

ANALISIS KINERJA MOBILE SATELLITE SERVICE (MSS) PADA FREKUENSI L-BAND DI INDONESIA

Prameswari R. Kusumo¹, Sugito², Indrarini D. I.³

^{1,2,3}Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Telkom

Jln. Telekomunikasi No.1, Terusan Buah Batu, Bandung 40257

E-mail: ¹arie_ittelkom@yahoo.com, ²sio@ittelkom.ac.id, ³idi@ittelkom.ac.id

ABSTRAK

Mobile Satellite Service (MSS) adalah suatu sistem komunikasi bergerak berbasis satelit di mana menggunakan satelit sebagai repeaternya. Sistem ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan sistem komunikasi bergerak yang menggunakan BTS (Base Transceiver Station) diantaranya adalah cakupan satelit yang sangat luas dan global yang memungkinkan user dapat menggunakan layanan dari sistem ini di manapun dan kapanpun tanpa harus mengalami blank spot atau kondisi di mana user berada di luar jangkauan reapepter. MSS bekerja pada frekuensi L-band.

Parameter kinerja yang dibahas adalah bagaimana pengaruh variasi kecepatan user dan variasi sudut elevasi user terhadap satelit yang menyebabkan pergeseran frekuensi Doppler pada kanal Rician dengan variasi faktor Rician terhadap kebutuhan SNR untuk mencapai target BER 10^{-3} .

Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan bahwa semakin besar kecepatan user dan semakin kecil sudut elevasi maka akan semakin besar pergeseran frekuensi Doppler. Frekuensi Doppler terbesar terjadi pada kecepatan 120 Km/jam dengan sudut elevasi 60° sebesar 86.6111 Hz. Sedangkan pada kecepatan 0 Km/jam dan atau sudut elevasi 90° tidak terjadi pergeseran frekuensi Doppler. Untuk hasil analisa pengaruh faktor Rician terhadap kebutuhan SNR minimum untuk mencapai target BER 10^{-3} didapatkan pada faktor Rician $K=0$, sistem tidak dapat mencapai target BER 10^{-3} karena tidak ada komponen sinyal LOS sama sekali. Sedangkan kebutuhan SNR minimum terkecil didapat pada saat $K=10$ yaitu sebesar 4 dB. Untuk pengaruh efek Doppler pada berbagai faktor Rician, didapatkan bahwa pada kecepatan 0 Km/jam dan 3 Km/jam perubahan kebutuhan SNR tidak terlalu signifikan di setiap faktor Rician, sedangkan untuk kecepatan 120 Km/jam dan 70 Km/jam perubahan SNR pada faktor Rician=3 dan faktor Rician =7 terjadi cukup signifikan yaitu sebesar 10 dB.

Kata Kunci: MSS, L-Band, Efek Doppler, BER, Rician

1. LATAR BELAKANG

Sistem seluler sebagai tulang punggung komunikasi mempunyai beberapa keterbatasan, misalnya: *blank spot* pada daerah rural, keterbatasan pelayanan di perairan dan di udara. MSS merupakan salah satu solusi layanan komunikasi bergerak dengan menggunakan satelit dengan cakupan global. Penggunaan orbit GEO (Geostationery Earth Orbit) mempunyai keuntungan yaitu daerah cakupan satu satelit mencapai hampir sepertiga bumi.

Frekuensi L-band dan S-band merupakan pita frekuensi kerja MSS. Pada penelitian ini dibahas kinerja MSS pada frekuensi L-band untuk layanan voice dengan BER target sebesar 10^{-3} . Pemodelan kanal yang digunakan adalah pemodelan kanal Rician dengan alasan bahwa pada *link* satelit, user masih mendapatkan sinyal LOS yang dominan meskipun terdapat sinyal *multipath* yang lain.

2. DASAR TEORI

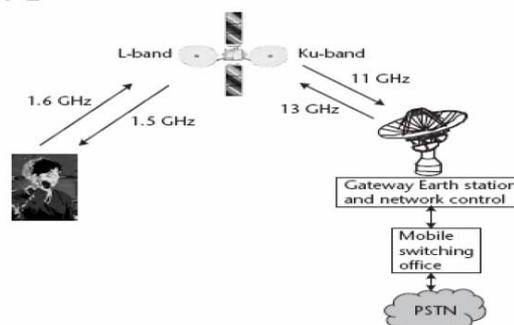
2.1 Orbit Satelit

Orbit satelit umumnya dibagi menjadi 3 macam berdasarkan ketinggiannya dari bumi. LEO (Low Earth Orbit) dengan ketinggian 160-500 Km di atas permukaan bumi. MEO (Medium Earth Orbit) dengan ketinggian berkisar antara 10000-20000 Km di atas permukaan bumi. Dan GEO (Geostationary

Earth Orbit) dengan ketinggian kurang lebih 36000 Km diatas permukaan bumi.

2.2 MSS (Mobile Satellite System)

MSS adalah suatu sistem komunikasi berbasis satelit di mana sistem ini membutuhkan satelit sebagai repeaternya. MSS digunakan di daerah yang belum terjangkau oleh jaringan teresterial dan bekerja pada frekuensi 1-3 GHz sehingga dapat menggunakan antena sederhana untuk akses ke segmen angkasa. Konfigurasi MSS ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi MSS (Maini, 2007)

MSS bekerja pada frekuensi L-band dengan frekuensi *uplink* 1.6 GHz dan *downlink* 1.5 GHz.

Komunikasi MSS dengan PSTN atau telepon seluler menggunakan *feeder link* pada frekuensi Ku-band dengan frekuensi *uplink* 13 GHz dan *downlink* 11 GHz.

2.3 Alokasi Frekuensi

Komunikasi satelit dengan stasiun bumi menggunakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi diatas 100MHz karena frekuensi di bawah 100MHz dipantulkan oleh ionosfer atau mengalami pembelokan arah sinyal dari yang sebenarnya.

Penggunaan spektrum frekuensi diatur oleh International Telecommunication Union (ITU) seperti ditunjukkan pada table 1. Sedangkan berbagai layanan pada sistem komunikasi satelit seperti ditunjukkan pada table 2.

Tabel 1. Alokasi Frekuensi (Maini,2007)

Band	Frekuensi (GHz)
L	1-2
S	2-4
C	4-8
X	8-12
Ku	12-18
K	18-27
Ka	27-40
V	40-75
W	75-110

Tabel 2. Layanan (Maini,2007)

Frekuensi (GHz)	Layanan Satelit
VHF	Messaging
UHF	Messaging and positioning voice and fax
L	MSS and Positioning
S	MSS
C	FSS
X	Military application
Ku	FSS,BSS and telecom
Ka	FSS,BSS

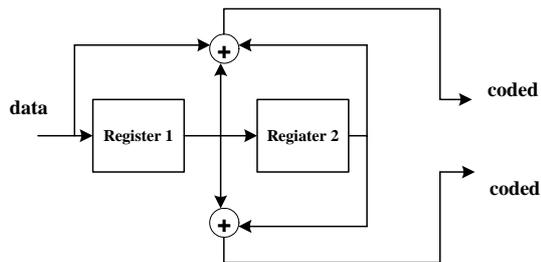
2.4 Sistem Komunikasi

2.4.1 Pengkodean Kanal

Sistem komunikasi digital didesain untuk mengirimkan data kecepatan tinggi sehingga rentan kesalahan sehingga untuk melindungi data dari gangguan kanal transmisi maka dilakukan teknik pengkodean kanal. Prinsip teknik pengkodean kanal adalah menambahkan bit-bit redundan pada data.

a. Convolutional Encoder

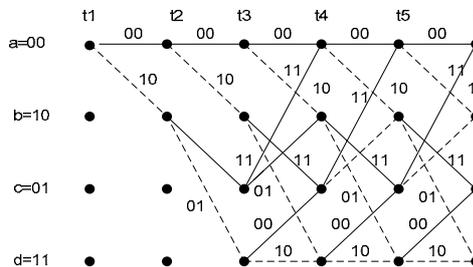
Convolutional encoding merupakan teknik pengkodean yang digunakan pada penelitian ini. Bentuk umum convolutional code adalah $C(n,k,m)$. Struktur encoder $C(2,1,3)$ ditunjukkan pada gambar 2. Encoder terdiri dari $m=3$ sebagai state register geser, $n=modulo-2$ adder sebagai keluaran, $k=1$ sebagai masukan, dan satu multiplexer untuk menserialkan keluaran encoder.



Gambar 2. Encoder Dengan Code Rate $\frac{1}{2}$ (Dosen,2007)

b. Convolutional Decoder

Proses *decoding* menggunakan algoritma viterbi, yang didasarkan pada metode pencarian *maximum likelihood*, sehingga dapat mengoreksi kesalahan untuk kode yang panjang. Diagram trellis untuk kode konvolusi ditunjukkan pada gambar 3.

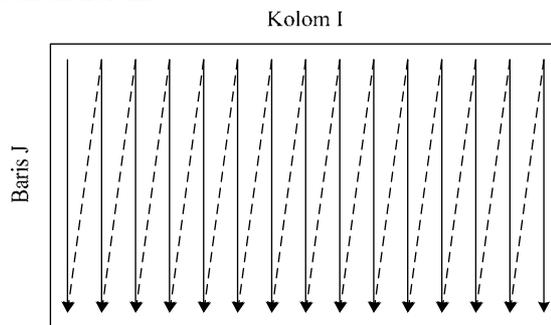


Gambar 3. Diagram Trellis Kode Konvolusi (Dosen,2007)

2.4.2 Interleaver

Kondisi kanal dapat mengakibatkan sinyal yang dikirimkan mengalami *error burst*. Cara mengatasi *error burst* adalah dengan melakukan interleave data terkode dengan pola tertentu. Pemakaian interleaver sebelum transmisi dan deinterleaver setelah penerimaan akan menyebabkan pola *error burst* tersebar dan ditangani oleh decoder sebagai pola error menjadi random.

Pada Interleaver deretan bit informasi yang masuk blok interleaver, bentuk baris dibaca dalam bentuk kolom.



Gambar 4. Skema Blok Interleaver (Dosen,2007)

2.5 Kanal Propagasi

Pada umumnya, sinyal yang diterima pada titik penerima adalah jumlah dari sinyal langsung dan sejumlah sinyal terpantul dari berbagai obyek. Pada

komunikasi *mobile*, refleksi akan disebabkan oleh (Dosen,2007) :

1. Permukaan tanah.
2. Bangunan-bangunan.
3. Obyek bergerak berupa kendaraan.

2.5.1 Efek Doppler

Efek Doppler adalah suatu peristiwa pergeseran frekuensi yang disebabkan oleh pergerakan user terhadap satelit serta sudut elevasi user terhadap satelit seperti ditunjukkan pada persamaan 1 (Dosen,2007).

$$F_d = \frac{V}{\lambda} \cos \theta \quad (1)$$

di mana :

F_d : Frekuensi Doppler

V : Kecepatan *user*

λ : Panjang gelombang sinyal kirim

θ : Sudut elevasi stasiun bumi terhadap satelit

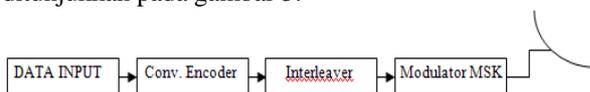
2.5.2 AWGN (Additive White Gaussian Noise)

AWGN merupakan suatu proses stokastik yang terjadi pada kanal dengan karakteristik memiliki rapat daya spectral noise merata di sepanjang range frekuensi. AWGN mempunyai karakteristik respon frekuensi yang sama disepanjang frekuensi dan varian sama dengan satu.

3. MODEL DAN SISTEM

3.1.1 Sistem Transmitter

Sistem transmitter pada MSS terdiri dari data input, convolutional encoder, interleaver, dan modulator MSK (*Minimum Shift Keying*) seperti ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Blok Pengirim

3.1.2 Data Input

Data input merupakan deretan data simbol yang dibangkitkan dengan distribusi *uniform* untuk panjang bit data tertentu dengan pola pensinyalan RZ (*Return to Zero*). Pembangkitan data dilakukan secara acak dengan menggunakan fungsi *randint* pada MATLAB.

3.1.3 Convolutional Encoder

Teknik pengkodean yang digunakan adalah *convolutional code* dengan *code rate* $r = 1/2$. Convolutional encoding digunakan pada kondisi propagasi yang stabil dan noise Gaussian karena error yang terjadi bersifat random.

3.1.4 Interleaver

Kondisi kanal *multipath* memungkinkan terjadinya *burst error*. *Interleaver* dirancang untuk menyebar pola urutan bit-bit yang sebenarnya, agar pengaruh dari *burst error* tidak menyebabkan pola error yang berurutan sebelum masuk *decoder*.

Blok interleaver menerima kode-kode simbol dalam blok-blok dari *encoder*, mengurutkan simbol-simbol dan mengisikan simbol tersusun tersebut ke *modulator*. Selanjutnya simbol-simbol tersebut diberikan ke *modulator* satu baris pada satu waktu dan dikirim ke kanal.

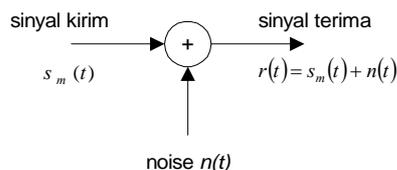
3.1.4 Modulator

Modulasi merupakan proses penumpangan sinyal informasi (sinyal pemodulasi) ke suatu sinyal pembawa (*carrier*). Pada penelitian ini modulasi yang digunakan adalah modulasi GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*).

3.2 Proses di Kanal Propagasi

Dalam penelitian ini, fluktuasi sinyal selama proses propagasi disebabkan oleh fading dan penambahan *noise* yang diasumsikan terdistribusi Gaussian (AWGN). Pemodelan kanal fading yang digunakan adalah kanal rician dengan asumsi *user* masih menerima sinyal LOS yang lebih dominan dibandingkan dengan sinyal *multipath*.

Noise AWGN mempunyai karakteristik respon frekuensi yang sama sepanjang frekuensi dan varian sama dengan satu.



Gambar 6. Pemodelan Kanal AWGN

Pada gambar 6, sinyal kirim $S_m(t)$ yang ditransmisikan dari bagian transmitter akan diterima oleh bagian receiver sesuai persamaan 2.

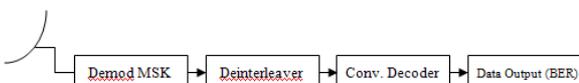
$$r(t) = S_m(t) + n(t), \quad 0 \leq t \leq T \quad (2)$$

dimana $n(t)$ merupakan noise yang terjadi selama proses transmisi sinyal kirim sampai diterima bagian receiver.

Dalam penelitian ini, variasi kecepatan user yang digunakan adalah 20, 40, 60, 80, 100, dan 250km/jam. Variasi sudut elevasi yang digunakan adalah $30^0, 45^0, 60^0, 90^0$.

3.2 Blok Penerima

Pada bagian penerima MSS terdiri dari demodulator, deinterleaver, convolutional decoder, dan data output seperti ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Blok Penerima

3.3.1 Demodulator

Data yang dikirim akan direkonstruksi berdasarkan simbol data yang diterima sehingga

menjadi urutan bit dengan konstelasi modulasi yang sama dengan pengirim.

3.3.2 Deinterleaver

Deinterleaver dirancang untuk mengumpulkan kembali bit-bit dari pola sebaran sebelumnya menjadi pola urutan bit yang sebenarnya, sehingga sesuai dengan pola bit yang dikirim sebelum blok *interleaver* di bagian pengirim.

3.3.3 Convolutional Decoder

Blok ini menggunakan *soft decision viterbi decoder*, untuk mengoreksi *error* dari *bit-stream* yang diterima *receiver*. Prinsip kerja dari *viterbi decoder* berdasarkan prinsip *maximum likelihood decoding* dan pengetahuan diagram *trellis encoder* di pengirim. Karena pada *encoder* digunakan *code rate* $\frac{1}{2}$, maka pada *decoder* ini simbol-simbol yang terbentuk akan terbagi 2 sesuai dengan bit-bit yang dikirimkan pada bagian transmitter.

3.4 Perhitungan BER

Perhitungan BER digunakan untuk melihat kualitas dari sistem komunikasi. Perhitungan BER dilakukan dengan membandingkan jumlah bit keluaran hasil simulasi dengan data yang dibangkitkan oleh generator awal secara acak.

4. Analisa Perhitungan Kinerja MSS

Analisis meliputi:

1. Pengaruh variasi sudut elevasi user terhadap satelit dan variasi kecepatan terhadap besarnya efek Doppler.
2. Pengaruh variasi faktor Rician saat user diam terhadap kebutuhan SNR untuk mencapai BER target 10^{-3}
3. Pengaruh variasi kecepatan user pada kanal Rician terhadap kebutuhan SNR untuk mencapai target BER 10^{-3} .

4.1 Analisa Perhitungan Efek Doppler

Pengaruh sudut elevasi dan kecepatan *user* terhadap nilai efek Doppler ditunjukkan pada tabel 3. Pergeseran frekuensi terbesar pada saat kecepatan *user* mencapai 120 Km/jam dengan sudut elevasi *user* terhadap satelit sebesar 60° . Sedangkan kondisi saat tidak terjadi pergeseran frekuensi yang disebabkan oleh efek Doppler adalah pada saat pergerakan user 0 Km/jam (*user* diam) dan pada sudut elevasi 90° (*user* tegak lurus satelit).

Tabel 3. Hasil Perhitungan Frekuensi Doppler

$\theta \backslash v$	0	3	70	120
	Km/jam	Km/jam	Km/jam	Km/jam
60°	0	2.1653	50.5231	86.6111
70°	0	1.4811	34.5598	59.2454
80°	0	0.7526	17.5465	30.0797
90°	0	0	0	0

4.1.2 Efek Doppler Maksimum ($f_{d_{max}}$)

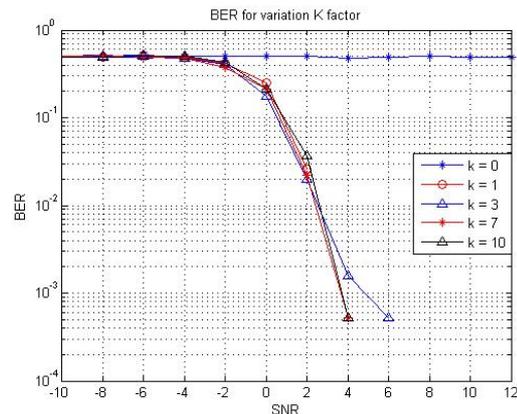
Efek Doppler maksimum dicapai ketika sudut elevasi adalah 0° . Hasil perhitungan pergeseran frekuensi Doppler maksimum untuk variasi kecepatan user ditunjukkan pada table 4. Pergeseran frekuensi Doppler maksimum digunakan pada saat pemodelan kanal Rician

Tabel 4. Frekuensi Doppler Maksimum

Kecepatan (Km/jam)	Frekuensi Doppler maksimum (Hz)
0	0
3	4.3306
70	101.0463
120	173.2222

4.2 Analisa Pengaruh Kanal Rician Pada Perubahan Nilai SNR

Simulasi ini bertujuan untuk menganalisa perubahan SNR pada masing-masing faktor Rician tanpa pengaruh pergeseran frekuensi efek Doppler. Pada simulasi ini *user* dianggap diam sehingga diperoleh nilai SNR untuk layanan *voice* dengan target BER 10^{-3} .



Gambar 8. BER pada $v=0$ Km/jam

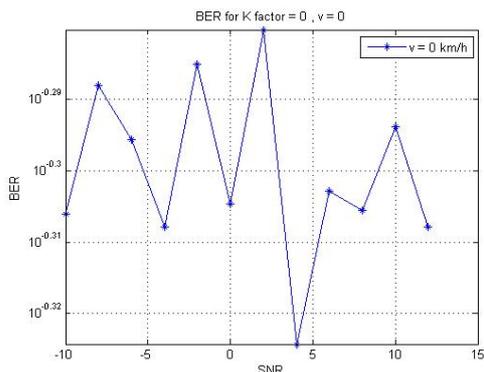
Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai K, maka kebutuhan SNR untuk dapat mencapai nilai BER 10^{-3} semakin kecil. Hal ini dikarenakan karena semakin besar nilai K berarti semakin dominan level daya LOS dibandingkan dengan level daya multipath. Pada nilai $K=0$ dan $K=1$, BER 10^{-3} tidak tercapai karena pada $K=0$, tidak ada sinyal LOS.

4.3 Analisa Pengaruh Efek Doppler dan Variasi Faktor Rician Terhadap Kebutuhan SNR Minimum Untuk Mencapai BER 10^{-3}

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa perubahan frekuensi Doppler yang disebabkan oleh variasi kecepatan user pada kanal Rician dengan variasi faktor Rician terhadap kebutuhan SNR minimum untuk mencapai target BER 10^{-3} .

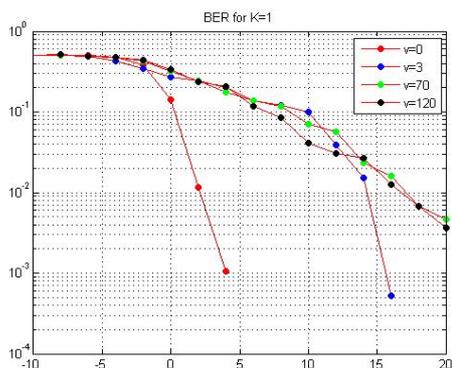
4.3.1 SNR Saat User di Dalam Ruangan

Hasil simulasi pada kondisi *user* diam di dalam ruangan dengan $K=0$ ditunjukkan pada gambar 9. Pada gambar terlihat bahwa untuk $K=0$ tidak ada sinyal LOS sehingga target BER tidak tercapai. Hal ini dikarenakan terjadinya *user blockage* yang disebabkan oleh besarnya jarak antara user dengan satelit dan kecilnya frekuensi L-band sehingga tidak mampu untuk menembus bangunan. Saat di dalam ruangan, *user* hanya mendapatkan sinyal-sinyal pantulan dari benda-benda di sekitarnya.



Gambar 9. BER Saat *User* diam di Dalam Ruangan

4.3.2 SNR Untuk K=1

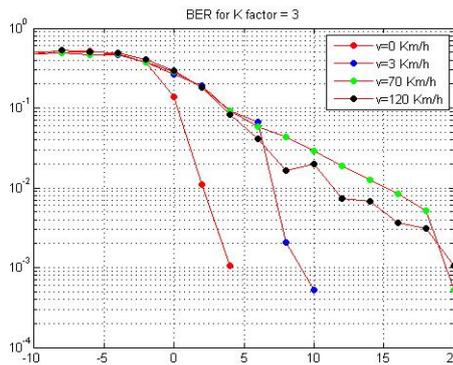


Gambar 10. BER Pada $K=1$ dan v Bervariasi

Pada gambar 10, faktor $K = 1$, *user* diam dengan *user* bergerak dengan kecepatan 3 Km/jam mampu mencapai target BER 10^{-3} dengan SNR sebesar 4 dB untuk *user* diam dan 16 dB untuk *user* bergerak. Sedangkan pada *user* bergerak dengan kecepatan 70 Km/jam dan 120 Km/jam tidak dapat mencapai BER target. Pencapaian target BER membutuhkan SNR lebih dari 20 dB.

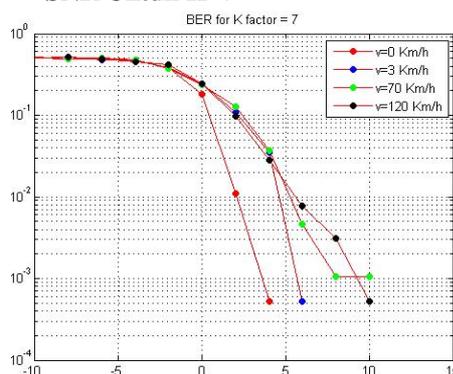
4.3.3 SNR Untuk K=3

Pada gambar 11, *user* diam mencapai target BER dengan SNR 4 dB. Untuk $v=3$ Km/jam dibutuhkan SNR yang lebih besar yaitu 9 dB. Pada $v=70, 120$ Km/jam membutuhkan SNR hingga 19 dB dan 20 dB. Kebutuhan SNR yang cukup besar pada daerah $K=3$ (*urban area*) disebabkan masih kecilnya perbandingan antara sinyal LOS dengan sinyal *multipath*.



Gambar 11. BER Pada $K=3$ dan v Bervariasi

4.4.4 SNR Untuk K=7

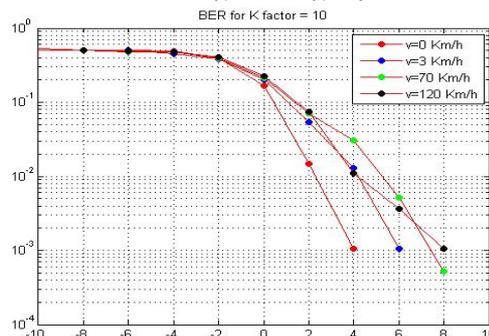


Gambar 12. BER Pada $K=7$ dan v Bervariasi

Pada $K=7$, kebutuhan SNR untuk *user* diam adalah 4dB sama dengan kondisi $K=3$. Tetapi pada saat *user* bergerak perubahan SNR cukup signifikan terlebih pada $v=70, 120$ Km/jam. Pada $v=3$ Km/jam SNR yang dibutuhkan 6 dB, untuk $v=70$ Km/jam dibutuhkan SNR 8 dB, dan untuk $v=120$ Km/jam dibutuhkan SNR 9 dB.

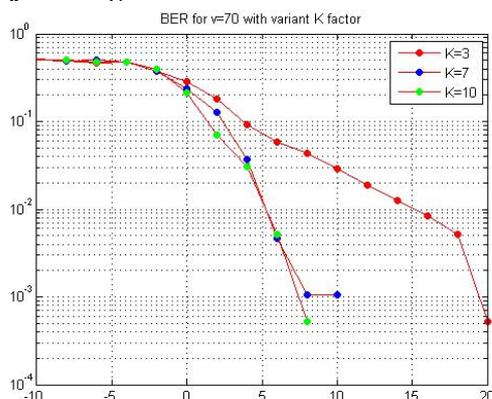
4.4.5 SNR Untuk K=10

Pada $K=10$ kebutuhan SNR pada kecepatan user 0 Km/jam sama dengan pada saat $K=7$ dan $K=3$. Untuk $v=3$ Km/jam SNR yang dibutuhkan sekitar 6 dB tidak berubah dibandingkan dengan SNR yang dibutuhkan pada $K=7$. Untuk pergerakan user dengan kecepatan 70 Km/jam dibutuhkan SNR sekitar 7 dB. 1 dB lebih kecil dibandingkan dengan $K=7$. Sedangkan untuk kecepatan user sama dengan 120 Km/jam SNR yang dibutuhkan sebesar 8 dB. 1 dB lebih kecil dibandingkan dengan pada $K=7$.



Gambar 13. BER Untuk K=10 Dengan Kecepatan Bervariasi

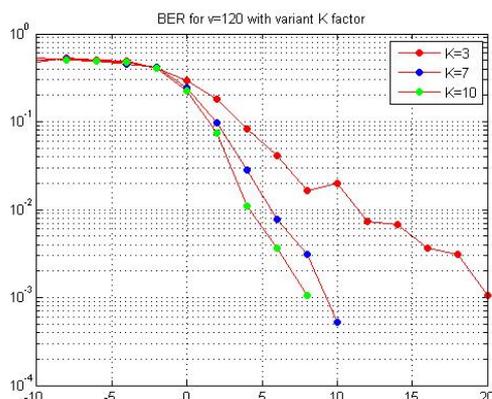
4.4.6 Analisa Perbandingan SNR pada $v=70$ Km/jam Dengan K Bervariasi



Gambar 14. BER Untuk $v=70$ Dengan K Bervariasi

Dari gambar 14 dapat dilihat perbedaan SNR yang dibutuhkan saat user bergerak dengan kecepatan 70 Km/jam terlihat sangat signifikan pada $K=7$ dan $K=3$. Perbedaan SNR mencapai kurang lebih 11 dB. Sedangkan untuk $K=10$ dan $K=7$ perbedaan SNR tidak terlalu jauh.

4.4.7 Analisa Perbandingan SNR pada $v=120$ Km/jam Dengan Faktor Rician yang Bervariasi



Gambar 15. BER Untuk $v=120$ Km/jam Dengan K Bervariasi

Grafik diatas menggambarkan perbedaan SNR untuk kecepatan 120 Km/jam pada $K=7$ dan $K=3$ yang begitu besar. Sama seperti pada kecepatan user 70 Km/jam perbedaannya kurang lebih sebesar 11 dB. Demikian pula untuk perbandingan antara $K=7$ dengan $K=10$ yang mempunyai perbedaan SNR sebesar 10 dB. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan maka akan semakin besar pula kebutuhan SNR minimum untuk mencapai target BER 10^{-3} .

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan analisa dapat disimpulkan:

1. Semakin besar kecepatan user dan semakin kecil sudut elevasi user terhadap satelit maka akan semakin besar pergeseran frekuensi Doppler. Pergeseran frekuensi terbesar terjadi pada saat user bergerak dengan kecepatan 120 Km/jam dan sudut elevasi user sebesar 60^0 dengan pergeseran frekuensi sebesar 86.6111 Hz. Sedangkan pergeseran frekuensi terkecil yaitu sebesar 0 Hz terjadi pada saat user diam dan atau saat sudut elevasi user 90^0 atau dengan kata lain user berada tegak lurus dengan satelit.
2. Semakin besar faktor Rician maka semakin kecil kebutuhan SNR minimum untuk mencapai target BER 10^{-3} . SNR terkecil pada saat $K=10$ sebesar 4 dB. Sedangkan untuk $K=0$ sistem tidak dapat mencapai target BER 10^{-3} dikarenakan tidak adanya sinyal LOS pada $K=0$.
3. Semakin besar faktor K dan semakin kecil kecepatan user maka akan semakin kecil besar SNR yang dibutuhkan untuk mencapai BER 10^{-3} . Kebutuhan SNR terkecil yaitu pada saat $v=0$ Km/jam. Sedangkan kebutuhan SNR terbesar terjadi pada kecepatan 120 Km/jam dengan faktor $K=1$.
4. Untuk $v=0$ Km/jam, tidak ada perubahan SNR di setiap faktor K. SNR yang dibutuhkan untuk mencapai BER target 10^{-3} tetap yaitu sebesar 4 dB.
5. Perubahan kebutuhan SNR terlihat sangat signifikan $v=120$ Km/jam. Untuk $v=120$ Km/jam, dengan $K=1$ kebutuhan SNR harus lebih besar dari 20 dB, $K=3$ kebutuhan SNR turun menjadi 20 dB, $K=7$ kebutuhan SNR sebesar 10 dB dan pada $K=10$ kebutuhan SNR sebesar 8 dB

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian tentang performansi MSS ditinjau dari arah uplink.
2. Perlu dilakukan analisa performansi untuk multiuser agar dapat diketahui kapasitas dan jumlah user yang dapat terlayani.

PUSTAKA

- Dosen, Tim. (2007). Bandung: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom
- Maini, Anil K., Varsha Agrawal. (2007). *Satellite Technology : Principles and Applications*. Chichester : John Wiley & Sons, Ltd.
- Mouly, Michel, Marie-Bernadette Pautet. (1992). *Satellite Communication*. Perancis : Authors.
- Pratt, Timothy, Charles Bostian, Jeremy Allnutt. (2002). *Satellite Communication*. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.
- Rappaport, Theodore S. (2002). *Wireless Communications : Principles And Practice*. New Jersey : Prentiss-Hall, Inc