

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 between 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 between TLE method and mathematical method in pointing process which 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 menunjukkan nilai rata rata off axis pada sudut azimuth yaitu 0.000233°, -0.000567° dan 0.0006° sedangkan untuk sudut elevasi yaitu 0.003133°, 0.0019667° dan 0.00233°. Untuk hasil Analisis perbandingan antara penggunaan TLE dan perhitungan matematis satelit TELKOM-2 di kota Malang, Jakarta dan Semarang menunjukkan 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

SEIRING 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 telekomunikasi yang dapat menjaga kerahasiaan data sehingga pelaku ekonomi dapat melakukan proses ekonomi secara 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 *pointing antenna* yaitu dalam menentukan sudut azimuth dan elevasi akan berpengaruh terhadap kualitas sinyal informasi yang ditransmisikan 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 antena dan ketinggian posisi antena, pada perhitungan menggunakan TLE didasarkan *longitude* posisi antena, *latitude* posisi antena dan nama satelit yang akan digunakan.

Kesalahan dalam melakukan pengarahannya akan berpengaruh terhadap kualitas sinyal yang akan ditransmisikan 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 yang digunakan pada satelit incline dengan menggunakan *Two Line Elements* akan dibandingkan dengan perhitungan matematis, pergeseran sudut pengarahannya dilakukan pada antena stasiun bumi. Penelitian dilakukan terhadap dua satelit yaitu

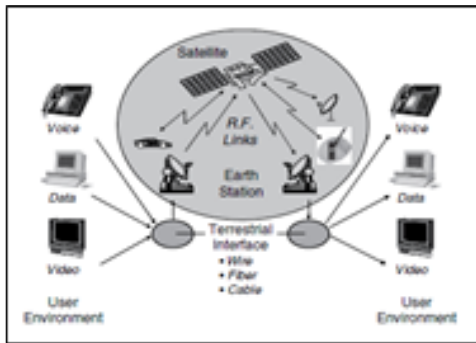
II. TINJAUAN PUSTAKA

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 mentransmisikan 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, image* 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 ditransmisikan kembali pada stasiun penerima bumi menggunakan 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 berfungsi 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 parameter 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)

λ = panjang gelombang (m)

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

c = cepat rambat cahaya (3×10^8 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).

$$\theta = K \times \left(\frac{\lambda}{D} \right) = K \left(\frac{c}{f \times D} \right) \tag{2}$$

θ_{3dB} = *beamwidth* (derajat)

k = 70

• *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).

$$EIRP_{SBTx} = P_{Tx} - L_{feeder} + G_{Tx} \tag{3}$$

P_{Tx} = daya keluaran stasiun bumi (dB)

L_{feeder} = *loss* saluran transmisi (*feeder*)(dB)

G_{Tx} = *gain* antena 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).

$$\Phi = EIRP - 10 \log(\pi \cdot R^2) \tag{4}$$

Φ = power flux density (dB/m²)

R = jari-jari antena (m)

singkatan dari kata *emphiris* yang merupakan ketentuan standar dari sebuah tabel yang memberikan posisi dari sebuah planet, asteroid, dan artificial object secara periodik.

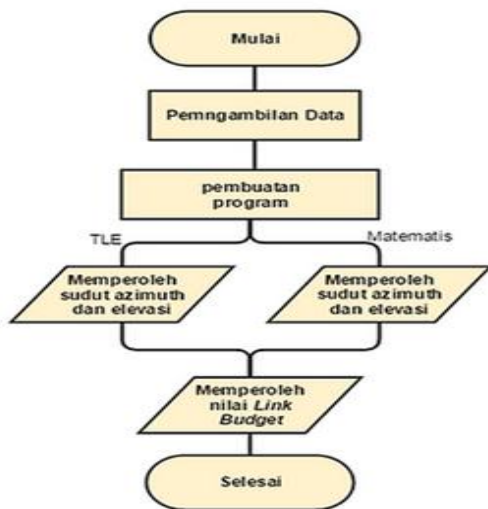
```
>>> import ephem
>>> mars = ephem.Mars()
>>> mars.compute('2008/1/1')
>>> print mars.ra, mars.dec
5:59:27.35 26:56:27.4
```

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 serangkaian data yang diperoleh *International Space Staion (ISS)*. Sedangkan data dengan perhitungan matematis merupakan data perhitungan yang bersumber dari buku referensi dan jurnal. Kedua perhitungan diintegrasikan menggunakan Bahasa pemrograman Python. Diagram alir metode pengambilan data penerjemahan menggunakan penggunaan TLE dan perhitungan matematis ditunjukkan 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 pemrograman python dan perhitungan matematis. Cara perhitungan untuk mendapatkan nilai sudut azimuth elevasi menggunakan TLE dan perhitungan matematis sudah dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Pada bab ini juga dianalisis besarnya 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 SATELIT TELKOM-1 PADA SEMUA LOKASI

SATELIT TELKOM-1										
LOKASI	Perbedaan Sudut		LOKASI	Perbedaan Sudut		LOKASI	Perbedaan Sudut			
	Azimuth	Elevasi		Azimuth	Elevasi		Azimuth	Elevasi		
MALANG	0.003	0.003	JAKARTA	0	0.002	SEMARANG	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		0.002	0.002		0.001	0.002		
	0	0.002		0.003	0.002		0.001	0.001	0.002	
	-0.001	0.004		0.001	0.002		-0.002	0.002	-0.002	0.002
	-0.001	0.003		-0.003	0.003		0	0.002	0	0.002
	-0.002	0.003		-0.001	0.002		-0.003	0.001	-0.003	0.001
	-0.002	0.003		0.002	0.002		-0.001	0.002	-0.001	0.002
	0.002	0.003		0	0.002		-0.002	0.001	-0.002	0.001
	0.003	0.003		-0.004	0.002		0.004	0.003	0.004	0.003
	-0.002	0.003		-0.005	0.001		-0.002	0.003	-0.002	0.003
	0.002	0.003		0.002	0.003		-0.003	0.003	-0.003	0.003
	0.002	0.004		0.004	0.002		-0.001	0.002	-0.001	0.002
	0.001	0.003		-0.004	0.003		-0.002	0.003	-0.002	0.003
	-0.003	0.003		-0.005	0.003		0.003	0.002	0.003	0.002
	0	0.004		-0.001	0.003		0.003	0.002	0.003	0.002
	-0.001	0.003		0.004	0.002		0.002	0.002	0.002	0.002
	0	0.003		0.002	0.002		0	0.002	0	0.002
	0.001	0.003		-0.001	0.001		0.002	0.002	0.002	0.002
	0.001	0.003		0.001	0.002		-0.003	0.003	-0.003	0.003
	0.001	0.004		0.001	0.002		0.004	0.002	0.004	0.002
	-0.002	0.003		-0.002	0.001		-0.001	0.003	-0.001	0.003
	0	0.003		-0.004	0.002		0.002	0.003	0.002	0.003
	0	0.004		0	0.003		0.003	0.002	0.003	0.002
	-0.001	0.003		0.004	0.002		0	0.002	0	0.002
	0	0.003		0.001	0.002		0	0.003	0	0.003
	0.003	0.002		-0.002	0.002		-0.001	0.002	-0.001	0.002
	0.001	0.003		-0.003	0.001		0	0.003	0	0.003
	0	0.003		-0.002	0.001		0.004	0.002	0.004	0.002

Berdasarkan hasil Analisis perbandingan antar penggunaan TLE dan perhitungan matematis di kota Malang menunjukkan 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 menunjukkan 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 menunjukkan 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.

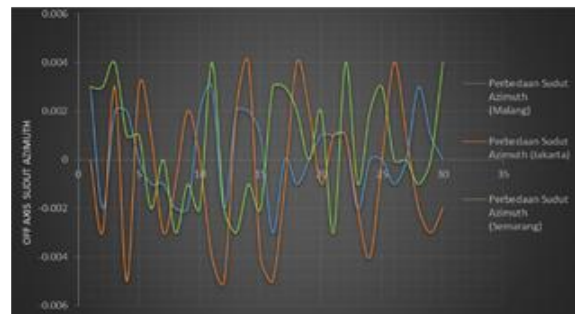
SATELIT TELKOM-2								
LOKASI	Perbedaan Sudut		LOKASI	Perbedaan Sudut		LOKASI	Perbedaan Sudut	
	Azimuth	Elevasi		Azimuth	Elevasi		Azimuth	Elevasi
MALANG	0.003	0.003	JAKARTA	0.001	0.005	SEMARANG	0	0.003
	0.001	0.004		-0.001	0.004		-0.003	0.003
	0.001	0.003		0	0.004		0.001	0.004
	0.002	0.003		0.002	0.004		-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		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
	-0.002	0.003		0	0.005		-0.003	0.004
	0.001	0.003		0.001	0.005		0.001	0.004
	-0.002	0.004		-0.001	0.004		0	0.004
	-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 menunjukkan 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 menunjukkan 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 menunjukkan 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 -

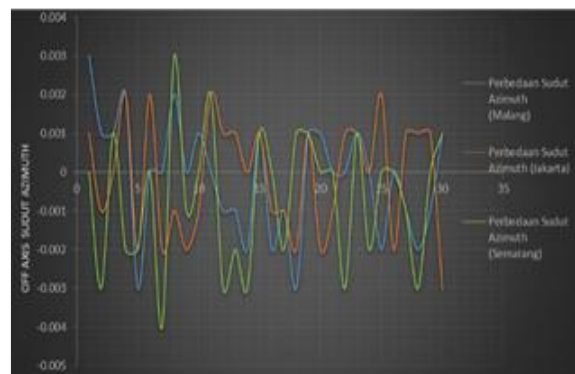
0.000667° sedangkan untuk sudut elevasi sebesar 0.0035667° .

Berdasarkan hasil analisis dan perbandingan data yang didapatkan pada tabel 1 dan tabe 2 menunjukkan 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.

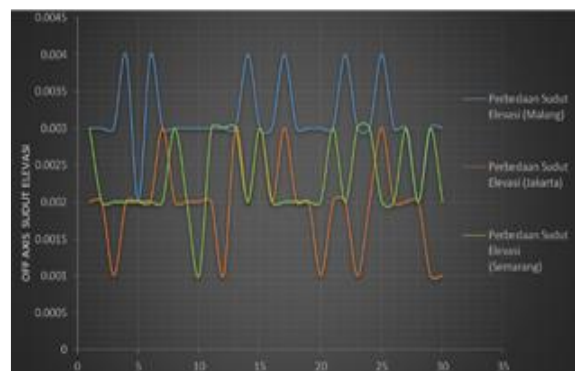
Perbedaan nilai sudut azimuth dan elevasi setiap pengambilan data dilakukan. Besarnya perbedaan nilai terhadap kedua metode *pointing* memiliki nilai yang *random* atau acak. Gambar 6 merupakan grafik yang menunjukkan besarnya perbedaan nilai sudut azimuth dan elevasi dengan sumbu 0° sebagai titik acuan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



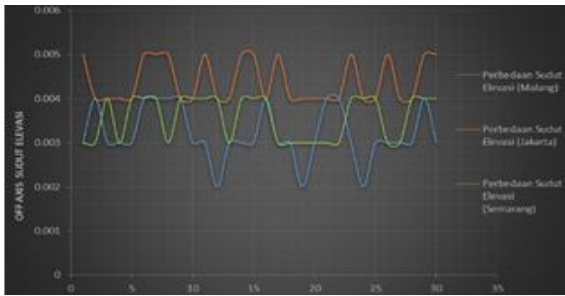
Gambar 6 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Sudut Azimuth dengan Penggunaan TLE dan Perhitungan Matematis Pada Satelit TELKOM-1 Pada Semua Lokasi



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:

1. 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.
5. Besarnya kesalahan *pointing* pada perhitungan matematis tidak terlalu berpengaruh pada perhitungan *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

- [1] Pamungkas, Wahyu. 2010. Analisis Pengaruh *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] Fitriani Isnawati, Anggun. 2010. Laju Galat Bit Akibat Kesalahan Pengarahan Antena Stasiun Bumi Ke Satelit Akademi Teknik Telkom.
- [4] Pamungkas, Wahyu. 2010. Analisis Pengaruh *Pointing* Antena Stasiun Bumi Sisi *Downlink* Terhadap Bit Error Ratio (BER) Pada Komunikasi satelit. Akademi Teknik Telkom.
- [5] 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. Chinese Academy of Sciences.
- [11] Gerard M. VSAT Network. 2nd Edition. Singapore: John Willey and Sons. 2003.