Analisis *Link Budget* dengan Perbedaan Sudut Azimuth dan Elevasi pada Proses *Pointing* Menggunakan *Two Line Elements* dan Perhitungan Matematis pada Satelit Telkom-1 dan Telkom-2

Okky Anggada Basuki, Endah Budi P., Sapriesty Nainy Sari

Abstract— Pointing technique in inclined satellite using Two Line Elements (TLE) can predict the movement of satellite accurately without considering orbital satellite type, Maneuver capacity, celestial object type and celestial priority object continuously to get real time data. In this research, the difference bentween TLE method and mathematical method in pointing process which communicate with TELKOM-1 satellite in the city of Malang, Jakarta and Semarang have average off axis value for azimuth angle which are 0.000233°, -0.000567° and 0.0006° and for the elevation angle are 0.003133°, 0.0019667° dan 0.00233°. For the value of the difference bentween TLE method and mathematical method in pointing process communicate with TELKOM-2 satellite in the city of Malang, Jakarta and Semarang have average off axis value for azimuth angle which are -0.000133°, -0.0001,° dan -0.000667° and for the elevation angle are 0.0032°, 0.0044° dan 0.0035667.

Index Terms-Satellite Communication, Two Line Elements, Antenna Pointing, Azimuth Angle, Elevation Angle.

Abstrak-Teknik pointing dish antenna pada satelit incline dengan menggunakan Two Line Elements (TLE) dapat melihat pergerakan satelit secara langsung dengan mempertimbangkan tipe orbit, kapabilitas manuver, tipe obyek dan prioritas obyek secara periodik untuk memperoleh basis data secara real-time. Pada penelitian ini hasil analisis perbandingan antara penggunaan TLE dan perhitungan matematis satelit TELKOM-1 di kota Malang, Jakarta dan Semarang menunjukan nilai rata rata off axis pada sudut azimuth yaitu 0.000233°, - 0.000567° dan 0.0006° sedangkan untuk sudut elevasi yaitu $0.003133^{\circ},\ 0.0019667^{\circ}$ dan $\bar{0.00233^{\circ}}.$ Untuk hasil Analisis perbandingan antara penggunaan TLE dan perhitungan matematis satelit TELKOM-2 di kota Malang, Jakarta dan Semarang menunjukan nilai rata rata off axis pada sudut azimuth yaitu -0.000133°, -0.0001,° dan -0.000667° sedangkan untuk sudut elevasi yaitu 0.0032°, 0.0044° dan 0.0035667.

Kata Kunci--Komunikasi Satelit, Two Line Elements, Pointing Antena, Sudut Azimuth, Sudut Elevasi.

Okky Anggada Basuki, Endah Budi P., Sapriesty Nainy Sari are with the Electrical Engineering Department of Brawijaya University, Malang, Indonesia (corresponding author provide phone 0341-554166; email okkyanggada@gmail.com)

I. PENDAHULUAN

EIRING dengan peningkatan ekonomi masyarakat di era globalisasi, sarana komunikasi dan teknologi menjadi salah satu penunjang peningkatan ekonomi yang dibutuhkan dalam proses berlangsungnya ekonomi. Proses kegiatan ekonomi membutuhkan layanan telekomunkasi yang dapat menjaga kerahasian data sehingga pelaku ekonomi dapat melakukan proses ekonomi sacara aman. Layanan telekomunikasi yang terpercaya dapat dimaksimalkan dengan baik apabila proses telekomunikasi dapat dilakukan dimanapun.

Pada komunikasi satelit, kesalahan pada proses pointing antena stasiun bumi pada satelit dapat menyebabkan pengurangan daya. Kesalahan dalam melakukan ponting antenna yaitu dalam menentukan sudut azimuth dan elevasi akan berpengaruh terhadap kualitas sinyal informasi yang ditransmissikan pada bagian penerimaan stasiun bumi. Kualitas sinyal informasi yang bagus akan meningkatkan nilai Eb/No dan nilai BER semakin kecil. [1].

Pada umumnya penentuan sudut azimuth dan elevasi dalam pointing dish antenna pada satelit dapat menggunakan dua cara yaitu dengan perhitungan matematis dan perhitungan menggunakan Two Line Elements (TLE). Pada perhitungan matematis Penentuan sudut elevasi didasarkan letak latitude posisi satelit, longitude posisi satelit, latitude posisi antena, longitude posisi antenna dan ketinggian posisi antena, pada perhitungan menggunakan TLE didasarkan longitude posisi antenna, latitude posisi antenna dan nama satelit yang akan digunakan.

Kesalahan dalam melakukan pengarahan akan berpengaruh terhadap kualitas sinyal yang akan ditransmissikan pada bagian stasiun bumi. Kualitas sinyal dengan informasi yang bagus akan meningkatkan nilai rasio energi per bit terhadap derau kecil. Pada penelitian ini, perbandingan sudut azimuth dan elevasi digunakan pada satelit incline menggunakan Two Line Elements akan dibandingkan dengan perhitungan matematis, pergeseran pengarahan dilakukan pada antenna stasiun bumi. Penelitian dilakukan terhadap dua satelit yaitu

TELKOM-1 dan TELKOM-2.

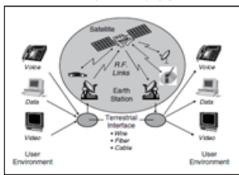
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Komunikasi Satelit

Komunikasi satelit adalah sebuah komunikasi dimana sebuah satelit buatan yang mengorbit dan menerima sinyal dari sebuah transmisi dari ground segment, dikuatkan dan memproses komunikasi tersebut kemudian mentransmissikan kembali untuk diterima oleh satu atau lebih penerima ground segment. Satelit adalah sebuah relay transmisi yang bersifat aktif dan mempunyai konsep yang sama dengan relay tower pada terrestrial komunikasi microwave.

Komunikasi satelit secara infrastruktur digambarkan pada Gambar 1. Seperti yang digambarkan pada Gambar 1 bahwa informasi dalam bentuk *voice*, *data*, *video*, *imag*e dan sebagainya dibangkitkan oleh peralatan elektronik yang berada di bumi. Pada awal prosesnya informasi terjadi pada *interface* terrestrial lalu informasi dikirim menuju satelit (*uplink*) dimana proses *uplink* menggunakan gelombang radio frekuensi.

Sinyal informasi dalam bentuk gelombang radio dikuatkan dan di proses di satelit, kemudian di format ulang dan ditransmissikan kembali pada stasiun penerima bumi mengunakan gelombang sinyal radio melewati media udara (downlink). [2].



Gambar 1. Infrastruktur Komunikasi Satelit

B. Bagian Bagian Komunikasi Satelit

Komunikasi satelit terdiri dari beberapa bagian infrastruktur seperti pada Gambar 1. Komunikasi satelit dapat di bagi menjadi dua bagian secara wilayah atau segmennya yaitu space segment dan ground segment

• Ground Segment

Stasiun bumi yang berfungsi sebagai perangkat awal yaitu stasiun bumi pengirim yang mengirimkan sinyal *uplink* ke arah satelit. Stasiun bumi sebagai perangkat akhir yaitu stasiun bumi yang berfungsi sebagai stasiun bumi penerima yang menangkap sinyal *downlink* dari satelit.

• Space segment

Space segment atau segmen angkasa yaitu perangkat yang hanya dapat berfungsi sebagai pengulang sinyal (repeater) yang diletakkan di luar angkasa pada suatu titik orbit tertentu. Segmen angkasa hanya dapat berfugsi sebagai pengulang sinyal atau repeater. Repeater berfungsi melakukan pengulangan sinyal frekuensi dari stasiun bumi pengirim (frekuensi uplink) yang dikuatkan pada HPA dan local oscillator yang ada pada satelit.

C. Parameter Antena Parabola (Dish Antenna)

Antena memiliki parameter-parameter untuk dapat mendukung sifat dan fungsi-fungsinya tersebut. Parameter-parameter yang ada pada antena.[3]

• Gain Antena.

Gain antena adalah suatu parameter yang melambangkan suatu nilai penguatan antena terhadap sinyal elektromagnetis baik yang dipancarkan maupun diterimanya. Gain antena merupakan salah satu perameter penting dalam system komunikasi satelit, sebab hal ini akan berpengaruh secara langsung dalam perhitungan EIRP yang telah ditentukan. Persamaan matematis untuk mencari nilai gain antena ditunjukkan dalam persamaan (1).

$$G = \eta \left(\frac{\pi . D}{\lambda}\right)^2 \tag{1}$$

G = gain antena parabola (watt)

D = diameter antena (m)

 $\lambda = \text{panjang gelombang (m)}$

 η = nilai efesiensi antena (55% - 75%)

c = cepat rambat cahaya (3x10⁸ m/s)

f = frekuensi kerja (Ghz)

• Beamwidth Antena

Beamwidth antena didefinisikan sebagai sebuah lebar sudut pancar antena tersebut. Beamwidth ini dihitung 3 dB dari puncak main lobe ke bawah. Beamwidth menyatakan sudut pada main lobe pada batas-batas ke kiri dan ke kanan pada titik 3 dB down dari puncak main lobe.

Beamwidth yang dihitung sebesar 3 dB dari puncak main lobe ini adalah merupakan setengah dari nilai penguatan total dari antena yang digunakan. Perhitungan matematis untuk mencari besar lebar berkas sinyal ini yaitu digunakan persamaan (2).

sinyal ini yaitu digunakan persamaan (2).

$$\theta = K \times \left(\frac{\lambda}{D}\right) = K \left(\frac{c}{f \times D}\right)$$

$$\theta_{3dB} = beamwidth \text{ (derajat)}$$

$$k = 70$$
(2)

• Effective Isotropic Radiated Antenna (EIRP)

EIRP merupakan parameter yang menunjukkan nilai efektif daya yang dipancarkan dari antena yang memiliki penguatan sendiri. Bila terdapat rugi-rugi feeder atau redaman pada saluran transmisi, maka akan mengurangi nilai dari EIRP ini dan dapat dirumuskan seperti dalam persamaan (3).

$$EIRP_{SBTx} = P_{Tx} - L_{feeder} + G_{Tx}$$
 (3)
 $P_{Tx} = daya$ keluaran stasiun bumi (dB)
 $L_{feeder} = loss$ saluran transmisi (feeder)(dB)
 $G_{Tx} = gain$ antenna stasiun bumi pengirim

• Power Flux Density Antenna

Power flux density antena adalah parameter antena yang melambangkan kuat daya pancaran carrier yang dipancarkan dan diterima persatuan luas antena tersebut. Direpresentasikan dalam persamaan (4).

$$\Phi = EIRP - 10\log(\pi. R^2)$$

$$\Phi = \text{power flux density } (dB/m^2)$$

$$R = \text{jari-jari antena } (m)$$
(4)

D. Pointing Antena

Posisi stasiun bumi baik stasiun bumi pemancar ataupun penerima memegang peranan penting dalam komunikasi satelit. Dalam hal ini, posisi antena stasiun bumi harus mengarah tepat ke satelit untuk mengurangi rugi-rugi antena yang disebabkan kesalahan dalam pointing antena. Sudut pointing antena stasiun bumi ke arah satelit ada dua yaitu sudut azimuth dan elevasi.

• Sudut Azimuth

Sudut *azimuth* diartikan sebagai sudut antara garis arah utara dengan garis ke arah titik proyeksi satelit pada bidang horizon setempat dari stasiun bumi. Untuk menentukan nilainya terdapat ketentuan yang sudah ditetapkan oleh International Telecommunication Union (ITU). Persamaan (5) digunakan untuk menghitung sudut *azimuth*.

$$A' = tan^{-1} \left[\frac{\tan|longSB - longSat|}{\sin lat SB} \right]$$

$$SB = stasiun bumi$$

$$Sat = satelit$$
(5)

• Sudut Elevasi

Sudut elevasi adalah sudut antara bidang horizon setempat dengan garis *line of sight* dari stasiun bumi ke arah satelit, dengan arah putaran ke atas dan titik nol terletak pada bidang horizon setempat dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6).

$$\cos \theta = (Re + h) \sqrt{\frac{1 - \cos^2 \varphi \cos^2 \Delta \lambda}{h^2 + 2Re(Re + h)(1 - \cos \varphi_G \cos \Delta \lambda)}}$$

$$E = \cos^{-1}\theta$$
(6)

h = orbit satelit geostasioner dari permukaan bumi

Re = jari-jari bumi

 φ = selisih *longitude* stasiun bumi dengan satelit

 Δ = nilai *latitude* dari stasiun bumi

E. Perhitungan Link Budget Komunikasi Satelit

Satelit pada sistem komunikasi satelit, agar kualitas komunikasi yang dihasilkan pada keadaan yang terbaik, maka sebelum dilakukan hubungan omunikasi ada beberapa nilai ukuran yang harus diperhitungkan pada *link* satelitnya. Dimana nilai ukuran tersebut sangat berpengaruh pada *performance link* satelit itu sendiri. [4].

• Free Space Loss

Free space loss atau redaman ruang bebas yaitu besarnya redaman atau pengurangan daya sinyal kirim selama menempuh jarak propagasi dari stasiun bumi ke satelit.

• Kuat daya carrier (Rx Level)

Kuat daya *carrier* yang dirasakan oleh antena yaitu nilai EIRP yang terpengaruh oleh *loss* karena *tracking* dan redaman atmosfer serta redaman ruang bebas ditambah dengan penguatan antenna

• Gain to Noise Temperature (G/T)

Parameter *gain to noise temperature* adalah parameter yang membandingkan antara penguatan antena penerima dengan total dari *noise* temperatur yang ada pada sistem penerimaan. Parameter ini hanya ada pada bagian penerima (*receiver*).

• Carrier to Noise Ratio (C/N)

C/N adalah parameter yang membandingkan daya sinyal carrier yang diterima oleh antena penerima

dengan harga *noise* yang ada pada sistem penerimaan tersebut.

• Carrier to Noise Ratio Total (C/Ntotal)

C/N total adalah parameter yang melambangkan kualitas daya *carrier* yang diterima oleh perangkat akhir dalam komunikasi satelit (stasiun bumi penerima). C/N total inilah yang selanjutnya akan dipakai untuk mengtahui nilai Eb/No pada bagian modem.

• Energy Per Bit to Noise Density Ratio (Eb/No)

Eb/No (Energi Per Bit to Noise Density Ratio) merupakan perbandingan dari energi per bit perkepadatan derau dari keluaran demodulator pada sistem modulasi digital. Besaran ini juga menunjukkan kualitas dari sinyal RF (Radio Frequency) yang diterima oleh modem.

• Bit Error Ratio

Parameter sinyal *carrier* yang ada untuk menentukan *link budget* total dalam komunikasi satelit agar stasiun bumi penerima masih dapat menerima dengan baik informasi yang dikirimkan.

F. Two Line Elements

Two-line elements merupakan sebuah format data pengkodean dari beberapa aspek elemen orbital yang mengorbit pada bumi yang bersifat real time. Dengan menggunakan formula prediksi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, TLE dapat menentukan posisi dan kecepatan perpindahan posisi obyek yangdiamati pada titik yang akan dituju dengan tingkat ketelitian yang cukup baik. [8].

G. Python

Python merupakan Bahasa pemrograman interpretatif multiguna dengan filosofi perancangan yang berfokus pada tingkat keterbacaan kode yang digunakan. Python mempunyai bahasa yang menggabungkan kapabilitas, kemampuan, dengan sintaksis kode yang sangat jelas, dan dilengkapi dengan fungsionalitas pustaka standar yang besar serta komprehensif.

1 NORMAN NORMANAA	NAMEN. NAMENDAMEN +.10	RABBORAL +IRBORAL-IL	+100001-11 11 100001
2 NORMAN NORMAN	NAME, NAMEN NAMENDAMEN NAME	I. IBBOR 1804. IBBOR	101.100000000000000
F-12 F-12			

Field	Column	Description
1.1	01	Line Number of Element Data
1.2	03-07	Satellite Number
1.3	08	Classification
1.4	10-11	International Designator (Last two digits of launch year)
1.5	12-14	International Designator (Launch number of the year)
1.6	15-17	International Designator (Piece of the launch)
1.7	19-20	Epoch Year (Last two digits of year)
1.8	21-32	Epoch (Day of the year and fractional portion of the day)
1.9	34-43	First Time Derivative of the Mean Motion
1.10	45-52	Second Time Derivative of Mean Motion (decimal point assumed)
1.11	54-61	BSTAR drag term (decimal point assumed)
1.12	63	Ephemeris type
1.13	65-68	Element number
1.14	69	Checksum (Modulo 10) (Letters, blanks, periods, plus signs = 0; minus signs = 1)

Gambar 2 Two-line element set format dan set format definition

PyEphem menyediakan sebuah modul yang berfungsi untuk melakukan komputasi astronomi dengan performansi yang tinggi. Pengkodean pada modul pyEphem dikodekan dengan Bahasa C dan python seperti pada Gambar 3. Nama ephem merupakan singkatan dari kata emphiris yang merupakan ketentuan standar dari sebuah tabel yang memberikan posisi dari sebuah planet, asteroid, dan artificial object secara periodik.

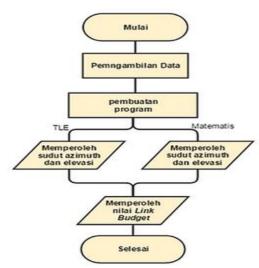
```
>>> import ephem
>>> mars = ephem.Mars()
>>> mars.compute('2008/1/1')
>>> print mars.ra, mars.dec
5:59:27.35 26:56:27.4
```

Gambar 3 Contoh format pyEphem pada Python

III. DESAIN SISTEM

Penelitian ini bersifat eksperimen yaitu menguji dan analisis perbedaan sudut azimuth dan elevasi menggunakan perhitungan *Two Line Elements* dan perhitungan matematis terhadap *link budget* pada kinerja *dish antenna*.

Data-data yang terkait dalam penelitian skripsi ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari hasil perhitungan proses pointing perhitungan TLE dan matematis. Data TLE didapatkan dari hasil pengukuran dan penerjemahan serangkajan data yang diperoleh International Space Staion (ISS). Sedangkan data dengan perhitungan matematis merupakan data perhitugan yang bersumber dari buku referensi dan jurnal. Kedua perhitungan diintegrasikan menggunakan Bahasa pemrogaman Python. Diagram penerjemahan metode pengambilan data menggunakan penggunaan TLE dan perhitungan matematis ditunjukan pada Gambar 4.



Gambar 4. Metode Pengambilan Data, Perhitungan Data dan Analisis Data

Data sekunder yang diperlukan untuk menunjang penulisan skripsi ini adalah konsep dasar komunikasi satelit, sudut elevasi, sudut azimuth, *Two Line Elements* (TLE) serta jurnal parameter *Link Budget* komunikasi satelit TELKOM-1 dan TELKOM-2.

IV. PENGUJIAN SISTEM

Penelitian dan pembahasan analisis pada data yang diperoleh dari penelitian ini dilakukan dengan simulasi untuk mendapatkan data hasil pengukuran sistem komunikasi stelit TELKOM-1 dan TELKOM-2. Data yang disajikan merupakan hasil pengaruh dari variasi sudut *off axis* pada sudut azimuth dan elevasi yang

mempengaruhi *link budget* pada komunikasi satelit. Penulisan bab IV ini berupa pengambilan data, hasil eksperimen, dan pembahasan analisis data eksperimen

Hasil eksperimen untuk medapatkan sudut azimuth dan elevasi dan *link budget* pada satelit TELKOM-1 dan TELKOM-2 berdasarkan variasi letak geografis akan dijabarkan pada sub bab ini. Metode yang digunakan bersifat analisis dan menggunakan data primer dari hasil simulasi dengan TLE pada Bahasa pemrogaman python dan perhitungan matematis. Cara perhitugan untuk mendapatkan nilai sudut azimuth elevasi menggunakan TLE dan perhitungan matematis suudah dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Pada bab ini juga dianalisis besarsnya perbedaan sudut azimuth dan elevasi tiap tiga jam atau 180 menit pada saat pengambilan data.

Pada Tabel 1 membahas dan menganalisa dan membahas perbedaan sudut *off axis* azimuth dan elevasi pada satelit TELKOM-1 berdasarkan penggunaan TLE dan perhitungan matematis pada beberapa lokasi yang berbeda. Berikut adalah tabel perbedaan nilai sudut off axis pada beberapa tempat dengan proses 30 kali pengambilan data.

TABEL 1.
PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN SUDUT ELEVASI DAN AZIMUTH
DENGAN PENGGUNAAN TLE DAN PERHITUNGAN MATEMATIS PADA
SATELYETEL KOM 1 PADA SENUA LOVARI

	<u>S.</u>	ATELIT	TELKO SATI	M-1 PAI ELIT TELK		JA LOKA	.51	
LOKASI	Perbedaan Sudut			Perbedaan Sudut			Perbedaan Sudut	
	Azimuth	Elevasi	LOKASI	Azimuth	Elevasi	LOKASI	Azimuth	Elevasi
	0.003	0.003		0	0.002		0.003	0.001
	-0.002	0.003		-0.003	0.002		0.003	0.002
	0.002	0.003		0.003	0.001		0.004	0.002
	0.002	0.004		-0.005	0.002		0.001	0.002
	0	0.002		0.003	0.002		0.001	0.002
	-0.001	0.004		0.001	0.002		-0.002	0.002
	-0.001	0.003		-0.003	0.003		0	0.002
	-0.002	0.003		-0.001	0.002		-0.003	0.001
	-0.002	0.003		0.002	0.002		-0.001	0.002
	0.002	0.003		0	0.002		-0.002	0.001
	0.003	0.003		-0.004	0.002		0.004	0.003
	-0.002	0.003		-0.005	0.001	SEMARANG	-0.002	0.003
	0.002	0.003	JAKARTA	0.002	0.003		-0.003	0.003
כי	0.002	0.004		0.004	0.002		-0.001	0.002
MALANG	0.001	0.003		-0.004	0.003		-0.002	0.003
₹	-0.003	0.003		-0.005	0.002		0.003	0.002
Σ	0	0.004		-0.001	0.003		0.003	0.002
	-0.001	0.003		0.004	0.002		0.002	0.002
	0	0.003		0.002	0.002		0	0.002
	0.001	0.003		-0.001	0.001		0.002	0.002
	0.001	0.003		0.001	0.002		-0.003	0.003
	0.001	0.004		0.001	0.002		0.004	0.002
	-0.002	0.003		-0.002	0.001		-0.001	0.003
	0	0.003		-0.004	0.002		0.002	0.003
	0	0.004		0	0.003		0.003	0.002
	-0.001	0.003		0.004	0.002		0	0.002
	0	0.003		0.001	0.002		0	0.003
	0.003	0.002		-0.002	0.002		-0.001	0.002
	0.001	0.003		-0.003	0.001		0	0.003
	0	0.003		-0.002	0.001		0.004	0.002

Berdasarkan hasil Analisis perbandingan antar penggunaan TLE dan perhitungan matematis di kota Malang menunjukan nilai *off axis* paling besar pada sudut azimuth yaitu 0.003° dan -0.003° sedangkan untuk sudut elevasi yaitu 0.004°. Untuk rata – rata nilai sudut *off axis* dalam 30 kali sampel pengambilan data pada sudut azimuth sebesar 0.000233° sedangkan untuk sudut elevasi sebesar 0.003133°. Untuk Hasil Analisis perbandingan antar penggunaan TLE dan perhitungan matematis dikota Jakarta menunjukan nilai *off axis* paling besar pada sudut azimuth yaitu -0.005 sedangkan

untuk sudut elevasi yaitu 0.003° . Untuk rata – rata nilai sudut *off axis* dalam 30 kali sampel pengambilan data pada sudut azimuth sebesar -0.000567° sedangkan untuk sudut elevasi sebesar 0.0019667° . Untuk hasil Analisis perbandingan antar penggunaan TLE dan perhitungan matematis di kota Semarang menunjukan nilai *off axis* paling besar pada sudut azimuth yaitu 0.004° sedangkan untuk sudut elevasi yaitu 0.003° . Untuk rata – rata nilai sudut *off axis* dalam 30 kali sampel pengambilan data pada sudut azimuth sebesar 0.0006° sedangkan untuk sudut elevasi sebesar 0.00233° .

TABEL 2.
PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN SUDUT ELEVASI DAN AZIMUTH
DENGAN PENGGUNAAN TLE DAN PERHITUNGAN MATEMATIS PADA
SATELIT TELKOM-2 PADA SEMUA LOKASI.

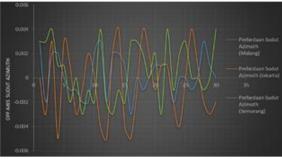
			SAT	ELIT TELKO	OM-2			
LOKASI	Perbedaan Sudut		LOVACI	Perbedaan Sudut		LOVACI	Perbedaan Sudut	
	Azimuth	Elevasi	LOKASI	Azimuth	Elevasi	LOKASI	Azimuth	Elevasi
	0.003	0.003		0.001	0.005		0	0.003
	0.001	0.004		-0.001	0.004		-0.003	0.003
	0.001	0.003		0	0.004		0.001	0.004
	0.002	0.003		0.002	0.004		-0.002	0.003
	-0.003	0.003		-0.002	0.004		-0.002	0.004
	0	0.004		0.002	0.005		0	0.004
	0	0.004		-0.002	0.005		-0.004	0.004
	0.002	0.004		-0.001	0.005		0.003	0.003
	0	0.004		-0.002	0.004		-0.001	0.004
	0.001	0.003		-0.001	0.004	SEMARANG	0	0.004
	0	0.003		0.002	0.005		0.002	0.004
	-0.001	0.002		0.001	0.004		-0.003	0.004
	-0.001	0.003		0.001	0.004		-0.002	0.003
ריז	-0.002	0.003	JAKARTA	0	0.005		-0.003	0.004
ž	0.001	0.003		0.001	0.005		0.001	0.004
MALANG	-0.002	0.004		-0.001	0.004		0	0.004
Σ	-0.001	0.003		-0.001	0.005		-0.002	0.003
	-0.003	0.003		-0.002	0.004		0.001	0.003
	0.001	0.002		0.001	0.004		0.001	0.003
	0.001	0.003		-0.002	0.004		0	0.003
	0	0.004		-0.001	0.004		0	0.003
	0	0.004		0.001	0.004		-0.003	0.003
	0.001	0.003		0.001	0.005		0.001	0.004
	0	0.002		0	0.004		-0.002	0.004
	-0.002	0.003		0.002	0.004		0	0.004
	0	0.003		-0.002	0.005		0	0.003
	-0.001	0.003		0.001	0.004		-0.001	0.003
	-0.002	0.003		0.001	0.004		-0.003	0.004
	-0.001	0.004		0.001	0.005		0	0.004
	0.001	0.003		-0.003	0.005		0.001	0.004

Berdasarkan hasil Analisis perbandingan antar penggunaan TLE dan perhitungan matematis di kota Malang menunjukan nilai off axis paling besar pada sudut azimuth yaitu 0.003° dan -0.003° sedangkan untuk sudut elevasi yaitu 0.004°. Untuk rata – rata nilai sudut off axis dalam 30 kali sampel pengambilan data pada sudut azimuth sebesar -0.000133° sedangkan untuk sudut elevasi sebesar 0.0032°. Untuk Hasil Analisis perbandingan antar penggunaan TLE dan perhitungan matematis di kota Jakarta menunjukan nilai off axis paling besar pada sudut azimuth yaitu -0.003° sedangkan untuk sudut elevasi yaitu 0.005°. Untuk rata - rata nilai sudut off axis dalam 30 kali sampel pengambilan data pada sudut azimuth sebesar -0.0001° sedangkan untuk sudut elevasi sebesar 0.0044°. Untuk Hasil Analisis perbandingan antar penggunaan TLE dan perhitungan matematis di kota Semarang menunjukan nilai off axis paling besar pada sudut azimuth yaitu -0.004 sedangkan untuk sudut elevasi yaitu 0.004°. Untuk rata – rata nilai sudut off axis dalam 30 kali sampel pengambilan data pada sudut azimuth sebesar -

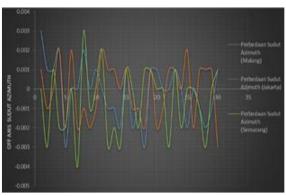
0.000667° sedangkan untuk sudut elevasi sebesar 0.0035667°.

Berdasarkan hasil analisis dan perbandingan data yang didapatkan pada tabel 1 dan tabe 2 menunjukan bahwa hampir setiap tiap 180 menit ada perbedaan perubahan nilai sudut *off axis* antara penguunaan TLE dan metematis pada satelit TELKOM-1 dan TELKOM-2

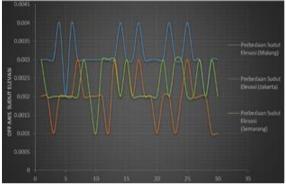
Perbedaan nilai sudut azimuth dan elevasi setiap pengambilan data dilakukan. Besarnya perbedaan nilai terhadap kedua metode *pointing* memiliki nilai yang *random* atau acak. Gambar 6 merupakan grafik yang menunjukkan besarnya perbedaan nilai sudut azimuth dan elevasi dengan sumbu 0° sebagai titik acuan nilai *pointing* menggunakan TLE.



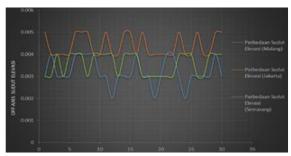
Gambar 6 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Sudut Azimuth dengan Penggunaan TLE dan Perhitungan Matematis Pada Satelit TELKOM-1 Pada Semua Lokasi



Gambar 7. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Sudut Elevasi dengan Penggunaan TLE dan Perhitungan Matematis Pada Satelit TELKOM-1 Pada Semua Lokasi



Gambar 8. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Sudut Azimuth dengan Penggunaan TLE dan Perhitungan Matematis Pada Satelit TELKOM-2 Pada Semua Lokasi



Gambar 9. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Sudut Elevasi dengan Penggunaan TLE dan Perhitungan Matematis Pada Satelit TELKOM-2 Pada Semua Lokasi

V. PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan untuk memperoleh nilai sudut azimuth dan elevasi menggunakan TLE dan perhitungan matematis dengan tujuan untuk mendapatkan perhitungan *link budget* dengan menganalisis nilai sudut *off axis* pada kedua perhitungan telah memberikan hasil sebagai berikut:

- Berdasarkan perhitungan dengan penggunaan TLE dan perhitungan matematis untuk mendapatkan sudut azimuth dan elevasi mempunyai perbedaan nilai sebesar 10⁻³ baik untuk sudut elevasi dan sudut azimuth.
- 2. Untuk perhitungan matematis yang akurat, lokasi satelit yaitu perubahan *longitude* dan *latitude* satelit dibutuhkan setiap kali perhitungan dilakukan untuk mendapatkan sudut azimuth dan elevasi untuk proses *pointing*. Pada perhitungan menggunakan TLE, perubahan *longitude* dan *latitude* satelit tidak dibutuhkan dikarenakan hal tersebut akan dilakukan secara otomatis oleh modul pyEphem pada bahasa pemrograman python.
- 3. Range kesalahan nilai sudut *off axis* sudut azimuth pada perhitungan matematis lebih besar dibandingkan dengan sudut elevasi.

- 4. Secara umum pengaruh pergeseran posisi pointing antenna stasiun bumi ke arah satelit terhadap penerimaan parameter parameter sinyal *link budget* berbanding terbalik.
- Besarnya kesalahan pointing pada perhitungan matematis tidak terlalu berpengaruh pada perhitugan *link budget*.

B. Saran

Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode yang sama, yaitu menggunakan TLE dan perhitungan matematis untuk mendapatkan sudut off axis yang nantinya dihubungkan langsung dengan satelit dan dianalisa dengan spectrum analyser sehingga perhitungan link budget secara keseluruhan lebih akurat.

REFERENSI

- Pamungkas, Wahyu. 2010. Analisis Pengatuh Pointing Antena Stasiun Bumi Terhadap Penerimaan Parameter Sinyal Link Budget Satelit Arah Downlink. Akademi Teknik Telkom.
- [2] Ippolito, Louis J. 2008. Satellite Communications Systems Engineering Atmospheric Effects, Satellite Link Design and System Performance. The George Washington University.
- [3] Fitrian Isnawati, Anggun. 2010. Laju Galat Bit Akibat Kesalahan Pengarahan Antena Stasiun Bumi Ke Satelt Akademi Teknik Telkom.
- [4] Pamungkas, Wahyu. 2010. Analisis Pengaruh Pointing Antena Stasiun Bumi Sisi Downlink Terhadap Bit Error Ratio (BER) Pada Komunikasi satelut. Akademi Teknik Telkom.
- Bester, Manfred. SatTrack (V4.0) A Real-Time Satellite Tracking and Orbit Prediction Program. University of California..
- [6] Melinda, Rizal Munadi, dan M.Irhamsyah. 2004. Studi Perencanaan Link Budget Sistem Komunikasi Satelit Pada Frekuensi Ku-Band Di Nanggroe Aceh Darussalam. Banda Aceh: Fak Teknik Universitas Syiah Kuala Banda Aceh
- [7] Haykin, S. 2005. Communication Link Budget Analysis.
- [8] Vuckovic, Dusan. 2005. Guidelines for Satellite Tracking (NAVSTAR Software). Faculty of Electronic Engineering, Aleksandra Medvedeva 14, Serbia and Montenegro.
- [9] Khan, Khalid S. 1990. Tracking Techniques for Inclined Orbit Satellites. Andrew Corporation.
- [10] Jun-Xia, Cui. 2009. Azimuth and Elevation of Slightly Inclined Geostationary-satellite Orbits. ChineseAcademy of Sciences.
- [11] Gerard M. VSAT Network. 2nd Edition. Singapore: John Willey and Sons. 2003.