

**PENGARUH MULTIPATH FADING TERHADAP PERFORMANSI PADA DOWNLINK JARINGAN
CDMA2000 1X EV-DO REVISION A
(Maret, 2014)**

Wisnu Eko P., Wahyu Adi Priyono, Ir., MT., and Dwi Fadilla K., ST.,MT.
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya
Email: wisnu.prabow@gmail.com

Abstrak- Permintaan layanan data dengan kecepatan tinggi sangat banyak dibutuhkan saat ini, teknologi yang cukup banyak digunakan yaitu CDMA (*Code Division Multiple Access*) EV-DO (*Evolved Data Optimized*) 2000 1X Revision A atau disebut juga EV-DO Rev. A. Kecepatan akses teknologi EV-DO Rev. A mampu mencapai 3,1 Mbps untuk *download*. Sedangkan untuk *upload*, dapat mencapai 1,8 Mbps. Pada EV-DO Rev. A, sinyal yang dipancarkan dipengaruhi oleh bermacam-macam fenomena *fading*, salah satunya yaitu *multipath fading*, yang pasti terjadi pada jaringan komunikasi *wireless*. Penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *multipath fading* terhadap performansi pada *downlink* jaringan EV-DO Rev. A, yaitu daya terima, SNR, Eb/No dan BER.

Metode yang digunakan untuk mengetahui pengaruh *multipath fading* terhadap performansi pada *downlink* CDMA 2000 1X EV-DO Rev. A yaitu pengumpulan data sekunder, perhitungan dan pengolahan data menggunakan software Matlab dan selanjutnya dianalisis. Hasil analisis perhitungan pengaruh *multipath fading* pada *downlink* jaringan EV-DO Rev. A yang menggunakan modulasi QPSK, serta menggunakan model *channel* Erceg didapatkan jarak maksimal yang dapat menerima sinyal dengan baik yaitu 4000 meter, dengan daya terima sebesar -102,654 dBm, SNR sebesar 9,787 dB, Eb/No sebesar 13,371 dB, dan BER sebesar $8,986 \times 10^{-6}$. Dari hasil analisis, EV-DO Rev. A lebih efisien digunakan untuk layanan data, karena memiliki energi sinyal yang besar dan dapat mengurangi noise pada saat transmisi serta memiliki *bit rate* yang besar.

Kata kunci : *Multipath fading, Jaringan CDMA, EV-DO Rev. A.*

I. PENDAHULUAN

Teknologi telekomunikasi bergerak merupakan teknologi yang perkembangannya sangat cepat, perkembangan penggunaan layanan telekomunikasi ini kemudian berdampak pada *bandwidth* yang telah disediakan menjadi semakin tidak mencukupi. Masalah lain yang juga muncul yaitu permintaan layanan data dengan kecepatan data lebih tinggi, serta masalah efisiensi spektrum frekuensi. Hal inilah yang akhirnya menjadi latar belakang perkembangan teknologi akses jamak (*multipleaccess*). Untuk mengatasi masalah ini, maka diterapkan beberapa teknologi, salah satunya yaitu CDMA (*Code Division Multiple Access*). Untuk saat ini teknologi yang cukup banyak digunakan yaitu CDMA (*Code Division Multiple Access*) EV-DO (*Evolved Data Optimized*) 2000 1X Revision A atau disebut juga EV-DO Rev. A yang memiliki bit rate mencapai 3,1 Mbps pada *downlink* dan 1,8 Mbps pada *uplink*. Pada komunikasi *wireless* khususnya pada EV-DO Rev. A, sinyal yang dipancarkan dipengaruhi oleh bermacam-macam bentuk hamburan (*scatter*) sinyal dan fenomena lintasan jamak (*multipath*) yang dapat menyebabkan terjadinya *fading*. *Fading* adalah fenomena fluktuasi daya sinyal terima akibat adanya proses propagasi (pantulan) dari gelombang radio.

Multipath fading adalah suatu bentuk gangguan atau interferensi sinyal RF yang timbul ketika sinyal memiliki lebih dari satu jalur dari pemancar ke

penerima. Fenomena *multipath fading* mempengaruhi kualitas performansi jaringan EV-DO Rev. A. Salah satu cara untuk mengetahui performansi jaringan EV-DO Rev. A yang terpengaruh oleh *multipath fading* yaitu dengan melakukan analisis terhadap beberapa parameter performansi EV-DO Rev. A yang meliputi *signal to noise ratio* (SNR), dan *bit error rate* (BER) pada jaringan tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. CDMA2000 1X EV-DO Revision A

EV-DO Rev. A telah dirancang untuk mendukung kebutuhan data tingkat tinggi. Sebuah saluran EV-DO Rev. A mempunyai *bandwidth* 1,25 MHz. EV-DO Rev. A memiliki kecepatan data sampai dengan 3,1 Mbit/s pada *downlink*, sementara kecepatan *uplink* dapat mencapai 1,8 Mbit/s.

EV-DO Revision A menghasilkan beberapa tambahan terhadap *protocol* yang tetap *compatible* dengan *release* yang sebelumnya yaitu *Release 0*. EV-DO Revision A adalah evolusi dari CDMA 2000 1X EV-DO Release 0 yang meningkatkan kecepatan data pada *downlink* dan *uplink* untuk mendukung data *broadband* dan suara secara *realtime*. CDMA 2000 1X EV-DO Revision A merupakan salah satu teknologi *broadband* CDMA yang banyak digunakan untuk teknologi

No	Parameter Link Budget	Nilai
1	BTS Tx Power (Pt)	41,8 dBm
2	Tx Antenna Gain (Gt)	17 dBi
3	Cable Loss (Lt)	3 dB
4	Noise Figure (NF)	9 dB
5	Thermal Noise	-165 dB
6	Rx Antenna Gain (Gr)	0 dBi
7	Body Loss (Lr)	3 dB
8	Fading Margin (FM)	10,3 dB
9	Sensitivitas Receiver	-104 dBm

Sumber: Peter J. Black dan Qiang Wu, 2002

B. Multipath Fading

Propagasi *multipath* adalah perambatan sinyal antara pemancar dan penerima melalui berbagai lintasan yang berbeda. Lintasan yang berbeda-beda tersebut mengakibatkan kuat sinyal penerimaan menjadi bervariasi. Sedangkan pengertian dari *multipath fading* yaitu *fading* yang terjadi akibat propagasi *multipath*. Sinyal yang diterima oleh penerima merupakan jumlah superposisi dari keseluruhan sinyal (sinyal LOS dan sinyal hasil pemantulan) yang dipantulkan akibat banyak lintasan (*multipath*).

C. Parameter Multipath Fading

1. Delay Spread

Delay spread adalah lebar pulsa dari impuls yang dikirim antara pemancar dan penerima, yang merupakan fenomena alami yang disebabkan oleh propagasi pantulan dan hamburan pada kanal komunikasi. *Delay spread* dapat menimbulkan interferensi antar symbol (ISI), karena setiap simbol akan saling bertumbukan dengan simbol sebelum dan sesudahnya. Ada beberapa faktor pada *delay spread* yang dapat dianalisis untuk dapat menentukan kecepatan bit transmisi agar tidak terjadi ISI (*Intersymbol Interference*) yaitu *mean excess delay* (rata-rata kelebihan waktu tunda), *maximum excess delay* (kelebihan waktu tunda maksimum), dan *RMS delay spread* (*root mean square delay spread*).

a. Mean Excess Delay

Mean excess delay merupakan momen pertama dari *power delay profile*, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_k a_k^2 \tau_k}{\sum_k a_k^2} = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k}{\sum_k P(\tau_k)}$$

Keterangan :

telekomunikasi. Berikut ini adalah *link budget* dari jaringan CDMA 2000 1X EV-DO Rev. A :

Tabel 2.1 *Link Budget* jaringan CDMA 2000 1X EV-DO Rev. A

$\bar{\tau}$: *mean excess delay* (μs)
 $P(\tau_k)$: daya normalisasi pada waktu τ_k (dB)
 τ_k : waktu *delay* ke- k (μs)

b. Maximum Excess Delay

Maximum Excess Delay adalah rentang *delay* antara munculnya impulse pertama sampai impulse terakhir pada *power delay profile*..

$$\tau_d = \max_{i,j} |\tau_i(t) - \tau_j(t)|$$

Keterangan ;

τ_d : *maximum excess delay* (μs)

Maximum Excess Delay dapat mempengaruhi besarnya nilai *bandwidth* sinyal (B_s), yang memiliki persamaan sebagai berikut :

$$B_s = \frac{1}{2\Delta\tau}$$

dengan,

$$\Delta\tau = \frac{\tau_d}{N_{\text{path}}}$$

Keterangan :

B_s : *bandwidth* sinyal (MHz)

$\Delta\tau$: selang waktu tiap path (μs)

τ_d : *maximum excess delay* (μs)

N_{path} : jumlah lintasan / path

c. RMS Delay Spread

RMS delay spread merupakan parameter penting yang dapat menentukan performansi sistem digital, yang dapat membantu mengidentifikasi dan menanggulangi *multipath fading*. Dengan memperkecil nilai *RMS delay spread* maka intersymbol interference (ISI) dapat menjadi lebih kecil, sehingga *error rate* akan menjadi lebih kecil dan *data rate* meningkat. Nilai *RMS delay spread* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\sigma_\tau = \sqrt{\tau^2 - (\bar{\tau})^2}$$

dengan

$$\tau^2 = \frac{\sum_k a_k^2 \tau_k^2}{\sum_k a_k^2} = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k^2}{\sum_k P(\tau_k)}$$

Keterangan :

σ_τ : *RMS delay spread* (μs)

$\bar{\tau}$: *mean excess delay* (μs)

τ^2 : momen kedua dari *power delay profile*

Delay spread multipath dapat mengakibatkan *flat fading* dan *frequency selective fading*. Syarat terjadinya *flat fading* yaitu $B_s \ll B_c$ dan $T_s \gg \sigma_\tau$.

Sedangkan syarat terjadinya *frequency selective fading* yaitu $B_s \gg B_c$ dan $T_s \ll \sigma_\tau$.

2. Bandwidth Coherence

Bandwidth koheren adalah *range* frekuensi sepanjang komponen dua frekuensi yang memiliki korelasi amplitudo yang sangat kuat, sering juga didefinisikan sebagai *bandwidth* yang akan dipakai untuk mentransmisikan data informasi. Nilai dari *bandwidth* koheren yaitu penurunan dari RMS *delay spread*, yang dapat dihitung dengan persamaan (2-16).

$$B_c = \frac{1}{\sigma_\tau}$$

Keterangan :

B_c : *bandwidth* koherensi (MHz)

σ_τ : RMS *delay spread* (μ s)

D. Parameter Performansi Downlink CDMA 2000 1X EV-DO Revision A

1. Redaman Propagasi (*pathloss*) dan Daya Terima

Pathloss adalah suatu parameter yang digunakan untuk mengetahui besarnya *loss* (rugi-rugi) yang terjadi selama proses pengiriman data di dalam media transmisi. Ada dua kondisi yang dapat menentukan besarnya rugi-rugi propagasi, yaitu :

➤ Kondisi *Line of Sight* (LOS)

Kondisi LOS adalah kondisi dimana antara *transmitter* (BS) dan *receiver* (UE) tidak terdapat halangan sama sekali atau tidak terpengaruh *multipath fading*. Besarnya rugi-rugi ruang bebas (*free space loss*) dijelaskan dalam persamaan:

$$FSL = -20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)$$

dengan, $\lambda = \frac{c}{f}$

Keterangan :

FSL: *free space loss* (dB)

λ : Panjang gelombang (m)

f : Frekuensi kerja sistem (Hz)

d : jarak antara pemancar dan penerima (m)

c : kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

Setelah diperoleh nilai *path loss* (PL) untuk kondisi *non line of sight* (NLOS), maka dapat dihitung besarnya daya terima pada *receiver* dengan menggunakan persamaan:

$$P_r (\text{dBm}) = P_t + G_t - L_t + G_r - L_r - FSL - FM$$

Keterangan :

P_r : daya terima *receiver* (dBm)

P_t : daya pancar *transmitter* (dBm)

G_t : *gain transmitter* (dBi)

L_t : *transmitter losses (cable loss)* (dB)

G_r : *gain receiver* (dBi)

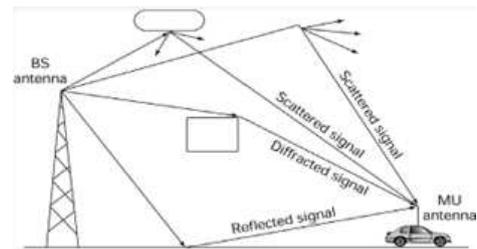
L_r : *receiver losses (body loss)* (dB)

PL : *path loss* (dB)

FM: *fading margin* (dB)

➤ Kondisi *Non Line of Sight* (NLOS)

Kondisi NLOS atau terpengaruh *multipath fading* adalah kondisi dimana antara *transmitter* (BS) dan *receiver* (UE) terdapat penghalang sinyal seperti rumah, pohon dan gedung. Kondisi ini menyebabkan sinyal yang dikirim oleh *transmitter* (BS) mengalami pantulan, difraksi atau *scattering*, sehingga sinyal tersebut memiliki lebih dari satu jalur dari *transmitter* (BS) ke *receiver* (UE). Propagasi gelombang NLOS sering disebut sebagai propagasi *multipath*. Kondisi NLOS diilustrasikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kondisi *Non Line of Sight* (NLOS)

Sumber: www.itelkom.com

Besarnya rugi-rugi propagasi (*path loss*) untuk kondisi NLOS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Erceg model :

$$PL = A + 10\gamma \log \left(\frac{d}{d_0} \right) + \Delta PL_f + \Delta PL_h + s$$

Keterangan :

PL : *Path Loss* (dB)

s : *shadow fading variation (data sheet)*

d_0 : jarak referensi (100 m)

d : jarak BS dan SS (m)

A : *path loss* referensi (dB), dimana $A =$

$$20 \log \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d_0}{\lambda} \right)$$

γ : eksponen *path loss*, dimana $\gamma =$

$$a - b \cdot h_t + \frac{c}{h_t}$$

a, b, c : konstanta berdasarkan kategori daerah

h_t : tinggi BS (m)

ΔPL_f : faktor koreksi frekuensi

ΔPL_h : faktor koreksi tinggi antenna user

dimana,

$$\Delta PL_f = 6 \log \frac{f}{2000}, \text{ dengan satuan } f \text{ dalam MHz}$$

$$\Delta PL_h = -10.8 \log \left(\frac{h_r}{2} \right)$$

Setelah diperoleh nilai *path loss* (PL) untuk kondisi *non line of sight* (NLOS), maka dapat dihitung besarnya daya terima pada *receiver* dengan menggunakan persamaan:

$$P_r (\text{dBm}) = P_t + G_t - L_t + G_r - L_r - PL - FM$$

Keterangan :

- P_r : daya terima *receiver* (dBm)
- P_t : daya pancar *transmitter* (dBm)
- G_t : *gain transmitter* (dBi)
- L_t : *transmitter losses (cable loss)* (dB)
- G_r : *gain receiver* (dBi)
- L_r : *receiver losses (body loss)* (dB)
- PL : *path loss* (dB)
- FM: *fading margin* (dB)

2. Signal to Noise Ratio (SNR)

SNR adalah perbandingan antara sinyal yang dikirim terhadap *noise*. SNR digunakan untuk mengetahui besarnya pengaruh redaman sinyal terhadap sinyal yang ditransmisikan. SNR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$SNR(dB) = P_r(dBm) - N_{total}(dBm)$$

Keterangan :

- SNR : *signal to noise ratio*
- P_r : daya yang diterima oleh *receiver*
- N_{total} : daya *noise* saluran transmisi

Sedangkan untuk menghitung daya noise (N), maka digunakan persamaan

$$N_{total} = P_t \cdot (N - 1)$$

$$N - 1 = \frac{B / R}{E_b / N_o} \quad , \text{ di mana } E_b = P_t / R$$

dan $N_o = kTB + NF + \text{gain}$.

$$N_{total} = P_t \cdot \frac{B / R}{\frac{P_t / R}{kTB}}$$

Keterangan :

- N_{total} : daya *noise* dan interferensi saluran transmisi (dBm)
- k : konstanta Boltzman ($1,381 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$)
- T : suhu ruang (300° K)
- B : *bandwidth* (Hz)
- N : jumlah pengguna total dalam satu frekuensi
- R : *bit rate*
- P_t : daya pancar *transmitter*

3. Energy Bit to Noise Ratio (Eb/No)

E_b/N_o adalah suatu parameter yang berhubungan dengan SNR yang biasanya digunakan untuk menentukan laju data digital dan sebagai ukuran mutu standar untuk kinerja sistem komunikasi digital. Dilihat dari namanya, E_b/N_o dapat didefinisikan sebagai perbandingan energi sinyal per bit terhadap *noise*. Energi per bit dalam sebuah sinyal dijelaskan dalam persamaan

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S}{N} - 10 \log \frac{B}{R}$$

4. Bit Error Rate (BER)

BER adalah banyaknya *bit* yang salah ketika sejumlah *bit* ditransmisikan dari titik asal ke titik

tujuan. EV-DO Rev. A menggunakan modulasi QPSK.

$$P_{b,QPSK} = Q\left(\sqrt{2 \frac{E_b}{N_o}}\right)$$

Keterangan :

- P_b : BER pada saat transmisi (tanpa satuan)
- Q : simbol modulasi quadrature (QPSK)
- $\frac{E_b}{N_o}$: rasio energy bit terhadap *noise*

$$Q(x) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right)$$

$$\operatorname{erfc}(x) \approx \frac{1}{\sqrt{\pi}x} e^{-x^2}$$

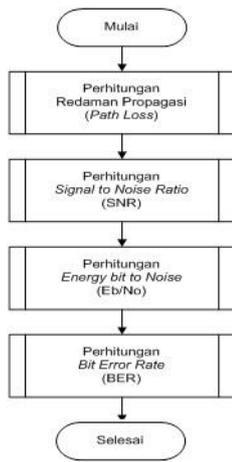
III. METODOLOGI

A. Perhitungan Performansi CDMA 2000 1X EV-DO Rev. A

Performansi CDMA 2000 1X EV-DO *Revision A* dapat diketahui dengan cara melakukan penghitungan dan menganalisa beberapa parameter yang diperlukan. Asumsi yang digunakan yaitu :

1. *User Equipment* (UE) dan BTS yang akan diamati berada di luar ruangan (*outdoor*) pada daerah urban di sekitar pegunungan, dengan banyak gedung bertingkat, serta pohon dan menara. Hal ini dilakukan agar sinyal yang diterima pada *receiver* merupakan gabungan dari sinyal LOS (*Line of Sight*) dan sinyal hasil pantulan.
2. *User Equipment* (UE) dalam keadaan bergerak dengan kecepatan sedang (30 km/jam)
3. Tinggi antena *transmitter* / BTS (h_t) = 50 m.
4. Tinggi antena *receiver* / UE (h_r) = 1 m.
5. Frekuensi kerja *downlink* = 1900 MHz.
6. *Bandwidth* = 1,25 MHz.
7. Jarak antara UE dan BTS bervariasi mulai dari 1 km hingga 5 km, dengan selisih jarak sebesar 1 km. Jarak yang digunakan hingga 5 km dengan tujuan untuk mengetahui apakah sinyal masih dapat diterima dengan baik atau tidak.
8. Sinyal pada kondisi *line of sight* (LOS) diasumsikan hanya melewati kanal AWGN (*Additive White Gaussian Noise*), sedangkan pada kondisi *non line of sight* (NLOS) melalui kanal *multipath fading*.

Pada gambar 3.1 merupakan diagram alir penghitungan parameter performansi pada CDMA 2000 1X EV-DO *Revision A* baik pada kondisi tanpa pengaruh *multipath fading* maupun dengan pengaruh *multipath fading*.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penghitungan Performansi EV-DO Rev. A

IV. PEMBAHASAN DAN HASIL

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai *delay spread* yang mempengaruhi kanal *multipath fading*, yaitu sebagai berikut :

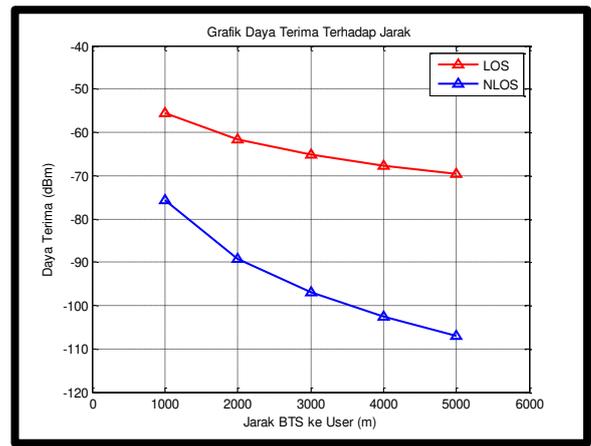
- a. *Mean Excess Delay* (τ) = 252,441 μ s
- b. *Maximum Excess Delay* (τ_d) = 2510 μ s
- c. *RMS Delay Spread* (σ_τ) = 754,713 μ s
- d. *Bandwidth* sinyal (B_s) = 1,195 KHz
- e. *Bandwidth* koheren (B_c) = 1,325 KHz
- f. *Periode simbol* (T_s) = 836 μ s
- g. *Jenis fading* yang terjadi = *flat fading*

Nilai-nilai dari parameter performansi EV-DO Rev. A tanpa pengaruh efek *multipath fading* dan yang dipengaruhi oleh efek *multipath fading* antara lain sebagai berikut :

a. Daya Terima (P_r)

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Daya Terima

Jarak (m)	Daya Terima (dBm)	
	Line of Sight (LOS)	Non Line of Sight (NLOS)
1000	-55,561	-75,700
2000	-61,582	-89,177
3000	-65,104	-97,061
4000	-67,603	-102,654
5000	-69,541	-



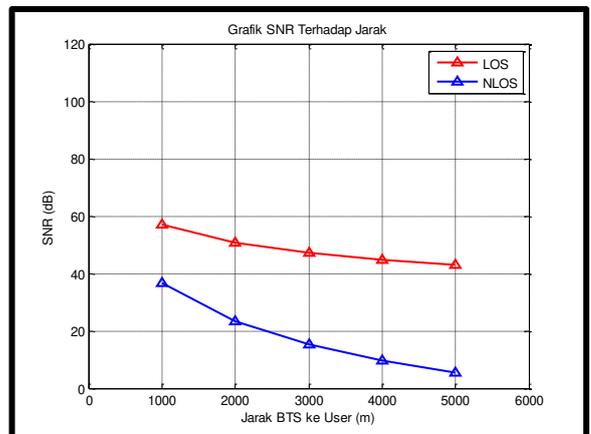
Gambar 4.1 Hubungan daya terima dan jarak BTS ke UE (Sumber : Hasil Perhitungan)

- Daya terima akan semakin kecil jika terpengaruh *multipath fading*.
- Kondisi *Line of Sight* (LOS) : sinyal dapat diterima dan diproses dengan baik sampai dengan jarak 5000 m, dengan daya terima ($P_r = -69,541$ dBm).
- Kondisi *Non Line of Sight* (NLOS) : sinyal masih dapat diterima dan diproses sampai dengan jarak 4000 m dengan nilai $P_r = -102,654$.

b. Signal to Noise Ratio (SNR)

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan SNR

Jarak (m)	SNR (dB)	
	Line of Sight (LOS)	Non Line of Sight (NLOS)
1000	56,880	36,741
2000	50,859	23,264
3000	47,337	15,380
4000	44,839	9,787
5000	42,900	-



Gambar 4.2. Hubungan SNR dan jarak dari BTS ke UE (Sumber : Hasil perhitungan)

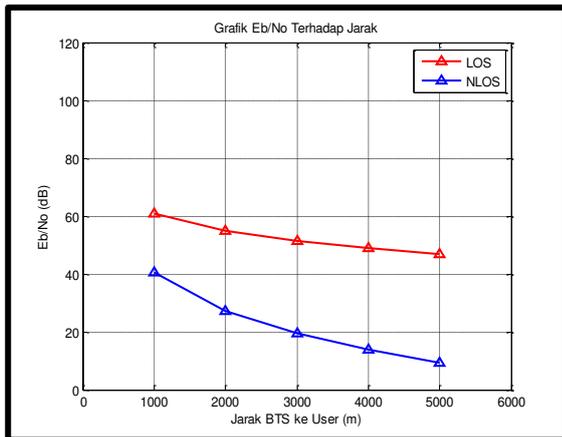
- Semakin besar nilai SNR maka kualitas sinyal yang terima akan semakin baik.

- Nilai SNR akan menurun jika terpengaruh *multipath fading*.
- Nilai SNR juga akan menurun sesuai dengan pertambahan jarak (d) dan penurunan daya terima (Pr). Artinya, kualitas sinyal akan semakin buruk apabila jarak antara *transmitter* dan *receiver* semakin jauh.

c. Energy bit to Noise Ratio (Eb/No)

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Eb/No

Jarak(m)	Eb/No (dB)	
	Line of Sight (LOS)	Non Line of Sight (NLOS)
1000	60,824	40,686
2000	54,804	27,209
3000	51,282	19,325
4000	48,783	13,371
5000	9,787	-



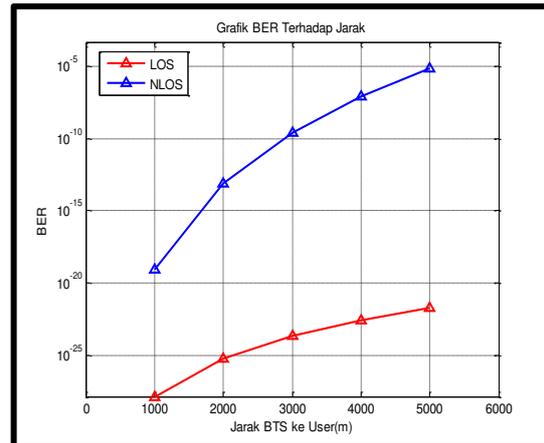
Gambar 4.4. Hubungan Eb/No dengan jarak BTS ke UE
Sumber : Hasil Perhitungan

- *Multipath fading* akan menyebabkan nilai Eb/No semakin kecil dan kualitas sinyal semakin buruk.
- Semakin besar nilai Eb/No maka kualitas sinyal yang diterima akan semakin baik.
- Nilai Eb/No juga akan menurun sesuai dengan pertambahan jarak dan penurunan nilai SNR.
- Semakin besar nilai *bit rate* (R) maka nilai Eb/No akan semakin besar, dan semakin kecil nilai *bandwidth* (B) maka nilai Eb/No akan semakin besar.

d. Bit Error Rate (BER)

Tabel 4.4. Hasil Perhitungan BER

Jarak (m)	Probabilitas bit error, P_{be}	
	Line of Sight (LOS)	Non Line of Sight (NLOS)
1000	$3,944 \times 10^{-28}$	$2,347 \times 10^{-19}$
2000	$3,399 \times 10^{-26}$	$1,888 \times 10^{-13}$
3000	$5,654 \times 10^{-24}$	$2,974 \times 10^{-8}$
4000	$6,903 \times 10^{-23}$	$8,986 \times 10^{-6}$
5000	$4,834 \times 10^{-22}$	-



Gambar 4.5. Hubungan BER terhadap jarak BTS ke UE
Sumber : Hasil Perhitungan

- *Multipath fading* akan memperbesar nilai P_{be} atau BER, di mana kualitas sinyal juga akan menjadi semakin buruk.
- Kualitas sinyal terima akan semakin baik bila nilai P_{be} atau BER semakin kecil.
- Nilai P_{be} akan meningkat sesuai dengan pertambahan jarak antara *transmitter* dan *receiver*.
- Semakin kecil nilai Eb/No maka nilai P_{be} akan semakin besar.

Jaringan CDMA2000 1X EV-DO Rev. A memiliki *bit rate* hingga sebesar 3,1 mbps serta *bandwidth* sebesar 1,25 MHz. Dari hasil analisis diketahui bahwa semakin besar nilai *bit rate* maka nilai Eb/No akan semakin besar, dan semakin kecil nilai *bandwidth* maka nilai Eb/No akan semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan CDMA2000 1X EV-DO Rev. A akan memiliki energi sinyal yang besar dan dapat mengurangi *noise* yang terjadi pada saat transmisi, sehingga jaringan ini lebih efisien jika digunakan untuk layanan data, karena layanan data membutuhkan *bit rate* yang cukup besar dan *noise* yang kecil agar performansinya baik.

V. Penutup

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan dalam bab sebelumnya, maka dari

perhitungan dan analisis pengaruh *multipath fading* terhadap performansi pada *downlink* CDMA2000 1X EV-DO Rev. A dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sinyal yang mengalami propagasi *multipath* akan mengalami penundaan waktu terima (*delay spread*) dan akan mempengaruhi kanal *multipath fading*. *Delay spread* dapat diketahui dengan menghitung beberapa parameter dengan hasil sebagai berikut :
 - a. *Mean Excess Delay* ($\bar{\tau}$) = 252,441 μ s
 - b. *Maximum Excess Delay* (τ_d) = 2510 μ s
 - c. *RMS Delay Spread* (σ_τ) = 754,713 μ s
 - d. Bandwidth sinyal (B_s) = 1,195 KHz
 - e. Bandwidth koheren (B_c) = 1,325 MHz
 - f. Periode simbol (T_s) = 836 μ s
 - g. Jenis *fading* yang terjadi yaitu *flat fading*.
2. *Flat fading* yang terjadi pada kanal *multipath fading* akan berpengaruh pada performansi CDMA2000 1X EV-DO Rev. A, yaitu pada rugi-rugi redaman propagasi (*path loss*). Nilai *path loss* juga dipengaruhi oleh jarak antara *transmitter* (BTS) dan *receiver* (*user equipment*) dan akan mempengaruhi daya terima sinyal pada *receiver*. Untuk kondisi BTS dan UE pada EV-DO Rev. A yang berada di daerah urban (*terrain type A*), dengan frekuensi kerja *downlink* sebesar 1900 MHz, *bandwidth* sebesar 1,25 MHz, *bit rate user* sebesar 3,1 Mbps, dan jarak antara BTS dan UE divariasikan mulai dari 1000 m – 5000 m pada kondisi tanpa pengaruh *multipath fading* atau *Line of Sight* (LOS) dan yang terpengaruh *multipath fading* atau *Non Line of Sight* (NLOS), maka akan diperoleh hasil sebagai berikut :
 - a. Sinyal pada kondisi LOS masih dapat diterima dan diproses dengan baik sampai dengan jarak 5000 m dengan daya terima -69,541 dBm. Sedangkan pada kondisi NLOS, sinyal hanya dapat diterima sampai jarak 4000 m dengan daya terima -102,654 dBm. Hal ini dikarenakan pada jarak lebih dari 4000 m, daya terima sinyal melebihi sensitivitas penerima yang besarnya -104 dBm.
 - b. Nilai SNR pada kondisi LOS dengan jarak 1000 m antara BTS dan UE yaitu sebesar 56,880 dB dan kondisi NLOS sebesar 36,741 dB. Sedangkan pada jarak 4000 m nilai SNR pada kondisi LOS sebesar 44,839 dB dan pada kondisi NLOS sebesar 9,787 dB.
 - c. Nilai Eb/No pada kondisi LOS dengan jarak 1000 m antara BTS dan UE yaitu sebesar 60,824 dB dan kondisi NLOS sebesar 40,686 dB. Sedangkan pada jarak 4000 m nilai Eb/No pada kondisi LOS sebesar 48,783 dB dan pada kondisi NLOS sebesar 13,371 dB.
 - d. BER (P_{be}) pada kondisi LOS dengan jarak 1000 m antara BTS dan UE yaitu sebesar 3,944 x 10⁻²⁸ dan kondisi NLOS sebesar 2,347 x 10⁻¹⁹.

Sedangkan pada jarak 4000 m nilai P_{be} pada kondisi LOS sebesar 6,903 x 10⁻²³ dan pada kondisi NLOS sebesar 8,986 x 10⁻⁶.

- e. Pengaruh *multipath fading* pada jaringan EV-DO Rev. A menyebabkan penurunan daya terima, SNR, dan Eb/No. Sebaliknya, *multipath fading* juga menyebabkan BER menjadi semakin besar.
- f. Jaringan CDMA2000 1X EV-DO Rev. A lebih efisien digunakan untuk layanan data.

B. Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian lebih lanjut tentang analisis pengaruh *multipath fading* terhadap performansi pada *downlink* CDMA2000 1X EV-DO Rev. A antara lain yaitu :

1. Mengubah tipe daerah layanan, kecepatan pergerakan *user* dan tinggi antena pemancar atau penerima agar dapat terlihat pengaruh faktor lingkungan terhadap performansi sinyal terima pada EV-DO Rev. A.
2. Analisis dalam penelitian ini dapat dikembangkan menggunakan jaringan CDMA yang lain, seperti EV-DO Rev. B.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Black, Peter J., Wu Qiang. 2001. *Link Budget Of cdma2000 1xev-Do Wireless Internet Access System*. San Diego : Qualcomm Inc.
- [2] Citra, Astika. 2010. *Pengaruh Multipath Fading Terhadap Performansi WCDMA*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- [3] Dyah, Arlina. 2008. *Pengaruh Multipath Fading Terhadap WiMAX Menggunakan Teknik OFDM*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- [4] Forouzan, Behrouz A. 2000. *Data Communications and Networking 2nd edition*. Mc Graw-Hill International Edition.
- [5] Freeman, R.L. 2007. *Radio System for Telecommunications Third Edition*. New York : John Wiley & Sons, Ltd.
- [6] Ipatov, Valery. 2005. *Spread Spectrum and CDMA : Principles and Application*. West Sussex : John Wiley & Sons, Ltd.
- [7] Jain, Raj. 2007. *Channel Models A Tutorial*. New York : Association for Computing Machinery.
- [8] K. Fazel, S. Kaiser. 2008. *Multicarrier and Spread Spectrum Systems*. New York : John Wiley & Sons, Ltd.

- [9] Rappaport, Theodore. 2002. *Wireless Communications Principles and Practice 2nd Edition*. New Jersey : Prentice Hall.
- [10] Xiong, Fuqin. 2006. *Digital Modulation Technique*. London : Artech House, Inc.
- [11] <http://www.3gpp.org>
- [12] <http://www.itelkom.ac.id>