

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Penerapan MCLSP Pada Komunikasi Voice dan Data Untuk Multi-code CDMA”** ini.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik dan merupakan salah satu persyaratan yang harus ditempuh dalam menyelesaikan pendidikan di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak maka penulis akan mengalami lebih banyak kesulitan dalam menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada :

1. Ayahanda Hadi Achmad Sumengkar, Ibunda Naniek Sri Subekti, dan Kakakku Eka Yustikarini tercinta untuk seluruh dukungan yang telah diberikan selama studi hingga terselesaikannya skripsi ini.
2. Bapak Ir. Purwanto, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Bapak Ir. Heri Purnomo selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Ir. Wahyu Adi Priyono, MS. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Telekomunikasi yang telah membimbing, memberi petunjuk, serta memberikan masukan bagi penulis.
4. Bapak Rudy Yuwono, ST.MSc. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa memberikan pengarahan, bimbingan, masukan, dan motivasi yang begitu besar hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Bapak Ir. Erfan Achmad Dahlan selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa memberikan pengarahan, bimbingan, masukan, dan motivasi yang begitu besar hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen yang telah banyak memberikan ilmu yang bermanfaat selama perkuliahan, serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
7. Sahabat-sahabat tercinta (Dayu, Mas Deny, Isnaini, Bari, Yanti Panca, Anita), atas kebersamaan, dukungan, semangat dan seluruh bantuan yang diberikan selama masa-masa penuh cobaan itu hingga saat ini.
8. Teman-teman Paket C (Iwan, Agus Arafah, Joko, Fitriadi, Bayu, Gerit, Yanti Agus, Herman, Agus Sigit, Adi Mubarak, Mas Agung, Ardiansyah, dll), atas

kebersamaan, canda tawa yang akan senantiasa menjadi kenangan indah tak terlupakan.

9. Teman-teman di masa perjuanganku (Sony Ardi, Woro Susilo, Nadia Risa), atas kesediaan, waktu, motivasi dan seluruh bantuan yang telah diberikan.
10. Teman-teman UABT yang aku sayangi (Guntur, Arlin, Mas Yudi, Binda, Bambang, Eko, Yuan, Amah, Yulist, Firman, Leiya, Wahyu, Risa, Arifah, dll), atas dukungan, motivasi, kebersamaan dan canda tawa yang akan selalu menjadi kenangan manis.
11. Serta semua pihak yang telah banyak memberikan dukungan, motivasi, dan saran yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu segala kritik dan saran sangat diharapkan demi sempurnanya skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa khususnya dan bagi seluruh pembaca pada umumnya.



Malang, Juli 2006

Penulis



## BAB V

### ANALISIS PENERAPAN MCLSP PADA KOMUNIKASI VOICE DAN DATA UNTUK *MULTI-CODE* CDMA

Pada bab ini, akan diperlihatkan beberapa contoh perhitungan matematis serta pembahasan secara kualitatif. Perhitungan matematis ini banyak menggunakan bantuan dari software Matlab Work. Dari beberapa perhitungan, dapat dilihat throughput data yang mana dibebani oleh pengguna suara dalam satu slot yang sama.

Kita akan melihat pengaruh pengguna suara terhadap throughput data, dengan menaikkan/menurunkan nilai *offered load* suara. Pengaruh jumlah paket ( $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_v$ ) yang ditransmisikan secara bersamaan antara data dan suara. Adanya penggunaan MCLSP juga akan memperlihatkan throughput khususnya untuk data kelas I.

Pendekatan-pendekatan yang digunakan adalah selama transmisi, *power supply* dianggap ideal sehingga efek *near fear* dapat diabaikan. Efek dari *additive white gaussian noise* (AWGN) juga diabaikan dengan menganggap  $E_b/N_o = \infty$ . Kesalahan hanya disebabkan oleh *multiple access interference* (MAI). Demikian juga untuk sistem CDMA Aloha berslot. Pada tugas akhir ini faktor spreading yang digunakan sebesar  $N = 128$  chip/bit dan panjang bit sebesar  $L_b = 500$  bit.

Untuk menjaga kualitas suara, maka batasan treshold harus ditetapkan. Dalam hal ini yang kita perhatikan hanya BER dari suara. Untuk standar pada umumnya BER yang baik harus lebih kecil dari  $10^{-3}$ . Dari persamaan 3.9, maka kita dapat melihat :

$$\begin{aligned}
 BER(\alpha) &= Q \left[ \left( \frac{\alpha}{3N} + \frac{N_o}{2E_b} \right)^{-0.5} \right] \langle 10^{-3} \\
 &= Q \left[ \left( \frac{\alpha}{3N} + \frac{1}{2 \cdot \infty} \right)^{-0.5} \right] \langle 10^{-3} \quad \text{dengan } E_b / N_o = \infty
 \end{aligned}$$

Dari fungsi Q yang dapat diperoleh dari lampiran dapat dilihat untuk Q lebih kecil dari  $10^{-3}$ , diperoleh z sebesar 3,10 maka:

$$Q\left[\left(\frac{\alpha}{3N}\right)^{-0.5}\right] = Q[z] < 10^{-3}$$

$$\frac{\alpha}{3N} = (3,1)^{-2}$$

$$\frac{\alpha}{3N} = 0,104$$

$$\alpha = 39,958 \approx 40$$

Dari perhitungan di atas dapat diperoleh bahwa faktor spreading (N) sebesar 128 bit/chip dan efek dari AWGN diabaikan akan diperoleh besar threshold untuk pengguna suara sebanyak 40 paket suara ( $k_v$ ). Dalam tugas akhir ini perhitungan throughput data selalu menggunakan threshold pengguna suara di bawah 40.

### 5.1. Analisis Throughput Data Tidak Menggunakan MCLSP

Pada analisis throughput data yang tidak menggunakan MCLSP dapat dibagi menjadi analisis throughput data kelas I dan analisis throughput data kelas II.

#### 5.1.1. Analisis Throughput Data Kelas I

Pada perhitungan throughput data kelas I, kita menggunakan offered load data kelas II, ( $G_2 = 10$ ) dan base offered load suara ( $G_v$ ) yang berubah. Besar throughput data kelas I dari persamaan 3.12 dengan mempertimbangkan jumlah  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_v$  adalah :

$$S_1(G_1, G_2, G_v) = \sum_{k_v=0}^{\alpha} \left[ \sum_{k_2=0}^{\infty} \left( \sum_{k_1=1}^{\infty} Fk_1 P_1(k_1, G_1) P_{S_1}(k_1, k_2, k_v) \right) P_2(k_2, G_2) \right] P_v(k_v, G_v)$$

dengan :  $k_1 = 7$

$k_2 = 10$

$k_v = 7$

$G_1 = 1 - 100$

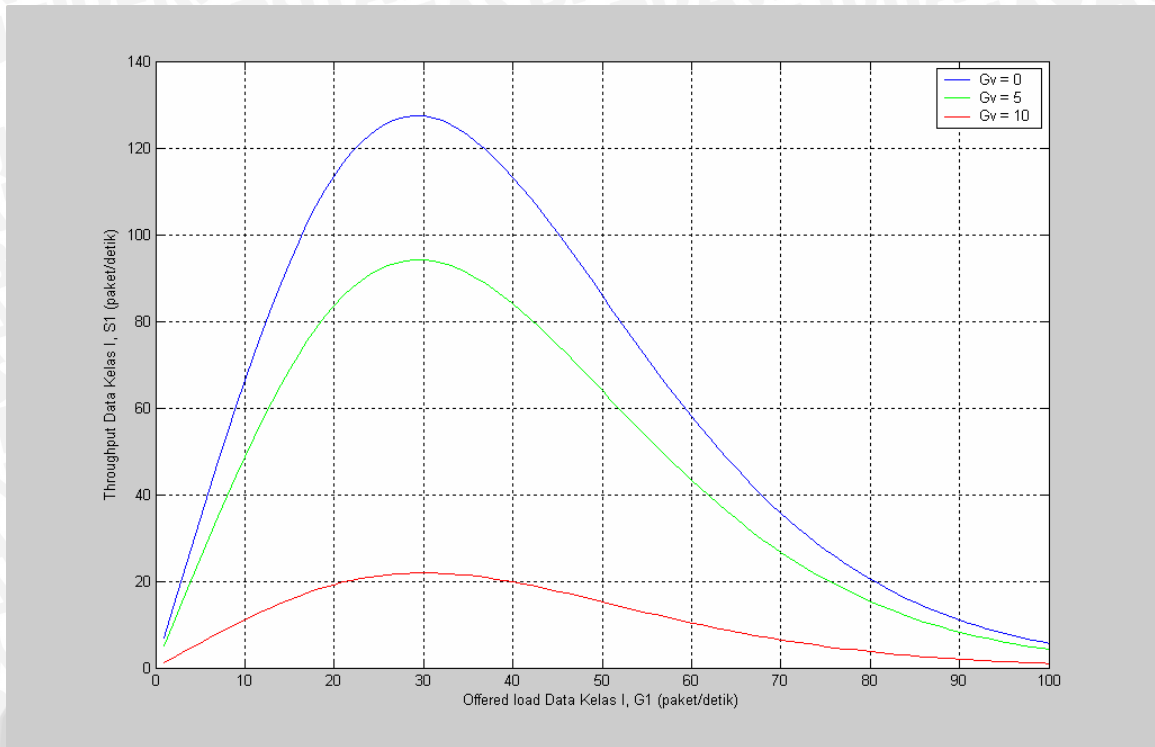
$G_2 = 10$

$N = 128$  chip/bit

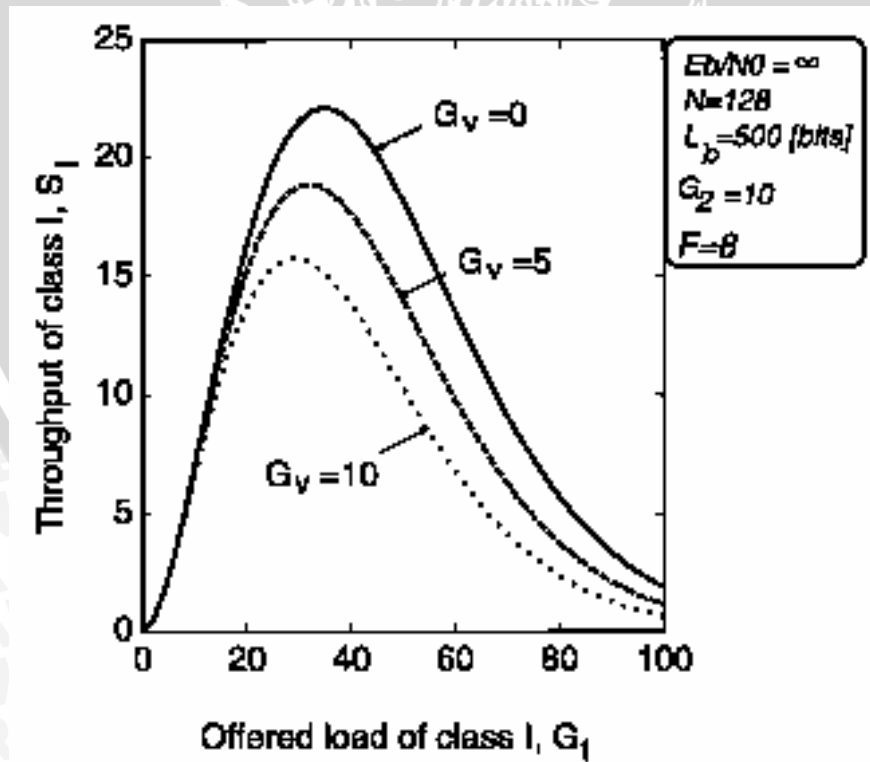
$F = 8$

$L_b = 500$  bit

$G_v$  bervariasi



Gambar 5.1 (a). Efek transmisi suara yang bervariasi pada *throughput* data Kelas I  
 Sumber : Perhitungan



Gambar 5.1 (b). Efek transmisi suara yang bervariasi pada *throughput* data Kelas I berdasarkan Referensi  
 Sumber : Abbas Sandouk et al, 1999





Dari gambar 5.1 (a) dan gambar 5.1 (b) dapat dilihat adanya peningkatan throughput untuk data kelas I, dimana bila nilai  $G_v$  semakin besar berarti jumlah kedatangan paket suara semakin besar sehingga berarti juga peluang untuk paket data kelas I semakin kecil yang menyebabkan throughput data kelas I semakin kecil. Sebaliknya bila nilai  $G_v$  semakin kecil berarti jumlah kedatangan paket suara semakin kecil, maka throughput data kelas I semakin besar. Perbedaan yang terjadi antara kedua gambar di atas adalah karena pemilihan  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_v$  yang berbeda, seperti yang terlihat pada tabel 5.1 berikut ini :

**Tabel 5.1.** Perbandingan  $S_I$  Perhitungan dengan Referensi

<b><math>S_I</math> max (paket/det) perhitungan saat <math>G_1</math> (paket/det) = 30</b>			<b><math>S_I</math> max (paket/det) referensi saat <math>G_1</math> (paket/det) = 28</b>		
$G_v = 0$ (paket/det)	$G_v = 5$ (paket/det)	$G_v = 10$ (paket/det)	$G_v = 0$ (paket/det)	$G_v = 5$ (paket/det)	$G_v = 10$ (paket/det)
127	94	22	23	19	16

Pada gambar 5.2 berikut ini, dibuat nilai jumlah sub paket (F) pada sistem *multi code* CDMA (MC-CDMA) yang berubah dengan nilai-nilai lainnya tetap. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa throughput data kelas I dapat ditingkatkan dengan menambah jumlah sub paket (F) pada transmisi skema MC-CDMA.

dengan :  $k_1 = 7$

$k_2 = 10$

$k_v = 7$

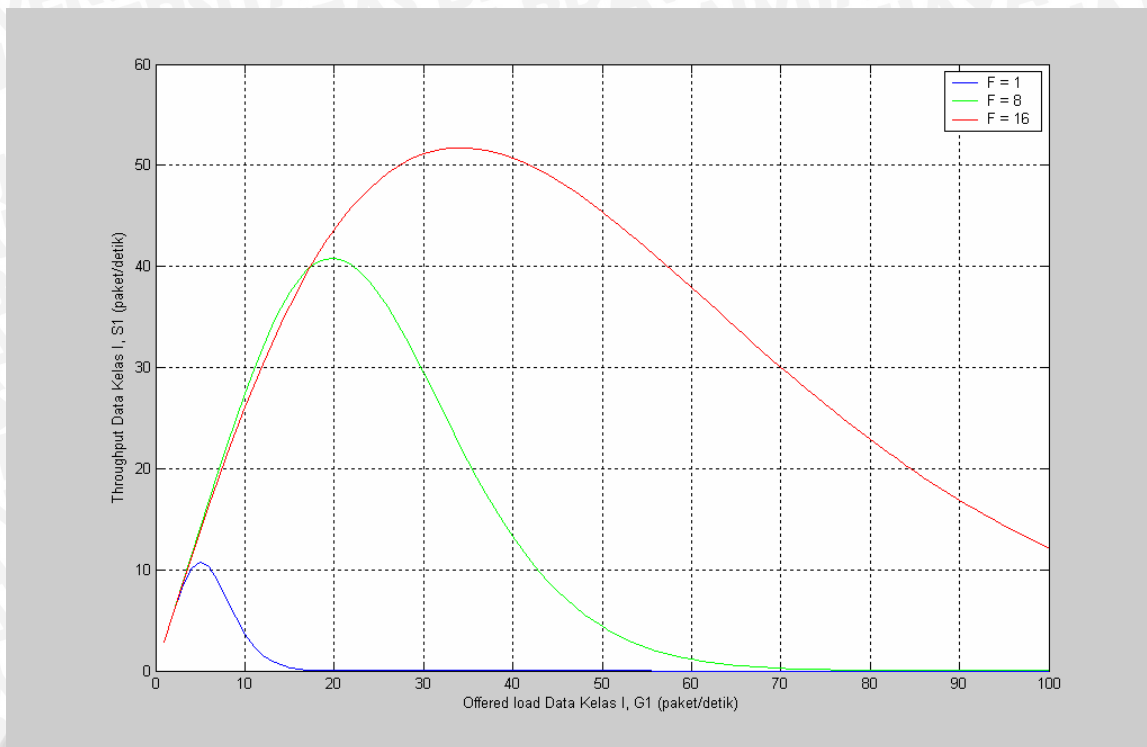
$G_1 = 1 - 100$

$G_2 = 10$

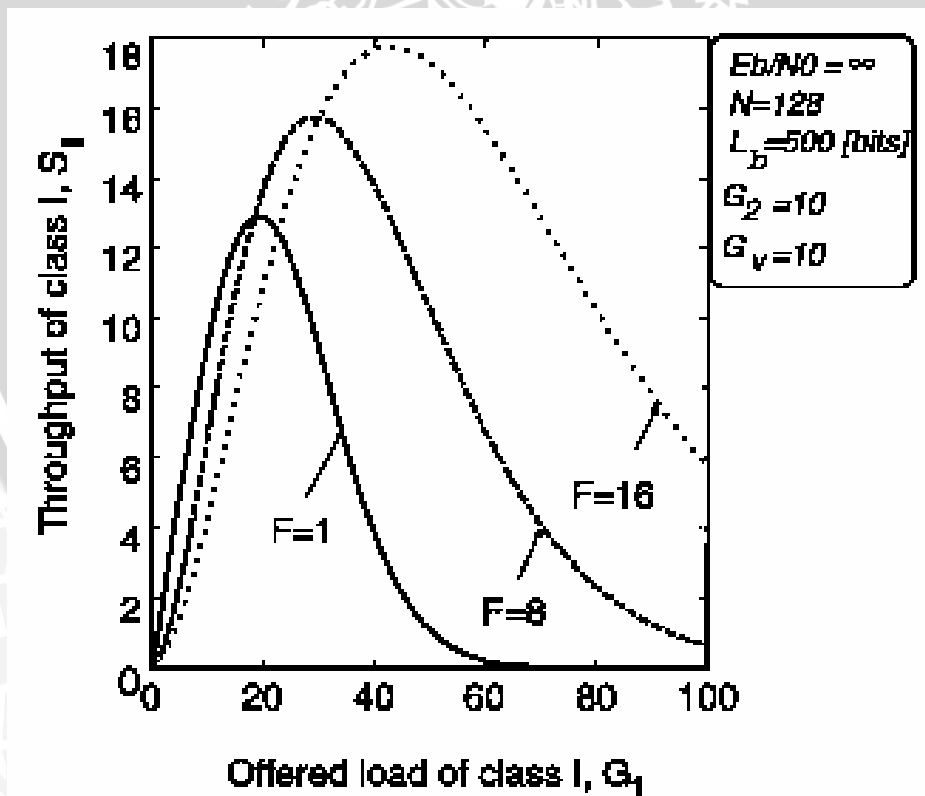
$N = 128$  chip/bit

$L_b = 500$  bit

$G_v$  bervariasi



Gambar 5.2 (a). Efek MC faktor ( $F$ ) yang bervariasi pada throughput data Kelas I  
 Sumber : Perhitungan



Gambar 5.2 (b). Efek MC faktor ( $F$ ) yang bervariasi pada throughput data Kelas I berdasarkan Referensi  
 Sumber : Abbas Sandouk et al, 1999

Perbedaan juga terjadi pada gambar 5.2 (a) dan gambar 5.2 (b) seperti terlihat pada tabel 5.2 berikut ini :

**Tabel 5.2** Perbandingan MC faktor Perhitungan dengan Referensi

$S_I$ max (paket/det) perhitungan			$S_I$ max (paket/det) referensi		
F = 1, saat $G_1 = 5$	F = 1, saat $G_1 = 20$	F = 1, saat $G_1 = 34$	F = 1, saat $G_1 = 20$	F = 1, saat $G_1 = 28$	F = 1, saat $G_1 = 41$
11	41	53	13	16	18

Peningkatan throughput dapat dijelaskan sebagai berikut, sinyal informasi yang digunakan oleh paket data kelas I yang masuk pada transmitter skema MC-CDMA memiliki kecepatan  $F.R_b$  (bit/det). Transmitter sinyal informasi ini dibagi menjadi sejumlah F sub paket, kemudian pemakai mengirim sub paket itu dalam waktu yang bersamaan. Sekarang ketika dipilih nilai F yang lebih besar, lebih banyak sub paket yang tidak terinterferensi dari data kelas I yang dikirim pada satu satuan waktu tertentu, sehingga jumlah sub paket yang sukses bertambah, maka akan meningkatkan throughput data kelas I.

### 5.1.2. Analisis Throughput Data Kelas II

Pada perhitungan throughput data kelas II, digunakan *offered load* data kelas I, ( $G_1 = 10$ ) dan base *offered load* suara ( $G_v$ ) yang berubah. Besar throughput data kelas II dari persamaan 3.15 dengan mempertimbangkan jumlah  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_v$  adalah :

$$S_{II}(G_1, G_2, G_v) = \sum_{k_v=0}^{\alpha} \left[ \sum_{k_1=0}^{\infty} \left( \sum_{k_2=1}^{\infty} k_2 P_2(k_2, G_2) P_{S_2}(k_1, k_2, k_v) \right) P_1(k_1, G_1) \right] P_v(k_v, G_v)$$

dengan :  $k_1 = 7$

$k_2 = 10$

$k_v = 7$

$G_1 = 10$

$G_2 = 1 - 100$

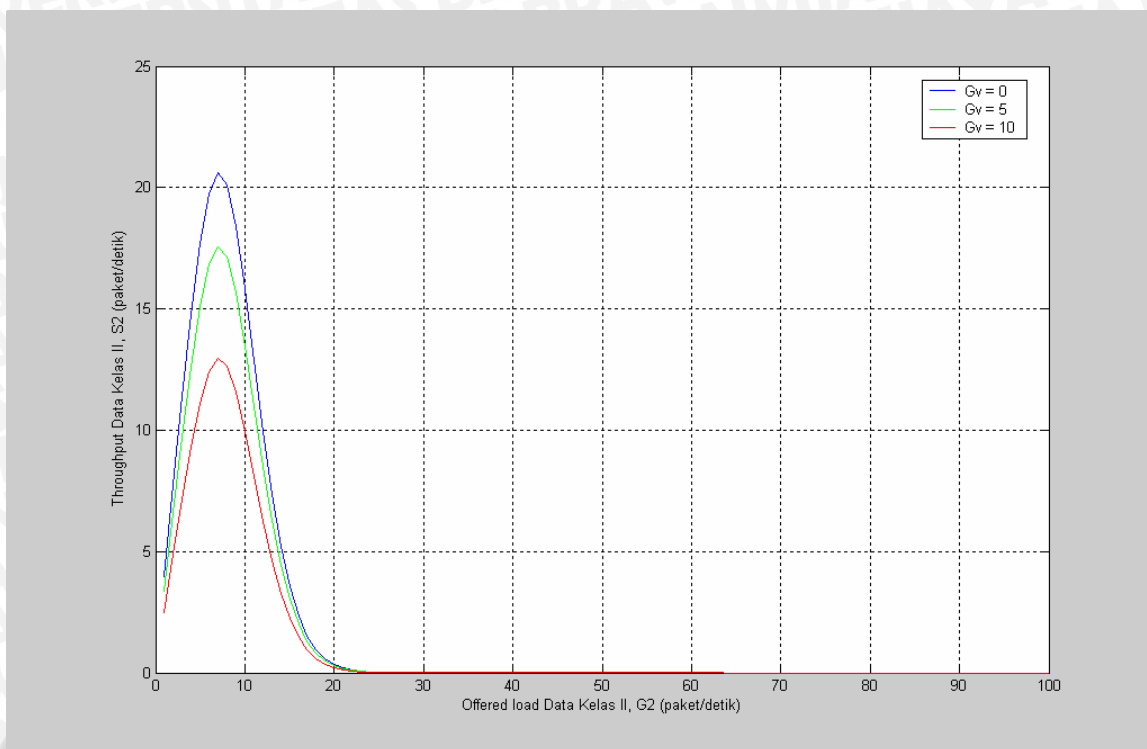
$N = 128$  chip/bit

$F = 8$

$L_b = 500$  bit

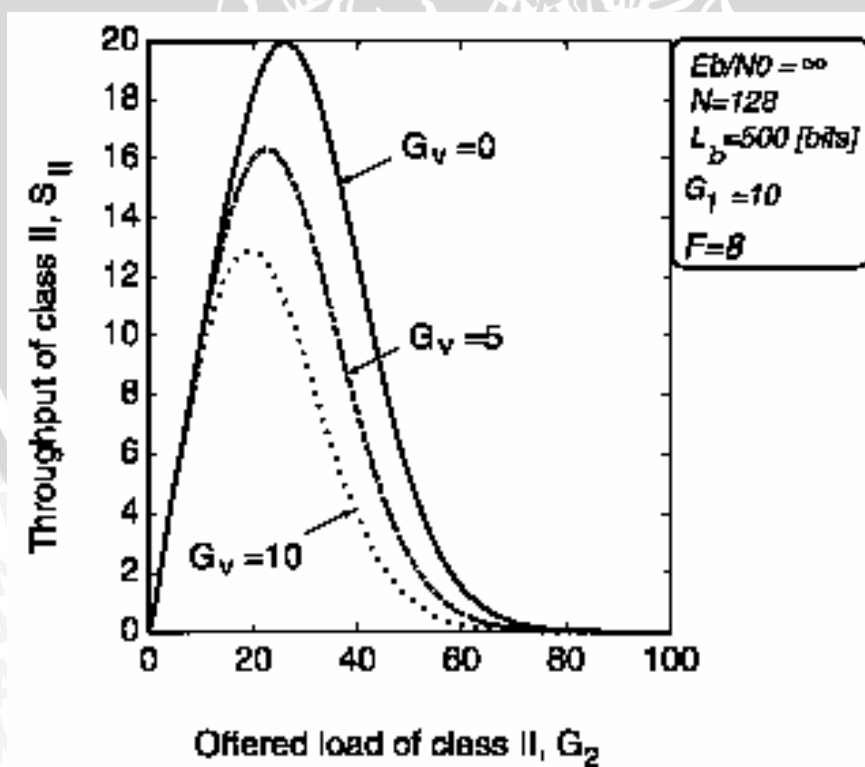
$G_v$  bervariasi





Gambar 5.3 (a). Efek transmisi suara yang bervariasi pada *throughput* data Kelas II

Sumber : Perhitungan



Gambar 5.3 (b). Efek transmisi suara yang bervariasi pada *throughput* data Kelas II berdasarkan referensi

Sumber : Abbas Sandouk et al, 1999

Dari gambar 5.3 dapat dilihat bahwa throughput data kelas II akan meningkat bila nilai *offered load* paket suara ( $G_v$ ) semakin kecil. Hal ini disebabkan karena kedatangan paket suara ( $G_v$ ) per satuan waktu semakin kecil yang akhirnya akan menambah besar peluang untuk data kelas II dapat terkirim. Perbedaan yang terjadi antara kedua gambar di atas adalah karena pemilihan  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_v$  yang berbeda, seperti yang terlihat pada tabel 5.3 berikut ini :

**Tabel 5.3.** Perbandingan  $S_{II}$  Perhitungan dengan Referensi

$S_{II}$ max (paket/det) perhitungan saat $G_2$ (paket/det) = 7			$S_{II}$ max (paket/det) referensi saat $G_2$ (paket/det) = 28		
$G_v = 0$ (paket/det)	$G_v = 5$ (paket/det)	$G_v = 10$ (paket/det)	$G_v = 0$ (paket/det)	$G_v = 5$ (paket/det)	$G_v = 10$ (paket/det)
21	18	13	20	16	13

## 5.2. Analisis Throughput Data dengan Menggunakan MCLSP

Adanya suatu protokol yang mengontrol trafik yang terjadi pada *base station* dapat meningkatkan throughput data kelas I yang menggunakan bit rate tinggi. Pada gambar 5.4 menjelaskan pengaruh *offered load* suara ( $G_v$ ) terhadap data kelas I yang menggunakan MCLSP. Pada perhitungan throughput data kelas I, digunakan *offered load* data kelas II, ( $G_2 = 10$ ) dan base *offered load* suara ( $G_v$ ) yang berubah. Besar throughput data kelas I dari persamaan 3.20 dengan mempertimbangkan jumlah  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_v$  adalah :

$$S_{Im}(G_1, G_2, G_v) = \sum_{k_v=0}^{\alpha} \left[ \sum_{k_2=0}^{\infty} \left( \sum_{k_1=1}^{\infty} F \cdot k_1 \cdot P_{Im} \cdot (k_1, G_1) \cdot P_{S_1}(k_1, k_2, k_v) \right) \cdot P_2(k_2, G_2) \right] \cdot P_v(k_v, G_v)$$

dengan :  $k_1 = 7$

$k_2 = 10$

$k_v = 7$

$G_1 = 1 - 100$

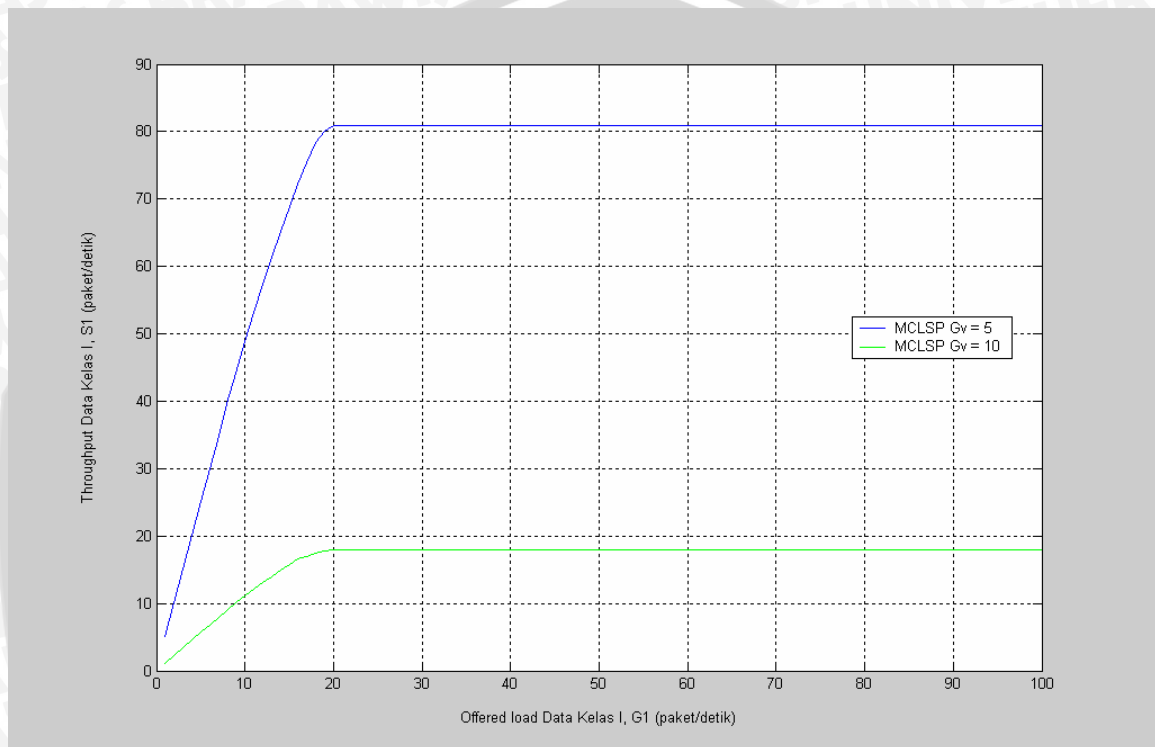
$G_2 = 10$

$N = 128$  chip/bit

$$F = 8$$

$$L_b = 500 \text{ bit}$$

$G_v$  bervariasi



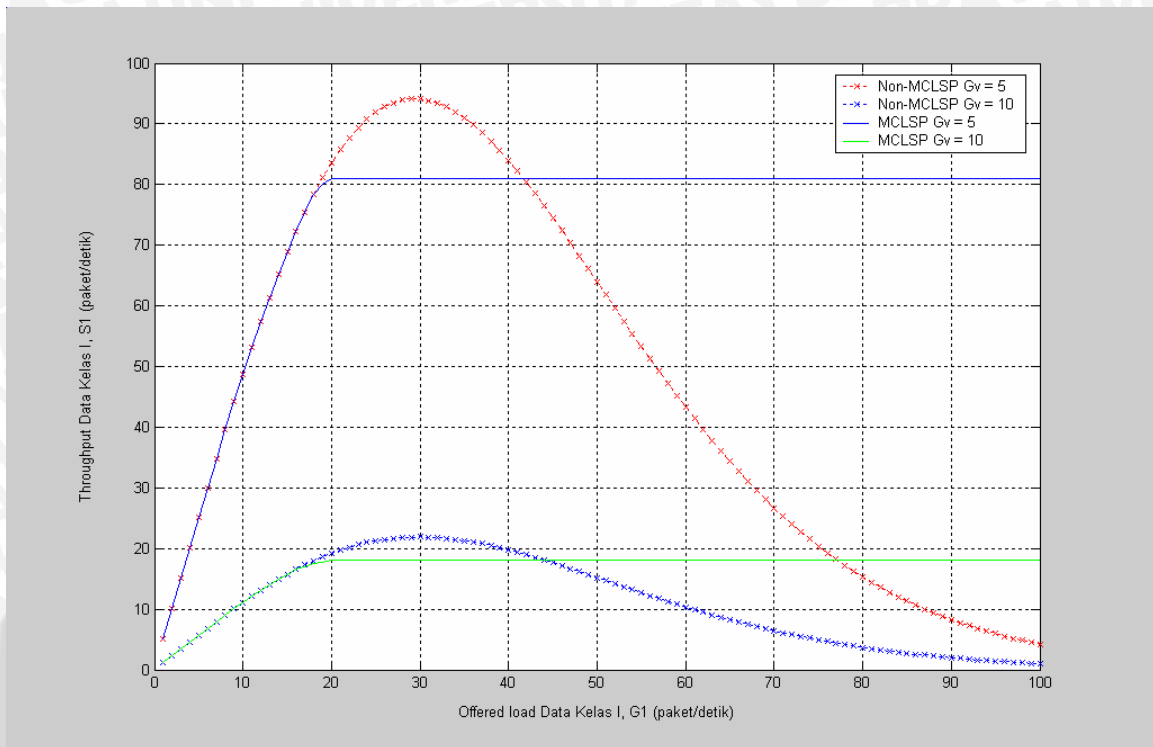
**Gambar 5.4.** Pengaruh *throughput* data dengan menggunakan MCLSP

Sumber : Perhitungan

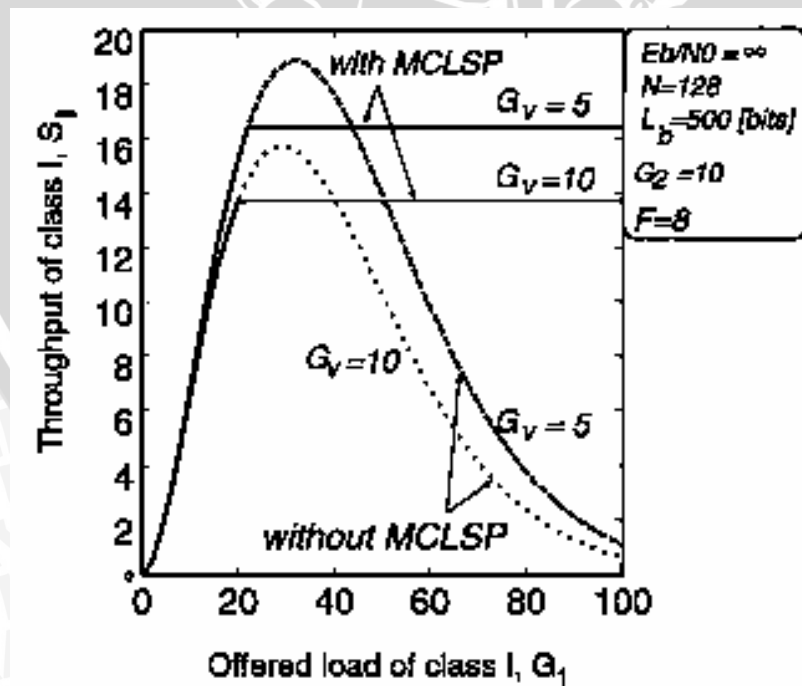
Dari hasil perhitungan dan grafik data, dapat dilihat adanya peningkatan data kelas I yang menggunakan MCLSP dengan berkurangnya pemakaian suara, *throughput* mengalami nilai konstan pada *offered load* tertentu.



### 5.3. Perbandingan Menggunakan MCLSP dan Non MCLSP



Gambar 5.5 (a). Perbandingan penggunaan MCLSP dan Non MCLSP  
Sumber : Perhitungan



Gambar 5.5 (b). Perbandingan penggunaan MCLSP dan Non MCLSP berdasarkan referensi  
Sumber : Abbas Sandouk et al, 1999

Dari gambar 5.5, dapat dilihat adanya peningkatan throughput data kelas I yang menggunakan MCLSP dengan berkurangnya pemakaian suara. Bila dibandingkan dengan pemakai yang menggunakan MCLSP, throughput mengalami nilai konstan pada *offered load* tertentu. Berbeda dengan tanpa menggunakan MCLSP, throughput akan turun terus sampai hampir mencapai titik nol.

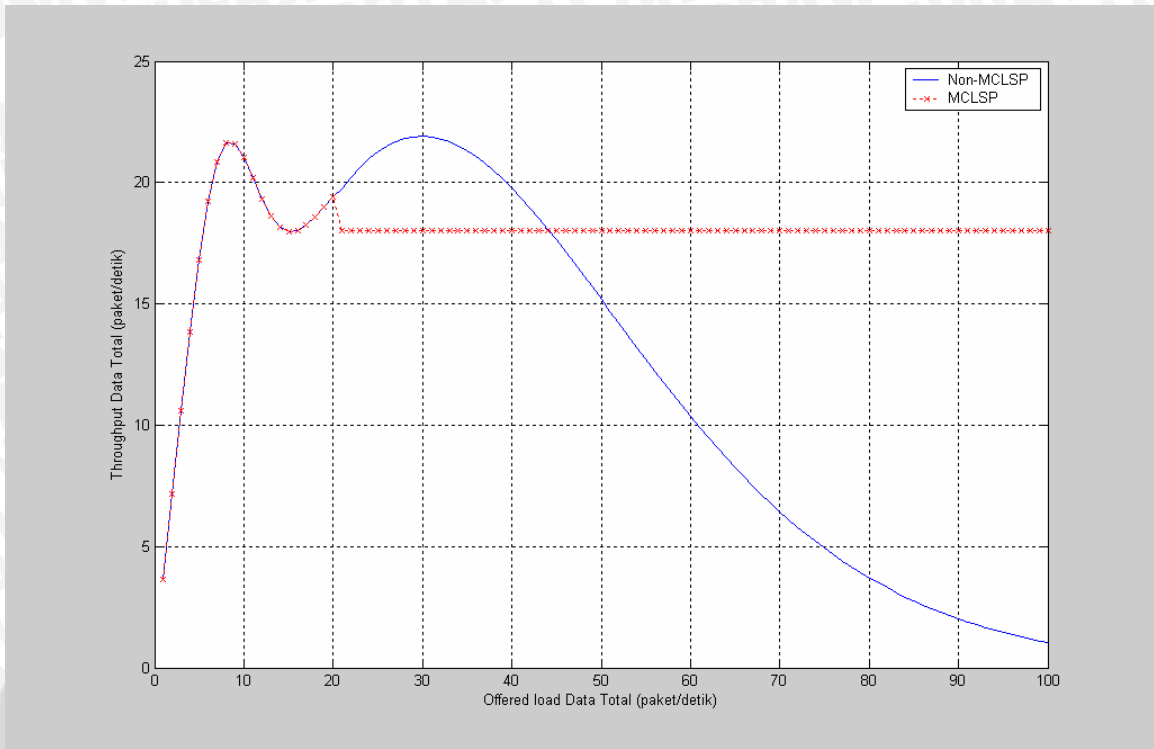
Perbedaan yang terjadi antara kedua gambar di atas adalah karena pemilihan  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_v$  yang berbeda, seperti yang terlihat pada tabel 5.4.

**Tabel 5.4.** Perbandingan MCLSP Perhitungan dengan Referensi

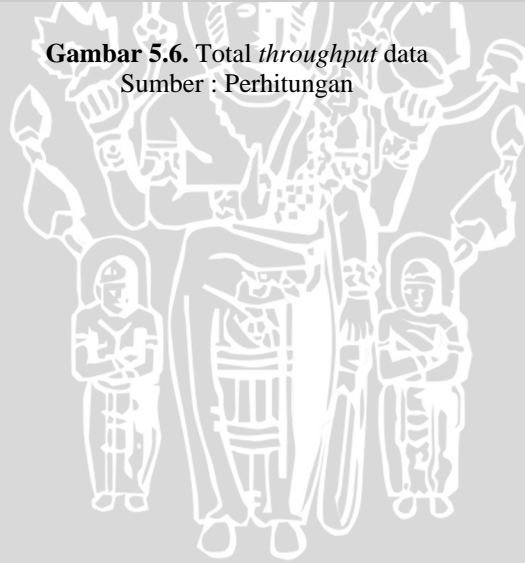
<b><math>S_I</math> max (paket/det) perhitungan saat <math>G_I</math> (paket/det) = 20</b>		<b><math>S_I</math> max (paket/det) referensi saat <math>G_I</math> (paket/det) = 20</b>	
$G_v = 5$ (paket/det)	$G_v = 10$ (paket/det)	$G_v = 5$ (paket/det)	$G_v = 10$ (paket/det)
81	18	17	14

#### 5.4. Total Throughput Data

Nilai throughput data menggunakan MCLSP akan konstan di bawah nilai maksimum. Hal ini disebabkan karena adanya penggunaan 2 jenis data yang berbeda. Meskipun nilai throughput tersebut berada di bawah nilai maksimum, namun dengan adanya kestabilan throughput akan lebih menguntungkan dibanding dengan yang tidak menggunakan MCLSP.



Gambar 5.6. Total throughput data  
Sumber : Perhitungan





## BAB VI PENUTUP

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis penerapan MCLSP pada komunikasi voice dan data untuk *multi code* CDMA dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

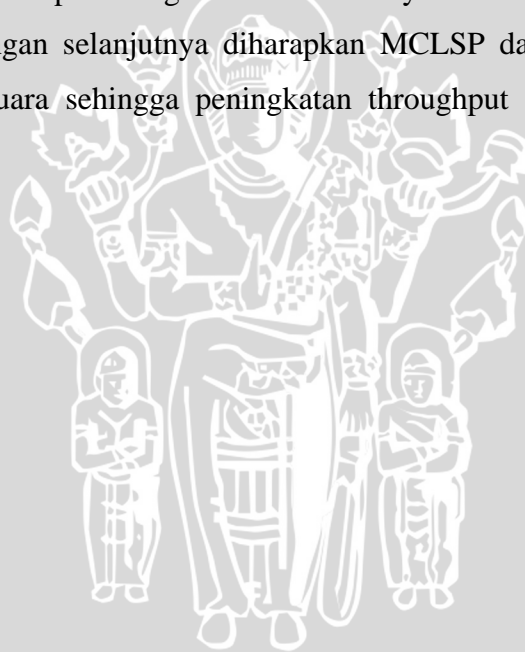
1. Pada sistem CDMA seluruh *user* menggunakan spektrum frekuensi yang sama. Tiap pelanggan dibedakan berdasarkan kode uniknya yang membuat kerahasiaan informasi tiap *user*nya terjamin. Pembangkitan sinyal pada CDMA dilakukan dengan mengalikan suatu pembawa *Pseudorandom Noise Sequence* yaitu rangkaian atau jajaran kode-kode yang digunakan untuk *spreading* atau proses penebaran sinyal sehingga mengakibatkan sistem ini memiliki rata-rata transmisi yang jauh lebih besar dari keperluan *bandwidth* minimum.
2. Pada sistem *multi-code* CDMA (MC- CDMA), data yang hendak ditransmisikan dengan bit rate yang lebih tinggi akan dipisah terlebih dahulu ke dalam sejumlah *sub stream* paralel dengan *basic rate*. Setiap *sub stream* kemudian disebar oleh *spreading orthogonal*. Bit rate yang bertambah tinggi akan diterima dengan meningkatkan sejumlah kode paralel.
3. - Dengan penerapan MCLSP (*Modified Channel Load Sensing Protocol*) sebagai kontrol trafik maka akan ditunjukkan nilai *throughput* yang konstan pada *offered load* suara sebagai berikut :
  - $G_v = 5$  didapatkan nilai *throughput* maksimum sebesar 81 paket/det
  - $G_v = 10$  didapatkan nilai *throughput* maksimum sebesar 18 paket/det.- Sedangkan untuk sistem yang tidak menggunakan MCLSP, *throughput* akan turun terus sampai hampir mencapai titik nol dengan nilai *throughput* maksimum sebagai berikut :
  - 127 paket/det pada  $G_v = 0$ .
  - 94 paket/det pada  $G_v = 5$
  - 22 paket/det pada  $G_v = 10$- Peningkatan *throughput* baik untuk sistem yang menggunakan MCLSP ataupun yang tidak menggunakan MCLSP juga dipengaruhi oleh *offered load* suara, jika *offered load* suara ( $G_v$ ) semakin besar berarti jumlah kedatangan

paket suara semakin besar sehingga peluang untuk paket data semakin kecil yang menyebabkan *throughput data* semakin kecil dan sebaliknya.

- *Throughput* dari data kelas I dapat ditingkatkan dengan menambah jumlah sub paket ( $F$ ) pada transmisi skema MC-CDMA.
  - Untuk  $F = 1$  didapatkan nilai *throughput maximum* sebesar 11 paket/det.
  - Untuk  $F = 8$  didapatkan nilai *throughput maximum* sebesar 41 paket/det
  - Untuk  $F = 16$  didapatkan nilai *throughput maximum* sebesar 53 paket/det.
- Perbedaan yang terjadi pada gambar hasil perhitungan dengan gambar hasil referensi yang diambil, diakibatkan karena pemberian nilai  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_v$  yang berbeda.

## 6.2 Saran

Penggunaan MCLSP pada Tugas Akhir ini hanya untuk data dengan *bit rate* tinggi, untuk pengembangan selanjutnya diharapkan MCLSP dapat digunakan untuk semua kelas data dan suara sehingga peningkatan *throughput* dapat dirasakan oleh semua pengguna.





## DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, M. 2005, *Analisis Performansi Jaringan CDMA2000-1x Di PT. INDOSAT Tbk, Surabaya*, Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang:Jurusan Teknik Elektro FT Unibraw.
- Cekdin, Cekmas, *Teori dan Contoh Soal Teknik Elektro Menggunakan Bahasa Pemrograman Matlab*, Andi, Yogyakarta, 2005.
- G.A. Cooper and C.D. Gillem., 1988, *Modern Spread Spectrum*, Singapore : Mc. Graw Hill Book, Co.
- Garg, Vijay K. 2000, “*IS-95 CDMA and cdma2000 Cellular/PCS Systems Implementation*”, New Jersey:Prentice Hall.
- Jhong Sam Lee, Leonard E. Miller, *CDMA Systems Engineering Handbook*, Artech House Publishers, Boston, London.
- Lee, William C.Y., 1993, *Mobile Cellular Telecommunication Systems*, Newyork : Mc. Graw Hill Book, Co.
- Muhammad Arhami, Anita Desiani, *Pemrograman Matlab*, Andi, Yogyakarta, 2005.
- Rappaport, Theodore S., *Principles and Practice Wireless Communications*, Prentice Hall, New Jersey, 1996.
- Saito, Masato et al., 1997, *Throughput Improvement of CDMA Slotted ALOHA System*, IEEE Trans. Communication, Vol. E 80-B, No.1.
- Sandouk, Abbas et al., 1999, *An Integrated Voice/Data CDMA Packet Communication With Multi Code CDMA Scheme*, IEEE Trans. Fundamental, Vol. E82-A, No. 10.
- Sandouk, Abbas et al., 2000, *An Access Cntrol Protocol for Heterogenous Traffic With Multi Code CDMA Scheme*, IEEE Trans.Fundamental, Vol. E83-A
- Santoso, Gatot. 2004, *Sistem Selular CDMA (Code Division Multiple Access)*, Yogyakarta:Graha Ilmu.
- Schwartz, Mischa. 1987. *Telecommunication Network, Protocol, Modeling and Analysis*. Addison-Wesley Publishing Company.
- Setiawan, Joko. 2005, *Analisis Kinerja Sistem Data Paket Kecepatan Tinggi Pada Penerapan Teknologi Cdma 2000 1xev - Do*, Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang:Jurusan Teknik Elektro FT Unibraw.
- Tanenbaum, Andrew S., 1997, *Jaringan Komputer*, edisi 3, jilid 1, Jakarta : Prenhalindo.



Viterbi, Andrew J., 1995, *CDMA Principles of Spread Spectrum Communication*, Addison Wesley Publishing, Co.

ZTE course slide Training Indosat.

<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&lr=&q=cache:G7daNgIHu2EJ:www.katayama.nuee.nagoya-u.ac.jp/~yamazato/Gcom98-TU13.pdf+mclsp>

<http://www.cdg.org>

<http://www.3gpp.org>

<http://www.Infoteknologi.com>

<http://www.csa.com>

<http://www.citeseer.ist.psu.edu>

<http://www.telecom.ee.itb.ac.id>



## LAMPIRAN 1

Tabel Fungsi Q(z)

z	Q(z)	z	Q(z)
0,0	0,50000	2,0	0,02275
0,1	0,46017	2,1	0,01786
0,2	0,42074	2,2	0,01390
0,3	0,38209	2,3	0,01072
0,4	0,34458	2,4	0,00820
0,5	0,30854	2,5	0,00621
0,6	0,27425	2,6	0,00466
0,7	0,24196	2,7	0,00347
0,8	0,21186	2,8	0,00258
0,9	0,18406	2,9	0,00187
1,0	0,15866	3,0	0,00135
1,1	0,13567	3,1	0,00097
1,2	0,11507	3,2	0,00069
1,3	0,96680	3,3	0,00048
1,4	0,08076	3,4	0,00034
1,5	0,06681	3,5	0,00023
1,6	0,05480	3,6	0,00016
1,7	0,04457	3,7	0,00011
1,8	0,3593	3,8	0,00007
1,9	0,02872	3,9	0,00005

(Sumber : Jhong Sam Lee and Leonard E. Miller, 1998)

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Ruang Lingkup .....	2
1.4. Tujuan Penulisan.....	3
1.5. Kontribusi Penelitian. ....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II. SISTEM KOMUNIKASI BERGERAK SELULER CDMA</b> .....	4
2.1. Umum .....	4
2.2. Konsep Komunikasi Bergerak Seluler.....	5
2.3. Metode Akses Jamak .....	8
2.3.1. <i>Frequency Division Multiple Access (FDMA)</i> .....	8
2.3.2. <i>Time Division Multiple Access (TDMA)</i> .....	9
2.3.3. <i>Code Division Multiple Access (CDMA)</i> .....	9
2.4. Teknik <i>Spread Spectrum</i> .....	10
2.4.1. Konsep Dasar Sistem <i>Spread Spectrum</i> .....	10
2.4.2. Macam-macam Teknik <i>Spread Spectrum</i> .....	11
2.4.2.1. <i>Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)</i> .....	11
2.4.2.2. <i>Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)</i> .....	13
2.4.2.3. <i>Time Hopped Spread Spectrum (THSS)</i> .....	16
2.5. Konsep Sel .....	16
2.6. Bagian-bagian dari CDMA.....	17
2.6.1. Penerima RAKE .....	17
2.6.2. Pengontrolan Daya .....	18
2.6.3. <i>Handoff</i> .....	19



2.7. Konsep <i>Cell Breathing</i> CDMA.....	21
---	----

**BAB III. PENERAPAN MCLSP PADA KOMUNIKASI VOICE DAN DATA**

**UNTUK *MULTI-CODE* CDMA ALOHA BERSLOT ..... 23**

3.1. Umum .....	23
3.2. Aloha Murni.....	24
3.3. Aloha Berslot .....	27
3.4. Model Data Kelas I.....	28
3.5. Model Data Kelas II.....	29
3.6. Model Trafik Suara.....	31
3.7. <i>Throughput</i> Data.....	31
3.7.1. <i>Throughput</i> Data Kelas I .....	32
3.7.2. <i>Throughput</i> Data Kelas II.....	33
3.8. <i>Modified Channel Load Sensing Protocol</i> (MCLSP).....	34

**BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN ..... 41**

**BAB V. ANALISIS PENERAPAN MCLSP PADA KOMUNIKASI VOICE DAN DATA UNTUK *MULTI-CODE* CDMA..... 43**

5.1. Analisis <i>Throughput</i> Data tidak Menggunakan MCLSP .....	44
5.1.1. Analisis <i>Throughput</i> Data Kelas I.....	44
5.1.2. Analisis <i>Throughput</i> Data Kelas II.....	48
5.2. Analisis <i>Throughput</i> Data dengan Menggunakan MCLSP .....	50
5.3. Perbandingan Menggunakan MCLSP dan Non MCLSP.....	52
5.4. Total <i>Throughput</i> Data.....	53

**BAB VI. PENUTUP..... 55**

6.1. Kesimpulan .....	55
6.2. Saran .....	56

**DAFTAR PUSTAKA..... 57**

**LAMPIRAN ..... 59**

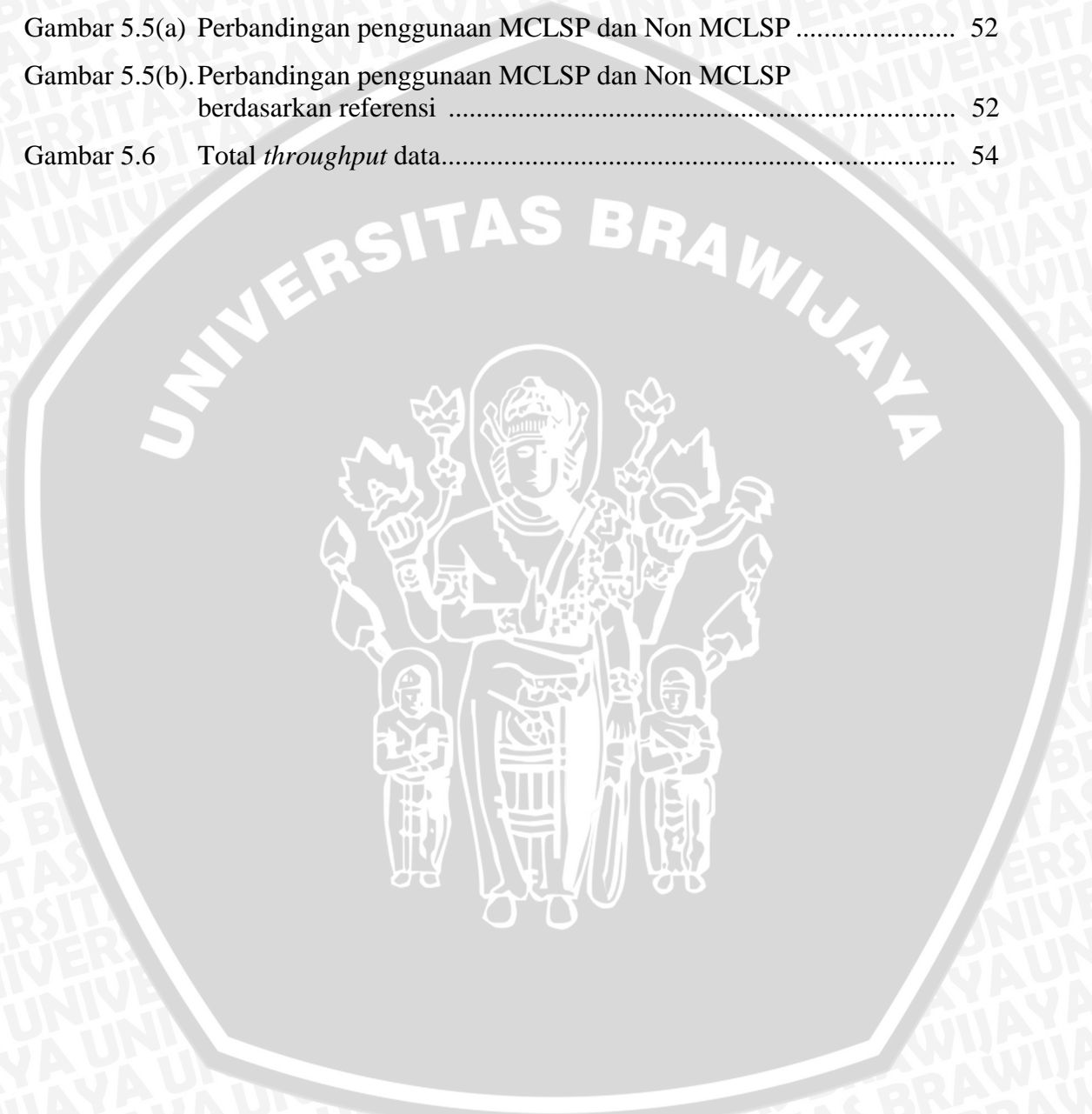


## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Omnicell dan sel sektorisasi.....	5
Gambar 2.2.	Elemen yang terdapat dalam sistem telekomunikasi seluler .....	7
Gambar 2.3.	Spektrum RF untuk teknik FDMA .....	8
Gambar 2.4.	Spektrum RF untuk teknik TDMA .....	9
Gambar 2.5.	Spektrum RF untuk teknik CDMA .....	10
Gambar 2.6.	Metode <i>Direct Sequence Spread Spectrum</i> .....	11
Gambar 2.7.	Pemancar <i>Direct Sequence</i> .....	12
Gambar 2.8.	Penerima <i>Direct Sequence</i> .....	12
Gambar 2.9.	Metode <i>Frequency Hopping Spread Spectrum</i> .....	14
Gambar 2.10.	Pemancar <i>Frequency Hopping</i> .....	14
Gambar 2.11.	Penerima <i>Frequency Hopping</i> .....	15
Gambar 2.12.	Metode <i>Time Hopped Spread Spectrum</i> .....	16
Gambar 2.13.	Blok diagram RAKE receiver.....	18
Gambar 2.14.	<i>Soft Handoff</i> .....	20
Gambar 2.15.	<i>Softer Handoff</i> .....	20
Gambar 2.16.	Peristiwa cell breathing pada sel CDMA.....	21
Gambar 3.1.	Sketsa pembuatan frame pada Aloha.....	24
Gambar 3.2.	Periode bahaya bagi frame berarsis .....	26
Gambar 3.3.	Throughput dengan lalu lintas yang ditawarkan.....	27
Gambar 3.4.	Model MC-CDMA <i>transmitter</i> untuk data kelas I .....	28
Gambar 3.5.	Transmisi simultan dari data dan suara.....	30
Gambar 3.6.	Penggunaan MCLSP.....	35
Gambar 3.7.	Blok data kelas I dalam penggunaan MCLSP .....	36
Gambar 3.8.	Blok data kelas II dalam penggunaan MCLSP .....	37
Gambar 3.9.	Model trafik suara dalam penggunaan MCLSP.....	38
Gambar 5.1(a).	Efek transmisi suara yang bervariasi pada <i>throughput</i> data kelas I.....	45
Gambar 5.1(b).	Efek transmisi suara yang bervariasi pada <i>throughput</i> data kelas I berdasarkan referensi.....	45
Gambar 5.2(a).	Efek MC faktor (F) yang bervariasi pada <i>throughput</i> data kelas I.....	47
Gambar 5.2(b).	Efek MC faktor (F) yang bervariasi pada <i>throughput</i> data	



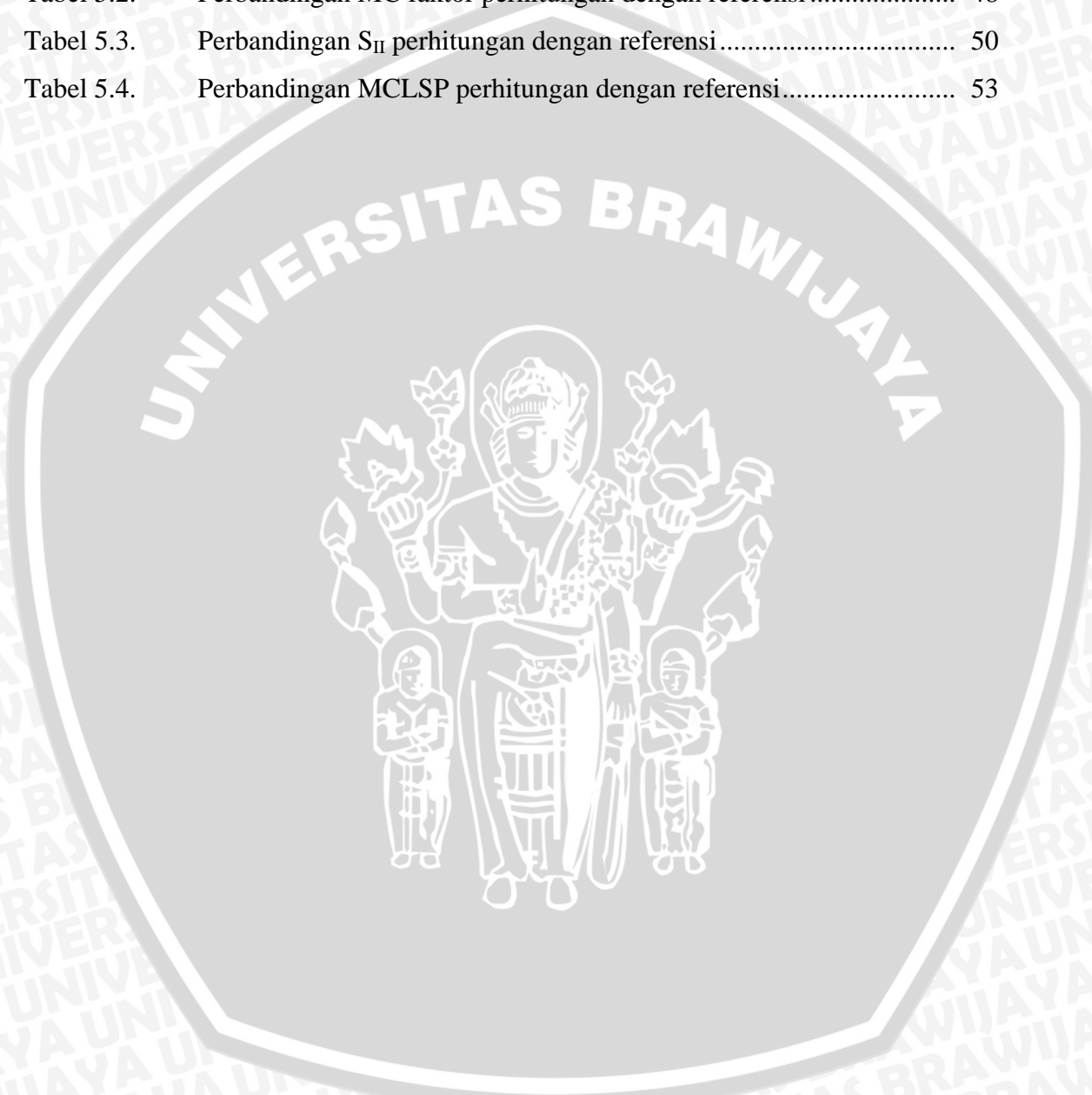
kelas I berdasarkan referensi.....	47
Gambar 5.3(a). Efek transmisi suara yang bervariasi pada <i>throughput</i> data kelas II.....	49
Gambar 5.3(b). Efek transmisi suara yang bervariasi pada <i>throughput</i> data kelas II berdasarkan referensi .....	49
Gambar 5.4. Pengaruh <i>throughput</i> data dengan menggunakan MCLSP .....	51
Gambar 5.5(a) Perbandingan penggunaan MCLSP dan Non MCLSP .....	52
Gambar 5.5(b). Perbandingan penggunaan MCLSP dan Non MCLSP berdasarkan referensi .....	52
Gambar 5.6 Total <i>throughput</i> data.....	54





**DAFTAR TABEL**

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Tipe sel komunikasi bergerak .....	16
Tabel 5.1.	Perbandingan $S_I$ perhitungan dengan referensi .....	46
Tabel 5.2.	Perbandingan MC faktor perhitungan dengan referensi .....	48
Tabel 5.3.	Perbandingan $S_{II}$ perhitungan dengan referensi .....	50
Tabel 5.4.	Perbandingan MCLSP perhitungan dengan referensi .....	53



## RINGKASAN

**NUR AINI FEBRISIAN, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang, Juli 2006, Penerapan MCLSP Pada Komunikasi Voice Dan Data Untuk *Multi-code* CDMA, Dosen Pembimbing: Rudy Yuwono, ST.MSc. dan Ir. Erfan Achmad Dahlan**

Penggunaan sistem multimedia adalah hal yang dibutuhkan pada sistem komunikasi bergerak saat ini. Adanya penerapan teknologi *multi-code* CDMA (MC-CDMA) dapat memberikan solusi akan pentransmisian suara dan paket data secara simultan, dimana dua paket data dengan bit rate yang berbeda akan dikirimkan bersamaan dengan suara. Tetapi adanya masalah utama dari CDMA konvensional yaitu MAI (*Multiple Access Interference*) menyebabkan dibutuhkan suatu jenis control trafik, dikarenakan faktor MAI tersebut dapat mengakibatkan penurunan *throughput*. Untuk metoda kontrol akses pada sistem CDMA Aloha berslot ini dipakailah MCLSP (*Modified Channel Load Sensing Protocol*), sehingga diharapkan penerapan MCLSP pada sistem dapat meningkatkan *throughput* dan mencapai suatu nilai yang konstan pada saat tertentu.

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah mengkaji penerapan MCLSP pada komunikasi voice dan data untuk *multi-code* CDMA. Analisis penerapan MCLSP pada komunikasi voice dan data untuk *multi-code* CDMA dilakukan dengan membandingkan *throughput* antara sistem yang tidak menggunakan MCLSP dan sistem yang menggunakan MCLSP.

Dari analisis yang dilakukan dapat diketahui bahwa dalam analisis sistem yang tidak menggunakan MCLSP, *throughput* akan turun terus sampai hampir mencapai titik nol dengan nilai *throughput* maksimum sebesar 94 paket/det pada *offered load* suara ( $G_v$ ) = 5 dan 22 paket/det pada  $G_v = 10$ . Sedangkan dalam analisis sistem yang menggunakan MCLSP, akan ditunjukkan nilai *throughput* yang konstan pada *offered load* suara ( $G_v$ ) = 5 dengan nilai *throughput* maksimum sebesar 81 paket/det dan pada  $G_v = 10$  dengan nilai *throughput* maksimum sebesar 18 paket/det.



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, penggunaan sistem komunikasi radio berkembang dengan sangat pesat, seiring dengan peningkatan kebutuhan jasa telekomunikasi bagi masyarakat modern. Hal ini mengakibatkan alokasi frekuensi radio yang tersedia semakin lama akan semakin padat. Kondisi demikian dapat menyebabkan permintaan hubungan komunikasi yang sangat besar tidak bisa dilayani melalui jaringan yang berbasis lintas radio.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk memecahkan permasalahan yang terjadi seperti dengan sistem komunikasi akses jamak *FDMA* dan *TDMA*. Tetapi, kapasitas pemakai yang dimiliki oleh kedua sistem tersebut relatif terbatas. *Code Division Multiple Acces* (CDMA) merupakan teknologi digital selular terbaru menggunakan sistem pengkodean yang unik, menjamin keamanan tinggi dan memiliki kapasitas spektrum yang besar. Mulanya CDMA digunakan untuk sistem komunikasi militer Amerika Serikat, dengan ditetapkannya CDMA sebagai standar internasional oleh Asosiasi Industri Telepon Selular CTIA, mulailah CDMA dipergunakan di berbagai negara.

Pada pengguna layanan CDMA yang sedang dan akan mengakses jaringan tidak dapat diketahui secara pasti kapan waktu pemakaiannya. Setiap pengguna yang tersebar dimana-mana menggunakan layanan CDMA dengan waktu yang random. Waktu yang random ini dapat dideteksi dengan suatu sistem transmisi yang disebut sistem Aloha, tetapi untuk lebih meningkatkan efisiensi keberhasilan suatu panggilan maka penyempurnaan dari sistem Aloha dikenal sebagai sistem Aloha berslot.

Dengan sistem Aloha waktu kedatangan diatur dalam selang waktu tertentu. Sistem kedatangan yang tadinya bersifat kontinu diubah menjadi bersifat diskrit dengan membagi-bagi waktu dalam slot.

Pada sistem komunikasi bergerak saat ini dibutuhkan pengiriman paket data dari kecepatan rendah sampai dengan kecepatan tinggi, dimana layanan suara merupakan hal yang masih menjadi aplikasi yang dominan. Penggunaan sistem multimedia dimana paket data dan suara merupakan unsur yang saling terintegrasi merupakan permasalahan yang ingin dibahas. Pada Tugas Akhir ini akan dibahas pentransmisi suara dan paket data secara simultan menggunakan *multi-code* CDMA (MC-CDMA) Aloha berslot.



*Multi-code* CDMA (MC-CDMA) akan digunakan sebagai multirate untuk mendukung sistem transmisi dengan bit rate yang berbeda.. Dua paket data dengan bit rate yang berbeda akan dikirimkan bersamaan dengan suara.

Tetapi sistem CDMA konvensional memiliki masalah utama dari MAI (*Multiple Access Interference*). Adanya penurunan throughput yang disediakan oleh faktor MAI, menyebabkan dibutuhkannya suatu jenis kontrol trafik. Untuk metoda kontrol akses pada CDMA Aloha berslot ini dipakailah MCLSP (*Modified Channel Load Sensing Protokol*).

## 1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang dari Tugas Akhir ini, maka perumusan masalah dititikberatkan pada:

1. Bagaimana konsep komunikasi bergerak seluler berbasis CDMA?
2. Bagaimana konsep dasar dari *multi-code* CDMA?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan *Modified Channel Load Sensing Protokol* (MCLSP) pada perubahan *throughput* untuk sistem *multi-code* CDMA?

## 1.3 Ruang Lingkup

Batasan-batasan yang diberikan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Paket data diklasifikasikan menjadi dua kelas ditinjau dari kecepatan transmisinya saat mengirimkan paket data, yaitu:
  - Kelas I untuk paket data yang membutuhkan kecepatan transmisi yang tinggi.
  - Kelas II untuk paket data yang membutuhkan kecepatan transmisi yang rendah.
2. Sistem CDMA yang digunakan adalah teknik CDMA Aloha berslot.
3. Penggunaan MCLSP pada Tugas Akhir ini hanya untuk data dengan bit rate tinggi yaitu data kelas I.
4. Pembahasan dibatasi pada masalah jaringan secara umum tanpa membahas sistem pensinyalan dan pengkodean.
5. Tidak membahas perangkat keras dan lunak sistem yang digunakan
6. Tidak membahas teknik modulasi.
7. Perhitungan *throughput* untuk sistem *multi-code* CDMA Aloha berslot ini menggunakan software Matlab versi 6.

#### 1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah mengkaji penerapan MCLSP pada komunikasi voice dan data untuk *multi-code* CDMA.

#### 1.5 Kontribusi Penelitian

Penulisan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan kontribusi:

- Bagi penulis, Tugas Akhir ini dapat menambah wawasan dan keilmuan mengenai teknologi ini.
- Bagi pembaca, pada umumnya dapat menjadi suatu wacana dan literatur mengenai penerapan MCLSP pada komunikasi voice dan data untuk *multi code* CDMA.
- Sebagai syarat kelulusan studi S-1 pada Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan meliputi :

- Bab I Merupakan pendahuluan yang memuat latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan penulisan, kontribusi penelitian dan sistematika penulisan.
- Bab II Merupakan studi pustaka yang membahas secara umum teori dasar tentang komunikasi bergerak seluler CDMA.
- Bab III Merupakan studi pustaka yang membahas secara khusus penerapan MCLSP pada komunikasi voice dan data untuk *multi-code* CDMA.
- Bab IV Memuat metodologi penulisan yang menjelaskan tahapan pengerjaan Tugas Akhir.
- Bab V Membahas analisis penerapan MCLSP pada komunikasi voice dan data untuk *multi-code* CDMA.
- Bab VI Penutup, memuat kesimpulan dan saran Tugas Akhir ini.



## BAB II

### SISTEM KOMUNIKASI BERGERAK SELULER CDMA

#### 2.1. Umum

Saat ini kebutuhan manusia akan sarana komunikasi telah mengalami pergeseran yaitu yang semula hanya untuk sarana berbicara lewat telepon namun sekarang komunikasi harus bisa bersifat *mobile*. Manusia di jaman sekarang membutuhkan sarana telekomunikasi yang bisa melayani dimanapun dan kapanpun mereka berada serta mempunyai kemampuan bukan hanya layanan suara namun juga untuk akses data (internet).

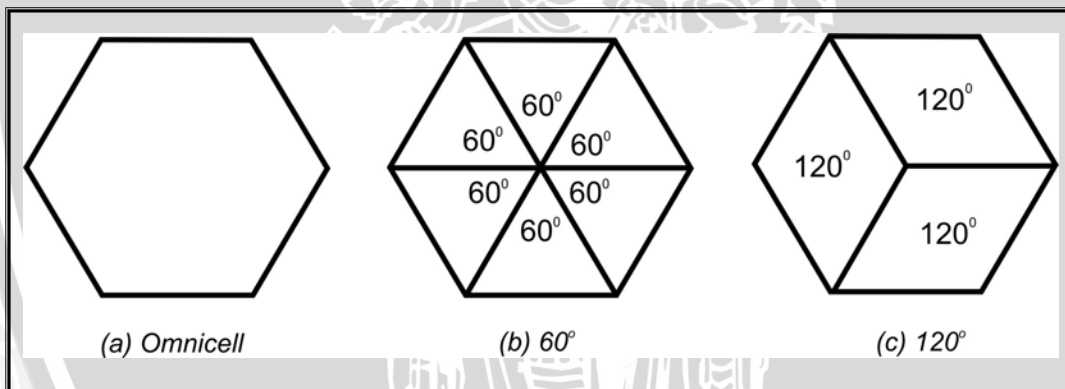
Oleh sebab itu layanan telekomunikasi yang dahulu bersifat *fixed* (tetap tidak bisa dibawa kemana-mana) dan hanya mampu untuk komunikasi suara, berkembang kesifat komunikasi dengan kemampuan bergerak (*mobile*) dan selain layanan suara (*voice*) juga untuk data (akses internet, *short message services*) dan bahkan *video*. Lahirlah kemudian teknologi GSM (*Global System for Mobile Communication*) yang lahir dan dipelopori oleh negara-negara Eropa, teknologi PCS (*Personal Communication System*) yang lahir di Jepang, dan teknologi AMPS (*Advanced Mobile Phone System*) yang merupakan cikal bakal teknologi CDMA (*Code Division Multiple Access*) yang dikembangkan oleh Qualcomm, Amerika Serikat. Teknologi CDMA awalnya dipakai untuk komunikasi perang (PD II). Semua layanan diatas pada awalnya hanya menyediakan layanan *voice* dan seiring dengan perkembangan kebutuhan manusia untuk akses data, maka dikembangkanlah teknologi tersebut untuk menyediakan *voice* dan data. Beberapa karakteristik teknologi *mobile* adalah sebagai berikut :

- *mobility* : sistem komunikasi bergerak bersifat *personal* dan bisa dibawa kemanapun si pemakai pergi, lebih fleksibel dan nyaman dipakai.
- “lingkungan” yang terbatas dan miskin *resource* (sumber daya frekuensi) : pada sistem *mobile*, *resource* berupa frekuensi gelombang radio akan dipakai bersama-sama dengan banyak user . Hal ini berakibat sistem *mobile* rentan terhadap gangguan interferensi dari kanal yang berdekatan (*co-channel interference*), terjadinya perubahan *noise* dan *power control* yang lebih akurat.
- *Reliability* : pada sistem *mobile* mutlak adanya jaminan untuk proses *registrasi user* pada sistem yang cepat, proses *handoff* dan sistem *switching* yang handal.



## 2.2. Konsep Komunikasi Bergerak Seluler

Istilah selular berarti sel-sel dengan radius tertentu yang dapat mencakup suatu area. Dalam sistem telekomunikasi bergerak selular, seluruh wilayah pelayanannya dibagi menjadi beberapa wilayah yang disebut sel. Tiap sel dicatu oleh *Base Transceiver Station (BTS)* yang dapat diletakkan di tengah maupun di sudut sel. Bila BTS berada di tengah sel, maka digunakan antena *omnidirectional* dan sel tersebut dikenal dengan nama *omnicell*. Dengan menggunakan antena *omnidirectional*, BTS memancarkan daya yang sama ke segala arah. Karenanya, pemakaian *omnicell* ini akan sangat mudah berinterferensi. Untuk mengurangi interferensi itulah, maka digunakan sel sektorisasi dengan menggunakan antena *directional*. Dalam hal ini tidak perlu mengganti sistem antena, melainkan cukup dengan mensektorisasi dari bentuk sebelumnya. Terdapat dua jenis sektorisasi, yaitu 3 dan 6 sektor yang masing-masing menggunakan antena dengan pengarahannya  $120^\circ$  dan  $60^\circ$  seperti yang terlihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1.** Omnicell dan sel sektorisasi  
Sumber : Robert G. Wich,1993 :406

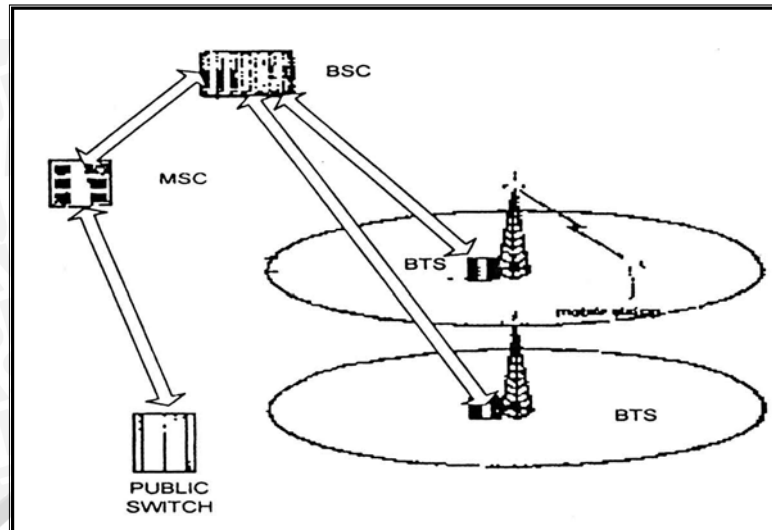
Keuntungan penggunaan antena enam sektor ( $60^\circ$ ) adalah akan diperoleh kinerja sistem yang baik, terutama dalam kualitas suara, namun antena ini juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu [Lee, 1995 : 201] :

1. Membutuhkan antena sektorisasi yang lebih banyak pada setiap BTS, sehingga tidak ekonomis (membutuhkan biaya yang lebih banyak).
2. Akan sering terjadi *handover* karena meningkatnya kemungkinan *mobile station* bergerak antara sektor.

Sedangkan dalam sistem antenna *omnicell* mempunyai kelemahan, yaitu pemakaian *omnicell* sangat mudah berinterferensi karena pola pancaran sinyalnya menyebar ke segala arah. Karena kelemahan itulah, maka biasanya lebih dipilih antenna tiga sektor ( $120^\circ$ ).

BTS ini menangani *radio interface* ke terminal pelanggan dan melakukan *routing service* atau data *traffic* dari dan ke *switching*. Masing-masing *mobile station* menggunakan suatu bagian yang terpisah dimana kanal radio sementara digunakan untuk berbicara ke *cell site* (BTS). *Cell site* berbicara ke banyak pelanggan *mobile* dalam satu kali kesempatan menggunakan satu kanal tiap *mobile station*. Kanal-kanal menggunakan sepasang frekuensi untuk berkomunikasi, satu frekuensi *forward link* untuk transmisi dari *cell site* (BTS) ke *mobile station* (MS) dan satu frekuensi lagi, *reverse link* untuk menerima panggilan dari MS ke BTS. *Base station* dapat berkomunikasi dengan MS selama berada dalam *rangensi*. Gelombang radio dipropagasikan melewati suatu jarak tertentu, 'sehingga MS harus berada di dekat *base station* untuk menjaga kontinuitas komunikasi, jadi MS harus berada dalam jangkauan operasi dari *base station* seperti pada awal sistem radio bergerak. Struktur dasar dari jaringan *mobile* termasuk sistem telepon dan layanan radio dimana layanan radio *mobile* beroperasi dalam suatu jaringan tertutup dan tidak mempunyai akses ke sistem telepon.

BTS juga berfungsi untuk menciptakan *network interface* ke *Base Station Controller* (BSC) untuk pengiriman dan penerimaan suara atau data, serta menginformasikan *alarms* dan *self diagnostic routine* untuk *fault management*. Semua *cell site* yang ada pada suatu sistem telepon *mobile* semuanya terhubung ke sentral telepon *mobile* I MSC melalui BSC. Sentral telepon *mobile*/ MSC inilah yang mengatur sistem telepon *mobile* selular ini, di dalam sentral telepon *mobile* inilah semua kegiatan diproses termasuk di dalamnya mengenai pengaturan *cell site*, pentarifan dan proses administrasi. Gambar 2.3 menunjukkan berbagai elemen yang terdapat dalam sistem telepon selular yaitu *Public Switch*, MSC, BSC, BTS dan *mobile station*.



**Gambar 2.2.** Elemen yang terdapat dalam sistem telekomunikasi selular  
Sumber: "CDMA Technology" <http://www.cdg.org;2005>

Konsep selular yaitu dengan menggunakan level variable dengan daya rendah, dimana mengizinkan sel diukur sesuai dengan densitas pelanggan dan permintaan yang diberikan area. Dengan mengikuti perkembangan populasi, sel dapat ditambahkan untuk mengakomodasi permintaan pelanggan. Ada dua hal pokok yang mendasari sistem komunikasi selular yaitu teknik pengulangan frekuensi (*frequency reuse*) dan teknik pembelahan sel (*cell splitting*). Teknik pengulangan frekuensi (*frequency reuse*) digunakan untuk mengatasi adanya kendala keterbatasan frekuensi yang dapat dipakai. Pada teknik ini untuk sel-sel dengan jarak tertentu dapat menggunakan frekuensi yang sama. Frekuensi yang digunakan dalam satu sel *cluster* dapat *direuse* pada sel lainnya. Pembicaraan dapat di *handedoff* dari sel ke sel untuk memelihara agar layanan telepon tetap konstan seiring dengan perpindahan pengguna diantara sel-sel.

Teknik pembelahan sel (*cell splitting*) digunakan untuk mengatasi adanya peningkatan jumlah pelanggan namun jumlah kanal yang tersedia sudah tidak mencukupi maka dengan teknik ini diharapkan pengulangan frekuensi dapat lebih ditingkatkan. Dari kedua teknik diatas sistem selular dapat melayani banyak pelanggan dalam sebuah sel tunggal dengan menggunakan alokasi spektrum frekuensi sekecil mungkin.

Kelebihan sistem selular dibandingkan sistem konvensional adalah pada fasilitas *soft handoff* dimana pembicaraan tidak terputus bila terjadi perpindahan sel. Hal ini karena kanal frekuensi yang digunakan akan berganti secara otomatis. Bertambahnya permintaan dan buruknya kualitas layanan *existing*, memberikan petunjuk bagi *provider* layanan bergerak untuk mencari cara untuk memperbaiki kualitas layanan agar dapat



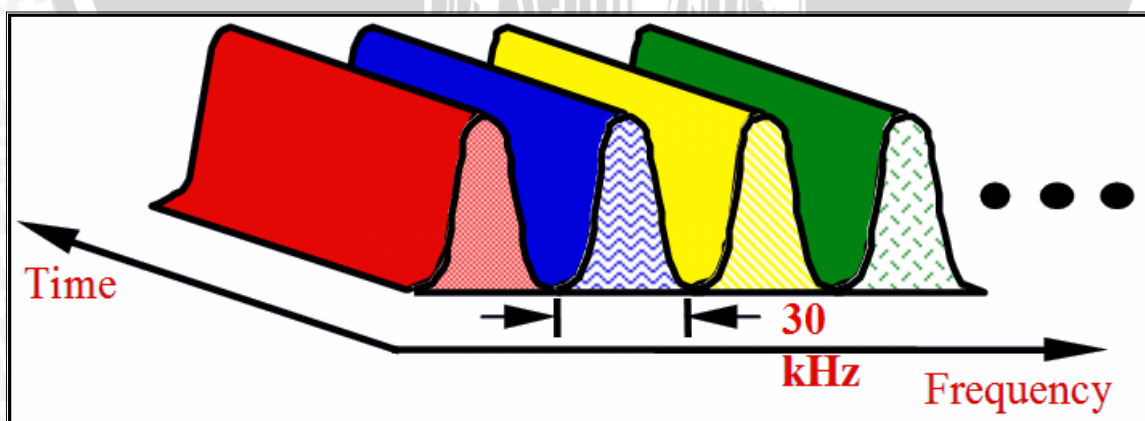
mendukung lebih banyak pengguna pada sistem mereka. Karena spektrum frekuensi yang ada untuk komunikasi bergerak selular sangat terbatas, maka efisiensi penggunaan dari frekuensi yang diperlukan untuk cakupan komunikasi bergerak selular.

### 2.3. Metode Akses Jamak

Akses jamak merupakan suatu metode yang digunakan untuk mentransmisikan beberapa kanal pembicaraan pada *band* frekuensi yang telah ditentukan. Secara umum terdapat tiga macam akses jamak yaitu FDMA, TDMA, dan CDMA.

#### 2.3.1. *Frequency Division Multiple Access (FDMA)*

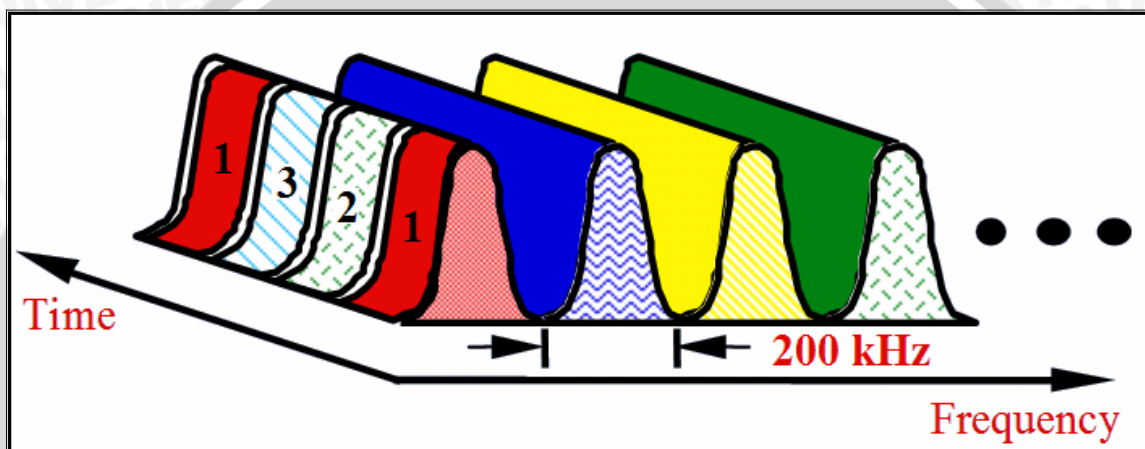
FDMA merupakan teknik akses jamak yang umumnya digunakan pada sistem komunikasi bergerak, FDMA adalah yang paling sederhana. Dengan FDMA, spektrum yang tersedia dibagi menjadi beberapa kanal radio dari *bandwidth* yang telah ditentukan, dan pemilihan dari kanal ini digunakan di dalam sel yang diberikan. Jadi *band* frekuensi RF dibagi-bagi ke dalam sejumlah kanal radio individual yang terdiri dari pasangan frekuensi kirim dan terima. Setiap kanal digunakan untuk membawa sinyal suara atau sinyal kontrol. Setiap *user* dapat mengakses setiap kanal berdasarkan pengaturan dari pengendali, dengan setiap *user* menempati setiap kanal frekuensi. Contoh penerapan sistem FDMA adalah sistem selular analog *Advanced Mobile Phone System (AMPS)*, *Narrow Band AMPS (NAMPS)*, dan *Total Access Communication Services (TACS)*.



Gambar 2.3. Spektrum RF untuk teknik FDMA  
Sumber : Motorola, 1998:4

### 2.3.2. Time Division Multiple Access (TDMA)

Dalam sistem TDMA, semua *user* menempati *band* frekuensi yang sama dan dibedakan ke dalam sejumlah *time slot*. Setiap *user* menempati *time slot* yang telah ditentukan yang berisi sinyal suara atau sinyal kontrol. Setiap *time slot* dipisahkan oleh waktu pemisahan yang berfungsi memisahkan sinyal pembicaraan yang satu dengan yang lain agar tidak saling mengganggu. Contoh penerapan sistem TDMA adalah *Global System for Mobile Communications* (GSM), *Digital Enhanced Cordless Telecommunication* (DECT).



Gambar 2.4. Spektrum RF untuk teknik TDMA  
Sumber : Motorola, 1998:4

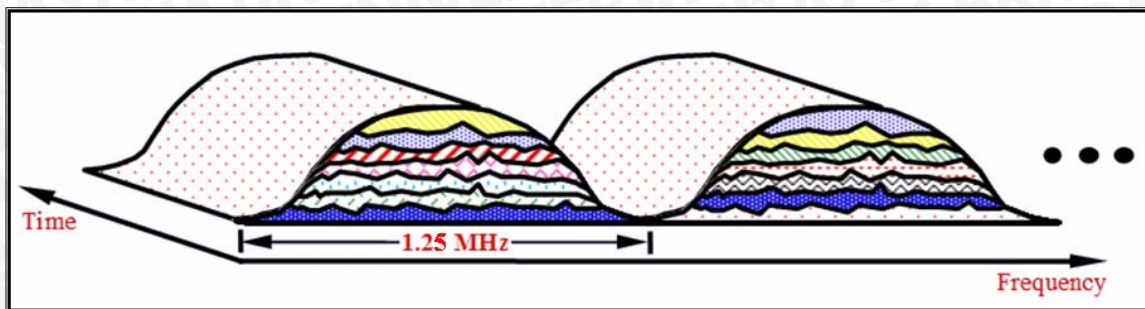
### 2.3.3. Code Division Multiple Access (CDMA)

Dalam sistem CDMA, seluruh *user* menggunakan spektrum frekuensi yang sama. Tiap pelanggan dibedakan berdasarkan kode uniknya yang membuat kerahasiaan informasi tiap *user*-nya terjamin. Pembangkitan sinyal pada CDMA dilakukan dengan mengalikan suatu pembawa *Pseudorandom Noise Sequence* yaitu rangkaian atau jajaran kode-kode yang digunakan untuk *spreading* atau proses penebaran sinyal sehingga mengakibatkan sistem ini memiliki rata-rata transmisi yang jauh lebih besar dari keperluan *bandwidth* minimum.

Sistem CDMA menggunakan pita frekuensi yang dibutuhkan untuk transmisi langsung. Pesan-pesan informasi dicampur dengan sederetan kode tak berurutan pada kecepatan tinggi yang ditransmisikan secara langsung. Informasi dari seluruh stasiun pelanggan dapat dikirimkan pada waktu yang bersamaan, tanpa membedakan frekuensinya. Setiap stasiun pelanggan menerima seluruh sinyal yang dikirimkan dan menghubungkan sinyal yang diterima dengan kode *spreading* untuk mendapatkan sinyal informasi. Hal



ini berarti penerima harus mengetahui kode yang digunakan untuk memodulasi data sebelumnya pada sisi transmisi.



Gambar 2.5. Spektrum RF untuk teknik CDMA  
Sumber : Motorola, 1998:4

## 2.4. Teknik Spread Spectrum

Sistem spektral tersebar (*spread spectrum / SS*) telah dikembangkan sejak pertengahan tahun 1950. Sistem ini pertama kali digunakan pada sistem komunikasi militer, karena memiliki kemampuan anti *jamming* atau tahan terhadap interferensi.

### 2.4.1. Konsep Dasar Sistem Spread Spectrum

Pada umumnya sistem komunikasi konvensional dirancang untuk dapat beroperasi secara efisien dalam lingkungan derau putih *Gaussian* (*AWGN/Additive White Gaussian Noise*). Tetapi pada kenyataannya terdapat jenis gangguan lain selain *AWGN*, seperti interferensi dan sinyal lintasan jamak, yang akan menurunkan kinerja sistem komunikasi.

Semua gangguan yang muncul pada sistem komunikasi dapat dianggap sebagai suatu *jammer* baik yang disengaja (*intentional jamming*) maupun yang tidak disengaja (*unintentional jamming*). Gangguan yang disengaja dapat berupa interferensi dari *user* lain dalam sistem akses jamak, atau interferensi dari sistem komunikasi lain. Sedangkan gangguan yang tidak disengaja dapat disebabkan oleh pengaruh sinyal lintasan jamak.

Sistem komunikasi yang dirancang untuk melawan *jamming* dengan memperbesar *bandwidth* disebut dengan sistem spektral tersebar (*spread spectrum*). Suatu sistem didefinisikan sebagai sistem spektral tersebar jika memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Sinyal memiliki *bandwidth* yang jauh lebih besar dibandingkan dengan *bandwidth* yang dibutuhkan untuk mengirim informasi.



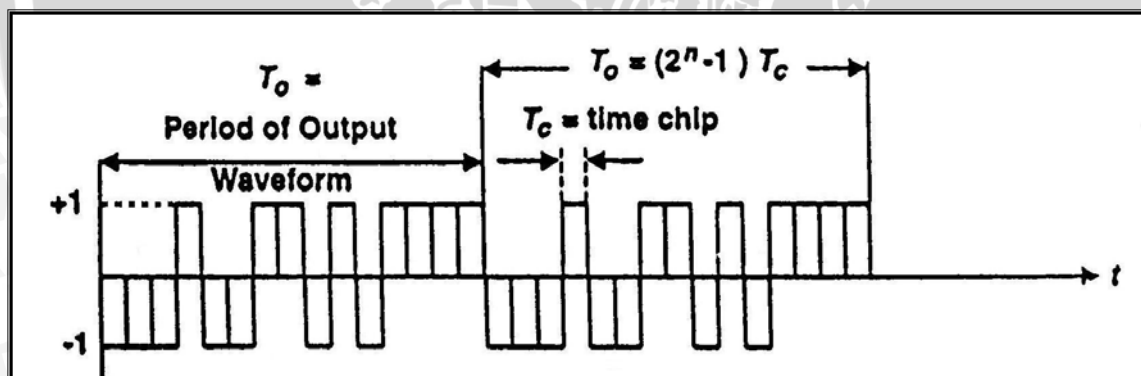
2. Pada pengirim, sinyal informasi ditebar ke seluruh *bandwidth* sistem dengan menggunakan sinyal penebar (*spreading signal*) atau sinyal pengkode (*code signal*), yang tidak tergantung pada sinyal informasi.
3. Pada penerima, sinyal informasi dapat diperoleh kembali dengan mengkorelasikan sinyal spektral tersebar yang diterima dengan sinyal referensi. Sinyal referensi merupakan salinan dari sinyal penebar pada pengirim.

#### 2.4.2. Macam-macam Teknik *Spread Spectrum*

Teknik penebaran spektral yang banyak dikembangkan pada sistem spektral tersebar adalah :

##### 2.4.2.1. *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS)

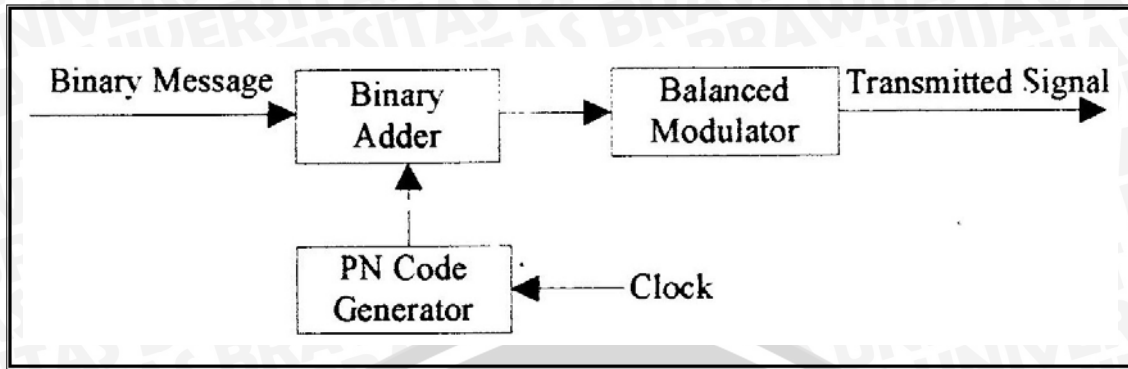
DSSS terdiri dari suatu gelombang pembawa yang dimodulasi oleh sebuah kode digital dimana memiliki kode *bit rate* yang jauh lebih besar daripada *bit rate* sinyal informasi yang ditunjukkan oleh gambar 2.6. Sistem ini sering disebut juga sistem *pseudo-noise*.



Gambar 2.6. Metode *Direct Sequence Spread Spectrum*  
Sumber : Garg, 2000:10

##### a. Pemancar *Direct Sequence*

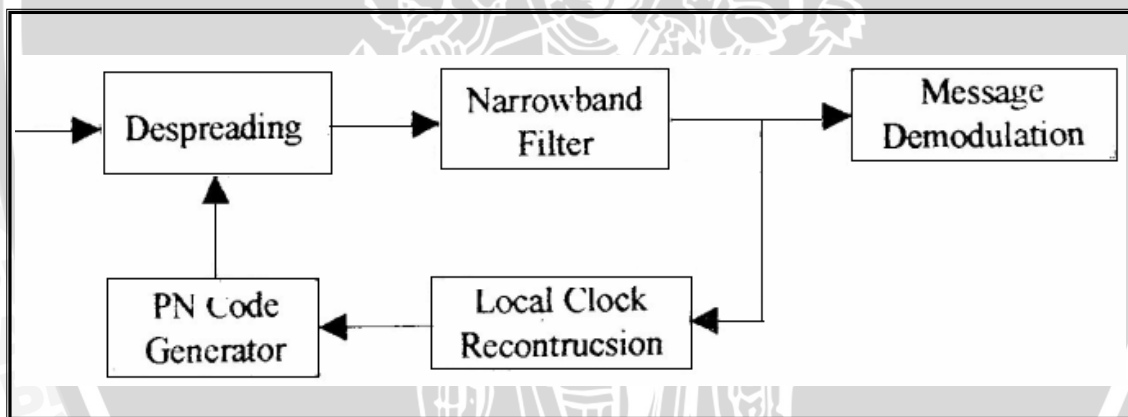
Prinsip dasar pemancar *direct sequence* dapat dilihat pada gambar 2.7, dari gambar terlihat bahwa sinyal informasi biner dijumlahkan secara modulu-2 dengan deretan sinyal pseudonoise periodik yang dibangkitkan oleh pseudonoise generator, hasil dari penjumlahan ini, kemudian dimodulasi dengan sinyal carrier dengan sistem modulasi digital.



Gambar 2.7. Pemancar *Direct Sequence*  
 Sumber : Mc. Graw Hill, 1988

**b. Penerima *Direct Sequence***

Sistem penerima *direct sequence* harus memiliki kemampuan untuk mendeteksi adanya sinyal, despreding, dan demodulasi, sehingga sinyal informasi yang dikirimkan dapat diperoleh kembali.



Gambar 2.8. Penerima *Direct Sequence*  
 Sumber : Mc.Graw Hill, 1988

Dari gambar terlihat, sinyal yang masuk dideteksi terlebih dahulu untuk mengecek keberadaan sinyal ini.

Ada 2 macam metoda yang digunakan yaitu :

1. Metoda aktif

Pada metoda ini mengecek keberadaan sinyal digunakan parameter waktu dan frekuensi, sehingga metoda ini bila *processing gain* (PG) besar.

## 2. Metoda pasif

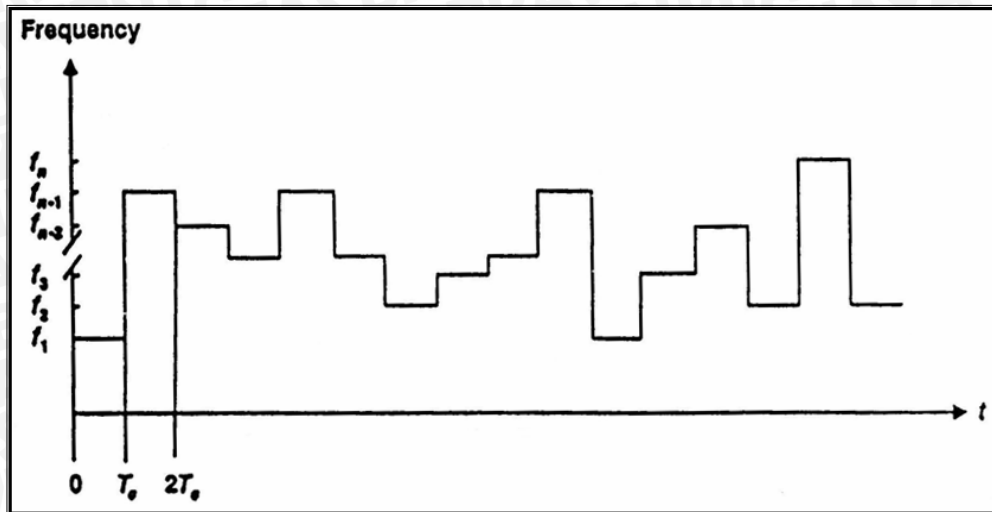
Metoda mengecek keberadaan sinyal hanya dengan menggunakan parameter frekuensi, sehingga sinyal dianggap ada setiap saat. Metoda dipakai bila processing gain (PG) kecil.

Pada proses despreading sinyal yang datang (*spread spectrum*) dikalikan dengan sinyal pseudonoise yang dibangkitkan oleh *code generator local*. Bila antara sinyal *spread spectrum* dengan sinyal pseudonoise sesuai, maka sinyal dilewatkan pada narrowband filter, kemudian keluarannya (output) didemodulasi. Keluaran dari narrowband band filter ini digunakan juga untuk sinkronisasi antara sinyal *spread spectrum* dan pseudonoise.

### 2.4.2.2. Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)

FHSS terdiri dari frekuensi pembawa yang diubah ke dalam penambahan diskrit dalam sebuah pola umum oleh suatu kode yang berurutan. Seringkali kode-kode yang dipilih digunakan untuk menghindari interferensi ke atau dari sistem non *spread spectrum* lain. Dalam suatu sistem FHSS, frekuensi sinyal menyisakan secara konstan untuk suatu durasi waktu yang spesifik yang menunjuk sebagai *time chip*,  $T_c$ . Penerapan sistem FHSS kadang penuh dengan *error burst* meskipun dengan level *error* acak yang rendah. Dengan sistem radio DSSS, *error* tunggal dapat terdispersi secara acak melebihi waktunya sedangkan dengan sistem radio FHSS, *error*nya terdistribusikan dalam *cluster-cluster*. *Error burst* dapat disebabkan oleh *fading* atau interferensi frekuensi tunggal bergantung pada waktu dan frekuensinya. DSSS menyebarkan informasi pada domain waktu dan frekuensi sehingga dengan ketersediaan waktu dan frekuensi dapat meminimalkan efek *fading* dan interferensi.

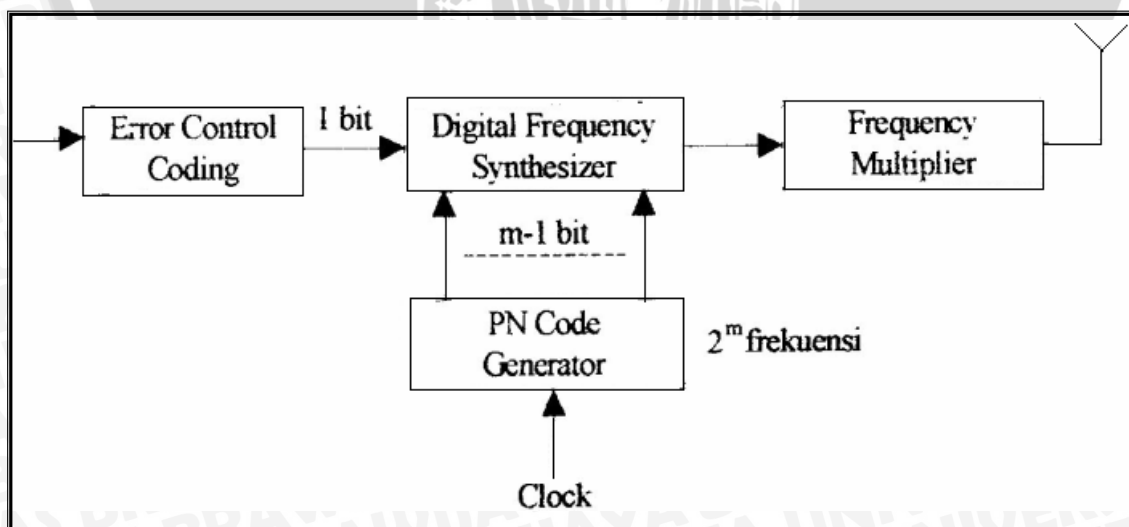




Gambar 2.9. Metode *Frequency Hopping Spread Spectrum*  
 Sumber : Garg, 2000:10

**a. Pemancar *Frequency Hopping***

Sistem pemancar *frequency hopping* ditunjukkan pada gambar 2.10. Dari gambar terlihat bahwa sinyal informasi yang akan dikirim dikoreksi dahulu dari kesalahan akibat dari interferensi dengan kanal yang lain, kemudian direkonstruksi sehingga unjuk kerja system dapat meningkat. Digital frequency synthesizer menerima sinyal  $m-1$  bit yang berasal dari kode generator. Sinyal  $m$  bit dan sinyal  $m-1$  bit ini mengatur lompatan frekuensi yang diberikan oleh digital frequency synthesizer. Jika bit informasi menghasilkan perubahan pergeseran frekuensi terkecil, maka akan menghasilkan sinyal FSK.



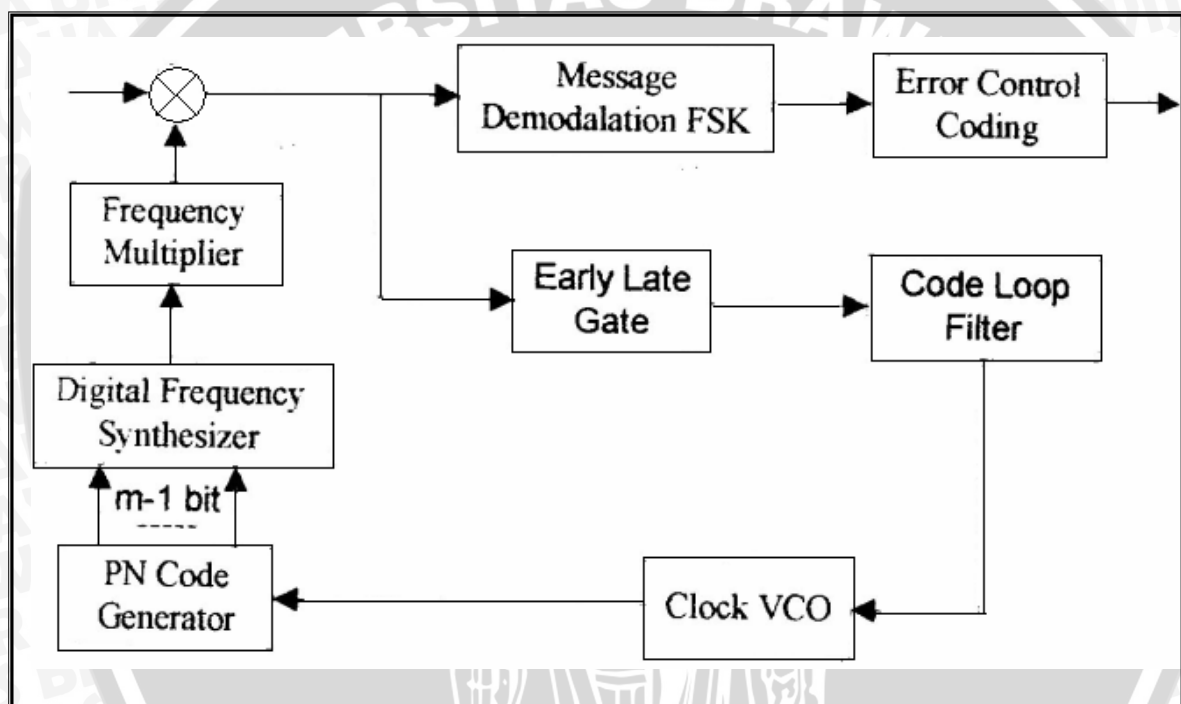
Gambar 2.10. Pemancar *Frequency Hopping*  
 Sumber : Mc. Graw Hill, 1988



Bila  $m-1$  dari pseudonoise code generator yang berubah secara random akan melompati sinyal FSK dari kanal frekuensi satu ke kanal lainnya sesuai dengan jangkauan frekuensi yang mungkin. Frequency multiplier berfungsi untuk memperbesar bandwidth sehingga harga *processing gain* (PG) dapat meningkat.

### b. Penerima Frequency Hopping

Pada sistem penerima ini, sinyal *frequency hopping* dibangkitkan secara local. PN code generator mengendalikan synthesizer, kemudian sinyal yang dihasilkan oleh sebuah mixer dengan sinyal frekuensi yang diterima oleh antena.

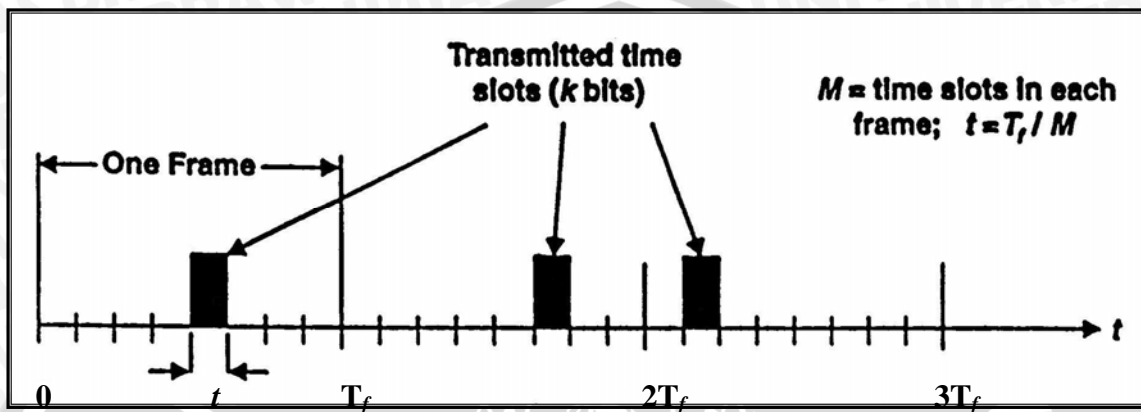


Gambar 2.11. Penerima *Frequency Hopping*  
Sumber : Mc. Graw Hill, 1988

Jika kedua sinyal tersebut frekuensinya sesuai, maka akan menghasilkan sinyal binary FSK acak, kemudian melalui sebuah demodulator sinyal tersebut didemodulasi sehingga menghasilkan sinyal informasi. Selain dilewatkan ke demodulator, sinyal tersebut dilewatkan ke early late gates untuk mendapatkan sinyal kesalahan dan mengontrol frekuensi clock, juga untuk mensinkronkan sinyal yang datang dari output frequency multiplier.

### 2.4.2.3. Time Hopped Spread Spectrum (THSS)

THSS menggunakan waktu transmisi yang dibagi ke dalam interval yang disebut *frame-frame* yang dapat dilihat pada gambar berikut ini, dimana masing-masing frame dibagi ke dalam *time slot-time slot*. Tiap satu *time slot* dimodulasi dengan sebuah pesan dimana seluruh bit pesan diakumulasikan dalam *frame* awal yang ditransmisikan.



Gambar 2.12. Metode Time Hopped Spread Spectrum  
Sumber : Garg, 2000:10

## 2.5 Konsep sel

Konsep sistem komunikasi bergerak adalah sel, yaitu cakupan area dari sinyal suatu *base station* yang dialokasikan untuk pengguna atau user dalam jumlah tertentu. Idealnya dengan menggunakan antena *omni directional* (multi arah), akan membentuk sel yang berbentuk lingkaran, tetapi karena sifat propagasi gelombang yang berbeda-beda untuk setiap cakupan, maka bentuk sel tidak lagi ideal. Untuk lebih memudahkan dalam perencanaan jaringan, maka sel-sel tersebut berbentuk heksagonal. Ada 3 macam ukuran sel yaitu *makrosel*, *mikrosel* dan *pikrosel*. Perbedaannya ditunjukkan pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1. Tipe sel komunikasi bergerak

Tipe sel	Radius	Power/daya	Tinggi antena	Kegunaan
Makrosel	1-30 km	1-10 W	> 30m	Area luas dengan pergerakan cepat



Mikrosel	0.2–1 km	0.01 – 1W	< 10m	Kepadatan tinggi
Pikosel	< 200m	< 100mW	<b>Roof top</b>	<i>Indoor use</i>

Sumber : Santoso,Gatot; Sistem CDMA;2004

Masing-masing sel dikelompokkan dalam satu set frekuensi yang berbeda dengan sel yang lain yang disebut kluster, dilambangkan dengan K atau N. Tiap sel mengacu pada frekuensi carrier tertentu, tapi karena keterbatasan alokasi kanal sedangkan jumlah sel sangat banyak, maka digunakan teknik pengulangan frekuensi (*frequency reuse*). Untuk membentuk cakupan area yang diinginkan, maka dapat digunakan beberapa tipe antena :

- Omnidirectional
- Sektoral 60°
- Sektoral 90°

## 2.6. Bagian-bagian dari CDMA

Sistem CDMA memiliki elemen-elemen dasar yang menunjang sistem ini dapat berjalan, diantaranya:

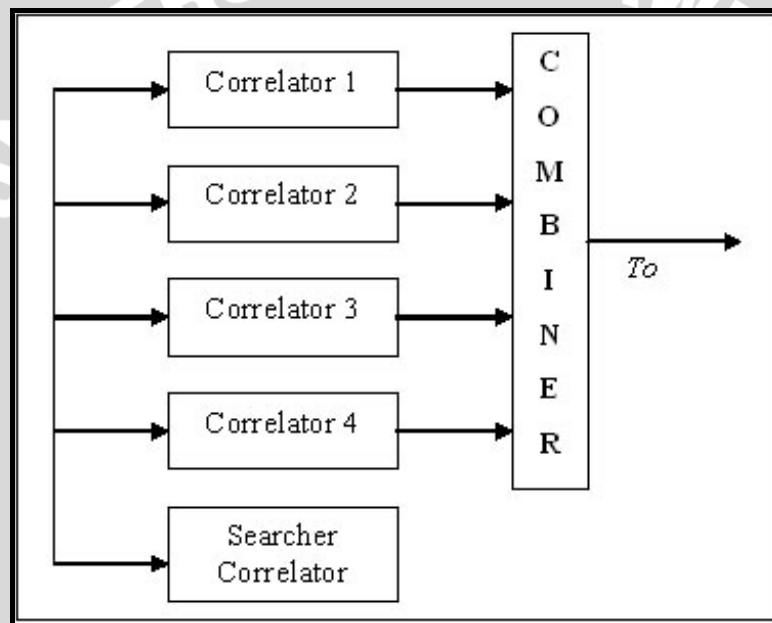
### 2.6.1. Penerima RAKE

Sinyal yang ditransmisikan akan melalui berbagai lintasan menuju penerima. Sinyal tersebut akan mengalami berbagai pantulan dari halangan-halangan seperti gedung, pegunungan, pepohonan dan obyek-obyek lain sehingga penerima akan menerima berbagai sinyal dengan delay, amplitudo, dan fasa yang berbeda. Sinyal yang datang dari berbagai lintasan tersebut dapat digabungkan kembali dengan *RAKE receiver* untuk memperoleh kualitas sinyal yang baik.

*RAKE receiver* atau korelator paralel dalam sistem CDMA seluler digunakan untuk memperbaiki penerimaan sinyal karena pengaruh lingkungan radio bergerak yang menyebabkan efek *multipath fading*.

Di dalam penerima *RAKE* terdapat satu atau lebih korelator yang akan menerima sinyal yang berasal dari antena. Sinyal yang terbaik akan dikunci oleh korelator lalu digabungkan dengan sinyal yang dihasilkan oleh korelator lainnya di *combiner*.

Untuk penerimaan sinyal yang diinginkan dibutuhkan satu *RAKE*. Satu *RAKE* disediakan untuk setiap *active traffic channel*. Setiap *RAKE* terdiri dari empat korelator dan satu *searcher*. *Searcher* ini akan menscan *delay* yang terjadi, mencari energi sinyal dari pengguna bergerak dan diteruskan ke korelator sampai didapat sinyal yang terbaik. Sinyal-sinyal yang membawa informasi yang sama ini lalu digabungkan di *combiner* setelah itu di *decode*, sehingga sinyal informasi yang diinginkan diperoleh.



**Gambar 2.13** Blok diagram *RAKE receiver*

Sumber : ZTE course slide Training Indosat, 2005

### 2.6.2. Pengontrolan Daya

Pada lintasan balik sistem DS-CDMA, pengontrolan daya diperlukan karena adanya interferensi yang ditimbulkan akibat akses jamak. Seluruh pengguna pada sistem CDMA mengirimkan pesan dengan menggunakan *bandwidth* yang sama pada saat bersamaan dan kemudian setiap pengguna akan saling menginterferensi. Sinyal yang diterima oleh base station dekat dengan terminal pengguna akan lebih besar dibandingkan dengan sinyal yang diterima dari terminal yang jauh dari base station. Sinyal dari pengguna yang dekat akan menimbulkan interferensi bagi sinyal pengguna



yang jauh dari base station, akibatnya kualitas sinyal yang diterima oleh terminal yang dekat dengan base station akan sangat baik, Sedangkan pada terminal yang jauh dari base station akan semakin buruk. Hal ini disebut sebagai efek jauh dekat.

Untuk memperoleh kapasitas yang diinginkan, seluruh sinyal hendaknya diterima oleh base station dengan daya rata-rata yang sama. Dengan adanya pengontrolan daya pada lintasan balik, maka daya rata-rata setiap pengguna dapat diterima sama pada base station. Pada lintasan maju, seluruh sinyal berpropagasi melalui kanal yang sama dan diterima oleh mobile base station dengan daya yang sama, sehingga tidak ada pengontrolan daya yang diperlukan untuk mengatasi efek jauh dekat. Pengontrolan daya diperlukan untuk mengurangi interferensi sel yang lain.

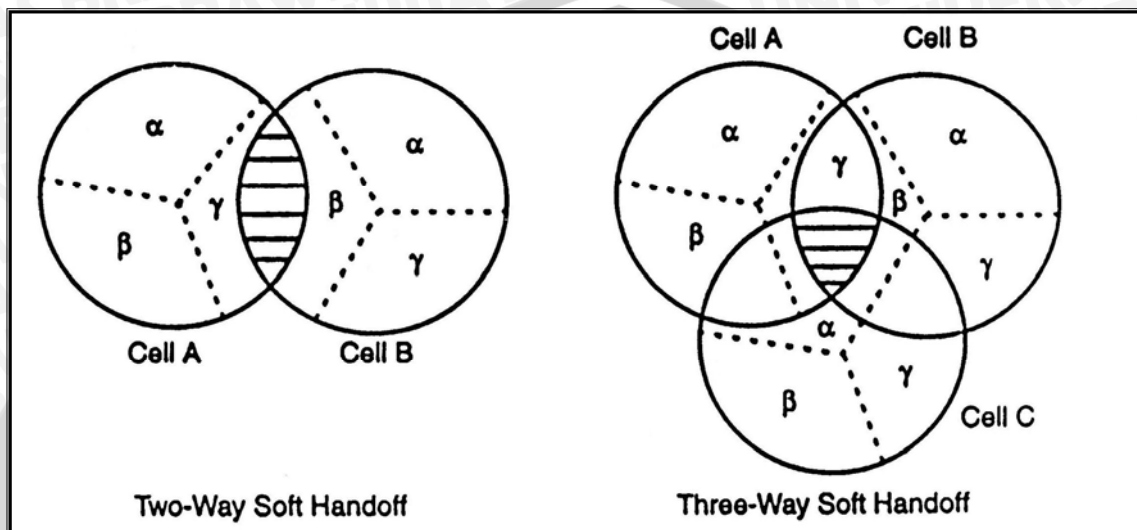
### 2.6.3. *Handoff*

Pada sistem komunikasi bergerak Selular, para *user* memiliki tingkat mobilitas yang tinggi. Ada kemungkinan *user* bergerak dari satu sel menuju sel yang lain ketika sedang terjadi percakapan. Untuk menjamin bahwa pembicaraan akan terus tersambung diperlukan fasilitas *handoff*. Mekanisme *handoff* yang dimiliki CDMA dan merupakan ciri khasnya yaitu *soft handoff* dan *softer handoff*.

*Soft handoff* memungkinkan kedua sel, baik sel asal ataupun sel baru untuk melayani *mobile station* secara bersama-sama selama masa transisi ketika *mobile station* bergerak dari sel asal ke sel baru dan akhirnya berada pada sel baru. Hal ini dimungkinkan karena semua sel memakai frekuensi kerja yang sama. *Soft handoff* selain mengurangi kemungkinan putusnya pembicaraan juga menyebabkan proses *handoff* berjalan dengan halus sehingga tidak mengganggu *user*. Dalam sistem analog dan digital TDMA dilakukan pemutusan hubungan sebelum fungsi *switching* berhasil dilakukan dikenal dengan istilah *break before make switching function* sementara pada CDMA hubungan dengan sel lama tidak diputuskan sampai *mobile station* benar-benar mantap dilayani oleh sel yang baru, dikenal dengan istilah *make before break switching function*. Setelah sebuah panggilan dilakukan, *mobile station* selalu mengecek sel-sel tetangga untuk menentukan apakah sinyal dari sel yang lain cukup besar jika dibandingkan dengan sinyal dari sel asal. Jika hal ini terjadi, ini merupakan suatu indikasi bahwa *mobile station* telah memasuki daerah cakupan sel yang baru dan *handoff* dapat mulai dilakukan. *Mobile station* mengirim pesan (*control message*) ke MSC yang menunjukkan sinyal dari sel baru semakin menguat. MSC melakukan *handoff* dengan menyediakan sebuah *link* kepada *mobile station* melalui sel baru tetapi

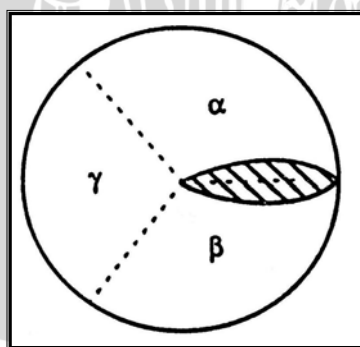


*link* yang lama tetap dipertahankan. Sementara *mobile station* berada pada daerah perbatasan antara kedua sel, panggilan dilayani oleh kedua sel, hal ini menyebabkan berkurangnya pengulangan permohonan untuk menangani kembali panggilan diantara kedua sel. Sel asal akan memutuskan hubungan jika *mobile station* benar-benar telah mantap dilayani oleh sel yang baru.



Gambar 2.14. *Soft Handoff*  
Sumber : Garg, 2000:182

*Softer handoff* merupakan suatu proses dimana suatu panggilan dilayani oleh lebih dari satu sektor dalam satu sel yang sama.



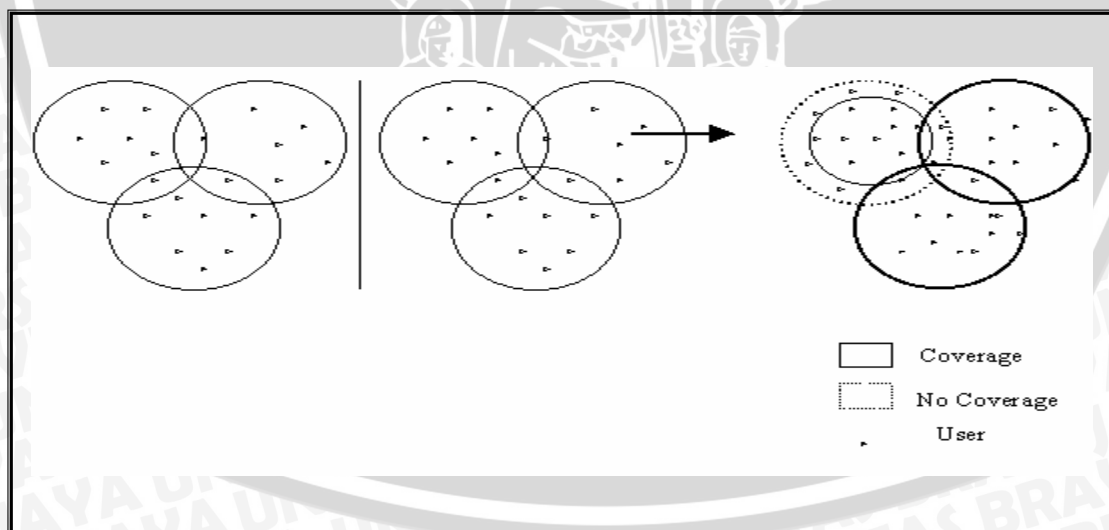
Gambar 2.15. *Softer Handoff*  
Sumber : Garg, 2000:182

## 2.7 Konsep *Cell Breathing* CDMA

Kendala operasional yang dihadapi dalam penerapan seluler CDMA adalah tingkat interferensi yang terjadi sesuai dengan jumlah user pada sel tersebut. Dengan meningkatnya daya interferensi pada sel maka *Mobile Unit* yang terletak jauh dari *Base Station* akan kehabisan daya pancar sehingga tidak dapat mempertahankan nilai  $E_b/N_0$  yang diisyaratkan dan hubungan akan terputus.

Hal diatas dapat diatasi dengan cara memindahkan sejumlah *user* aktif yang terletak pada daerah perbatasan sel menuju sel yang memiliki jumlah *user* aktif yang lebih rendah sehingga kapasitas sistem yang dicapai dapat lebih optimum. Untuk memindahkan user aktif tersebut diperlukan adanya pengaturan sinyal *pilot Base Station*.

Peristiwa *Cell Breathing* pada sel CDMA ditunjukkan dalam Gambar 2.12. Apabila suatu sel sedang padat *user* maka interferensi pada sel tersebut akan meningkat. Interferensi yang terjadi akan menurunkan nilai  $E_b/N_0$  sistem. Menurunnya nilai  $E_b/N_0$  berarti menurunnya kualitas komunikasi yang terjadi. Pada kondisi tersebut *Base Station* akan menurunkan level sinyal *pilotnya*. Dengan turunnya sinyal *pilot* maka ukuran sel akan mengecil. *User* yang berada pada pinggir sel akan menerima pilot yang lebih kecil sehingga akan terjadi *handoff* ke sel tetangganya (Tonda Priyanto, 1997).



**Gambar 2.16.** Peristiwa cell breathing pada sel CDMA

Sumber : I Ketut Usnada, <http://www.iklanpromo.com/usnada/index.html>, 1998

Mekanisme *handoff* yang digunakan pada pengontrolan sinyal pilot adalah sebagai berikut :

1. Ketika suatu sel *CDMA* sedang padat dan interferensi yang muncul cukup untuk menurunkan  $E_b/N_0$  dibawah nilai *threshold*  $\gamma$ , *Base Station* mulai menurunkan daya sinyal *pilot*.
2. *User* yang terletak pada daerah *overlapping* antar sel akan melakukan *handoff* menuju sel dengan sinyal *pilot* yang lebih tinggi.
3. Sinyal *pilot* tidak boleh turun hingga tak terbatas untuk tetap menjaga daerah *overlapping* antar sel yang berguna saat terjadinya *handoff*.

Daya sinyal *pilot* akan naik secara perlahan-lahan kembali jika nilai  $E_b/N_0$  telah berada diatas nilai *threshold*. Permintaan *handoff* tetap menjadi prioritas utama dibandingkan dengan permintaan pembicaraan yang baru.





### BAB III

## PENERAPAN MCLSP PADA KOMUNIKASI VOICE DAN DATA UNTUK *MULTI-CODE* CDMA ALOHA BERSLOT

### 3.1. Umum

Untuk mendukung transmisi dengan kecepatan yang beragam pada sistem DS-CDMA, banyak metoda yang dapat digunakan seperti *multi-modulation* CDMA (MM-CDMA), *multi-processing gain* CDMA (MPG-CDMA), dan *multi-code* CDMA (MC-CDMA). Pada Tugas Akhir ini metode yang dipakai adalah *multi-code* CDMA (MC-CDMA). MC-CDMA ini dipakai untuk mentransmisikan paket data kelas I yang memiliki kecepatan transmisi yang tinggi. Bila MM-CDMA digunakan pada bit rate yang tinggi akan mengalami penurunan performansi. Sedangkan pada MPG-CDMA, bila mentransmisikan bit rate yang tinggi akan menimbulkan masalah, dimana *spreading gain* akan terlalu kecil untuk membedakan *cross correlation* yang baik antara pemakai yang berbeda dan karena hal tersebut dapat menyebabkan sistem sensitif terhadap interferensi eksternal.

*Multi-code* CDMA (MC-CDMA) dipilih karena memiliki beberapa kelebihan. Sebagai contoh untuk mengintegrasikan multi-class atau traffic multimedia dengan kecepatan transmisi yang berbeda akan dengan mudah diintegrasikan ke dalam satu arsitektur, dengan semua transmisi kanal radio menempati *bandwidth* dan *processing gain* yang sama.

Pada MC-CDMA data yang hendak ditransmisikan dengan bit rate yang lebih tinggi akan dipisah terlebih dahulu ke dalam sejumlah *sub stream* paralel dengan basic rate. Setiap *sub stream* kemudian disebar oleh *spreading orthogonal*. Bit rate yang bertambah tinggi akan diterima dengan meningkatkan sejumlah kode paralel, *processing gain* pada setiap *sub stream* dijaga supaya tetap.

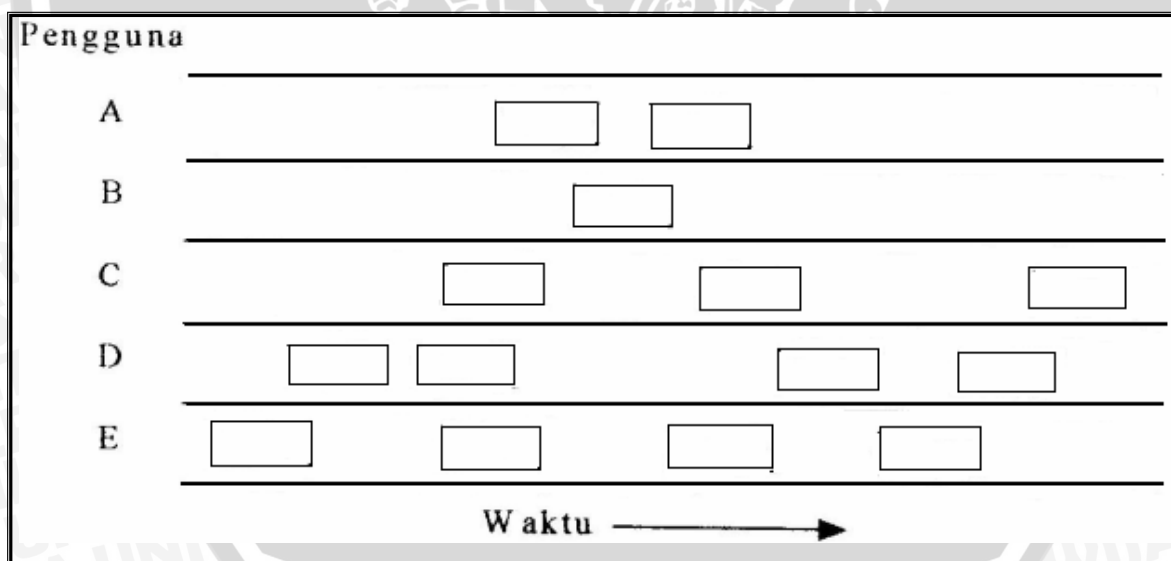
Pentransmisi suara dan paket data secara simultan dilakukan dengan menggunakan teknik *multi-code* CDMA (MC-CDMA) Aloha berslot, dimana data dibagi menjadi dua kelas berdasarkan kecepatan transmisi yang diinginkan. Sistem CDMA Aloha berslot menggunakan total spreading bandwidth sebesar  $W$  (MHz) yang dibutuhkan untuk mendukung pengguna suara dan pengguna dua kelas dari data. Transmisi suara membutuhkan bit rate  $R_b$  (bit/det) yang rendah yang biasa disebut *basic rate*. Data kelas I membutuhkan kecepatan transmisi yang tinggi  $F \cdot R_b$  (bit/det), dimana

F adalah bilangan bulat. Sedangkan data kelas II masih dapat ditolerir menggunakan transmisi dengan kecepatan yang rendah  $R_b$  (bit/det).

### 3.2. Aloha Murni

Sistem Aloha murni memiliki ide dasar yang sangat sederhana dimana pengguna dibiarkan untuk melakukan transmisi kapan saja bila memiliki data yang dikirimkan. Hal ini sangat memungkinkan terjadinya tabrakan, dan frame-frame yang bertabrakan akan hancur. Bila frame telah rusak maka pengirim perlu menunggu dalam waktu random dan mengirimkannya kembali. Waktu tunggu harus random atau frame-frame yang sama akan terus menerus bertabrakan. Sistem yang memiliki banyak pengguna yang menggunakan bersama-sama sebuah saluran umum, sehingga akan menyebabkan konflik yang dikenal luas sebagai sistem *contention* (persaingan).

Sebuah sketsa pembuatan frame dalam sistem Aloha diperlihatkan pada gambar 3.1. Frame dibuat dengan panjang yang sama karena throughput sistem Aloha lebih dapat dimaksimalkan oleh pengguna ukuran frame daripada mengizinkan frame-frame yang panjangnya bervariasi.



**Gambar 3.1.** Sketsa Pembuatan Frame pada Aloha  
Sumber : Andrew S. Tanenbaum, 1996

Kapanpun bila ada 2 buah frame yang mencoba untuk mengisi saluran pada waktu yang bersamaan, maka akan terjadi tabrakan dan keduanya akan rusak. Bila bit pertama sebuah frame baru bertumpang tindih sekalipun dengan bit terakhir sebuah



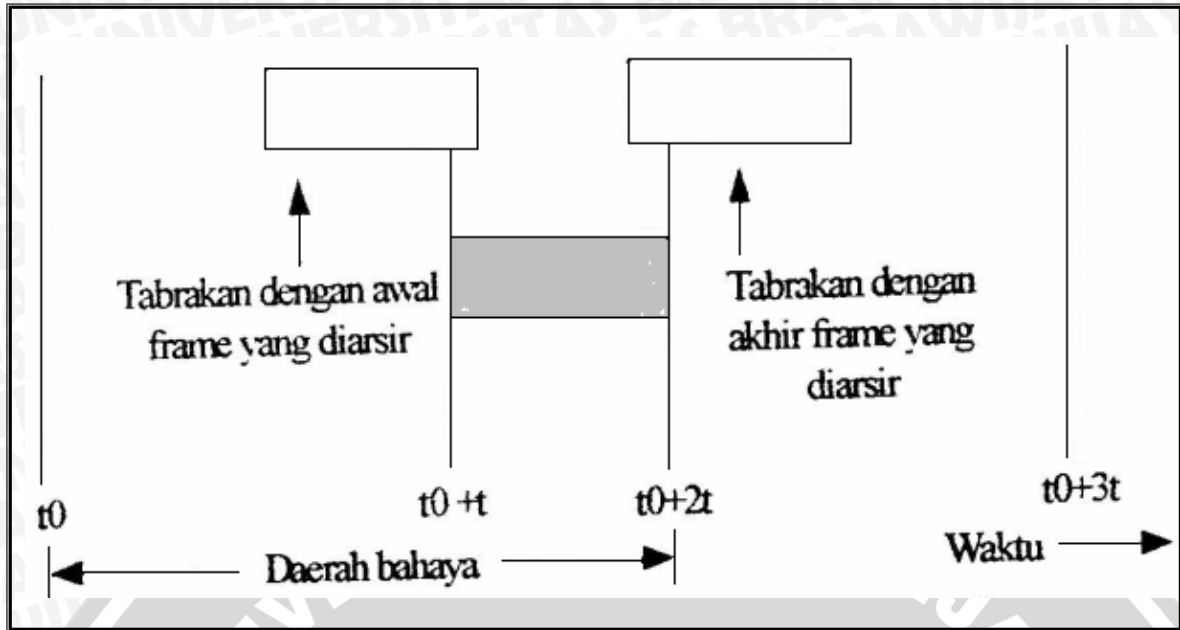
frame yang hampir selesai ditransmisikannya, maka kedua frame seluruhnya akan hancur, dan keduanya perlu ditransmisikan ulang lagi.

Untuk mengetahui berapa besar efisiensi dari sebuah saluran Aloha, kita dapat memperhitungkannya sebagai berikut. Diasumsikan bahwa “waktu frame” sebagai jumlah waktu yang diperlukan untuk mentransmisikan frame standar yang panjangnya tetap, diasumsikan juga pengguna menghasilkan frame-frame baru yang berkaitan dengan distribusi Poisson dengan harga rata-rata (mean)  $S$  frame per waktu frame. Asumsi populasi tak terhingga diperlukan untuk menjamin bahwa  $S$  tidak mengalami penurunan pada saat pengguna diblokir. Bila  $S > 1$ , maka komunitas pengguna menghasilkan frame pada kecepatan yang lebih tinggi dari yang dapat ditangani saluran, dan hampir semua frame akan mengalami tabrakan. Kita dapat memperkirakan bahwa besar throughput yang layak adalah  $0 < S < 1$ .

Sebagai tambahan bagi frame baru, stasiun juga mentransmisi ulang frame-frame yang sebelumnya mengalami tabrakan. Kita asumsikan lebih lanjut bahwa probabilitas usaha melakukan  $k$  transmisi per waktu frame, gabungan frame yang lama dan baru juga memenuhi distribusi Poisson dengan harga rata-rata  $G$  per waktu frame dengan  $G \geq S$ . Pada beban rendah (untuk  $s \approx 0$ ), hanya akan terjadi sedikit tabrakan, jadi transmisi ulangpun akan sedikit pula, sehingga  $G \approx S$ . Pada beban yang tinggi akan terjadi banyak tabrakan, sehingga  $G > S$ . Pada semua beban, throughput akan sama dengan beban yang sama,  $G$ , dikalikan dengan probabilitas transmisi yang berhasil yaitu,  $S = GP_0$ , untuk  $P_0$  adalah probabilitas frame yang tidak akan mengalami tabrakan.

Sebuah frame tidak akan mengalami tabrakan bila tidak ada frame lainnya dikirimkan pada satu waktu frame dari awal pengiriman, seperti terlihat pada gambar 3.2. Dimisalkan  $t$  sebagai waktu yang diperlukan untuk mengirim sebuah frame. Bila ada pengguna lainnya yang mengirimkan frame diantara waktu  $t_0$  dan  $t_0 + t$ , maka ujung akhir frame tersebut akan bertabrakan dengan ujung awal frame yang berarsir. Pada kenyataannya nasib frame berarsir telah ditentukan bahkan sebelum bit pertama dikirimkan. Tetapi karena stasiun pada Aloha murni tidak dapat mendengarkan kanal sebelum melakukan transmisi, maka stasiun tidak mengetahui bahwa frame lainnya telah berada pada saluran. Sama pula halnya, semua frame lainnya yang dikirimkan antara  $t_0 + t$  dan  $t_0 + 2t$  akan menabrak ujung akhir frame berarsir.





Gambar 3.2. Periode Bahaya Bagi Frame Berarsir  
 Sumber : Andrew S. Tanenbaum, 1996

Probabilitas bahwa k frame dihasilkan selama waktu frame tertentu diberikan dalam distribusi Poisson adalah :

$$Pr(k) = \frac{G^k e^{-G}}{k!} \tag{3-1}$$

maka probabilitas frame nol adalah  $e^{-G}$ . Pada interval yang panjangnya dua satuan waktu frame, rata-rata jumlah frame yang dihasilkan sama dengan 2G. Probabilitas tidak terjadinya lalu lintas lain selama periode berbahaya keseluruhan adalah sama dengan  $P_0 = e^{-2G}$ . Dengan memakai  $S = G.P_0$ , maka akan diperoleh :

$$S = Ge^{-2G} \tag{3-2}$$

Hubungan antara lalu lintas yang ditawarkan dengan throughput ditunjukkan pada gambar 3.2. *Throughput* maksimum yang terjadi pada  $G = 0,5$ , dengan  $S = 1/2e$ , yaitu sekitar 0,184.

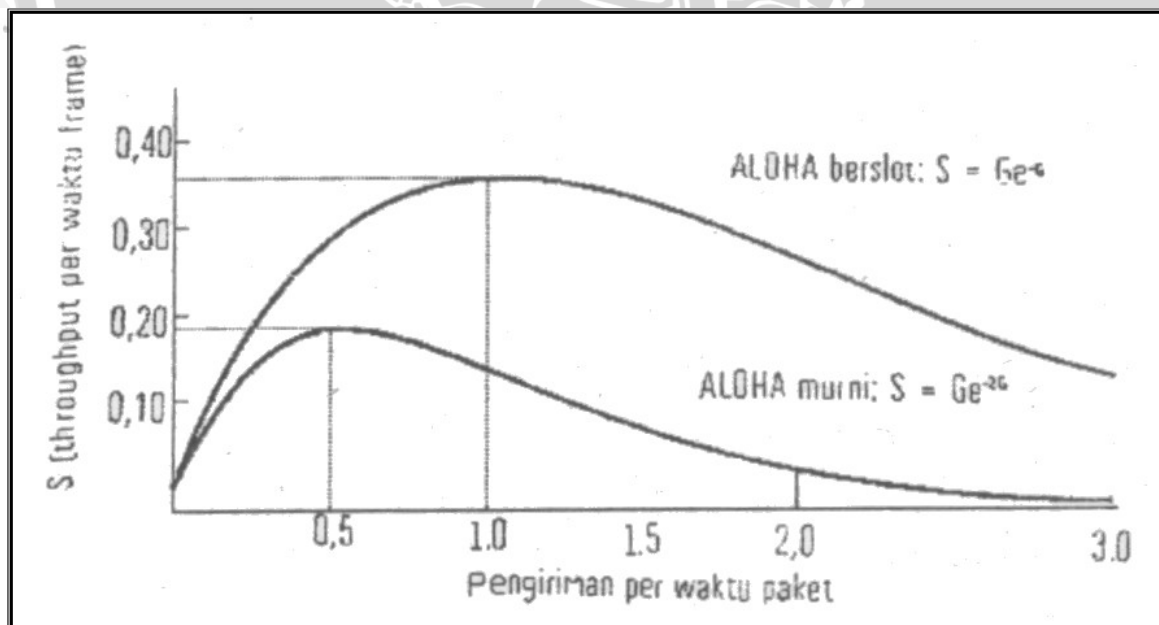
### 3.3. Aloha Berslot

Untuk menggandakan kapasitas sistem Aloha, maka waktu dibagi ke dalam interval-interval diskrit, yang masing-masing intervalnya berkaitan dengan sebuah frame. Pendekatan ini memerlukan persetujuan pengguna tentang batas-batas slot. Salah satu untuk memperoleh sinkronisasi harus memiliki sebuah stasiun khusus yang mengemisikan sebuah pip pada awal setiap interval.

Pada metoda ini data tidak diijinkan untuk dikirim setiap saat, tetapi pengiriman frame memerlukan waktu tunggu sampai awal slot berikutnya. Jadi Aloha murni yang kontinu diubah menjadi metoda diskrit. Karena sekarang periode bahaya tinggal separuhnya, maka probabilitas tidak adanya lalu lintas lain selama slot yang sama dengan  $e^{-G}$ . Yang akan menyebabkan:

$$S = Ge^{-G} \quad (3-3)$$

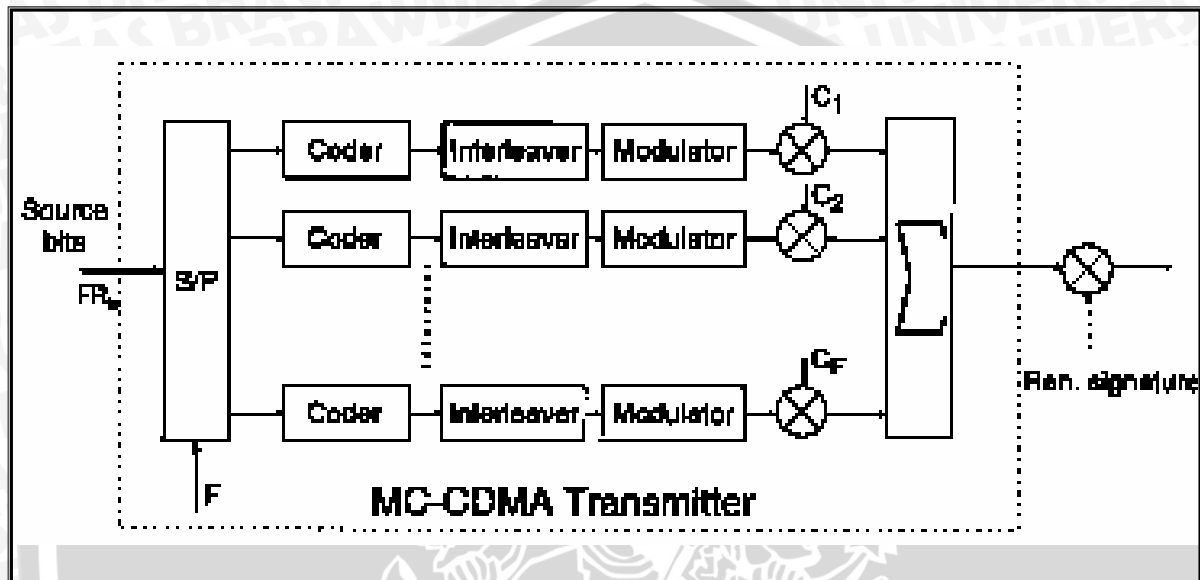
Seperti terlihat pada gambar 3.2, puncak Aloha berslot pada  $G = 1$ , dengan *throughput*  $S = 1/e$  atau sekitar 0,368, atau dua kali lebih besar dari *throughput* Aloha murni.



**Gambar 3.2.** Throughput dengan Lalu Lintas yang Ditawarkan  
Sumber : Andrew S. Tanenbaum, 1996

### 3.4. Model Data Kelas I

Distribusi trafik Poisson digunakan sebagai pendekatan untuk model kedatangan paket data kelas I dengan tingkat kedatangan  $\lambda_1$ . Setiap pengguna dari kelas ini dilengkapi dengan transmitter MC-CDMA (*multi-code CDMA*) dengan faktor *multi code* yaitu  $F$ . Sistem ini dapat kita lihat pada gambar 3.3 berikut ini:



Gambar 3.3. Model MC-CDMA *transmitter* untuk data kelas I  
Sumber : Abbas Sandouk et al, 1999

Aliran pesan asli dari pengguna kelas ini dipisah sebelum dikirim ke  $F$  *sub stream*, dimana masing-masing memiliki panjang  $L_b$  (bit) dan waktu untuk satu slot selama  $T_p$  (det). Untuk menghindari interferensi dari *sub stream* pada user yang sama, setiap *sub stream* (sub paket) dikalikan dengan seperangkat kode orthogonal spreading  $C_n$  dengan ( $n = 1, 2, \dots, F$ ). Kemudian user mengirim  $F$  sub paket pada selang waktu slot.

Sebuah *mobile station* dari kelas I mengirim pakatnya dengan mengalikan dengan bilangan bulat  $F$  dari *basic rate*  $R_b$  (bit/det). Bit rate dan panjang paket pada kelas ini ditandai dengan  $F.R_b$  (bit/det) dan  $F.L_b$  (bit).

Oleh karenanya periode paket data dari kelas ini dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$T_p [\text{det}] = \frac{F.L_b}{F.R_b} = \frac{L_b}{R_b} = T_p \quad (3-4)$$



Jumlah transmisi simultan dari data I dalam sebuah slot dimodelkan dengan persamaan *probability steady state* dari distribusi Poisson sebagai berikut:

$$P_1(k_1, G_1) = \frac{(G_1 / F)^{k_1}}{k_1!} \exp(-G_1 / F) \quad (3-5)$$

dengan :

$P_1$  = jumlah transmisi simultan dari paket data kelas I dalam sebuah slot

$G_1$  = *offered load* dari data kelas I.

$F$  = faktor *multi code*

### 3.5. Model Data Kelas II

Distribusi Poisson masih digunakan untuk pendekatan pada model kedatangan paket kelas II ini, dengan tingkat kedatangan sebesar  $\lambda_2$ , karena pengguna pada kelas ini tidak memerlukan tingkat transmisi yang tinggi maka skema multi code tidak dibutuhkan disini. Sebuah mobile station akan mengirimkan paket datanya dengan kecepatan *basic rate* (bit/det), dengan panjang paket  $L_b$  (bit), yang sama dengan sub paket pada data kelas I. Periode paket data pada kelas ini adalah sebesar :

$$T_{p2}[\text{det}] = \frac{L_b}{R_b} = T_p \quad (3-6)$$

dengan :

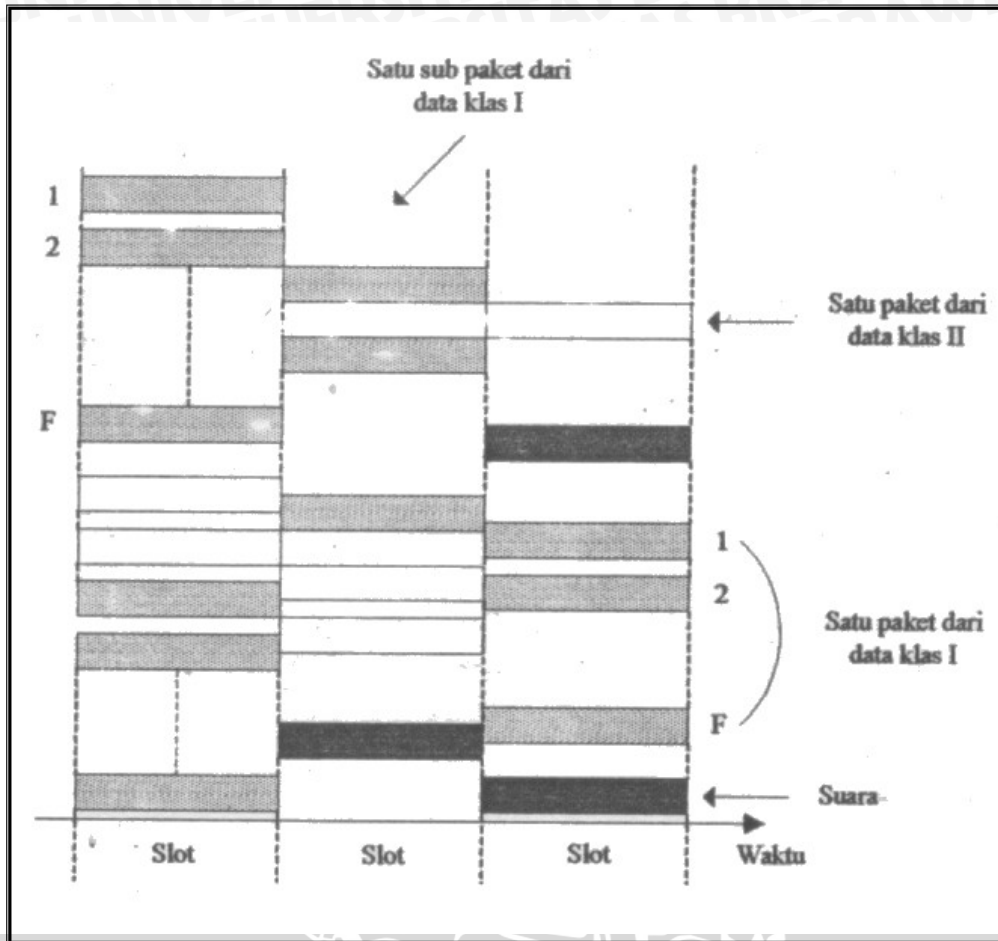
$T_{p2}$  = waktu untuk satu slot

$F$  = faktor *multi code*

$L_b$  = panjang paket

$R_b$  = *basic rate*

Dapat dilihat bahwa periode sebuah paket dari kedua kelas data adalah sama dan itu sesuai dengan panjang periode satu slot. Pada gambar 3.4 dapat dilihat transmisi yang simultan dari data dan suara.



**Gambar 3.4.** Transmisi Simultan dari Data dan Suara  
 Sumber : Abbas Sandouk et al, 1999

Jumlah transmisi simultan dari paket data kelas II ( $k_2$ ), dapat juga diperoleh dengan memakai probabilitas steady state dari proses Poisson ini:

$$P_2(k_2, G_2) = \frac{G_2^{k_2}}{k_2!} \exp(-G_2) \quad (3-7)$$

dengan :

$P_2$  = jumlah transmisi simultan dari paket data kelas II dalam sebuah slot

$G_2$  = offered load dari data kelas II

### 3.6. Model Trafik Suara

Berhubungan kebutuhan akan pengguna suara yang besar menyebabkan kebutuhan akan reservasi dari kedatangan paket suara dapat didekati juga dengan model distribusi Poisson dengan kecepatan kedatangan  $\lambda_v$ . Setiap terminal pengguna suara mengirimkan besar kebutuhan reservasi paket pada base station. Jika jumlah transmisi simultan dari pengguna lebih kecil dari batas threshold ( $\alpha$ ), reservasi akan dipenuhi, tetapi sebaliknya jika melebihi batas threshold maka pengguna akan diblok.

Diasumsikan sinyal suara dibagi menjadi bentuk paket, dimana tiap paketnya memiliki panjang  $L_b$  (bit), dan memiliki jangka waktu yang sama dengan periode satu slot  $T_p$  (det). Pengguna suara mengirimkan paketnya dengan kecepatan *basic rate*  $R_b$  (bit/det). Jumlah pengguna suara yang menduduki kanal pada selang waktu satu slot dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P_v(k_v, G_v) = \frac{G_v^{k_v} / k_v!}{\sum_{m=0}^{\alpha} G_v^m / m!} \quad (3-8)$$

dengan :

$P_v$  = jumlah pengguna suara yang menduduki kanal dalam sebuah slot

$G_v$  = *offered load* dari suara

### 3.7. Throughput Data

Untuk melihat unjuk kerja dari data, maka tolak ukur yang dipakai adalah throughput dari masing-masing data untuk tiap kelasnya. Pada sistem DS-CDMA dengan pendekatan Gaussian, persamaan BER dapat ditulis sebagai berikut :

$$BER = Q \left[ \left( \frac{k-1}{3N} + \frac{N_0}{2E_b} \right)^{-0,5} \right] \quad (3-9)$$

dengan :

$k$  = jumlah transmisi simultan

$N$  = processing gain (faktor spectrum spreading) (chip/det)

$N_0$  = density spectral dari noise Gaussian

$E_b$  = energi per informasi pada bit yang diterima



Nilai ( $Q_x$ ) diperoleh dari persamaan fungsi  $Q$  sebagai berikut :

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} \exp(-u^2 / 2) du \quad (3-10)$$

### 3.7.1. Throughput Data Kelas I

Untuk data kelas I probability Bit Error Rate (BER) dapat kita peroleh dengan memodifikasi persamaan sehingga:

$$BER_1(k_1, k_2, k_v) = Q \left[ \left( \frac{F(k_1 - 1) + k_2 + k_v}{3N} + \frac{N_0}{2E_b} \right)^{0,5} \right] \quad (3-11)$$

dengan :

$k_1$  = transmisi simultan dari pengguna data kelas I

$k_2$  = transmisi simultan dari pengguna data kelas II

$k_v$  = transmisi simultan dari pengguna suara

$F$  = faktor *multi code*

$N$  = processing gain (faktor spectrum spreading) (chip/det)

$N_0$  = density spectral dari noise Gaussian

$E_b$  = energi per informasi pada bit yang diterima

Throughput dari data kelas I didefinisikan sebagai banyaknya sub paket dari pengguna kelas I yang sukses masuk ke dalam perioda paket (slot),  $T_p$ .

*Throughput* dari data kelas I dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$S_I(G_1, G_2, G_v) = \sum_{k_v=0}^{\alpha} \left[ \sum_{k_2=0}^{\infty} \left( \sum_{k_1=1}^{\infty} F k_1 P_1(k_1, G_1) P_{S_1}(k_1, k_2, k_v) \right) P_2(k_2, G_2) P_v(k_v, G_v) \right] \quad (3-12)$$

dengan :

$F$  = faktor *multi code*

$P_{S_1}()$  = probabilitas kesuksesan dari sub paket data kelas I.

$P_1()$  = Jumlah transmisi simultan dari paket data I dalam sebuah slot.

$P_2()$  = Jumlah transmisi simultan dari paket data II dalam sebuah slot.

$P_v()$  = Jumlah pengguna suara yang menduduki kanal pada selang waktu satu slot.

Probabilitas kesuksesan dari sub paket data kelas I dapat diperoleh dari persamaan berikut ini:

$$P_{S_1}(k_1, k_2, k_v) = (1 - BER_1(k_1, k_2, k_v))^{L_b} \quad (3-13)$$

### 3.7.2. Throughput Data Kelas II

Probabilitas Bit Error Rate (BER) dari data kelas II masih menggunakan pendekatan dengan persamaan *Gaussian* yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$BER_2(k_1, k_2, k_v) = Q \left[ \left( \frac{F \cdot k_1 + (k_2 - 1) + k_v}{3N} + \frac{N_0}{2E_b} \right)^{0,5} \right] \quad (3-14)$$

Throughput dari data kelas II menunjukkan jumlah sub paket yang sukses dari kelas II dalam satu slot.

Throughput ini dapat diperoleh dengan memakai metoda yang sama dengan data kelas I, dengan mempertimbangkan gangguan dari data kelas I dan dari pengguna suara.

Throughput data kelas II memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$S_{II}(G_1, G_2, G_v) = \sum_{k_v=0}^{\alpha} \left[ \sum_{k_1=0}^{\infty} \left( \sum_{k_2=1}^{\infty} k_2 P_2(k_2, G_2) P_{S_2}(k_1, k_2, k_v) \right) P_1(k_1 G_1) \right] P_v(k_v, G_v) \quad (3-15)$$

dengan :

$P_{S_2}()$  = probabilitas paket yang sukses dalam transmisi dari kelas II

$P_1()$  = Jumlah transmisi simultan dari paket data I dalam sebuah slot.

$P_2()$  = Jumlah transmisi simultan dari paket data II dalam sebuah slot.

$P_v()$  = Jumlah pengguna suara yang menduduki kanal dalam sebuah slot

Probabilitas paket yang sukses dalam transmisi dari kelas II dapat diperoleh dari persamaan berikut ini:

$$P_{S_2} = (k_1, k_2, k_v) = (1 - BER_2(k_1, k_2, k_v))^{L_b} \quad (3-16)$$

Jumlah total throughput untuk paket data, baik itu dari data kelas I dan data kelas II dapat kita peroleh dengan menjumlahkan throughput kedua kelas tersebut. Hal ini dapat kita tuliskan dalam persamaan berikut :

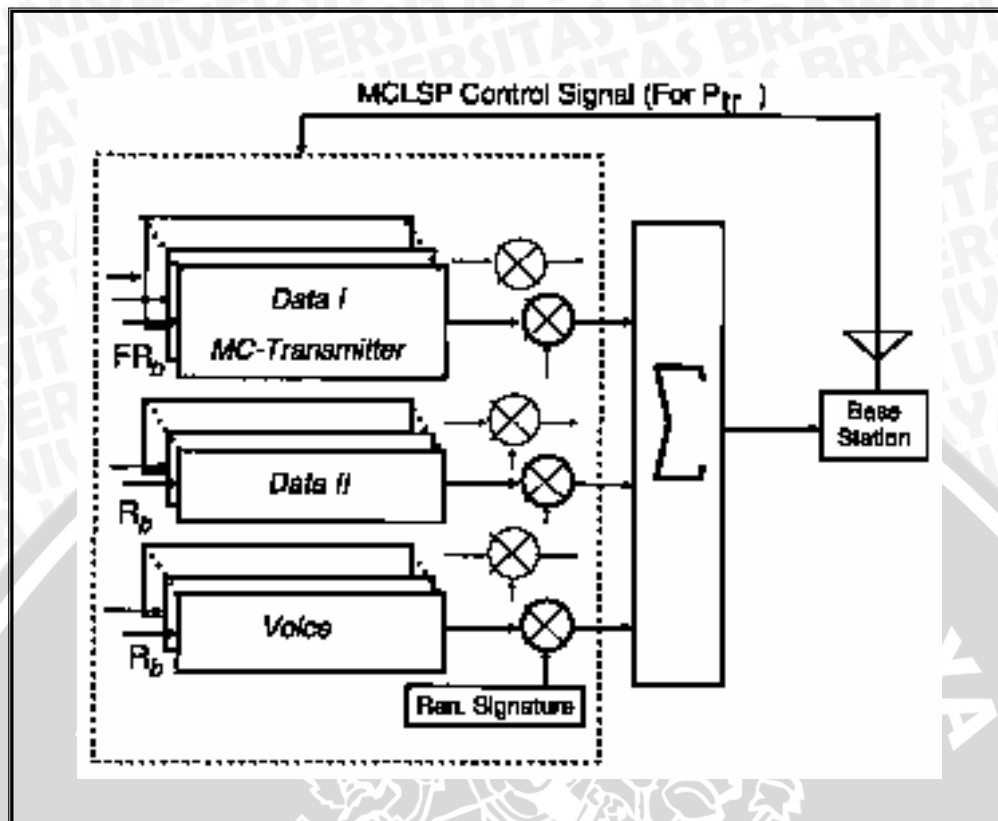
$$S_{tot}(G_1, G_2, G_v) = S_I(G_1, G_2, G_v) + S_{II}(G_1, G_2, G_v) \quad (3-17)$$

### 3.8. Modified Channel Load Sensing Protocol (MCLSP)

Adanya penurunan throughput yang disediakan oleh faktor *Multi Access Interference* (MAI), menyebabkan dibutuhkannya suatu jenis kontrol trafik. Untuk metode kontrol akses ini dipakailah *Modified Channel Load Sensing Protocol* (MCLSP). Pada MCLSP, stasiun hub mengamati muatan kanal secara kontinu dalam periode tertentu ( $T_s$ ), untuk sejumlah slot dan memperkirakan rata-rata muatan bebannya. Kemudian stasiun hub menghitung kemungkinan setiap pengguna yang hendak mengirimkan pakatnya ( $P_{tr}$ ).

Pada skripsi ini MCLSP digunakan untuk membantu transmisi dengan kecepatan transmisi yang tinggi, dalam hal ini data kelas I. Model dari sistem transmisi yang menggunakan MCLSP ini dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut ini:





**Gambar 3.5.** Penggunaan MCLSP  
Sumber : Abbas Sandouk et al, 1999

Ketika terminal user ingin mengirim pakatnya, maka paket tersebut akan dikirim dengan probabilitas keberhasilan  $P_{tr}$  atau penghentian transmisi dengan probabilitas  $1 - P_{tr}$  sesuai dengan pemberitahuan dari *base station*.

Pada sistem CDMA Aloha berslot dengan satu kelas untuk para pengguna, rata-rata *offered load* ( $G$ ) biasanya berubah secara perlahan dan dapat dianggap konstan selama periode waktu melaksanakan proses akses. Dengan melihat kenyataan seperti ini, nilai dari ( $G$ ) dapat diperkirakan berdasarkan beban kanal yang diukur selama periode waktu pengamatan  $T_s$ . Dengan menggunakan perkiraan nilai ( $G$ ), dapat diharapkan mengurangi penurunan throughput selama waktu akses.

Pada sistem CDMA Aloha berslot ini, *base station* akan menghitung beban yang ditawarkan dari kedua kelas data sebanding dengan beban yang ditawarkan untuk suara. MCLSP digunakan untuk membantu transmisi dengan kecepatan transmisi yang tinggi, dalam hal ini data kelas I. Meskipun MCLSP dipakai hanya untuk data kelas I, jumlah transmisi simultan dari data kelas II dan dari pengguna suara harus tetap

dipertimbangkan dalam menghitung probabilitas transmisi paket. Karenanya  $G_{\max}$  dalam system ini menunjukkan total rata-rata beban yang ditawarkan (dari kedua kelas) yang mana memberikan total throughput maksimum tanpa menggunakan MCLSP pada nilai beban yang ditawarkan pada suara ( $G_v$ ).

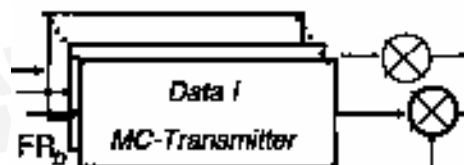
*Base station* memperkirakan beban yang ditawarkan dari data kelas I ( $g_{1es}$ ) dan data kelas II ( $g_{2es}$ ). Diasumsikan tidak ada perkiraan yang salah pada nilai rata-rata pada beban yang ditawarkan, sehingga kita dapat memperkirakan bahwa beban yang ditawarkan oleh  $g_{1es}$  adalah sebanding dengan beban yang ditawarkan oleh data kelas I ( $G_1$ ), dan beban yang ditawarkan oleh  $g_{2es}$  adalah sebanding dengan beban yang ditawarkan oleh data kelas II.

Untuk meningkatkan nilai throughput dari data kelas satu ini, maka *base station* akan menghitung probabilitas transmisi paket untuk pengguna kelas I. Pada sistem ini, hal ini dilakukan dengan mengurangi perkiraan beban yang ditawarkan dari data kelas II dengan  $G_{\max}$  dan menghitung  $P_{tr}$ , sehingga hal ini dapat kita lihat sebagai persamaan 3.18 berikut ini:

$$P_{tr} = \begin{cases} 1.0 & (G_1 \leq G_{\max} - G_2) \\ \frac{G_{\max} - G_2}{G_1} & (G_1 > G_{\max} - G_2) \\ 0 & G_2 \geq G_{\max} \end{cases} \quad (3-18)$$

Persamaan di atas menunjukkan jika perkiraan beban yang ditawarkan dari data kelas I ( $G_1$ ) lebih kecil dari ( $G_{\max} - G_2$ ) berarti kanal untuk kelas I tersedia, maka paket data kelas I akan segera dikirim. Bila nilai  $G_1$  lebih besar dari ( $G_{\max} - G_2$ ), pengguna data kelas I mengirim data dengan probabilitas  $(G_{\max} - G_2) / G_1$ . Bila perkiraan beban yang ditawarkan pada data kelas II ( $G_2$ ) lebih besar dari  $G_{\max}$ , pemakai data kelas I tidak dapat mengirimkan paketnya.

Penjelasan blok diagram yang ada pada gambar 3.5 adalah sebagai berikut :



**Gambar 3.6.** Blok data kelas I dalam penggunaan MCLSP  
Sumber : Abbas Sandouk et al, 1999

Jumlah transmisi simultan dari data I dalam sebuah slot dimodelkan dengan persamaan *probability steady state* dari distribusi Poisson sebagai berikut:

$$P_1(k_1, G_1) = \frac{(G_1 / F)^{k_1}}{k_1!} \exp(-G_1 / F) \quad (3-19)$$

dengan :

$P_1$  = jumlah transmisi simultan dari paket data kelas I dalam sebuah slot

$G_1$  = *offered load* dari data kelas I.

$F$  = faktor *multi code*

Sehingga *Throughput* dari data kelas I dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$S_I(G_1, G_2, G_v) = \sum_{k_1=1}^{\infty} F k_1 P_1(k_1, G_1) P_{S_1}(k_1, k_2, k_v) \quad (3-20)$$

dengan :

$F$  = faktor *multi code*

$P_{S_1}()$  = probabilitas kesuksesan dari sub paket data kelas I.

$P_1()$  = Jumlah transmisi simultan dari paket data I dalam sebuah slot.

Dimana probabilitas kesuksesan dari sub paket data kelas I dapat diperoleh dari persamaan berikut ini:

$$P_{S_1}(k_1, k_2, k_v) = (1 - BER_1(k_1, k_2, k_v))^{L_b} \quad (3-21)$$



**Gambar 3.7.** Blok data kelas II dalam penggunaan MCLSP

Sumber : Abbas Sandouk et al, 1999



Jumlah transmisi simultan dari paket data kelas II ( $k_2$ ), dapat juga diperoleh dengan memakai probabilitas steady state dari proses Poisson ini:

$$P_2(k_2, G_2) = \frac{G_2^{k_2}}{k_2!} \exp(-G_2) \quad (3-22)$$

dengan :

$P_2$  = jumlah transmisi simultan dari paket data kelas II dalam sebuah slot

$G_2$  = offered load dari data kelas II

Maka Throughput data kelas II memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$S_{II}(G_1, G_2, G_v) = \sum_{k_2=1}^{\infty} k_2 P_2(k_2, G_2) P_{S_2}(k_1, k_2, k_v) \quad (3-23)$$

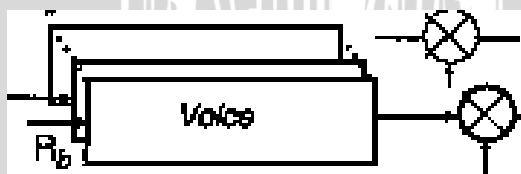
dengan :

$P_{S_2}()$  = probabilitas paket yang sukses dalam transmisi dari kelas II

$P_2()$  = Jumlah transmisi simultan dari paket data I dalam sebuah slot.

Dimana probabilitas kesuksesan dari sub paket data kelas II dapat diperoleh dari persamaan berikut ini:

$$P_{S_2}(k_1, k_2, k_v) = (1 - BER_2(k_1, k_2, k_v))^{L_b} \quad (3-24)$$



**Gambar 3.8.** Model trafik suara dalam penggunaan MCLSP  
Sumber : Abbas Sandouk et al, 1999

Jumlah pengguna suara yang menduduki kanal pada selang waktu satu slot dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P_v(k_v, G_v) = \frac{G_v^{k_v} / k_v!}{\sum_{m=0}^{\alpha} G_v^m / m!} \quad (3-25)$$

dengan :

$P_v$  = jumlah pengguna suara yang menduduki kanal dalam sebuah slot

$G_v$  = *offered load* dari suara

Pengguna suara mengirimkan pakatnya dengan kecepatan *basic rate*  $R_b$  (bit/det)

Dengan memperhatikan kemungkinan jumlah dari data kelas II dan pengguna suara yang sedang mentransmisikan pakatnya, maka throughput dari data kelas I yang menggunakan MCLSP dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$S_{1m}(G_1, G_2, G_v) = \sum_{k_v=0}^{\alpha} \left[ \sum_{k_2=0}^{\infty} \left( \sum_{k_1=1}^{\infty} F \cdot k_1 \cdot P_{1m}(k_1, G_1) \cdot P_{S_1}(k_1, k_2, k_v) \cdot P_2(k_2, G_2) \right) \cdot P_v(k_v, G_v) \right] \quad (3-26)$$

dengan :

$S_{1m}$  = throughput dari data kelas I yang menggunakan MCLSP

$F$  = faktor *multi code*

$P_{S_1}()$  = probabilitas kesuksesan dari sub paket data kelas I.

$P_{1m}()$  = Jumlah transmisi simultan dari paket data I dalam sebuah slot.

$P_2()$  = Jumlah transmisi simultan dari paket data II dalam sebuah slot.

$P_v()$  = Jumlah pengguna suara yang menduduki kanal pada selang waktu satu slot.

Dimana sesuai dengan jumlah paket yang dikirim pada kelas I dalam selang waktu satu slot mengikuti distribusi poisson dengan kecepatan kedatangan  $P_{tr}\lambda_1$ , dan probabilitas  $P_1(k_1, G_1)$  dapat dimodifikasi sehingga diperoleh:

$$P_{1m}(k_1, G_1) = \frac{(P_{tr} G_1 / F)^{k_1}}{k_1!} \exp(-P_{tr} G_1 / F) \quad (3-27)$$

dengan :

$P_{1m}$  = jumlah transmisi simultan dari paket data kelas I yang menggunakan MCLSP dlm sebuah slot.

$P_{tr}$  = probabilitas transmisi paket untuk pengguna kelas I

$G_1$  = offered load dari data kelas I.

F = faktor *multi code*

Karena sistem MCLSP tidak dipakai pada data kelas II, maka throughput dari data kelas II tidak mengalami perubahan, sama seperti pada persamaan (3.17), dan total throughput untuk data dapat diperoleh dari persamaan berikut ini:

$$S_{tot m}(G_1, G_2, G_v) = S_{Im}(G_1, G_2, G_v) + S_{II}(G_1, G_2, G_v) \quad (3-28)$$





## BAB IV

### METODOLOGI PENELITIAN

Kajian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah mengenai penerapan MCLSP pada komunikasi voice dan data untuk *multi-code* CDMA.

Data yang didapat dalam Tugas Akhir ini merupakan data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari buku teks, jurnal-jurnal dan file-file *download* dari internet khususnya yang berhubungan dengan MCLSP dan *multi-code* CDMA.

#### 4.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memepelajari dan memahami teori-teori yang berkaitan dengan konsep dasar *multi-code* CDMA, MCLSP dan implementasi antara keduanya, serta teori-teori pendukung yang diperlukan untuk mendukung analisis data.

#### 4.2. Pengumpulan Data

Data sekunder yang digunakan dalam analisis adalah sebagai berikut:

1. Kontrol trafik yang digunakan adalah MCLSP (*Modified Channel Load Sensing Protokol*).
2. Data yang digunakan dibagi dalam 2 kelas, yaitu:
  - Data kelas I untuk paket data yang membutuhkan kecepatan transmisi yang tinggi.
  - Data kelas II untuk paket data yang membutuhkan kecepatan transmisi yang rendah.
3. Sistem *multi-code* CDMA berupa CDMA Aloha berslot dengan spesifikasi sebagai berikut:
  - Efek dari AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) diabaikan dengan menganggap  $E_b/N_0 = \infty$
  - Faktor spreading (N) yang digunakan sebesar 128 chip/bit
  - Panjang bit ( $L_b$ ) sebesar 500 bit
  - *Offered load* suara yang digunakan adalah  $G_v = 0$ ,  $G_v = 5$ , dan  $G_v = 10$
  - $k_1$  yang digunakan adalah 7
  - $k_2$  yang digunakan adalah 10
  - $k_v$  yang digunakan adalah 7

### 4.3. Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam kajian penerapan MCLSP pada komunikasi voice dan data untuk *multi-code* CDMA ini meliputi :

- Analisis kuantitatif

Analisis data kuantitatif dilakukan melalui perhitungan matematis yang menggunakan bantuan dari software Matlab versi 6 sesuai dengan persamaan-persamaan yang dicantumkan dalam dasar teori. Analisis yang dilakukan yaitu:

- Analisis *throughput* data pada sistem tanpa menggunakan MCLSP
- Analisis *throughput* data pada sistem dengan menggunakan MCLSP

- Analisis kualitatif

Dengan perhitungan yang dilakukan menggunakan software Matlab versi 6 pada analisis kuantitatif, maka hasil perhitungan dapat ditampilkan dalam bentuk grafis sehingga dapat diketahui karakteristik sistem yang diterapkan. Tampilan grafis tersebut kemudian diamati dan dianalisis untuk menarik suatu kesimpulan.

### 4.3. Menarik Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis sistem yang telah dilakukan baik secara kuantitatif maupun secara kualitatif, maka akan dapat ditarik kesimpulan mengenai penerapan MCLSP pada komunikasi voice dan data untuk *multi-code* CDMA.

**PENERAPAN MCLSP  
PADA KOMUNIKASI VOICE DAN DATA  
UNTUK *MULTI-CODE* CDMA**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**NUR AINI FEBRISIAN  
NIM. 0210632076-63**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
MALANG  
2006**



**PENERAPAN MCLSP  
PADA KOMUNIKASI VOICE DAN DATA  
UNTUK *MULTI-CODE* CDMA**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**NUR AINI FEBRISIAN**  
**NIM. 0210632076-63**

Telah diperiksa dan disetujui oleh  
Dosen Pembimbing :

**Rudy Yuwono, ST. MSc.**  
**NIP. 132 206 465**

**Ir. Erfan Achmad Dahlan**  
**NIP. 131 124 663**

**PENERAPAN MCLSP  
PADA KOMUNIKASI VOICE DAN DATA  
UNTUK *MULTI-CODE* CDMA**

Disusun oleh :

**NUR AINI FEBRISIAN**  
**NIM. 0210632076-63**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
Tanggal 29 Juli 2006

**Majelis Penguji :**

**Ir. Wahyu Adi Priyono, MS.**  
**NIP. 131 759 602**

**Ir. Endah Budi Purnomowati, MT.**  
**NIP. 131 839 362**

**Gaguk Asmungi, ST**  
**NIP. 132 206 528**

**Ir. Bambang Siswojo**  
**NIP. 131 759 588**

Mengetahui :  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

**Ir. Purwanto, MT.**  
**NIP. 131 574 847**