

BAB 4

ANALISIS PERFORMANSI JARINGAN

Untuk melakukan analisis dari performansi *Bit Error Rate (BER)* diperlukan data – data yang menunjang analisis tersebut. Untuk mendapatkan data – data tersebut dilakukan pengukuran dan pengamatan dengan menggunakan stasiun bumi dan perangkat yang mendukung seperti *modem Comtech CDM 600, Up/Down Converter, SSPA, LNA, Spectrum Analyzer*, dan antena.

Untuk mendapatkan data – data *Bit Error Rate (BER)* dibuat suatu jaringan *point-to-point Single Carrier Per Channel (SCPC)* dengan spesifikasi dan parameter perangkat yang digunakan untuk menghubungkan antar *BTS* dan *BSC* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8.

Untuk perangkat *Indoor Unit* digunakan *modem Comtech CDM 600*. Adapun spesifikasi *modem Comtech CDM 600* sebagai berikut :

Tabel 4.1. Spesifikasi *modem Comtech CDM 600*[13].

Parameter	Spesifikasi
Modulasi	<i>8-PSK dan 16-QAM</i>
<i>Data Rate</i>	2.048 Mbps
<i>Coding</i>	<i>Turbo, RS, Viterbi</i>
<i>IF Frequency range</i>	52 s/d 88 MHz
<i>Code Rate</i>	3/4
<i>EDMAC</i>	Aktif (<i>Overhead 5%</i>)
<i>Tx Power</i>	0 s/d -20 dBm
<i>RS</i>	200/180
<i>IF Connectors</i>	BNC

Untuk perangkat *Outdoor Unit* digunakan *Up/Down Converter* codan, *SSPA*, *LNA* dan antena. Adapun parameter dan spesifikasi *converter* yang digunakan :

Tabel 4.2 Spesifikasi *Up/Down Converter* [14].

Parameter	Spesifikasi
<i>Uplink frequency range</i>	5850 s/d 6425 MHz
<i>Downlink frequency range</i>	3625 s/d 4200 MHz
<i>Transmit attenuator range</i>	0 s/d 25 dB
<i>Receive attenuator range</i>	0 s/d 30 dB
<i>Connector</i>	<i>N-type female</i>

IF center frequency yang digunakan yaitu 76.5 MHz sedangkan *RF uplink center frequency*nya yaitu 6251.5 MHz dan *RF downlink frequency*nya yaitu 4026.5 MHz. Satelit yang digunakan adalah satelit Telkom 2 *transponder* 8 vertikal. Pengukuran untuk mendapatkan data – data *BER* dilakukan pada kondisi cuaca cerah.

4.1 Analisis *BER* dengan Pengkodean *Turbo*

Untuk menganalisis kualitas informasi, salah satu kriteria adalah nilai *BER* yang di peroleh. Semakin kecil *BER* maka kualitas link semakin bagus. Nilai *BER* yang diperoleh berkaitan dengan nilai *Eb/No* di sisi penerima. Pada tugas akhir ini, analisis *BER* dilakukan untuk dua modulasi yang berbeda yaitu *8-PSK* dan *16-QAM*.

4.1.1 Modulasi *8-PSK*

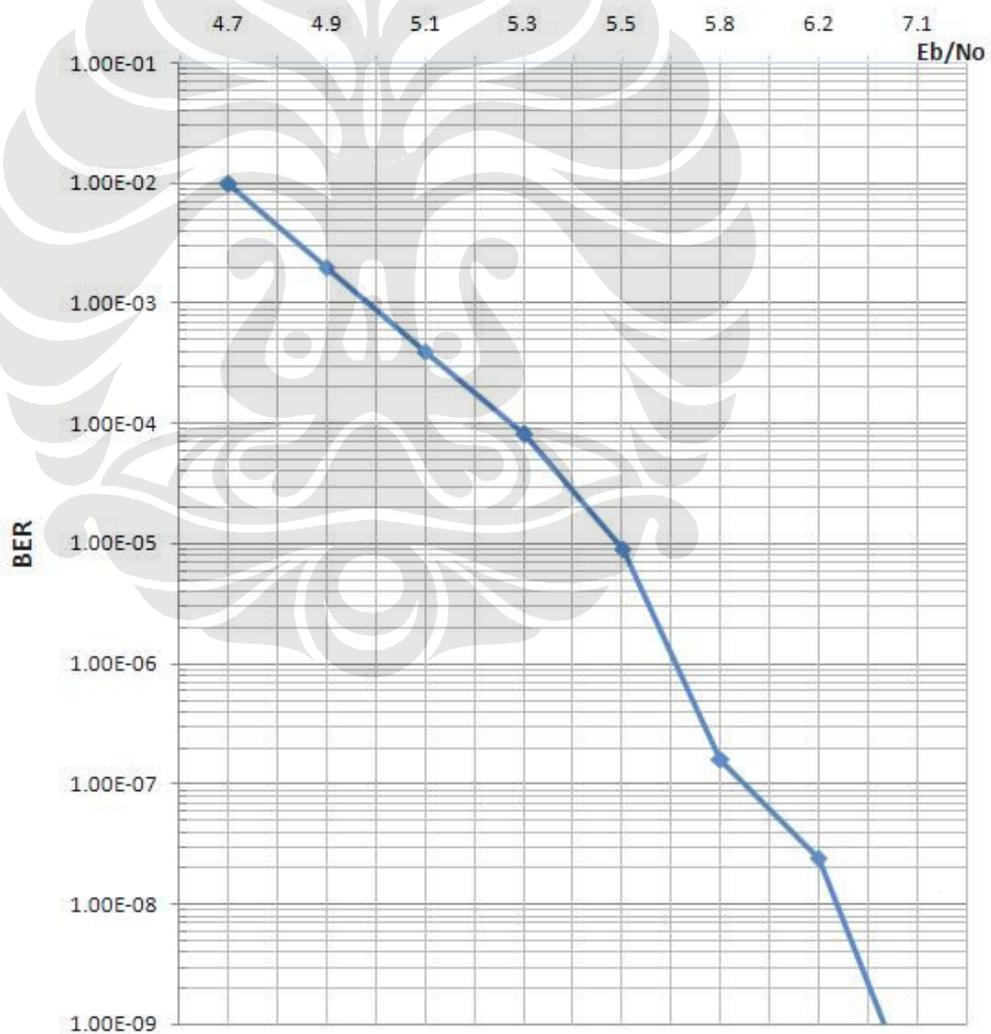
Dari hasil pengamatan dan pengukuran yang dilakukan di sisi penerima didapat data *BER* dan *Eb/No* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data *BER* dan *Eb/No* dengan modulasi *8-PSK* pengkodean *turbo*.

<i>BER</i>	<i>Eb/No</i>
1.0 x E-2	4.7 dB

2.0 x E-3	4.9 dB
4.0 x E-4	5.1 dB
8.0 x E-5	5.3 dB
9.0 x E-6	5.5 dB
1.6 x E-7	5.8 dB
2.4 x E-8	6.2 dB
0.2 x E-9	7.1 dB

Dari Tabel 4.3, diperoleh grafik *BER* terhadap *Eb/No* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Grafik *BER* terhadap *Eb/No* Modulasi 8-PSK pengkodean turbo.

Dari grafik *BER* terhadap *Eb/No*, dengan *Eb/No* 7.1 dB diperoleh *BER* 0.2xE-9. *Power modem* yang dibutuhkan untuk mendapatkan *BER* 0.2xE-9 adalah -16.6 dBm dengan *transmit attenuator* 21 dB. Sedangkan dengan *Eb/No* 4.7 dB diperoleh *BER* 1.0xE-2, pada kondisi tersebut *modem* masih bisa *receive* dengan kondisi *link flicker*. Hal ini dikarenakan *noise* yang begitu besar yang mengakibatkan banyak *error* yang terjadi. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan *increase power* sehingga *Eb/No* akan semakin besar dan *BER* akan semakin kecil.

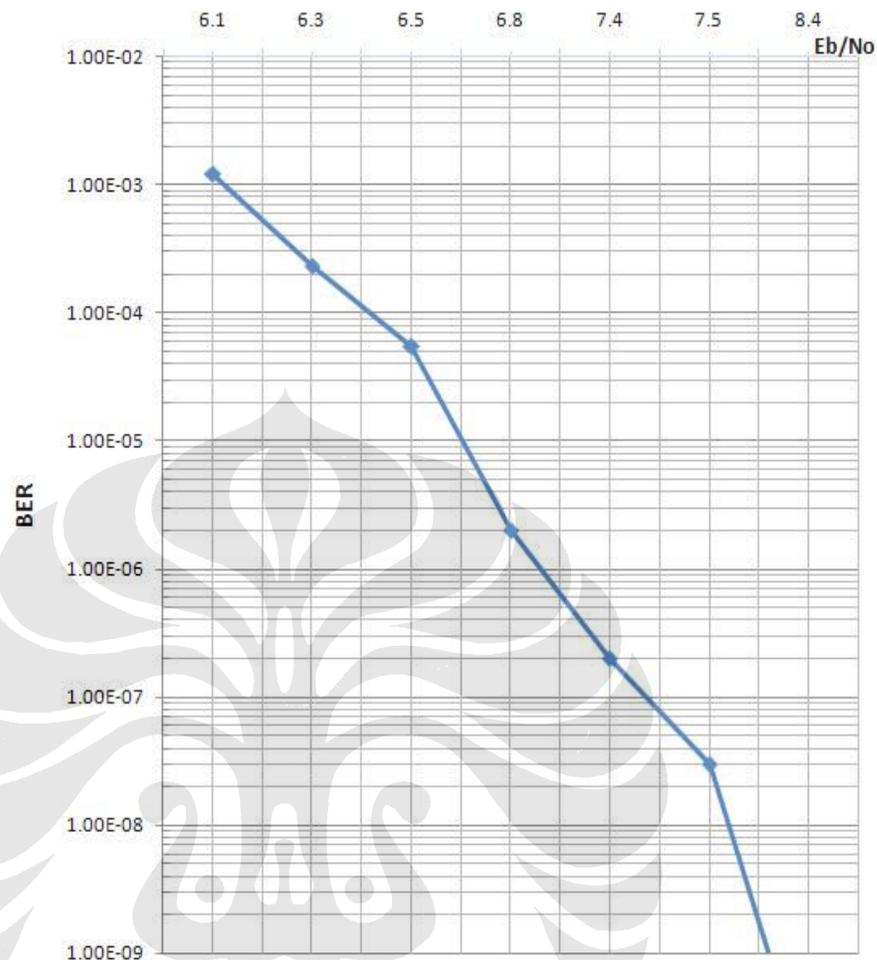
4.1.2 Modulasi 16-QAM

Dari hasil pengamatan dan pengukuran yang dilakukan di sisi penerima didapat data *BER* dan *Eb/No* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data *BER* dan *Eb/No* dengan modulasi 16-QAM pengkodean *turbo*.

<i>BER</i>	<i>Eb/No</i>
1.2 x E-3	6.1 dB
2.3 x E-4	6.3 dB
5.5 x E-5	6.5 dB
2.0 x E-6	6.8 dB
2.0 x E-7	7.4 dB
3.0 x E-8	7.5 dB
0.1 x E-9	8.2 dB

Dari Tabel 4.4, diperoleh grafik *BER* terhadap *Eb/No* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik *BER* terhadap *E_b/N_o* Modulasi *16-QAM* pengkodean *turbo*.

Dari grafik *BER* terhadap *E_b/N_o*, dengan *E_b/N_o* 8.2 dB diperoleh *BER* 0.1xE-9. Sedangkan dengan *E_b/N_o* 7.1 dB pada modulasi *8-PSK* diperoleh *BER* 0.2xE-9. Performansi modulasi *8-PSK* ± 1.1 dB lebih baik dibanding modulasi *16-QAM*. Untuk *E_b/N_o* di bawah 6.1 dB *modem* sudah tidak bisa *receive* dikarenakan banyak *error* yang terjadi yang diakibatkan oleh *noise* yang begitu besar.

Power modem yang dibutuhkan untuk mendapatkan *BER* 0.1xE-9 pada modulasi *16-QAM* adalah -15,8 dBm dengan *transmit attenuator* 21 dB. Dibandingkan dengan modulasi *8-PSK* untuk mendapatkan *BER* E-9 *power* modem yang digunakan untuk modulasi *16-QAM* lebih besar. Penggunaan *power* harus dioptimasi karena penggunaan *power* yang besar mengakibatkan perangkat cepat rusak dan saturasi. Untuk menjaga performansi *BER* perlu ditambahkan *margin* dan perlu diperhatikan juga kondisi dari *ground segment*, seperti *pointing*

antenna, *cross polarization isolation (CPI)*, redaman hujan, kondisi *modem* dan interferensi.

4.2 Analisis BER dengan Pengkodean *Concatenated Viterbi/Reed-Solomon*

Selain dengan pengkodean *turbo*, dilakukan juga pengamatan dan pengukuran BER dengan menggunakan pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon*. Pengkodean *viterbi* digunakan untuk mengatasi terjadinya *random error* dan pengkodean *reed-solomon* digunakan untuk mengatasi terjadinya *burst error*. Pada tugas akhir ini, analisis BER dilakukan untuk dua modulasi yang berbeda yaitu *8-PSK* dan *16-QAM*.

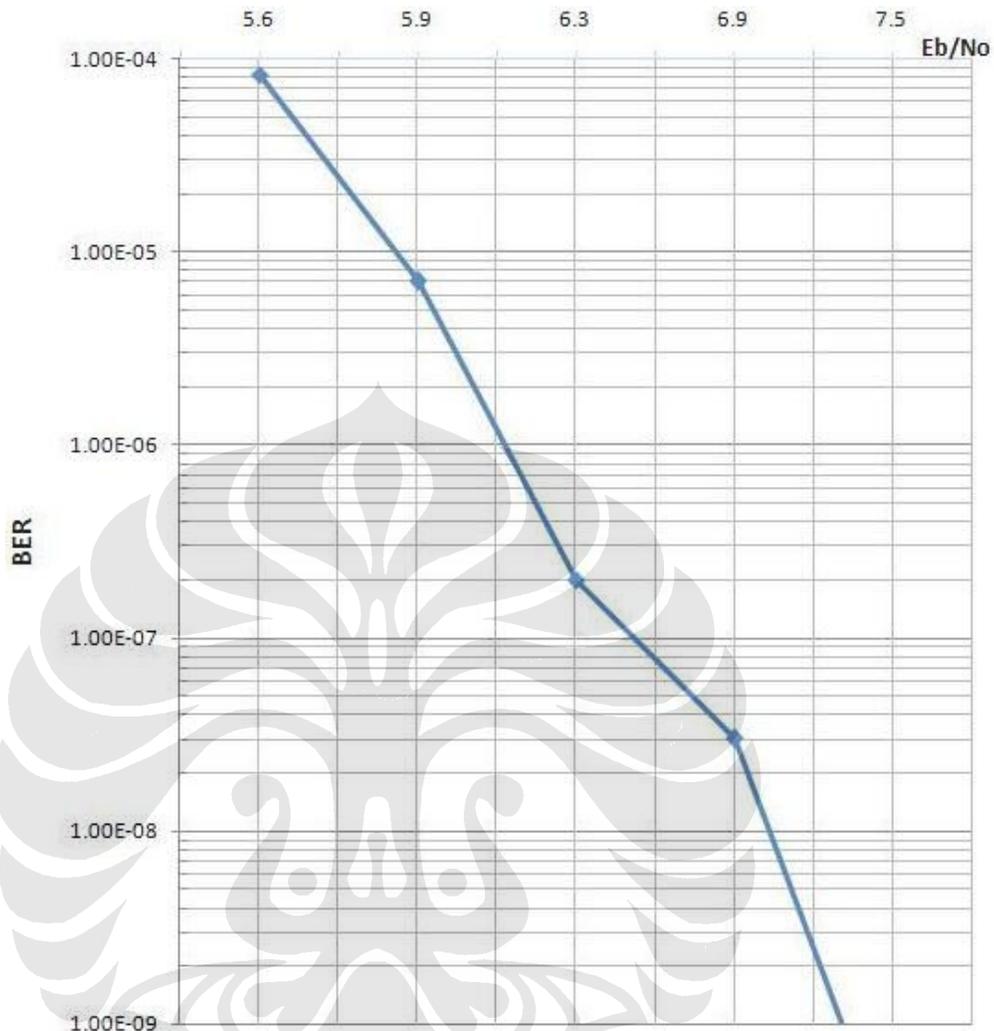
4.2.1 Modulasi *8-PSK*

Dari hasil pengamatan dan pengukuran yang dilakukan di sisi penerima didapat data BER dan *Eb/No* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data BER dan *Eb/No* dengan modulasi *8-PSK* pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon*.

<i>BER</i>	<i>Eb/No</i>
8.2 x E-5	5.6 dB
7.0 x E-6	5.9 dB
2.0 x E-7	6.3 dB
3.0 x E-8	6.9 dB
0.2 x E-9	7.5 dB

Dari Tabel 4.5, diperoleh grafik BER terhadap *Eb/No* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik *BER* terhadap *E_b/N_o* Modulasi 8-PSK pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon*.

Dari grafik *BER* terhadap *E_b/N_o* pada pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon*, dengan *E_b/N_o* 7.5 dB diperoleh *BER* 0.2×10^{-9} . Sedangkan pada *E_b/N_o* 5.6 dB, *BER* yang diperoleh 8.2×10^{-5} , di mana pada kondisi tersebut *error* yang terjadi begitu banyak yang diakibatkan oleh noise yang begitu besar. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan *increasing power* sisi *transmit* sehingga *carrier to noise* lebih besar dan *E_b/N_o* yang diterima juga semakin besar. *Increasing power* yang begitu besar dapat mengakibatkan perangkat cepat rusak dan saturasi. Oleh karena itu, perlu diperhatikan juga kondisi *ground segment* seperti *pointing antenna*, *cross polarization isolation (CPI)*, *Adjacent Satellite Interference*.

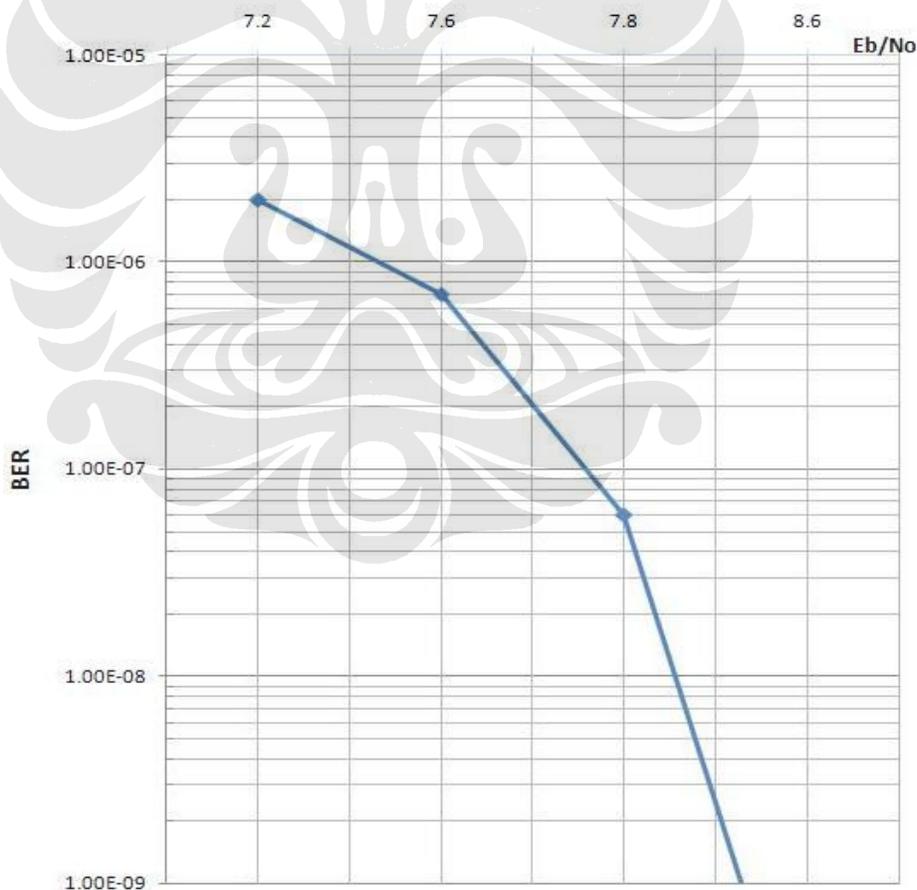
4.2.2 Modulasi 16-QAM

Dari hasil pengamatan dan pengukuran yang dilakukan di sisi penerima didapat data *BER* dan *Eb/No* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data *BER* dan *Eb/No* dengan modulasi 16-QAM pengkodean concatenated viterbi/reed-solomon.

<i>BER</i>	<i>Eb/No</i>
2.0×10^{-6}	7.2 dB
7.0×10^{-7}	7.6 dB
6.0×10^{-8}	7.8 dB
0.1×10^{-9}	8.6 dB

Dari Tabel 4.6, diperoleh grafik *BER* terhadap *Eb/No* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik *BER* terhadap *Eb/No* Modulasi 16-QAM pengkodean concatenated viterbi/reed-solomon.

Dari grafik *BER* terhadap *Eb/No* pada pengkodean *concatenated viterbilreed-solomon*, dengan *Eb/No* 8.6 dB diperoleh *BER* 0.1×10^{-9} . Sedangkan pada *Eb/No* 7.2 dB, *BER* yang diperoleh 2.0×10^{-6} , di mana pada kondisi tersebut *error* yang terjadi begitu banyak yang diakibatkan oleh *noise* yang begitu besar.

ada pengkodean *concatenated viterbilreed-solomon* modulasi *8-PSK*, dengan *Eb/No* 7.5 dB diperoleh *BER* 0.2×10^{-9} . Performansi modulasi *8-PSK* ± 1.1 dB lebih baik dibanding modulasi *16-QAM*. Performansi modulasi *8-PSK* lebih baik dibanding *16-QAM* dikarenakan lebar *bandwidth* modulasi *8-PSK* lebih besar dibanding *16-QAM* sehingga tidak membutuhkan *power* yang besar untuk memperoleh *BER* 0.2×10^{-9} .

4.3 Perbandingan Performansi *BER* Pengkodean *Turbo* dan *Concatenated Viterbil/Reed-Solomon*

4.3.1 Modulasi *8-PSK*

Dari grafik *BER* terhadap *Eb/No* modulasi *8-PSK* dengan pengkodean *concatenated viterbilreed-solomon* yang ditunjukkan pada Gambar 4.3, dengan *Eb/No* 7.5 dB diperoleh *BER* 0.2×10^{-9} . Sedangkan pada pengkodean *turbo* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dengan *Eb/No* 7.1 dB diperoleh *BER* 0.2×10^{-9} . Performansi pengkodean *turbo* 0.4 dB lebih baik dari pada pengkodean *concatenated viterbilreed-solomon*.

Pada saat *Eb/No* < 5.6 dB *modem* sudah tidak bisa *receive*. Sedangkan untuk pengkodean *turbo* modulasi *8-PSK* *Eb/No* < 5.6 dB *modem* masih bisa *receive* meskipun dalam kondisi *link flicker*. Hal ini dikarenakan *design modem* untuk pengkodean *concatenated viterbilreed-solomon* mempunyai nilai *threshold Eb/No* di mana pada kondisi tersebut demodulasi dan *decoder* tidak bisa sinkronisasi. Pada modem Comtech CDM 600, nilai *Eb/No threshold* untuk pengkodean *concatenated viterbilreed-solomon* dengan *rate* 1/2 adalah sekitar 4 dB [4]. Sedangkan untuk *rate* 3/4 berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran nilai *Eb/No threshold* sekitar 5 dB. Besarnya nilai *threshold* juga dipengaruhi oleh kondisi perangkat yang digunakan dan *noise channel*. Tetapi di atas nilai *Eb/No threshold* tersebut performansi *error* untuk pengkodean *concatenated*

viterbi/reed-solomon, nilai *bit error rate* yang kecil dapat diperoleh dengan kenaikan *Eb/No* yang kecil.

Tidak seperti pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon*, pengkodean *turbo* merupakan metode pengkodean yang berdiri sendiri. Pengkodean *turbo* tidak membutuhkan *interleaving/de-interleaving* yang kompleks seperti pada *RS* dan sebagai konsekuensinya bisa mengurangi *decoding delay*. Pada pengkodean *turbo* tidak mengenal adanya nilai *threshold Eb/No* seperti halnya pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon*. Jika *modem* tidak bisa sinkronisasi itu dikarenakan *noise* di *channel* sangat besar dan ini dianggap sebagai karakteristik *fading environment*. Untuk modulasi *8-PSK* pengkodean *turbo* berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran, demodulasi dan *decoder* bisa sinkronisasi sekitar 0.9 dB di bawah pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon*.

4.3.2 Modulasi 16-QAM

Dari grafik *BER* terhadap *Eb/No* pada pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 , dengan *Eb/No* 8.6 dB diperoleh *BER* 0.1×10^{-9} . Sedangkan pada pengkodean *turbo* modulasi *16-QAM* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 dengan *Eb/No* 8.2 dB diperoleh *BER* 0.1×10^{-9} . Performansi pengkodean *turbo* modulasi *16-QAM* 0.4 dB lebih baik dari pada pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon*.

Pada saat *Eb/No* < 7.2 dB pada pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon* *modem* sudah tidak bisa *receive*. Sedangkan untuk pengkodean *turbo* dengan *Eb/No* < 7.2 dB *modem* masih bisa *receive* meskipun dalam kondisi *link flicker*. Seperti yang dijelaskan pada subbab 4.3.1, untuk modulasi *16-QAM* pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon* berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran nilai *Eb/No* sekitar 7 dB. Tetapi di atas nilai *Eb/No threshold* tersebut performansi error untuk pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon*, nilai *bit error rate* yang kecil dapat diperoleh dengan kenaikan *Eb/No* yang kecil. Sedangkan, untuk modulasi *16-QAM* pengkodean *turbo* berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran, demodulasi dan *decoder* bisa sinkronisasi sekitar 1.1 dB di bawah pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon*.

4.4 Analisis Bandwidth

4.4.1 Modulasi 8-PSK

Bit per symbol modulasi 8-PSK adalah 3. Dengan *data rate* 2048 Kbps, *overhead* untuk sistem EDMAC 5%, *code rate* 3/4, *carrier spacing* 0,4 dan *RS* 200/180, maka dengan persamaan 2.2 sampai 2.5 perhitungan *bandwidth* sebagai berikut :

$$\text{Transmission Rate} = \frac{(2048 + 102,4)}{3/4} = 2867,2$$

$$\text{Symbol Rate} = \frac{2867,2}{3} = 955,74$$

$$\text{BW Occupied} = 1,2 \times 955,74 = 1146,89$$

$$\text{BW Allocated} = (1 + 0,4) \times 955,74 = 1338,036 \text{ KHz}$$

Dari perhitungan di atas, untuk modulasi 8-PSK dialokasikan *bandwidth* sebesar 1338,036 KHz untuk pengkodean *turbo*. Sedangkan pengkodean *concatenated viterbilreed-solomon* dialokasikan *bandwidth* {1338,036 KHz x (200/180)} = 1486,7 KHz.

4.4.2 Modulasi 16-QAM

Bit per symbol modulasi 16-QAM adalah 4. Dengan *data rate* 2048 Kbps, *overhead* untuk sistem EDMAC 5% dan *code rate* 3/4, *carrier spacing* 0,4 dan *RS* 200/180 maka dengan persamaan 2.2 sampai 2.5 perhitungan *bandwidth* sebagai berikut :

$$\text{Transmission Rate} = \frac{(2048 + 102,4)}{3/4} = 2867,2$$

$$\text{Symbol Rate} = \frac{2867,2}{4} = 716,8$$

$$\text{BW Occupied} = 1,2 \times 716,8 = 860,16$$

$$\text{BW Allocated} = (1 + 0,4) \times 716,8 = 1003,52 \text{ KHz}$$

Dari perhitungan di atas, untuk modulasi 16-QAM dialokasikan *bandwidth* sebesar 1003,52 KHz. Sedangkan pengkodean *concatenated viterbilreed-solomon* dialokasikan *bandwidth* {1003,52 KHz x (200/180)} = 1115,03 KHz.

Lebar *bandwidth* modulasi 8-PSK lebih besar dibanding modulasi 16-QAM baik untuk pengkodean *turbo* maupun untuk pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon*. Sedangkan untuk modulasi yang sama, *bandwidth* pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon* lebih lebar dibanding pengkodean *turbo*. Untuk modulasi 8-PSK *bandwidth* pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon* lebih lebar 148,664 KHz dan untuk modulasi 16-QAM pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon* lebih lebar 111,51 KHz.

Selain jenis modulasi, besarnya *code rate* juga mempengaruhi lebar *bandwidth*. Dikarenakan lebar *bandwidth* untuk modulasi 8-PSK lebih lebar dibanding 16-QAM, *power* yang dibutuhkan untuk memperoleh nilai *Eb/No* yang besar pada modulasi 8-PSK lebih kecil dibanding modulasi 16-QAM. Oleh karena itu, dengan modulasi 8-PSK lebih bagus performansinya.

Dari segi biaya sewa *bandwidth transponder* satelit Telkom 2 di mana harga sewa 1 MHz tanggal 1 Juni 2008 adalah USD \$2500 (*sumber dari PT Patrakom*), untuk modulasi 8-PSK lebih mahal dibanding 16-QAM. Dari data tersebut harga sewa *bandwidth* modulasi 8-PSK untuk pengkodean *turbo* adalah USD \$3345,09 sedangkan modulasi 16-QAM untuk pengkodean *turbo* harga sewa *bandwidth* USD \$2508,8. Sedangkan harga sewa *bandwidth* untuk pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon* modulasi 8-PSK adalah USD \$3716,75 dan modulasi 16-QAM adalah USD \$2787,575. Oleh karena itu, pemilihan jenis modulasi untuk daerah – daerah yang akan dibangun stasiun bumi yang digunakan untuk menghubungkan antar *BTS* dan *BSC* harus diperhatikan agar *bandwidth transponder* dapat dioptimasi dan performansi *link* tetap bagus. Selain itu juga, perlu diperhatikan biaya yang dikeluarkan.

4.5 Analisis Redaman Hujan

Curah hujan di Indonesia termasuk besar, Indonesia termasuk tipe P (lihat lampiran 2). Untuk *availability* 99.99% nilai curah hujan pada tabel persentase curah hujan (lihat lampiran 3) 145 mm/hour sedangkan untuk *availability* 99.97% nilai curah hujan 105 mm/hour. Frekuensi *RF uplink* yang digunakan 6251.5 MHz, *RF downlink* 4026.5 MHz dan menggunakan polarisasi vertikal. Untuk perhitungan koefisien regresi *a* dan *b* digunakan persamaan 2.6 dan 2.7. Adapun perhitungannya sebagai berikut :

- Untuk arah *uplink*

$$a_{(f)} = \text{Log}^{-1}\{\text{Log}(a_2/a_1) \cdot [\text{Log}(f/f_1)/\text{Log}(f_2/f_1)] + \text{Log}a_1\}$$

$$a_{(f)} = \text{Log}^{-1}\left\{\text{Log}(0.00265/0.00155) \cdot \left[\frac{\text{Log}(6,2515/6)}{\text{Log}(7/6)}\right] + \text{Log}0.00155\right\}$$

$$a_{(f)} = 0.001788$$

$$b_{(f)} = \{(b_2 - b_1) \cdot [\text{Log}(f/f_1)/\text{Log}(f_2/f_1)] + b_1\}$$

$$b_{(f)} = \left\{(1.312 - 1.265) \cdot \left[\frac{\text{Log}(6,2515/6)}{\text{Log}(7/6)}\right] + 1.265\right\}$$

$$b_{(f)} = 1.2775$$

$$A_{0,01} = a \times R^b = 0.001788 \times 145^{1.2775} = 1.032 \text{ dB/Km}$$

$$A_{0,03} = a \times R^b = 0.001788 \times 105^{1.2775} = 0.683 \text{ dB/Km}$$

$$A_{0,1} = a \times R^b = 0.001788 \times 65^{1.2775} = 0.37 \text{ dB/Km}$$

- Untuk arah *downlink*

$$a_{(f)} = \text{Log}^{-1}\{\text{Log}(a_2/a_1) \cdot [\text{Log}(f/f_1)/\text{Log}(f_2/f_1)] + \text{Log}a_1\}$$

$$a_{(f)} = \text{Log}^{-1}\left\{\text{Log}(0.00155/0.000591) \cdot \left[\frac{\text{Log}(4.0265/4)}{\text{Log}(6/4)}\right] + \text{Log}0.000591\right\}$$

$$a_{(f)} = 0.0006$$

$$b_{(f)} = \{(b_2 - b_1) \cdot [\text{Log}(f/f_1)/\text{Log}(f_2/f_1)] + b_1\}$$

$$b_{(f)} = \left\{(1.265 - 1.075) \cdot \left[\frac{\text{Log}(4.0265/4)}{\text{Log}(6/4)}\right] + 1.075\right\}$$

$$b_{(f)} = 1.0781$$

$$A_{0,01} = a \times R^b = 0.0006 \times 145^{1.0781} = 0.128 \text{ dB/Km}$$

$$A_{0,03} = a \times R^b = 0.0006 \times 105^{1.0781} = 0.091 \text{ dB/Km}$$

$$A_{0,1} = a \times R^b = 0.0006 \times 65^{1.0781} = 0.054 \text{ dB/Km}$$

Untuk *availability* 99.99% dari hasil perhitungan untuk arah *uplink* besar redaman hujan 1.032 dB/Km dan untuk arah *downlink* 0.128 dB/Km. Sedangkan untuk *availability* 99.97% besar redaman hujan arah *uplink* 0.683 dB/Km dan arah *downlink* 0.091 dB/Km. Untuk menggunakan *availability* 99.99% untuk Indonesia sangat tidak mungkin karena curah hujan di Indonesia sangat besar. Untuk mendapatkan *availability* 99.99% dibutuhkan margin yang besar agar *link* tetap stabil pada saat hujan dan performansi tetap terjaga sehingga *down time* bisa dikurangi.

Oleh sebab itu, perlu dipertimbangkan untuk menggunakan *availability* 99.97% untuk pengkodean *turbo* walaupun *down time* yang terjadi akan lebih banyak dari *availability* 99.99%.

Untuk pengkodean *concatenated viterbi/reed-solomon* dari Gambar 4.3 dan 4.4 grafik *BER* terhadap *Eb/No*, tidak memungkinkan untuk mencapai *availability* 99.97%, dikarenakan jika terjadi hujan *BER* akan cepat naik dan *Eb/No* akan turun sehingga perlu dilakukan *increase power*. Oleh sebab itu perlu dipertimbangkan *availability* 99.9% dengan nilai redaman hujan *uplink* 0.37 dB/Km dan *downlink* 0.054 dB/Km, sehingga penambahan margin akibat hujan tidak terlalu besar dengan konsekuensi *down time* akan lebih banyak.