2 dB	2 dB	2 dB
EIRP	20,5 dBm	18,2 dBm	21,34 dBm	20,25 dBm	18,98 dBm
Redaman dinding	31 dB	31 dB	31 dB	31 dB	31 dB
<i>Rx Sensitivity</i>	-112,15 dBm	-112,15 dBm	-112,15 dBm	-112,15 dBm	-112,15 dBm
<i>Path loss</i>	61,03 dB	58,98 dB	62,12 dB	61,03 dB	59,78 Db
<i>Covergae distance</i>	13,43	10,6 m	15,22 m	13,43 m	11,63 m

Sumber : Perhitungan, 2011

### 5.5 Diagram Perencanaan Micro BTS Indoor Base Station (IBS) HSDPA



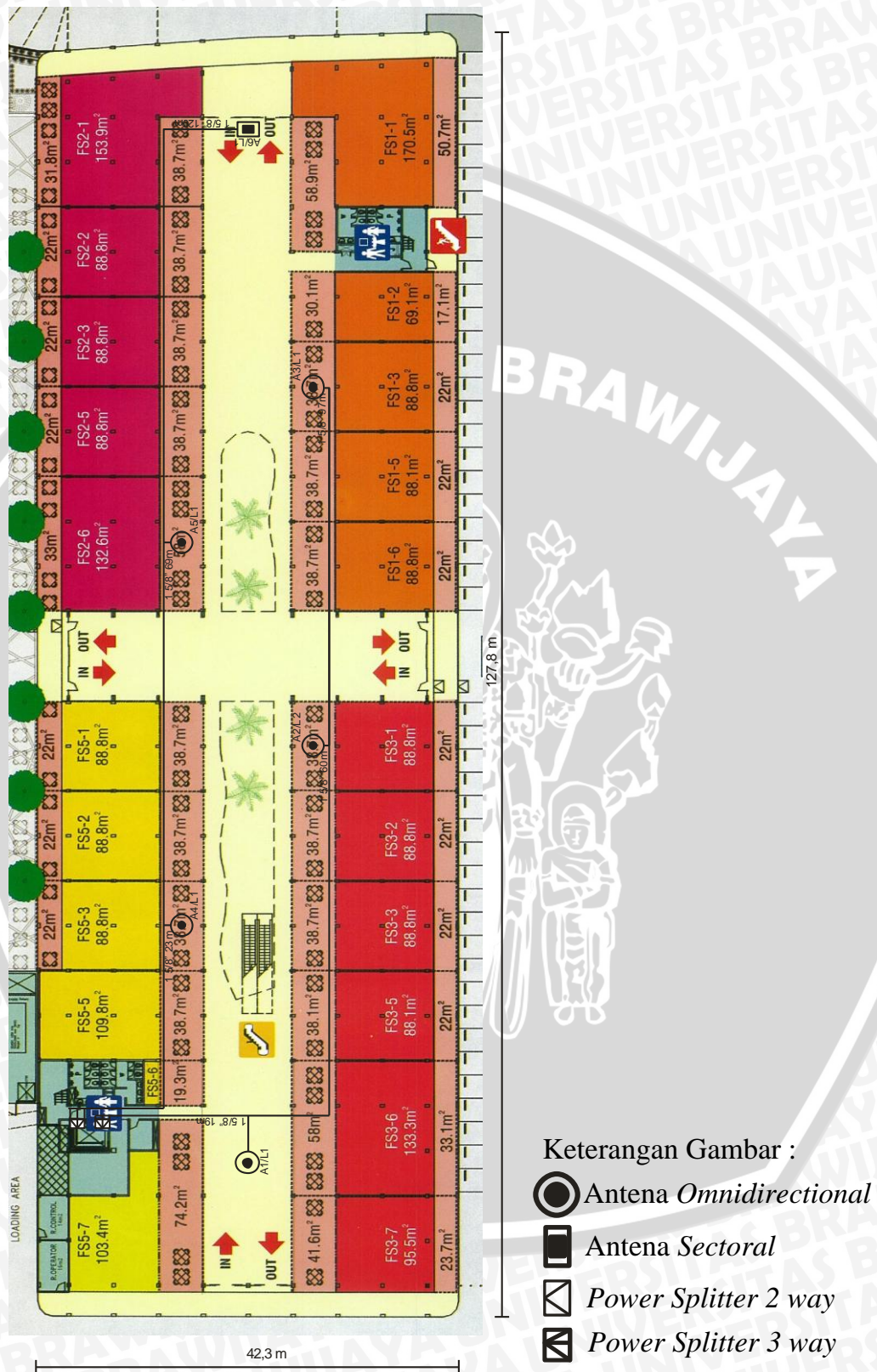
**Gambar 5.1** Diagram Perencanaan IBS HSDPA

Sumber : Perencanaan



## 5.6 Hasil Desain

### 5.6.1 Desain dan Konfigurasi IBS HSDPA lantai 1

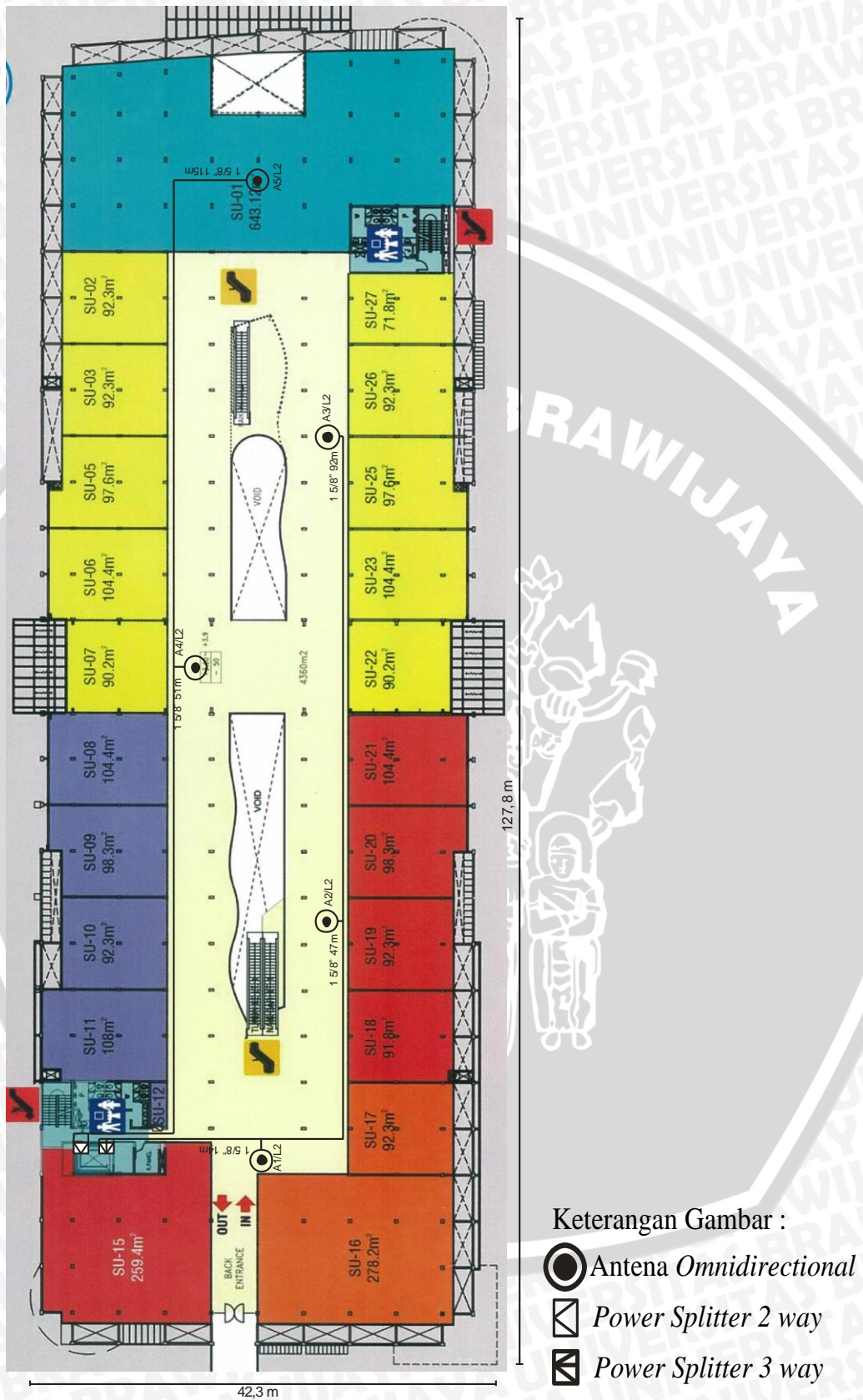


Gambar 5.2 Desain IBS HSDPA Lantai 1

Sumber: Perencanaan



5.6.2 Desain dan Konfigurasi IBS HSDPA lantai 2

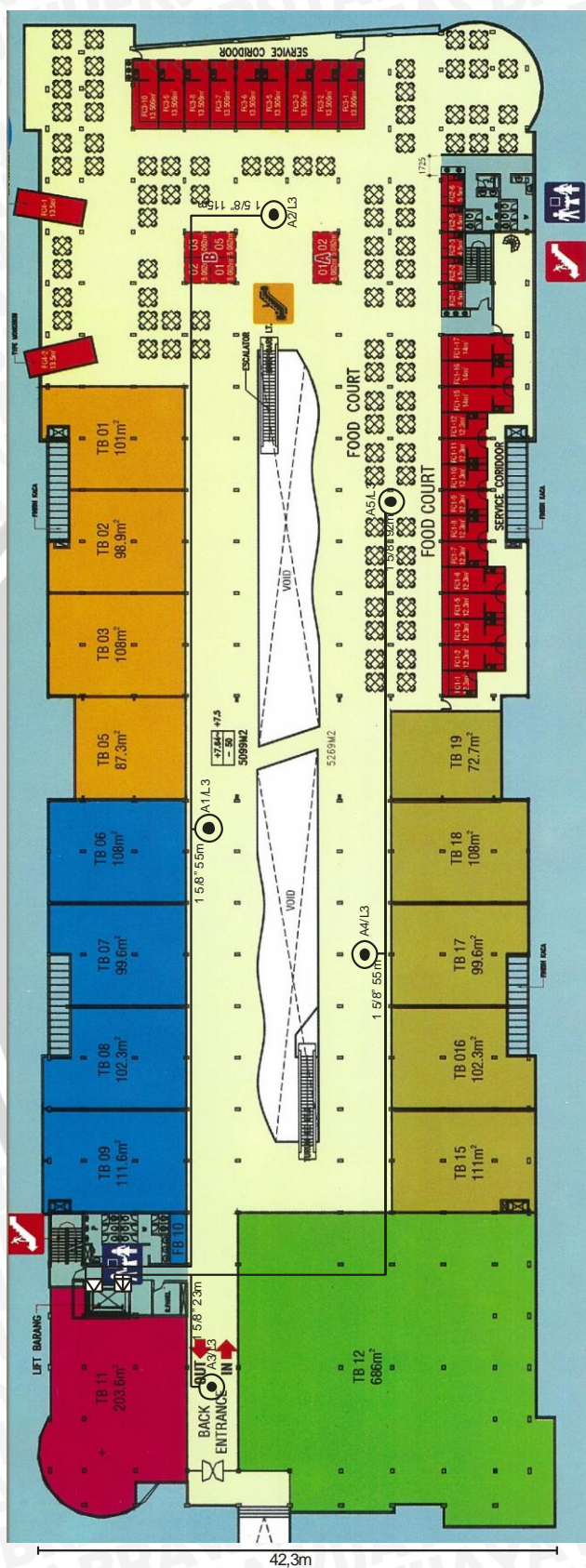


Gambar 5.3 Desain IBS HSDPA Lantai 2




Sumber: Perencanaan



5.6.3 Desain dan Konfigurasi IBS HSDPA lantai 3



Keterangan Gambar :

-  Antena Omnidirectional
-  Power Splitter 2 way
-  Power Splitter 3 way

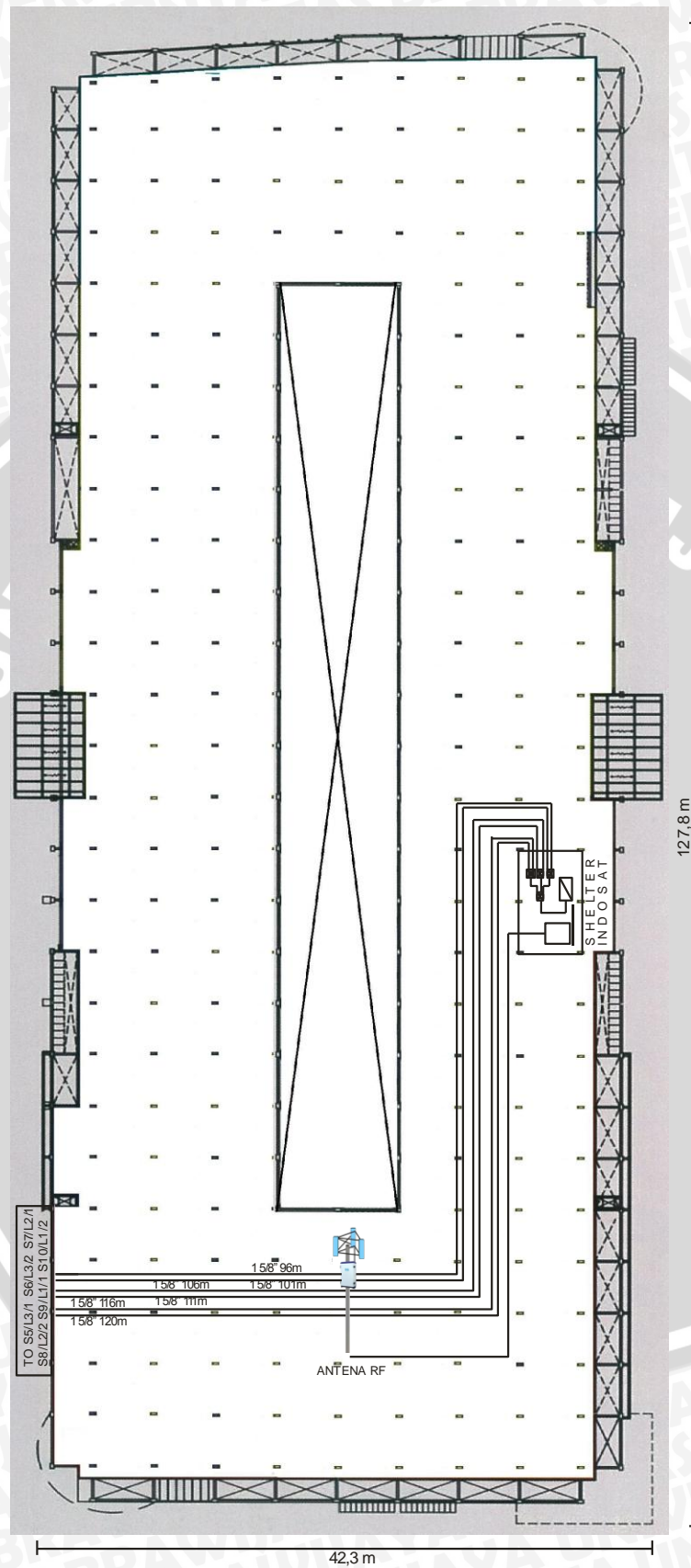
Gambar 5.4 Desain IBS HSDPA Lantai 3

Sumber: Perencanaan





### 5.6.4 Desain dan Konfigurasi *Micro* BTS IBS HSDPA di *Roof Top*



**Gambar 5.5** Desain IBS HSDPA *Roof Top*

Sumber: Perencanaan

## 5.7 Parameter Kualitas Perencanaan Desain *Micro* BTS (IBS) Gedung Bertingkat dengan Metode Akses HSDPA

### 5.7.1 Bit Error Rate (BER)

*Bit Error Rate* (BER) merupakan kualitas penransmisian dari sinyal yang diterima. Nilai BER diharapkan sekecil mungkin, agar ddidapat kualitas yang semakin baik. Nilai BER berhubungan dengan energi per bit sinyal tiap kecepatan daya *noise* ( $E_b/N_o$ ). Berikut ini nilai BER dari persamaan (3-15) :

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{N_o}}$$

#### 5.7.1.1 Bit Error Rate (BER) pada link MS ke MBTS lintasan *Up-link*

*Bit Error Rate* (BER) pada lintasan *Up-Link* dapat dicari dengan parameter-parameter yang berkaitan dengan perhitungan BER yaitu, *transmitter power* 23 dBm, sensitivitas *receiver* -112,15 dBm, *bandwidth* transmisi adalah 5 MHz, dan *bit rate* data 64 kbps, jarak antara MS ke MBTS 400 m, dan frekuensi *Up-link* yang digunakan adalah 1920-1980 MHz,  $\lambda = 0,16$  m.

Sehingga nilai BER dapat diketahui dari perhitungan-perhitungan sebagai berikut. Nilai rugi-rugi propagasi ( $L_p$ ) dapat dihitung dari persamaan (3-24) :

$$\begin{aligned} L_p &= 20 \log \left[ \frac{4\pi d}{\lambda} \right] \\ &= 20 \log \left[ \frac{4\pi 400}{0.16} \right] \\ &= 20 \log 31400 \\ &= 89,94 \text{ dB} \end{aligned}$$

Receiver power dapat diketahui nilai  $L_p = 89,94$  dan *transmitter power* = 23 dBm, maka berdasarkan persamaan (3-23) perhitungan *receiver power* ( $P_R$ ) adalah :

$$\begin{aligned} P_R &= P_T - L_p \\ &= 23 - 89,94 \\ &= -66,94 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Perhitungan *Signal to Noise Ratio* berdasarkan rumus (3-22) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{SNR} &= P_R - \text{Receiver sensitivity (dB)} \\ \text{SNR} &= -66,94 - (-112,15) \text{ dBm} \end{aligned}$$



$$SNR = 45,21 \text{ dB}$$

Sehingga dapat dihitung  $E_b/N_0$  dengan nilai bandwidth transmisi 5 MHz dan bit rate 64 kbps. Perhitungan  $E_b/N_0$  berdasarkan Persamaan (3-20) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_b / N_0 &= SNR + 10 \log \frac{B_w}{R_b} \\ &= 45,21 + 10 \log \frac{5 \cdot 10^6}{64 \cdot 10^3} \\ &= 45,21 + 18,93 \\ &= 64,14 \text{ dB} \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai BER berdasarkan Persamaan (3-15) :

$$\begin{aligned} BER &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{64,14} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(8,01) \end{aligned}$$

Karena nilai  $\operatorname{erfc}(x) > 4$ , maka diepergunakan Persamaan (3-18) :

$$\begin{aligned} \operatorname{erfc}(x) &= \frac{e^{-x^2}}{x\sqrt{\pi}} \\ &= \frac{e^{-8,01^2}}{8,01\sqrt{3,14}} \\ &= \frac{e^{-8,01^2}}{14,19} \\ &= 9,63 \cdot 10^{-30} \end{aligned}$$

Dengan didapatkan nilai  $\operatorname{erfc}(x) = 1,13 \cdot 10^{-29}$ , maka didapatkan nilai BER :

$$\begin{aligned} BER &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{64,14} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(8,01) \\ &= \frac{1}{2} (9,63 \cdot 10^{-30}) \end{aligned}$$

$$= 4,81 \cdot 10^{-30}$$

### 1. BER pada link MBTS ke Node B *Up link*

Dengan perhitungan dan spesifikasi yang telah diketahui diatas dan jarak antara MBTS ke Node B IKIP adalah 2,3km, maka didapatkan nilai BER :

$$\begin{aligned} BER &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{48,95} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(6,99) \end{aligned}$$

Karena nilai  $\operatorname{erfc}(x) > 4$ , maka diepergunakan Persamaan (3-18) :

$$\begin{aligned} \operatorname{erfc}(x) &= \frac{e^{-x^2}}{x\sqrt{\pi}} \\ &= \frac{e^{-6,99^2}}{6,99\sqrt{3,14}} \\ &= \frac{e^{-6,99^2}}{12,39} \\ &= 4,87 \cdot 10^{-23} \end{aligned}$$

Dengan didapatkan nilai  $\operatorname{erfc}(x) = 4,87 \cdot 10^{-23}$ , maka didapatkan nilai BER :

$$\begin{aligned} BER &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{48,95} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(6,99) \\ &= \frac{1}{2} (4,87 \cdot 10^{-23}) \\ &= 2,435 \cdot 10^{-23} \end{aligned}$$

### 2. BER pada link Node B ke RNC *Up link*

Dengan perhitungan dan spesifikasi yang telah diketahui diatas dan jarak antara Node B IKIP ke RNC Sawojajar adalah 5,9 km, maka didapatkan nilai BER :



$$\begin{aligned}
 BER &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{40,77} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(6,38)
 \end{aligned}$$

Karena nilai  $\operatorname{erfc}(x) > 4$ , maka diepergunakan Persamaan (3-18) :

$$\begin{aligned}
 \operatorname{erfc}(x) &= \frac{e^{-x^2}}{x\sqrt{\pi}} \\
 &= \frac{e^{-6,38^2}}{6,38\sqrt{3,14}} \\
 &= \frac{e^{-6,38^2}}{11,3} \\
 &= 1,86 \cdot 10^{-19}
 \end{aligned}$$

Dengan didapatkan nilai  $\operatorname{erfc}(x) = 1,86 \cdot 10^{-19}$ , maka didapatkan nilai BER :

$$\begin{aligned}
 BER &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{40,77} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(6,38) \\
 &= \frac{1}{2} (1,86 \cdot 10^{-19}) \\
 &= 9,29 \cdot 10^{-20}
 \end{aligned}$$

### 3. BER pada link RNC ke MSC Up link

Dengan perhitungan dan spesifikasi yang telah diketahui diatas dan jarak antara RNC Sawojajar ke MSC Letjen Sutoyo adalah 5,2 km, maka didapatkan nilai BER :

$$\begin{aligned}
 BER &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{41,86}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(6,47)$$

Karena nilai  $\operatorname{erfc}(x) > 4$ , maka diepergunakan Persamaan (3-18) :

$$\begin{aligned} \operatorname{erfc}(x) &= \frac{e^{-x^2}}{x\sqrt{\pi}} \\ &= \frac{e^{-6,47^2}}{6,47\sqrt{3,14}} \\ &= \frac{e^{-6,47^2}}{11,46} \\ &= 5,76 \cdot 10^{-20} \end{aligned}$$

Dengan didapatkan nilai  $\operatorname{erfc}(x) = 5,76 \cdot 10^{-20}$ , maka didapatkan nilai BER :

$$\begin{aligned} \text{BER} &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{41,86} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(6,47) \\ &= \frac{1}{2} (5,76 \cdot 10^{-20}) \\ &= 2,88 \cdot 10^{-20} \end{aligned}$$

### 5.7.1.2 BER pada link MBTS ke MS lintasan *Down Link*

*Bit Error Rate* (BER) pada lintasan *Down-Link* dapat dicari dengan parameter-parameter yang berkaitan dengan perhitungan BER yaitu, *transmitter power* 43 dBm, sensitivitas *receiver* -112,15 dBm, *bandwidth* transmisi adalah 5 MHz, dan *bit rate* data 64 kbps, jarak antara MS ke MBTS 400 m, dan frekuensi *Down-link* yang digunakan adalah 2110-2170 MHz,  $\lambda = 0,14$  m.

Sehingga nilai BER dapat diketahui dari perhitungan-perhitungan sebagai berikut.

Nilai rugi-rugi propagasi ( $L_p$ ) dapat dihitung dari persamaan (3-24) :

$$\begin{aligned} L_p &= 20 \log \left[ \frac{4\pi d}{\lambda} \right] \\ &= 20 \log \left[ \frac{4\pi 400}{0,14} \right] \end{aligned}$$



$$= 20 \log 35885,71$$

$$= 91,1 \text{ dB}$$

*Receiver power* dapat diketahui nilai  $L_p = 91,1$  dan *transmitter power* = 43 dBm, maka berdasarkan persamaan (3-23) perhitungan *receiver power* ( $P_R$ ) adalah :

$$P_R = P_T - L_p$$

$$= 43 - 91,1$$

$$= -48,1 \text{ dBm}$$

Perhitungan *Signal to Noise Ratio* berdasarkan rumus (3-22) sebagai berikut :

$$SNR = P_R - \text{Receiver sensitivity (dB)}$$

$$= -48,1 - (-112,15) \text{ dBm}$$

$$= 64,05 \text{ dB}$$

Sehingga dapat dihitung  $E_b/N_0$  dengan nilai *bandwidth* transmisi 5 MHz dan *bit rate* 64 kbps. Perhitungan  $E_b/N_0$  berdasarkan Persamaan (3-20) sebagai berikut :

$$E_b / N_0 = SNR + 10 \log \frac{B_w}{R_b}$$

$$= 64,05 + 10 \log \frac{5 \cdot 10^6}{64 \cdot 10^3}$$

$$= 64,05 + 18,93$$

$$= 82,98 \text{ dB}$$

Maka didapatkan nilai BER berdasarkan Persamaan (3-15) :

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{N_0}}$$

$$= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{82,98}$$

$$= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(9,12)$$

Karena nilai  $\operatorname{erfc}(x) > 4$ , maka diepergunakan Persamaan (3-18) :

$$\operatorname{erfc}(x) = \frac{e^{-x^2}}{x\sqrt{\pi}}$$

$$= \frac{e^{-9,12^2}}{9,12\sqrt{3,14}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{e^{-9,12^2}}{16,16} \\
 &= 4,67 \cdot 10^{-38}
 \end{aligned}$$

Dengan didapatkan nilai  $erfc(x) = 4,67 \cdot 10^{-38}$ , maka didapatkan nilai BER :

$$\begin{aligned}
 BER &= \frac{1}{2} erfc \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\
 &= \frac{1}{2} erfc \sqrt{82,98} \\
 &= \frac{1}{2} erfc(9,12) \\
 &= \frac{1}{2} (4,67 \cdot 10^{-38}) \\
 &= 2,33 \cdot 10^{-38}
 \end{aligned}$$

### 1. BER pada link MBTS ke Node B *Down link*

Dengan perhitungan dan spesifikasi yang telah diketahui diatas dan jarak antara MBTS ke Node B IKIP adalah 2,3 km, maka didapatkan nilai BER :

$$\begin{aligned}
 BER &= \frac{1}{2} erfc \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\
 &= \frac{1}{2} erfc \sqrt{67,79} \\
 &= \frac{1}{2} erfc(8,23)
 \end{aligned}$$

Karena nilai  $erfc(x) > 4$ , maka diepergunakan Persamaan (3-18) :

$$\begin{aligned}
 erfc(x) &= \frac{e^{-x^2}}{x\sqrt{\pi}} \\
 &= \frac{e^{-8,23^2}}{8,23\sqrt{3,14}} \\
 &= \frac{e^{-8,23^2}}{14,6} \\
 &= 2,63 \cdot 10^{-31}
 \end{aligned}$$

Dengan didapatkan nilai  $erfc(x) = 2,63 \cdot 10^{-31}$ , maka didapatkan nilai BER :

$$\begin{aligned}
 BER &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{67,79} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(8,23) \\
 &= \frac{1}{2} (2,63 \cdot 10^{-31}) \\
 &= 1,315 \cdot 10^{-31}
 \end{aligned}$$

## 2. BER pada link Node B ke RNC Down link

Dengan perhitungan dan spesifikasi yang telah diketahui diatas dan jarak antara Node B IKIP ke RNC Sawojajar adalah 5,9 km, maka didapatkan nilai BER :

$$\begin{aligned}
 BER &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{59,61} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(7,72)
 \end{aligned}$$

Karena nilai  $\operatorname{erfc}(x) > 4$ , maka diepergunakan Persamaan (3-18) :

$$\begin{aligned}
 \operatorname{erfc}(x) &= \frac{e^{-x^2}}{x\sqrt{\pi}} \\
 &= \frac{e^{-7,72^2}}{7,72\sqrt{3,14}} \\
 &= \frac{e^{-7,72^2}}{13,68} \\
 &= 9,56 \cdot 10^{-28}
 \end{aligned}$$

Dengan didapatkan nilai  $\operatorname{erfc}(x) = 9,56 \cdot 10^{-28}$ , maka didapatkan nilai BER :

$$\begin{aligned}
 BER &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{59,61} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(7,72)
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} (9,56 \cdot 10^{-28}) \\
 &= 4,78 \cdot 10^{-28}
 \end{aligned}$$

### 3. BER pada link RNC ke MSC *Down link*

Dengan perhitungan dan spesifikasi yang telah diketahui diatas dan jarak antara RNC Sawojajar ke MSC Letjen Sutoyo adalah 5,2 km, maka didapatkan nilai BER :

$$\begin{aligned}
 BER &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{60,7} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(7,79)
 \end{aligned}$$

Karena nilai  $\operatorname{erfc}(x) > 4$ , maka diepergunakan Persamaan (3-18) :

$$\begin{aligned}
 \operatorname{erfc}(x) &= \frac{e^{-x^2}}{x\sqrt{\pi}} \\
 &= \frac{e^{-7,79^2}}{7,79\sqrt{3,14}} \\
 &= \frac{e^{-7,79^2}}{13,8} \\
 &= 3,2 \cdot 10^{-28}
 \end{aligned}$$

Dengan didapatkan nilai  $\operatorname{erfc}(x) = 3,2 \cdot 10^{-28}$ , maka didapatkan nilai BER :

$$\begin{aligned}
 BER &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{60,7} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(7,79) \\
 &= \frac{1}{2} (3,2 \cdot 10^{-28}) \\
 &= 1,6 \cdot 10^{-28}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya diperoleh probabilitas bit error ( $\rho$ ) atau BER dalam jaringan transmisi *originating* MS ke *terminating* MS adalah :

$$\begin{aligned}\rho &= 1 - \{(1 - \rho_1)(1 - \rho_2)(1 - \rho_3)\} \\ &= 1 - \{(1 - 4,81 \cdot 10^{-30})(1 - 4,78 \cdot 10^{-28})(1 - 2,33 \cdot 10^{-38})\} \\ &= 1,192 \cdot 10^{-12}\end{aligned}$$

### 5.7.1.3 Pengaruh Jarak Terhadap Performansi BER ke User

#### 1. Lintasan Uplink

Untuk A1/L1 dengan  $d = 139$  m, maka perhitungan BER adalah sebagai berikut:

Nilai rugi-rugi propagasi ( $L_p$ ) dapat dihitung dari Persamaan (3-24) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}L_p &= 20 \log \left[ \frac{4\pi d}{\lambda} \right] \\ &= 20 \log \left[ \frac{4\pi 139}{0,16} \right] \\ &= 20 \log 10911,5 \\ &= 80,76 \text{ dB}\end{aligned}$$

Receiver power dapat diketahui nilai  $L_p = 80,76$  dan *transmitter power* = 23 dBm, maka berdasarkan persamaan (3-23) perhitungan *receiver power* ( $P_R$ ) adalah :

$$\begin{aligned}P_R &= P_T - L_p \\ &= 23 - 80,76 \\ &= -57,76 \text{ dBm}\end{aligned}$$

Perhitungan *Signal to Noise Ratio* berdasarkan rumus (3-22) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}SNR &= P_R - \text{Receiver sensitivity (dB)} \\ &= -57,76 - (-112,15) \text{ dBm} \\ &= 54,39 \text{ dB}\end{aligned}$$

Sehingga dapat dihitung  $E_b/N_0$  dengan nilai *bandwidth* transmisi 5 MHz dan *bit rate* 64 kbps. Perhitungan  $E_b/N_0$  berdasarkan Persamaan (3-20) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}E_b / N_0 &= SNR + 10 \log \frac{B_w}{R_b} \\ &= 54,39 + 10 \log \frac{5 \cdot 10^6}{64 \cdot 10^3}\end{aligned}$$

$$= 54,39 + 18,93$$

$$= 73,32 \text{ dB}$$

Maka didapatkan nilai BER berdasarkan Persamaan (3-15) :

$$\begin{aligned} BER &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{73,32} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(8,56) \end{aligned}$$

Karena nilai  $\operatorname{erfc}(x) > 4$ , maka diepergunakan Persamaan (3-18) :

$$\begin{aligned} \operatorname{erfc}(x) &= \frac{e^{-x^2}}{x\sqrt{\pi}} \\ &= \frac{e^{-8,56^2}}{8,56\sqrt{3,14}} \\ &= \frac{e^{-8,56^2}}{15,17} \\ &= 9,92 \cdot 10^{-34} \end{aligned}$$

Dengan didapatkan nilai  $\operatorname{erfc}(x) = 1,13 \cdot 10^{-29}$ , maka didapatkan nilai BER :

$$\begin{aligned} BER &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{73,32} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(8,56) \\ &= \frac{1}{2} (9,92 \cdot 10^{-34}) \\ &= 4,96 \cdot 10^{-34} \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama seperti diatas maka dapat diperoleh perhitungan performansi BER (*Bit Error Rate*) Up Link tiap lantai sebagai berikut :



**Tabel 5.15 Perhitungan BER Lantai 1 Up Link**

Antena	Jarak MS-Mbts (d) meter	SNR	Eb/No	BER
A1/L1	139	54,39	73,32	$4,96 \cdot 10^{-34}$
A2/L1	180	52,15	71,08	$4,59 \cdot 10^{-33}$
A3/L1	217	50,52	69,45	$2,48 \cdot 10^{-32}$
A4/L1	139	54,39	73,32	$4,96 \cdot 10^{-34}$
A5/L1	185	51,91	70,84	$5,44 \cdot 10^{-33}$
A6/L1	236	49,8	68,73	$4,85 \cdot 10^{-32}$

Sumber : Perhitungan, 2011

**Tabel 5.16 Perhitungan BER Lantai 2 Up Link**

Antena	Jarak MS-Mbts (d) meter	SNR	Eb/No	BER
A1/L2	125	55,32	74,25	$1,76 \cdot 10^{-34}$
A2/L2	158	53,28	72,21	$1,39 \cdot 10^{-33}$
A3/L2	204	51,06	69,99	$1,27 \cdot 10^{-32}$
A4/L2	157	53,34	72,27	$1,39 \cdot 10^{-33}$
A5/L2	221	50,37	69,30	$2,93 \cdot 10^{-32}$

Sumber : Perhitungan, 2011

**Tabel 5.17 Perhitungan BER Lantai 3 Up Link**

Antena	Jarak MS-Mbts (d) meter	SNR	Eb/No	BER
A1/L3	151	53,67	72,60	$9,87 \cdot 10^{-34}$
A2/L3	211	50,77	69,70	$1,77 \cdot 10^{-32}$
A3/L3	124	55,48	74,41	$1,48 \cdot 10^{-34}$
A4/L3	156	53,39	72,32	$1,39 \cdot 10^{-33}$
A5/L3	193	51,55	70,48	$7,63 \cdot 10^{-33}$

Sumber : Perhitungan, 2011

## 2. Lintasan Down Link :

Untuk A1/L1 dengan  $d = 139$  m, maka perhitungan BER adalah sebagai berikut:

Nilai rugi-rugi propagasi ( $L_p$ ) dapat dihitung dari Persamaan (3-24) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_p &= 20 \log \left[ \frac{4\pi d}{\lambda} \right] \\ &= 20 \log \left[ \frac{4\pi 139}{0.14} \right] \\ &= 20 \log 12470,28 \\ &= 81,92 \text{ dB} \end{aligned}$$

Receiver power dapat diketahui nilai  $L_p = 81,92$  dan transmitter power = 43 dBm, maka berdasarkan persamaan (3-23) perhitungan receiver power ( $P_R$ ) adalah :

$$\begin{aligned} P_R &= P_T - L_p \\ &= 43 - 81,92 \\ &= -38,92 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Perhitungan Signal to Noise Ratio berdasarkan rumus (3-22) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{SNR} &= P_R - \text{Receiver sensitivity (dB)} \\ &= -38,92 - (-112,15) \text{ dBm} \\ &= 73,23 \text{ dB} \end{aligned}$$

Sehingga dapat dihitung  $E_b/N_0$  dengan nilai bandwidth transmisi 5 MHz dan bit rate 64 kbps. Perhitungan  $E_b/N_0$  berdasarkan Persamaan (3-20) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_b / N_0 &= \text{SNR} + 10 \log \frac{B_w}{R_b} \\ &= 73,23 + 10 \log \frac{5 \cdot 10^6}{64 \cdot 10^3} \\ &= 73,23 + 18,93 \\ &= 92,16 \text{ dB} \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai BER berdasarkan Persamaan (3-15) :

$$\begin{aligned} \text{BER} &= \frac{1}{2} \text{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \\ &= \frac{1}{2} \text{erfc} \sqrt{92,16} \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(9,6)$$

Karena nilai  $\operatorname{erfc}(x) > 4$ , maka dipergunakan Persamaan (3-18) :

$$\begin{aligned} \operatorname{erfc}(x) &= \frac{e^{-x^2}}{x\sqrt{\pi}} \\ &= \frac{e^{-9,6^2}}{9,6\sqrt{3,14}} \\ &= \frac{e^{-9,6^2}}{17,01} \\ &= 5,55 \cdot 10^{-42} \end{aligned}$$

Dengan didapatkan nilai  $\operatorname{erfc}(x) = 1,13 \cdot 10^{-29}$ , maka didapatkan nilai BER :

$$\begin{aligned} \text{BER} &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{92,16} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(9,6) \\ &= \frac{1}{2} (5,55 \cdot 10^{-42}) \\ &= 2,78 \cdot 10^{-42} \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama seperti diatas maka dapat diperoleh perhitungan performansi BER (*Bit Error Rate*) Down Link tiap lantai sebagai berikut :

**Tabel 5.18 Perhitungan BER Lantai 1 Down Link**

Antena	Jarak MS-Mbts (d) meter	SNR	Eb/No	BER
A1/L1	139	73,23	92,16	$2,78 \cdot 10^{-42}$
A2/L1	180	70,99	89,92	$2,78 \cdot 10^{-41}$
A3/L1	217	91,44	110,37	$3,53 \cdot 10^{-50}$
A4/L1	139	73,23	92,16	$2,78 \cdot 10^{-42}$
A5/L1	185	87,83	106,76	$1,24 \cdot 10^{-48}$
A6/L1	236	68,64	87,54	$2,69 \cdot 10^{-40}$

Sumber : Perhitungan, 2011



**Tabel 5.19 Perhitungan BER Lantai 2 Down Link**

Antena	Jarak MS-Mbts (d) meter	SNR	Eb/No	BER
A1/L2	125	74,16	93,09	$1,05 \cdot 10^{-42}$
A2/L2	158	72,12	91,05	$8,81 \cdot 10^{-42}$
A3/L2	204	69,9	88,83	$8,86 \cdot 10^{-41}$
A4/L2	157	72,15	91,08	$8,81 \cdot 10^{-42}$
A5/L2	221	69,21	88,14	$1,53 \cdot 10^{-40}$

Sumber : Perhitungan, 2011

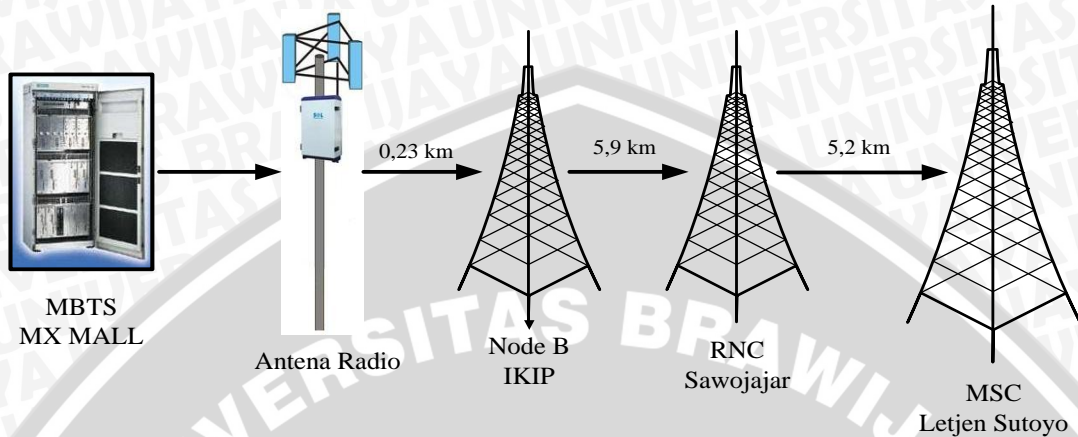
**Tabel 5.20 Perhitungan BER Lantai 3 Down Link**

Antena	Jarak MS-Mbts (d) meter	SNR	Eb/No	BER
A1/L3	151	72,51	91,44	$6 \cdot 10^{-42}$
A2/L3	211	69,61	88,54	$1,05 \cdot 10^{-40}$
A3/L3	124	74,23	93,16	$1,05 \cdot 10^{-42}$
A4/L3	156	72,23	91,16	$7,27 \cdot 10^{-42}$
A5/L3	193	70,38	89,91	$2,77 \cdot 10^{-41}$

Sumber : Perhitungan, 2011

### 5.7.2 Delay

*Delay* yang terjadi adalah karena transmisi sinyal memerlukan waktu dari sumber ke tujuan jaringan komunikasi. *Delay* yang terjadi secara keseluruhan melewati node-node sebagai berikut :



**Gambar 5.6** Jaringan HSDPA Indosat

Sumber : Perencanaan dan *Survey* lapangan, 2011

#### 5.7.2.1 Delay Transmisi

*Delay* transmisi tiap-tiap node tergantung pada jumlah bit data yang ditransmisikan ( $l$ ), serta kapasitas saluran transmisi data yang digunakan ( $C_{link}$ ) yang biasa disebut pula sebagai kecepatan transmisi. Besarnya *delay* transmisi tiap *node* dapat dihitung sesuai dengan persamaan (3-26), yaitu :

$$t_{T(n)} = \frac{(l + l')}{C_{Link}}$$

#### 1. *Delay* Transmisi antara MS (*Mobile Station*) – MBTS (*Micro Base Tranceiver Station*)

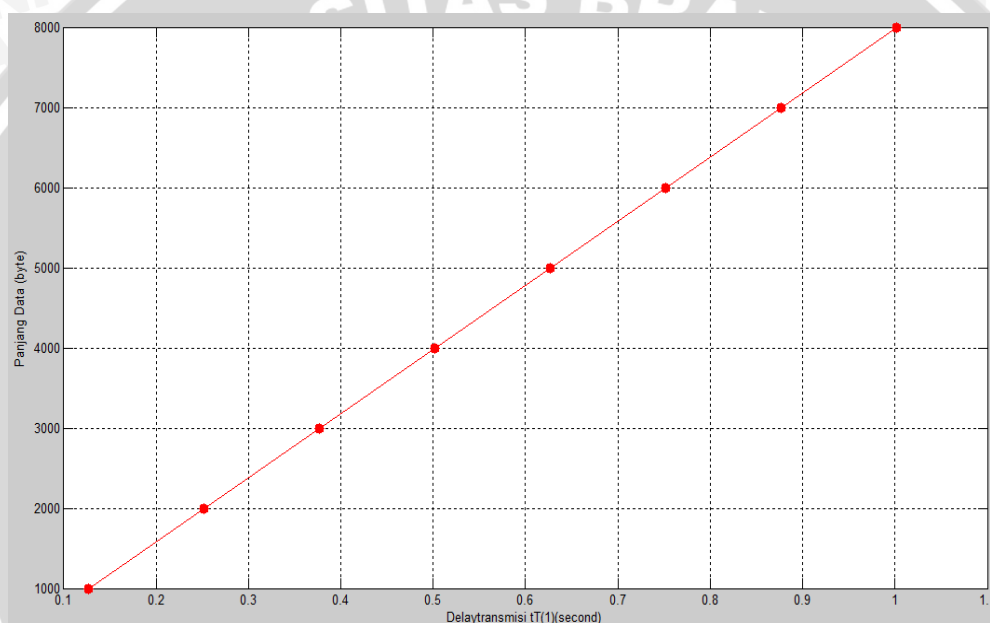
MS (*Mobile Station*) terhubung dengan MBTS (*Micro Base Tranceiver Station*) menggunakan kapasitas saluran 64kbps untuk layanan data *indoor*. Panjang data adalah  $l = 1000 \text{ byte} = 8000 \text{ bit}$ , dan  $l' = 16 \text{ byte} = 128 \text{ bit}$ . Maka besarnya *delay* transmisi  $t_{T(1)}$  adalah :

$$t_{T(1)} = \frac{(8000 + 128)}{64 \cdot 10^3 \text{ bps}} = 0,127$$

**Tabel 5.21** Delay Transmisi MS-MBTS ( $t_{T(1)}$ ) untuk panjang data berbeda

Panjang Data ( <i>byte</i> )	Panjang Data ( <i>bit</i> )	$t_{T(1)}$ ( <i>second</i> )
1000	8000	0,127
2000	16000	0,252
3000	24000	0,377
4000	32000	0,502
5000	40000	0,627
6000	48000	0,752
7000	56000	0,877
8000	64000	1,002

Sumber : Perhitungan, 2011



**Gambar 5.7** Grafik Delay Transmisi MS-MBTS ( $t_{T(1)}$ )  
untuk panjang data berbeda

Sumber: Tabel 5.20

## 2. Delay Transmisi antara MBTS (*Micro Base Tranceiver Station*) – Node B

MBTS (*Micro Base Tranceiver Station*) terhubung dengan Node B dengan menggunakan link 3E-1 (3 *signaling link*), kapasitas transmisi menggunakan 3 *signaling link* = 192 kbps. Panjang data adalah  $l = 1000 \text{ byte} = 8000 \text{ bit}$ , dan  $l' = 16 \text{ byte} = 128 \text{ bit}$ . Maka besarnya delay transmisi  $t_{T(2)}$  adalah :

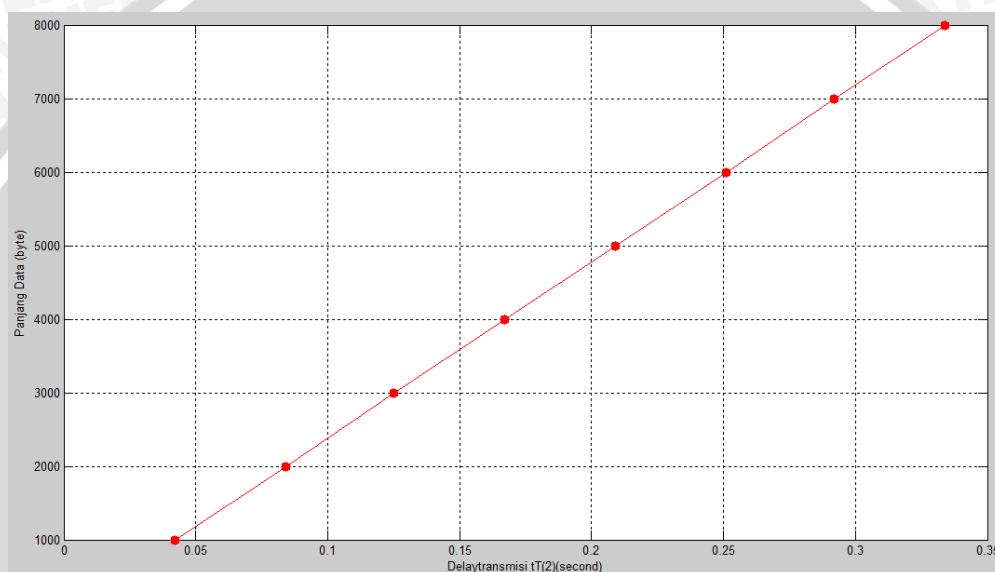
$$t_{T(2)} = \frac{(8000 + 128)}{192 \cdot 10^3 \text{ bps}} = 0,042$$



**Tabel 5.22** Delay Transmisi MBTS-Node B ( $t_{T(2)}$ ) untuk panjang data berbeda

Panjang Data ( <i>byte</i> )	Panjang Data ( <i>bit</i> )	$t_{T(2)}$ ( <i>second</i> )
1000	8000	0,042
2000	16000	0,084
3000	24000	0,125
4000	32000	0,167
5000	40000	0,209
6000	48000	0,251
7000	56000	0,292
8000	64000	0,334

Sumber : Perhitungan, 2011



**Gambar 5.8** Grafik Delay Transmisi MBTS-Node B ( $t_{T(2)}$ ) untuk panjang data berbeda

Sumber: Tabel 5.21

### 3. Delay transmisi antara Node B – RNC (*Radio Network Controller*)

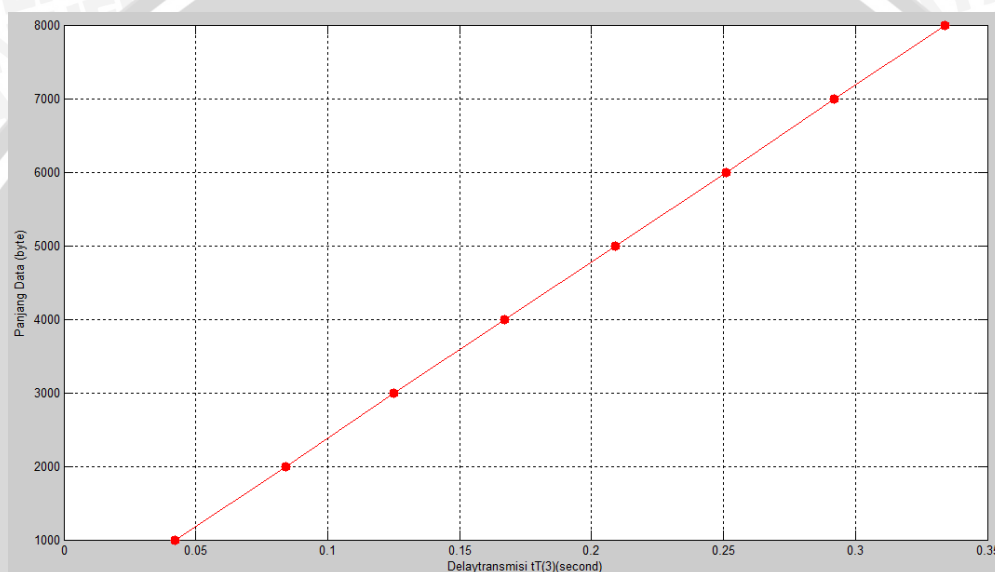
Node B terhubung dengan RNC (*Radio Network Controller*) dengan menggunakan link 3E-1 (3 *signaling link*), kapasitas transmisi menggunakan 3 *signaling link* = 192 kbps. Panjang data adalah  $l = 1000 \text{ byte} = 8000 \text{ bit}$ , dan  $l' = 16 \text{ byte} = 128 \text{ bit}$ . Maka besarnya delay transmisi  $t_{T(3)}$  adalah :

$$t_{T(3)} = \frac{(8000 + 128)}{192 \cdot 10^3 \text{ bps}} = 0,042$$

**Tabel 5.23** Delay Transmisi Node B-RNC ( $t_{T(3)}$ ) untuk panjang data berbeda

Panjang Data ( <i>byte</i> )	Panjang Data ( <i>bit</i> )	$t_{T(3)}$ ( <i>second</i> )
1000	8000	0,042
2000	16000	0,084
3000	24000	0,125
4000	32000	0,167
5000	40000	0,209
6000	48000	0,251
7000	56000	0,292
8000	64000	0,334

Sumber : Perhitungan, 2011



**Gambar 5.9** Grafik Delay Transmisi Node B-RNC ( $t_{T(3)}$ ) untuk panjang data berbeda

Sumber: Tabel 5.22

#### 4. Delay transmisi antara RNC (*Radio Network Controller*) – MSC (*Mobile Switching Center*)

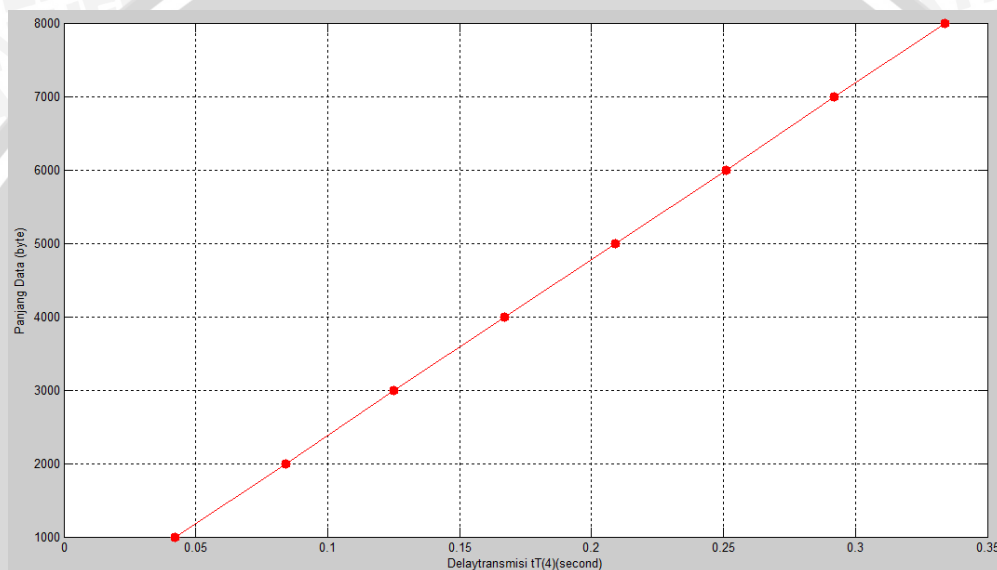
RNC (*Radio Network Controller*) terhubung dengan MSC (*Mobile Switching Center*) dengan menggunakan link  $3E-1$  (3 *signaling link*), kapasitas transmisi menggunakan 3 *signaling link* = 192 kbps. Panjang data adalah  $l = 1000 \text{ byte} = 8000 \text{ bit}$ , dan  $l' = 16 \text{ byte} = 128 \text{ bit}$ . Maka besarnya delay transmisi  $t_{T(4)}$  adalah :

$$t_{T(4)} = \frac{(8000 + 128)}{192 \cdot 10^3 \text{ bps}} = 0,042$$

**Tabel 5.24** Delay Transmisi RNC-MSC ( $t_{T(4)}$ ) untuk panjang data berbeda

Panjang Data (byte)	Panjang Data (bit)	$t_{T(4)}$ (second)
1000	8000	0,042
2000	16000	0,084
3000	24000	0,125
4000	32000	0,167
5000	40000	0,209
6000	48000	0,251
7000	56000	0,292
8000	64000	0,334

Sumber : Perhitungan, 2011



**Gambar 5.10** Grafik Delay Transmisi RNC-MSC ( $t_{T(4)}$ ) untuk panjang data berbeda

Sumber: Tabel 5.23

##### 5. Delay transmisi antara MSC (*Mobile Switching Center*) – RNC (*Radio Network Controller*)

MSC (*Mobile Switching Center*) terhubung dengan RNC (*Radio Network Controller*) dengan menggunakan link 3E-1 (3 *signaling link*), kapasitas transmisi menggunakan 3 *signaling link* = 192 kbps. Panjang data adalah  $l = 1000 \text{ byte} = 8000 \text{ bit}$ , dan  $l' = 16 \text{ byte} = 128 \text{ bit}$ . Maka besarnya delay transmisi  $t_{T(5)}$  adalah :

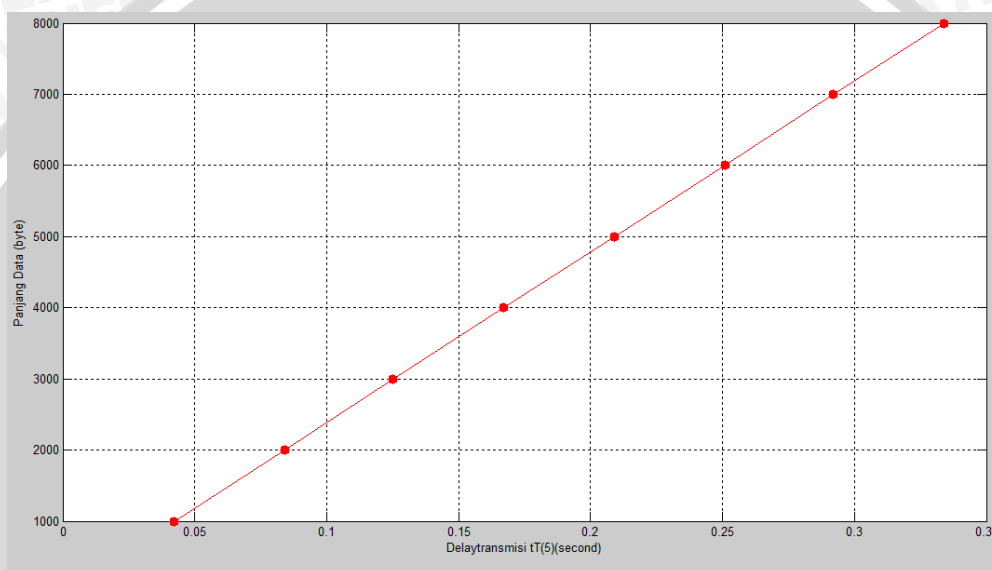
$$t_{T(5)} = \frac{(8000 + 128)}{192 \cdot 10^3 \text{ bps}} = 0,042$$



**Tabel 5.25** Delay Transmisi MSC-RNC ( $t_{T(5)}$ ) untuk panjang data berbeda

Panjang Data ( <i>byte</i> )	Panjang Data ( <i>bit</i> )	$t_{T(5)}$ ( <i>second</i> )
1000	8000	0,042
2000	16000	0,084
3000	24000	0,125
4000	32000	0,167
5000	40000	0,209
6000	48000	0,251
7000	56000	0,292
8000	64000	0,334

Sumber : Perhitungan, 2011



**Gambar 5.11** Grafik Delay Transmisi MSC-RNC ( $t_{T(5)}$ ) untuk panjang data berbeda

Sumber: Tabel 5.24

#### 6. Delay transmisi antara RNC (*Radio Network Controller*) – Node B

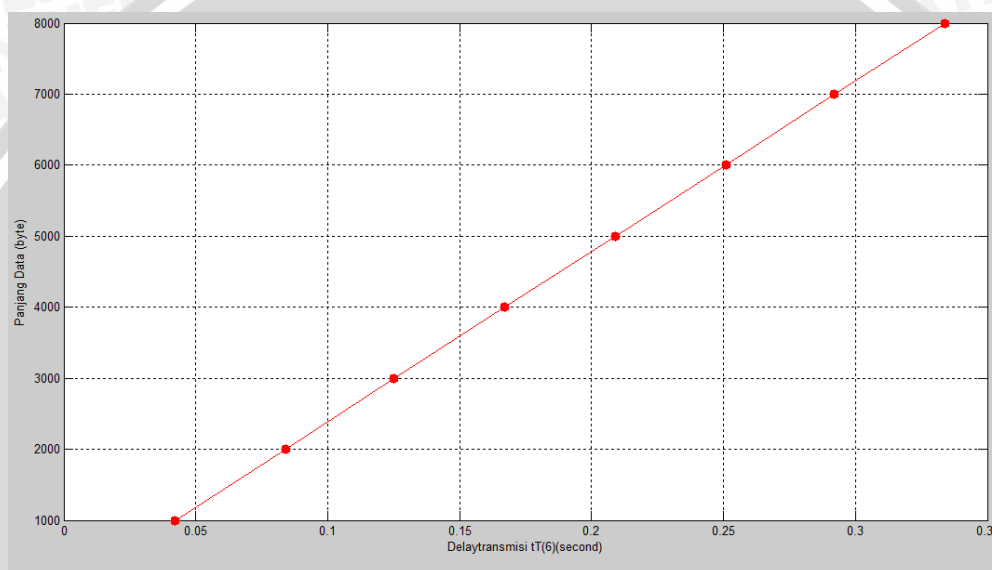
RNC (*Radio Network Controller*) terhubung dengan Node B dengan menggunakan link 3E-1 (3 *signaling link*), kapasitas transmisi menggunakan 3 *signaling link* = 192 kbps. Panjang data adalah  $l = 1000 \text{ byte} = 8000 \text{ bit}$ , dan  $l' = 16 \text{ byte} = 128 \text{ bit}$ . Maka besarnya *delay* transmisi  $t_{T(6)}$  adalah :

$$t_{T(6)} = \frac{(8000 + 128)}{192 \cdot 10^3 \text{ bps}} = 0,042$$

**Tabel 5.26** Delay Transmisi RNC-Node B ( $t_{T(6)}$ ) untuk panjang data berbeda

Panjang Data ( <i>byte</i> )	Panjang Data ( <i>bit</i> )	$t_{T(6)}$ ( <i>second</i> )
1000	8000	0,042
2000	16000	0,084
3000	24000	0,125
4000	32000	0,167
5000	40000	0,209
6000	48000	0,251
7000	56000	0,292
8000	64000	0,334

Sumber : Perhitungan, 2011



**Gambar 5.12** Grafik Delay Transmisi RNC-Node B ( $t_{T(6)}$ ) untuk panjang data berbeda

Sumber: Tabel 5.25

#### 7. Delay transmisi antara Node B – MBTS (*Micro Base Tranceiver Station*)

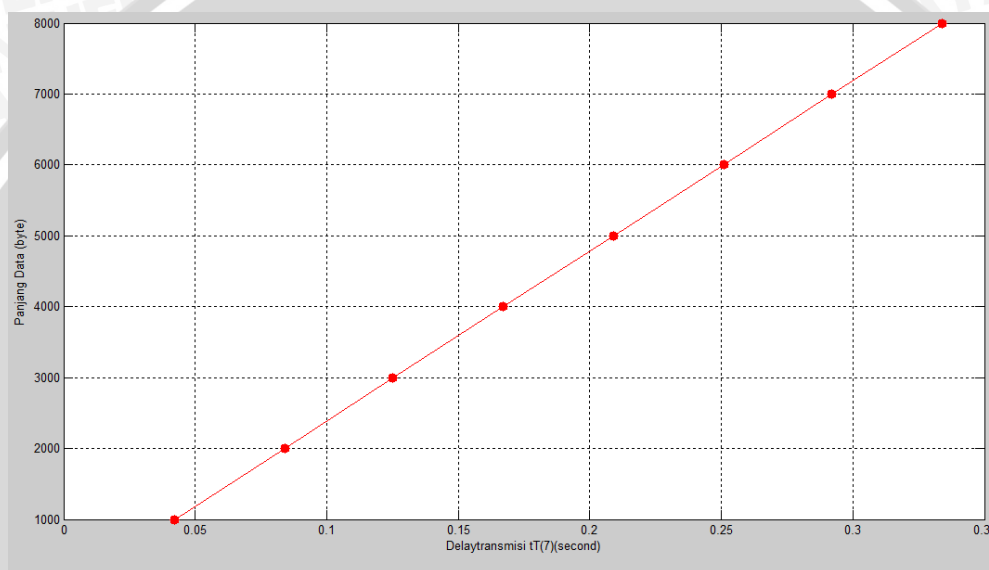
Node B terhubung dengan MBTS (*Micro Base Tranceiver Station*) dengan menggunakan link 3E-1 (3 *signaling link*), kapasitas transmisi menggunakan 3 *signaling link* = 192 kbps. Panjang data adalah  $l = 1000 \text{ byte} = 8000 \text{ bit}$ , dan  $l' = 16 \text{ byte} = 128 \text{ bit}$ . Maka besarnya *delay* transmisi  $t_{T(7)}$  adalah :

$$t_{T(7)} = \frac{(8000 + 128)}{192 \cdot 10^3 \text{ bps}} = 0,042$$

**Tabel 5.27** Delay Transmisi Node B -MBTS ( $t_{T(7)}$ ) untuk panjang data berbeda

Panjang Data ( <i>byte</i> )	Panjang Data ( <i>bit</i> )	$t_{T(7)}$ ( <i>second</i> )
1000	8000	0,042
2000	16000	0,084
3000	24000	0,125
4000	32000	0,167
5000	40000	0,209
6000	48000	0,251
7000	56000	0,292
8000	64000	0,334

Sumber : Perhitungan, 2011



**Gambar 5.13** Grafik Delay Transmisi Node B -MBTS ( $t_{T(7)}$ ) untuk panjang data berbeda

Sumber: Tabel 5.26

### 8. Delay Transmisi antara MBTS (*Micro Base Tranceiver Station*) – MS (*Mobile Station*)

MBTS (*Micro Base Tranceiver Station*) terhubung dengan MS (*Mobile Station*) menggunakan kapasitas saluran 64kbps untuk layanan data *indoor*. Panjang data adalah  $l = 1000 \text{ byte} = 8000 \text{ bit}$ , dan  $l' = 16 \text{ byte} = 128 \text{ bit}$ . Maka besarnya delay transmisi  $t_{T(1)}$  adalah :

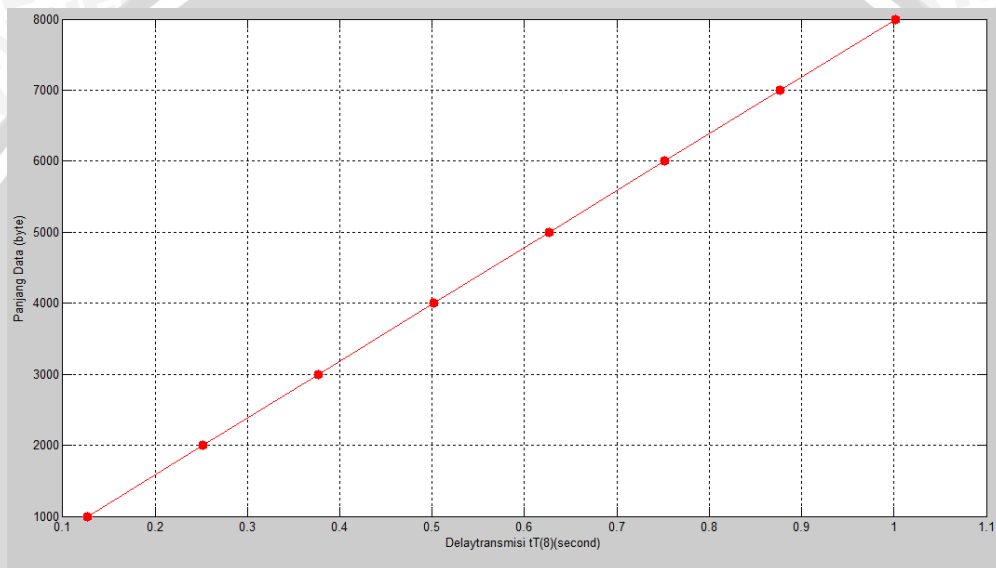
$$t_{T(8)} = \frac{(8000 + 128)}{64 \cdot 10^3 \text{ bps}} = 0,127$$



**Tabel 5.28** Delay Transmisi MBTS-MS ( $t_{T(8)}$ ) untuk panjang data berbeda

Panjang Data (byte)	Panjang Data (bit)	$t_{T(8)}$ (second)
1000	8000	0,127
2000	16000	0,252
3000	24000	0,377
4000	32000	0,502
5000	40000	0,627
6000	48000	0,752
7000	56000	0,877
8000	64000	1,002

Sumber : Perhitungan, 2011



**Gambar 5.14** Grafik Delay Transmisi MBTS-MS ( $t_{T(8)}$ ) untuk panjang data berbeda

Sumber: Tabel 5.27

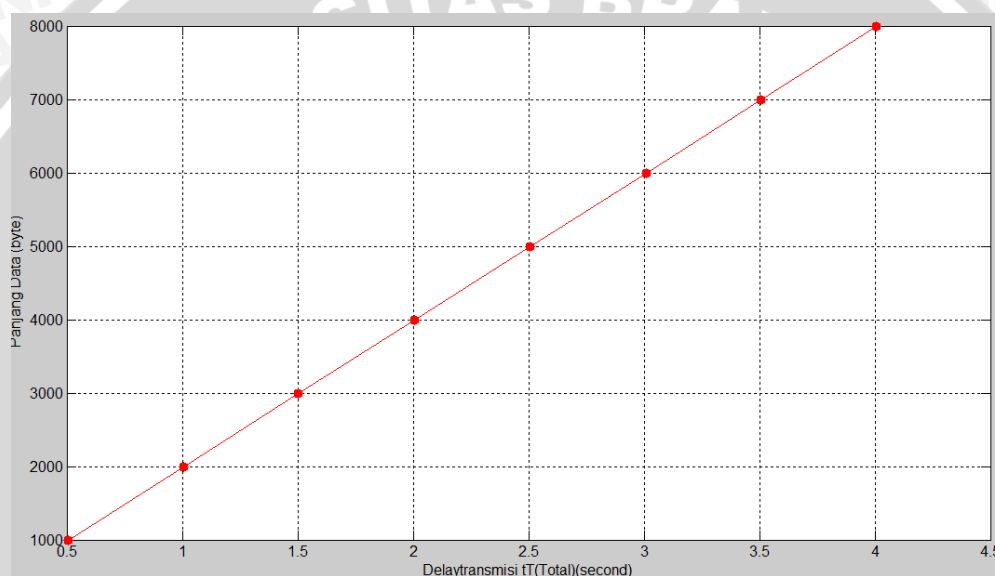
Berdasarkan hasil perhitungan delay transmisi untuk tiap-tiap node untuk panjang data 1000 byte, maka delay transmisi total dapat dihitung berdasarkan persamaan (3-27), yaitu :

$$\begin{aligned}
 t_{Total} &= t_{t1} + t_{t2} + t_{t3} + t_{t4} + t_{t5} + t_{t6} + t_{t7} + t_{t8} \\
 &= 0,127 + 0,042 + 0,042 + 0,042 + 0,042 + 0,042 + 0,042 + 0,127 \\
 &= 0,506
 \end{aligned}$$

**Tabel 5.29** Delay Transmisi Total dari MS (*Mobile Station*) pengirim ke MS (*Mobile Station*) penerima ( $t_{T(\text{Total})}$ ) untuk panjang data berbeda

Panjang Data ( <i>byte</i> )	Panjang Data ( <i>bit</i> )	$t_{T(8)}$ ( <i>second</i> )
1000	8000	0,506
2000	16000	1,008
3000	24000	1,504
4000	32000	2,006
5000	40000	2,508
6000	48000	3,010
7000	56000	3,506
8000	64000	4,008

Sumber : Perhitungan, 2011



**Gambar 5.15** Grafik Delay Transmisi Total ( $t_{T(\text{Total})}$ )

untuk panjang data berbeda

Sumber: Tabel 5.28

### 5.7.2.2 Delay Propagasi

Delay propagasi merupakan waktu perambatan atau penjalaran yang dibutuhkan data melalui media transmisi. Untuk kecepatan gelombang elektromagnetik adalah sama dengan seperti kecepatan cahaya yaitu  $3 \cdot 10^8$  m/s. Besarnya delay propagasi dihitung berdasarkan Persamaan (3-30), yaitu :

$$t_{p-n} = \frac{d}{c}$$

1. **Delay Propagasi antara MS (Mobile Station) – MBTS (Micro Base Tranceiver Station)**

Perhitungan *delay* propagasi dilakukan dengna diketahui jarak antara MS pengirim - MBTS adalah 400 m. Sehingga dengan persamaan (3-30) didapatkan *delay* propagasi antara MS-mBTS adalah :

$$t_{p-n} = \frac{d}{c}$$

$$t_{p(1)} = \frac{400}{3.10^8}$$

$$= 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ second}$$

2. **Delay Propagasi antara MBTS (Micro Base Tranceiver Station) – Node B**

Perhitungan *delay* propagasi dilakukan dengna diketahui jarak antara MBTS – Node B adalah 2300 m. Sehingga dengan persamaan (3-30) didapatkan *delay* propagasi antara MBTS – Node B adalah :

$$t_{p-n} = \frac{d}{c}$$

$$t_{p(2)} = \frac{2300}{3.10^8}$$

$$= 7,67 \cdot 10^{-7} \text{ second}$$

3. **Delay Propagasi antara Node B – RNC (Radio Network Controller)**

Perhitungan *delay* propagasi dilakukan dengna diketahui jarak antara Node B – RNC (Radio Network Controller) adalah 5900 m. Sehingga dengan persamaan (3-30) didapatkan *delay* propagasi antara Node B – RNC adalah :

$$t_{p-n} = \frac{d}{c}$$

$$t_{p(3)} = \frac{5900}{3.10^8}$$

$$= 1,97 \cdot 10^{-5} \text{ second}$$



**4. Delay Propagasi antara RNC (*Radio Network Controller*) – MSC (*Mobile Switching Center*)**

Perhitungan *delay* propagasi dilakukan dengna diketahui jarak antara RNC (*Radio Network Controller*) – MSC (*Mobile Switching Center*) adalah 5200 m. Sehingga dengan persamaan (3-30) didapatkan *delay* propagasi antara RNC – MSC adalah :

$$t_{p-n} = \frac{d}{c}$$

$$t_{p(4)} = \frac{5200}{3.10^8}$$

$$= 1,73 \cdot 10^{-5} \text{ second}$$

**5. Delay Propagasi antara MSC (*Mobile Switching Center*) – RNC (*Radio Network Controller*)**

Perhitungan *delay* propagasi dilakukan dengna diketahui jarak antara MSC (*Mobile Switching Center*) – RNC (*Radio Network Controller*) adalah 5200 m. Sehingga dengan persamaan (3-30) didapatkan *delay* propagasi antara MSC – RNC adalah :

$$t_{p-n} = \frac{d}{c}$$

$$t_{p(5)} = \frac{5200}{3.10^8}$$

$$= 1,73 \cdot 10^{-5} \text{ second}$$

**6. Delay Propagasi antara RNC (*Radio Network Controller*) – Node B**

Perhitungan *delay* propagasi dilakukan dengna diketahui jarak antara RNC (*Radio Network Controller*) – Node B adalah 5900 m. Sehingga dengan persamaan (3-30) didapatkan *delay* propagasi antara RNC – Node B adalah :

$$t_{p-n} = \frac{d}{c}$$

$$t_{p(6)} = \frac{5900}{3.10^8}$$

$$= 1,97 \cdot 10^{-5} \text{ second}$$

### 7. Delay Propagasi antara Node B – MBTS (*Micro Base Tranceiver Station*)

Perhitungan *delay* propagasi dilakukan dengan diketahui jarak antara Node B – MBTS (*Micro Base Tranceiver Station*) adalah 2300 m. Sehingga dengan persamaan (3-30) didapatkan *delay* propagasi antara Node B – MBTS adalah :

$$t_{p-n} = \frac{d}{c}$$

$$t_{p(2)} = \frac{2300}{3.10^8}$$

$$= 7,67 \cdot 10^{-7} \text{ second}$$

### 8. Delay Propagasi antara MBTS (*Micro Base Tranceiver Station*) – MS (*Mobile Station*)

Perhitungan *delay* propagasi dilakukan dengan diketahui jarak antara MBTS – MS penerima adalah 400 m. Sehingga dengan persamaan (3-30) didapatkan *delay* propagasi antara MBTS - MS adalah :

$$t_{p-n} = \frac{d}{c}$$

$$t_{p(1)} = \frac{400}{3.10^8}$$

$$= 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ second}$$

Dari perhitungan *delay* propagasi di atas, maka *delay* total dari MS (*Mobile Station*) pengirim - MS (*Mobile Station*) penerima dapat dihitung melalui rumus (3-29), yaitu :

$$t_p = t_{p1} + t_{p2} + t_{p3} + t_{p4} + t_{p5} + t_{p6} + t_{p7} + t_{p8}$$

$$= 1,33 \cdot 10^{-6} + 7,67 \cdot 10^{-7} + 1,97 \cdot 10^{-5} + 1,73 \cdot 10^{-5} + 1,73 \cdot 10^{-5} + 1,97 \cdot 10^{-5} + 7,67 \cdot 10^{-7} + 1,33 \cdot 10^{-6}$$

$$= 7,82 \cdot 10^{-5} \text{ second}$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa :

Delay propagasi tiap-tiap node akan semakin besar (lama) apabila jarak tiap-tiap node tersebut semakin jauh, atau dalam pengertian lain, waktu perambatan atau penjalaran yang dibutuhkan oleh data melalui media transmisi akan semakin lama apabila jarak yang dilalui semakin jauh.

### 5.7.3 Throughput

*Throughput* merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui jumlah data yang diterima dalam keadaan benar terhadap waktu transmisi yang dibutuhkan dari pengirim ke penerima. *Throughput* dihitung dalam lintasan MS sumber hingga MS tujuan. Probabilitas *bit error* ( $\rho$ ) dalam jaringan untuk transmisi dari *originating* MS ke *terminating* MS adalah :

$$\begin{aligned}\rho &= 1 - \{(1 - \rho_1) (1 - \rho_2) (1 - \rho_3)\} \\ &= 1 - \{(1 - 4,81 \cdot 10^{-30}) (1 - 4,78 \cdot 10^{-28}) (1 - 2,33 \cdot 10^{-38})\} \\ &= 1,192 \cdot 10^{-12}\end{aligned}$$

*Delay* transmisi total ( $t_T$ ) yang dihitung dalam tabel 5.30 untuk panjang data 1000byte sebesar 0,506 *second*.

*Delay* propagasi total ( $t_P$ ) dari MS pengirim ke MS tujuan adalah sebesar  $7,82 \cdot 10^{-5}$  *second*.

Dengan nilai  $t_T$  dan nilai  $t_P$  telah diketahui maka nilai  $t_{out}$  dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}t_{out} &= 2 t_T + 2 t_P \\ &= 2(0,506) + 2(7,82 \cdot 10^{-5}) \\ &= 1,012 \text{ second}\end{aligned}$$

Sehingga nilai konstanta ( $\alpha$ ) adalah :

$$\begin{aligned}\alpha &= 1 + \frac{t_{out}}{t_T} \\ &= 1 + \frac{1,012}{0,506} \\ &= 3 \text{ second}\end{aligned}$$

Nilai *Throughput* berdasarkan persamaan (3-32) adalah :

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{(1 - \rho)}{t_T [1 + (\alpha - 1)\rho]} \\ &= \frac{(1 - 1,192 \cdot 10^{-12})}{0,506 [1 + (3 - 1)1,192 \cdot 10^{-12}]} \\ &= 1,976 \text{ packet/second}\end{aligned}$$

Untuk panjang paket yang dikirim sebesar  $l = 1000 \text{ byte} = 8000 \text{ bit}$ , dan nilai *header*  $l' = 16 \text{ byte} = 128 \text{ bit}$ . Maka konversi nilai *throughput* dari :

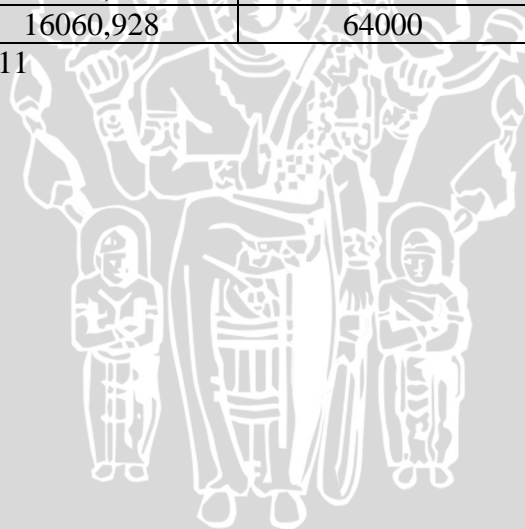


- *Packet/second ke bit/second*  
 $\lambda = 1,976 \text{ packet/second} \times 8128 \text{ bit}$   
 $= 16060,928 \text{ bit/second}$
- *Packet/second ke byte/second*  
 $\lambda = 1,976 \text{ packet/second} \times 1128 \text{ byte}$   
 $= 2228,928 \text{ byte/second}$

**Tabel 5.30** Hubungan Panjang Data terhadap *Throughput* ( $\lambda$ )

Panjang Data (byte)	<i>Throughput</i> (byte/second)	Panjang Data (bit)	<i>Throughput</i> (bit/second)
1000	2228,928	8000	16060,928
2000	4204,928	16000	31868,928
3000	6180,928	24000	47676,928
4000	8156,928	32000	63484,928
5000	10132,928	40000	79292,928
6000	12108,928	48000	95100,928
7000	14084,928	56000	110908,928
8000	16060,928	64000	126716,928

Sumber : Perhitungan, 2011



## BAB VI

### KESIMPULAN

#### 6.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan desain Micro BTS *Indoor Base Station* (IBS) HSDPA pada gedung bertingkat di MX Mall Malang maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perencanaan desain IBS (*Indoor Base Station*) HSDPA membutuhkan perangkat IBS HSDPA untuk mengcover  $\pm 90\%$  luasan area *indoor* berdasarkan perhitungan *link budget*, meliputi 15 antena *indoor omnidirectional* dan 1 antena *indoor sectoral*. 5 buah *power splitter 2 way*, dan 5 buah *power splitter 3 way*. Feeder 1 5/8" 1698m, 54 buah *connector* dan *jumper*.
2. MX Mall membutuhkan 1 MBTS untuk memenuhi kapasitas kebutuhan *demand* menggunakan standar erlang B dengan *Grade of Service* 2%.
3. Desain IBS (*Indoor Base Station*) HSDPA di MX Mall Malang untuk penempatan MBTS diletakkan pada shelter di lantai RF (*Roof Floor*) agar jauh dari jangkauan pengunjung serta untuk memudahkan menjangkau instalasi perangkat *radio link*, *power splitter* diletakkan pada masing-masing lantai.
4. Dalam perencanaan *link budget* menggunakan MBTS dengan daya *output* 43,01 dBm, *loading factor* 70% sehingga diperoleh nilai *coverage distance* antena *indoor* di MX Mall berkisar mulai 10,44m-20,53m
5. Dari perhitungan BER (*Bit Error Rate*) diperoleh nilai BER sebesar  $1,192 \cdot 10^{-12}$  yang masih memenuhi standar *signal level* BER layanan data HSDPA yaitu  $BER < 1 \cdot 10^{-6}$
6. *Delay* transmisi sebanding dengan panjang data, dan nilai *throughput* berbanding terbalik dengan panjang data.

#### 6.2 Saran

1. Perlu mempertimbangkan estimasi kenaikan jumlah pelanggan hingga beberapa tahun kedepan melalui perhitungan faktor pertumbuhan pelanggan, sehingga hasil perencanaan bisa digunakan hingga beberapa tahun kedepan atau sesuai dengan jumlah pelanggan maksimal yang sudah diperkirakan.
2. Untuk perbaikan unjuk kerja jaringan dapat dilakukan optimasi dari sisi pengirim maupun penerima, yakni dengan memperbesar *gain* antena,

mengurangi *loss cable* maupun tingkat *noise* atau dengan melakukan *drive test* pada *point* tertentu untuk mengetahui keefektifan pemasangan *Indoor Base Station*.





## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous*, <http://www.internetworldstats.com> Diakses Tanggal 17-3-2011
- Anonymous*, [http:// bobcatreviewict.blogspot.com](http://bobcatreviewict.blogspot.com) Diakses Tanggal 17-3-2011
- Anonymous*, [http:// www.elektroindonesia.com](http://www.elektroindonesia.com) Diakses Tanggal 21-3-2011
- Anonymous*, <http://handphones-pdas.dinomarket.com> Diakses Tanggal 21-3-2011
- Anonymous*, <http://www.itelkom.ac.id> Diakses Tanggal 25-2-2011
- Anonymous*, 2003, *Nokia HSDPA Solution*. White Paper. Nokia
- Anonymous*, 2004, *HSDPA for Improved Downlink Data Transfer*. QUALCOMM Incorporates.
- Anonymous*, 2005, *HSDPA Planning Training*. Power Point. Nokia
- Chevallier, Christopher, 2006 *WCDMA (UMTS) Deployment Handbook Planning and Optimization Aspect*. John Wiley and Sons, Ltd.
- Holma, Harri and Antti Toskala, 2006, *HSDPA/HSUPA for UMTS: High Speed Radio Access for Mobile Communication*. John Wiley and Sons, Ltd.
- Heningtyas, 2006, *Analisis Performansi Micro BTS Pada CDMA 2000-1X*, Skripsi, Malang: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Mishra, Ajay R, 2007, *Advanced Cellular Network Planning and Optimization 2G/2,5G/3G Evolution To 4G*. John Wiley and Sons, Ltd.
- Priyono, Wahyu Adi, 2002, *Rekayasa Trafik Buku Panduan Untuk Kalangan Sendiri*, Tidak Diterbitkan, Malang: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Tekni Universitas Brawijaya
- Schwartz, Mischa, 1987, *Telecommunication Networks: Protocols, Modelling and Analysis*. New York : Addison-Wesley Publishing Company.