

**STUDI KINERJA CDMA S-ALOHA PADA KANAL
FADING DENGAN CAPTURE EFFECT**

DISERTASI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor Bidang Ilmu
Teknik Program Studi Teknik Elektro

**DISUSUN OLEH :
HOGA SARAGIH
8403030028**



D
00894

**PROGRAM PASCASARJANA BIDANG ILMU TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS INDONESIA
JULI 2008**

ABSTRAK

Hoga Saragih, "Studi Kinerja CDMA S-ALOHA Pada Kanal Fading Dengan Capture Effect,"
Disertasi S3 Departemen Elektro FTUI, dengan Promotor Prof. Dr. Ir. Eko Tjipto Rahardjo,
MSc., dan Ko-Promotor Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc., Ph.D., Juli 2008, 84 halaman + xv.

Code division multiple access (CDMA) S-ALOHA adalah teknik akses yang menggabungkan CDMA dan S-ALOHA yang memiliki kinerja yang lebih baik dari elemen pendukung CDMA ataupun S-ALOHA sendiri. Teknik akses CDMA S-ALOHA sangat mendukung integrasi suara, data dan video (multimedia) yang sangat diperlukan untuk komunikasi masa depan. Analisis kinerja *bit error rate* (BER) CDMA yang biasa dilakukan adalah dengan pendekatan Gaussian (*Gaussian Approximation*, GA) pada pendekatan ini pengaruh *multiple acces interference* (MAI) diasumsikan sebagai *noise*. Untuk meningkatkan keakuratan BER maka digunakan *Improved GA* (IGA). Kinerja CDMA S-ALOHA akan turun dikarenakan adanya *fading*, interferensi dan peningkatan data *rate* pengguna.

Pada disertasi ini dianalisa kinerja *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* dengan *capture effect* menggunakan pendekatan IGA. Penggunaan *capture effect* diusulkan untuk meningkatkan kinerja sistem pada kanal dengan adanya *fading* dan interferensi. Oleh karena itu perlu dievaluasi pengaruh *capture effect* dalam meningkatkan kinerja sistem. Dimana *capture effect* yang digunakan adalah *delay capture effect*.

Kinerja *throughput* CDMA S-ALOHA yang dianalisa dilakukan secara matematis. Kontribusi dari penelitian ini adalah penurunan persamaan matematis *throughput* CDMA S-ALOHA yang didapatkan dari sistem model CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* dengan *capture effect*. Pada disertasi ini analisa kinerja CDMA S-ALOHA meliputi :

- a. *Throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* dengan *capture effect*. Pada sistem ini kinerja CDMA S-ALOHA dievaluasi dengan pendekatan IGA untuk meningkatkan keakuratan sistem dibandingkan

GA. Dari hasil terlihat bahwa sistem CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* memiliki kinerja *throughput* yang tinggi.

- b. *Throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami dengan *capture effect*. Pada sistem ini dua model *fading* digunakan untuk memodelkan *fading* pada sinyal utama dan sinyal interferensi yang diasumsikan memiliki kedalaman *fading* yang berbeda. Model *fading* adalah Nakagami/Nakagami yang masing-masing untuk memodelkan *fading* pada sinyal utama dan interferensi. Dari hasil yang diperoleh terlihat bahwa sistem dengan *capture effect* sempurna memiliki kinerja *throughput* yang paling baik. Makin besar nilai *capture effect*-nya makin rendah *throughput* yang dihasilkan.
- c. *Throughput* sistem *Adaptive* CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* dengan *capture effect*. Sistem *Adaptive* CDMA S-ALOHA digunakan untuk mengatasi penurunan *throughput* akibat peningkatan *data rate* dari pengguna, sedangkan *capture effect* digunakan untuk mengatasi *fading* yang terjadi pada kinerja sistem. Dari hasil diperoleh bahwa *throughput Adaptive* CDMA S-ALOHA lebih tinggi dari pada *throughput* CDMA S-ALOHA, sistem dengan *capture effect* sempurna memiliki hasil *throughput* yang paling baik.

Dari ketiga model yang dianalisa terlihat bahwa penggunaan *capture effect* telah dapat meningkatkan kinerja *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *fading*.

ABSTRACT

S-ALOHA *Code Division Multiple Access* (CDMA) is a combined access technique between CDMA and S-ALOHA which has superior performance compare to its supporting elements and S-ALOHA itself. S-ALOHA CDMA access technique has been used to support voice, data and video (multimedia) integration which is desperately needed to support future communication. The CDMA bit error rate (BER) performance analysis is usually performed in Gaussian Approximation (GA) in which the effects of Multiple Access Interference (MAI) have been assumed as noises. Improved Gaussian Approximation (IGA) technique has been used to improved BER system. The performance of S-ALOHA CDMA has been decline due to fading, interference and the increase of users' data rate.

In this dissertation, the throughput performances of S-ALOHA CDMA for users' voice and data integration over fading channel with capture effect using IGA have been analysed. The capture effect is used to improve system's performance with fading and interference. So, capture effect impact in improving system performance need to be analysed. Capture effect used is delay capture effect.

S-ALOHA CDMA throughput performance has been mathematically analysed. The main contribution from this dissertation is the derivation of mathematical expression to represent the throughput of S-ALOHA CDMA that is obtained from S-ALOHA CDMA model system on fading channel with capture effect. In this dissertation, the performance analysis of ALOHA CDMA is as follows:

- a. S-ALOHA CDMA throughput over fading channel with capture effect. In this system, the performance of S-ALOHA CDMA has been evaluated using IGA to improve its system accuracy compared to conventional GA. It is shown from the result that S-ALOHA CDMA with capture effect has high throughput performance.

- b. S-ALOHA CDMA throughput over Nakagami/Nakagami fading channel with capture effect. In this system, two fading models have been used to model effects of fading on the desired and interference signal which is assumed to have different fading models. Fading model employed is Nakagami/Nakagami, each is used to model fading on the desired signal and the interference. From the result obtained, the perfect capture effect system has the best throughput performance. The increase of capture effect rate make the throughput yielded decrease.
- c. Throughput of the Adaptive S-ALOHA CDMA over fading channel with capture effect. Adaptive S-ALOHA CDMA system has been used to overcome the decrease of throughput as a result of the increase of data rate from the users, and the capture effect has been used to overcome the effect of fading occurs on the systems. From the result obtained, S-ALOHA CDMA Adaptive throughput is higher than the S-ALOHA CDMA throughput. System with capture effect results the best throughput.

It has been proven that the performance of S-ALOHA CDMA over *multipath fading* channels and throughput system can increase when capture effect is applied.

LEMBAR PERSETUJUAN

DISERTASI

STUDI KINERJA CDMA S-ALOHA PADA KANAL FADING DENGAN CAPTURE EFFECT

Disusun Oleh :

Hoga Saragih


84 03 03 002 8

Program Pascasarjana Bidang Ilmu Teknik Universitas Indonesia

Depok, Juli 2008

Ko-Promotor,

Promotor,


Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc. Ph.D

NIP.131 944 411


Prof. Dr. Ir. Eko Tjipto Rahardjo, MSc.

NIP.131 122 083

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Bersama ini,

Nama : Hoga Saragih
Nomor Mahasiswa : 84 03 03 002 8

Mahasiswa Program Pasca Sarjana Bidang Ilmu Teknik Program Studi Teknik
Elektro Universitas Indonesia,

MENYATAKAN

Bahwa Disertasi yang saya buat ini adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, kecuali yang disebutkan sumbernya sebagai acuan.

Depok, Juli 2008

Hoga Saragih

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penulisan Disertasi ini penulis bersyukur kepada ALLAH atas karunia-NYA dan penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

Prof. Dr. Ir. Eko Tjipto Rahardjo, M.Sc

(Promotor)

Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc.,Ph.D

(Ko-Promotor)

Sebagai Pembimbing Disertasi pada Konsentrasi Telekomunikasi Departemen Elektro FTUI, yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan pengarahan, diskusi dan bimbingan sehingga Disertasi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Depok, Juli 2008

Hoga Saragih

NPM 84 03 03 002 8

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	vi
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 CDMA ALOHA	6
2.1 Teori Dasar CDMA.....	6
2.1.1. Model Pemancar (<i>Transmitter</i>).....	8
2.1.2. Model Kanal.....	9
2.1.3. Model Penerima (<i>Receiver</i>).....	11
2.1.4. BER CDMA Untuk Integrasi Pengguna Suara Dan Data.....	14
2.2 Teori CDMA ALOHA.....	15
2.2.1. Akses Jamak.....	15
2.2.2. <i>Pure ALOHA / Unslotted ALOHA (U-ALOHA)</i>	17
2.2.3. <i>Slotted ALOHA (S-ALOHA)</i>	19
2.2.4. CDMA S-ALOHA.....	20

2.3	<i>Fading</i>	22
	2.3.1. Model Kanal <i>Fading</i>	24
	2.3.1.1. Kanal <i>Fading</i> Gaussian.....	24
	2.3.1.2. Kanal <i>Fading</i> Rayleigh.....	24
	2.3.1.3. Kanal <i>Fading</i> Rician.....	25
	2.3.1.4. Kanal <i>Fading</i> Nakagami.....	25
2.4.	BER CDMA Pada Kanal Ber- <i>fading</i>	26
	2.4.1. BER CDMA Pada Kanal Ber- <i>fading</i> Untuk Integrasi Pegguna Suara Dan Data.....	27
2.5.	<i>Capture Effect</i>	28

BAB 3	CDMA S-ALOHA PADA KANAL FADING DENGAN CAPTURE EFFECT	30
3.1	Sistem CDMA S-ALOHA Untuk Integrasi Pegguna Suara Dan Data.....	30
	3.1.1. Transmisi Pada CDMA S-ALOHA.....	32
	3.1.2. Kinerja CDMA S-ALOHA.....	32
	3.1.2.1. <i>Throughput</i> Untuk Data.....	32
	3.1.3. <i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA Pada Kanal <i>Multipath</i> <i>Fading</i> Dengan <i>Capture Effect</i>	34
3.2	CDMA S-ALOHA Pada Kanal Nakagami/Nakagami Dengan <i>Capture Effect</i>	34
	3.2.1. BER CDMA Pada Kanal <i>Fading</i> Nakagami/Nakagami... ..	35
	3.2.2. <i>Signal to Interference Noise Ratio</i> (SINR)... ..	35
	3.2.3. <i>Probability Density Function</i> Sinyal Pada Kanal <i>Fading</i> Nakagami.....	36
	3.2.4. Bit Error Rate.....	37
	3.2.5. <i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA Pada Kanal <i>Fading</i> Nakagami/Nakagami Dengan <i>Capture Effect</i>	38

3.3	Model Sistem CDMA S-ALOHA.....	39
3.3.1.	Model Sistem <i>Adaptive</i> CDMA S-ALOHA.....	44
3.3.2.	Throughput <i>Adaptive</i> CDMA S-ALOHA Pada Kanal <i>Multipath Fading Dengan Capture Effect</i>	48
BAB 4	HASIL DAN ANALISA	49
4.1	<i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA Pada Kanal Ber- <i>Fading</i> Dengan <i>Capture Effect</i>	49
4.2	<i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA Pada Kanal <i>Fading</i> Nakagami/Nakagami Dengan <i>Capture Effect</i>	54
4.3	<i>Throughput</i> Adaptive CDMA S-ALOHA Pada Kanal <i>Multipath Fading Dengan Capture Effect</i>	60
BAB 5	KESIMPULAN	66
	DAFTAR ACUAN.....	67
	DAFTAR PUSTAKA.....	74
	LAMPIRAN.....	75
	HASIL PUBLIKASI.....	79
	RIWAYAT HIDUP.....	82

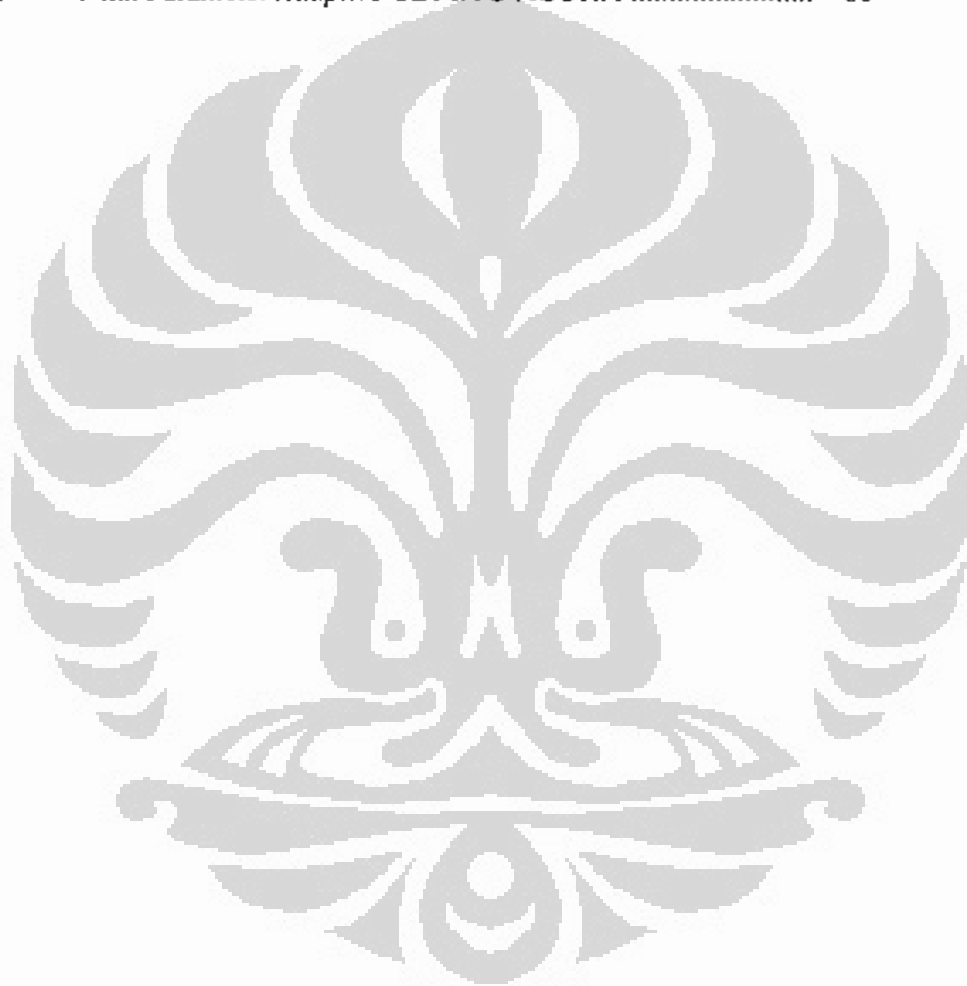
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Spektrum sinyal sebelum dan sesudah penyebaran.....	6
Gambar 2.2.	Model pemancar dari k pengguna aktif.....	8
Gambar 2.3.	Model kanal dari k sinyal pengguna aktif.....	9
Gambar 2.4.	Model penerima.....	11
Gambar 2.5.	Klasifikasi metode akses jamak.....	15
Gambar 2.6.	Periode <i>vulnerable</i> dari ALOHA.....	17
Gambar 2.7.	Metode <i>pure</i> ALOHA (U-ALOHA).....	18
Gambar 2.8.	Metode <i>slotted</i> ALOHA (S-ALOHA).....	19
Gambar 2.9.	Diagram CDMA ALOHA (S-ALOHA).....	20
Gambar 2.10.	Signal <i>multipath</i> yang menyebabkan terjadinya <i>fading</i>	23
Gambar 3.1.	Model sistem CDMA untuk suara dan data.....	30
Gambar 3.2.	Model sistem kanal <i>fading</i>	34
Gambar 3.3.	Model sistem CDMA S-ALOHA.....	39
Gambar 3.4.	Model sistem <i>Adaptive</i> CDMA S-ALOHA.....	44
Gambar 4.1.	<i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA dengan menggunakan IGA.....	50
Gambar 4.2.	<i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA dengan <i>capture Effect</i>	51
Gambar 4.3.	<i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA pada kanal <i>multipath fading</i> dengan <i>capture Effect</i> $Q = 0,001$, dengan variasi nilai L_p	52
Gambar 4.4.	<i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA pada kanal <i>multipath fading</i> dengan <i>capture Effect</i>	53
Gambar 4.5.	<i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA pada kanal <i>fading</i> Nakagami/Nakagami dengan <i>capture effect</i> $Q = 0.01$ dengan variasi nilai m_x dan nilai parameter $m_y = 3$	55

Gambar 4.6.	<i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA dengan <i>capture effect</i> pada kanal <i>fading</i> Nakagami/Nakagami ($m_x = 3, m_y = 3$) dengan variasi nilai Q	56
Gambar 4.7.	<i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA dengan <i>capture effect</i> pada kanal <i>fading</i> Nakagami/Nakagami ($m_x = 3, m_y = 3$) dengan variasi nilai N	57
Gambar 4.8.	<i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA dengan <i>capture effect</i> pada kanal <i>fading</i> Nakagami/Nakagami ($m_x = 3, m_y = 3$) dengan variasi nilai E_b/N_0	58
Gambar 4.9.	<i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA dengan <i>capture effect</i> pada kanal <i>fading</i> Nakagami/Nakagami ($m_x = 3, m_y = 3$) dengan variasi pengguna K	59
Gambar 4.10.	<i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA dan <i>Adaptive</i> CDMA S-ALOHA dengan <i>capture effect</i> dengan $Q=0.01, L_p = 1$ dan variasi nilai L_n	61
Gambar 4.11.	<i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA dan <i>Adaptive</i> CDMA S-ALOHA dengan <i>capture effect</i> pada $L_n=120, L_p = 1$ dan variasi nilai <i>capture ratio</i> (Q).....	63
Gambar 4.12.	<i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA dan <i>Adaptive</i> CDMA S-ALOHA pada kanal <i>multipath fading</i> dengan <i>capture effect</i> , dengan variasi nilai $L_p, Q=0.01, L_n = 120$	64
Gambar 4.13.	<i>Throughput Adaptive</i> CDMA S-ALOHA dengan <i>capture effect</i>	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Perbandingan Metode Akses S-ALOHA, CDMA dan CDMA S-ALOHA.....	21
Tabel 4.1.	Nilai Parameter CDMA S-ALOHA	49
Tabel 4.2.	Nilai Parameter CDMA S-ALOHA pada kanal <i>fading</i> Nakagami/Nakagami	54
Tabel 4.3.	Nilai Parameter <i>Adaptive</i> CDMA S-ALOHA	60



DAFTAR SINGKATAN

ACK	:	<i>Acknowledgment</i>
AWGN	:	<i>Additive White Gaussian Noise</i>
BER	:	<i>Bit Error Rate</i>
BFSK	:	<i>Binary Frequency Shift Keying</i>
BPSK	:	<i>Binary Phase Shift Keying</i>
BS	:	<i>Base Station</i>
CDMA	:	<i>Code Division Multiple Access</i>
CLT	:	<i>Central Limit Theorem</i>
CLSP	:	<i>Channel Load Sensing Protocol</i>
FDMA	:	<i>Frequency Division Multiple Access</i>
GA	:	<i>Gaussian Approximation</i>
IGA	:	<i>Improved Gaussian Approximation</i>
LOS	:	<i>Line Of Sight</i>
MAI	:	<i>Multiple Access Interference</i>
MS	:	<i>Mobile Station</i>
NACK	:	<i>Non Acknowledgment</i>
PDF	:	<i>Probability Density Function</i>
PLE	:	<i>Path-Loss Exponent</i>
PN	:	<i>Pseudo Noise</i>
PSD	:	<i>Power Spectral Density</i>
QoS	:	<i>Quality of Service</i>
QPSK	:	<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>
SGA	:	<i>Standard Gaussian Approximation</i>
SIR	:	<i>Signal Interference Ratio</i>
SINR	:	<i>Signal Interference Noise Ratio</i>
SNR	:	<i>Signal Noise Ratio</i>
SSC	:	<i>Spread Spectrum Code</i>
SSMA	:	<i>Spread Spectrum Multiple Access</i>
TDMA	:	<i>Time Division Multiple Access</i>
VAD	:	<i>Voice Activity Detection</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sistem komunikasi *wireless* berbasis teknologi CDMA banyak dipakai karena mempunyai keunggulan dalam mengatasi *multipath fading* dan interferensi *cochannel*, memperbaiki kualitas layanan, serta meningkatkan kapasitas sistem [1]-[5]. CDMA memanfaatkan kode-kode digital yang unik yang berfungsi untuk membedakan satu pengguna dengan pengguna lainnya. Kode-kode yang digunakan berupa deretan data dengan kecepatan tinggi yang disebut *pseudo noise* (PN) atau *pseudo random*. Kode PN dengan satuan *chips*, merupakan sinyal yang memperlebar sinyal informasi dan digunakan untuk membedakan antara kanal atau pengguna satu dengan lainnya.

ALOHA merupakan salah satu teknik akses jamak yang sangat sesuai untuk jumlah pengguna yang besar dengan trafik *bursty*. Permasalahan didalam ALOHA antara lain tabrakan yang ditimbulkan oleh jumlah pengguna yang besar, adanya penurunan kualitas sinyal yang disebabkan oleh interferensi, *fading* dan *shadowing*. Protokol pengiriman pada ALOHA sangat sederhana. Pengguna dapat mengirimkan pakatnya kapan saja. Karena tidak ada koordinasi antar pengguna maka sering terjadi tabrakan. ALOHA banyak dipakai karena memiliki keunggulan dalam menyelesaikan masalah alokasi kanal dan penerapannya yang mudah dan menghindari *overlap* yang berulang kali [6]-[10].

Gabungan CDMA dan ALOHA, yang disebut CDMA ALOHA memiliki keunggulan antara lain penggunaan sumber daya frekuensi yang efektif untuk mencapai kapasitas sistem yang besar, pengguna dapat mengirimkan datanya tanpa ada pengaturan dengan pengguna lainnya, dan transmisi data dengan jumlah pengguna yang besar. Metode akses CDMA ALOHA ini menggunakan daya pengiriman yang rendah dan mampu melayani jumlah pengguna yang besar dengan struktur *receiver* yang sederhana. Selain itu, teknik CDMA ALOHA juga memberikan daya tahan yang sangat kuat terhadap masalah waktu kedatangan

paket. CDMA ALOHA memberikan perbaikan dalam hal *throughput*, *delay* dan stabilitas sistem dibandingkan elemen pembentuknya CDMA dan ALOHA.

Kinerja sistem berbasis CDMA dengan protokol ALOHA pada jaringan paket radio disebut CDMA ALOHA telah banyak dianalisa [6]-[10]. Sistem CDMA ALOHA pada jaringan radio paket dapat diklasifikasikan menjadi 2 kategori yaitu sistem CDMA S-ALOHA [11], [12] dan sistem CDMA U-ALOHA [13]. CDMA U-ALOHA telah diteliti dengan fokus pada integrasi pengguna suara dan data dengan menggunakan *channel load sensing protocol* (CLSP) untuk kendali transmisi data [8]. CDMA S-ALOHA untuk integrasi pengguna suara dan data yang dioperasikan dalam saluran CDMA yang sama telah dianalisa oleh [9]. Dari [9], terlihat bahwa CDMA S-ALOHA memiliki *throughput* yang lebih baik dari S-ALOHA dan *outage probability* yang lebih baik dari CDMA. Keunggulan CDMA S-ALOHA adalah mempunyai *bandwidth* yang lebar, jumlah pengguna yang besar, kompleksitas sistem rendah dan fleksibilitas yang tinggi.

Analisis kinerja BER CDMA biasa dilakukan dengan menggunakan pendekatan Gaussian (*Gaussian approximation*, GA) [14], [15]. Pada metode GA, evaluasi BER CDMA mengabaikan adanya varian dari *multiple access interference* (MAI), sehingga hasil pendekatannya kurang akurat. Pada [16] telah dievaluasi kinerja BER CDMA dengan metode GA dan Improved GA (IGA), dan dihasilkan bahwa IGA lebih akurat daripada GA. Permasalahan pada CDMA S-ALOHA adalah penurunan kinerja *throughput* dikarenakan adanya *multipath fading*, interferensi, tabrakan dan peningkatan *transmission rate*. Pengaruh *fading* pada CDMA S-ALOHA dapat menurunkan BER CDMA yang secara langsung akan menurunkan *throughput*. Makin banyak tabrakan yang terjadi pada CDMA S-ALOHA akan menurunkan *throughput*. *Transmission rate* yang tinggi akan mengakibatkan turunnya trafik. Untuk mengatasi penurunan *throughput* dikarenakan *fading* dan interferensi, salah satu metode yang digunakan adalah dengan *capture effect*.

Pengaruh *multipath fading* mengakibatkan penurunan kualitas BER CDMA [17]-[19], sedangkan *cochannel interference* dapat memperkecil kapasitas sistem. Analisa kinerja S-ALOHA pada kanal ber-*fading* telah dilakukan oleh [20]-[22]. Kinerja S-ALOHA pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami dengan

nilai parameter *fading* yang sama untuk *test packet* dan *interfering packets* juga telah dilakukan [23], [24]. Pada kondisi yang sebenarnya pengiriman paket sinyal utama maupun sinyal interferensi pada sistem CDMA ALOHA pada kanal ber-*fading*, paket yang ditransmisikan akan mengalami kerusakan disebabkan *multipath fading* dan *noise*. Akibatnya penerima akan menerima paket yang tidak sempurna walaupun tabrakan tidak terjadi.

Untuk mengatasi penurunan ini diusulkan pemanfaatan *capture effect* [25]-[26]. Penerima dapat meng-*capture* paket dari sinyal utama yang ditransmisikan oleh pengirim pada kanal ber-*fading* jika daya dari sinyal utama paket nilai melebihi daya dari total sinyal interferensi paket dalam waktu tertentu (*delay capture*). Dengan menerapkan *capture effect* diharapkan *throughput* CDMA ALOHA meningkat. Oleh karena itu sangat menarik untuk menganalisa kinerja CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect*. Evaluasi kinerja CDMA S-ALOHA didekati dengan IGA untuk tingkat akurasi yang lebih baik dari GA.

Pada mikro seluler, *fading* model untuk sinyal utama dapat dimungkinkan berbeda dengan *fading* model untuk sinyal interferensi karena dianggap melalui jalur/*path* yang berbeda untuk transmisi sinyal utama dan sinyal interferensi. Kinerja S-ALOHA dengan dua model *fading* untuk sinyal utama dan sinyal interferensi telah dievaluasi oleh [27]-[32]. Yao dkk [28] telah mengevaluasi kinerja S-ALOHA dengan model Nakagami/Nakagami dengan *fading* parameter yang sama. Sedangkan pada [29] telah dilakukan penggunaan Rayleigh/Rayleigh baik untuk sinyal utama maupun sinyal interferensi. Dari hasil studi literatur belum ditemukan evaluasi CDMA ALOHA dengan model *fading* berbeda untuk sinyal utama dan sinyal interferensi dengan *capture effect*. Oleh karena itu sangat menarik untuk dievaluasi kinerja CDMA S-ALOHA pada kanal Nakagami/Nakagami dengan *capture effect*. Diasumsikan bahwa parameter *fading* untuk sinyal utama berbeda dengan sinyal interferensi.

Komunikasi mendatang harus dapat mengakomodasi pengguna dengan menggunakan data *rate* yang tinggi. Pada CDMA S-ALOHA dengan meningkatnya data *rate* mengakibatkan *throughput* turun yang disebabkan meningkatnya tabrakan yang terjadi. Untuk mengatasi masalah ini pada CDMA S-

ALOHA, maka diusulkan *adaptive* CDMA S-ALOHA [33]-[36]. Sistem *Adaptive* CDMA S-ALOHA [34] adalah metode akses yang cukup baik untuk mengintegrasikan layanan *non real time* (seperti *internet application*) dan *real time* (seperti suara).

Adaptive CDMA S-ALOHA mengizinkan pengguna untuk mengirim data dengan menggunakan tingkat kecepatan transmisi yang berbeda-beda sesuai dengan kondisi *traffic* yang ada ketika *traffic* kanal dalam keadaan saturasi. Dengan cara ini, *throughput* akan meningkat dan waktu tunda pengiriman akan berkurang [33]-[36]. Evaluasi pada [33] hanya pada kanal *noise*. Pada sistem wireless pengaruh *fading* sangat besar. Oleh karena itu sangat menarik untuk mengevaluasi kinerja *adaptive* CDMA S-ALOHA pada kanal ber-*fading* serta pengaruh penggunaan *delay capture* untuk meningkatkan kinerjanya.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* dengan *capture effect*. Evaluasi kinerja *throughput* dilakukan dengan pendekatan IGA untuk menghasilkan kinerja yang lebih akurat.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi untuk menganalisis *throughput* sistem CDMA S-ALOHA pada kanal ber-*noise* dan *multipath fading*. Penggunaan *capture effect* dibatasi hanya pada *delay capture*.

Analisis sistem terdiri atas 3 model, yaitu :

- a. Analisis *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect*.
- b. Analisis *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami dengan *capture effect*. Nakagami/Nakagami menyatakan bahwa model *fading* untuk sinyal utama adalah Nakagami *fading* dan sinyal interferensi adalah Nakagami *fading*. Pada penelitian ini

dimodelkan *fading* untuk sinyal utama dan interferensi mempunyai *depth fading* yang berubah.

- c. Analisis *Adaptive* CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect*.

1.4. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Bab 1 : Pendahuluan

Bab ini menjelaskan latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

Bab 2 : CDMA ALOHA

Bab ini menjelaskan teori dasar CDMA, teori CDMA ALOHA, *fading*, BER CDMA pada kanal ber-*fading* dan *capture effect*.

Bab 3 : CDMA S-ALOHA Pada Kanal *Fading* Dengan *Capture Effect*

Bab ini menjelaskan sistem CDMA S-ALOHA untuk integrasi pengguna suara dan data, CDMA S-ALOHA pada kanal Nakagami/Nakagami dengan *capture effect*, model sistem *Adaptive* CDMA S-ALOHA.

Bab 4 : Hasil dan Analisa

Bab ini menjelaskan hasil dan analisis kinerja *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal ber-*fading* dengan *capture effect*, *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal Nakagami/Nakagami dengan *capture effect*, dan *throughput Adaptive* CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect*.

Bab 5 : Kesimpulan

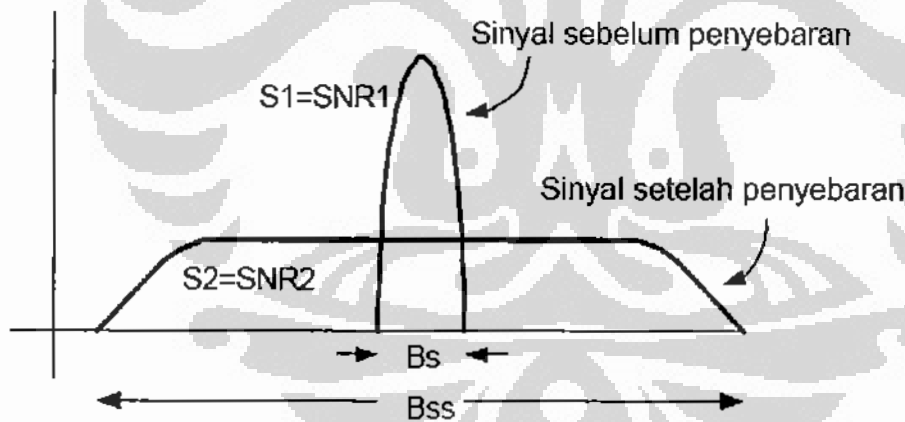
Bab ini menjelaskan kesimpulan.

BAB II

CDMA ALOHA

2.1 Teori Dasar CDMA

CDMA adalah teknik akses jamak *spread spectrum* (SS), dimana sinyal tiap user ditransmisikan pada pita frekuensi yang sama dan dalam waktu yang sama dengan menggunakan kode-kode unik untuk mengidentifikasi masing-masing pengguna. Oleh karena itu, CDMA disebut juga dengan *spread spectrum multiple access* (SSMA). Pada *spread spectrum*, sinyal informasi dengan *bandwidth* yang sempit ditransmisikan dengan menggunakan spektrum frekuensi yang lebih lebar. Ide dibalik teknik *spread spectrum* adalah mengubah suatu sinyal dengan lebar pita B_s menjadi suatu sinyal yang menyerupai derau dengan lebar pita yang lebih lebar, B_{ss} , dimana $B_{ss} \gg B_s$, seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Spektrum sinyal sebelum dan sesudah penyebaran [37]

Dengan daya pancar yang sama, kerapatan spektral daya (PSD) dari sinyal *spread spectrum* akan menjadi lebih rendah daripada sinyal aslinya, seperti dinyatakan oleh [37]:

$$S_{ss} = P_s \frac{B_s}{B_{ss}} \quad (2.1)$$

dimana S_{ss} adalah kerapatan spektral daya dari sinyal *spread spectrum* dan P_s adalah daya sinyal asal.

Teknik *spread spectrum* ini memiliki beberapa keuntungan, antara lain [38]:

1. Dapat mengurangi atau meminimalisasi pengaruh *multipath interference*. Korelasi silang sinyal kode dengan sinyal informasi *narrowband* akan *spread* daya sinyal *narrowband* sehingga mengurangi daya yang menginterferensi *bandwidth* sinyal informasi.
2. Dapat membedakan antara sinyal-sinyal yang ditransmisikan dari pengguna yang berbeda dengan menggunakan *spreading sequence*.
3. Memiliki kemampuan anti-*jamming*
4. *Privacy* (kerahasiaan), terjaga, karena sinyal yang ditransmisikan akan *despread* dan datanya akan dikembalikan ke bentuk aslinya jika kode diketahui oleh penerima.
5. Probabilitas intersepsi yang rendah, karena daya yang digunakan rendah sehingga sinyal *spread spectrum* sulit untuk dideteksi.

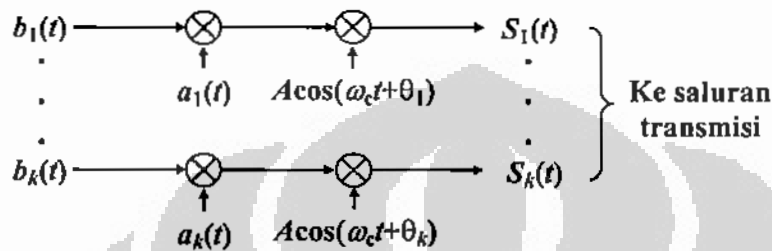
Pada Gambar 2.2 menunjukkan sistem model transmisi komunikasi *spread spectrum*. Teknik *spread spectrum* memiliki beberapa karakteristik, yaitu [39]-[41]:

1. *Bandwidth* sinyal *spread* lebih besar dari *bandwidth* sinyal informasi.
2. Sinyal *spread* terdiri dari sinyal informasi dan *spreading sequence*. *Spreading sequence* ini bersifat *independent* terhadap sinyal informasinya.

Pada konsep *spread spectrum*, sinyal penyebar *PN-sequence* terdiri atas urutan biner (0 dan 1) atau kondisi *on-off* yang dibangkitkan secara acak. *PN-sequence* yang sama dapat dibangkitkan kembali pada sisi stasiun penerima, selanjutnya sinyal informasi tersebut akan *despread* untuk mendapatkan kembali sinyal aslinya. Akan tetapi *PN-code* yang diberikan ke setiap pengguna tidak *orthogonal* secara sempurna, sehingga akan menyebabkan terjadinya interferensi berupa MAI.

2.1.1 Model Pemancar (*Transmitter*)

Gambar 2.2 memperlihatkan model pemancar dari k pengguna yang sedang aktif di dalam sistem CDMA. Setiap pemancar terdiri dari sumber sinyal data, $b_1(t)$, *spread spectrum code* (SSC), $a_1(t)$, dan sinyal pembawa (*carrier*), yang terkirim dalam sinyal $S_k(t)$.



Gambar 2.2. Model pemancar dari k pengguna aktif.

Sinyal yang dipancarkan oleh pengguna ke- k adalah [27]:

$$S_k(t) = A a_k(t) b_k(t) \cos(\omega_c t + \theta_k) \quad (2.2)$$

dengan $A = \sqrt{2P}$ adalah amplitudo sinyal dengan P adalah daya sinyal [14]–[17], ω_c adalah frekuensi pembawa, serta θ_k adalah fasa sinyal. Sinyal SSC $a_k(t)$ dari pengguna ke- k merupakan deretan sinyal periodik dengan amplitudo satu (*unit amplitude*), positif dan negatif, pulsa kotak dengan durasi T_c [42], dan dinyatakan sebagai

$$a_k(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} a_i^k P_{T_c}(t - iT_c) \quad (2.3)$$

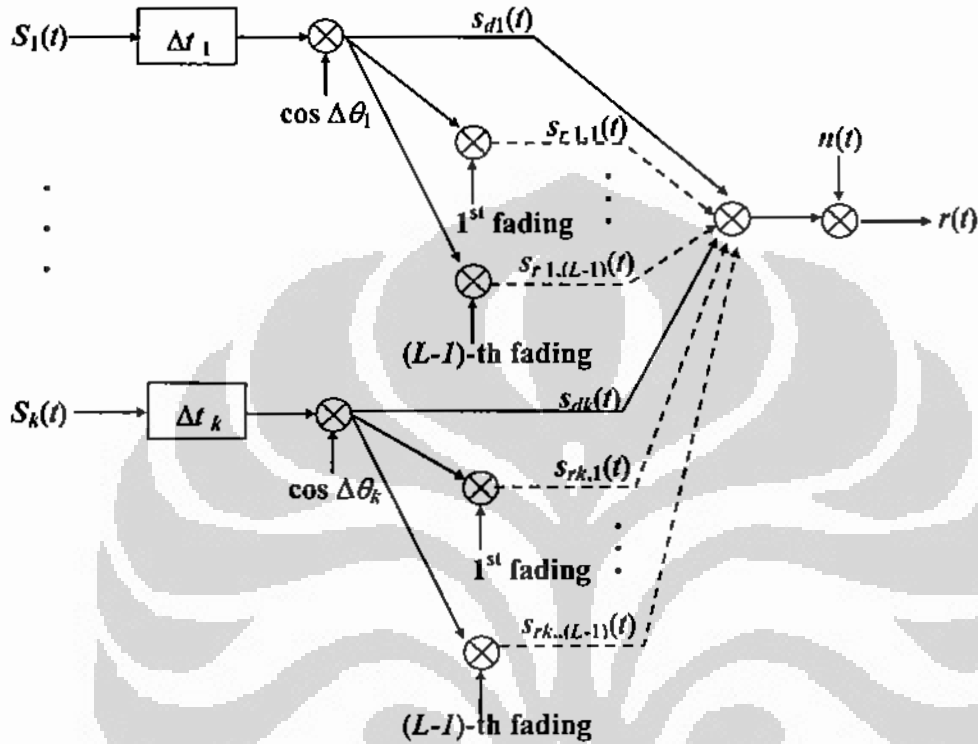
dengan a_i^k adalah amplitudo *chip* ke- i , $P_{T_c}(t) = 1$ untuk $0 \leq t \leq T$ dan $P_{T_c}(t) = 0$ untuk t lainnya. Sinyal data dari pengguna ke- k merupakan deretan sinyal periodik dengan amplitudo satu (*unit amplitude*), positif dan negatif, pulsa kotak dengan durasi T , dan dapat dinyatakan sebagai

$$b_k(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} b_j^k P_T(t - jT) \quad (2.4)$$

dengan b_j^k adalah amplitudo simbol data di *time slot* ke- j , dan $k = 1, 2, \dots, K$, dengan K adalah jumlah pengguna yang aktif secara simultan. Durasi sinyal data

$T = NT_c$, N adalah *processing gain*.

2.1.2. Model Kanal



Gambar 2.3. Model kanal dari k sinyal pengguna aktif.

Gambar 2.3 memperlihatkan model kanal dari k sinyal yang dipancarkan pengguna yang sedang aktif di dalam sistem CDMA. Setiap sinyal dari masing-masing pemancar akan mengalami *delay*, Δt_k , dan *phase offset*, $\Delta \theta_k$, karena pemancar mengakses sistem secara asinkron [19]. Sinyal akan terbagi menjadi sinyal stasioner dominan atau gelombang langsung, $s_{dk}(t)$, dan sinyal *multipath* acak, $s_{rk,i}(t)$. Gelombang langsung adalah komponen sinyal LOS. Sinyal LOS dan sinyal *multipath* akan tergabung dan mendapat *noise*, $n(t)$ saat merambat pada kanal transmisi.

Jika terdapat total L -*path* sinyal yang merambat di kanal, maka akan terdapat satu *path* dari sinyal yang diinginkan dan $L-1$ sinyal *multipath fading*. Tanggapan impuls ekuivalen pelewat rendah (*low-pass equivalent impulse*

response) dari *passband channel* untuk *link* antara pemancar ke- k dan penerima (*base station*) diberikan oleh [27]:

$$h_k(\tau) = \sum_{l=1}^L \beta_{lk} \delta(\tau - \tau_{lk}) e^{j\Phi_{lk}} \quad (2.5)$$

dengan β_{lk} adalah *path gain* ke- l , Φ_{lk} adalah *path phase* ke- l serta diasumsikan *uniform* dalam $[0, 2\pi]$, dan τ_{lk} adalah *path time delay* ke- l serta diasumsikan *uniform* dalam $[0, T]$, dimana $l = 1, 2, \dots, L$ adalah jumlah *path* (L : jumlah *path* total). Banyaknya L diberikan oleh [27] :

$$L = \left\lfloor \frac{T_m}{T_c} \right\rfloor + 1 = \lfloor T_m \cdot B_{ss} \rfloor + 1 \quad (2.6)$$

dengan $\lfloor x \rfloor$ adalah bilangan bulat terbesar yang lebih kecil atau sama dengan x , sedangkan $T_m = \tau_{lk \max} - \tau_{lk \min}$ adalah *maximum multipath delay spread*, dan $B_{ss} = N/T$ adalah *one sided bandwidth* dari sinyal SSC.

Ada dua model yang sering digunakan untuk menentukan banyaknya L . Pertama, adalah sesuai dengan (2.6). Model ini adalah model yang sangat sederhana. Kedua, adalah model acak yang mengasumsikan bahwa L adalah variabel acak (*random variable*, RV) yang nilainya bervariasi secara *uniform* antara satu (*unity*) dan nilai maksimum dari (2.6).

Jika (2.2) dan (2.5) digabungkan, serta menggunakan integral konvolusi, maka sinyal yang diterima di sisi penerima adalah [27]:

$$r(t) = \text{Re} \left\{ \sum_{k=1}^K \int_{-\infty}^{\infty} h_k(\tau) \tilde{S}_k(t - \tau) \exp(j\omega_c t) d\tau \right\} + n(t) \quad (2.7)$$

dengan $\tilde{S}_k(t)$ adalah *complex envelope* dari $S_k(t)$ untuk $\theta_k = 0$ dan $\text{Re}\{.\}$ menyatakan bagian riil dari bilangan kompleks. Persamaan (2.7) dapat diselesaikan menjadi [27]:

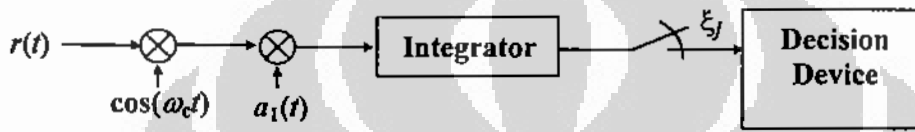
$$r(t) = A \sum_{l=1}^L \beta_{l1} a_1(t - \tau_{l1}) b_1(t - \tau_{l1}) \cos(\omega_c t + \Phi_{l1}) + A \sum_{l=1}^L \sum_{k=2}^K \beta_{lk} a_{k1}(t - \tau_{lk}) b_k(t - \tau_{lk}) \cos(\omega_c t + \Phi_{lk}) + n(t) \quad (2.8)$$

dengan $n(t)$ adalah *white Gaussian noise* dengan PSD sebesar $N_0/2$ (W/Hz), β_{lk} adalah RV yang terdistribusi Nakagami. Pengguna yang diinginkan mengacu ke

pengguna ke-1 ($k = 1$), sedangkan pengguna ke-2 sampai ke- K dianggap sebagai sinyal interferensi.

2.1.3. Model Penerima (Receiver)

Model penerima diperlihatkan pada Gambar 2.4. Sinyal yang diterima, $r(t)$, dicampur dengan sinyal dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi pembawa dan dikembalikan menjadi sinyal *baseband*, dikalikan dengan SSC dari pengguna yang diinginkan, dan diintegrasikan dalam interval perioda satu *bit*.



Gambar 2.4. Model penerima [15].

Jika diasumsikan bahwa *delay* (τ_{j1}) dan fasa (Φ_{j1}) dari penerima tersinkronisasi dengan pengguna ke-1, maka *decision statistic* untuk mendeteksi sinyal dari pengguna tersebut diberikan oleh [27]:

$$\xi_j = \int_0^T r(t) a_1(t - \tau_{j1}) \cos(\omega_c t + \Phi_{j1}) dt \quad (2.9)$$

Substitusi (2.8) ke (2.9) menghasilkan [27]:

$$\begin{aligned} \xi_j = & \beta_{j1} \frac{AT}{2} b_0^1 + \frac{A}{2} \sum_{l=1, l \neq j}^L \beta_{l1} \cos(\Phi_{l1} - \Phi_{j1}) \int_0^T a_1(t - \tau_{l1}) b_1(t - \tau_{l1}) a_1(t - \tau_{j1}) dt \\ & + \frac{A}{2} \sum_{k=2}^K \sum_{l=1}^L \beta_{lk} \cos(\Phi_{lk} - \Phi_{jk}) \int_0^T a_k(t - \tau_{lk}) b_k(t - \tau_{lk}) a_1(t - \tau_{j1}) dt \\ & + \int_0^T n(t) a_1(t - \tau_{j1}) \cos(\omega_c t + \Phi_{j1}) dt \end{aligned} \quad (2.10)$$

atau dalam bentuk lain, persamaan (2.10) dapat dinyatakan sebagai [27]:

$$\begin{aligned} \xi_j = & \beta_{j1} \frac{AT}{2} b_0^1 + \frac{A}{2} \sum_{l=1, l \neq j}^L \beta_{l1} \cos(\Phi_{l1} - \Phi_{j1}) [b_{-1}^1 R_{l1}(t_{l1}) + b_0^1 \hat{R}_{l1}(t_{l1})] \\ & + \frac{A}{2} \sum_{k=2}^K \sum_{l=1}^L \beta_{lk} \cos(\Phi_{lk} - \Phi_{jk}) [b_{-1}^k R_{k1}(t_{lk}) + b_0^k \hat{R}_{k1}(t_{lk})] + v \end{aligned} \quad (2.11)$$

dengan b_{-1}^k dan b_0^k adalah urutan bit-bit data dari sinyal pengguna ke- k , $t_{lk} = \tau_{lk} -$

τ_j , dan v adalah Gaussian dengan *mean* nol dan variansi $N_0T/4$. Sedangkan $R_{k_1}(t_k)$ dan $\hat{R}_{k_1}(t_k)$ adalah fungsi *continuous time cross-correlation* dari sinyal SSC yang didefinisikan oleh [27] dan [42] sebagai:

$$R_{k_1}(\tau) = \int a_k(t - \tau)a_1(t)dt \quad (2.12a)$$

$$\hat{R}_{k_1}(\tau) = \int a_k(t - \tau)a_1(t)dt \quad (2.12b)$$

Suku pertama pada (2.11) mewakili sinyal yang diinginkan untuk dideteksi. Suku kedua adalah $(L - 1)$ *self-interference* dari pengguna yang diinginkan akibat *sidelobe* fungsi autokorelasi dari SSC. Suku ketiga adalah $L(K - 1)$ *multiuser interference* atau MAI dari $(K - 1)$ pengguna lain yang sedang aktif secara simultan di dalam sistem. Suku terakhir adalah Gaussian RV akibat AWGN. Jadi total interferensi adalah

$$\eta = L(K - 1) + (L - 1) = LK - 1 \approx LK, \text{ untuk } LK \gg 1 \quad (2.13)$$

Sinyal yang diterima *receiver* terdiri dari sinyal yang diinginkan (*desired signal*) dan sinyal yang tidak diinginkan (*undesired signal*) sebanyak $K-1$ pengguna. Bila diasumsikan pengguna sebagai *desired* pengguna, *decision variable* untuk pengguna merupakan perkalian antara sinyal $r(t)$ dengan PN *sequence* dari *desired* pengguna dan mengintegrasikannya untuk periode satu bit, yaitu [40]:

$$Z_0 = \int_{t_k}^{(i+1)T_k} r(t)c_0(t)\cos(\omega_c t)dt \quad (2.14)$$

$$Z_0 = D_0 + I_0 + \eta \quad (2.15)$$

dimana D_0 adalah sinyal yang diinginkan, I_0 adalah interferensi yang disebabkan oleh pengguna yang lain, η adalah *thermal noise*.

Sinyal yang diinginkan, yaitu [40]:

$$D_0 = \sqrt{2P_0} \int_{t=0}^{T_b} d_k(t)c_k^2(t)\cos^2(\omega_c t)dt \quad (2.16)$$

$$D_0 = \sqrt{\frac{P_0}{2}} d_k T_b$$

Persamaan *noise* dapat diperoleh dengan mengasumsikan $n(t)$ adalah AWGN dengan *zero-mean* dan *two-sided power spectral density* (pdf) $N_0/2$ [40]. Variansi *noise* diberikan oleh :

$$\sigma_n^2 = \frac{N_0 T_b}{4} \quad (2.17)$$

MAI adalah interferensi yang disebabkan oleh pengguna lain pada sistem CDMA. Variansi total MAI yang dikondisikan dengan *power* yang diterima P_k dengan terdapat $K-1$ pengguna diberikan oleh [40] :

$$\sigma_{I_k}^2 = \frac{NT_c^2}{6} \sum_{k=0}^{K-1} P_k \quad (2.18)$$

Total interferensi dan *thermal noise* diberikan oleh [40] :

$$\sigma_{\xi}^2 = \sigma_{I_k}^2 + \sigma_n^2 = \frac{NT_c^2}{6} \sum_{k=0}^{K-1} P_k + \frac{N_0 T_b}{4} \quad (2.19)$$

dengan parameter σ_{ξ}^2 adalah total variansi interferensi dan *thermal noise*. Bila $E_b = T_b P_0$ dan sistem CDMA diasumsikan *perfect power control*, semua pengguna ($k = 0 \dots K-1$) memiliki *power* yang sama $P_0 = P_k$, maka BER diberikan oleh [40] :

$$BER(K) = Q\left(\frac{K-1}{3N} + \frac{N_0}{2E_b}\right)^{-0.5} \quad (2.20)$$

dimana $Q(x)$ adalah fungsi *error* kompleks yang diberikan oleh

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} \exp(-u^2/2) du \quad (2.21)$$

Diketahui bahwa BER menggunakan GA tidak terlalu akurat, oleh karena itu diusulkan pendekatan IGA untuk menghitung BER CDMA. IGA [16] didasarkan pada pengamatan bahwa MAI terdistribusi Gaussian dan memiliki varian yang tergantung pada pergeseran waktu dan fase dari seluruh pengguna yang menginterferensi. Aproksimasi BER CDMA dengan pendekatan IGA dinyatakan sebagai [16] :

$$BER(K) = \frac{2}{3} Q\left(\frac{(K)}{3N} + \frac{N_0}{2E_b}\right)^{-0.5} + \frac{1}{6} Q\left(\frac{(K)(N/3) + \sqrt{3}\sigma}{N^2} + \frac{N_0}{2E_b}\right)^{-0.5} + \frac{1}{6} Q\left(\frac{(K)(N/3) - \sqrt{3}\sigma}{N^2} + \frac{N_0}{2E_b}\right)^{-0.5} \quad (2.22)$$

$$\sigma^2 = (K) \left\{ N^2 \frac{23}{360} + N \left(\frac{1}{20} + \frac{K-1}{36} \right) - \frac{1}{20} - \frac{K-1}{36} \right\} \quad (2.23)$$

dan N adalah *processing gain*, N_0 adalah *spectral density Gaussian noise*, E_b adalah *energy per information bit* pada *received signal* dan σ adalah varian dari MAI.

2.1.4. BER CDMA Untuk Integrasi Pengguna Suara Dan Data

BER CDMA untuk integrasi pengguna suara dan data menggunakan GA dinyatakan oleh [8], [9], [42] :

$$BER(k_d, k_v) = Q\left(\frac{k_d + \rho k_v}{3N} + \frac{N_0}{2E_b}\right)^{-0.5} \quad (2.24)$$

dengan k_v adalah jumlah pengguna suara dan k_d jumlah pengguna data, ρ adalah faktor aktivitas suara dan E_b / N_0 adalah *signal to noise ratio*.

BER CDMA dengan pendekatan IGA untuk pengguna suara dan data dapat diberikan oleh:

$$\begin{aligned} BER(k_d, k_v) = & \frac{2}{3} Q\left(\frac{(k_d + \rho k_v)}{3N} + \frac{N_0}{2E_b}\right)^{-0.5} \\ & + \frac{1}{6} Q\left(\frac{(k_d + \rho k_v)(N/3) + \sqrt{3}\sigma}{N^2} + \frac{N_0}{2E_b}\right)^{-0.5} \\ & + \frac{1}{6} Q\left(\frac{(k_d + \rho k_v)(N/3) - \sqrt{3}\sigma}{N^2} + \frac{N_0}{2E_b}\right)^{-0.5} \end{aligned} \quad (2.25)$$

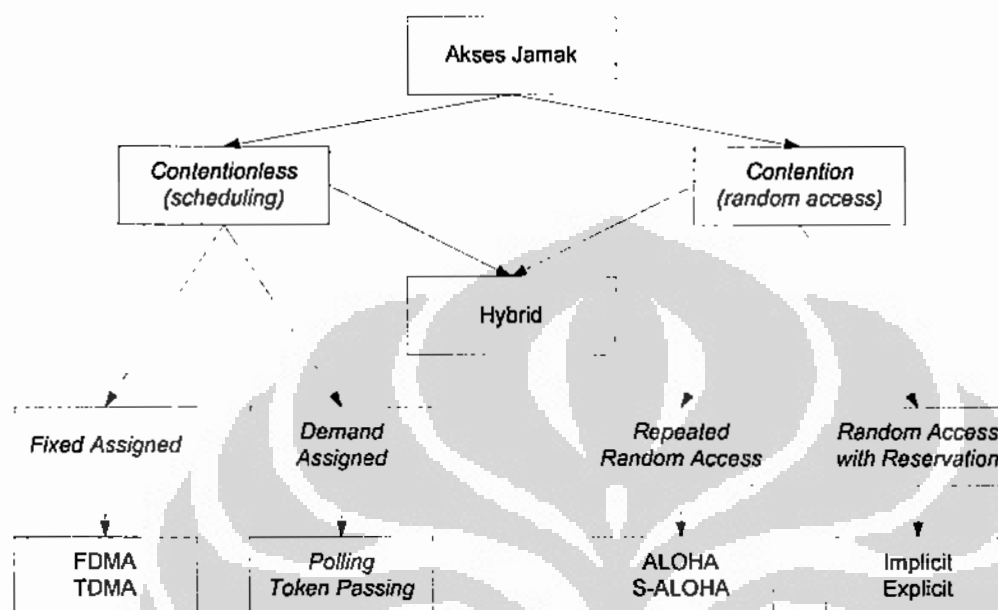
dengan :

$$\sigma^2 = (k_d + \rho k_v) \left\{ N^2 \frac{23}{360} + N \left(\frac{1}{20} + \frac{(k_d + \rho k_v)}{36} \right) - \frac{1}{20} - \frac{(k_d + \rho k_v)}{36} \right\} \quad (2.26)$$

$N_0/2$ adalah *two side spectral density of AWGN*.

2.2. CDMA ALOHA

2.2.1. Akses Jamak



Gambar 2.5 Klasifikasi Metode Akses Jamak [40]

Klasifikasi teknik akses jamak yang digunakan untuk komunikasi *wireless* ditunjukkan pada Gambar 2.5. Penggunaan teknik akses jamak dimaksudkan untuk mengatur beberapa pengguna untuk menggunakan kanal secara bersama. Pengaturan ini diperlukan untuk mencegah terjadinya konflik jika lebih dari satu pengguna mengakses sumber daya pada waktu yang bersamaan. Dengan kata lain, akses jamak bertujuan untuk mendayagunakan sumber daya yang ada untuk mencapai kapasitas sistem yang lebih besar. Pemakaian teknik akses tidak menyebabkan kinerja sistem menurun, tetapi hanya menyebabkan sistem menjadi lebih kompleks [40].

Secara umum klasifikasi teknik akses jamak dapat dibagi menjadi 3 kategori, yaitu *contentionless (scheduling)*, *contention (random access)*, dan *hybrid*. Akses *contentionless* adalah teknik akses dengan waktu pengiriman dan alokasi kanal yang telah dijadwalkan sebelumnya untuk menghindari dua atau lebih pengguna mengakses kanal pada saat yang bersamaan. Pada akses *contention* waktu pengiriman ditentukan secara acak tergantung kesiapan

pengguna dalam mengirimkan paket, sehingga lebih memungkinkan terjadinya tabrakan bila beberapa pengguna memulai pengiriman pada saat bersamaan. Sedangkan teknik akses *hybrid* merupakan perpaduan teknik *contentionless* dan *contention*. [40]

Pada FDMA, TDMA maupun CDMA pengiriman informasi oleh pengguna masing-masing berdasar atas pengaturan (*scheduling*) frekuensi, waktu ataupun kode yang dianggap cukup untuk membatasi kebebasan pengguna dalam mengirimkan informasinya. Pada teknik akses radio paket, pengguna dapat mengirimkan datanya tanpa ada pengaturan dengan pengguna lainnya. Transmisi data dilakukan berupa *burst*. Masalah pada radio paket adalah adanya tabrakan antar paket yang dikirimkan dalam waktu yang bersamaan. Untuk mengurangi tabrakan ini, BS mengirimkan ACK dan NACK ke pengguna. ACK berarti bahwa data diterima dalam keadaan baik sehingga pengguna dapat mengirimkan data selanjutnya. Bila NACK diterima berarti data yang dikirim mengalami kerusakan karena tabrakan dan pengguna diminta mengirimkan kembali data yang mengalami tabrakan. Sistem radio paket menguntungkan untuk transmisi data dengan jumlah pengguna yang besar dan mudah dalam implementasinya, tetapi memiliki efisiensi *spectrum* yang rendah [43].

Untuk mengurangi terjadinya tabrakan, maka pada penransmisian radio paket harus diperhatikan mengenai periode *vulnerable*, yaitu interval waktu yang sangat memungkinkan sekali suatu paket mengalami tabrakan dengan paket lain. Gambar 2.6. menunjukkan periode *vulnerable* dari ALOHA.

Dalam analisis radio paket diasumsikan bahwa paket yang ditransmisikan oleh pengguna memiliki panjang paket dan *data rate* kanal yang tetap, serta paket baru yang dibangkitkan oleh pengguna dalam waktu yang acak. Diasumsikan pula bahwa transmisi paket mengikuti distribusi Poisson dengan rata-rata laju kedatangan paket adalah λ paket per detik. Bila durasi paket adalah τ (detik), maka trafik atau *throughput* G dari radio paket diberikan oleh

$$G = \lambda \cdot \tau \quad (2.27)$$

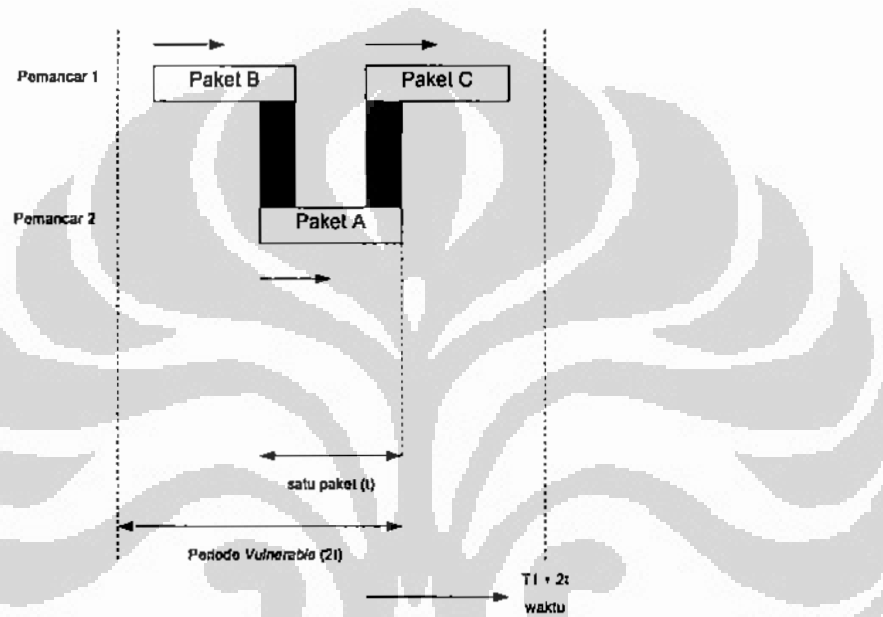
Nilai dari G adalah $0 < G < 1$. Beban G didefinisikan sebagai penjumlahan paket baru yang dibangkitkan pengguna serta paket retransmisi akibat tabrakan. *Throughput* ternormalisasi, S , dinyatakan sebagai hasil kali trafik yang ditawarkan

dengan probabilitas keberhasilan suatu paket ditransmisikan yang dinyatakan sebagai

$$S = G \cdot P_r(k) = \lambda \cdot \tau \cdot P_r(k) \quad (2.28)$$

Probabilitas k paket dibangkitkan oleh pengguna dalam suatu durasi paket yang mengikuti distribusi Poisson dinyatakan oleh:

$$P_r[k] = \frac{G^k e^{-G}}{k!} \quad (2.29)$$

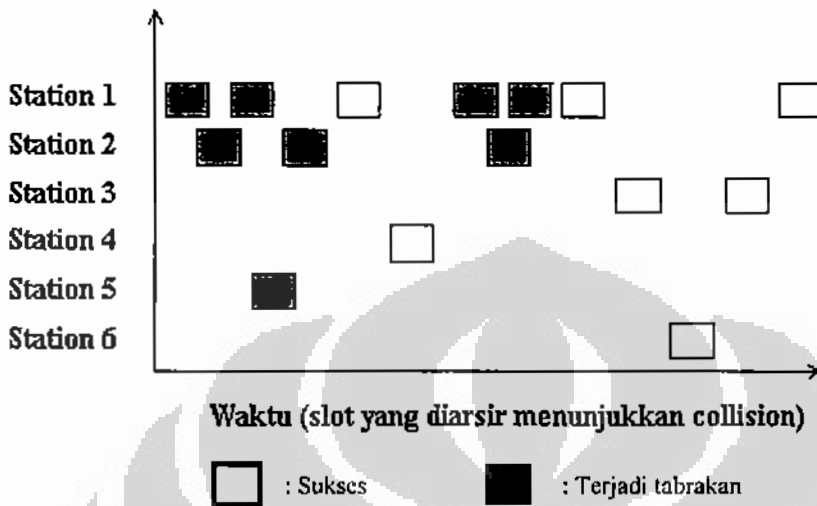


Gambar 2.6. Periode *vulnerable* dari ALOHA [44]-[45]

2.2.2. Pure ALOHA / Unslotted ALOHA (U-ALOHA)

Penggambaran metode akses U-ALOHA dapat dilihat pada Gambar 2.7. Pada sistem ALOHA pengguna melakukan transmisi setiap saat bila ada data yang akan dikirimkan. Bila terjadi tabrakan, maka *frame-frame* yang bertabrakan akan rusak. Maka pada metode U-ALOHA, BS akan mengirimkan ACK sebagai tanda bahwa paket diterima dengan sukses dan NACK bila paket diterima mengalami tabrakan. Ketika terjadi tabrakan, pengguna menunggu secara *random* sebelum mengirimkan ulang paketnya. Bila jumlah pengguna semakin banyak maka *delay* semakin besar. Untuk menghindari terjadinya *overlap* yang

berulang kali, maka setelah *delay* yang acak, paket-paket yang bertabrakan tersebut akan dikirimkan kembali sehingga dapat diterima [46].



Gambar 2.7. Metode Pure ALOHA (U-ALOHA) [45]

Untuk mengetahui sukses atau tidaknya pengiriman paket, sistem ini membandingkan paket yang ditransmisikan dengan paket yang diterima, atau dengan menghitung banyaknya ACK yang diterima. Probabilitas bahwa k frame dihasilkan sukses dikirim selama waktu $frame$ tertentu dapat dimodelkan dalam distribusi Poisson:

$$P_r[k] = \frac{G^k e^{-G}}{k!} \quad (2.30)$$

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 *vulnerable* adalah:

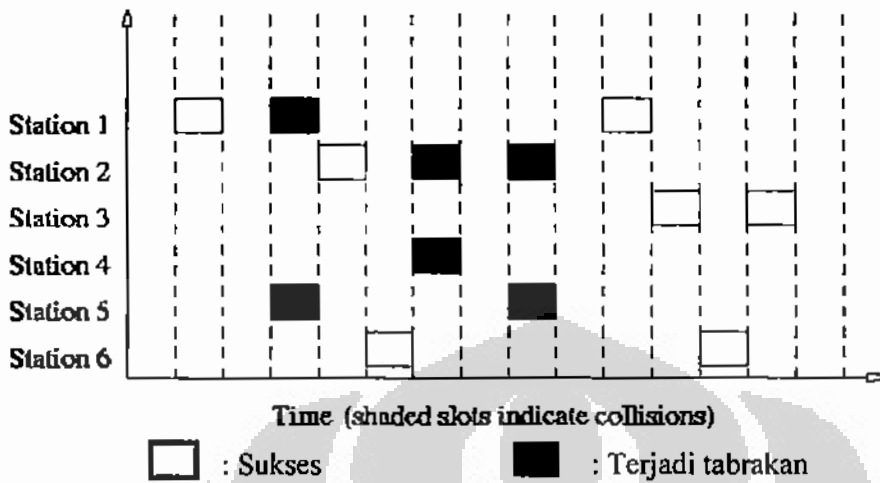
$$P_0(G) = e^{-2G} \quad (2.31)$$

Dengan memakai $S = GP_0$ maka didapat *throughput* untuk U-ALOHA:

$$S_{U-ALOHA}(G) = Ge^{-2G} \quad (2.32)$$

Throughput maksimum terjadi pada $G = 0.5$, dengan $S = 1/2e$, yaitu sekitar 0.184. Artinya penggunaan kanal terbaik yang dapat diharapkan adalah 18 %.

2.2.3. Slotted ALOHA (S-ALOHA)



Gambar 2.8. Metode Slotted ALOHA (S-ALOHA) [45]

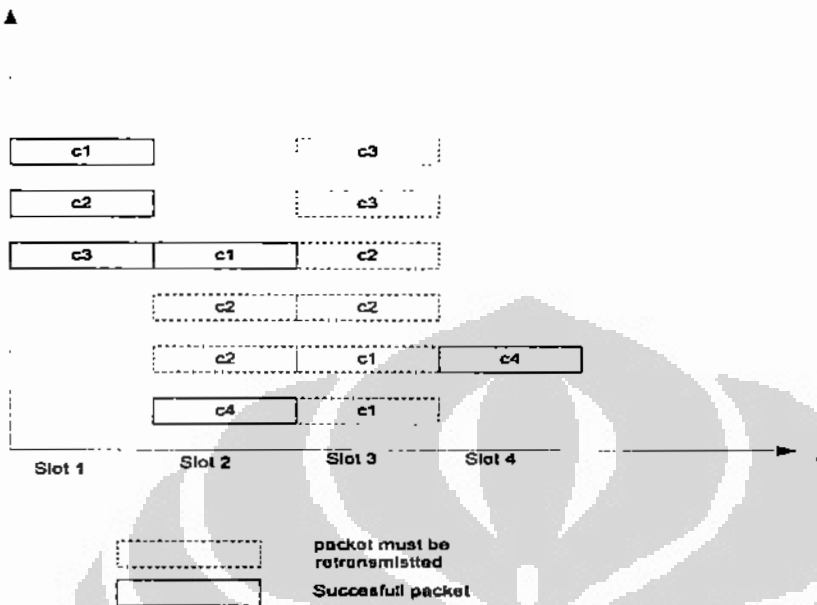
Untuk memperbaiki kinerja U-ALOHA, maka diperkenalkan metode S-ALOHA, metode akses S-ALOHA ditunjukkan pada Gambar 2.8. Pada metode ini, waktu dibagi menjadi interval-interval diskrit, yang masing-masing intervalnya berkaitan dengan sebuah *frame*. Pendekatan ini memerlukan persetujuan tentang batas-batas *slot* dan adanya sinkronisasi. Pengguna tidak dapat mengirimkan paket setiap saat. Namun, pengiriman paket hanya dapat dilakukan di awal *slot*, menunggu sampai awal *slot* berikutnya.

Karena periode *vulnerable* menjadi setengahnya, maka probabilitas tidak adanya lalu lintas lain selama *slot* yang sama seperti *frame* penguji sama dengan e^{-G} yang akan menyebabkan nilai *throughput*:

$$S_{S-ALOHA}(G) = Ge^{-G} \quad (2.33)$$

Throughput maksimum terjadi pada $G=1$, dengan $S=1/e$, yaitu sekitar 0,368 atau dua kali lebih besar dari *throughput* ALOHA murni.

2.2.4. CDMA S-ALOHA



Gambar 2.9. Diagram CDMA S-ALOHA

Gambar 2.9 adalah contoh diagram waktu dari kanal CDMA S-ALOHA. CDMA S-ALOHA menghasilkan kinerja sistem yang lebih baik dibandingkan dengan metode akses pembentuknya. Protokol atau aturan pengiriman sebuah paket pada teknik akses CDMA S-ALOHA sesederhana teknik akses S-ALOHA. Tidak terdapatnya koordinasi antara pengguna dalam mengirimkan paket-paket tersebut menyebabkan kemungkinan beberapa paket akan dikirimkan pada *slot* yang sama. Pada CDMA S-ALOHA, yang menyebabkan tabrakan, informasi yang dikirimkan dimodulasikan menggunakan CDMA, sehingga walaupun terjadi tabrakan paket, belum tentu mengakibatkan rusaknya informasi seperti pada S-ALOHA.

Pada metode akses CDMA S-ALOHA semua pengguna diberikan sekumpulan kode penyebaran yang merupakan versi pergeseran waktu dari sebuah kode PN. Pengguna secara acak memilih kode yang akan digunakan tiap kali melakukan pengiriman informasi. Tabrakan yang menyebabkan kerusakan paket hanya terjadi jika dan hanya jika paket-paket dikirim pada sebuah *slot* dan menggunakan kode penyebaran yang sama (diasumsikan tidak terjadi efek *capture*). Kerusakan paket juga dapat terjadi bila batas interferensi pada sebuah *slot* dilewati atau dengan kata lain jumlah paket yang dikirimkan secara

bersamaan pada sebuah *slot* melebihi batas maksimum yang diperbolehkan (tergantung dari jenis dan panjang kode). Paket yang mengalami kerusakan karena tabrakan atau terlewatnya batas interferensi harus dikirim ulang setelah waktu tunggu acak seperti pada metode akses S-ALOHA.

Paket-paket yang dikirim pada *slot* ke-1 dan ke-4 semua berhasil dikirimkan dengan sukses dari kanal CDMA S-ALOHA. Hal tersebut disebabkan paket-paket yang dikirimkan pada *slot* ke-1 menggunakan kode penyebaran yang berbeda dan jumlah paket yang dikirimkan pada *slot-slot* tersebut tidak melebihi batas maksimum. Pada *slot* ke-2 terdapat dua pengguna yang memiliki kode penyebaran yang sama, dengan demikian keduanya dianggap rusak dan harus melakukan pengiriman ulang. Pada *slot* ke-3 jumlah paket yang dikirimkan melebihi batas maksimum sehingga tidak satupun diterima *receiver* dengan sukses dan semua paket pada *slot* ke-3 harus dikirim ulang.

CDMA S-ALOHA merupakan pengembangan teknologi akses jamak tanpa kabel yang menyediakan kemampuan untuk jaringan digital dengan jumlah pengguna yang tidak terbatas. CDMA S-ALOHA menggabungkan kesederhanaan dan fleksibilitas operasional metode akses S-ALOHA konvensional, dengan *bandwidth* yang lebar dan *throughput* yang tinggi dari CDMA. Pada CDMA S-ALOHA kapasitas dibatasi oleh sejumlah data yang dikirimkan di dalam jaringan bukan jumlah pengguna yang ada didalam jaringan. Dalam Tabel 2.1 dapat dilihat perbandingan dari 3 metode akses. Berdasarkan Tabel 2.1 terlihat bahwa CDMA S-ALOHA mampu mengakomodasi jumlah pengguna yang besar.

Tabel 2.1 Perbandingan Metode Akses S-ALOHA, CDMA dan CDMA S-ALOHA

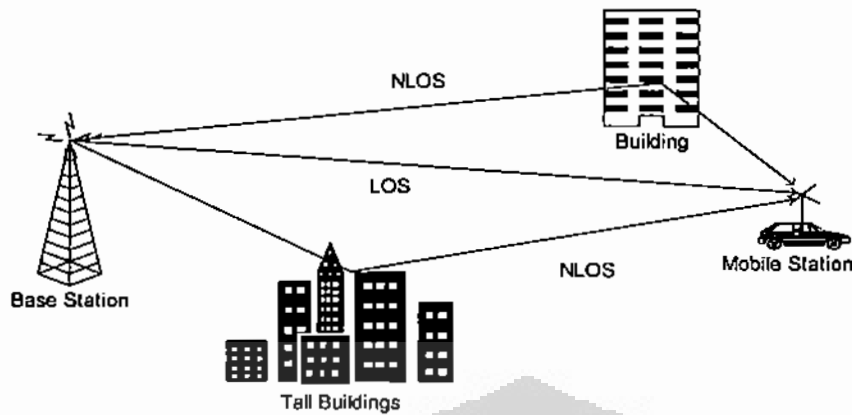
	S-ALOHA	CDMA	CDMA S-ALOHA
<i>Bandwidth</i>	Sempit	Lebar	Lebar
Jumlah Pelanggan	Tidak terbatas	Terbatas	Tidak terbatas
Kompleksitas	Rendah	Rendah	Rendah
Fleksibilitas	Tinggi	Tinggi	Tinggi

Perbedaan CDMA S-ALOHA dengan S-ALOHA adalah pada CDMA S-ALOHA keseluruhan data yang akan dikirimkan disebar menggunakan PN code, dimana PN yang sama dapat digunakan oleh beberapa pengguna lain. Sehingga bila jumlah pengguna banyak maka jumlah kode yang digunakan pada CDMA S-ALOHA lebih sedikit dibandingkan jumlah kode yang diperlukan pada CDMA. Hal ini mengakibatkan panjang PN *code* pada CDMA S-ALOHA dapat menjadi lebih kecil dan dengan sendirinya. Kebutuhan pita frekuensi per kanalnya menjadi lebih efisien.

2.3. *Fading*

Fading adalah masalah utama dalam komunikasi bergerak yang menyatakan perubahan yang cepat dari amplitudo sinyal yang diterima dalam periode waktu dan jarak tempuh yang singkat. *Fading* disebabkan oleh interferensi dua sinyal atau lebih yang datang di penerima pada waktu yang berbeda dengan beda waktu yang sempit. Sinyal-sinyal yang datang pada penerima biasa disebut dengan gelombang jalur jamak (*multipath*), kombinasi gelombang ini pada antena penerima akan menghasilkan sinyal dengan berbagai amplitudo dan fasa yang tergantung pada distribusi intensitas dan waktu propagasi dari gelombang dan *bandwidth* sinyal [40], [23], [47].

Di daerah perkotaan, *fading* yang terjadi disebabkan karena ketinggian antena penerima yang bergerak lebih rendah dari ketinggian struktur bangunan/objek keliling yang ada pada daerah tersebut. Struktur yang demikian mengakibatkan sinyal yang diterima oleh penerima bukan hanya *line-of-sight* (LOS) tetapi sinyal yang telah mengalami pantulan oleh permukaan tanah, gedung atau objek lainnya [40],[47]. Konsep terjadinya *fading* pada sistem komunikasi bergerak dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Signal *multipath* yang menyebabkan terjadinya *fading*

Pada Gambar 2.10 sinyal yang diterima oleh penerima merupakan penjumlahan dari sinyal LOS dan sinyal yang telah mengalami pantulan, non LOS [40]. Akibatnya sinyal yang diterima kemungkinan besar terjadi kesalahan. Efek yang terjadi pada sinyal adalah :

- a. Kuat sinyal yang diterima pada jarak dan interval waktu yang singkat berubah dengan cepat.
- b. Terjadinya modulasi frekuensi yang acak yang disebabkan oleh perbedaan sinyal berdasarkan efek doppler.
- c. Terjadinya *time dispersion (echo)* yang disebabkan oleh waktu tunda propagasi dari gelombang *multipath*.

Fading berpengaruh terhadap propagasi sinyal dalam kanal komunikasi. *Fading* juga sangat dipengaruhi oleh parameter sinyal seperti lebar pita dan juga parameter kanal seperti *delay spread* dan *Doppler spread*. *Delay spread* adalah penundaan daya yang diakibatkan adanya fenomena alami dari propagasi pantulan dan hamburan pada kanal radio sepanjang area secara langsung. Sedangkan *Doppler spread* adalah ukuran batas-batas spektral yang disebabkan oleh kecepatan perubahan waktu dari kanal radio [40].

2.3.1. Model Kanal *Fading*

Model suatu kanal yang dipengaruhi oleh *fading* dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan statistik. Model kanal fading yang biasa digunakan antara lain adalah Gaussian, Rayleigh, Nakagami, dan Rician.

2.3.1.1 Kanal *Fading* Gaussian

Kanal Gaussian sebenarnya adalah kanal yang ideal. Kanal ini hanya dipengaruhi AWGN. Terjadinya *noise* ini disebabkan adanya penambahan *noise termal* yang aditif yang dapat merusak kualitas sinyal.

Persamaan PDF untuk distribusi Gaussian diberikan oleh [48] :

$$f_{p_D}(p_D) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \exp\left(-\frac{(p_D-m)^2}{2\sigma^2}\right), \quad -\infty \leq p_D \leq \infty \quad (2.34)$$

dengan m adalah *mean power* yang diterima, p_D adalah nilai daya sesaat dari sinyal yang diterima, dan σ adalah standar deviasi variabel acak dari daya yang diterima.

2.3.1.2 Kanal *Fading* Rayleigh

Fading jenis Rayleigh ini terjadi bila sinyal yang diterima hanya berasal dari pantulan. Kanal *fading* Rayleigh ini digunakan untuk menggambarkan perhitungan sinyal yang diterima yang diakibatkan karena difraksi dan refleksi keadaan geografis dan atmosfer yang terletak di antara terminal pengirim dan penerima.

Fungsi *pdf* untuk distribusi *fading* Rayleigh diberikan oleh [48]:

$$f_{p_D}(p_D) = \frac{1}{\Omega_D} \exp\left(-\frac{p_D}{\Omega_D}\right), \quad -\infty \leq p_D \leq \infty \quad (2.35)$$

dengan p_D adalah *power* sesaat dari signal yang diterima, sedangkan Ω_D adalah daya rata-rata terhadap waktu dari sinyal yang diterima

2.3.1.3 Kanal *Fading* Rician

Kanal *fading* Rician digunakan bila terdapat *LOS* pada sinyal yang diterima. Hal ini berbeda dengan kanal *fading* Rayleigh yang hanya memperhitungkan hasil sinyal yang disebabkan karena refleksi dan difraksi akibat kondisi lingkungan.

Fungsi *pdf* untuk distribusi *fading* Rician adalah sebagai berikut [49]:

$$f_{p_D}(p_D) = \frac{K_D+1}{\Omega_D} \exp(-K_D - \frac{K_D+1}{\Omega_D} p_D) I_0(2\sqrt{\frac{K_D(K_D+1)}{\Omega_D}} p_D) \quad (2.36)$$

dengan K_D adalah rician *fading* parameter. *Fading* parameter didefinisikan sebagai perbandingan antara *power* yang ditransmisikan secara *LOS* dengan *power* yang dipancarkan melalui refleksi maupun difraksi, dan $I_0(\cdot)$ adalah modifikasi Bessel orde ke-0. Pada persamaan (2.36) jika nilai $K_D = 0$ maka akan menjadi distribusi Rayleigh dan bila $K_D = \infty$ akan menjadi distribusi Gaussian.

2.3.1.4 Kanal *Fading* Nakagami

Kanal *fading* Nakagami adalah kanal *fading* yang lebih baik dibandingkan dengan kanal *fading* Gaussian, Rayleigh dan Rician. Kanal *fading* Nakagami dengan perhitungan distribusi Nakagami memiliki beberapa keunggulan. Pertama, distribusi Nakagami dapat berlaku sebagai distribusi Rayleigh dan Rician dalam kasus khusus. Kedua, distribusi Nakagami dapat memperkirakan distribusi Rician dan Log normal dengan baik. Ketiga, distribusi Nakagami dapat memodelkan kondisi *fading* yang lebih kecil atau lebih besar dari distribusi Rayleigh. Distribusi Nakagami memiliki fleksibilitas dan akurasi yang lebih tinggi dalam mencocokkan beberapa data percobaan daripada distribusi Rayleigh, Log normal dan Rician [50].

Fungsi *pdf* untuk distribusi *fading* Nakagami diberikan oleh :

$$f_{p_D}(p_D) = \left(\frac{m_D}{\Omega_D}\right)^{m_D} \frac{p_D^{m_D-1}}{\Gamma(m_D)} \exp\left(-\frac{m_D}{\Omega_D} p_D\right) \quad (2.37)$$

Jika $m_D = 1/2$ maka akan memodelkan kanal *fading* Gaussian, jika $m_D = 1$ maka akan memiliki karakteristik *fading* Rayleigh. Sedangkan untuk m_D yang sangat besar maka kanal menjadi non-*fading* [23].

$$f_{p_D}(p_D) = \frac{2}{\Gamma(m_D)} \cdot \left(\frac{m_D}{\Omega_D}\right)^m p_D^{2m-1} \exp\left(-\frac{m_D}{\Omega_D} p_D^2\right) \quad (2.38)$$

dengan $\Gamma(m_D)$ adalah fungsi gamma didefinisikan sebagai $\Gamma(m_D) = (m_D - 1)!$ dengan besar m_D adalah :

$$m_D = \frac{\Omega_D^2}{E[(r^2 - \Omega_D)^2]} \quad , m_D \geq \frac{1}{2} \quad (2.39)$$

Dan,

$$\Omega_D = E[r^2] = \frac{\Gamma(m_D + 1)}{\Gamma(m_D)} \left(\frac{\Omega_D}{m_D}\right) \quad (2.40)$$

dengan m_D adalah Nakagami *fading parameter*, dimana $E[r^2] = \Omega_D$.

2.4. BER CDMA Pada Kanal Ber-*fading*

BER(K) CDMA pada kanal *multipath fading* diberikan oleh [24] :

$$BER(K) = Q\left(\sqrt{2(SNR(K))}\right) \quad (2.41)$$

K adalah jumlah pengguna, dengan $SNR(K)$ dinyatakan sebagai [24]:

$$SNR(K) = \frac{P_{sig}}{P_{noise} + \sigma_{int2}^2(K) + \sigma_{int3}^2(K)} \quad (2.42)$$

dengan $P_{sig} = PT_b^2 \beta^2 / 2$ dan σ_{int2}^2 adalah daya komponen *scattered*, yang diberikan oleh [24] :

$$\sigma_{int2}^2(K) = \frac{(K-1)PT_b^2}{6N} (c^2 + 2\sigma_i^2) \quad (2.43)$$

dan σ_{int3}^2 diberikan oleh [24]:

$$\sigma_{int3}^2(K) = \frac{K(L_p - 1)PT_b^2}{3N} (\sigma_i^2) \quad (2.44)$$

dengan PT_b adalah energi per *bit* dengan daya *noise* diberikan oleh [24]:

$$P_{noise} = N_0 T_b / 4 \quad (2.45)$$

dimana L_p adalah jumlah *path* yang berbeda, Pada $L_p=1$ adalah Rician *fading channels*, $E_b = PT_b$ adalah energi per *bit*, c adalah konstanta yang menghadirkan komponen *nonfaded*. Dengan memasukkan persamaan (2.43), (2.44) dan (2.45) kedalam persamaan (2.42), maka SNR dinyatakan sebagai [24]:

$$SNR(K) = \frac{\beta^2}{\frac{N_0}{2E_b} + \frac{(K-1)}{3N} (c^2 + 2\sigma_1^2) + \frac{K(L_p-1)}{3N} (2\sigma_1^2)} \quad (2.46)$$

dengan β adalah *path gain*. $c=2$ adalah konstanta yang menghadirkan komponen *nonfaded*, σ_1^2 adalah daya komponen *scattered*.

2.4.1. BER CDMA Pada Kanal Berfading Untuk Integrasi Pengguna Suara Dan Data

$BER(k_d, k_v)$ CDMA untuk integrasi pengguna suara dan data pada kanal *multipath fading* diberikan oleh :

$$BER(k_d, k_v) = Q\left(\sqrt{2(SNR(k_d, k_v))}\right) \quad (2.47)$$

dengan SNR dinyatakan sebagai :

$$SNR(k_d, k_v) = \frac{P_{sig}}{P_{noise} + \sigma_{int2}^2(k_d, k_v) + \sigma_{int3}^2(k_d, k_v)} \quad (2.48)$$

Pada persamaan (2.48) yang diberikan oleh :

$$\sigma_{int2}^2(k_d, k_v) = \left(\frac{k_d + \rho k_v}{6N}\right) (PT_b^2) (c^2 + 2\sigma_1^2) \quad (2.49)$$

dan σ_{int3}^2 diberikan oleh:

$$\sigma_{int3}^2(k_d, k_v) = \left(\frac{k_d + \rho k_v}{3N}\right) (L_p - 1) (PT_b^2) (\sigma_1^2) \quad (2.50)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (2.49), (2.50) dan (2.51) ke dalam persamaan (2.48), maka $SNR(k_d, k_v)$ dinyatakan sebagai:

$$SNR(k_d, k_v) = \frac{\beta^2}{\frac{N_0}{2E_b} + \left(\frac{k_d + \rho k_v}{3N}\right)(c^2 + 2\sigma_1^2) + \left(\frac{k_d + \rho k_v}{3N}\right)(L_p - 1)(2\sigma_1^2)} \quad (2.51)$$

2.5. Capture Effect

Pada sistem komunikasi bergerak terdapat variasi daya sinyal yang berbeda antara satu pengguna dengan pengguna yang lainnya yang disebabkan adanya pergerakan MS, efek *fading*, serta variasi jarak antara penerima dengan pengirim. Untuk memungkinkan suatu paket dapat diterima dengan baik pada saat terdapat paket-paket yang lain pada *slot* yang sama, maka digunakan teknik *capture*. Pada metode CDMA S-ALOHA terdapat tiga model *capture probability* yaitu [25]-[26]:

2.5.1. Power Capture

Power capture muncul manakala *power* yang diterima dari suatu paket oleh penerima melebihi *power* yang diterima dari paket yang lainnya, maka paket dengan *power* tertinggi akan diterima oleh penerima. Probabilitas *power capture* dapat dinyatakan sebagai:

$$P'_{cap}(k) = k \left(\frac{1}{\gamma + 1} \right)^{n-1} \quad (2.52)$$

Dengan k adalah simultan $user$ γ adalah *power capture ratio*.

2.5.2. Delay Capture

Capture probability dari *delay capture effect* diberikan oleh [25]-[26]:

$$C_k = \begin{cases} 0 \Rightarrow & k = 0 \\ 1 \Rightarrow & k = 1 \\ (1-Q)^k \Rightarrow & k \geq 2 \end{cases} \quad (2.53)$$

Dengan Q adalah rasio *delay capture* yang merupakan perbandingan antara waktu *capture* dengan perbedaan waktu kedatangan paket maksimum. Jika *capture effect* sempurna, maka $Q = 0$, dan jika tanpa *capture effect*, maka $Q = 1$.

Penerapan metode sinyal yang memiliki daya terbesar yang hanya diterima disisi penerima akan mengakibatkan nilai probabilitas kerusakan paket menurun, inilah alasan digunakannya *capture effect* pada sistem CDMA S-ALOHA [25]-[26]. Dengan *capture effect* penerima dapat meng-*capture* paket dari sinyal utama yang ditransmisikan oleh pengirim pada kanal ber-*fading* jika nilai daya dari sinyal utama paket melebihi nilai total daya dari sinyal interferensi paket pada waktu tertentu. Dengan menerapkan *capture effect* diharapkan *throughput* CDMA ALOHA meningkat bila dibandingkan dengan sistem tanpa adanya *capture effect*.

2.5.3. Hybrid Delay-Power Capture

Capture model ini adalah gabungan dari *capture* model *delay* dengan *capture* model *power*. *Capture probability* dari model *hybrid delay-power* adalah sebagai:

$$P_{cap} = k \sum_{n=0}^{k-1} \binom{k-1}{n} \frac{Q^k (1-Q)^{k-n}}{k-n} \times \left(\frac{\ln(1+\gamma)}{\gamma} \right), \text{ untuk } k \geq 1 \quad (2.54)$$

dengan k adalah simultan user γ adalah *power capture ratio*, dan Q adalah rasio *delay capture*.

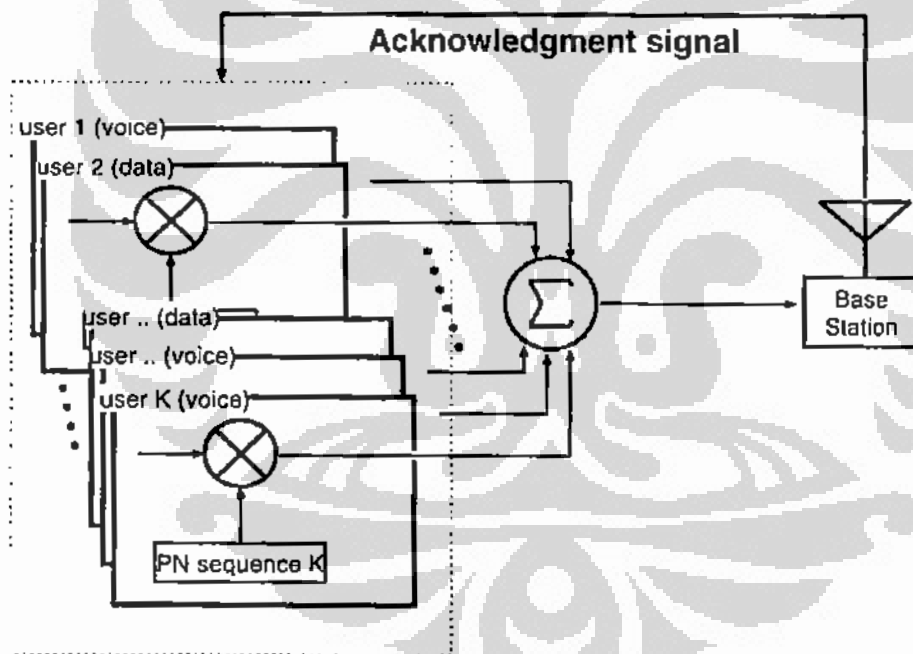
BAB III

CDMA S-ALOHA PADA KANAL FADING

DENGAN CAPTURE EFFECT

3.1. Sistem CDMA S-ALOHA Untuk Integrasi Pengguna Suara Dan Data

Gambar 3.1 menunjukkan model sistem yang dianalisa untuk sebanyak k_v pengguna suara dan k_d pengguna data yang diasumsikan independen dalam penggunaan PN *code*. Ada dua model trafik yang dibangkitkan yaitu model trafik suara dan trafik *data*.



Gambar 3.1. Model sistem CDMA untuk suara dan data [9]

a. Trafik Suara

Trafik suara diasumsikan mengikuti proses Poisson, dengan laju kedatangan panggilan suara λ_v , *bit rate* R_v [bit/sec] dan *processing gain* N_v [chip per bit]. Karena pengguna suara membutuhkan transmisi *real time*, maka *mode reservation* perlu diaplikasikan untuk suara. Reservasi paket hanya berisi identitas pengguna dengan ukuran lebih pendek dari *signal* informasi sehingga ketika tabrakan terjadi dalam reservasi paket pengguna harus mencoba lagi.

Jika jumlah transmisi simultan dari suara masih dibawah ketentuan *threshold*, α , *reservation demand* bisa diterima dan pengguna memulai panggilan. *Threshold* α didefinisikan sebagai jumlah maksimum transmisi pengguna suara yang simultan yang sesuai dengan QoS suara ketika tidak ada data yang ditransmisikan. Besarnya BER untuk transmisi sinyal suara diasumsikan lebih kurang 10^{-3} [51]-[54].

Paket suara memiliki ukuran panjang L_v [bits] dan durasi rata-rata suara, T_v dinyatakan oleh $\bar{T}_v = \bar{L}_v / R_v$.

b. Trafik Data

Kedatangan paket data dari CDMA S-ALOHA diasumsikan adalah proses Poisson dengan laju kedatangan, λ_d , *bit rate* R_d [bits/sec] dan *processing gain* N_d [chips/bit]. Pengguna data mentransmisikan paketnya ke *base station* tanpa reservasi. Pengguna akan menerima sinyal ACK dari *base station* untuk konfirmasi paketnya telah diterima dengan sukses atau sinyal N-ACK bila *signal* tidak sukses diterima dan harus ditransmisikan kembali.

Paket data memiliki ukuran panjang L_d [bits] dan durasi rata-rata data $T_d = L_d / R_d$. *Offered load* data, G_d , didefinisikan sebagai jumlah rata-rata paket data yang dibangkitkan dalam durasi satu paket yang dinyatakan sebagai

$G_d = \lambda_d T_d$. Dengan menggunakan proses *Poisson*, media data dapat diresponi dengan proses $M/D/\infty$ [41].

3.1.1. Transmisi Pada CDMA S-ALOHA

Dalam sistem CDMA S-ALOHA, *time access* dibagi dalam *slot* dengan masing-masing durasi T_p [sec]. Pengguna suara dan data ditransmisikan pada awal *slot*. Diasumsikan bahwa masing-masing durasi *slot* adalah satu paket, $T_p = T_d$. Untuk transmisi suara, diasumsikan bahwa sinyal suara dibagi dalam paket, masing-masing paket mempunyai panjang yang sama dengan panjang paket data, L_d [bits], dan durasi *slot*, T_p [sec]. *Offered load* suara, G_v , didefinisikan sebagai jumlah rata-rata panggilan suara dalam satu durasi *slot*, dimana $G_v = \lambda_v T_p$.

Jumlah transmisi simultan suara dibatas pada nilai *threshold* α dan dengan model antrian adalah proses $M/M/\alpha/\alpha$ [41].

3.1.2. KINERJA CDMA S-ALOHA

3.1.2.1. *Throughput* Untuk Data

Dengan jumlah transmisi simultan pengguna data, k_d , besarnya probabilitas data sukses diberikan oleh [9]:

$$P_d(k_d, T_p) = \frac{(\lambda_d T_p)^{k_d}}{k_d!} \exp(-\lambda_d T_p) \quad (3.1)$$

! adalah fungsi matematika faktorial, bila $\lambda_d T_p = G_d$ maka persamaan (3.1) dapat ditulis sebagai [9]:

$$P_d(k_d, G_d) = \frac{(G_d)^{k_d}}{k_d!} \exp(-G_d) \quad (3.2)$$

Diasumsikan jumlah panggilan suara yang *berhasil* dalam durasi satu *slot* dengan memperhitungkan *voice activity detection* (VAD) adalah k_v , maka besarnya probabilitas *steady state* dari sistem antrian $M/M/\alpha/\alpha$ distribusi Erlang diberikan oleh [41]:

$$P_v(k_v, T_p) = \frac{(\rho \lambda_v T_p)^{k_v} / k_v!}{\sum_{m=0}^{\alpha} (\rho \lambda_v T_p)^m / m!} \quad (3.3)$$

bila $\lambda_v T_p = G_v$ maka persamaan (3.3) diberikan oleh [9]:

$$P_v(k_v, G_v) = \frac{(\rho G_v)^{k_v} / k_v!}{\sum_{m=0}^{\alpha} (\rho G_v)^m / m!} \quad (3.4)$$

Throughput data didefinisikan sebagai jumlah paket pengguna yang sukses dari seluruh pengguna data dalam satu durasi *slot* T_p . *Throughput* data diberikan oleh [9]:

$$S_d^s(G_d, k_v) = \sum_{k_d=1}^{\infty} k_d \cdot P_d(k_d, G_d) \cdot Q_d^s(k_d, k_v) \quad (3.5)$$

dimana $Q_d^s(k_d, k_v)$ adalah probabilitas paket sukses transmisi data ketika terdapat pengguna suara data yang diberikan oleh [52]:

$$Q_d^s(k_d, k_v) = (1 - BER(k_d, k_v))^{L_b} \quad (3.6)$$

dengan L_b adalah panjang paket

Besarnya rata-rata *throughput* data pada CDMA S-ALOHA melalui pendekatan IGA dengan *capture effect* mempertimbangkan adanya transmisi suara dari sebanyak k_v pengguna suara diberikan oleh :

$$S_d^s(G_d, G_v) = \sum_{k_v=0}^{\alpha} \left[\left(\sum_{k_d=1}^{\infty} k_d \cdot P_d(k_d, G_d) \cdot Q_d^s(k_d, k_v) \right) \right] P_v(k_v, G_v) \cdot C_k \quad (3.7)$$

dengan α adalah jumlah maksimum transmisi pengguna suara yang simultan.

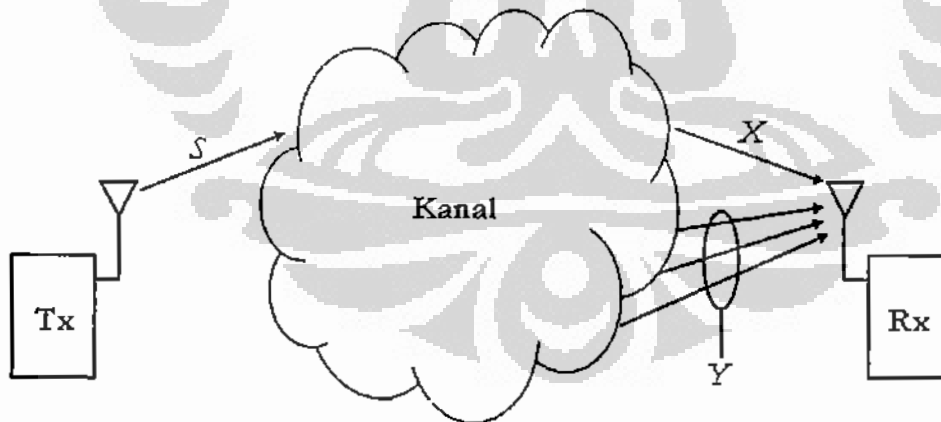
3.1.3. Throughput CDMA S-ALOHA Pada Kanal *Multipath Fading* Dengan *Capture Effect*

Throughput CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect* dari persamaan (2.58), (2.59), (3.2), (3.4) diberikan oleh :

$$S_d^s(G_d, G_v) = \sum_{k_v=0}^{\alpha} \left[\left(\sum_{k_d=1}^{\infty} k_d \cdot P_d(k_d, G_d) \cdot \left(1 - Q\left(\sqrt{SNR(k_d, k_v)}\right) \right)^{L_d} \right) \right] P_v(k_v, G_v) \cdot C_k \quad (3.8)$$

3.2. CDMA S-ALOHA Pada Kanal Nakagami/Nakagami Dengan *Capture Effect*

Model sistem kanal *fading* yang digunakan terlihat pada Gambar 3.2. Sinyal dari *transmitter* (Tx), *S*, merambat melalui kanal transmisi menuju *receiver* (Rx). Pada receiver, Rx, sinyal yang diterima dapat terdiri atas sinyal utama, *X*, dan $(L - 1)$ sinyal *multipath* acak, *Y*, yang merupakan sinyal interferensi. Sinyal gabungan *X* dan *Y* yang diterima Rx diasumsikan memiliki model yang sama. Pada *micro diversity*, model *path gain* untuk sinyal *X* dan *Y* dapat berbeda.



Gambar 3.2. Model sistem kanal *fading*

3.2.1. BER CDMA Pada Kanal *Fading* Nakagami/Nakagami

Perhitungan BER CDMA dapat dilakukan dengan menggunakan SIR dan PDF. Perhitungan BER dilakukan untuk model kanal *fading* Nakagami/Nakagami, yang berarti bahwa sinyal yang diinginkan dan sinyal interferensi dimodelkan dengan model Nakagami. Sedangkan *path gain* yang digunakan untuk sinyal yang diinginkan diasumsikan mempunyai nilai yang berbeda dengan *path gain* untuk sinyal interferensi.

3.2.2. Signal to Interference Noise Ratio (SINR)

Pada persamaan (2.11) dapat disederhanakan menjadi [18] :

$$\xi_j = \beta_{j1} \frac{AT}{2} b_0^1 + \frac{A}{2} \sum_{l=1, l \neq j}^L \beta_{l1} \cos(\Phi_{l1} - \Phi_{j1}) W_{l1} + \frac{A}{2} \sum_{k=2}^K \sum_{l=1}^L \beta_{lk} \cos(\Phi_{lk} - \Phi_{jk}) W_{lk} + v \quad (3.9)$$

dengan $W_{lk} = [b_{-1}^k R_{k1}(t_{lk}) + b_0^k \hat{R}_{k1}(t_{lk})]$. Suku pertama adalah sinyal yang diinginkan yang mempunyai daya rata-rata sebesar [27],[18]

$$P_{signal} = \left(\frac{AT}{2} \right)^2 \beta_{j1}^2 \quad (3.10)$$

untuk β_{j1}^2 tetap. Sedangkan suku kedua, ketiga, dan keempat, masing-masing diberikan oleh *self interference*, MAI, dan *noise*, dengan daya masing-masing diberikan oleh [18]

$$P_{int2} = \frac{A^2}{4} \sum_{l=1, l \neq j}^L E[(\beta_{l1} \cos(\Phi_{l1} - \Phi_{j1}))^2] E[W_{l1}^2] \quad (3.11)$$

$$P_{int3} = \frac{A^2}{4} \sum_{k=2}^K \sum_{l=1, l \neq j}^L E[(\beta_{lk} \cos(\Phi_{lk} - \Phi_{j1}))^2] E[W_{lk}^2] \quad (3.12)$$

dan

$$P_{noise} = \frac{N_0 T}{4} \quad (3.13)$$

dengan $E[W_k^2] = 2T^2/3N$ untuk sistem yang menggunakan *Gold code* [18]. SIR didefinisikan sebagai perbandingan daya sinyal utama terhadap total sinyal interferensi dan sinyal *noise* yang dinyatakan sebagai [18]

$$SINR = \frac{1}{2} \frac{P_{\text{signal}}}{(P_{\text{int2}} + P_{\text{int3}} + P_{\text{noise}})} \quad (3.14)$$

SINR diberikan oleh [18]:

$$SINR = \frac{\alpha E_b / N_0}{1 + \left[(L-1) \frac{E_b}{N_0} E[\beta_{l1}^2] \frac{2}{3N} \right] + \left[L(K-1) \frac{E_b}{N_0} E[\beta_{lk}^2] \frac{2}{3N} \right]} \quad (3.15)$$

dengan α_m diberikan oleh (3.9). Jika $E[\beta_{l1}^2] = \Omega_x$, dan $E[\beta_{lk}^2] = \Omega_y$, dengan Ω_x adalah daya komponen sinyal *self interference* dan Ω_y adalah daya komponen sinyal MAI, αH adalah SINR, maka (3.15) dapat ditulis sebagai

$$SINR = \frac{\alpha E_b / N_0}{1 + \frac{E_b}{N_0} \frac{2}{3N} ((L-1)\Omega_x) + (L(K-1)\Omega_y)} = \alpha H \quad (3.16)$$

3.2.3. Probability Density Function Sinyal Pada Kanal *Fading* Nakagami

Jika X adalah RV yang menyatakan daya sinyal yang dipancarkan dan mengalami *fading* yang terdistribusi Nakagami, maka X akan mempunyai pdf sebagai berikut [61]:

$$p_x(x) = \left(\frac{m_x}{\Omega_x} \right)^{m_x} \frac{x^{m_x-1}}{\Gamma(m_x)} \exp\left(-\frac{m_x x}{\Omega_x}\right) \quad (3.17)$$

dengan x adalah daya sesaat dari sinyal yang mengalami *fading*, m_x adalah parameter *fading* Nakagami.

Jika Y adalah RV yang menyatakan daya dari L sinyal yang mengalami *fading* yang terdistribusi Nakagami, maka Y akan mempunyai pdf sebagai [61]:

$$p_Y(y) = \left(\frac{m_y}{\Omega_y}\right)^{m_y L} \frac{y^{m_y L - 1}}{\Gamma(m_y L)} \exp\left(-\frac{m_y y}{\Omega_y}\right) \quad (3.18)$$

dengan y adalah daya sesaat dari sinyal yang mengalami *fading*, m_y adalah parameter *fading* Nakagami. Untuk menghitung BER dengan dua model *path gain*, maka didefinisikan RV baru, yaitu $A = X + Y$, dengan X dan Y masing-masing mempunyai pdf yang diberikan oleh (3.17), (3.18). Pdf dari A dapat dihitung dengan (pada lampiran A):

$$p_A(\alpha) = \int_0^\alpha p_X(x) p_Y(y) dy = \int_0^\alpha p_X(\alpha - y) p_Y(y) dy \quad (3.19)$$

Perhitungan pdf gabungan dari sinyal X dan sinyal Y dapat diperoleh dengan mensubstitusi (3.17) dan (3.18) ke (3.19) sebagai [32]:

$$\begin{aligned} p_A(\alpha) &= \int_0^\alpha \left(\frac{m_x}{\Omega_x}\right)^{m_x} \frac{(\alpha - y)^{m_x - 1}}{\Gamma(m_x)} \exp\left(-\frac{m_x(\alpha - y)}{\Omega_x}\right) \times \left(\frac{m_y}{\Omega_y}\right)^{m_y L} \frac{y^{m_y L - 1}}{\Gamma(m_y L)} \exp\left(-\frac{m_y y}{\Omega_y}\right) d\alpha \\ &= \frac{\left(\frac{m_x}{\Omega_x}\right)^{m_x} \left(\frac{m_y}{\Omega_y}\right)^{m_y L}}{\Gamma(m_x + m_y L)} \exp\left(-\frac{m_x \alpha}{\Omega_x}\right) \alpha^{m_x + m_y L - 1} \times {}_1F_1\left[m_y L, m_x + m_y L, \alpha \left(\frac{m_x}{\Omega_x} - \frac{m_y}{\Omega_y}\right)\right] \end{aligned} \quad (3.20)$$

3.2.4. Bit Error Rate

Keadaan bersyarat BER CDMA pada sistem dengan modulasi BPSK nonkoheren diberikan oleh [61],[62]:

$$BER(\alpha) = \frac{1}{2} \exp(-\alpha H) \quad (3.21)$$

dengan αH adalah SINR yang diberikan oleh (3.16). BER dari sistem CDMA dapat dihitung dengan persamaan [61], [62]:

$$BER = \int_0^\infty BER(\alpha) p_A(\alpha) d\alpha \quad (3.22)$$

dengan $p_A(\alpha)$ adalah pdf dari A yang diberikan oleh (3.20).

BER CDMA dengan dua model *path gain* kanal *fading* Nakagami/Nakagami diperoleh dengan mensubstitusi (3.20) dan (3.21) ke (3.22) sebagai berikut:

$$BER = \int_0^\infty \left\{ f(\alpha) \right\} \times {}_1F_1 \left[m_y L, m_x + m_y L, \alpha \left(\left(\frac{m_x}{\Omega_x} \right) - \left(\frac{m_y}{\Omega_y} \right) \right) \right] d\alpha \quad (3.23)$$

$$\text{dengan } f(\alpha) = \frac{1}{2} \exp(-\alpha H) \frac{\left(\frac{m_x}{\Omega_x} \right)^{n_x} \left(\frac{m_y}{\Omega_y} \right)^{m_y L}}{\Gamma(m_x + m_y L)} \times \exp\left(-\frac{m_x \alpha}{\Omega_x}\right) \alpha^{n_x + m_y L - 1}$$

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh [32]:

$$BER = \frac{1}{2} \left(\frac{m_x}{\Omega_x} \right)^{m_x} \left(\frac{m_y}{\Omega_y} \right)^{m_y L} \left(H + \frac{m_x}{\Omega_x} \right)^{-m_x - m_y L} \left(1 - \frac{\left(\frac{m_x}{\Omega_x} \right) - \left(\frac{m_y}{\Omega_y} \right)}{\left(H + \frac{m_x}{\Omega_x} \right)} \right)^{-m_y L} \quad (3.24)$$

Jika $q = \Omega_x / \Omega_y$, maka [32]:

$$BER = \frac{1}{2} \left(\frac{m_x}{q} \right)^{m_x} m_y^{m_y L} \left(H + \frac{m_x}{q} \right)^{-m_x - m_y L} \left(1 - \frac{\left(\frac{m_x}{q} \right) - m_y}{\left(H + \frac{m_x}{q} \right)} \right)^{-m_y L} \quad (3.25)$$

K adalah jumlah pengguna aktif secara simultan. Distribusi Nakagami dapat digunakan sebagai distribusi Rayleigh bila $m = 1$.

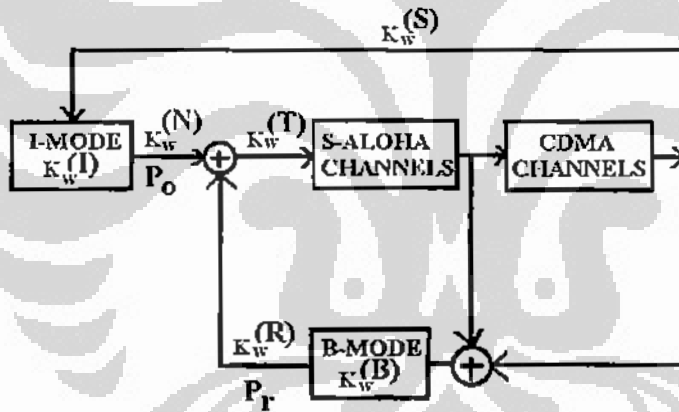
3.2.5. Throughput CDMA S-ALOHA Pada Kanal Fading Nakagami/Nakagami Dengan Capture Effect

Throughput CDMA S-ALOHA untuk integrasi pengguna suara dan data pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami dengan menggunakan *delay capture effect* dari persamaan (2.53), (3.8) dan (3.25) diberikan oleh :

$$S_d^s(G_d, G_v) = \sum_{k_v=0}^{\alpha} \left[\left(\sum_{k_d=1}^{\infty} k_d \cdot P_d(k_d, G_d) \cdot (1 - BER)^{k_d} \right) \right] P_v(k_v, G_v) \cdot C_k \quad (3.26)$$

3.3. Model Sistem CDMA S-ALOHA

Gambar 3.3 menunjukkan model lain sistem CDMA S-ALOHA [33], dengan pengguna yang menggunakan dua model operasi yang berbeda yaitu "idle mode" (*I mode*) dan "backlogged mode" (*B mode*). Pada *I mode*, tidak ada paket yang diretransmisikan, dan paket baru dibangkitkan dengan probabilitas P_0 . Pada *B mode* digunakan untuk mentransmisikan paket baru yang gagal. Pada *mode* ini, retransmisi dari *backlogged packet* terjadi didalam *slot* yang diberikan dengan probabilitas P_r . Ketika *backlogged mode*, pengguna tidak membangkitkan paket baru.



Gambar 3.3. Model sistem CDMA S-ALOHA [33]

Pada Gambar 3.3 terdapat hubungan antara jumlah pengguna pada setiap keadaan yang dapat dinyatakan secara matematis sebagai berikut [33]-[36], [63]-[65]:

$$K = K_w^{(I)} + K_w^{(B)} \quad (3.27)$$

$$K_w^{(T)} = K_w^{(N)} + K_w^{(R)} \quad (3.28)$$

$$K_{w+1}^{(B)} - K_w^{(B)} = K_w^{(N)} - K_w^{(S)} \quad (3.29)$$

dengan $K_{w+1}^{(B)} = K_w^{(T)} - K_w^{(S)}$ dan $K_{w+1}^{(B)} = K_w^{(N)} + K_w^{(R)} - K_w^{(S)}$.

dimana :

K	Jumlah pengguna pada sistem
w	Jumlah kode yang diterima pada <i>base station</i>
$K_w^{(I)}$	Jumlah pengguna pada I mode pada awal waktu slot w
$K_w^{(B)}$	Jumlah pengguna pada B mode pada awal waktu slot w
$K_w^{(T)}$	Jumlah total pengguna yang mengirim paket pada waktu slot w
$K_w^{(R)}$	Jumlah pengguna pada B mode yang mengirimkan paket pada waktu slot w
$K_w^{(N)}$	Jumlah pengguna pada B mode yang mengirimkan paket pada waktu slot w
$K_w^{(A)}$	Jumlah paket yang berada pada <i>base station</i> pada waktu slot w
$K_w^{(S)}$	Jumlah paket yang sukses diterima secara benar pada waktu slot w
P_0	Probabilitas pengguna pada I mode yang mengirimkan paket pada waktu slot w
P_R	Probabilitas pengguna pada B mode yang mengirimkan paket pada waktu slot w

Terlihat dari Gambar 3.3 bahwa *state* sistem bergantung pada *state* sebelumnya. *State* sistem didefinisikan sebagai jumlah dari pengguna pada kondisi *backlogged* yang dimulai pada waktu slot s . Untuk jumlah pengguna yang terbatas perhitungan dengan menggunakan *Markov chain*. Metode ini dapat menggambarkan evolusi suatu sistem yang bergantung pada keadaan sebelumnya.

Untuk menghitung peralihan dari suatu *state* ke *state* yang lain ditentukan dengan perbedaan antara jumlah pengiriman paket yang baru yang gagal dengan suksesnya pengiriman ulang paket. Sedangkan suksesnya pengiriman paket yang baru dan gagalnya pengiriman ulang paket tidak berpengaruh terhadap *state* sistem. Oleh karena *state spaceny* terbatas, maka kondisi *equilibrium* atau

stationer terdapat pada setiap *state*. Kondisi *equilibrium* didefinisikan sebagai kondisi pada saat tidak terdapat pengguna di *backlogged mode*. $K_w^{(B)}, w = 0, 1, \dots$ menyatakan jumlah *backlogged* pengguna pada permulaan *slot k-th*. $\{K_w^{(B)}\}$ adalah *finite state discrete-time* Markov Chain melalui *state space* $K_w^{(B)} \in \{0, 1, \dots, K\}$ [63], [64].

Karakteristik keadaan setiap *state* diperoleh dari matriks transisi yang merupakan transmisi dari suatu *state* ke *state* lainnya, dan matriksnya dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P = [P_{ij}]_{(K+1) \times (K+1)} \quad (3.30)$$

dengan K adalah jumlah pengguna yang teregistrasi, dan P_{ij} adalah probabilitas transisi dari *state i* ke *state j* yang diberikan oleh [65] :

$$P_{ij} = P\{K_{w+1}^{(B)} = j | K_w^{(B)} = i\} \quad (3.31)$$

Untuk mengevaluasi P_{ij} dilakukan dengan cara menghitung persamaan (3.42) dengan memisalkan :

$$\left. \begin{array}{l} K_w^{(S)} = h \\ K_w^{(B)} = i \\ K_{w+1}^{(B)} = j \end{array} \right\} K_w^{(N)} = j - i + h \quad (3.32)$$

h adalah pengguna paket sukses, i adalah pengguna dalam *B mode* pada awal *time slot (w)*, j adalah pengguna dalam *B mode* pada awal *time slot (w+1)*, dengan melihat hasil ini, maka dapat ditemukan bahwa pada teori Markov Chain terdapat suatu hubungan yang diberikan oleh (pada lampiran B) :

$$\sum_{k=0}^K \sum_{h=0}^{\min(w,k)} P_r(K_w^{(S)} = h, K_w^{(T)} = k | K_w^{(B)} = i) = 1 \quad (3.33)$$

Untuk $0 \leq i, j \leq K$, maka persamaan (3.33) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P_{ij} = \sum_{k=0}^K \sum_{h=0}^{\min(w,k)} P_r(K_{w+1}^{(B)} = j, K_w^{(S)} = h, K_w^{(T)} = k | K_w^{(B)} = i) \quad (3.34)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (3.32) ke dalam persamaan (3.34), sehingga bentuk persamaan (3.34) diberikan oleh

$$P_y = \sum_{k=0}^K \sum_{h=0}^{\min(w,k)} P_r(K_w^{(N)} = j-i+h, K_w^{(S)} = h, K_w^{(T)} = k | K_w^{(B)} = i) \quad (3.35)$$

kemudian dengan menggunakan ketiga persamaan diatas (3.33), (3.34), (3.35) nilai P_y dapat diberikan oleh

$$P_y = \sum_{i=0}^K \sum_{h=0}^{\min(w,i)} \left\{ \begin{array}{l} \left(P_r(K_w^{(S)} = h | K_w^{(T)} = k, K_w^{(N)} = j-i+h | K_w^{(B)} = i) \right) \\ \times \left(P_r(K_w^{(T)} = k | K_w^{(S)} = j-i+h, K_w^{(B)} = i) \right) \\ \times \left(P_r(K_w^{(N)} = j-i+h | K_w^{(B)} = i) \right) \end{array} \right\} \quad (3.36)$$

substitusi persamaan (3.27), (3.28), (3.29), dan (3.32) ke dalam persamaan (3.36), sehingga bentuk persamaan (3.36) diberikan oleh

$$P_y = \sum_{k=0}^K \sum_{h=0}^{\min(w,k)} \left\{ \begin{array}{l} \left(P_r(K_w^{(R)} = k-j+i-h | K_w^{(B)} = i) \right) \\ \times \left(P_r(K_w^{(N)} = j-i+h | K_w^{(I)} = N-i) \right) \\ \times \left(P_r(K_w^{(S)} = h | K_w^{(T)} = k) \right) \end{array} \right\} \quad (3.37)$$

karena

$$P_r(K_w^{(R)} = k-j+i-h | K_w^{(B)} = i) = \binom{i}{k-j+i-h} P_r^{k-j+i-h} (1-P_r)^{i-k+h} \quad (3.38)$$

dan

$$P_r(K_w^{(N)} = j-i+h | K_w^{(I)} = N-i) = \binom{K-i}{j-i+h} P_o^{j-i+h} (1-P_o)^{K-j-h} \quad (3.39)$$

maka persamaan (3.37) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P_y = \sum_{k=0}^K \sum_{h=0}^{\min(w,k)} \left\{ \begin{array}{l} \left(\binom{K-i}{j-i+h} P_o^{j-i+h} (1-P_o)^{K-j-h} \right) \\ \times \left(\binom{i}{K-h+i+j} P_r^{k-h+i-j} (1-P_r)^{i+h-1} \right) \\ \times \left(P_r \{ K_w^{(N)} = h | K_w^{(T)} = k \} \right) \end{array} \right\} \quad (3.40)$$

Dari persamaan (3.40) dapat dihitung probabilitas transisi dari *state* i ke *state* j pada saat kondisi *equilibrium distributions* yaitu dengan cara mengalikan bagian $P\{K^{(T)} = k\}$ dari persamaan (3.40) dengan π , yaitu batas waktu pada saat

pengguna berada pada kondisi *Idle* sehingga persamaan (3.40) diberikan oleh [33]

:

$$P\{K^{(T)} = k\} = \sum_{i=0}^K P\{K^{(T)} = k | K^{(B)} = i\} \times \pi_i \quad (3.41)$$

sedangkan persamaan

$$P\{K^{(T)} = k | K^{(B)} = i\} = \sum_{m=\max(0, k-i)}^{\min(k, K-1)} \left[\binom{i}{k-m} \times P_R^{k-m} (1-P_R)^{i-k+m} \times \binom{K-i}{m} P_0^m (1-P_0)^{K-i-m} \right] \quad (3.42)$$

sehingga persamaan probabilitas pada keadaan *equilibrium distributions* diberikan oleh :

$$P\{K^{(T)} = k\} = \sum_{i=0}^K \left(\sum_{m=\max(0, k-i)}^{\min(k, K-1)} \left[\binom{i}{k-m} P_R^{k-m} (1-P_R)^{i-k+m} \times \binom{K-i}{m} P_0^m (1-P_0)^{K-i-m} \right] \right) \pi_i \quad (3.43)$$

Dari persamaan probabilitas transisi dari *state i* ke *state j* pada persamaan (3.40) dapat dicari nilai *throughput* sistem dan nilai probabilitas keadaan sukses terhadap pengiriman dan kedua nilai tersebut dapat dijadikan acuan untuk menilai kinerja sistem. *Throughput* diberikan oleh [33] :

$$S = \sum_{i=0}^K \left[\sum_{h=0}^k h \times P\{K^{(S)} = h | K^{(T)} = k\} \times P\{K^{(T)} = k\} \right] \times C_i \quad (3.44)$$

dengan C_i adalah *capture probability* dari *capture effect*, jika semua pengguna menggunakan *transmission rate* dan modulasi yang sama, maka diberikan oleh [33] :

$$P\{K^{(S)} = h | K^{(T)} = k\} = \binom{k}{h} [P_c(k)]^h [1 - P_c(k)]^{k-h} \quad (3.45)$$

$P_c(k)$ adalah probabilitas paket sukses yang diberikan oleh

$$P_c(k) = [1 - BER(v)]^{L_n} \quad (3.46)$$

$BER(v)$ yang diberikan oleh

$$BER(v) = Q \left(\sqrt{2 \left(\frac{E_b}{N_0} \right)_v} \right) \quad (3.47)$$

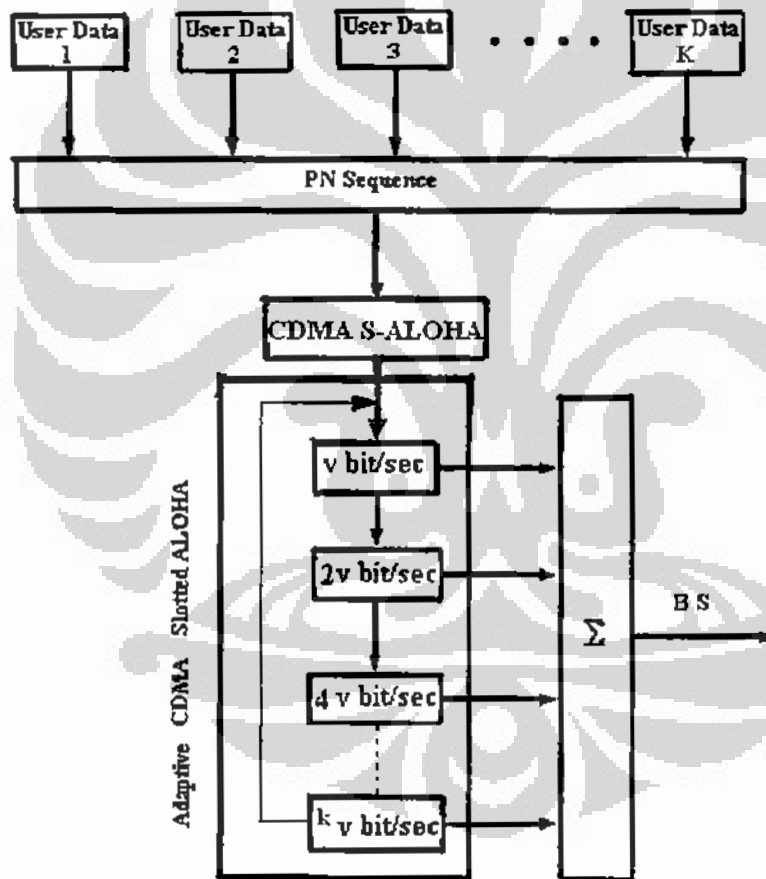
$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_v$ diberikan oleh

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_v = \frac{1}{\frac{2(k-1)}{3N} + \frac{2(K-k)v'}{3Nv}}$$

(3.48)

dengan v adalah *transmission rate* pengguna aktif dan v' adalah *transmission rate* pengguna yang tidak aktif.

3.3.1. Model Sistem *Adaptive* CDMA S-ALOHA



Gambar 3.4. Model sistem *adaptive* CDMA S-ALOHA

Gambar 3.4 memperlihatkan model sistem *adaptive* CDMA S-ALOHA. Pada sistem ini sejumlah paket data dikirim secara acak dan disebarakan (*spreading*) dengan menggunakan PN *code* yang berbeda-beda seperti pada metode CDMA. Penggunaan PN *code* yang berbeda-beda bertujuan untuk mencegah terjadinya tabrakan pada masing-masing data paket yang terkirim. *Transmission rate* yang digunakan yaitu v bit/slot, $2v$ bit/slot, dan $4v$ bit/slot. Karena menggunakan *transmission rate* yang rendah, maka banyaknya pengguna data yang dikirim juga terbatas. Oleh karena itu, pengguna data yang belum terkirim akan berpindah menuju *transmission rate* yang lebih tinggi yaitu $2v$ bit/slot, dan seterusnya sampai semua data habis terkirim.

Algoritma *adaptive transmission rate* dapat meningkatkan *throughput* sistem dengan cara memilih kecepatan transmisi ($4v$ b/s, $2v$ b/s, v b/s) yang sesuai dengan keadaan trafik yang ada. Untuk menghitung *throughput* sistem, digunakan algoritma *adaptive transmission rate* dengan Markov *chain* model. Jumlah total pengguna yang mengirim paket dinyatakan sebagai [33],[34],[36] :

$$k_v + k_{2v} + k_{4v} = k_{total} \quad (3.49)$$

dengan k_v adalah banyaknya pengguna yang menggunakan kecepatan transmisi v b/s, k_{2v} adalah banyaknya pengguna yang menggunakan kecepatan transmisi $2v$ b/s, k_{4v} adalah banyaknya pengguna yang menggunakan kecepatan transmisi $4v$ b/s.

Kombinasi yang terbaik untuk *transmission rate* [33] menghasilkan *throughput* $S(k_v, k_{2v}, k_{4v})$ dengan $(k_v + k_{2v} + k_{4v}) = k_{total}$ yang diberikan oleh:

$$S(k_v, k_{2v}, k_{4v}) = \left[\begin{aligned} & \left(k_v \times \left[P_{c,(v)}(k_v, k_{2v}, k_{4v}) \times B \right] \right) + \left(n_{2v} \times \left[P_{c,(2v)}(k_v, k_{2v}, k_{4v}) \times 2B \right] \right) \\ & + \left(k_{4v} \times \left[P_{c,(4v)}(k_v, k_{2v}, k_{4v}) \times 4B \right] \right) \end{aligned} \right] \quad (3.50)$$

dengan $P_{c,(av)}(k_v, k_{2v}, k_{4v})$ untuk nilai faktor ($\alpha > 1$) menunjukkan probabilitas paket yang sukses, kombinasi (k_v, k_{2v}, k_{4v}) tergantung pada hubungan *transmission rate* hal ini terjadi karena interferensi yang disebabkan oleh

perbedaan jumlah pengguna yang tidak sama. Nilai α ($\alpha > 1$) adalah nilai faktor yang digunakan untuk menghitung perubahan kecepatan transmisi dan perubahan nilai *processing gain* sebagai akibat berubahnya nilai kecepatan transmisi, dengan W_b adalah *bandwidth* [Hz], ν adalah kecepatan transmisi [bit/sec].

Probabilitas keadaan sukses terhadap pengiriman pada saat semua pengguna menggunakan kecepatan transmisi dan teknik modulasi yang sama, dalam hal ini BPSK dapat dihitung dengan terlebih dahulu ditentukan persamaan probabilitas paket yang sukses dikirim, probabilitas paket sukses dari sistem *adaptive* CDMA S-ALOHA diberikan oleh :

$$P_{c(\nu)}(k_\nu, k_{2\nu}, k_{4\nu}) = [1 - BER(k_\nu, k_{2\nu}, k_{4\nu})]^{L_B} \quad (3.51)$$

$BER(k_\nu, k_{2\nu}, k_{4\nu})$ adalah nilai BER yang tergantung pada jenis kanal dan teknik modulasinya, nilai $BER(k_\nu, k_{2\nu}, k_{4\nu})$ diberikan oleh :

$$BER(k_\nu, k_{2\nu}, k_{4\nu}) = Q\left(\sqrt{2(SNR)_{k_\nu, k_{2\nu}, k_{4\nu}}}\right) \quad (3.52)$$

Dengan adanya pembagian jumlah pengguna yang menggunakan kecepatan transmisi yang berbeda, nilai BER dari sistem juga berubah. Hal ini dikarenakan tingkat interferensi yang terjadi pada sistem juga berubah. Nilai BER sistem dengan kecepatan transmisi ν b/s dan modulasi BPSK dinyatakan oleh [24]:

$$(SNR)_{k_\nu, k_{2\nu}, k_{4\nu}} = \frac{1}{\frac{2(k_\nu - 1)}{3N} + 2 \frac{2k_{2\nu}}{3N} + 4 \frac{2k_{4\nu}}{3N} + \frac{2(K - k) \nu}{3N \nu}} \quad (3.53)$$

Dari persamaan yang telah diperoleh diatas, probabilitas keadaan sukses terhadap pengiriman yang didefinisikan sebagai probabilitas yang didapat dari h paket sukses diluar dari n paket yang ditransmisikan diberikan oleh [33]:

$$\begin{aligned}
P \{ K^{(S)} = h \mid K^{(T)} = k \} &= \sum_{i=\max(0, h-k_{2v}, -k_{4v})}^{\min(k_v, h)} \sum_{j=\max(0, h-i-k_{4v})}^{\min(k_{2v}, h-i)} [A \times B \times C] \\
A &= \left(\binom{k_v}{i} [P_{c(v)}]^i [1 - [P_{c(v)}]]^{k_v-i} \right) \\
B &= \left(\binom{k_{2v}}{j} [P_{c(2v)}]^j \right. \\
&\quad \left. \times [1 - [P_{c(2v)}]]^{k_{2v}-j} \right) \\
C &= \left(\binom{k_{4v}}{h-i-j} [P_{c(4v)}]^{h-i-j} \right. \\
&\quad \left. \times [1 - [P_{c(4v)}]]^{k_{4v}-h+i+j} \right)
\end{aligned} \tag{3.54}$$

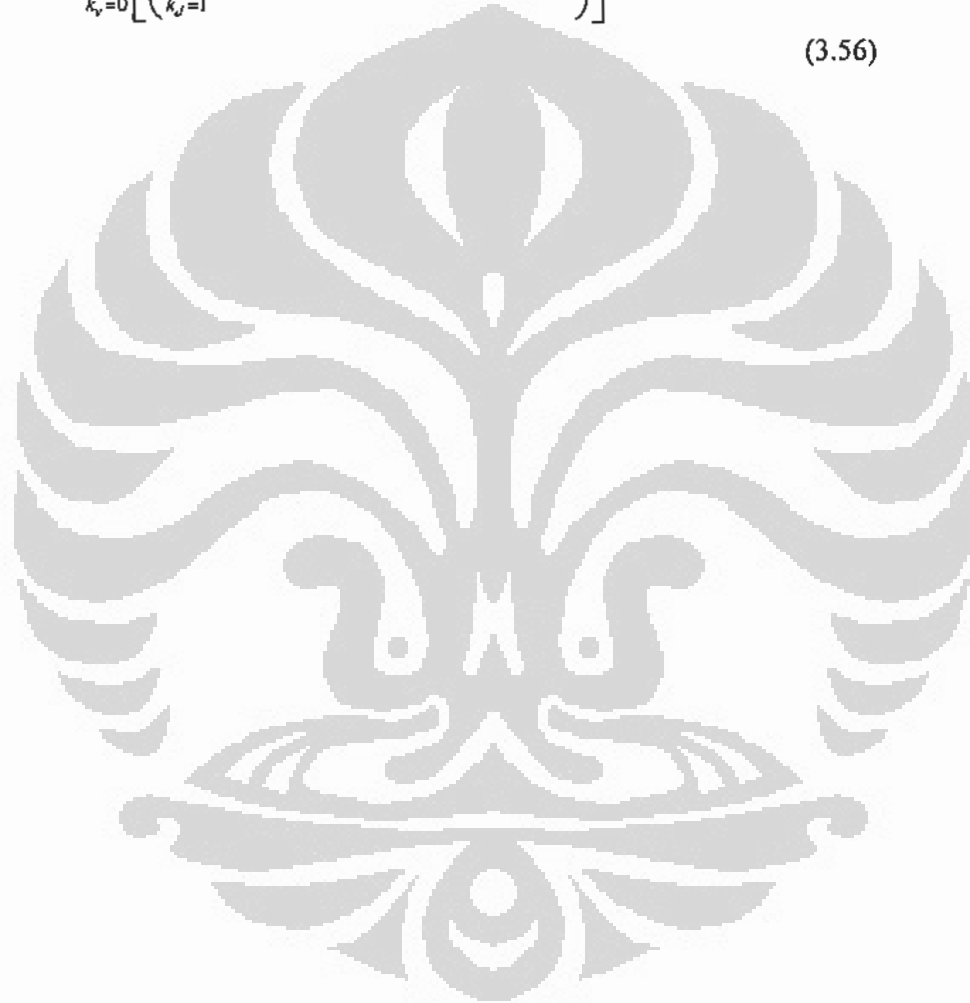
dilihat dari persamaan (3.50) semua pengguna bekerja pada *transmission rate* yang sama. Hal tersebut diasumsikan bahwa kombinasi optimal (k_v, k_{2v}, k_{4v}) dapat digunakan untuk n apapun, dan dalam kenyatannya digunakan oleh semua pengguna k yang selalu *disetting* (k_v, k_{2v}, k_{4v}) , dan $P \{ K^{(S)} = h \mid K^{(T)} = k \}$ mengevaluasi semua kasus penyesuaian untuk kemungkinan h yang benar dalam menerima paket ketika k_v pengguna ditransmisikan pada *rate* rendah, k_{2v} ditransmisikan pada *rate* medium, dan k_{4v} ditransmisikan pada *rate* tinggi, kemudian modifikasi *throughput* diekspresikan sebagai [33]:

$$S_{v,2v,4v} = \sum_{k=0}^K \sum_{h=0}^k \sum_{i=\max(0, h-k_{2v}, -k_{4v})}^{\min(k_v, h)} \sum_{j=\max(0, h-i-k_{4v})}^{\min(k_{2v}, h-i)} \left[\begin{aligned} & [Bi + 2Bj + 4B(h-i-j)] \\ & \times \left(\binom{k_v}{i} [P_{c(v)}]^i [1 - [P_{c(v)}]]^{k_v-i} \right) \\ & \times \left(\binom{k_{2v}}{j} [P_{c(2v)}]^j [1 - [P_{c(2v)}]]^{k_{2v}-j} \right) \\ & \times \left(\binom{k_{4v}}{h-i-j} [P_{c(4v)}]^{h-i-j} [1 - [P_{c(4v)}]]^{k_{4v}-h+i+j} \right) \\ & \times (P \{ K^{(T)} = k \}) \end{aligned} \right] \tag{3.55}$$

3.3.2. *Throughput Adaptive CDMA S-ALOHA* Pada Kanal *Multipath Fading* Dengan *Capture Effect*

Throughput Adaptive CDMA S-ALOHA untuk integrasi pengguna suara dan data pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect* dari persamaan (2.53), (3.8) dan (3.55) diberikan oleh :

$$S_d^s(G_d, G_v) = \sum_{k_v=0}^{\alpha} \left[\left(\sum_{k_d=1}^{\infty} k_d \cdot P_d(k_d, G_d) \cdot Q_d^s(k_d, k_v) \right) \right] P_v(k_v, G_v) \cdot (S_{v,2v,4v}) \cdot C_k \quad (3.56)$$



BAB IV

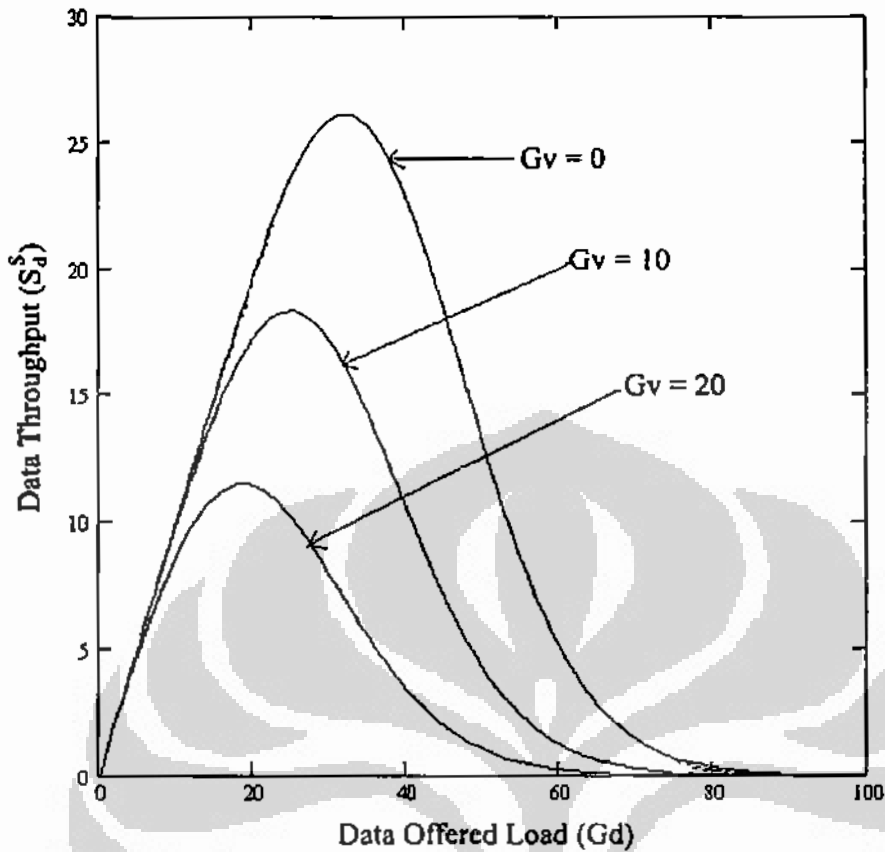
HASIL DAN ANALISA

4.1. Throughput CDMA S-ALOHA Pada Kanal Ber-fading Dengan Capture Effect

Tabel 4.1. menunjukkan nilai parameter yang digunakan dalam perhitungan kinerja *throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect*.

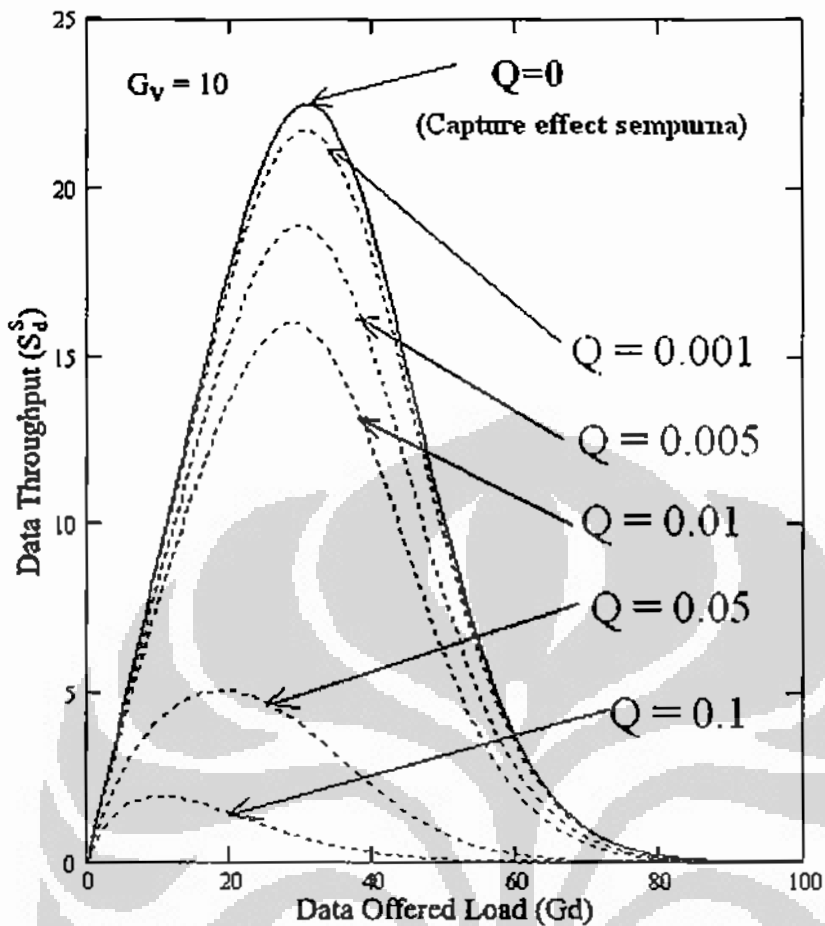
TABEL 4.1. Nilai Parameter CDMA S-ALOHA

Parameter	Nilai
<i>Processing gain</i>	$N = 64 - 512$
<i>Data packet length</i>	$L_d = 500$
<i>Voice activity factor</i>	$\rho = 0.4, \rho = 1$
<i>Offered load data</i>	$G_d = 100$
<i>Offered load voice</i>	$G_v = 10$
Jumlah <i>path</i> pada multipath	$L_p = 1 - 3$
Pengguna <i>voice</i>	$K_v = 100$
Pengguna <i>data</i>	$K_d = 80$
Rasio <i>delay capture</i>	$Q = 0 - 0.1$



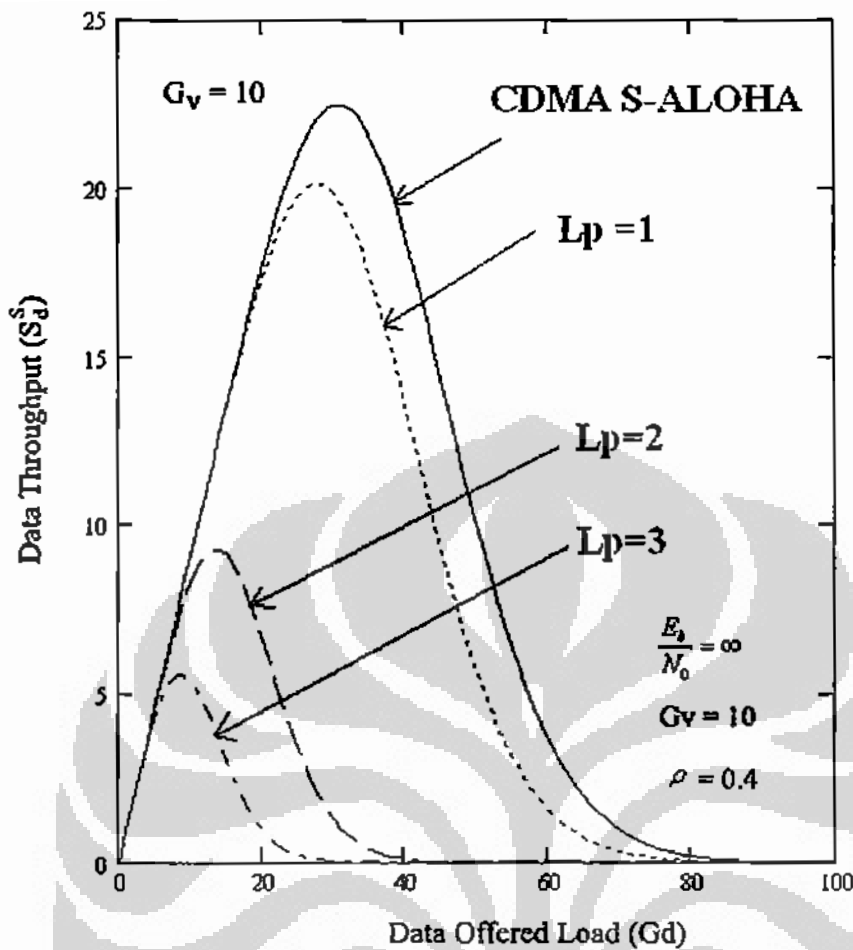
Gambar 4.1. *Throughput* CDMA S-ALOHA dengan menggunakan IGA

Gambar 4.1. menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dengan menggunakan IGA. Gambar 4.1. menunjukkan *throughput* data dalam CDMA S-ALOHA terhadap data *offered load* G_d dengan nilai yang berbeda dari *offered* suara G_v . Gambar 4.1. diperoleh dari persamaan (3.7). Gambar 4.1. menunjukkan semakin tinggi G_v , maka *throughput* turun karena interferensi suara naik. Dari Gambar 4.1. terlihat bahwa *throughput* makin turun ketika *offered load* suara G_v makin besar. Ini disebabkan, makin besar *processing gain* suara menjadikan tingkat interferensi dari *user* suara yang makin bertambah.



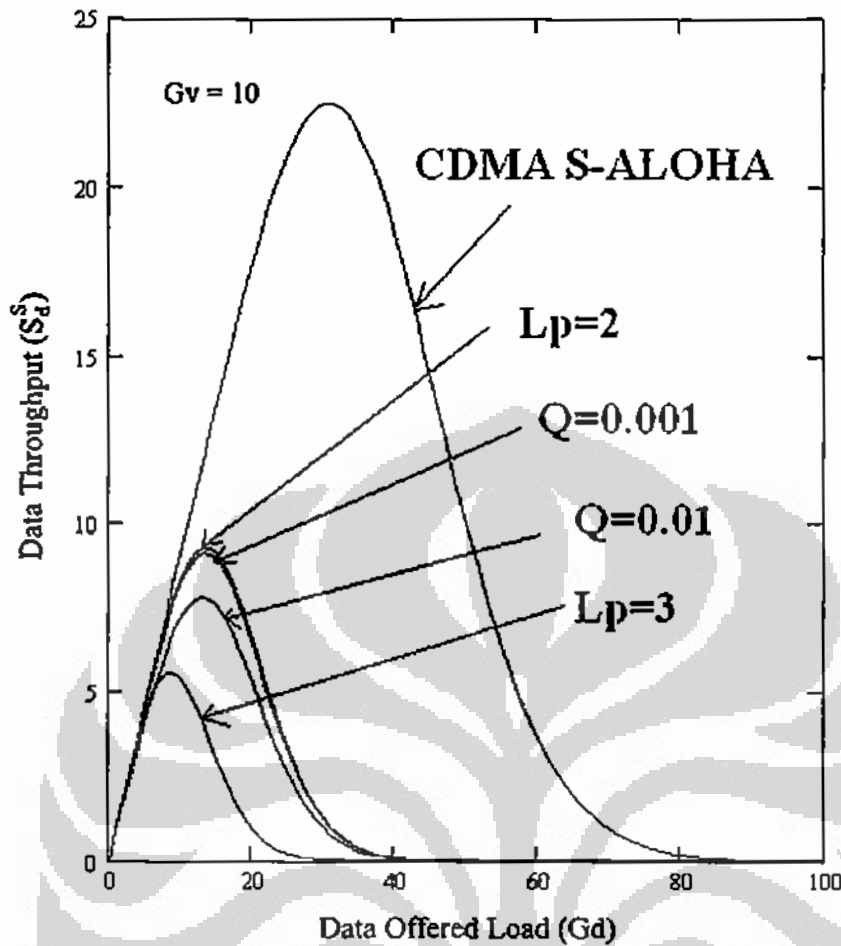
Gambar 4.2. Throughput CDMA S-ALOHA dengan capture effect

Gambar 4.2 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect*. Gambar 4.2 diperoleh dari persamaan (3.8). Terlihat bahwa *throughput* sistem akan semakin baik dengan menurunnya nilai Q dan hasil terbaik tercapai *capture effect* sempurna. Ini karena ($Q=0$) makin kecil nilai Q sistem mampu mengcapture sinyal dengan lebih baik sehingga hasil *throughput* juga semakin baik.



Gambar 4.3. *Throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect* $Q = 0,001$, dengan variasi L_p

Gambar 4.3 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect* $q = 0.001$, dengan variasi L_p . Gambar 4.3 diperoleh dari persamaan (3.8). Terlihat dari Gambar 4.3, semakin besar L_p menyebabkan *throughput* menurun. Hal ini karena pengaruh *fading* akan bertambah jika jumlah L_p meningkat. Sehingga mengakibatkan BER menurun yang secara langsung menurunkan *throughput*.



Gambar 4.4. *Throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect*

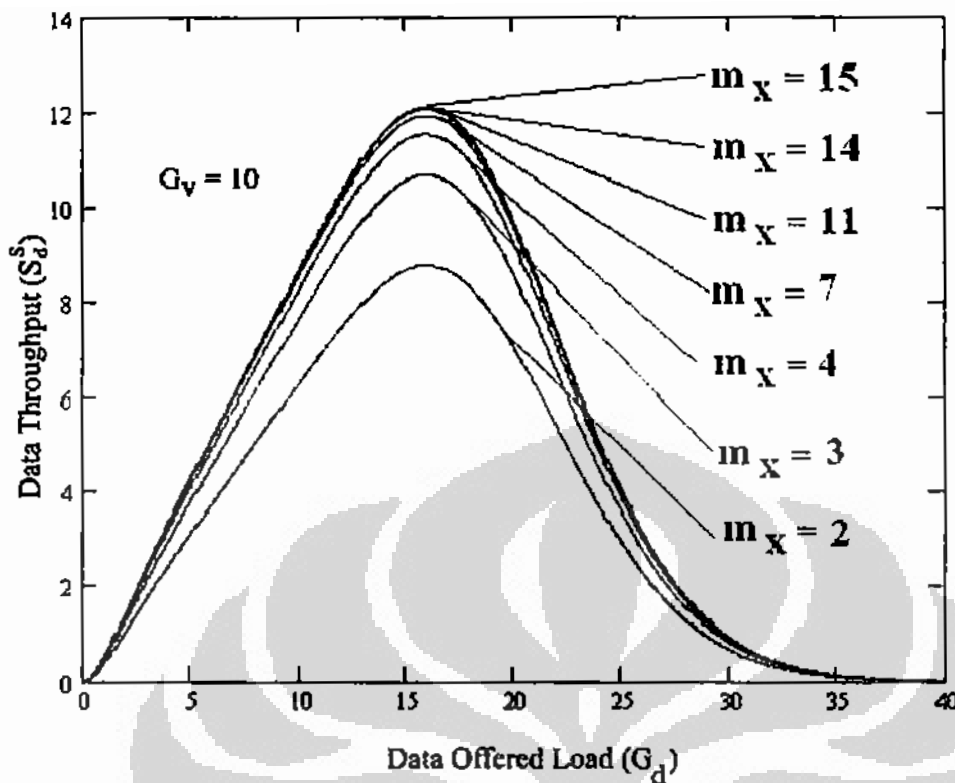
Gambar 4.4 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect* pada kanal *fading*. Gambar 4.4 diperoleh dari persamaan (3.8). Gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai L_p yang semakin besar dapat menyebabkan *throughput* menurun, hal tersebut terjadi karena sinyal makin buruk jika jumlah L_p meningkat. Tetapi dengan menempatkan *capture* bahwa menyebabkan *throughput* sistem meningkat. Hal ini menunjukkan suatu paket dapat diterima dengan baik pada saat terdapat paket-paket yang lain pada *slot* yang sama.

4.2. Throughput CDMA S-ALOHA Pada Kanal *Fading* Nakagami/Nakagami Dengan *Capture Effect*

Tabel 4.2. menunjukkan nilai parameter yang digunakan dalam perhitungan kinerja *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami dengan *capture effect*.

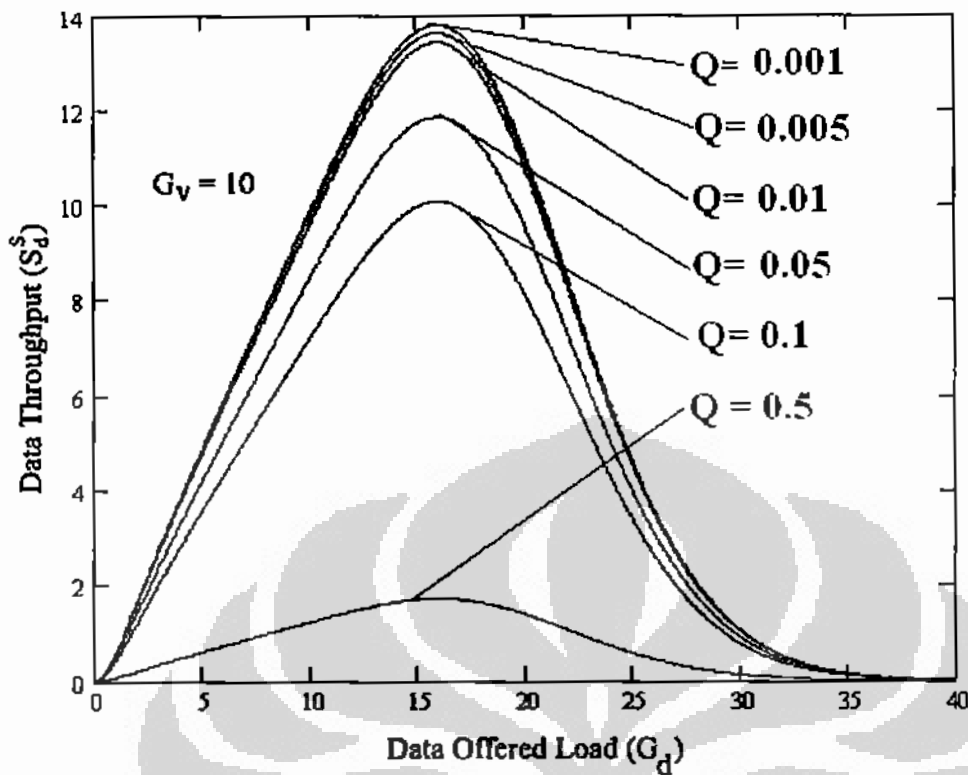
TABEL 4.2. Nilai Parameter CDMA S-ALOHA Pada Kanal *Fading* Nakagami/Nakagami

Parameter	Nilai
Jumlah pengguna	$K = 20$
<i>Processing gain</i>	$N = 15, 31, 63$
Daya rata-rata sinyal utama	$\Omega_x = 5$
Daya rata-rata sinyal MAI	$\Omega_y = 5$
Parameter <i>fading</i> Nakagami dari daya sinyal utama	$m_x = 3$
Parameter <i>fading</i> Nakagami dari daya sinyal interferensi	$m_y = 3$
Panjang paket	$L_b = 500$
<i>Offered load</i>	$G = 0 - 40$



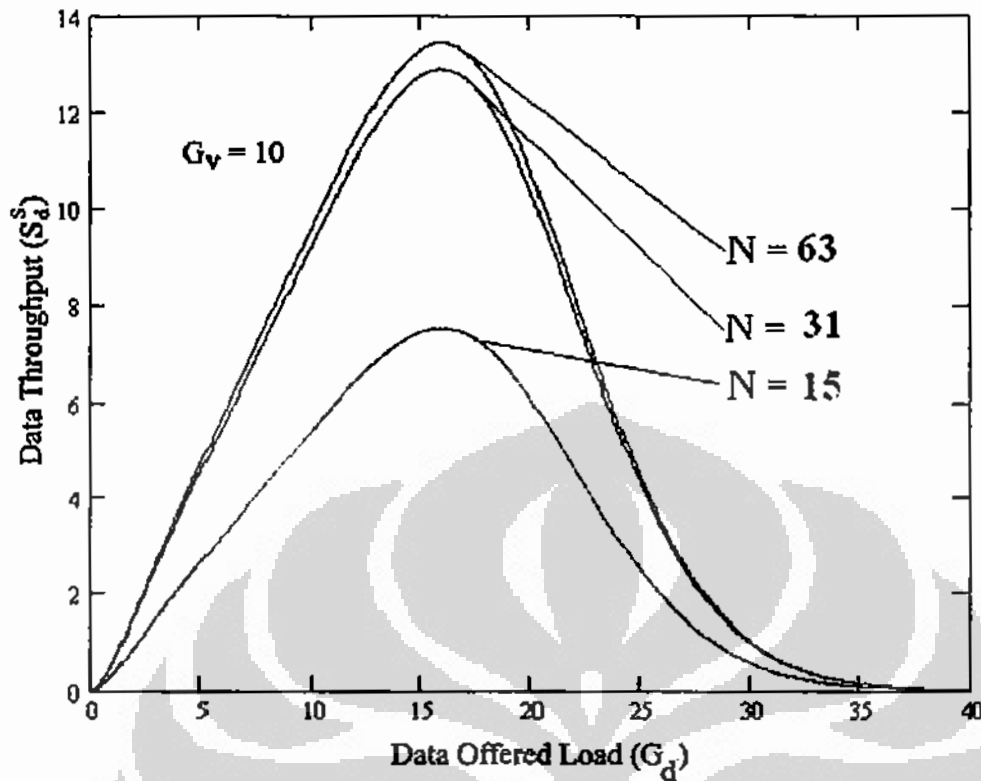
Gambar 4.5. *Throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami dengan *capture effect* $Q = 0.01$ dengan variasi nilai m_x dan nilai parameter $m_y = 3$.

Gambar 4.5 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami dengan *capture effect* $Q = 0.01$ dengan variasi nilai m_x pada nilai parameter $m_y = 3$. Gambar 4.5 diperoleh dari persamaan (3.26). Gambar 4.5 menunjukkan bahwa kenaikan nilai m_x mengakibatkan *throughput* CDMA S-ALOHA semakin naik, hal ini terjadi karena meningkatnya nilai parameter m_x berarti peningkatan daya sinyal utama menjadi lebih tinggi dari daya sinyal interferensi.



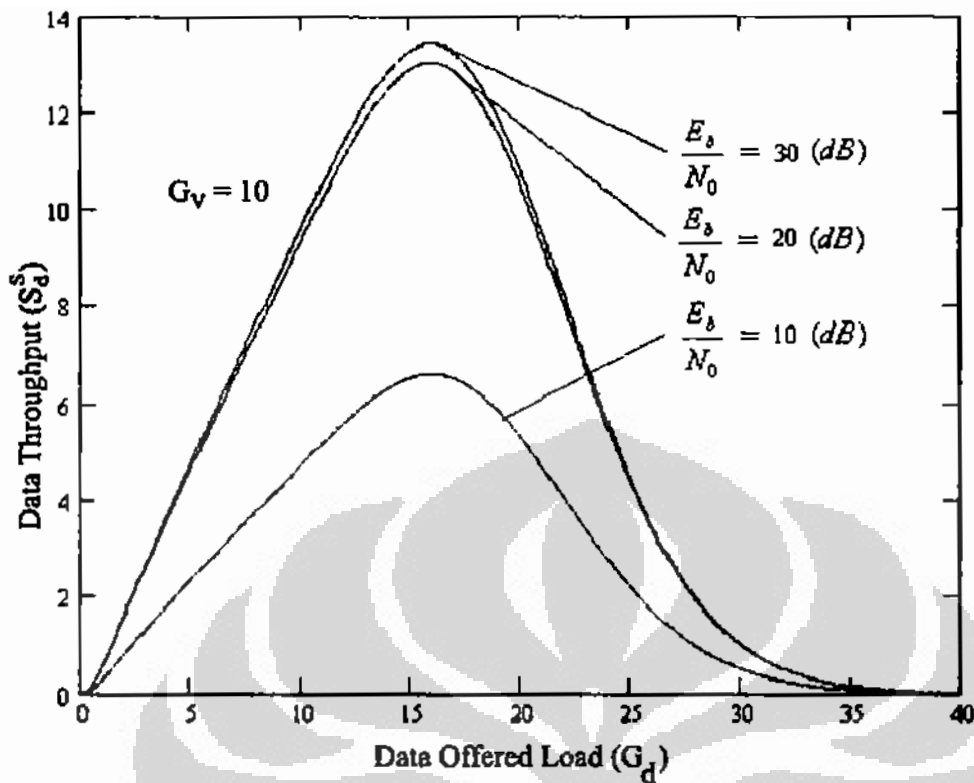
Gambar 4.6. *Throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3, m_y = 3$) dengan variasi nilai Q .

Gambar 4.6 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3, m_y = 3$) dengan variasi nilai Q . Gambar 4.6 diperoleh dari persamaan (3.26). Gambar 4.6 menunjukkan bahwa penurunan nilai Q menuju 0, menyebabkan kenaikan *throughput*, akibat adanya pengaruh *capture effect*. Hal ini memungkinkan suatu paket dapat di-*capture* dengan baik pada saat terdapat paket-paket yang lain pada *slot* yang sama.



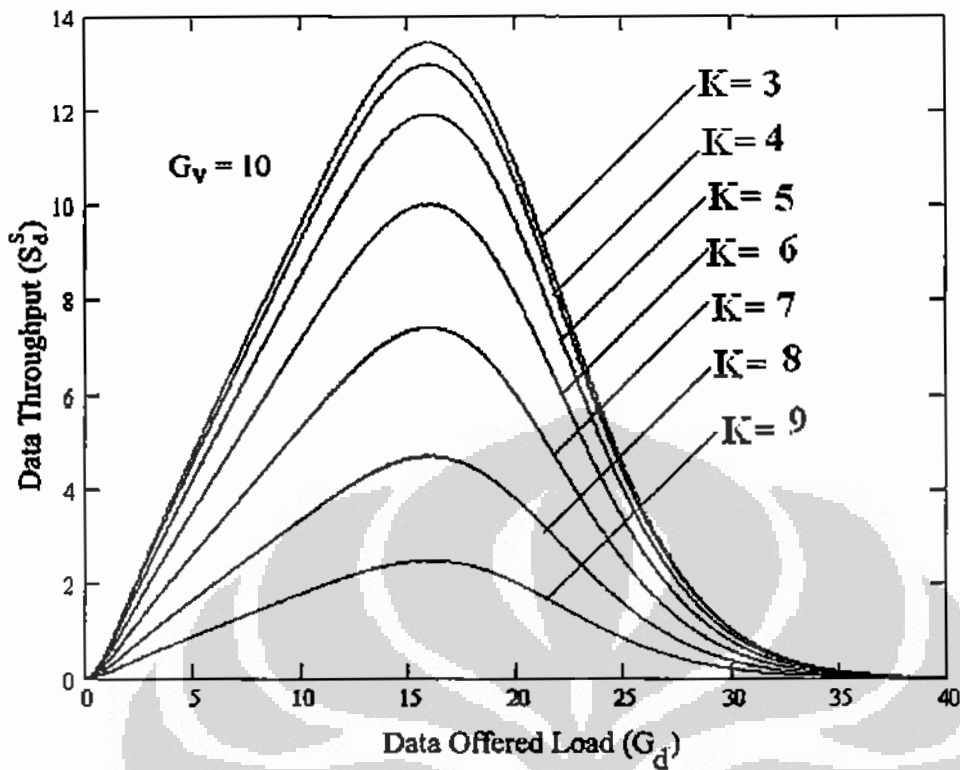
Gambar 4.7. *Throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3, m_y = 3$) dengan variasi nilai N .

Gambar 4.7 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3, m_y = 3$) dengan variasi nilai N . Gambar 4.7 diperoleh dari persamaan (3.26). Dari Gambar 4.7 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA sebagai fungsi variasi *processing gain*. Berdasarkan Gambar 4.7 *throughput* sistem akan mengalami peningkatan dengan bertambahnya *processing gain* yang digunakan. Hal tersebut dikarenakan dengan bertambahnya *processing gain*, jumlah kode yang dipakai untuk setiap pengguna semakin banyak sehingga akan memperkecil terjadinya kesalahan dalam pengiriman paket informasi. Jika probabilitas sukses semakin meningkat, maka *throughput* yang dihasilkan juga akan semakin besar.



Gambar 4.8. *Throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3, m_y = 3$) dengan variasi nilai E_b/N_0 .

Gambar 4.8 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3, m_y = 3$) dengan variasi nilai $\frac{E_b}{N_0}$. Gambar 4.8 diperoleh dari persamaan (3.26). Gambar 4.8 menunjukkan bahwa peningkatan $\frac{E_b}{N_0}$ menyebabkan *throughput* naik. Ini karena dengan semakin besar $\frac{E_b}{N_0}$ menyebabkan probabilitas paket sukses semakin besar, karena energi *bit* yang besar akan mengeliminasi *noise* interferensi yang ada pada sistem.



Gambar 4.9. *Throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3, m_y = 3$) dengan variasi jumlah pengguna K .

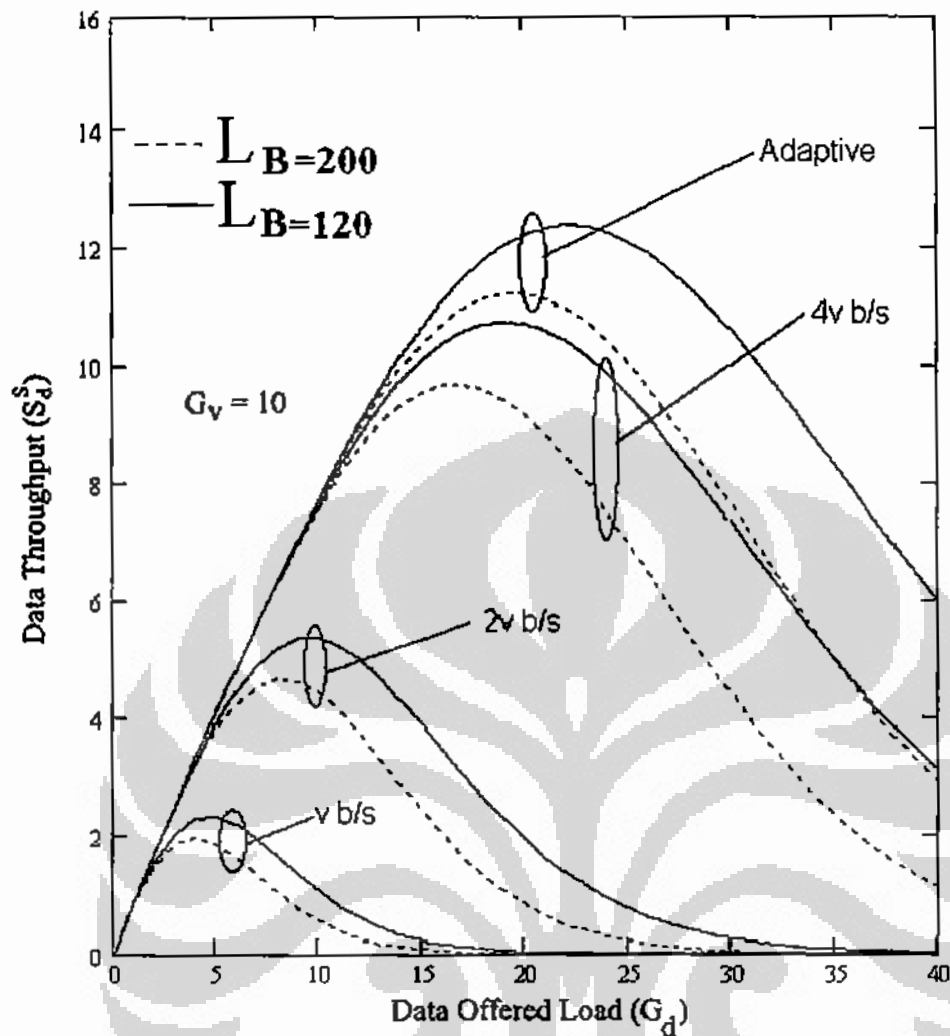
Gambar 4.9 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3, m_y = 3$) dengan variasi pengguna K . Gambar 4.9 diperoleh dari persamaan (3.26). Gambar 4.9 menunjukkan bahwa *throughput* CDMA S-ALOHA menurun dengan bertambahnya jumlah pengguna. Penurunan *throughput* terjadi disebabkan jumlah pengguna yang semakin besar mengakibatkan interferensi antar pengguna semakin tinggi.

4.3. Throughput Adaptive CDMA S-ALOHA Pada Kanal Multipath fading Dengan Capture Effect

Tabel 4.3. menunjukkan nilai parameter yang digunakan dalam perhitungan kinerja *throughput Adaptive CDMA S-ALOHA* pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect*.

TABEL 4.3. Nilai Parameter *Adaptive CDMA S-ALOHA*

Parameter	Nilai
<i>Processing gain</i>	$N = 32, 64, 128$
<i>Data packet length</i>	$L_b = 120, 200$
<i>Offered load</i>	$G = 0 - 40$
Jumlah <i>path</i> yang berbeda	$L_p = 1 - 3$
Pengguna	$K = 100$
Daya komponen <i>scattered</i>	$\sigma = 5$
Konstanta yang menghadirkan komponen <i>nonfaded</i>	$c = 2$
<i>Path gain</i>	$\beta = 7$
Rasio <i>delay capture</i>	$Q = 0 - 0.001$
<i>Number of bit in a BPSK v rate packet</i>	$B = 200$



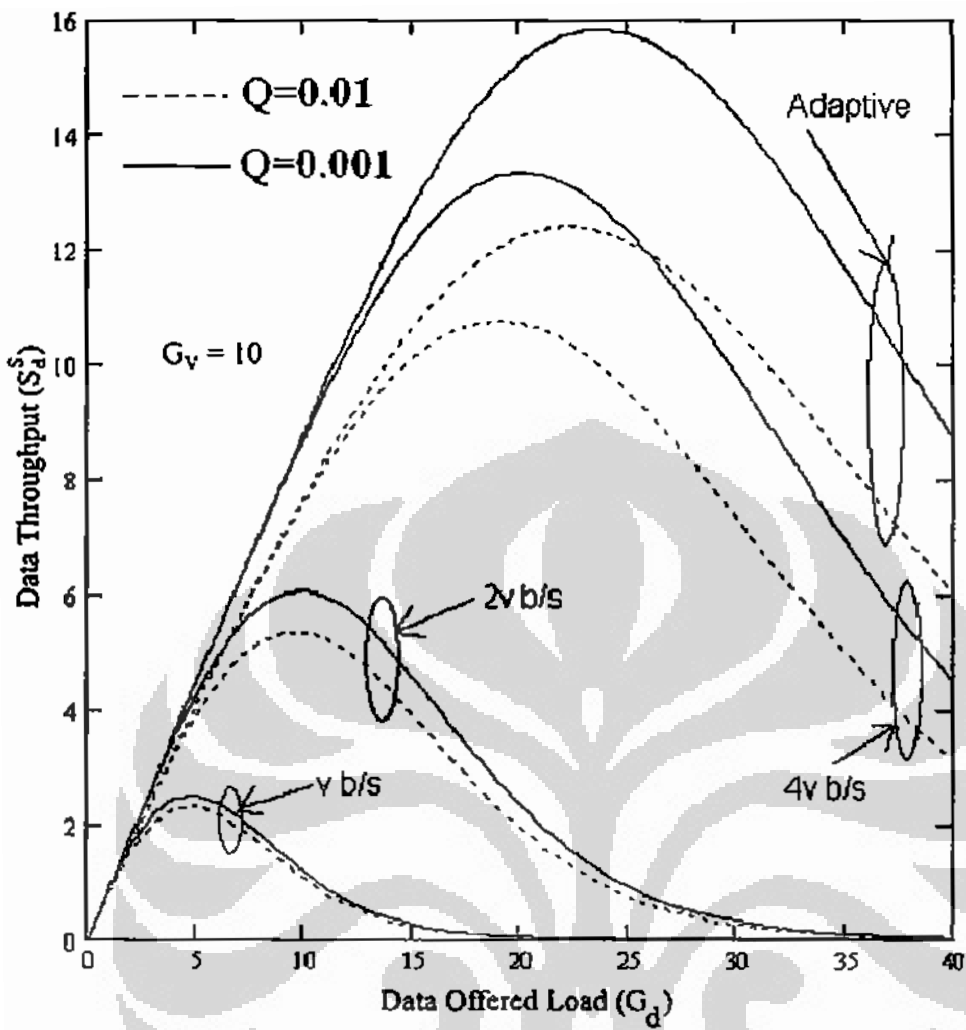
Gambar 4.10. *Throughput* CDMA S-ALOHA dan *Adaptive* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* $Q=0.01$, $L_p = 1$ dan variasi nilai L_B .

Gambar 4.10. menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dan *Adaptive* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* $Q = 0.01$, $L_p = 1$, dan variasi L_B . Gambar 4.10 diperoleh dari persamaan (3.56). Gambar 4.10 menunjukkan bahwa dengan menggunakan kecepatan transmisi yang dinamis dengan *capture effect*, *throughput* sistem lebih besar dibandingkan menggunakan kecepatan transmisi yang sama. Hal ini disebabkan oleh nilai kecepatan transmisi yang semakin besar

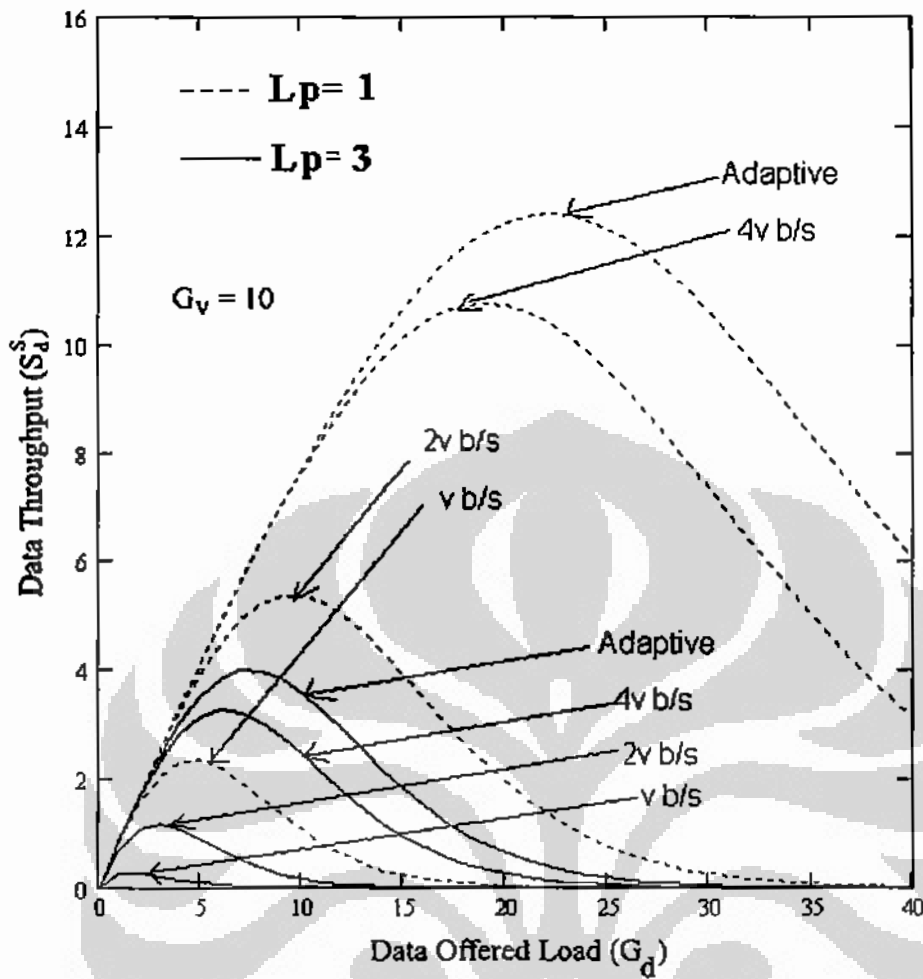
menyebabkan *throughput* semakin besar sesuai dengan nilai kecepatan transmisi dan keadaan trafik. Pada Gambar 4.10 terlihat kecepatan v terjadi *offered load* dengan *throughput* terendah, kemudian pindah dengan mengirim data dengan kecepatan $2v$ terjadi *offered load* lagi dengan *throughput* sedang, kemudian meningkat menjadi kecepatan $4v$ terjadi *offered load* yang tinggi dan selanjutnya dengan kecepatan *Adaptive* diperoleh *offered load* tertinggi. Gambar 4.10 juga menunjukkan bertambahnya panjang *bit* (L_b) mengakibatkan *throughput* sistem akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan semakin banyak *bit* yang ditransmisikan maka interferensi sistem akan semakin bertambah.

Gambar 4.11 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* dan *Adaptive* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada $L_b=120$, $L_p=1$ dan variasi Q . Gambar 4.11 diperoleh dari persamaan (3.56). Gambar 4.11 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya *capture ratio* maka *throughput* semakin kecil, karena bertambahnya *capture ratio* yang terjadi akibat berkurangnya nilai probabilitas paket sukses, yang dapat mengakibatkan *throughput* semakin kecil.

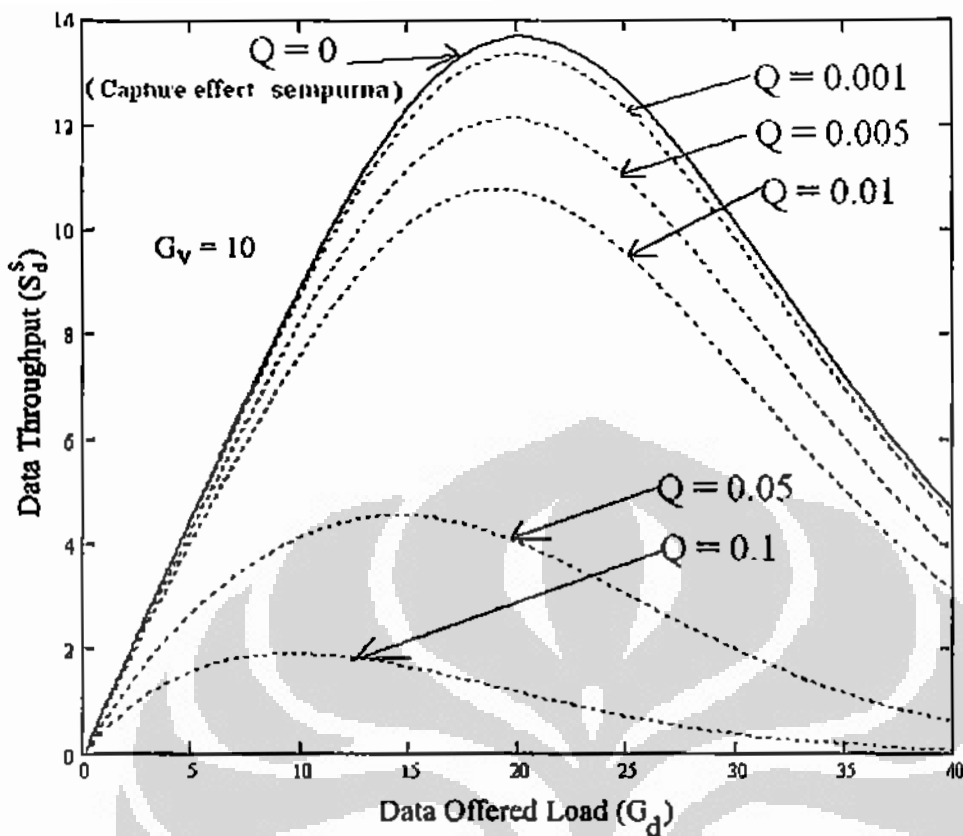
Gambar 4.12 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dan *Adaptive* CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect* pada $Q=0.01$, $L_b=120$ dengan variasi L_p . Gambar 4.12 diperoleh dari persamaan (3.56). Gambar 4.12 menunjukkan bahwa semakin besar L_p menyebabkan *throughput* menurun. Hal ini terjadi karena interferensi akan bertambah jika jumlah L_p meningkat.



Gambar 4.11. Throughput CDMA S-ALOHA dan Adaptive CDMA S-ALOHA dengan capture effect pada $L_R = 120$, $L_p = 1$ dan variasi nilai capture ratio (Q).



Gambar 4.12. Throughput CDMA S-ALOHA dan Adaptive CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect*, dengan variasi nilai L_p , $Q=0.01$, $L_n = 120$.



Gambar 4.13. *Throughput Adaptive CDMA S-ALOHA dengan capture effect.*

Gambar 4.13 menunjukkan *throughput Adaptive CDMA S-ALOHA* dengan *capture effect*. Gambar 4.12 diperoleh dari persamaan (3.56). Gambar 4.13 menunjukkan bahwa penurunan nilai Q dari 0,1 menuju 0, menyebabkan kenaikan *throughput*, pada nilai $Q = 0$ disebut *capture effect* sempurna. Ini karena ($Q=0$) makin kecil nilai Q sistem mampu mengcapture sinyal dengan lebih baik sehingga hasil *throughput* juga semakin baik.

BAB V

KESIMPULAN

Studi kinerja CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan :

1. Analisa kinerja *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal ber-*fading* dengan *capture effect* dengan pendekatan IGA telah dilakukan. Dari hasil diperoleh bahwa *throughput* semakin naik dengan *capture effect* mendekati sempurna. Kinerja *throughput* akan turun dengan meningkatnya *multipath fading*.
2. Pada analisis *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal Nakagami/Nakagami dengan *capture effect* diperoleh bahwa *throughput* meningkat dengan bertambahnya nilai parameter *fading* Nakagami untuk sinyal utama (m_x), *processing gain*, *energi bit per noise*. *Throughput* CDMA S-ALOHA akan menurun dengan bertambahnya jumlah pengguna dan nilai *capture ratio*.
3. Pada analisis *throughput Adaptive* CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect* diperoleh peningkatan *throughput* ketika *length of bit* (L_B) kecil. Nilai *throughput* akan turun dengan meningkatnya jumlah L_p . Penggunaan *capture effect* yang mendekati sempurna meningkatkan *throughput* sistem

DAFTAR ACUAN

- [1] R. K. Morrow, Jr. And J. S. Lehnert, "Packet Throughput in Slotted ALOHA DS/SSMA Radio Systems with Random Signature Sequences," *IEEE Trans. Commun.*, Vol. 10, No. 7, pp.1223-30, July 1992.
- [2] D. Makrakis and K. M. S. Murthy, "Spread Slotted ALOHA Techniques for Mobile and Personal Satellite Communication Systems," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, Vol 10, No.6, pp.985-1002, Aug. 1992.
- [3] M. S. Chen, R. Boorstyn, and A. Kershenbaum, "Throughput Analysis of Multiple Hop Packet Radio Networks Using a Code Division Multiple Access (CDMA) Protocol," in *Proc. 22nd Ann. Allerton Conf.*, 1994, pp. 20-29.
- [4] A. H. Abdelmonem and T. N. Saadawi, "Performance Analysis of Spread Spectrum Packet Radio Network with Channel Load Sensing," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, Vol.7, No.1, pp.161-166, Jan. 1989.
- [5] K. Toshimitsu, T. Yamazato, M. Katayama, A. Ogawa, "A Novel Spread Slotted Aloha System with Channel Load Sensing Protocol," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, Vol.12, No.4 pp. 665-672, May 1994.
- [6] A. Ogawa, T. Yamazato, M. Katayama, and A. Jamalipour, "Introduction to CDMA ALOHA," *IEEE GLOBECOM'98*, TU13, Nov. 1998.
- [7] T. Yamazato, T. Sato, H. Okada, K. Nishida, M. Katayama, A. Ogawa, "Performance analysis of CDMA ALOHA," *ISCOM '95*, pp.434-441, Dec. 1995.
- [8] T. Sato, A. Sandouk, T. Yamazato, M. Katayama and Akira OGAWA, "Effects of transmission control in an integrated voice and data CDMA systems," *IEICE Trans. Fundamentals*, vol.E80-A, no.12, pp.2509-2516, Dec. 1997.
- [9] Abbas SANDOUK, Takaya YAMAZATO, Masaaki KATAYAMA, Akira OGAWA, "QOS and capacity comparison of CDMA ALOHA protokol in multimedia networks," *IEICE Trans Commun.*, vol., E84 B. NO.6, pp. 1588-1595.

- [10] Tseng, Shu-Ming ,”A high-throughput multicarrier DS-CDMA / ALOHA network”, *IEICE Trans. Commun*, Vol.E86-B, No.4 April 2003.
- [11] Saito, Masato dan Hiradu Okada, “Throughput improvement of CDMA slotted ALOHA systems”, *IEICE Trans Commun*, Vol.E80-B N0.1 January 1997.
- [12] M. S. Do, Y. J. Park, J. Y. Lee,” The Effect of spreading gain control on a CDMA slotted ALOHA system,” *IEEE Trans, Computer Commun*, Vol, 26, pp 996-1006, July 20, 2002.
- [13] T. Sato, H. Okada, T. Yamazato, M. Katayama, and Akira OGAWA, “Throughput analysis of DS/SSMA unslotted ALOHA with fixed packet length,” *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol.14, no.4, pp.750-756, May 1996.
- [14] J. M. Holtzman, "On calculating DS/SSMA error probabilities," *IEEE 2nd International Symposium on Spread Spectrum Techniques and Applications*, Jepang, Nopember – Desember 1992.
- [15] M. O. Sunay dan P. J. McLane, "Calculating error probabilities for DS CDMA systems: when not to use the gaussian approximation," *IEEE Globecom 96*, vol. 3, hal. 1744–1749, Nopember 1996.
- [16] J. M. Holtzman, "A simple, accurate method to calculate spread-spectrum multiple-access error probabilities," *IEEE Trans. Comm.*, vol. 40, no. 3, hal. 461–464, Maret 1992.
- [17] J. Cheng dan N. C. Beaulieu, "Accurate DS-CDMA bit-error probability calculation in rayleigh fading," *IEEE Trans. Wire. Comm.*, vol. 1, no. 1, hal. 3–15, Januari 2002.
- [18] C. Lee dan Y. Jeon, "BER analysis of asynchronous DS-CDMA over a rician fading channel," *IEICE Trans. Fund.*, vol. E81–A, no. 7, hal. 1479–1482, Juli 1998.
- [19] F. Sasamori dan F. Takahata, "Theoretical and approximate derivation of bit error rate in DS-CDMA systems under rician fading environment," *IEICE Trans. Fund.*, vol. E82–A, no. 12, hal. 2660–2668, Desember 1999.

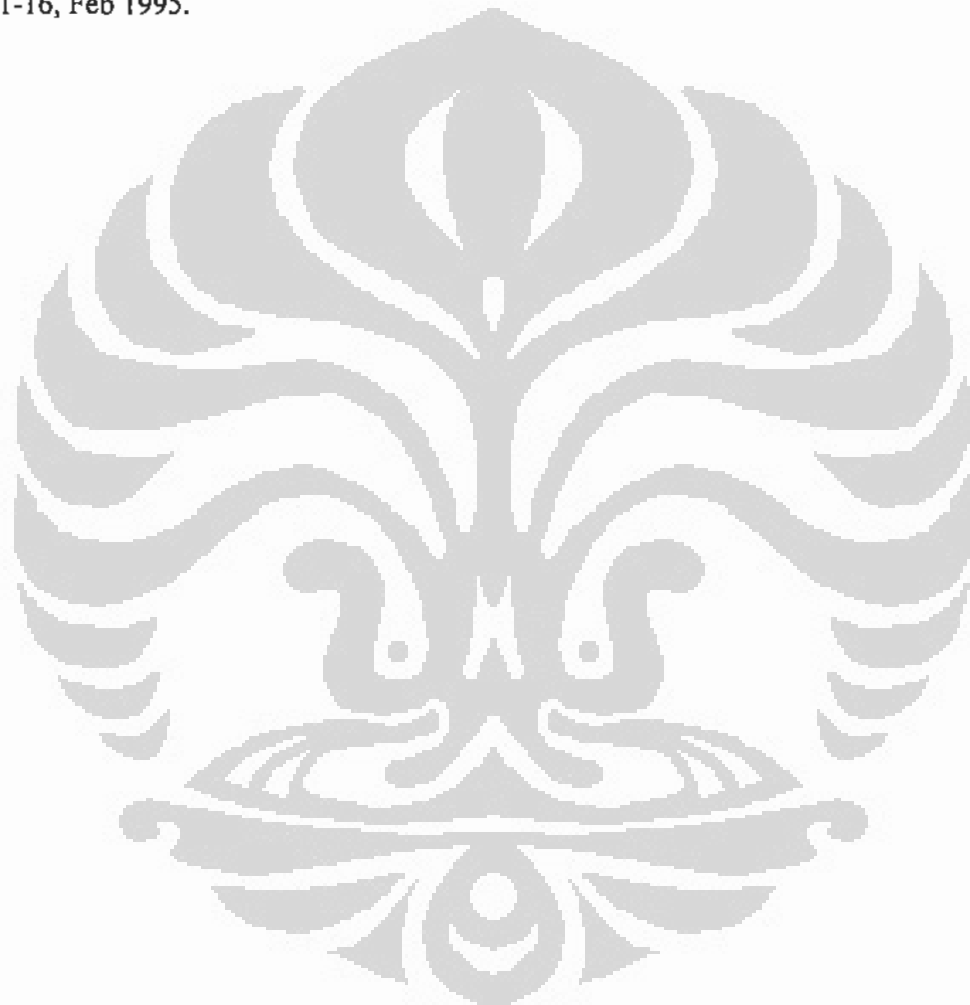
- [20] A. Sheikh, Y-D Yao dan X. WU, "The ALOHA System in Shadowed Mobile Radio Channel with Slow or Fast Fading", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol.39, No.4, November 1990, pp.289-286.
- [21] J. A. Roberts dan T. J Healy, "Packet Radio Performance over slow Rayleigh Fading Channel", *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, Vol. COM-28, No.2, 1980, pp.279-286.
- [22] J. C. Anbark dan W. Van Blitterswijk, "Capacity of Slotted ALOHA in Rayleigh Fading Channel", *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*, Vol. SAC-5, No.2, Februari 1987, pp.261-265.
- [23] Sand A. Al-Semari dan Mohsen Guizani, "Channel Throughput of Slotted ALOHA in Nakagami Fading Environment", *IEEE Transaction on Communications*, 1997.
- [24] C. Trabelsi and A.Yongacoglu, "Bit error rate performance for asynchronous DS-CDMA over multipath fading channels," *IEE Proc. Comm.*, Vol.142, No5, pp 307-314, Oktober 1995.
- [25]. K. Cheun and S. Kim," Joint delay-power capture in spread-spectrum packet radio networks," *IEEE Trans, Commun.*, Vol.46, No. 4, pp 450-453, April 1998.
- [26]. M. S. Do, Y. J. Park, J. Y. Lee," Capture with delay and power randomization in spread-spectrum CDMA slotted ALOHA system," *IEEE VTC 2000*, pp 2152-2158, 2000.
- [27]. M. Kavehrad dan P. J. McLane, "Performance of low-complexity channel coding and diversity for spread spectrum in indoor, wireless communication," *AT&T Tech. Journal*, vol. 64, no. 8, hal. 1927-1965, Oktober 1985.
- [28] M. Abdel Hafez dan F. Alagoz, "A Generalized Performance Study of DS-CDMA Uplink/Downlink Receivers in Nakagami Wideband Fading Channel," *IEICE Trans. Commun.*, vol.E88-B, no.1, hal.333-344, Januari 2005.
- [29] K. W. Sowerby dan A. G. Williamson," *Outage Probability Calculations for A Mobile Radio System Having Multiple Rayleigh Interferes*," *Electron. Lett.*, vol.23, hal. 600-601, 1987.

- [30] Y. D. Yao dan A. U. H. Sheik, "Outage Probability Analysis for Microcell Mobile Radio Systems with Cochannel Interferers in Rician/Rayleigh Fading Environment," *Electron. Lett.*, vol.26, hal.864-866, Juni 1990.
- [31] Y. D. Yao dan A. U. H. Sheik, "Investigations into Cochannel Interference in Microcellular Mobile Radio Systems," *IEEE Trans. on Vehicular Technology.*, vol.41, no.2, Mei 1992.
- [32] Damar Wijaya dan Gunawan Wibisono, "Analisa BER CDMA dengan Dua Model Path Gain Kanal Fading Nakagami," Proc. The 6 th Seminar on Intellegent Technology and Its Applications (SITIA 2005), Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2 May 2005.
- [33] Sallent, Oriol & Agusti, Ramon, " A proposal for an adaptive S-ALOHA system for a Mobile Environment," *IEEE, Trans on Vehicular Technology*, Vol 47,no.3,pp 977-985, august 1998.
- [34] Sallent, Oriol & Agusti, Ramon," Adaptive S-ALOHA CDMA as alternative way of integrating services in mobile environment," *IEEE. Trans. On Veh Technol.* Vol 49, No 3, May 3, 2000.
- [35] _____, "Adaptive scheme for packet data in a DS-CDMA environment," in *Proc, IEEE 47th Veh. Technol. Con., VTC '97*, pp. 1019-1023, 1997
- [36] Sallent, Oriol & Agusti, Ramon, " A mobile controlled algorithm for improving the throughput in a S-ALOHA DS-CDMA system," *PIMRC, Taiwan*, oct 15, 1996.
- [37] Vijay K. Garg, Kenneth Smolik and Joseph E. Wilkes, *Application of CDMA in Wireless/Personal Communications*, Prentice Hall Inc., 1997.
- [38] Prasad, R., "CDMA for Wireless Personal Communications," Artech House Boston-London, 1996.
- [39] Fitzek, Frank H. P., "Quality of Service In Wireless Multicode CDMA System," Berlin, 6 Juni, 2002.
- [40] Rappaprot, T.S, "Wireless Communication", New Jersey, Prentice Hall, 1996 Rapaport

- [41] L. Kleinrock, *Queueing systems*, vol.1, Wiley-Inter-Science, New York, 1975.
- [42] M. B. Pursley, "Performance evaluation for phase-coded spread spectrum multiple-access communication-Part I: System analysis," *IEEE Trans. Commun.*, vol.COM-25, no.8, pp.795-799, Aug.1977.
- [43] Abramson, Norman, "The Throughput of Packet Broadcasting Channels", *IEEE Trans. Comm.*, COM-25, Januari 1977.
- [44] Ha, Tri T., *Digital Satellite Communication*, McGraw-Hill, 1990.
- [45] Wieser, Donald, *And Object-Oriented Event-Driven Simulation System for Multiple Access Control Protocols used in Satellite Communication*, <http://mars.mcs.kent.edu/ksuthesis/node19.html>.
- [46] Andrew S. Tanenbaum, "*Computer Networks, Third Edition*", Prentice Hall, 1996.
- [47] Gunawan Wibisono, "*Studies Performance of Trellis Coded MPSK Modulations on Fading Channels*", PhD Dissertation, at KEIO university, Japan 1998.
- [48] William C. Lee, "*Mobile Communication Engineering*", Singapore, Mc Graw Hill, 2000.
- [49] Hong-Cuan Yang dan Mohammed-Slim Alouini, "*Closed-form Formulas for The Outage Probability of Wireless Communication System with a Minimum Signal Power Constraint*", University of Minnesota, 16 Oktober 2002.
- [50] V.J. Karg dan J.E. Wilkes, "*Wireless and Personal Communication System*", New Jersey, Prentice Hall, 1996.
- [51] K. Pahlavan and A.H. Levesque, "Wireless data communication," *Proc. IEEE*, vol.82, no.9, pp.1398-1430, Sept. 1994.
- [52] M. Saito, H. Okada, T. Yamazato, M. Katayama, and A. Ogawa, "Throughput performance of spread slotted ALOHA system with modified channel load sensing protocol," *IEICE Technical Report*, SAT 95-83, Dec 1995.

- [53] J.M. Jacobmeyer, "Congestion relief on power-controlled CDMA networks," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol.14, no.9, pp1758-1761, Dec. 1996.
- [54] A. Sandouk, T. Sato, T. Yamazato, M. Katayama, and Akira OGAWA, "Performance analysis of CDMA unslotted ALOHA operating over CDMA voice signal," *Proc. IEEE Pacific Rim Conference on Communication, Computer and Signal Processing, IEEE-PACRIM' 97*, vol.2, pp.603-606, Aug.1997.
- [55] Lee, J. S., Miller, Leonard E., "CDMA Systems Engineering Handbook," Artech House, Boston, London, 1998.
- [56] R. K. Morrow, Jr. dan J. S. Lehnert, "Bit-to-bit error dependence in slotted DS/SSMA packet systems with random signature sequences," *IEEE Trans. Comm.*, vol. 37, no. 10, hal. 1052–1061, Oktober 1989.
- [57] J. M. Holtzman, "A simple, accurate method to calculate spread-spectrum multiple-access error probabilities," *IEEE Trans. Comm.*, vol. 40, no. 3, hal. 461–464, Maret 1992.
- [58] J. M. Holtzman, "On calculating DS/SSMA error probabilities," *IEEE 2nd International Symposium on Spread Spectrum Techniques and Applications*, Jepang, Nopember – Desember 1992.
- [59] M. O. Sunay dan P. J. McLane, "Calculating error probabilities for DS CDMA systems: when not to use the gaussian approximation," *IEEE Globecom 96*, vol. 3, hal. 1744–1749, Nopember 1996.
- [60] J. Cheng dan N. C. Beaulieu, "Accurate DS-CDMA bit-error probability calculation in rayleigh fading," *IEEE Trans. Wire. Comm.*, vol. 1, no. 1, hal. 3–15, Januari 2002.
- [61] V. A. Aalo dan J. Zhang, "On the effect of cochannel interference on average error rates in nakagami-fading channels," *IEEE Comm. Lett.*, vol. 3, no.5, hal. 136–138, Mei 1999.
- [62] C. Chayawan dan V. A. Aalo, "Average symbol error rate of maximal ratio combining scheme in the presence of multiple cochannel interferers," *ECTI Trans. Electrical Eng., Electronics, and Comm.*, vol. 1, no. 1, hal. 38–45, Agustus 2003.

- [63] R. Rom and M. Sidi, *Multiple Access Protocols, Performance and Analysis*. Berlin: Springer-Verlag, 1990.
- [64] L. Kleinrock and S. S. Lam, "Packet switching in a multi-access broadcast channel: Performance evaluation," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-23, no. 4, pp. 410–422, 1975.
- [65] Z. Liu and M.EL Zarki," Performance analysis of DS-CDMA with slotted ALOHA random access for packet PCN's," *Wireless Network*, Vol.1, no.1 pp.1-16, Feb 1995.



DAFTAR PUSTAKA

1. Gradsteyn, I. S., Ryzhik, I. M., Geronimus, Yu. V., dan Tseytlin, M. Yu., *"Table of Integrals, Series, and Products,"* Academic Press Inc., London, 1980.
2. Lee, J. S., Miller, Leonard E., *"CDMA Systems Engineering Handbook,"* Artech House, Boston, London, 1998.
3. Simon, Marvin K. dan Alouni, Mohamed-Slim, *"Digital Communication Over Fading Channels : A Unified Approach to Performance Analysis,"* John Wiley and Son Inc., USA, 2000.
4. Walpole, Ronald E., Myers, Raymond H., Myers, Sharon L., dan Ye, Keying, *"Probability and Statistics for Engineers and Scientists,"* Ed. 7, Prentice Hall Int., New Jersey, 2002.
5. Norman Abramsom, *"Multiple Access Technology"*.
6. Andrew S. Tanenbaum, *"Computer Networks, Third Edition"*, Prentice Hall, 1996.

LAMPIRAN

Lampiran A Untuk Persamaan Rumus (3.28)-(3.29)

Pdf dari RV dengan Kanal *Fading* Nakagami/Nakagami

Jika X dan Y adalah *independent* RV, dan jika $m_x = s$, $m_x/\Omega_x = \lambda_x$, $m_y L = t$, $m_y/\Omega_y = \lambda_y$, maka sesuai dengan (3.28), pdf dari $A = X + Y$ adalah:

$$\begin{aligned}
 p_A(\alpha) &= \int_0^\alpha p_X(\alpha - y)p_Y(y)dy \\
 &= \int_0^\alpha \frac{\lambda_x e^{-\lambda_x(\alpha - y)}[\lambda_x(\alpha - y)]^{s-1}}{\Gamma(s)} \frac{\lambda_y e^{-\lambda_y y}(\lambda_y y)^{t-1}}{\Gamma(t)} dy \\
 &= \frac{\lambda_x^s e^{-\lambda_x \alpha} \lambda_y^t}{\Gamma(s)\Gamma(t)} \int_0^\alpha e^{\lambda_y y} e^{-\lambda_x y} (\alpha - y)^{s-1} y^{t-1} dy \\
 &= \frac{\lambda_x^s \lambda_y^t e^{-\lambda_x \alpha}}{\Gamma(s)\Gamma(t)} \int_0^\alpha e^{y(\lambda_x - \lambda_y)} (\alpha - y)^{s-1} y^{t-1} dy
 \end{aligned} \tag{1}$$

Penyelesaian bagian integral dari (B.1), sesuai dengan [I. S. Gradshteyn dan I. M. Ryzhik, *Table of Integrals, Series, and Products*, London: Academic Press, Inc. 1980., pers. (3.383.1)] adalah

$$\int_0^\alpha e^{y(\lambda_x - \lambda_y)} (\alpha - y)^{s-1} y^{t-1} dy = \alpha^{s+t-1} \beta(s, t) {}_1F_1[t, s+t, \alpha(\lambda_x - \lambda_y)] \tag{2}$$

Karena

$$\beta(s, t) = \frac{\Gamma(s)\Gamma(t)}{\Gamma(s+t)} \tag{3}$$

maka

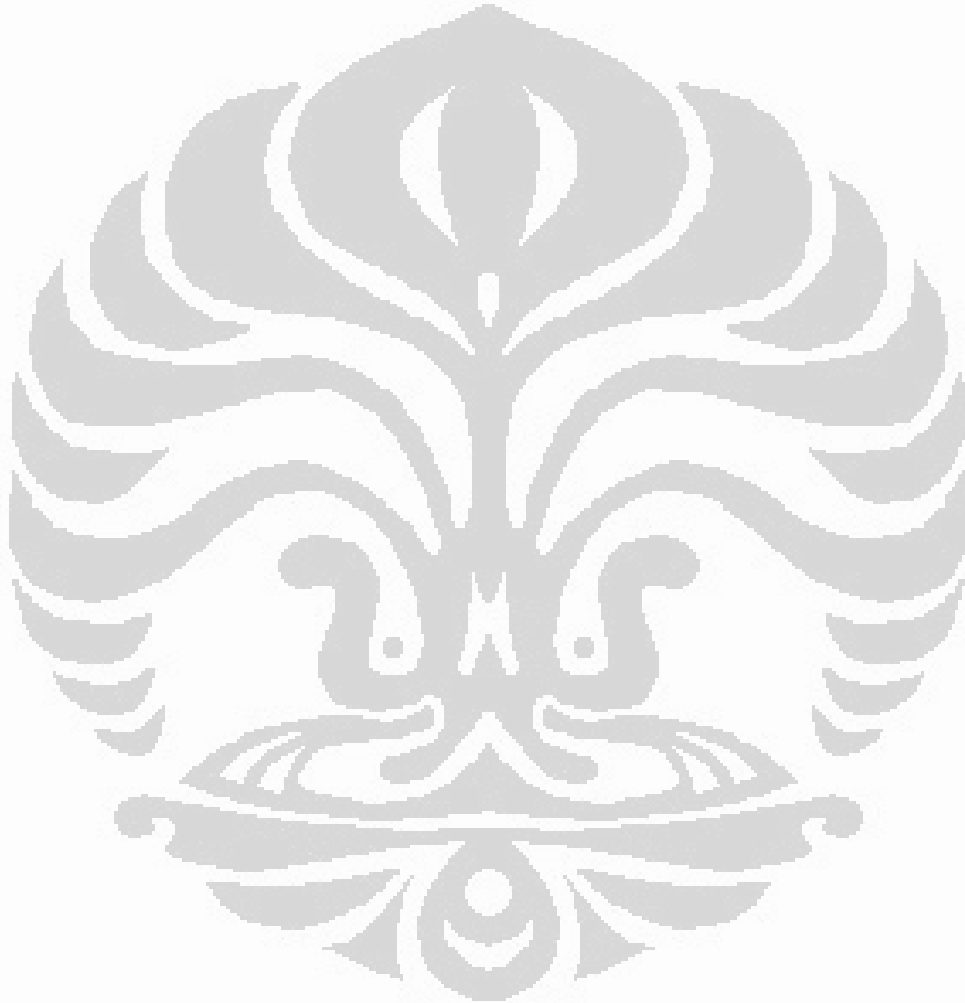
$$\int_0^\alpha e^{y(\lambda_x - \lambda_y)} (\alpha - y)^{s-1} y^{t-1} dy = \frac{\alpha^{s+t-1} \Gamma(s)\Gamma(t) {}_1F_1[t, s+t, \alpha(\lambda_x - \lambda_y)]}{\Gamma(s+t)} \tag{4}$$

dan

$$\begin{aligned}
 p_A(\alpha) &= \frac{\lambda_x^s \lambda_y^t e^{-\lambda_x \alpha}}{\Gamma(s)\Gamma(t)} \frac{\alpha^{s+t-1} \Gamma(s)\Gamma(t) {}_1F_1[t, s+t, \alpha(\lambda_x - \lambda_y)]}{\Gamma(s+t)} \\
 &= \frac{\lambda_x^s \lambda_y^t}{\Gamma(s+t)} e^{-\lambda_x \alpha} \alpha^{s+t-1} {}_1F_1[t, s+t, \alpha(\lambda_x - \lambda_y)]
 \end{aligned} \tag{5}$$

Dengan memasukkan kembali nilai-nilai s , t , λ_x , dan λ_y , diperoleh [32]:

$$p_A(\alpha) = \frac{\left(\frac{m_x}{\Omega_x}\right)^{m_x} \left(\frac{m_y}{\Omega_y}\right)^{m_y L}}{\Gamma(m_x + m_y L)} \exp\left(-\frac{m_x z}{\Omega_x}\right) \alpha^{m_x + m_y L - 1} {}_1F_1\left[m_y L, m_x + m_y L, \alpha\left(\frac{m_x}{\Omega_x} - \frac{m_y}{\Omega_y}\right)\right] \quad (6)$$



Lampiran B untuk Persamaan Rumus (3.42)-(3.49)

Pada Teori Markov *Chain* terdapat suatu hubungan yang dinyatakan sebagai berikut :

$$\sum_{k=0}^K \sum_{h=0}^{\min(w,k)} P_r(K_w^{(S)} = h, K_w^{(T)} = k | K_w^{(B)} = i) = 1 \quad (1)$$

karena

$$P_y = P_r(K_{w+1}^{(B)} = j | K_w^{(B)} = i) \quad , \quad \text{untuk } 0 \leq i, j \leq K \quad (2)$$

Maka Persamaan (1) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P_y = \sum_{k=0}^K \sum_{h=0}^{\min(w,k)} P_r(K_{w+1}^{(B)} = j, K_w^{(S)} = h, K_w^{(T)} = k | K_w^{(B)} = i) \quad (3)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (5.6) yaitu :

$$K_{w+1}^{(B)} = j \Leftrightarrow K_w^{(N)} = j - i + s$$

Ke dalam persamaan (3), sehingga bentuk persamaan (3) menjadi sebagai berikut :

$$P_y = \sum_{k=0}^K \sum_{h=0}^{\min(w,k)} P_r(K_w^{(N)} = j - i + h, K_w^{(S)} = h, K_w^{(T)} = k | K_w^{(B)} = i) \quad (4)$$

Kemudian dengan menggunakan ketiga persamaan diatas (1), (2), (3) nilai P_y dapat diekspansikan menjadi sebagai berikut :

$$P_y = \sum_{i=0}^K \sum_{h=0}^{\min(w,k)} \left[\left(P_r(K_w^{(S)} = h | K_w^{(T)} = k, K_w^{(N)} = j - i + h | K_w^{(B)} = i) \right) \times \left(P_r(K_w^{(T)} = k | K_w^{(N)} = j - i + h, K_w^{(B)} = i) \right) \right] \times \left(P_r(K_w^{(N)} = j - i + h | K_w^{(B)} = i) \right) \quad (5)$$

Kemudian dengan mensubstitusikan persamaan (1), (2), (3), dan (6) ke dalam persamaan (5), sehingga bentuk persamaan (5) menjadi sebagai berikut :

$$P_y = \sum_{k=0}^K \sum_{h=0}^{\min(w,k)} \left[\left(P_r(K_w^{(R)} = k - j + i - h | K_w^{(B)} = i) \right) \times \left(P_r(K_w^{(N)} = j - i + h | K_w^{(I)} = N - i) \right) \right] \times \left(P_r(K_w^{(S)} = h | K_w^{(T)} = k) \right) \quad (6)$$

Karena

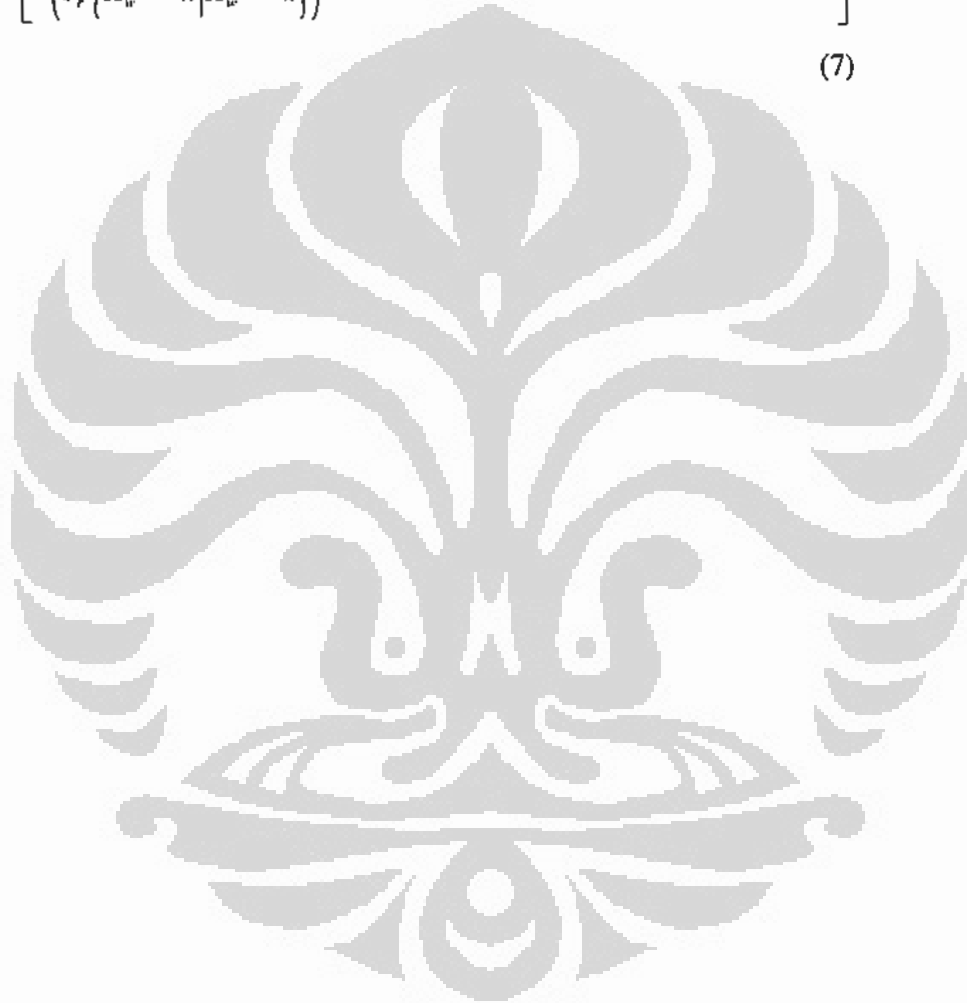
$$P_r(K_w^{(R)} = k - j + i - h | K_w^{(B)} = i) = \binom{i}{k - j + i - h} P_r^{k - i + h} (1 - P_r)^{i - k + h}$$

Dan

$$P_r(K_w^{(N)} = j - i + h \mid K_w^{(I)} = K - i) = \binom{K - i}{j - i + h} P_o^{j - i + h} (1 - P_o)^{K - j - h}$$

Maka persamaan (6) dapat dinyatakan sebagai berikut untuk persamaan (3.51) [33]:

$$P_{ij} = \sum_{k=0}^K \sum_{h=0}^{\min(w, k)} \left[\left(\binom{K - i}{j - i + h} P_o^{j - i + h} (1 - P_o)^{K - j - h} \right) \times \left(\binom{i}{K - h + i + j} P_r^{k - h + i - j} (1 - P_r)^{i + h - k} \right) \right] \times \left(P_r \{ K_w^{(S)} = h \mid K_w^{(T)} = k \} \right) \quad (7)$$



HASIL PUBLIKASI

- 2004 Hoga Saragih dan Gunawan Wibisono, "Analisa Ketidakseimbangan Kapasitas Antara Kanal Uplink dan Kanal Downlink pada Pelapisan N-CDMA dan W-CDMA Menggunakan Kontrol Daya Berbasis SIR" Proceeding Electric, Control, Communication & Information Seminar 2004, Unibraw Malang, Mei 2004, pp. C-07.1 - C.07.5, 2004.
- 2005 Hoga Saragih dan Gunawan Wibisono, "QOS CDMA ALOHA Dengan Improved Gaussian Approximation dalam Jaringan Multimedia", 6 th Seminar on Intelligent , Technology and Its Applications (SITIA 2005) ITS, 2 may 2005, Surabaya, Indonesia, Hal 391-394.
- 2005 Hoga Saragih dan Gunawan Wibisono "Analysis Throughput Slotted ALOHA DS-CDMA in Nakagami/Nakagami Fading Channel with Capture Effect", International Conference On information and Communication technology (ICCT-UMB 2005), Universitas Mercubuana, 9-10 juni 2005, Jakarta, 2005, Hal 257-266.
- 2005 Hoga Saragih dan Gunawan Wibisono, "Analysis Throughput Adaptive S-ALOHA CDMA in Multipath Fading Channels With Capture Effect", International Conference on Instrumentation, Communication and Information Technology (ICICI) 2005 Proc., August 3-5 2005, ITB, Bandung, Indonesia, 2005, Hal 265-269.
- 2006 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analisa Kinerja Multicell Multi-code Multicarrier CDMA dengan Dual Medium Menggunakan Power Control Error, ECCIS 2006, Malang, Universitas Brawijaya, Malang, 17-18 Mei 2006, Hal C-53-C59.
- 2006 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analysis of Throughput S-ALOHA CDMA with Differential MRC at Two Fading Models", RPCES 2006, Universiti Teknologi Malaysia, Skundai, Johor Bahru, 26-27 July 2006, Hal 275-280.

- 2006 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analisa Capture Effect Dalam Sistem Throughput Adaptive Slotted ALOHA CDMA pada kanal Multipath Fading", **JURNAL TEKNOLOGI**, Edisi No.3 tahun XX, September 2006, Hal 177-185.
- 2006 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analisa Throughput S-ALOHA CDMA Dengan Differensial MRC Pada Dua Model Fading", **JURNAL TEKNOLOGI**, Edisi No.4 tahun XX, Desember 2006, Hal 252-259.
- 2007 Hoga Saragih, " Analisa Outage Probability dan Throughput CDMA ALOHA dengan IGA", **JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI EMAS**, Vol 7, No. 2, Mei 2007, Hal 90-100.
- 2007 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analysis Throughput Multi-code Multicarrier CDMA S-ALOHA With Dual Medium", **International Conference on Electrical Engineering and Informatics 2007, (ICEEI 2007) Proc.**, June 17-19, 2007, H-50, Bandung, ITB, Indonesia, Hal 1025-1030.
- 2007 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analysis Throughput Multicell Multi-code Multicarrier CDMA S-ALOHA Menggunakan Power Control Error" **National Conference 2007, Design and Application of Technology 2007, , Proc.**, July 19, 2007, TE-001, Catholic University Widya Mandala Surabaya, Indonesia, Hal 8-18.
- 2007 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analisis Throughput MC-MC-CDMA S-ALOHA Dengan Delay Capture", **Seminar Nasional Komputer dan Telekomunikasi Dalam Rangka Lustrum Ke-3 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Taruma Nagara**, 22 Agustus 2007, Jakarta, Indonesia, Hal 17-24.
- 2007 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analisis Throughput MC-MC-CDMA S-ALOHA Dengan Capture Effect Menggunakan PCE", **National Conference On Perspective Technology (NCPT 2007)**, 24-25 Agustus 2007, Universitas Maranatha, Bandung, Indonesia , Hal 77-84.

- 2007 Hoga Saragih, "Analisis Bit Error Rate (BER) pada Multicell Multicode Multicarrier CDMA Dengan Dual Medium Menggunakan Power Control Error," **JURNAL TEKNOLOGI**, Vol. 1. Edisi Nomor 2, September 2007, ISSN : 1693-0266, Hal 97-105.
- 2008 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "CDMA ALOHA Based For Cellular Multimedia System, The Asia Pasific Conference on Art, Science, Engineering & Technology (ASPAC on ASET 2008), Solo, 19-22 May 2008, Hal E12 - E19
- 2008 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Perancangan Layanan Sistem Selular Pada Adaptive CDMA S-ALOHA dengan IGA, National Conference 2008, Design and Application of Technology 2008, July 17, 2008, Catholic University Widya Mandala Surabaya, Indonesia
- 2008 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Perancangan Layanan Sistem Multimedia Selular Dengan CDMA S-ALOHA, Seminar Nasional Teknologi Industri 2008 (SNTI 08), 23 Juli 2008, Universitas Trisakti.
- 2008 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "The Development of Slotted ALOHA CDMA for Nakagami Fading Channel, The 4th International Conference on Information & Communication Technology and Systems (ICTS) 2008, 5 Agustus 2008, ITS, Surabaya, Indonesia
- 2008 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Throughput Analysis of S-ALOHA CDMA on Multipath Fading Channel due to Capture effectes , International Conference on Telecommunications (ICTel 2008), 19-21 Agustus 2008, Institut Teknologi TELKOM (ITTelkom/ STT Telkom), Bandung, Indonesia

RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Personal Data

1. Nama lengkap : HOGA SARAGIH Jenis kelamin : Laki-laki
Full Name *Sex* *Male*
2. Tempat / Tgl. lahir : BANDUNG / AUGUST 15, 1976 Umur : 31 *tahun*
Place / date of birth *Age* *years*
3. Alamat lengkap : JL. BENTENGAN No. 1 RT : 01 RW : 05
Complete Address

Kelurahan : SUNTER JAYA
Kecamatan : TANJUNG PRIOK
Kota / City : JAKARTA-UTARA
Kode Pos / Area Code : 14350
INDONESIA

Telp. Rumah / Home : 021-6504675

Handphone : 08128594780

Email : hoga@plasa.com / hoga15876@yahoo.com /
 hoga03@eng.ui.ac.id / hogasaragih@uph.edu /
 hogasaragih@gmail.com

B. Kualifikasi Pendidikan / Profesi

Education / Profesional Qualifications

1. Pendidikan formal

Formal Education

<u>Tingkat Pendidikan</u>	<u>Nama Sekolah</u>	<u>Alamat</u>	<u>Tahun Masuk</u>	<u>Tahun Lulus</u>	<u>Gelar</u>
<i>Level of Education</i>	<i>Name of School</i>	<i>Address</i>	<i>Year Joined</i>	<i>Year Degree</i>	<i>Title</i>
Elementary	Elementary School Harapan Mulia 17 Pagi	Jakarta	1982	1988	
Jr.High School	Lower Secondary School 79	Jakarta	1988	1991	
Sr.High School	Upper Secondary School 5	Jakarta	1991	1994	
University (S-1)	University of Kristen Krida Wacana	Jakarta	1994	1998	S.T.
Master Program (S-2)	University of Indonesia	Depok	1999	2001	M.T.

2. Latihan / Kursus

Courses

No	Nama kursus / latihan <i>Name of courses</i>	Penyelenggara <i>Name of Institution</i>	Berapa lama <i>Duration</i>
1.	Course Basic Electronic Audio Video	Lembaga Pendidikan Elektronika HERTZ	1 years
2.	Course Electronic Technician	Yayasan Indonesia Technician Technology	1 month
3.	Course English	IEC	3 years
4.	Course English	ELF	2 years
5.	Course Technic Pendingin	Balai Latihan Kerja DEPNAKER	6 month

C. Prestasi khusus seminar

Special achievement of seminary

No	Lokal <i>Local</i>	Nasional <i>National</i>	Internasional <i>International</i>
1.	SITIA 2001	ITS Surabaya – Indonesia	
2.	Study (3 month)		Tohoku University –Japan
3.	EECCIS 2004	University of Brawijaya	
4.	SITIA 2004	ITS Surabaya – Indonesia	
5.	ICCT-UMB 2005		University of Mercubuana
6	ICICI 2005		ITB
7	EECCIS 2006	University of Brawijaya	
8	RPCES 2006		Universitas Teknologi Malaysia
9	ICEEI 2007		ITB
10	DAT 2007	Catholic University Widya Mandala Surabaya	
12	SNKT 2007	Universitas Tarumanagara, Jakarta	
11	NCPT 2007	Universitas Maranatha, Bandung	
12	SNTI 2008	TRISAKTI	
13	DAT 2008	Catholic University Widya Mandala Surabaya	
14	ASPAC on ASET 2008		MASDALI, LIPI, SOLO
15	(ICTS) 2008		ITS
16	ICTel 2008		STTTelkom

D. Riwayat Pekerjaan Pendidikan
Educational Work Experience

No	<u>Nama institusi</u> <i>Name of institution</i>	<u>Alamat</u> <i>Address</i>	<u>Profesi</u> <i>Type of Profession</i>	<u>Berapa lama</u> <i>Duration</i>	<u>Jabatan terakhir</u> <i>Position held</i>
1.	UKRIDA	JAKBAR	Lectures	6 Month	Lectures Only
2.	UNTAG	JAKUT	Lectures	5 Years	Asisten Ahli
3.	UNIVERSITAS KRISNA DWIPAYANA	JAKARTA	Lectures	6 Month	Lectures Only
4.	UNIVERSITAS PELITA HARAPAN	TANGERANG	Lectures	2 Years	Lectures Only

E. Riwayat Pekerjaan Non Pendidikan
Non Educational Work Experience

No	<u>Nama perusahaan</u> <i>Name of company</i>	<u>Alamat</u> <i>Address</i>	<u>Tgl. masuk</u> <i>Date Started</i>	<u>Tgl. keluar</u> <i>Date Ended</i>	<u>Jabatan terakhir</u> <i>Position held</i>
1.	Mitra Electronic Service	Sunter	1-1-1995	30-12-98	Tecnician
2.	Metanonia Publishing and Bookstore	Gunung Sahari	1-1- 2002	30-7- 2002	Manager EDP-IT

F. Member of MASTEL (MASYARAKAT TELEKOMUNIKASI)

G. Member of MASDALI (MASYARAKAT KENDALI)

H. Member of HFI (HIMPUNAN FISIKA INDONESIA)



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI KINERJA CDMA S-ALOHA PADA KANAL FADING
DENGAN CAPTURE EFFECT**

RINGKASAN DISERTASI

Untuk memperoleh gelar Doktor dalam Ilmu Teknik Elektro yang dipertahankan
dihadapan Sidang Terbuka Senat Akademik Universitas Indonesia
dibawah Pimpinan Rektor Universitas Indonesia
Prof. Dr. der Soz. Gumilar Rusliwa Somantri,
Pada hari rabu, tanggal 23 Juli 2008 pukul 9.00 WIB

Hoga Saragih
8403030028

**PROGRAM PASCA SARJANA BIDANG ILMU TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
2008**

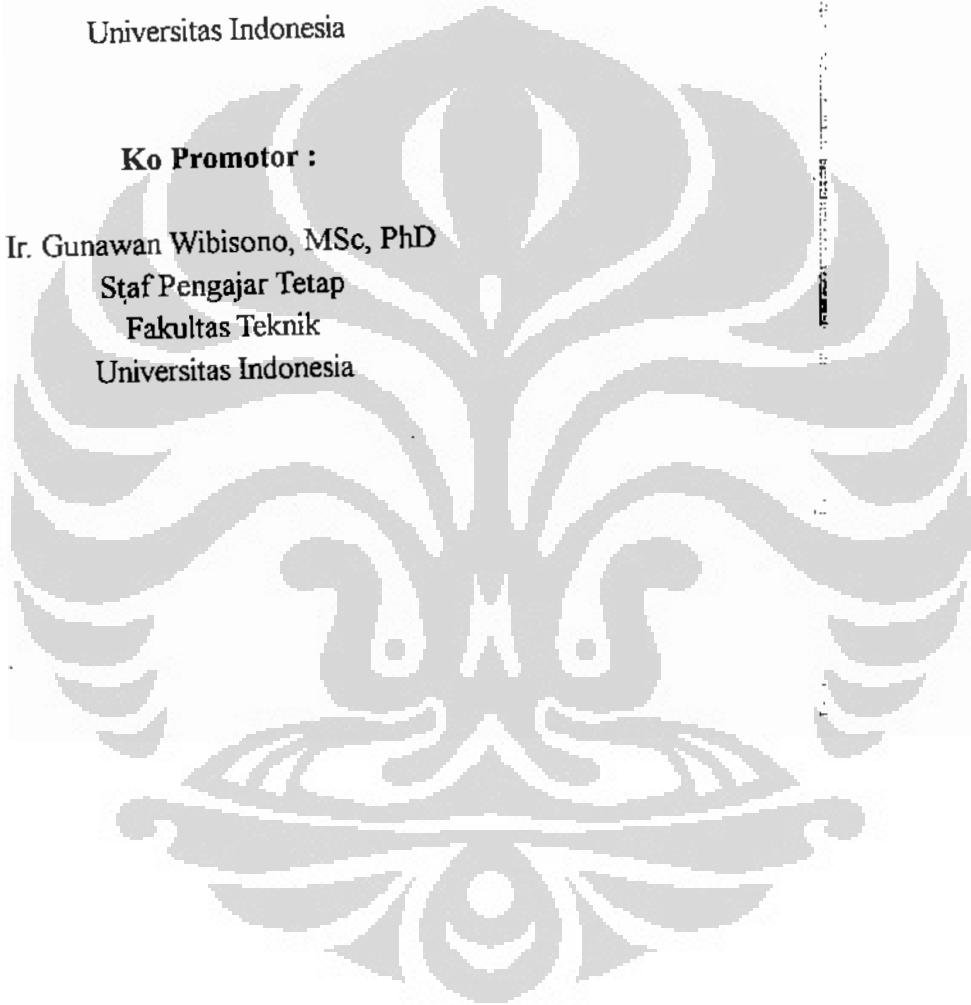
**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS INDONESIA**

Promotor :

Prof. Dr. Ir. Eko Tjipto Rahardjo
Guru Besar Tetap
Fakultas Teknik
Universitas Indonesia

Ko Promotor :

Ir. Gunawan Wibisono, MSc, PhD
Staf Pengajar Tetap
Fakultas Teknik
Universitas Indonesia



Panitia Penguji :

Prof. Dr. Ir. Dadang Gunawan, M.Eng.
Guru Besar Tetap
Fakultas Teknik
Universitas Indonesia

Dr. Ir. Muhammad Asvial
Staf Pengajar Tetap
Fakultas Teknik
Universitas Indonesia

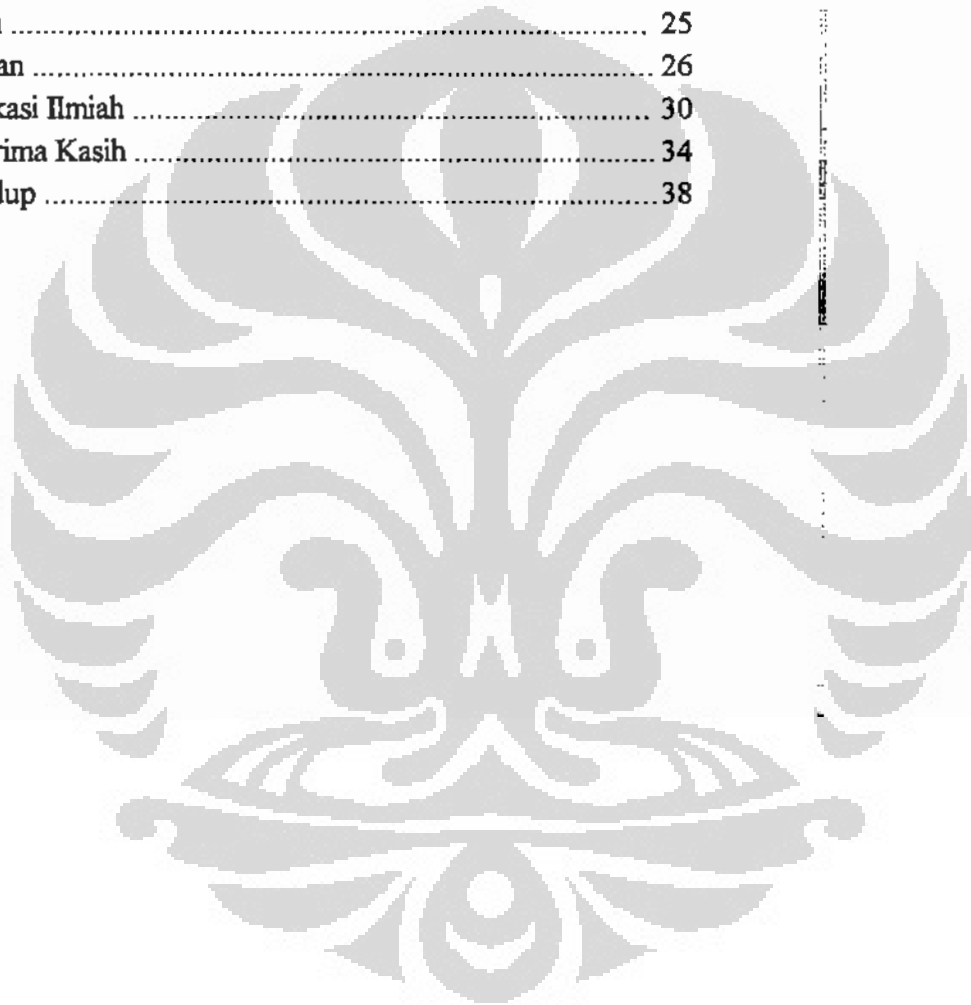
Dr. Gamantyo Hendrantoro
Staf Pengajar Tetap
Fakultas Teknik
ITS

Prof. Dr. Ir. Bagio Budiardjo, M.Sc.
Guru Besar Tetap
Fakultas Teknik
Universitas Indonesia

Prof. Dr. Ir. Harry Sudibyo.S
Guru Besar Tetap
Fakultas Teknik
Universitas Indonesia

Daftar Isi

1. Pendahuluan	1
2. Tujuan Penelitian	4
3. Metodologi Penelitian	5
4. Batasan Masalah	5
5. <i>Throughput</i> CDMA S-ALOHA	6
6. Hasil Dan Analisa	10
7. Kesimpulan	25
8. Daftar Acuan	26
9. Hasil Publikasi Ilmiah	30
10. Ucapan Terima Kasih	34
11. Riwayat hidup	38



1. Pendahuluan

Sistem komunikasi *wireless* berbasis teknologi *code division multiple acces* (CDMA) banyak dipakai karena mempunyai keunggulan dalam mengatasi *multipath fading* dan interferensi *cochannel*, memperbaiki kualitas layanan, serta dapat meningkatkan kapasitas sistem [1]-[5]. CDMA memanfaatkan kode-kode digital yang unik yang berfungsi untuk membedakan satu pengguna dengan pengguna yang lainnya. Kode-kode yang digunakan berupa deret *pseudo-noise* (PN) atau *pseudorandom* yang merupakan deretan data dengan kecepatan tinggi. Kode PN dengan satuan *chips*, merupakan sinyal yang memperlebar sinyal informasi dan digunakan untuk membedakan antara satu pengguna dengan yang lainnya.

ALOHA merupakan salah satu teknik akses jamak yang banyak dipakai pada komunikasi data. Permasalahan pada ALOHA adalah penurunan kualitas sinyal yang disebabkan oleh jumlah pengguna yang besar yang mengakibatkan meningkatnya interferensi, *fading* dan *shadowing*. ALOHA sangat sesuai untuk komunikasi dengan jumlah pengguna yang besar dengan trafik *bursty*. Protokol pengiriman pada ALOHA sangat sederhana, dimana pengguna dapat mengirimkan paketnya kapan saja. Karena tidak ada koordinasi antar pengguna maka sering terjadi tabrakan. ALOHA banyak dipakai karena memiliki keunggulan dalam pengalokasian kanal dan penerapannya mudah serta mampu menghindari *overlap* yang berulang kali [6]-[10].

Gabungan CDMA dan ALOHA yang disebut CDMA ALOHA memiliki keunggulan antara lain penggunaan sumber daya frekuensi yang efektif untuk mencapai kapasitas sistem yang besar, pengguna dapat mengirimkan datanya tanpa ada pengaturan dengan pengguna lainnya, dan dapat untuk transmisi data dengan jumlah pengguna yang besar. Metode akses CDMA ALOHA ini menggunakan daya pengirim yang rendah dan mampu melayani jumlah pengguna yang besar dengan struktur penerima yang sederhana. Selain itu,

teknik CDMA ALOHA juga memiliki daya tahan yang sangat kuat terhadap problematika waktu kedatangan paket. CDMA ALOHA juga memberikan perbaikan kinerja *throughput*, *delay* dan stabilitas sistem dibandingkan elemen pembentuknya CDMA dan ALOHA.

Kinerja sistem CDMA ALOHA telah banyak dianalisa [6]-[10]. Sistem CDMA ALOHA pada jaringan radio paket dapat diklasifikasikan menjadi 2 kategori yaitu sistem CDMA *Slotted*-ALOHA [11], [12] dan sistem CDMA *Unslotted*-ALOHA [13]. CDMA U-ALOHA telah diteliti dengan fokus pada integrasi pengguna suara dan data dengan menggunakan *channel load sensing protocol* (CLSP) untuk kendali transmisi data [8]. CDMA S-ALOHA untuk integrasi pengguna suara dan data telah dianalisa oleh [9]. Dari [9], terlihat bahwa CDMA S-ALOHA memiliki *throughput* yang lebih baik dari S-ALOHA dan *outage probability* yang lebih baik dari CDMA. Keunggulan CDMA S-ALOHA adalah mempunyai *bandwidth* yang lebar, dapat mengakomodasi jumlah pengguna yang besar, kompleksitas sistem rendah dan fleksibilitas yang tinggi.

Analisis kinerja *bit error rate* (BER) CDMA biasa dilakukan dengan menggunakan *Gaussian approximation* (GA) [14], [15]. Pada metode GA evaluasi BER CDMA dengan mengabaikan adanya varian dari *multiple access interference* (MAI), sehingga hasil pendekatannya kurang akurat. Pada [16] telah dievaluasi kinerja BER CDMA dengan metode GA dan IGA, dan dihasilkan bahwa IGA lebih akurat daripada GA. Permasalahan pada CDMA S-ALOHA adalah penurunan kinerja *throughput* dikarenakan adanya *multipath fading*, interferensi, tabrakan dan peningkatan *transmission rate*. Pengaruh *fading* pada CDMA S-ALOHA adalah menurunkan BER CDMA yang secara langsung akan menurunkan *throughput*. Makin banyak tabrakan menyebabkan makin rendah probabilitas paket sukses yang terjadi sehingga *throughput* CDMA S-ALOHA akan menurun. *Transmission rate* yang tinggi akan mengakibatkan turunnya trafik disebabkan tingginya tabrakan dan *delay* yang terjadi. Untuk mengatasi

penurunan *throughput* dikarenakan adanya *fading* salah satu metode biasa yang digunakan adalah dengan teknik *capture*.

Pengaruh *multipath fading* mengakibatkan penurunan BER CDMA [17]-[19], sedangkan *cochannel interference* dapat mengurangi kapasitas sistem. Analisa kinerja S-ALOHA pada kanal ber-*fading* telah dilakukan oleh [20]-[22]. Demikian juga kinerja S-ALOHA pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami dengan nilai parameter *fading* yang sama untuk *test packet* dan *interfering packets* juga telah dilakukan [23], [24]. Pada kanal ber-*fading* pengiriman paket sinyal utama maupun sinyal interferensi akan mengalami kerusakan yang disebabkan oleh *multipath fading* dan *noise*. Akibatnya penerima akan menerima paket yang tidak sempurna walaupun *collision* tidak terjadi.

Untuk mengatasi penurunan kualitas sinyal, diusulkan teknik *capture* yaitu sinyal dengan daya terbesar yang hanya diterima disisi penerima. Teknik ini biasa disebut *capture effect* [25]-[27]. Penerima dapat meng-*capture* paket dari sinyal utama yang ditransmisikan oleh pengirim pada kanal ber-*fading* jika daya dari sinyal utama paket yang nilainya melebihi daya dari total sinyal interferensi paket dalam waktu tertentu (*delay capture*). Dengan menerapkan *capture effect* diharapkan *throughput* CDMA S-ALOHA meningkat dibandingkan dengan sistem tanpa adanya *capture effect*. Oleh karena itu sangat menarik untuk menganalisa kinerja CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect*. Evaluasi kinerja CDMA S-ALOHA didekati dengan IGA untuk tingkat akurasi yang lebih baik dari GA.

Pada kondisi mikroseluler, model *fading* untuk sinyal utama dapat dimungkinkan berbeda dengan model *fading* untuk sinyal interferensi karena dianggap melalui jalur/*path* yang berbeda untuk transmisi sinyal utama dan sinyal interferensi. Kinerja S-ALOHA dengan dua model *fading* untuk sinyal utama dan sinyal interferensi telah dievaluasi oleh [28]-[32]. Yao dkk [28] telah mengevaluasi kinerja S-ALOHA dengan model Nakagami/

Nakagami dengan *fading* parameter yang sama. Sedangkan pada [29] telah evaluasi penggunaan Rayleigh/Rayleigh baik untuk sinyal utama maupun sinyal interferensi. Dari hasil studi literatur belum ditemukan evaluasi CDMA S-ALOHA dengan model *fading* berbeda untuk sinyal utama dan sinyal interferensi dengan *capture effect*. Oleh karena itu sangat menarik untuk dievaluasi kinerja CDMA S-ALOHA pada kanal Nakagami/Nakagami dengan *capture effect*. Diasumsikan bahwa parameter *fading* untuk sinyal utama berbeda dengan sinyal interferensi.

Komunikasi mendatang harus dapat mengakomodasi pengguna dengan menggunakan data *rate* yang tinggi. Pada CDMA S-ALOHA dengan meningkatnya data *rate* mengakibatkan *throughput* turun yang disebabkan meningkatnya tabrakan dan *delay* yang terjadi. Untuk mengatasi masalah ini pada CDMA S-ALOHA, maka diusulkan *Adaptive* CDMA S-ALOHA [33]-[36]. Selain itu, *Adaptive* CDMA S-ALOHA [34] adalah metode yang cukup efektif untuk mengintegrasikan layanan *non real time* (seperti *internet application*) dan *real time* (seperti suara) pada skenario *multisel*.

Adaptive CDMA S-ALOHA adalah teknik yang mengizinkan pengguna untuk mengirim data dengan menggunakan tingkat kecepatan transmisi yang berbeda-beda sesuai dengan kondisi trafik yang ada ketika *traffic* kanal dalam keadaan saturasi. Dengan cara ini, *throughput* akan meningkat dan waktu tunda pengiriman berkurang [33]-[36]. Evaluasi pada [33] hanya pada kanal *noise*, dimana pada sistem *wireless* pengaruh *fading* sangat besar. Oleh karena itu sangat menarik untuk mengevaluasi kinerja *Adaptive* CDMA S-ALOHA pada kanal ber-*fading* serta pengaruh penggunaan *delay capture* dalam meningkatkan kinerja *throughput* sistem.

2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* dengan *capture effect*. Evaluasi kinerja *throughput*

dilakukan dengan pendekatan IGA untuk menghasilkan kinerja yang lebih akurat. Kinerja *throughput* yang dianalisa dilakukan secara matematis. Oleh karena itu kontribusi dari penelitian ini adalah penurunan persamaan matematis *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* dengan *capture effect*.

3. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisa matematis dengan tahapan sebagai berikut:

- studi literatur, mempelajari seluruh literatur yang terkait dengan tema penelitian.
- perancangan model sistem yang diteliti.
- analisa matematis dari model sistem yang diperoleh.
- perhitungan matematis kinerja *throughput* CDMA S-ALOHA, evaluasi dan analisa terhadap kinerja *throughput* CDMA S-ALOHA.
- pembuatan laporan penelitian.

4. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dengan menganalisis *throughput* pada sistem CDMA S-ALOHA pada kanal *noise* dan *multipath fading*. Metoda perhitungan matematis *throughput* CDMA S-ALOHA dilakukan dengan pendekatan IGA. Penggunaan *capture effect* dibatasi hanya pada *delay capture*. Pengembangan teknik CDMA S-ALOHA dibatasi pada *Adaptive CDMA S-ALOHA*. Analisis sistem terdiri atas 3 model, yaitu:

- a. Analisis *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect*.
- b. Analisis *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami dengan *capture effect*. Nakagami/Nakagami menyatakan

bahwa model *fading* untuk sinyal utama adalah Nakagami *fading* dan sinyal interferensi adalah Nakagami *fading*. Pada penelitian ini dimodelkan *fading* untuk sinyal utama dan interferensi mempunyai *depth fading* yang berubah.

- c. Analisis *Adaptive CDMA S-ALOHA* pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect*.

5. Throughput CDMA S-ALOHA

Pada bagian ini akan diuraikan persamaan matematis *throughput* CDMA S-ALOHA yang dianalisa.

A. Throughput CDMA S-ALOHA Pada Kanal *Multipath Fading* Dengan *Capture Effect*

Throughput sistem didefinisikan sebagai paket data yang sukses tiba di penerima. *Throughput* CDMA S-ALOHA dengan pendekatan IGA untuk integrasi pengguna suara dan data dengan *capture effect* diberikan oleh:

$$S_d^*(G_d, G_v) = \sum_{k_d=0}^{\alpha} \left[\left(\sum_{k_v=0}^{\alpha} k_d \cdot P_d(k_d, G_d) \cdot Q_d^*(k_d, k_v) \right) \right] P_v(k_v, G_v) \cdot C_t \quad (1)$$

dengan

$$P_d(k_d, G_d) = \frac{(G_d)^{k_d}}{k_d!} \exp(-G_d) \quad (2)$$

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

$$Q_d^*(k_d, k_v) = (1 - BER(k_d, k_v))^{k_v} \quad (4)$$

$$BER(k_d, k_v) = \frac{2}{3} Q \left[\left(\frac{(k_d + \rho k_v)}{3N} + \frac{N_0}{2E_b} \right)^{-0.5} \right] \\ + \frac{1}{6} Q \left[\left(\frac{(k_d + \rho k_v)(N/3) + \sqrt{3}\sigma}{N^2} + \frac{N_0}{2E_b} \right)^{-0.5} \right] \\ + \frac{1}{6} Q \left[\left(\frac{(k_d + \rho k_v)(N/3) - \sqrt{3}\sigma}{N^2} + \frac{N_0}{2E_b} \right)^{-0.5} \right]$$

$$\sigma^2 = (k_d + \rho k_v) \left\{ N^2 \frac{23}{360} + N \left(\frac{1}{20} + \frac{(k_d + \rho k_v)}{36} \right) - \frac{1}{20} - \frac{(k_d + \rho k_v)}{36} \right\} \quad (6)$$

$$C_k = \begin{cases} 0 \Rightarrow & k = 0 \\ 1 \Rightarrow & k = 1 \\ (1-Q)^k \Rightarrow & k \geq 2 \end{cases} \quad (7)$$

Untuk throughput CDMA S-ALOHA untuk integrasi pengguna suara dan data pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect* diberikan oleh:

$$S'_d(G_d, G_v) = \sum_{k=0}^{\infty} \left[\left(\sum_{k_v=1}^{\infty} k_d \cdot P_d(k_d, G_d) \cdot (1 - Q \sqrt{2(SNR(k_d, k_v))})^{L_p} \right) \right] P_r(k_v, G_v) \cdot C_k \quad (8)$$

dengan

$$SNR(k_d, k_v) = \frac{\beta^2}{\frac{N_0}{2E_b} + \left(\frac{k_d + \rho k_v}{3N} \right) (c^2 + 2\sigma_i^2) + \left(\frac{k_d + \rho k_v}{3N} \right) (L_p - 1) (2\sigma_i^2)} \quad (9)$$

Dimana *offered load data* G_d , *offered load suara* G_v , $N_0/2$ adalah *two side spectral density of AWGN*, β adalah *path gain*, Jika $c=0$ maka β menjadi distribusi Rayleigh, L_p adalah jumlah *path* yang berbeda,

$E_b = PT_b$ adalah energi per *bit*, c adalah konstanta yang menghadirkan komponen *nonfaded*. Dengan Q adalah rasio *delay capture* yang merupakan perbandingan antara waktu *capture* dengan perbedaan waktu kedatangan paket maksimum, $Q = 0$ menyatakan *capture effect* sempurna dan tanpa *capture effect* bila $Q = 1$.

B. Throughput CDMA S-ALOHA Pada Kanal Fading Nakagami/ Nakagami Dengan Capture Effect

Throughput S adalah beban trafik G dikalikan probabilitas sebuah transmisi paket adalah sukses. Throughput CDMA S-ALOHA pada kanal fading Nakagami/Nakagami dengan menggunakan *delay capture effect* diberikan oleh:

$$S = G \left(\sum_{k=1}^{\infty} P_k(k) \right) \cdot (1 - BER)^{L_s} \cdot C_s \quad (10)$$

dengan

$$P_k(k) = \frac{G^k e^{-G}}{k!} \quad (11)$$

Dimana BER diberikan oleh:

$$BER = \frac{1}{2} \left(\frac{m_x}{q} \right)^{m_x} m_x^{m_x L} \left(H + \frac{m_x}{q} \right)^{-m_x - m_y L} \left(1 - \frac{\left(\frac{m_x}{q} \right)^{-m_y}}{\left(H + \frac{m_x}{q} \right)} \right)^{-m_x L} \quad (12)$$

q adalah Ω_x / Ω_y , Ω_x adalah daya komponen sinyal *self interference*, Ω_y adalah daya komponen sinyal MAI, K adalah jumlah pengguna aktif secara simultan. Distribusi Nakagami dapat digunakan sebagai distribusi Rayleigh bila $m = 1$.

C. Throughput Adaptive CDMA S-ALOHA Pada Kanal Multipath Fading Dengan Capture Effect

Throughput $S(G)$ didefinisikan sebagai jumlah rata-rata transmisi paket yang sukses. Diasumsikan bahwa jumlah *user* tidak terbatas dan G adalah intensitas trafik atau trafik total yang ditawarkan pada kanal, yang didefinisikan sebagai jumlah percobaan transmisi paket per waktu, meliputi paket baru dan transmisi ulang paket lama. Untuk menghitung $S(G)$ sebagai fungsi dari G , dibuat model trafik asumsi standar dengan probabilitas k paket dikirim selama waktu paket tertentu dengan rata-rata G paket per waktu paket. Throughput Adaptive CDMA S-ALOHA pada kanal multipath fading dengan capture effect diberikan oleh:

$$S(G) = G \left(\sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{G^k e^{-G}}{k!} \right) (S_{v,2v,4v}) \right) C_k \quad (13)$$

dengan

$$S_{v,2v,4v} = \sum_{i=0}^k \sum_{j=0}^i \sum_{h=0}^{\max(i,j)} \sum_{k_1=0}^{\max(i,j-h)} \left[\begin{array}{l} [Bi + 2Bj + 4B(h-i-j)] \\ \times \left(\binom{k_v}{i} [P_{c(i)}] [1 - [P_{c(i)}]]^{k-i} \right) \\ \times \left(\binom{k_v}{j} [P_{c(2v)}] [1 - [P_{c(2v)}]]^{k-j} \right) \\ \times \left(\binom{k_{4v}}{h-i-j} [P_{c(4v)}]^{h-i-j} [1 - [P_{c(4v)}]]^{k-h-i-j} \right) \\ \times (P\{K^{(v)} = k\}) \end{array} \right] \quad (14)$$

Dimana h adalah pengguna paket sukses, i adalah pengguna dalam B mode pada awal time slot (w), j adalah pengguna dalam B mode pada awal time slot ($v+1$).

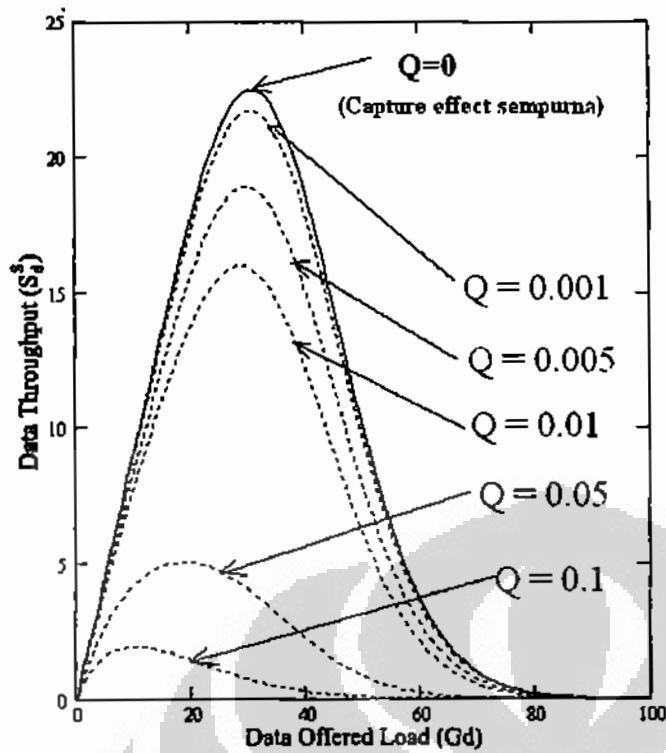
6. Hasil dan Analisa

A. *Throughput* CDMA S-ALOHA Pada Kanal *Ber-fading* Dengan *Capture Effect*

Tabel 1. menunjukkan nilai parameter yang digunakan dalam perhitungan kinerja *throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect*.

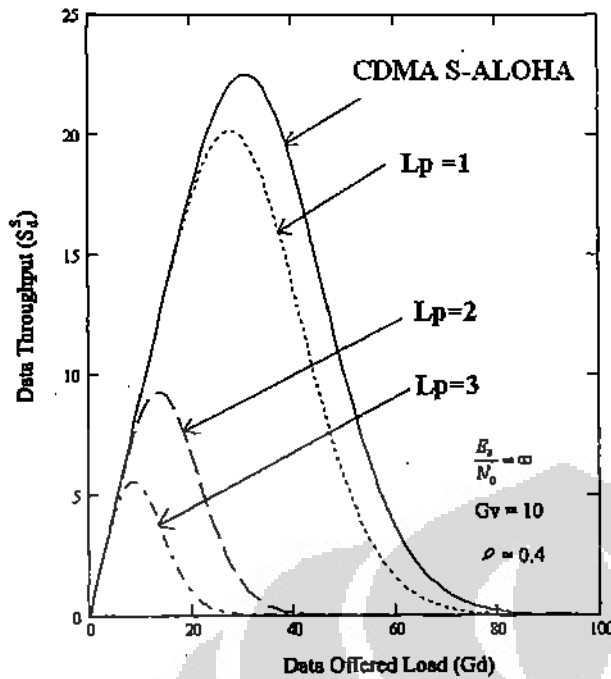
TABEL 1. Nilai Parameter CDMA S-ALOHA

Parameter	Nilai
<i>Processing gain</i>	$N = 64 - 512$
<i>Data packet legth</i>	$L_d = 500$
<i>Voice activity factor</i>	$\rho = 1$
<i>Offered load data</i>	$G_d = 100$
<i>Offered load voice</i>	$G_v = 100$
Jumlah <i>path</i> yang berbeda	$L_p = 1 - 3$
Pengguna <i>voice</i>	$K_v = 100$
Pengguna <i>data</i>	$K_d = 80$
Rasio <i>delay capture</i>	$Q = 0 - 0.1$



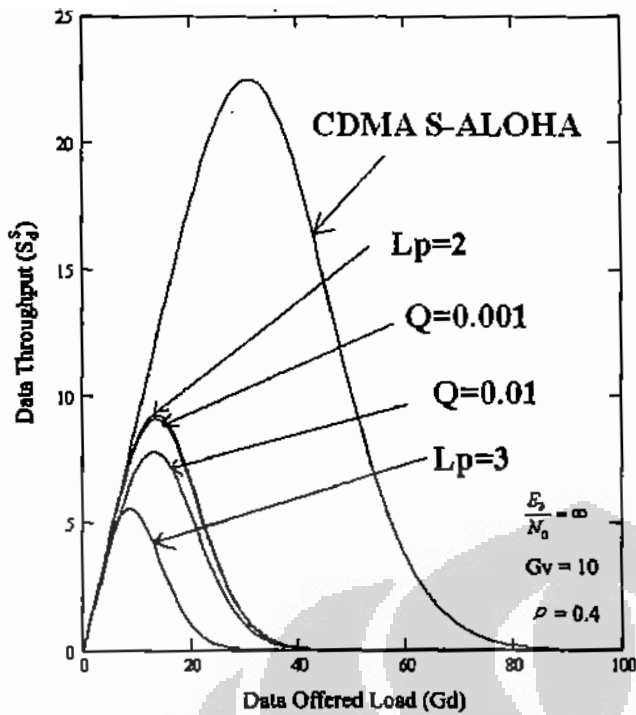
Gambar 1. *Throughput* CDMA S-ALOHA dengan *Capture Effect*

Gambar 1 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dengan *Capture Effect*. Gambar 1 diperoleh dari persamaan (8). Dari Gambar 1 terlihat bahwa penurunan nilai Q dari 0,1 menuju 0, menyebabkan kenaikan *throughput*, pada nilai $Q = 0$ disebut *capture effect* sempurna. Terlihat bahwa *throughput* sistem akan semakin baik dengan meurunnya nilai Q dan hasil terbaik tercapai *capture effect* sempurna. Makin kecil nilai Q sistem mampu mengcapture sinyal dengan lebih baik sehingga hasil *throughput* juga semakin baik.



Gambar 2. Throughput CDMA S-ALOHA pada kanal multipath fading dengan Capture Effect $Q = 0,001$, dengan variasi L_p .

Gambar 2 menunjukkan throughput CDMA S-ALOHA pada kanal multipath fading dengan capture effect $q = 0.001$, dengan variasi L_p . Gambar 2 diperoleh dari persamaan (8). Terlihat dari Gambar 2, semakin besar L_p menyebabkan throughput menurun, hal tersebut karena pengaruh fading akan bertambah jika jumlah L_p meningkat.



Gambar 3. Throughput CDMA S-ALOHA pada kanal multipath fading dengan capture effect.

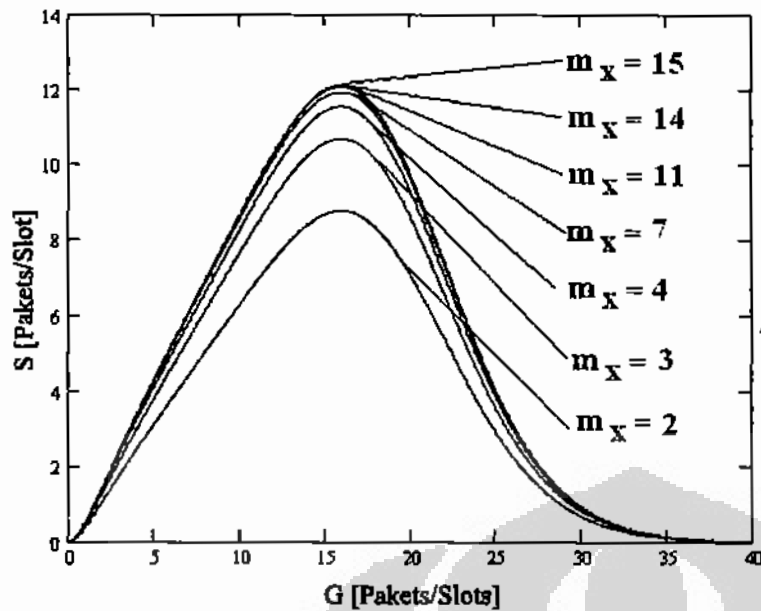
Gambar 3 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect* pada kanal *fading*. Gambar 3 diperoleh dari persamaan (8). Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai L_p yang semakin besar dapat menyebabkan *throughput* menurun, hal tersebut terjadi karena interferensi akan bertambah jika jumlah L_p meningkat. Tetapi dengan menempatkan *capture* bahwa menyebabkan *throughput* sistem meningkat. Hal ini menunjukkan suatu paket dapat diterima dengan baik pada saat terdapat paket-paket yang lain pada *slot* yang sama.

B. *Throughput* CDMA S-ALOHA Pada Kanal *Fading* Nakagami/ Nakagami Dengan *Capture Effect*

Tabel 2 menunjukkan nilai parameter yang digunakan dalam perhitungan kinerja *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* Nakagami/
Nakagami dengan *capture effect*.

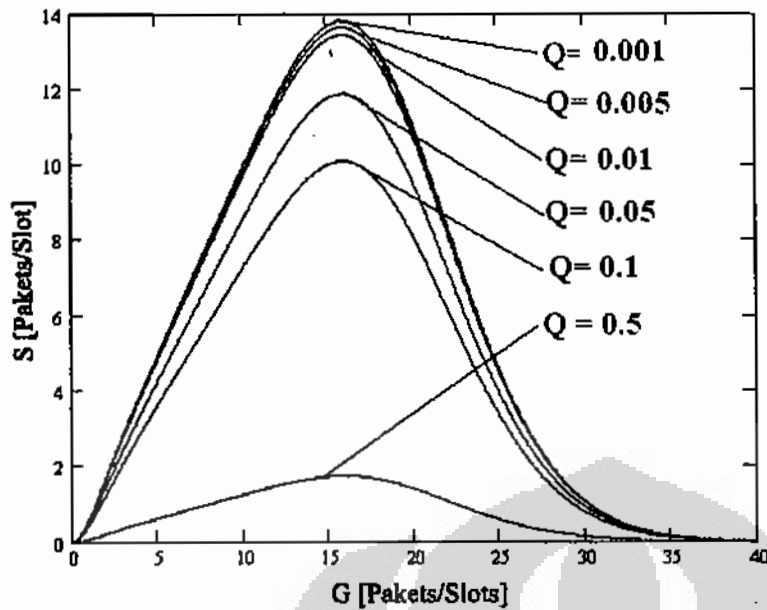
TABEL 2. Nilai Parameter CDMA S-ALOHA Pada Kanal *Fading* Nakagami/Nakagami

Parameter	Nilai
Jumlah pengguna	$K = 20$
<i>Processing gain</i>	$N = 15,31,63$
Daya rata-rata sinyal utama	$\Omega_x = 5$
Daya rata-rata sinyal MAI	$\Omega_y = 5$
Parameter <i>fading</i> Nakagami dari daya sinyal utama	$m_x = 3$
Parameter <i>fading</i> Nakagami dari daya sinyal interferensi	$m_y = 3$
Panjang paket	$L_p = 500$
<i>Offered load</i>	$G = 0 - 40$



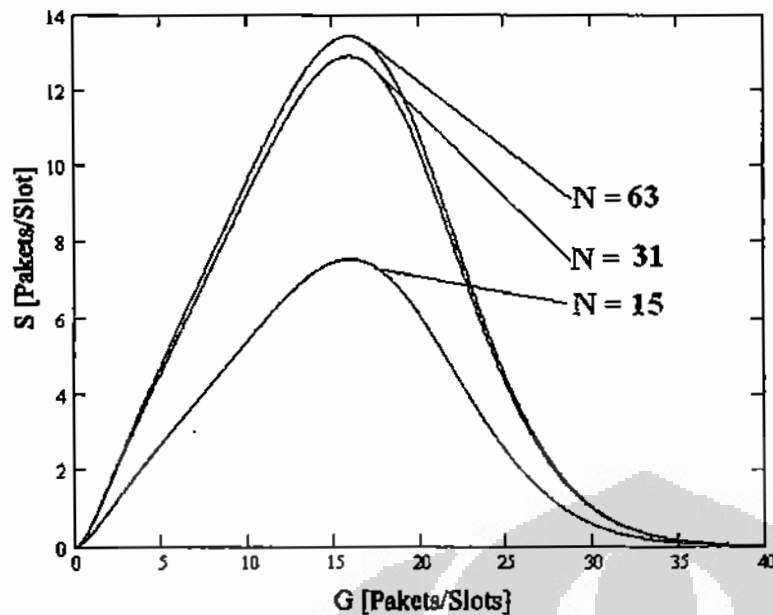
Gambar 4. *Throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami dengan *capture effect* $Q=0.01$ dengan variasi nilai m_x dan nilai parameter $m_y=3$.

Gambar 4 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami dengan *capture effect* $Q=0.01$ dengan variasi nilai m_x pada nilai parameter $m_y=3$. Gambar 4 diperoleh dari persamaan (10). Gambar 4 menunjukkan bahwa kenaikan nilai m_x mengakibatkan *throughput* S-ALOHA semakin naik, hal ini terjadi karena meningkatnya nilai parameter m_x berarti peningkatan daya sinyal utama menjadi lebih tinggi dari daya sinyal interferensi.



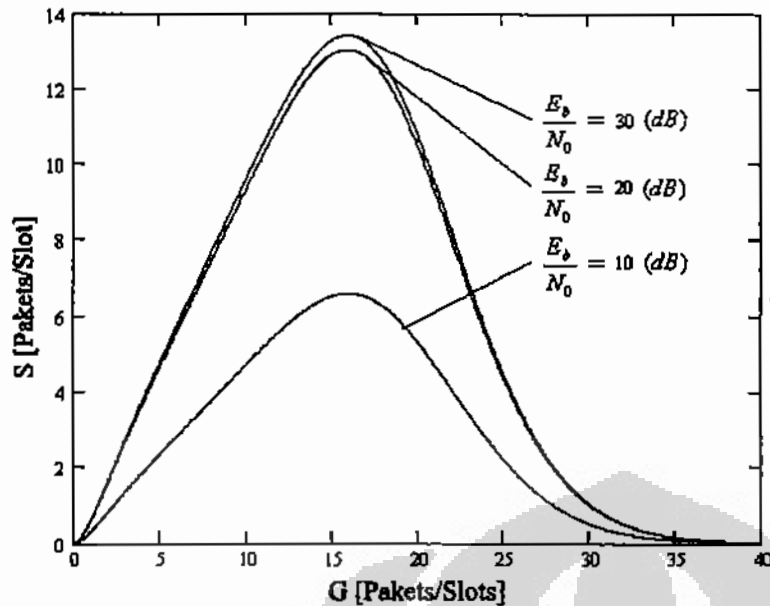
Gambar 5. *Throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3$, $m_y = 3$) dengan variasi nilai Q .

Gambar 5 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3$, $m_y = 3$) dengan variasi nilai Q . Gambar 5 diperoleh dari persamaan (10). Gambar 5 menunjukkan bahwa penurunan nilai Q menuju 0, menyebabkan kenaikan *throughput*, akibat adanya pengaruh *capture effect*. Hal ini juga memungkinkan suatu paket dapat diterima dengan baik pada saat terdapat paket-paket yang lain pada *slot* yang sama.



Gambar 6. *Throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3$, $m_y = 3$) dengan variasi nilai N .

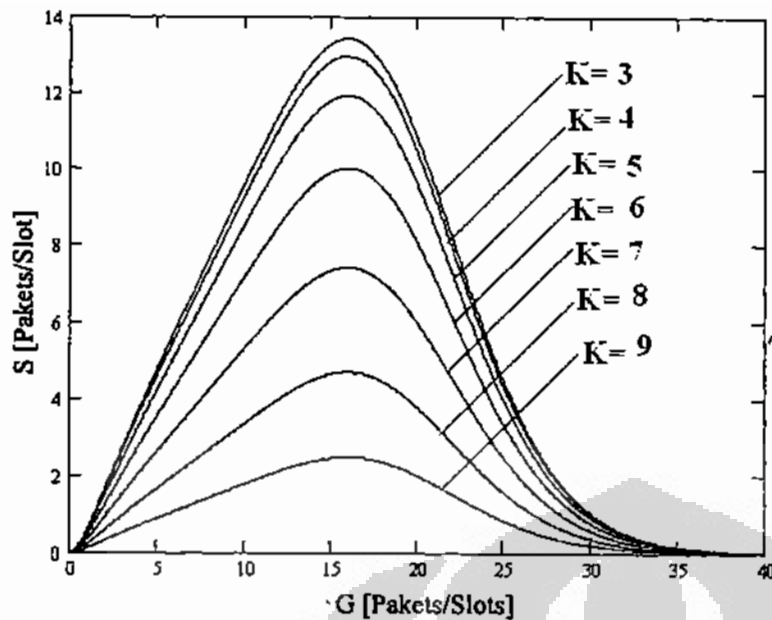
Gambar 6 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3$, $m_y = 3$) dengan variasi nilai N . Gambar 6 diperoleh dari persamaan (10). Dari Gambar 6 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA yang diperoleh dengan variasi *processing gain*. Berdasarkan Gambar 6 *throughput* sistem akan mengalami peningkatan dengan bertambahnya *processing gain* yang digunakan. Hal tersebut dikarenakan dengan bertambahnya *processing gain*, jumlah kode yang dipakai untuk setiap pengguna semakin banyak sehingga akan memperkecil terjadinya kesalahan dalam pengiriman paket informasi. Jika probabilitas sukses semakin meningkat, maka *throughput* yang dihasilkan juga akan semakin besar.



Gambar 7. *Throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3$, $m_y = 3$) dengan variasi nilai E_b / N_0 .

Gambar 7 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3$, $m_y = 3$) dengan variasi nilai E_b / N_0 . Gambar 7 diperoleh dari persamaan (10).

Gambar 7 menunjukkan bahwa peningkatan $\frac{E_b}{N_0}$ menyebabkan *throughput* naik, dengan semakin besar $\frac{E_b}{N_0}$ menyebabkan probabilitas sukses paket semakin besar, karena energi *bit* yang besar akan mengeliminasi *noise* yang ada pada sistem.



Gambar 8. *Throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3$, $m_y = 3$) dengan variasi jumlah pengguna K .

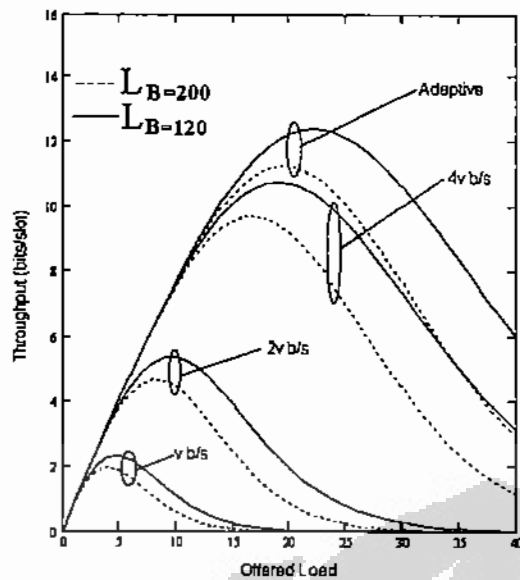
Gambar 8 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami ($m_x = 3$, $m_y = 3$) dengan variasi pengguna K . Gambar 8 diperoleh dari persamaan (10). Gambar 8 menunjukkan bahwa *throughput* CDMA S-ALOHA meningkat dengan berkurangnya jumlah pengguna. Penurunan *throughput* terjadi disebabkan jumlah pengguna yang semakin besar mengakibatkan interferensi antar pengguna semakin tinggi.

C. *Throughput Adaptive CDMA S-ALOHA Pada Kanal Multipath Fading Dengan Capture Effect*

Tabel 3 menunjukkan nilai parameter yang digunakan dalam perhitungan kinerja *throughput Adaptive CDMA S-ALOHA* pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect*.

TABEL 3. Nilai Parameter Adaptive CDMA S-ALOHA

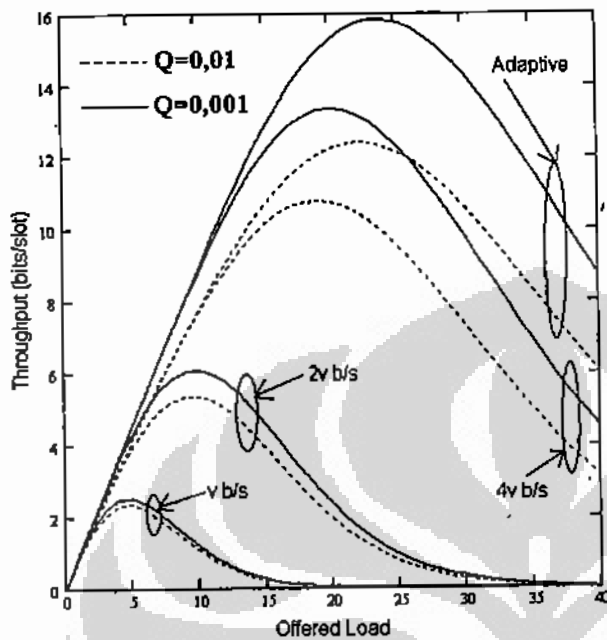
Parameter	Nilai
<i>Processing gain</i>	$N = 32, 64, 128$
<i>Data packet legth</i>	$L_b = 120, 200$
<i>Offered load</i>	$G = 0 - 40$
Jumlah <i>path</i> yang berbeda	$L_p = 1 - 3$
Pengguna	$K = 100$
Daya komponen <i>scattered</i>	$\sigma = 5$
Konstanta yang menghadirkan komponen <i>nonfaded</i>	$c = 2$
<i>Path gain</i>	$\beta = 7$
Rasio <i>delay capture</i>	$Q = 0 - 0.001$
<i>Number of bit in a BPSK v rate packet</i>	$B = 200$
Jumlah simultan pengguna dengan kecepatan 1 bit/s	$K_v = 1$
Jumlah simultan pengguna dengan kecepatan 2 bit/s	$K_{2v} = 2$
Jumlah simultan pengguna dengan kecepatan 4 bit/s	$K_{4v} = 4$



Gambar 9. *Throughput* CDMA S-ALOHA dan *Adaptive* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* $Q=0.01$, $L_p = 1$ dan variasi L_B .

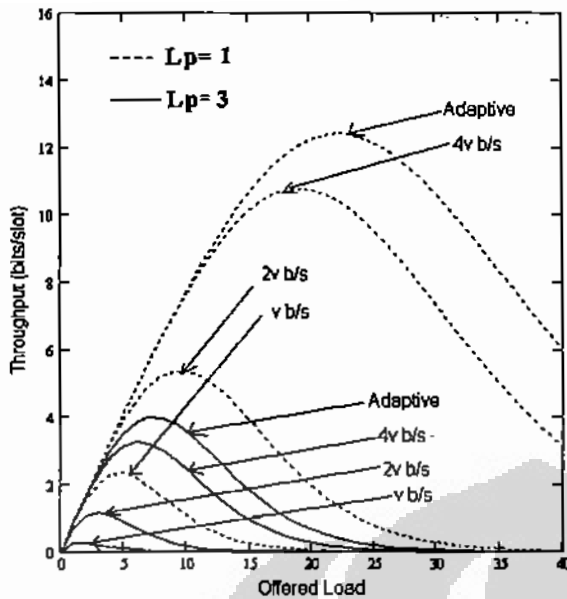
Gambar 9 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dan *Adaptive* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* $Q = 0.01$, $L_p = 1$ dan variasi L_B [20], [21]. Gambar 9 diperoleh dari persamaan (13). Gambar 9 menunjukkan bahwa dengan menggunakan kecepatan transmisi yang dinamis dengan *capture effect*, *throughput* sistem lebih besar dibandingkan menggunakan kecepatan transmisi yang sama. Hal ini disebabkan oleh nilai kecepatan transmisi yang semakin besar menyebabkan *throughput* semakin besar sesuai dengan nilai kecepatan transmisi dan keadaan trafik. Pada Gambar 9 terlihat kecepatan v terjadi *offered load* dengan *throughput* terendah, kemudian pindah dengan mengirim data dengan kecepatan $2v$ terjadi *offered load* lagi dengan *throughput* sedang, kemudian meningkat menjadi kecepatan $4v$ terjadi *offered load* yang tinggi dan selanjutnya

dengan kecepatan *adaptive* diperoleh *offered load* tertinggi. Gambar 9 juga menunjukkan bertambahnya panjang *bit* (L_B) mengakibatkan *throughput* sistem akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan semakin banyak *bit* yang ditransmisikan maka interferensi sistem akan semakin bertambah.



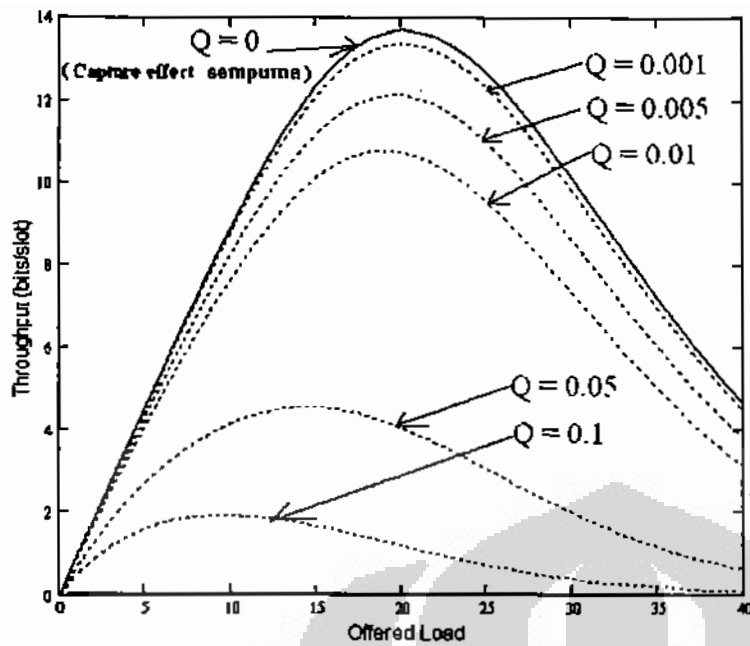
Gambar 10. *Throughput* CDMA S-ALOHA dan *adaptive* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada $L_B = 120$, $L_p = 1$ dan variasi *capture ratio* (Q).

Gambar 10 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* dan *adaptive* CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* pada $L_B = 120$, $L_p = 1$ dan variasi Q . Gambar 10 diperoleh dari persamaan (13). Gambar 10 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya *capture ratio* maka *throughput* semakin kecil, karena bertambahnya *capture ratio* yang terjadi akibat berkurangnya nilai probabilitas paket sukses, yang dapat mengakibatkan *throughput* semakin kecil.



Gambar 11. *Throughput* CDMA S-ALOHA dan *adaptive* CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect*, dengan variasi nilai L_p , $Q=0.01$, $L_B = 120$.

Gambar 11 menunjukkan *throughput* CDMA S-ALOHA dan *adaptive* CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect* pada $Q=0.01$, $L_B = 120$ dengan variasi L_p . Gambar 11 diperoleh dari persamaan (13). Gambar 11 menunjukkan bahwa semakin besar L_p menyebabkan *throughput* menurun. Hal ini terjadi karena interferensi akan bertambah jika jumlah L_p meningkat.



Gambar 12. *Throughput adaptive CDMA S-ALOHA dengan capture effect.*

Gambar 12 menunjukkan *throughput adaptive CDMA S-ALOHA* dengan *capture effect*. Gambar 12 diperoleh dari persamaan (13). Gambar 12 menunjukkan bahwa penurunan nilai Q dari 0,1 menuju 0, menyebabkan kenaikan *throughput*, pada nilai $Q = 0$ disebut *capture effect* sempurna. Untuk mengatasi menurunnya *throughput* efektif karena menurunnya jumlah *bit* yang terdapat pada paket yang dikirimkan, maka *capture effect* digunakan untuk mengatasi masalah ini.

7. Kesimpulan

Studi kinerja CDMA S-ALOHA dengan *capture effect* dapat diperoleh kesimpulan:

1. Analisa kinerja *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal ber-*fading* dengan *capture effect* dengan pendekatan IGA telah dilakukan. Dari hasil diperoleh bahwa *throughput* semakin naik dengan *capture effect* mendekati sempurna. Kinerja *throughput* akan turun dengan meningkatnya *multipath fading*.
2. Pada analisis *throughput* CDMA S-ALOHA pada kanal Nakagami/ Nakagami dengan *capture effect* diperoleh bahwa *throughput* meningkat dengan bertambahnya nilai parameter *fading* Nakagami untuk sinyal utama (m_x), *processing gain*, *energi bit per noise*. *Throughput* CDMA S-ALOHA akan menurun dengan bertambahnya jumlah pengguna dan nilai *capture ratio*.
3. Pada analisis *throughput Adaptive* CDMA S-ALOHA pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect* diperoleh peningkatan *throughput* ketika *length of bit* (L_B) kecil. Nilai *throughput* akan turun dengan meningkatnya jumlah L_p . Penggunaan *capture effect* yang mendekati sempurna meningkatkan *throughput* sistem.

8. Daftar Acuan

- [1] R. K. Morrow, Jr. And J. S. Lehnert, "Packet Throughput in Slotted ALOHA DS/SSMA Radio Systems with Random Signature Sequences," *IEEE Trans. Commun.*, Vol. 10, No. 7, pp.1223-30, July 1992.
- [2] D. Makrakis and K. M. S. Murthy, Spread Slotted ALOHA Techniques for Mobile and Personal Satellite Communication Systems," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, Vol 10, No.6, pp.985-1002, Aug. 1992.
- [3] M. S. Chen, R. Boorstyn, and A. Kershenbaum, "Throughput Analysis of Multiple Hop Packet Radio Networks Using a Code Division Multiple Access (CDMA) Protocol," in Proc. 22nd Ann. Allerton Conf., 1894, pp. 20-29.
- [4] A. H. Abdelmonem and T. N. Saadawi, "Performance Analysis of Spread Spectrum Packet Radio Network with Channel Load Sensing," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, Vol.7, No.1, pp.161-166, Jan. 1989.
- [5] K. Toshimitsu, T. Yamazato, M. Katayama, A. Ogawa, "A Novel Spread Slotted Aloha System with Channel Load Sensing Protocol," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, Vol.12, No.4 pp. 665-672, May 1994.
- [6] A. Ogawa, T. Yamazato, M. Katayama, and A. Jamalipour, "Introduction to CDMA ALOHA," *IEEE GLOBECOM'98*, TU13, Nov. 1998.
- [7] T. Yamazato, T. Sato, H. Okada, K. Nishida, M. Katayama, A. Ogawa, "Performance analysis of CDMA ALOHA," *ISCOM '95*, pp.434-441, Dec. 1995.
- [8] T. Sato, A. Sandouk, T. Yamazato, M. Katayama and Akira OGAWA, "Effects of transmission control in an integrated voice and data CDMA systems," *IEICE Trans. Fundamentals*, vol.E80-A, no.12, pp.2509-2516, Dec. 1997.
- [9] Abbas SANDOUK, Takaya YAMAZATO, Masaaki KATAYAMA, Akira OGAWA, "QOS and capacity comparison of CDMA ALOHA

- protokol in multimedia networks," *IEICE Trans Commun.*, vol., E84 B. NO. 6, pp. 1588-1595.
- [10] Tseng, Shu-Ming, "A high-throughput multicarrier DS-CDMA/ALOHA network", *IEICE Trans. Commun*, Vol.E86-B, No.4 April 2003.
- [11] Saito, Masato dan Hiradu Okada, "Throughput improvement of CDMA slotted ALOHA systems", *IEICE Trans Commun*, Vol.E80-B NO.1 January 1997.
- [12] M. S. Do, Y. J. Park, J. Y. Lee, "The Effect of spreading gain control on a CDMA slotted ALOHA system," *IEEE Trans, Computer Commun*, Vol, 26, pp 996-1006, July 20, 2002.
- [13] T. Sato, H. Okada, T. Yamazato, M. Katayama, and Akira OGAWA, "Throughput analysis of DS/SSMA unslotted ALOHA with fixed packet length," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 14, no.4, pp.750-756, May 1996.
- [14] J. M. Holtzman, "On calculating DS/SSMA error probabilities," *IEEE 2nd International Symposium on Spread Spectrum Techniques and Applications*, Jepang, Nopember – Desember 1992.
- [15] M. O. Sunay dan P. J. McLane, "Calculating error probabilities for DS CDMA systems: when not to use the gaussian approximation," *IEEE Globecom 96*, vol. 3, hal. 1744–1749, Nopember 1996.
- [16] J. M. Holtzman, "A simple, accurate method to calculate spread-spectrum multiple-access error probabilities," *IEEE Trans. Comm.*, vol. 40, no. 3, hal. 461–464, Maret 1992.
- [17] J. Cheng dan N. C. Beaulieu, "Accurate DS-CDMA bit-error probability calculation in rayleigh fading," *IEEE Trans. Wire. Comm.*, vol. 1, no. 1, hal. 3–15, Januari 2002.
- [18] C. Lee dan Y. Jeon, "BER analysis of asynchronous DS-CDMA over a rician fading channel," *IEICE Trans. Fund.*, vol. E81–A, no. 7, hal. 1479–1482, Juli 1998.

- [19] F. Sasamori dan F. Takahata, "Theoretical and approximate derivation of bit error rate in DS-CDMA systems under rician fading environment," *IEICE Trans. Fund.*, vol. E82-A, no. 12, hal. 2660-2668, Desember 1999.
- [20] A. Sheikh, Y-D Yao dan X. WU, "The ALOHA System in Shadowed Mobile Radio Channel with Slow or Fast Fading", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol.39, No.4, November 1990, pp.289-286.
- [21] J. A. Roberts dan T. J Healy, "Packet Radio Performance over slow Rayleigh Fading Channel", *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, Vol. COM-28, No.2, 1980, pp.279-286.
- [22] J. C. Anbark dan W. Van Blitterswijk, "Capacity of Slotted ALOHA in Rayleigh Fading Channel", *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*, Vol. SAC-5, No.2, Febuari 1987, pp.261-265.
- [23] Sand A. Al-Semari dan Mohsen Guizani, "Channel Throughput of Slotted ALOHA in Nakagami Fading Environment", *IEEE Transaction on Communications*, 1997.
- [24] C. Trabelsi and A. Yongacoglu, "Bit error rate performance for asynchronous DS-CDMA over multipath fading channels," *IEE Proc. Comm.*, Vol. 142, No5, pp 307-314, Oktober 1995.
- [25].K. Cheun and S. Kim, "Joint delay-power capture in spread-spectrum packet radio networks," *IEEE Trans, Commun.*, Vol.46, No. 4, pp 450-453, April 1998.
- [26].M. S. Do, Y. J. Park, J. Y. Lee, "Capture with delay and power randomization in spread-spectrum CDMA slotted ALOHA system," *IEEE VTC 2000*, pp 2152-2158, 2000.
- [27] M. Kavehrad dan P. J. McLane, "Performance of low-complexity channel coding and diversity for spread spectrum in indoor, wireless communication," *AT&T Tech. Journal*, vol. 64, no. 8, hal. 1927-1965, Oktober 1985.

- [28] M. Abdel Hafez dan F. Alagoz, "A Generalized Performance Study of DS-CDMA Uplink/Downlink Receivers in Nakagami Wideband Fading Channel," *IEICE Trans. Commun.*, vol.E88-B, no.1, hal.333-344, Januari 2005.
- [29] K. W. Sowerby dan A. G. Williamson, "Outage Probability Calculations for A Mobile Radio System Having Multiple Rayleigh Interferes," *Electron. Lett.*, vol.23, hal. 600-601, 1987.
- [30] Y. D. Yao dan A. U. H. Sheik, "Outage Probability Analysis for Microcell Mobile Radio Systems with Cochannel Interferers in Rician/Rayleigh Fading Environment," *Electron. Lett.*, vol.26, hal.864-866, Juni 1990.
- [31] Y. D. Yao dan A. U. H. Sheik, "Investigations into Cochannel Interference in Microcellular Mobile Radio Systems," *IEEE Trans. on Vehicular Technology.*, vol.41, no.2, Mei 1992.
- [32] Damar Wijaya dan Gunawan Wibisono, "Analisa BER CDMA dengan Dua Model Path Gain Kanal Fading Nakagami," *Proc. The 6 th Seminar on Intellegent Technology and Its Applications (SITIA 2005)*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2 May 2005.
- [33] Sallent, Oriol & Agusti, Ramon, "A proposal for an adaptive S-ALOHA system for a Mobile Environment," *IEEE, Trans on Vehicular Technology*, Vol 47, no.3, pp 977-985, august 1998.
- [34] Sallent, Oriol & Agusti, Ramon, "Adaptive S-ALOHA CDMA as alternative way of integrating services in mobile environment," *IEEE. Trans. On Veh Technol.* Vol 49, No 3, May 3, 2000.
- [35] ____, "Adaptive scheme for packet data in a DS-CDMA environment," in *Proc, IEEE 47th Veh. Technol. Con., VTC'97*, pp. 1019-1023, 1997
- [36] Sallent, Oriol & Agusti, Ramon, "A mobile controlled algorithm for improving the throughput in a S-ALOHA DS-CDMA system," *PIMRC, Taiwan*, oct 15, 1996.

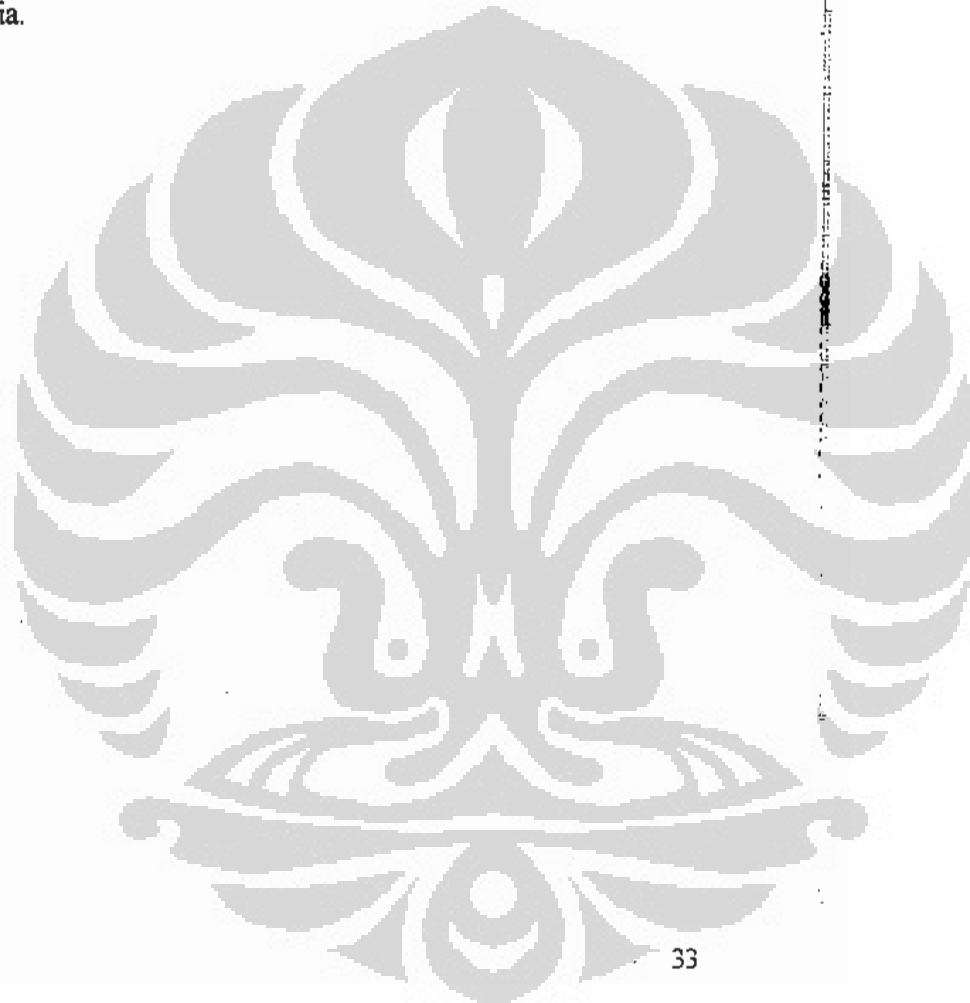
9. Hasil Publikasi Ilmiah

- 2004 Hoga Saragih dan Gunawan Wibisono, "Analisa Ketidakseimbangan Kapasitas Antara Kanal Uplink dan Kanal Downlink pada Pelapisan N-CDMA dan W-CDMA Menggunakan Kontrol Daya Berbasis SIR" Proceeding Electric, Control, Communication & Information Seminar 2004, Unibraw Malang, Mei 2004, pp. C-07.1 - C.07.5, 2004.
- 2005 Hoga Saragih dan Gunawan Wibisono, "QOS CDMAALOHA Dengan Improved Gaussian Approximation dalam Jaringan Multimedia", 6 th Seminar on Intelligent, Technology and Its Applications (SITIA 2005) ITS, 2 May 2005, Surabaya, Indonesia, Hal. 391-394.
- 2005 Hoga Saragih dan Gunawan Wibisono "Analysis Throughput Slotted ALOHA DS-CDMA in Nakagami/Nakagami Fading Channel with Capture Effect", International Conference On information and Communication technology (ICCT-UMB 2005), Universitas Mercubuana, 9-10 Juni 2005, Jakarta, 2005, Hal 257-266.
- 2005 Hoga Saragih dan Gunawan Wibisono, "Analysis Throughput Adaptive S-ALOHA CDMA in Multipath Fading Channels With Capture Effect", International Conference on Instrumentation, Communication and Information Technology (ICICI) 2005 Proc., August 3-5 2005, ITB, Bandung, Indonesia, 2005, Hal 265-269.
- 2006 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analisa Kinerja Multicell Multi-code Multicarrier CDMA dengan Dual Medium Menggunakan Power Control Error, ECCIS 2006, Malang, Universitas Brawijaya, Malang, 17-18 Mei 2006, Hal C-53-C59.

- 2006 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analysis of Throughput S-ALOHA CDMA with Differential MRC at Two Fading Models", RPCES 2006, Universiti Teknologi Malaysia, Skundai, Johor Bahru, 26-27 July 2006, Hal 275-280.
- 2006 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analisa Capture Effect Dalam Sistem Throughput Adaptive Slotted ALOHA CDMA pada kanal Multipath Fading", **JURNAL TEKNOLOGI**, Edisi No.3 tahun XX, September 2006, Hal 177-185.
- 2006 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analisa Throughput S-ALOHA CDMA Dengan Differensial MRC Pada Dua Model Fading", **JURNAL TEKNOLOGI**, Edisi No. 4 tahun XX, Desember 2006, Hal 252-259.
- 2007 Hoga Saragih, "Analisa Outage Probability dan Throughput CDMA ALOHA dengan IGA", **JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI EMAS**, Vo1 7, No. 2, Mei 2007, Hal 90-100.
- 2007 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analysis Throughput Multi-code Multicarrier CDMA S-ALOHA With Dual Medium", International Conference on Electrical Engineering and Informatics 2007, (ICEEI 2007) Proc., June 17-19, 2007, H-50, Bandung, ITB, Indonesia, Hal 1025-1030.
- 2007 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analysis Throughput Multicell Multi-code Multicarrier CDMA S-ALOHA Menggunakan Power Control Error" National Conference 2007, Design and Application of Technology 2007, Proc., July 19, 2007, TE-001, Catholic University Widya Mandala Surabaya, Indonesia, Hal 8-18.

- 2007 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analisis Throughput MC-MC-CDMA S-ALOHA Dengan Delay Capture", Seminar Nasional Komputer dan Telekomunikasi Dalam Rangka Lustrum Ke-3 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Taruma Nagara, 22 Agustus 2007, Jakarta, Indonesia, Hal 17-24.
- 2007 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Analisis Throughput MC-MC-CDMA S-ALOHA Dengan Capture Effect Menggunakan PCE", National Conference On Perspective Technology (NCPT 2007), 24-25 Agustus 2007, Universitas Maranatha, Bandung, Indonesia, Hal 77-84.
- 2007 Hoga Saragih, "Analisis Bit Error Rate (BER) pada Multicell Multicode Multicarrier CDMA Dengan Dual Medium Menggunakan Power Control Error," **JURNAL TEKNOLOGI**, Vol. 1. Edisi Nomor 2, September 2007, ISSN : 1693-0266, Hal 97-105.
- 2008 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "CDMA ALOHA Based For Cellular Multimedia System, The Asia Pasific Conference on Art, Science, Engineering & Technology (ASPAC on ASET 2008), Solo, 19-22 May 2008, Hal E12- E19.
- 2008 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Perancangan Layanan Sistem Selular Pada Adaptive CDMA S-ALOHA dengan IGA, National Conference 2008, Design and Application of Technology 2008, July 17, 2008, Catholic University Widya Mandala Surabaya, Indonesia.
- 2008 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Perancangan Layanan Sistem Multimedia Selular Dengan CDMA S-ALOHA, Seminar Nasional Teknologi Industri 2008 (SNTI 08), 23 Juli 2008, Universitas Trisakti.

- 2008 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "The Development of Slotted ALOHA CDMA for Nakagami Fading Channel, The 4th International Conference on Information & Communication Technology and Systems (ICTS) 2008, 5 Agustus 2008, ITS, Surabaya, Indonesia.
- 2008 Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo, "Throughput Analysis of S-ALOHA CDMA on Multipath Fading Channel due to Capture effects , International Conference on Telecommunications (ICTel 2008), 19-21 Agustus 2008, Institut Teknologi TELKOM (ITTelkom/STTTelkom), Bandung, Indonesia.



10. Ucapan Terima Kasih

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Bapa di Surga di dalam Kristus Yesus atas segala rahmat dan KaruniaNYA yang melimpah kepada kami sekeluarga sehingga memungkinkan saya dapat menyelesaikan disertasi ini. Oleh karena kasih dan anugerahNYA saya dimampukan untuk menempuh ujian Promosi. Untuk itu pertama-tama saya persembahkan semuanya ini hanya untuk kemuliaan Tuhan Yesus Kristus.

Perkenankanlah saya dengan rendah hati dan setulus tulusnya untuk menyampaikan ucapan terima kasih dan memberikan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Rektor Universitas Indonesia Prof. Dr. der Soz. Gumilar Rusliwa Somantri.
2. Direktur Program Pascasarjana Universitas Indonesia.
3. Dekan Fakultas Teknik Universitas Indonesia Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng.
4. Prof. Dr. Ir. Eko Tjipto Rahardjo selaku promotor yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan arahan, nasehat, kebijaksanaan dan hikmat dan mendukung penuh penelitian ini, dan juga memberi saran serta petunjuk yang sangat penting sekali dalam setiap pimpinan dan peneguhan terutama dalam penyelesaian Disertasi ini.
5. Ko Promotor Ir. Gunawan Wibisono, MSc, PhD selaku ko promotor yang telah membuka jalan dan memberi kesempatan mengikuti program studi Doktor membimbing, mengoreksi, memberi saran dan semangat pada penelitian ini, dan juga selalu membantu penulis dalam segala hal sebagai sahabat berdiskusi tentang ide dan topik apa yang akan dikerjakan selama penelitian hingga penyelesaian disertasi, dan menyemangati dalam penulisan makalah untuk seminar dan jurnal sampai penyusunan disertasi ini.

6. Prof. Dr. Ir. Dadang Gunawan, M.Eng, Dr. Ir. Muhammad Asvial, Dr. Gamantyo Hendratoro, Prof. Dr. Ir. Bagio Budiardjo, M.Sc, Prof. Dr. Ir. Harry Sudibyo sebagai penguji dalam proses disertasi ini.
7. Ketua Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia Dr. Ir. Muhammad Asvial terima kasih atas masukan dan saran yang diberikan untuk disertasi ini.
8. Staf Pengajar Departemen beserta Karyawan Teknik Elektro Universitas Indonesia.
9. Dr. Ridwan Gunawan atas kuliah Matematika dan juga sharing dan saran-sarannya yang membangun dan menguatkan.
10. Ibu Yuli, MT, Ibu Dr. Anak Agung Puteri Ratna yang telah memberikan contoh penulisan.
11. Dr. Engkos Kosasih, Dr. Yohan, Pak Sholeh MT, Pak Arief MT, Pak Iskandar MT sebagai teman dekat kuliah S-3.
12. Pimpinan dan Staf Pengajar beserta Karyawan Program Doktor Program Pascasarjana Bidang Ilmu Teknik, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
13. Pimpinan dan Staf Pengajar beserta Karyawan Universitas Tujuh belas Agustus Jakarta.
14. Pimpinan dan Staf Pengajar beserta Karyawan Departemen Teknik Elektro Universitas Tujuh belas Agustus Jakarta.
15. Pimpinan dan Staf Pengajar beserta Karyawan Departemen Teknik Elektro Universitas Kristen Krida Wacana.
16. Pimpinan dan Staf Pengajar beserta Karyawan Universitas Pelita Harapan.
17. Dr. Collin Beaton, Connie Rasilim dan Semua Staf Pengajar beserta Karyawan Teacher College (TC) UPH.
18. Mahasiswa Teacher College (TC) dan Alumni Teacher College (TC) UPH.
19. MYC.

20. Pimpinan dan Staf Pengajar beserta Karyawan Departemen Teknik Elektro Universitas Pelita Harapan.
21. Pimpinan dan Staff dan Karyawan Department of ART Universitas Pelita Harapan.
22. Mahasiswa dan Alumni Teknik Elektro Universitas Indonesia.
23. Mahasiswa dan Alumni Teknik Elektro Universitas Tujuh Belas Agustus Jakarta.
24. Mahasiswa dan Alumni Teknik Elektro Universitas Kristen Krida Wacana.
25. Bapa Drs. Horaman Saragih adalah Ayahanda tercinta dan Mama Pinta Uli Sitorus adalah Ibunda tercinta yang selalu memberikan didikan, perhatian dan dukungan serta memberi semangat dan saran. Kami mengucapkan terima kasih untuk dana kuliah S-3 yang telah dibiayai dan didanai oleh orang tua kami yang sangat baik. Penulis mengucapkan terima kasih karena orang tua yang mau memberikan warisan pada anak cucunya yaitu warisan pendidikan pada kami sekeluarga. Ucapan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang memberi kebijaksanaan yang melimpah pada orangtua kami sehingga didikan orangtua kami bagaikan harta warisan yang tidak pernah habis yang ditanamkan dan diturunkan turun temurun sampai kepada anak cucunya, yaitu warisan pendidikan. Oleh karena itu kepandaian, hikmat dan kebijaksanaan melingkupi dan menaungi kami sekeluarga. Sehingga kami menjadi keluarga yang takut akan Tuhan, karena takut akan Tuhan adalah awal dari pengetahuan. Oleh karena itu sepanjang tahun-tahun umur hidup kami sekeluarga selalu menghormati Bapa dan Mama. Tanpa kasih sayang Bapa Mama saya tidak mungkin bisa saya menjadi seorang Doktor. Terima kasih ya Papa, terima kasih ya Mama buat doa-doanya.
26. Siska Buniaty Sihotang, S.Sos istri yang termanis, terbaik, tersayang, tercinta yang selalu menolong dan mendampingi penulis dengan setia dan yang selalu memberi inspirasi dengan penuh kasih sayang.

27. Abang Hohen Saragih, SH dan kakak Tiur Sinaga, Amd.
28. Abang Kapten Laut, Ir. Hondor Saragih dan dr. Hetty Helen Sianipar.
29. Adik Hendra Saragih, SE dan Raja Raya Saragih, Spsi.
30. Semua keponakanku Fanny Saragih, Willy Saragih, Onty Anabel Saragih, Faday Saragih, Ariel Kristo Mario Silaen, Cicilia Ebigael Silaen.
31. Mertua penulis H. Sihotang dan H br Matondang yang selalu memberikan semangat dan perhatian dengan penuh kasih dan sayang.
32. Abang Befin, Kakak Fretty, Lae Bowmen dan Lae Sahat, dan Adikku Yuli.
33. Pimpinan, Staf, Pendeta dan jemaat Gereja Kristen Protestan Simalungun (GKPS).
34. Penatua, Pimpinan Jemaat, Staf Full Time, Karyawan, dan Jemaat Gereja ABBALOVE ministry.
35. Jemaat Gereja ABBALOVE English Service ampm.
36. Pimpinan dan teman-teman Pelayanan Seni Peran, PESRAN Entertainment Project.
37. Keluarga Besar SARAGIH.
38. Keluarga Besar SITORUS.
39. Opung di Pematang Siantar, Pematang Panei.
40. Tulang dan Natulang.
41. Bapa Tua dan Inang Tua.
42. Mangkela dan Namboru.
43. Bapa Anggi dan Inang Anggi.
44. Semua keluarga dan famili dari Bapa dan Mama.

11. Riwayat Hidup

Nama : Hoga Saragih
Tempat/Tgl. Lahir : Bandung, 15 Agustus 1976
Jenis Kelamin : Pria
Pekerjaan : Dosen
Alamat : Jl. Bentengan No. 1
Rt 01/05 Kel. Sunter Jaya 14350
Email : hogasaragih@gmail.com
Status : Menikah
Nama Istri : Siska Buniaty Sihotang



Pendidikan :

1. SDN 17 Pagi, Jakarta (1988)
2. SMPN 79, Jakarta (1991)
3. SMAN 5, Jakarta (1994)
4. Sarjana Elektro Telekomunikasi, Universitas Kristen Krida Wacana (1998)
5. Magister Teknik Telekomunikasi, Universitas Indonesia (2001)
6. Jenjang S3 Bidang Ilmu Teknik Telekomunikasi FT-UI (2003-2008)

Pengalaman Kerja:

1. Teknisi Elektronika di Toko Mitra Elektronik Service
2. Manager EDP-IT di Perusahaan Metanoia Publishing Bookstore
3. Dosen Universitas Kristen Krida Wacana
4. Dosen Universitas Krisna Dwipayana
5. Dosen Universitas 17 Agustus Jakarta
6. Dosen Universitas Pelita Harapan

Keanggotaan :

1. **Anggota Himpunan Fisika Indonesia (HFI)**
2. **Anggota MASDALI**
3. **Anggota MASTEL (MASYARAKAT TELEKOMUNIKASI)**

