

Analisa Throughput S-Aloha CDMA Dengan Differensial MRC Pada Dua Model Fading

Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo
Department Of Electrical Engineering, Faculty Of Engineering,
The University of Indonesia, Kampus Baru UI Depok, 16424, Jakarta, Indonesia
E-mail: hoga15876@yahoo.com, gunawan@eng.ui.ac.id dan eko@eng.ui.ac.id

Abstrak

Throughput S-ALOHA CDMA yang menggunakan teknik diversitas MRC dengan deteksi differensial dengan L cabang antena dianalisis. Sinyal utama akan ditangkap kemudian dikombinasikan dan juga dianalisa pengaruh cochannel interference terhadap sistem. Dengan menggunakan dua model fading yang berbeda antara sinyal utama dan sinyal interferensi, throughput dianalisa pada kondisi kanal Nakagami/Nakagami dan Rician/Nakagami. Diversitas MRC dan deteksi differensial (DPSK) dengan L cabang antena untuk mengatasi multipath fading, interferensi dan meningkatkan kinerja sistem. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penggunaan L cabang antena pada receiver membuat throughput sistem semakin baik. Semakin besar jumlah sinyal interferensi akan membuat throughput sistem semakin buruk. Semakin besar parameter Nakagami, m, dan faktor Rician, K, yang dialami oleh sinyal utama dan sinyal interferensi akan membuat throughput semakin baik.

Kata kunci: S-ALOHA CDMA, BER, MRC, Nakagami dan rician

Abstract

Throughput S-ALOHA CDMA using technique of diversities MRC differential detected with L branch antenna has been analyzed. Desired signal will be intercepted, then combined and also analyzed the influence of co channel interference. By using two different model of fading between desired signal and interference signal, throughput can be analyzed under channel condition of Nakagami/ Nakagami and Rician/Nakagami. MRC diversities and differential detection (DPSK) with L branch antenna are used on receiver to overcome multi path fading, interference and to increase the system performance. From the result indicating the use of L branch antenna at receiver make system throughput becomes better. The higher the amount of interference signals the worse throughput system. The bigger Nakagami parameter, m, and Rician factor, K, of the desired signal and interference signal the better the throughput.

Keywords: S-ALOHA CDMA, BER, MRC, Nakagami and rician

1. Pendahuluan

Pada *wireless communication*, paket yang mengalami kerusakan sebagian besar disebabkan oleh *multipath fading* dan interferensi. Analisa unjuk kerja ALOHA pada kanal berfading telah dilakukan oleh A. Sheikh, Y-D Yao dan X. WU [1]. Analisa unjuk kerja S-ALOHA pada kanal *fading* Rayleigh telah dilakukan oleh J.A. Roberts dan T.J. Healy [2] dan J. C. Anbark dan W. Van Blitterswijk [3]. Demikian juga unjuk kerja S-ALOHA pada kanal *fading* Nakagami/Nakagami dengan nilai parameter

yang sama untuk *test packet* dan *interfering packets* juga dilakukan oleh A. Al-semari dan Mohsen Guizani [4]. Selain berbagai pendekatan diatas, perhitungan BER dilakukan pada sistem CDMA dengan memperhitungkan berbagai model kanal *fading*, yaitu kanal *fading* yang terdistribusi Rayleigh, Rician maupun Nakagami.

Abdel Hafez dan Alagoz [5] menganalisa kinerja *receiver uplink/downlink* CDMA yang menggunakan teknik diversitas MRC dengan deteksi koheren dan deteksi differensial dan dipengaruhi oleh adanya

multiple access interference (MAI). Pada [6], sinyal utama dan sinyal interferensi mempunyai kondisi fading Rayleigh. Kemudian, [7] memodelkan sinyal utama mempunyai kondisi Rician dan sinyal interferensi mempunyai kondisi fading Rayleigh.

Untuk mengatasi *cochannel interference*, Y. D. Yao dan A. U. H. Sheik mengusulkan penggunaan teknik diversitas *selection combining* dan memodelkan kondisi kanal sebagai Nakagami/Nakagami [8]. Damar mengusulkan penggunaan teknik diversitas MRC tetapi masih memiliki satu antena dan memodelkan kondisi kanal sebagai Nakagami/Nakagami [9]. Gunawan mengusulkan diversitas *maximal ratio combining* (MRC) dan memodelkan kondisi kanal sebagai Nakagami/Nakagami dan Rician/Nakagami dengan penggunaan teknik diversitas dengan L cabang antena [10].

Pada paper ini diusulkan penggunaan teknik CDMA ALOHA dengan menganalisa *throughput* CDMA ALOHA differensial MRC pada dua model fading pada kondisi Nakagami/Nakagami dan Rician/Nakagami kanal fading.

Bagian 2 paper ini membahas tentang sistem model, bagian 3 membahas hasil dan analisa, bagian 4 merupakan kesimpulan.

2. Sistem Model

2.1. Model Transmitter

Tiap-tiap *user* mentransmisikan rata-rata daya P_k , ($1 \leq k \leq K$), pada frekuensi carrier

$f_c = \frac{\omega_c}{2\pi}$ dengan *data rate* $R_b = \frac{1}{T_b}$ dan

chip rate $R_c = \frac{1}{T_c}$. Tiap-tiap *user* diberi

suatu *spreading code sequence* yang unik, $a_{k,j} \in \{-1,+1\}$ dengan *code waveform* sebagai berikut:

$$a_k(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} a_{k,j} p_{T_c}(t - jT_c) \quad (1)$$

Sinyal data *user* ke- k , dengan elemen-elemen data $b_{k,j} \in \{-1,+1\}$, dinyatakan:

$$b_k(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} b_{k,j} p_{T_b}(t - jT_b) \quad (2)$$

Dimana $p_{T_b}(t)$ adalah *unit rectangular pulse* dari durasi T_b , T_c adalah durasi chip, T_b adalah durasi bit, $\eta = \frac{T_b}{T_c}$ adalah *processing gain*.

Sinyal yang ditransmisikan oleh *user* ke- k adalah:

$$S_k(t) = \sqrt{2P_k} a_k(t) b_k(t) \cos(\omega_c t + \Phi_k) \quad (3)$$

Dimana sudut fasa Φ_k diasumsikan terdistribusi secara uniform $[0, 2\pi]$. $S_T(t)$ merupakan jumlah semua sinyal k *user* pada sistem, yang dinyatakan sebagai berikut:

$$S_T(t) = \sum_{k=1}^K S_k(t) \quad (4)$$

2.2. Model Kanal

Pada model kanal ini, tipe fading dimodelkan oleh sebuah *linear filter* dimana *user* ke- k dikarakteristikan oleh suatu *complex-valued lowpass equivalent impulse response* sebagai berikut:

$$h_k(t) = \sum_{l=0}^{L_k-1} \beta_k^l e^{-j\theta_k^l} \delta(t - \tau_k^l) \quad (5)$$

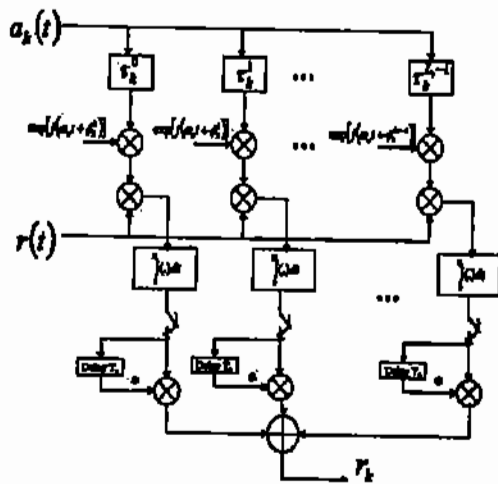
dimana β_k^l adalah faktor *attenuasi*, τ_k^l adalah *delay*, θ_k^l adalah *fasa*, L_k adalah jalur untuk kanal *user* ke- k , $\delta(\cdot)$ adalah *Dirac delta function*.

2.3. Model Receiver

Pada Gambar 1 menunjukkan sinyal yang diterima, $r(t)$ pada *output* kanal *mobile* adalah konvolusi waktu dari $S(t)$ dan $h(t)$ yang dinyatakan sebagai berikut:

$$r(t) = \sum_{k=1}^K \sum_{l=0}^{L_k-1} \beta_k^l \sqrt{2P_k} a_k(t - \tau_k^l) b_k(t - \tau_k^l) \cos(\omega_c t + \phi_k^l) + n(t) \quad (6)$$

dimana $n(t)$ adalah AWGN dengan *zero mean* dan *two sided power spectral density* $N_0/2$.



Gambar 1. Receiver yang Menggunakan MRC Dengan Deteksi Differensial [5]

Pada receiver digunakan teknik diversitas MRC dengan L cabang antenna untuk mengatasi *multipath fading*, interferensi, dan meningkatkan kinerja sistem. Receiver diberikan perkiraan *delay* waktu dari jalur-jalur yang datang. Tiap-tiap sinyal ada pada cabang antenna, pertama dikorelasikan dengan *code waveform* dari user, $a_k(t)$, dan kemudian didemodulasikan dengan menggunakan DPSK.

Pada MRC menggunakan L cabang antenna dan adanya sinyal *cochannel interference* sebanyak I , maka SINR total keluaran MRC dapat dinyatakan [11] sebagai:

$$r = \frac{\sum_{p=1}^L \Omega_p^p}{1 + \sum_{q=1}^I \Omega_q^q} = \frac{X}{1+Y} = \frac{X}{\omega} \quad (7)$$

dimana Ω_p^p menunjukkan SNR rata-rata sinyal utama ke- j pada cabang antenna ke- p , Ω_q^q menunjukkan INR rata-rata sinyal interferensi ke- l pada cabang antenna ke- q , $X = \sum_{p=1}^L \Omega_p^p$ menunjukkan total SNR sinyal utama, dan $Y = \sum_{q=1}^I \Omega_q^q$ menunjukkan total

INR sinyal interferensi pada tiap cabang antenna.

PDF SINR pada MRC ditunjukkan oleh [11]:

$$f_r(r) = \int_0^\infty (\omega+1) f_x((\omega+1)r) f_y(\omega) d\omega \quad (8)$$

2.4. BER dengan Dua Model Fading

Untuk mengukur kinerja sistem, akan diturunkan persamaan *bit error rate* (BER) dengan menggunakan dua model *fading*. Dua model *fading* di sini berarti sinyal utama dan interferensi mempunyai kondisi

fading yang berbeda. $X = \sum_{p=1}^L \Omega_p^p$ adalah

total SNR sinyal utama, Ω_j adalah SNR rata-rata percabang antenna, dan $\Gamma(\cdot)$ merupakan fungsi gamma. Maka pdf sinyal utama yang terdistribusi Rayleigh dinyatakan [12] sebagai berikut:

$$f_x(x) = \frac{x^{L-1}}{(\Omega_j)^L \Gamma(L)} e^{-\frac{x}{\Omega_j}} \quad (9)$$

m_j merupakan parameter Nakagami sinyal utama, pdf sinyal utama yang terdistribusi Nakagami dinyatakan [12] sebagai:

$$f_x(x) = \left(\frac{m_j}{\Omega_j}\right)^{m_j L} \frac{x^{m_j L-1}}{\Gamma(m_j L)} e^{-\frac{m_j L x}{\Omega_j}} \quad (10)$$

K_j merupakan faktor Rician sinyal utama dan $I_n(\cdot)$ merupakan *modified Bessel function* orde ke- n , pdf sinyal utama yang terdistribusi Rician dinyatakan [12] sebagai:

$$f_x(x) = \frac{(K_j+1)}{\Omega_j} \left(\frac{x(K_j+1)}{K_j L \Omega_j}\right)^{\frac{L-1}{2}} e^{-\frac{x(K_j+1)}{\Omega_j}} I_{L-1} \left(2\sqrt{\frac{K_j L (K_j+1)}{\Omega_j}} x\right) \quad (11)$$

$Y = \sum_{q=1}^I \Omega_q^q$ adalah total INR sinyal interferensi, Ω merupakan INR rata-rata sinyal interferensi, dan $\Gamma(\cdot)$ adalah fungsi gamma, maka pdf sinyal interferensi yang

terdistribusi Rayleigh dinyatakan sebagai [12]

$$f_Y(y) = \frac{y^{I-1}}{(\Omega_I)^I \Gamma(I)} e^{-\frac{y}{\Omega_I}} \quad (12)$$

m_i adalah parameter Nakagami sinyal interferensi, pdf sinyal interferensi yang terdistribusi Nakagami dinyatakan sebagai [12]

$$f_Y(y) = \left(\frac{m_i}{\Omega_i}\right)^{m_i I} \frac{y^{m_i I - 1}}{\Gamma(m_i I)} e^{-\frac{m_i y}{\Omega_i}} \quad (13)$$

K_i adalah faktor Rician sinyal interferensi, dan $I_n(\cdot)$ adalah *modified Bessel function* orde ke- n , pdf sinyal interferensi yang terdistribusi Rician dinyatakan sebagai [12]

$$f_Y(y) = \frac{(K_i + 1)}{\Omega_i} \left(\frac{y(K_i + 1)}{K_i I_0 \Omega_i}\right)^{\frac{I-1}{2}} e^{\left(-K_i I_0 - \frac{(K_i + 1)}{\Omega_i} y\right)} I_{I-1} \left(2 \sqrt{\frac{K_i M_i (K_i + 1)}{\Omega_i} y}\right) \quad (14)$$

Persamaan umum untuk menghitung *bit error rate* (BER) dinyatakan oleh [5]:

$$P_e = \int_0^\infty f_r(r) P(r) dr \quad (15)$$

dimana $f_r(r)$ adalah pdf dari SINR, $P(r)$ adalah *bit error probability* dari skema deteksi pada kanal AWGN

Receiver menggunakan *differential detection* (DPSK) pada kanal AWGN, maka:

$$P(r) = \left(\frac{1}{2}\right)^{2L-1} e^{-r} \sum_{k=0}^{L-1} b_k r^k \quad (16)$$

dimana:

$$b_k = \frac{1}{k!} \sum_{j=0}^{L-1-k} \binom{2L-1}{j} \quad (17)$$

2.4.1. Rayleigh/Rayleigh

Untuk menghitung BER model Rayleigh/Rayleigh, pertama ditentukan terlebih dahulu pdf dari SINR untuk Rayleigh/Rayleigh ini yaitu dengan cara melakukan substitusi (9) dan (12) ke (8) dan (16) sehingga diperoleh persamaan:

$$P_e = \frac{1}{(\Omega_j)^L \Gamma(L) \Gamma(I)} \left(\frac{1}{2}\right)^{2L-1} \sum_{k=0}^{L-1} b_k \Gamma(L+k) \sum_{i=1}^N w_i (\Omega_i x_i + 1)^L x_i^{I-1} \left(\frac{\Omega_i x_i + 1}{\Omega_j} + 1\right)^{-L-k} \quad (18)$$

2.4.2. Rayleigh/Nakagami

Pdf dari SINR dengan kondisi Rayleigh/Nakagami dapat ditentukan dengan memasukkan persamaan (9) dan (13) ke persamaan (8) dan (16), sehingga diperoleh [13], [14]:

$$P_e = \frac{1}{(\Omega_j)^L \Gamma(L) \Gamma(m_i I)} \left(\frac{1}{2}\right)^{2L-1} \sum_{k=0}^{L-1} b_k \Gamma(L+k) \sum_{i=1}^N w_i \left(\frac{\Omega_i}{m_i} x_i + 1\right)^L x_i^{m_i I - 1} \left(\frac{\Omega_i x_i + 1}{\Omega_j} + 1\right)^{-L-k} \quad (19)$$

Persamaan (19) tersebut merupakan BER sistem pada kanal Rayleigh/Nakagami. Selanjutnya, $m_i = 1$ maka akan tereduksi menjadi Rayleigh/Rayleigh (18).

2.4.3. Nakagami/Rayleigh

Pdf dari SINR dengan kondisi Nakagami/Rayleigh dapat ditentukan dengan memasukkan persamaan (10) dan (12) ke persamaan (8) dan (16), sehingga diperoleh:

$$P_e = \left(\frac{m_j}{\Omega_j}\right)^{m_j L} \frac{1}{\Gamma(m_j L) \Gamma(I)} \left(\frac{1}{2}\right)^{2L-1} \sum_{k=0}^{L-1} b_k \Gamma(m_j L + k) \sum_{i=1}^N w_i (\Omega_i x_i + 1)^{m_j L} x_i^{I-1} \left(\frac{m_j (\Omega_i x_i + 1)}{\Omega_j} + 1\right)^{-m_j L - k} \quad (20)$$

Persamaan (20) tersebut merupakan BER sistem pada kanal Nakagami/Rayleigh.

2.4.4. Nakagami/Nakagami

Pdf dari SINR dengan kondisi Nakagami/Nakagami dapat ditentukan dengan memasukkan persamaan (10) dan

(13) ke persamaan (8) dan (16), sehingga diperoleh:

$$Pe = \left(\frac{m_j}{\Omega_j}\right)^{m_j L} \frac{1}{\Gamma(m_j, L)\Gamma(m, I)} \left(\frac{1}{2}\right)^{2L-1} \sum_{k=0}^{L-1} b_k \Gamma(m_j, L+k) \sum_{i=1}^N w_i x_i^{m, I-1} \left(\frac{\Omega_i}{m_i} x_i + 1\right)^{m_j L} \left(\frac{m_j \left(\frac{\Omega_i}{m_i} x_i + 1\right)}{\Omega_j} + 1\right)^{-m_j L - k} \quad (21)$$

Persamaan (21) tersebut merupakan BER sistem pada kanal Nakagami/Nakagami.

2.4.5. Rician/Rayleigh

Pdf dari SINR dengan kondisi Rician/Rayleigh dapat ditentukan dengan memasukkan persamaan (11) dan (12) ke persamaan (8) dan (16), sehingga diperoleh:

$$Pe = \left(\frac{(K_j + 1)}{\Omega_j}\right)^L e^{-K_j L} \frac{1}{\Gamma(I)\Gamma(L)} \left(\frac{1}{2}\right)^{2L-1} \sum_{k=0}^{L-1} b_k \Gamma(L+k) \sum_{i=1}^N w_i (\Omega_i x_i + 1)^L x_i^{I-1} \left(\frac{(K_j + 1)(\Omega_i x_i + 1)}{\Omega_j} + 1\right)^{-L-k} {}_1F_1\left(L+k, L, \frac{K_j L (K_j + 1)(\Omega_i x_i + 1)}{(1 + \Omega_j + \Omega_i x_i + K_j \Omega_i x_i)}\right) \quad (22)$$

dimana ${}_1F_1(a; b; z)$ adalah *Kummer confluent hypergeometric function*. Persamaan (22) di atas merupakan BER Rician/Rayleigh, $K_j = 0$, maka akan tereduksi menjadi Rayleigh/Rayleigh (18).

2.4.6. Rician/Nakagami

Pdf dari SINR dengan kondisi Rician/Nakagami dapat ditentukan dengan memasukkan persamaan (11) dan (13) ke persamaan (8) dan (16), sehingga diperoleh:

$$Pe = \left(\frac{(K_j + 1)}{\Omega_j}\right)^L \frac{1}{\Gamma(m, I)\Gamma(L)} e^{-K_j L}$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{2L-1} \sum_{k=0}^{L-1} b_k \Gamma(L+k) \sum_{i=1}^N w_i \left(\frac{\Omega_i}{m_i} x_i + 1\right)^L x_i^{m, I-1} \left(\frac{(K_j + 1)\left(\frac{\Omega_i}{m_i} x_i + 1\right)}{\Omega_j} + 1\right)^{-L-k} {}_1F_1\left(L+k, L, \frac{K_j L (K_j + 1)\left(\frac{\gamma_i}{m_i} x_i + 1\right)}{\left(1 + \Omega_j + \frac{\Omega_i x_i}{m_i} + \frac{K_j \Omega_i x_i}{m_i}\right)}\right) \quad (23)$$

Persamaan (23) di atas merupakan BER Rician/Nakagami, $K_j = 0$, dan $m_i = 1$ maka akan tereduksi menjadi Rayleigh/Rayleigh (18).

2.5. Throughput S-ALOHA DS-CDMA

Throughput S-ALOHA CDMA pada model kanal *fading* diperoleh [3],[4] and [15]:

$$S = G \left(\sum_{n=1}^{\infty} P_n(n) \right) \cdot (1 - P_e)^L \quad (24)$$

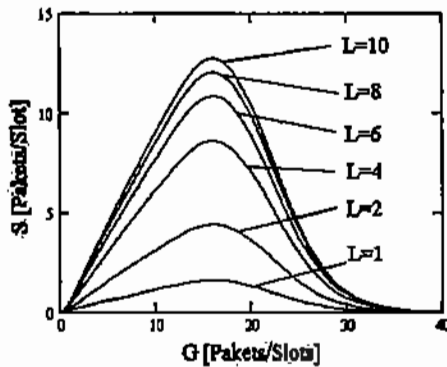
L adalah panjang paket, probabilitas n buah *frame* dihasilkan selama waktu *frame* tertentu pada S-ALOHA diberikan oleh distribusi Poisson:

$$P_n(n) = \frac{G^n e^{-G}}{n!} \quad (25)$$

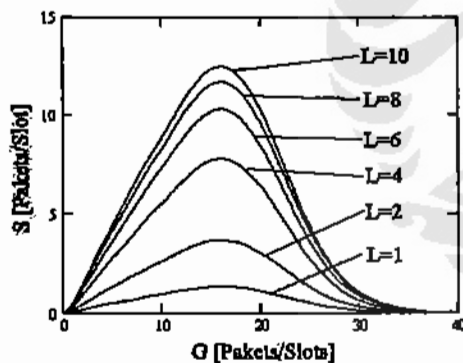
3. Hasil Perhitungan dan Analisa

Gambar 2 menunjukkan *throughput* S-ALOHA CDMA untuk kanal *fading* Rayleigh/Rayleigh dengan memvariasikan jumlah antena pada *receiver* ($L = 1, 2, 4, 6, 8, 10$). Perhitungan dilakukan untuk jumlah sinyal interferensi, $I = 3$, dan INR rata-rata = 1 dB. Dari Gambar 2 terlihat bahwa *throughput* S-ALOHA CDMA akan makin baik dengan meningkatnya jumlah antena pada *receiver* (L). Semakin meningkatnya *throughput* karena pengaruh *noise* dan interferensi terhadap sistem semakin kecil sehingga *throughput* semakin baik. Jumlah antena yang digunakan sangat mempengaruhi kinerja sistem. Semakin

banyak antenna yang digunakan berarti semakin banyak jumlah sinyal utama yang berhasil ditangkap. Sinyal-sinyal tersebut kemudian dikombinasikan dengan teknik diversitas MRC sehingga diperoleh *throughput* yang optimal.



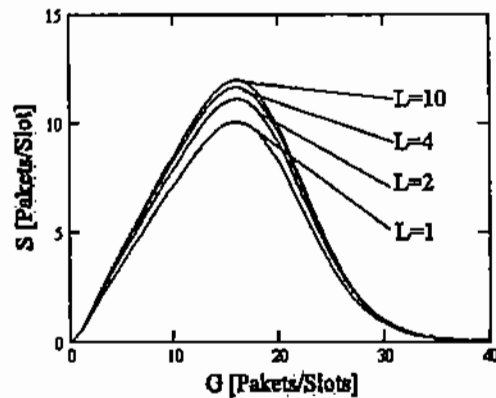
Gambar 2.
Throughput S-ALOHA CDMA Untuk Kanal Fading Rayleigh/Rayleigh Dengan Parameter SNR Rata-rata = 10 dB dan INR Rata-rata = 2 dB.



Gambar 3.
Throughput S-ALOHA CDMA Pada Kanal Nakagami/Rayleigh Dengan Parameter $m_1 = 2$, SNR Rata-rata = 4 dB dan INR Rata-rata = 1 dB

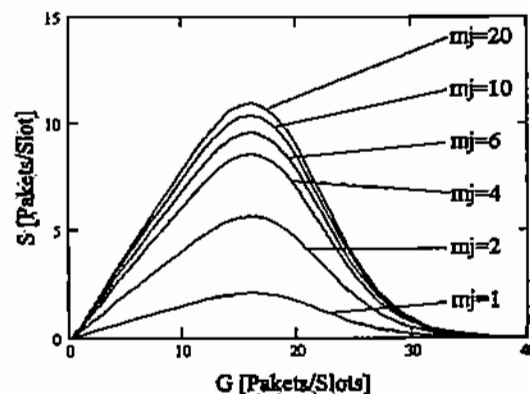
Gambar 3 menunjukkan *throughput* S-ALOHA CDMA pada kanal Nakagami/Rayleigh dengan variasi jumlah antenna pada *receiver*. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan parameter Nakagami- $m = 2$, SNR rata-rata = 4 dB dan INR rata-rata = 1 dB. Grafik pada Gambar 3 menunjukkan pengaruh jumlah L terhadap *throughput* sistem. Gambar 3 sama dengan Gambar 2 tetapi dalam Gambar 3 model fading digambarkan Nakagami sebagai

desired signal. dan Rayleigh sebagai interference signal.



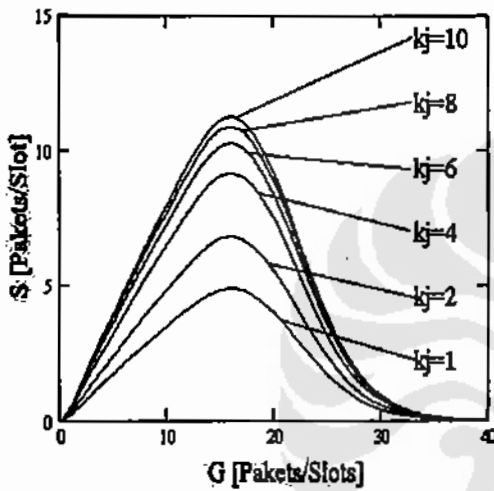
Gambar 4.
Throughput S-ALOHA CDMA Untuk Kanal Fading Rayleigh/Nakagami Dengan Parameter INR Rata-rata = 2 dB, $I = 2$ dan $L = 6$

Gambar 4 menunjukkan *throughput* S-ALOHA CDMA pada kanal Rayleigh/Nakagami dengan variasi jumlah antenna pada *receiver*. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan parameter Nakagami- $m = 2$, SNR rata-rata = 4 dB dan INR rata-rata = 1 dB. Pada Gambar 4 menunjukkan pengaruh jumlah L terhadap *throughput* sistem. Semakin besar L maka *throughput* meningkat karena jumlah sinyal interferensi, perubahan *throughput* pada Rayleigh/Nakagami tidak begitu besar dikarenakan Nakagami sebagai sinyal interferer sedangkan Rayleigh sebagai *desired signal*.



Gambar 5.
Throughput S-ALOHA CDMA Untuk Kanal Fading Nakagami/Nakagami Dengan Parameter INR = 1 dB, SNR= 10 dB, $m_1 = 2$, dan $L = 2$.

Gambar 5 menunjukkan *throughput* S-ALOHA CDMA untuk kanal *fading* Nakagami/Nakagami dengan variasi parameter Nakagami- m sinyal interferensi (m_i). Pada gambar terlihat bahwa semakin besar nilai parameter Nakagami- m , *throughput* akan semakin baik. Kondisi seperti ini sesuai dengan teori bahwa semakin besar nilai parameter Nakagami- m , kondisi *fading* akan semakin kecil. Nilai m_i terus diperbesar sampai mendekati tak hingga, kondisi kanal akan dianggap kanal *non-fading*.



Gambar 6.
Throughput S-ALOHA CDMA Untuk Kanal *Fading* Rician/Nakagami Dengan Parameter INR Rata-rata = 2 dB, $L = 6$, $I = 2$ dan $m_i = 2$.

Gambar 6 menunjukkan *throughput* S-ALOHA CDMA untuk kanal *fading* Rician/Nakagami. Perhitungan dilakukan dengan dengan parameter INR rata-rata = 2 dB, jumlah antena pada *receiver*, $L = 6$, jumlah sinyal interferensi, $I = 2$, dan parameter Nakagami- m sinyal interferensi $m_i = 2$. Gambar 6 tersebut juga memperlihatkan pengaruh *fading* terhadap *throughput* sistem. Semakin besar faktor Rician (K_j), semakin besar jumlah sinyal LOS, sehingga *throughput* akan semakin baik. Untuk nilai K_j yang besar, selisih antar grafik tidak begitu besar. Hal ini terjadi karena semakin besar nilai K_j , *fading* akan semakin kecil. Nilai K_j terus diperbesar mendekati tak hingga maka kondisi kanal dapat dianggap sebagai *non-fading*. Pada kondisi ini, bertambah besarnya faktor

Rician (K_j) sudah tidak terlalu berpengaruh terhadap kinerja sistem

4. Kesimpulan

Analisa kinerja *throughput* S-ALOHA CDMA dengan diversitas MRC dan deteksi differensial telah dianalisa pada dua model *fading*. Model kanal yang digunakan adalah Nakagami/Nakagami dan Rician/Nakagami. *Throughput* sistem semakin baik jika semakin besar jumlah antena yang digunakan pada *receiver*. Semakin besar parameter *fading* (Nakagami dan Rician), *throughput* sistem akan semakin baik.

Daftar Acuan

- [1]. 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.
- [2]. 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.
- [3]. 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.
- [4]. Sand A. Al-Semari dan Mohsen Guizani, "Channel Throughput of Slotted ALOHA in Nakagami Fading Environment", IEEE Transaction on Communications, 1997.
- [5]. 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.
- [6]. 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.
- [7]. 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.

- [8]. 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.
- [9]. Damar Wijaya dan Gunawan Wibisono, “*Analisa BER CDMA dengan Dua Model Path Gain Kanal Fading Nakagami,*” Proc. The 6 th Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (SITIA 2005), Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2 May 2005.
- [10]. Gunawan Wibisono dan Andy Prakoso, “*Analisis Kinerja CDMA Dengan Differensial MRC Pada Dua Model Fading,*” Proc. EECCIS 2006, Brawijaya University Malang, Part 1, C-135, May 16, 2006.
- [11]. Chirasil Chayawan dan Valentine A. Aalo, “*Average Symbol Error Rate of Maximal Ratio Combining Scheme in the Multiple Cochannel Interferers,*” ECTI Trans. on Electrical Eng., Electronics, and Communications, Vol. 1, No. 1, Agustus 2003.
- [12]. 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.
- [13]. I. Gradshteyn dan I. Ryzhik, *Tables of integrals, series and product.* academic, New York, 1980.
- [14]. M. Abramowitz dan I. A. Stegun, *Handbook of Mathematical Functions,* Dover, 1970.
- [15]. 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,