

LAJU GALAT BIT AKIBAT KESALAHAN PENGARAHAN ANTENA STASIUN BUMI KE SATELIT

Wahyu Pamungkas, Anggun Fitriani Isnawati

Program Studi D3 Teknik Telekomunikasi, Akademi Teknik Telkom Sandhy Putra Purwokerto
JL DI Panjaitan 128 Purwokerto (0281) 641629
e-mail: wahyu1576@yahoo.com , anggung_fitrian@yahoo.com

Abstract

One problem causing reduction of energy in satellite communications system is the misalignment of earth station antenna pointing to satellite. Error in pointing would affect the quality of information signal to energy bit in earth station. In this research, error in pointing angle occurred only at receiver (Rx) antenna, while the transmitter (Tx) antennas precisely point to satellite. The research was conducted towards two satellites, namely TELKOM-1 and TELKOM-2. At first, measurement was made by directing Tx antenna precisely to satellite, resulting in an antenna pattern shown by spectrum analyzer. The output from spectrum analyzers is drawn with the right scale to describe swift of azimuth and elevation pointing angle towards satellite. Due to drifting from the precise pointing, it influenced the received link budget indicated by pattern antenna. This antenna pattern shows reduction of power level received as a result of pointing misalignment. As a conclusion, the increasing misalignment of pointing to satellite would affect in the reduction of received signal parameters link budget of downlink traffic.

Keywords: antenna pointing, azimuth, BER, downlink, elevation

Abstrak

Satu masalah yang menyebabkan pengurangan daya dalam sistem komunikasi satelit adalah pengarahannya antena stasiun bumi ke satelit. Kesalahan dalam melakukan pengarahannya akan berpengaruh terhadap kualitas sinyal yang ditransmisikan pada bagian stasiun bumi. Kualitas sinyal informasi yang bagus meningkatkan nilai rasio energi per bit terhadap derau (energy per bit to noise density ratio, E_b/N_0) dan nilai laju galat bit (bit error rate, BER) semakin kecil. Pada penelitian ini, pergeseran sudut pengarahannya terjadi pada antena stasiun bumi Rx, sedangkan antena stasiun bumi Tx mengarah tepat ke satelit. Penelitian dilakukan terhadap dua buah satelit, yaitu TELKOM-1 dan TELKOM-2. Pengukuran awal dilakukan dengan mengarahkan stasiun bumi Rx tepat ke arah satelit, sehingga didapatkan gambar pola antena dari spectrum analyzer. Selanjutnya dilakukan simulasi dengan menskalakan gambar pola antena tersebut untuk menggambarkan pergeseran stasiun bumi Rx dengan pergeseran azimuth dan elevasinya sebesar $0,2^\circ$. Pada gambar pola antena yang sudah diskalakan ini terlihat besarnya pengurangan daya penerimaan yang berpengaruh terhadap besarnya BER akibat kesalahan pengarahannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pergeseran elevasi Dari perhitungan dapat diambil simpulan bahwa pergeseran pengarahannya antena akan mempengaruhi penerimaan link budget arah downlink yang berpengaruh terhadap kualitas sinyal informasi dan BER.

Kata Kunci: azimuth, BER, elevasi, downlink, pengarahannya antena

1. PENDAHULUAN

Ide tentang sistem komunikasi satelit pertama kali dinyatakan oleh seorang penulis fiksi ilmiah berkebangsaan Inggris yang bernama Clarke [1], yang menyatakan perlu adanya stasiun relay yang diterbangkan ke luar angkasa untuk menghubungkan komunikasi yang lebih efektif untuk mencakup seluruh dunia. Gagasan ini merupakan awal dari perkembangan awal sistem komunikasi satelit. Berdasarkan gagasan tersebut, konfigurasi dari sistem komunikasi satelit terbagi menjadi dua segmen besar, yaitu segmen bumi dan segmen angkasa.

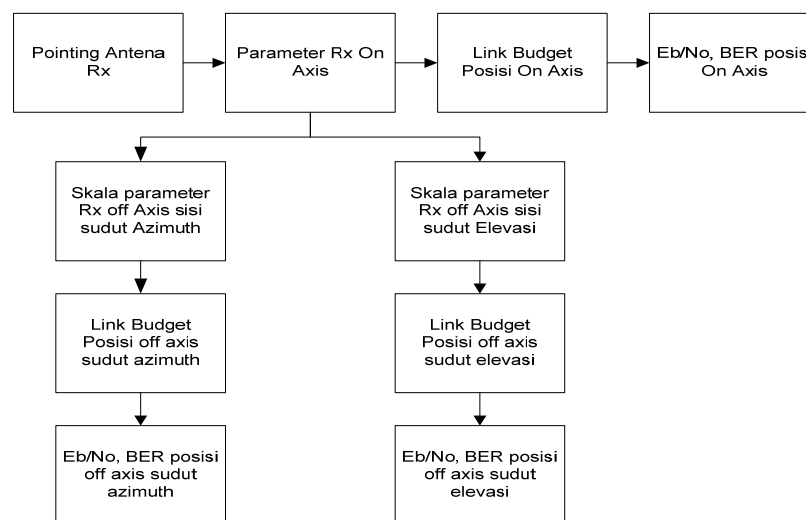
Sebagai syarat *line of sight* (LOS), maka segmen bumi harus mengarah tepat ke arah segmen angkasa atau satelit. Sementara itu dari sisi pengarahannya (*pointing*) antena sering kali terjadi galat (*error*) yang bisa diakibatkan oleh manusia (*human error*) atau kesalahan sistem (*system error*) [2]. Hasil dari pengarahannya ini akan berpengaruh besar terhadap pengiriman maupun penerimaan parameter-parameter *link budget* dari sistem komunikasi satelit, yang dalam hal ini berkaitan dengan kualitas sinyal dan nilai laju galat bit (*bit error ratio*, BER) [3-5]. Pada penelitian sebelumnya, telah diteliti tentang pengaruh penjejakan (*tracking*) antena dengan sudut *azimuth* dan elevasi pada posisi orbit satelit [6]. Pada penelitian ini akan diteliti laju galat bit akibat kesalahan pengarahannya sudut *azimuth* dan elevasi antena stasiun bumi Rx ke satelit.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan studi observasi pada objek penelitian yang dilakukan di lokasi stasiun bumi Cibinong (106° BT, 6° LS) sebagai Tx, dan kota Surabaya (112° BT, 7° LS) sebagai Rx, dengan segmen ruang (*space segment*) yang dituju adalah Satelit TELKOM-1 (108° BT) dan satelit TELKOM-2 (118° BT) yang dilakukan dengan pengamatan dan pengukuran atas parameter-parameter yang akan terpengaruh dengan adanya perubahan pengarahannya antena.

Formulasi dan parameter-parameter *link budget* satelit arah *downlink* pada penelitian ini akan dibahas dalam dua kategori, yaitu parameter *link budget* yang akan berpengaruh terhadap *pointing*, dan parameter-parameter *link budget* yang akan dipengaruhi oleh hasil dari perubahan *pointing* tersebut. Kedua kategori akan diteliti adalah parameter pengarahannya antena seperti sudut *azimuth* dan elevasi serta parameter lain seperti daya terima pada antena Rx (Rx level), *gain* antena penerima, *gain to noise temperature ratio*, *carrier to noise ratio* (C/N), *energy per bit to noise density ratio* (Eb/No).

Metode analisis yang digunakan adalah metode deskriptif yang akan memaparkan perilaku pengarahannya dan pengaruhnya terhadap parameter-parameter *link budget* arah *downlink* dengan pemodelan penelitian seperti Gambar 1.

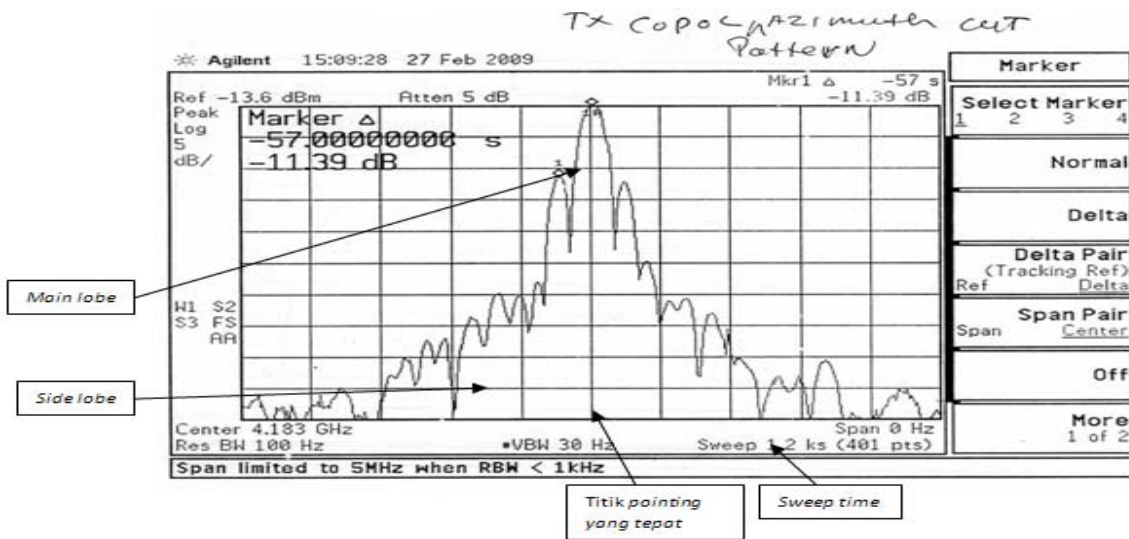


Gambar 1. Pemodelan penelitian

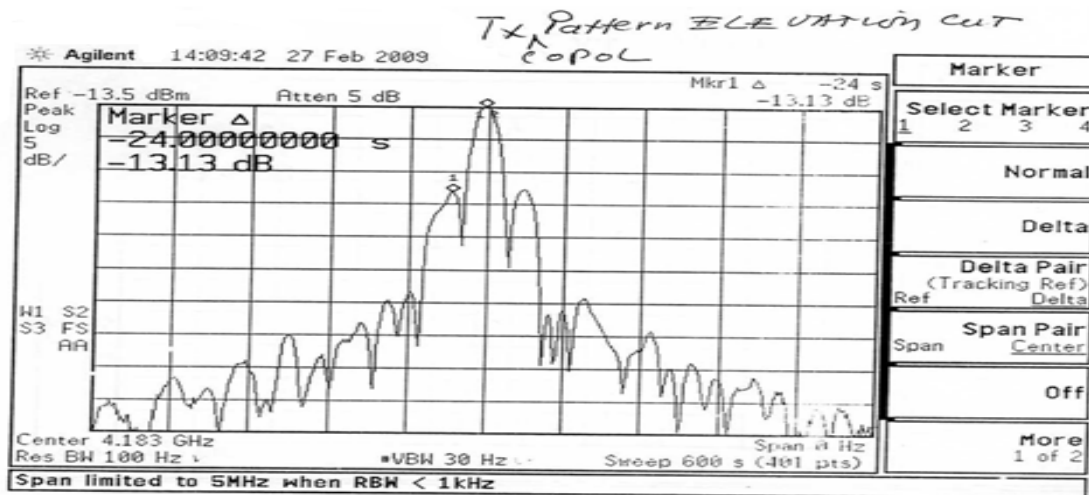
Proses penelitian dimulai dengan melakukan pengarahannya antena pada bagian stasiun bumi Rx Surabaya ke arah satelit. Hasil pengarahannya ini akan diukur dengan menggunakan *spectrum analyzer* yang menunjukkan parameter *gain* antena Rx dan level daya pada sisi Rx. Parameter tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan *link budget* pada posisi *on axis*. Parameter *link budget* ini akan diteruskan sampai mendapatkan hasil perhitungan parameter Eb/No dan BER pada posisi *on axis*. Di sisi lain, parameter hasil pengukuran dari

spectrum analyzer tersebut digunakan sebagai dasar penskalaan parameter antenna Rx off axis pada sisi sudut azimuth dan elevasi.

Hasil pengukuran spectrum analyzer pada sisi pointing azimuth ditunjukkan dalam Gambar 2. Proses penskalaan pada sisi sudut azimuth dilakukan dengan pergeseran sudut dari titik tengahnya ke kanan dan ke kiri (off axis). Pergeseran sudut ke kanan selanjutnya direpresentasikan dengan tanda plus (+), sedangkan ke kiri akan direpresentasikan dengan tanda minus (-). Gambar hasil pengukuran spektrum analyzer pada sisi pointing elevasi ditunjukkan dalam Gambar 3. Penskalaan pada sisi sudut elevasi dilakukan dengan pergeseran sudut dari titik tengahnya ke atas dan ke bawah (off axis). Pergeseran sudut ke atas diwakili dengan tanda plus (+), sedangkan pergeseran sudut ke bawah diwakili dengan tanda minus (-). Hasil kedua posisi sudut dalam kondisi off axis ini akan dibandingkan dengan kondisi on axis sebagaimana terdapat dalam Tabel 1-4.



Gambar 2. Tampilan pola antenna untuk pergeseran azimuth.

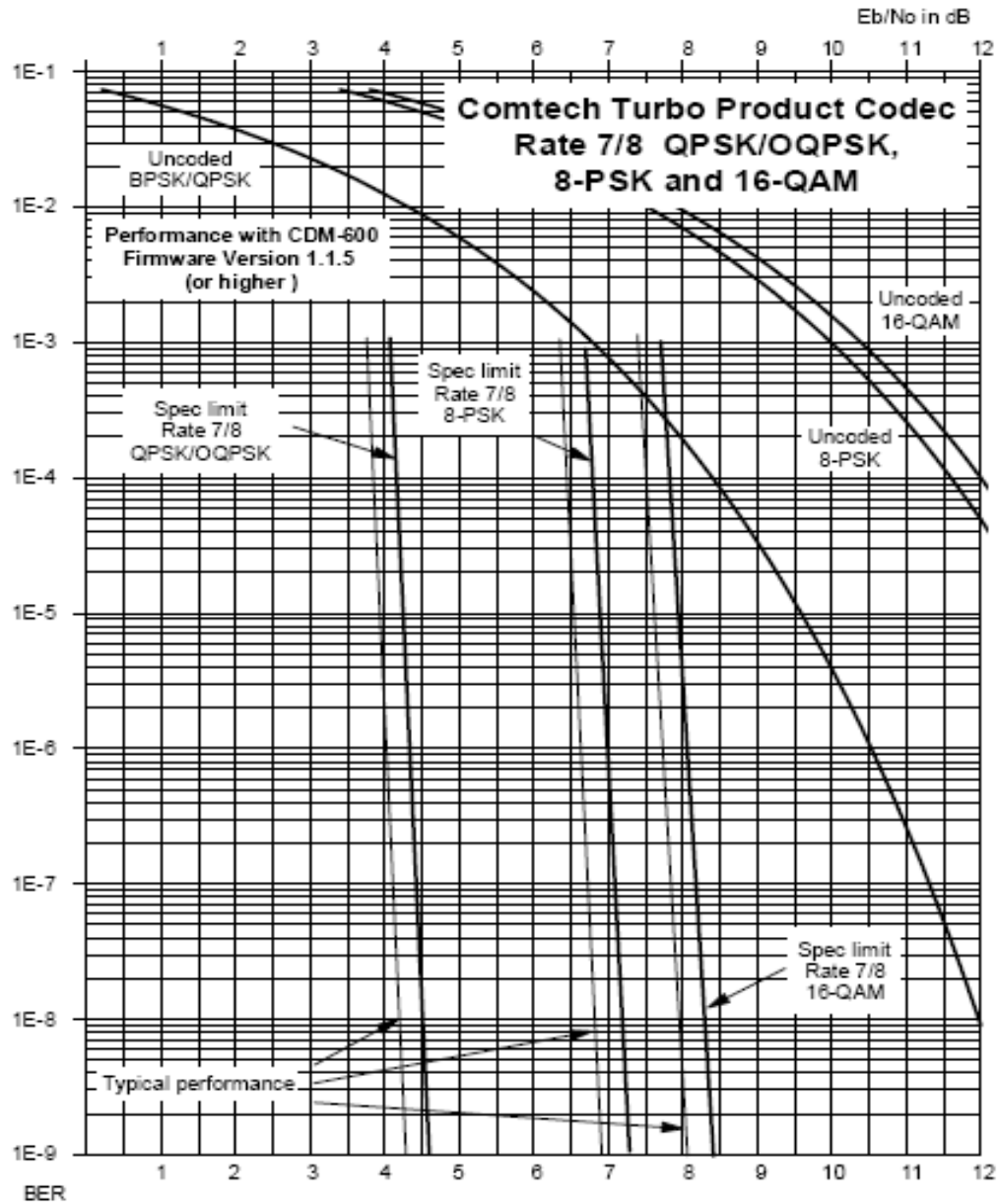


Gambar 3. Tampilan pola antenna untuk pergeseran elevasi.

Untuk mendapatkan nilai BER, dapat digunakan bantuan Gambar 4, yaitu berdasarkan nilai Eb/No yang didapat dari persamaan (1).

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{C}{N_{Total}} - 10 \log R \quad (1)$$

dengan: R = kecepatan transmisi (bps)



Gambar 4. Hubungan Eb/No terhadap BER [7]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan yang dilakukan pada makalah ini adalah berdasarkan hasil analisis karakteristik perubahan atau pergeseran *pointing* antena stasiun bumi terhadap satelit. Karakteristik ini dihubungkan dengan besarnya penerimaan sinyal dilihat dari parameter-parameter *link budget* pada sinyal tersebut dan efeknya terhadap nilai BER yang dimunculkan. Pembahasan hasil ini dilakukan satu persatu berdasarkan dari urutan parameter sinyalnya. Analisis ini akan dibagi dalam dua bagian, yaitu analisis *link budget* dari satelit TELKOM-1 dan analisis *link budget* dari satelit TELKOM-2. Analisis untuk kedua satelit tersebut dilihat dari dua titik, yaitu pemancar dan penerima.

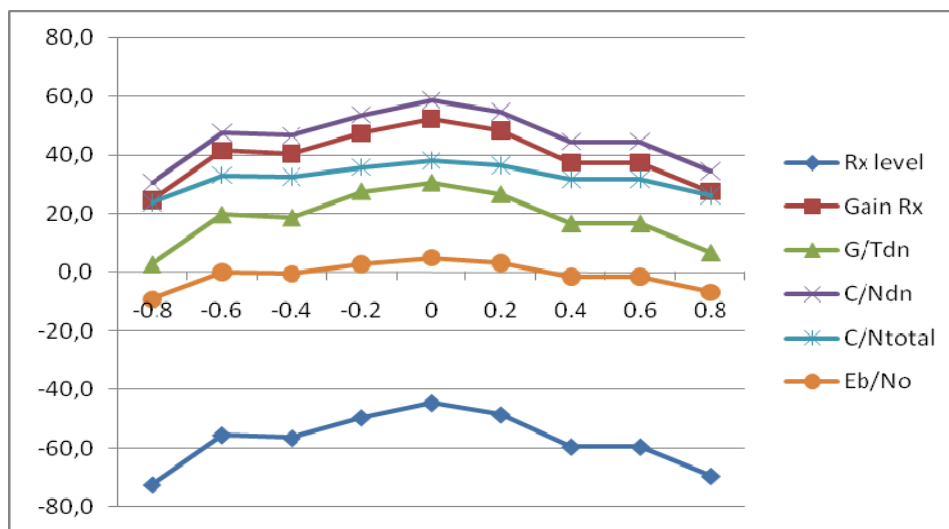
3.1. Pergeseran Pointing Antena terhadap Satelit TELKOM-1

Dalam kasus pertama, yaitu Surabaya sebagai penerima, maka untuk mendapatkan nilai BER terlebih dahulu harus dihitung nilai C/N_{total} [8-10]. Kemudian dengan menggunakan persamaan (1) akan diperoleh nilai E_b/N_o , dan berdasarkan grafik pada Gambar 4 akan dihasilkan nilai $BER=1 \times 10^{-9}$, $E_b/N_o=4,9$ dB, $C/N_{total}=38,0133$ dB, $C/N_{dn}=58,598$ dB, $C/N_{up}=108,2116$ dB, $G/T_{dn}=30,7096$ dB/K, $EIRP_{Sb}=123,8373$ dB, dan $P_{Tx}=68,8139$ dB.

Perhitungan *link power budget* dan BER hasil penyimpangan sudut *azimuth* disajikan pada Tabel 1. Pada Tabel 1 yang diperlihatkan di atas, nilai off axis 0 berarti bahwa antena di-pointing tepat mengarah ke arah Satelit Telkom 1 pada sudut azimuth. Sedangkan nilai *off-axis* negatif menunjukkan pergeseran pointing antena ke kanan sebesar $0,2^0$ dan nilai *off-axis* positif menunjukkan pergeseran pointing ke kiri sebesar $0,2^0$ pada sudut *azimuth*. Hal ini diperjelas dengan grafik pada Gambar 5.

Tabel 1. Perhitungan *link budget* satelit TELKOM-1 hasil pergeseran sudut *azimuth*

Off-axis	Rx level	Gain Rx	G/T _{dn}	C/N _{dn}	C/N _{total}	E _b /N _o	BER
0.8	-72,6	24,5	2,7	30,6	23,9	-9,3	$<<1 \times 10^{-1}$
-0.6	-55,6	41,5	19,7	47,6	33,1	-0,1	$<1 \times 10^{-1}$
-0.4	-56,6	40,5	18,7	46,6	32,6	-0,5	$<1 \times 10^{-1}$
-0.2	-49,6	47,5	27,7	53,6	35,8	2,7	$\pm 1 \times 10^{-2}$
0	-44,6	52,5	30,7	58,6	38,0	4,9	1×10^{-9}
0.2	-48,6	48,5	26,7	54,6	36,3	3,2	$\pm 1 \times 10^{-5}$
0.4	-59,6	37,5	16,7	44,6	31,6	-1,5	$<1 \times 10^{-1}$
0.6	-59,6	37,5	16,7	44,6	31,6	-1,5	$<1 \times 10^{-1}$
0.8	-69,6	27,5	6,7	34,6	26,2	-6,9	$<<1 \times 10^{-1}$

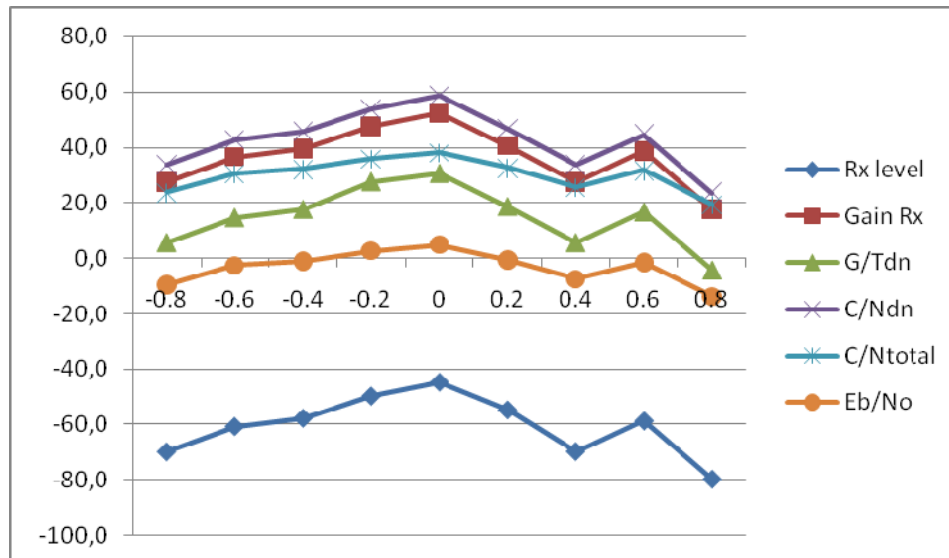


Gambar 5. Hubungan sudut *azimuth* dengan parameter *link budget* satelit TELKOM-1

Tabel 2. Rekap *link budget* satelit TELKOM-1 hasil pergeseran sudut *elevasi*

Off-axis	Rx level	Gain Rx	G/T _{dn}	C/N _{dn}	C/N _{total}	E _b /N _o	BER
-0.8	-69,7	27,5	5,7	33,6	23,6	-9,5	$<<1 \times 10^{-1}$
-0.6	-60,6	36,5	14,7	42,6	30,6	-2,5	$<1 \times 10^{-1}$
-0.4	-57,6	39,5	17,7	45,6	32,1	-1,0	$<1 \times 10^{-1}$
-0.2	-49,6	47,5	27,7	53,6	35,8	2,7	$\pm 1 \times 10^{-2}$
0	-44,6	52,5	30,7	58,6	38,0	4,9	1×10^{-9}
0.2	-54,6	40,5	18,7	46,6	32,6	-0,5	$<1 \times 10^{-1}$
0.4	-69,6	27,5	5,7	33,6	25,6	-7,5	$<1 \times 10^{-1}$
0.6	-58,6	38,5	16,7	44,6	31,6	-1,5	$<1 \times 10^{-1}$
0.8	-79,6	17,5	-4,3	23,6	19,4	-13,7	$<<1 \times 10^{-1}$

Perhitungan *link power budget* dan *BER* hasil penyimpangan sudut elevasi disajikan pada Tabel 2. Pada hasil ini ditunjukkan bahwa nilai *off axis* 0 berarti pengarahannya tepat mengarah ke Satelit TELKOM-1 pada sudut elevasi. Nilai *off-axis* negatif menyatakan bahwa ada pergeseran pengarahannya ke bawah sebesar $0,2^\circ$ dan nilai *off-axis* positif menyatakan bahwa ada pergeseran pointing ke atas sebesar $0,2^\circ$ pada sudut elevasi. Hal ini diperjelas dengan grafik pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan sudut elevasi dengan parameter *link budget* satelit TELKOM-1

3.2. Pergeseran Pointing Antena terhadap Satelit TELKOM-2

Seperti pada sub bab sebelumnya, untuk mendapatkan nilai BER terlebih dahulu harus dihitung nilai C/N_{total} , dan kemudian dengan menggunakan persamaan (1) akan diperoleh nilai E_b/N_o . Berdasarkan hasil ini dan Gambar 2, maka dihasilkan nilai $BER = 1 \times 10^{-9}$, $E_b/N_o = 4,9$ dB, $C/N_{total} = 38,0133$ dB, $C/N_{dn} = 59,594$ dB, $C/N_{up} = 104,9718$ dB, $G/T_{dn} = 30,7098$ dB/K, $EIRP_{Sb} = 119,6358$ dB, dan $P_{Tx} = 64,6124$ dB.

Perhitungan *link power budget* dan BER hasil penyimpangan sudut azimuth ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai *off axis* 0 pada Tabel 3 berarti pengarahannya tepat menghadap ke arah Satelit TELKOM-2 pada sudut azimuth, sedangkan nilai *off-axis* negatif menunjukkan pergeseran pointing antena ke kiri sebesar $0,2^\circ$ dan nilai *off-axis* positif menunjukkan pergeseran pointing ke kanan sebesar $0,2^\circ$ pada sudut azimuth. Hal ini diperjelas dengan grafik pada Gambar 7.

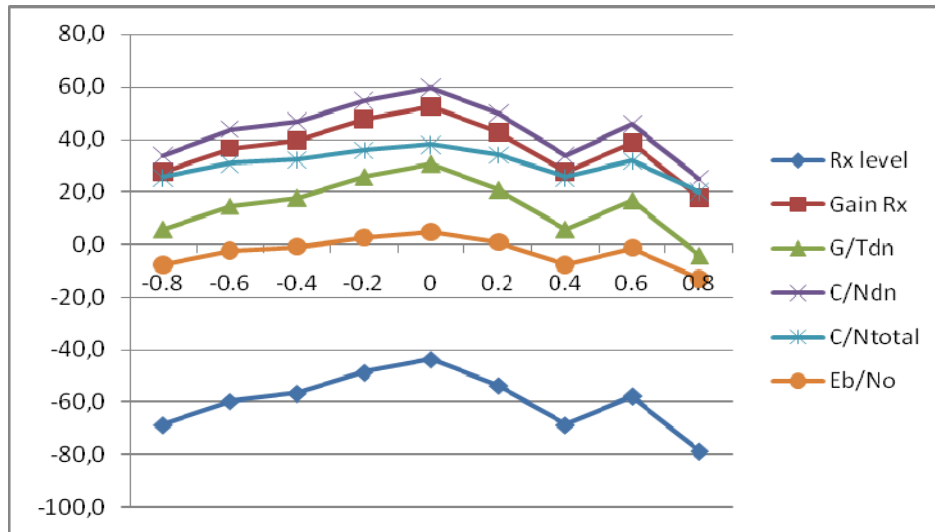
Tabel 3. Perhitungan *link budget* satelit TELKOM-2 hasil pergeseran sudut azimuth

Off-axis	Rx level	Gain Rx	G/T _{dn}	C/N _{dn}	C/N _{total}	E _b /N _o	BER
-0.8	-71,6	24,5	2,7	31,6	24,3	-8,8	$<<1 \times 10^{-1}$
-0.6	-54,6	41,5	19,7	48,6	33,2	0,1	$<1 \times 10^{-1}$
-0.4	-55,6	40,5	18,7	47,6	32,7	-0,4	$<1 \times 10^{-1}$
-0.2	-48,6	47,5	25,7	54,6	35,9	2,8	$\pm 1 \times 10^{-2}$
0	-43,6	52,5	30,7	59,6	38,0	4,9	1×10^{-9}
0.2	-47,6	48,5	26,7	55,6	36,3	3,2	$\pm 1 \times 10^{-4}$
0.4	-58,6	37,5	15,7	44,6	31,3	-1,8	$<1 \times 10^{-1}$
0.6	-58,6	37,5	15,7	44,6	31,3	-1,8	$<1 \times 10^{-1}$
0.8	-68,6	26,5	5,7	34,6	26,0	-7,1	$<<1 \times 10^{-1}$

3.3. Perhitungan *link power budget* dan BER hasil penyimpangan sudut elevasi

Pada Tabel 4 yang diperlihatkan, nilai *off axis* 0 berarti bahwa pengarahannya tepat mengarah pada Satelit TELKOM-2 pada sudut elevasi. Sedangkan nilai *off-axis* positif menunjukkan pergeseran pointing antena ke atas sebesar $0,2^\circ$ dan nilai *off-axis* negatif

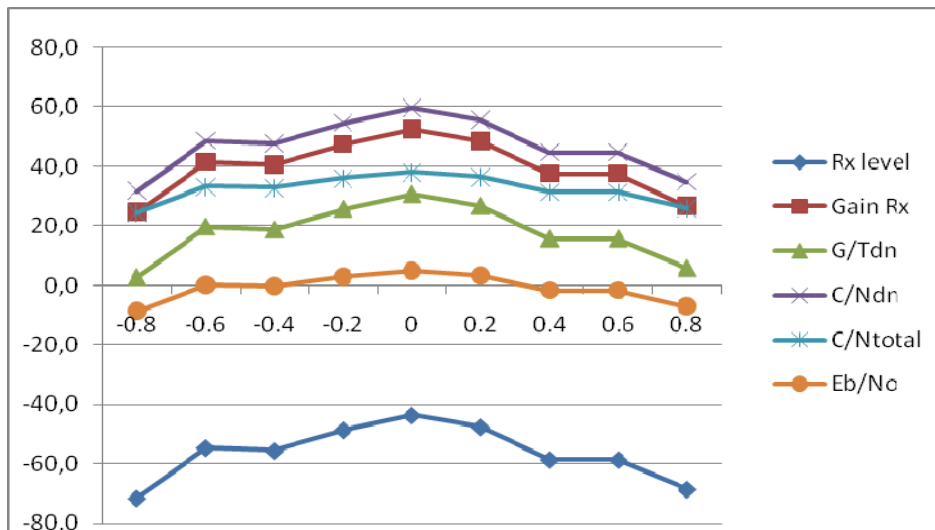
menunjukkan pergeseran pointing ke bawah sebesar $0,2^0$ pada sudut elevasi. Lebih jelasnya ditunjukkan pada grafik Gambar 8.



Gambar 7. Hubungan pergeseran sudut azimuth dengan parameter link budget satelit TELKOM-2

Tabel 4 Rekap perhitungan link budget satelit TELKOM-2 hasil pergeseran sudut elevasi

Off-axis	Rx level	Gain Rx	G/T _{dn}	C/N _{dn}	C/N _{total}	Eb/No	BER
-0.8	-68,6	27,5	5,7	33,6	25,4	-7,7	$<<1 \times 10^{-1}$
-0.6	-59,6	36,5	14,7	43,6	30,8	-2,3	$<<1 \times 10^{-1}$
-0.4	-56,6	39,5	17,7	46,6	32,3	-0,8	$<1 \times 10^{-1}$
-0.2	-48,6	47,5	25,7	54,6	35,9	2,8	$\pm 1 \times 10^{-2}$
0	-43,6	52,5	30,7	59,6	38,0	4,9	1×10^{-9}
0.2	-53,6	42,5	20,7	49,6	34,1	1,0	$<1 \times 10^{-1}$
0.4	-68,6	27,5	5,7	33,6	25,4	-7,7	$<<1 \times 10^{-1}$
0.6	-57,6	38,5	16,7	45,6	31,8	-1,3	$<1 \times 10^{-1}$
0.8	-78,6	17,5	-4,3	24,6	19,9	-13,2	$<<1 \times 10^{-1}$



Gambar 8 Hubungan pergeseran sudut elevasi dengan parameter link budget satelit TELKOM-2

Berdasarkan hasil pengujian pada satelit TELKOM-1 dan TELKOM-2, kesalahan kecil pada sudut elevasi dapat mengakibatkan nilai laju galat bit meningkat tajam, dibanding akibat pergeseran *azimuth*.

4. SIMPULAN

Pengarahan antenna stasiun bumi ke satelit perlu dijaga presisi agar laju galat bit dapat dipertahankan rendah (performansi sistem komunikasi satelit terjaga). Kesalahan pengarahan sudut elevasi harus lebih dihindarkan daripada kesalahan sudut *azimuth*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Clarke AC. Exta Terrestrial Relay. New York: Wireless World. 1945.
- [2]. Pamungkas W. Desain Diameter Antena VSAT Untuk Menghindari Interferensi Satelit. *Journal Ilmiah Dinamika Rekayasa*. 2006; 3(2): 81-88.
- [3]. International Telecommunications Union. Handbook of Satellite Communication. New York: John Willey and Sons. 2007.
- [4]. Cui JX, Shi H, Pang F. *Azimuth and Elevation of Slightly Inclined Geostationary-satellite Orbits*. International Conference on Computer Engineering and Technology (IC CET). Singapore; 2:350-352.
- [5]. Mateo B, Kristian K, Remi L. Capacity Versus Bit Error Rate Trade-Off in the DVB-S2 Forward Link. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*. 2007; 9(1): 52-52.
- [6]. Yoola H, Byoung-Sun L, Hae-Yeon K. Orbit Determination Accuracy Improvement for Geostationary Satellite with Single Station Antenna Tracking Data. *ETRI Journal*. 2008; 30(6): 774-781.
- [7]. Eb/No Degradation Versus Carrier Spacing for CDM 600 Modem. Arizona: Comtech EF DATA. 2003.
- [8]. Kolawole MO. Satellite Communications Engineering. New York: MarcelDekker Inc. 2002.
- [9]. Ippolito LJJ. Satellite Communications System Engineering, Atmospheric Effects, Satellite Link Design, and System Performance. Singapore: John Willey and Sons. 2008.
- [10]. Gerard M. VSAT Network. 2nd Edition. Singapore: John Willey and Sons. 2003.