

# Kajian Kebutuhan Spesifikasi Antena untuk Penerimaan Data Resolusi Sangat Tinggi

## *Study of Antenna Specification Requirements for Very High Resolution Data Reception*

Arif Hidayat<sup>\*)</sup>, Agus Suprijanto, Panji Rachman Ramadhan, STA Munawar

Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Parepare

<sup>\*)</sup>E-mail: agus\_suprijanto@lapan.go.id, arif\_hidayat@lapan.go.id

**ABSTRAK** – Data satelit resolusi sangat tinggi dibutuhkan oleh Pemerintah Indonesia untuk monitoring dan mengelola sumber daya alam, pemantauan lingkungan, perencanaan tata kota, manajemen bencana alam, dan lain-lain. Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Parepare memiliki kewajiban menyediakan data satelit resolusi sangat tinggi untuk beberapa program Pemerintah Indonesia. Antena yang mampu menerima data resolusi sangat tinggi diperlukan untuk mendapatkan data satelit dalam jarak jangkauan maksimum. *Gain* penguatan antena disesuaikan dengan daya pancar satelit dengan dihitung rugi rugi jarak satelit dari permukaan dari elevasi 3 derajat sampai dengan 90 derajat. Lebar pita frekuensi dengan jenis modulasi digunakan sebagai acuan untuk menghitung nilai energi bit terhadap *noise* sehingga. Akhir dari kajian ini diharapkan dapat diketahui kebutuhan *power* terhadap *noise* sistem dengan *power* yang tersedia oleh antena dan sistem penerima. Hasil lain diharapkan adanya selisih daya diharapkan dapat sebagai cadangan apabila terjadi cuaca buruk maupun kerusakan minor pada perangkat.

**Kata kunci:** antena, satelit, penguatan, modulasi

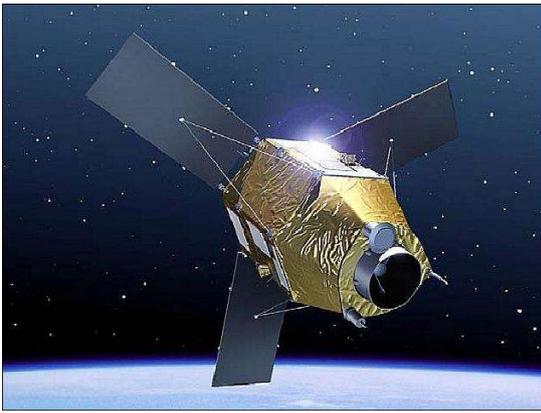
**ABSTRACT** – *Very high resolution satellite data required by the Indonesian government to monitor and manage the natural resources management, environmental monitoring, urban planning, natural disaster management, etc. The Parepare Remote Sensing Ground Station have a duty to provide very high resolution satellite data for Indonesian Government Programme. An antenna capable of receiving very high-resolution data is required to obtain satellite data within maximum range. The antenna gain is adjusted to the satellite transmitting power by calculating the satellite's loss from the surface from elevation 3 degrees to 90 degrees. The width of the frequency band with the type of modulation is used as a reference to calculate the value of the bit energy to the noise so that. The end of this study is expected to know the need for power to noise system with power available by antenna and receiver system. Another result is expected that the difference in power is expected to be a backup in case of bad weather or minor damage to the device.*

**Keywords:** antenna, satellite, gain, modulation

## 1. PENDAHULUAN

Penambahan penerimaan 2 satelit penginderaan jauh operasional di lingkungan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional khususnya di Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Parepare membutuhkan penambahan antena baru. Satelit yang akan direncanakan untuk diterima datanya adalah satelit dengan kemampuan resolusi spasial sangat tinggi. Selain itu satelit dengan kemampuan sensor radar juga menjadi salah satu satelit yang akan diterima di Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Parepare.

Satelit Pleiades adalah salah satu satelit pemantauan bumi dengan orbit polar yang memiliki resolusi sangat tinggi yakni 0,5 meter untuk citra pankromatik dan 2 meter untuk citra multispektral. Satelit Pleiades ini adalah salah satu satelit konstelasi yang dioperasikan oleh *Airbus Defence and Space* yang memiliki 4 buah *spectral bands* yakni *Panchromatic (480-830nm)*, *Blue(430-550nm)*, *Green(490-610nm)*, *Red(600-720nm)*, *Near Infrared(750-950nm)* (*Eoportal, 2017*). Dengan keunggulan sebagai satelit konstelasi tersebut maka Satelit Pleiades dapat mendapatkan data untuk suatu wilayah setiap 1 hari sekali sehingga proses pengamatan wilayah yang ingin diamati dapat berjalan dengan maksimal perubahan, hal ini sangat berguna sekali untuk pengamatan wilayah yang sedang terkena bencana maupun untuk memonitoring suatu wilayah yang sedang dilakukan pembangunan. Satelit Pleiades yang direncanakan untuk diterima datanya di Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Parepare yakni Satelit Pleiades-1 dan Satelit Pleiades-2.



Product : Panchromatic : 50cm  
Multispectral : 2 m

Revisit rate : Daily (constellation)

Spectral Bands : Panchromatic (470 – 830nm)  
Blue (430 – 550nm)  
Green (500 – 620nm)  
Red (590 – 710nm)  
Near-infrared (740 – 940nm)

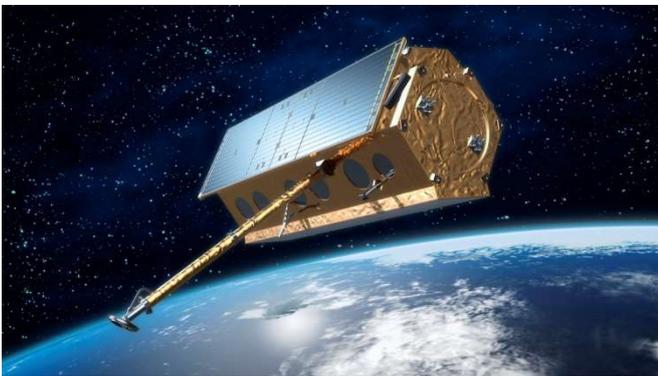
Swath Width : 20 Km

Processing Level : Primary (1A)  
Ortho (automatic) or Tailored Ortho

Gambar 1. Satelit Pleiades-1/2 (Eoportal,2017)

Satelit TerraSAR-X adalah salah satu satelit radar hasil kolaborasi antara *German Aerospace Center* (DLR) dan *EADS Astrium*. Satelit TerraSAR-X menggunakan sensor aktif berupa radar *onboard* sehingga tidak terganggu cuaca dalam pengambilan data (Eoportal, 2017). Satelit ini memiliki 3 mode pencitraan yakni *SpotLight*, *StripMap* dan *ScanSAR*. Mode pencitraan *SpotLight* memiliki resolusi spasial hingga 1m dengan dimensi citra dalam sekali potret sebesar 10 km (*width*) x 5 km (*length*). Mode pencitraan *StripMap* memiliki resolusi spasial hingga 3 m dengan dimensi citra 30 km (*width*) x 50 km (*length*), dan yang terakhir Satelit TerraSAR-X memiliki mode pencitraan *ScanSAR*, dimana mode pencitraan ini memiliki resolusi hingga 16m dengan dimensi citra 100 km (*width*) x 150 km (*length*) (Eoportal, 2017). Dengan keunggulannya sebagai satelit radar ini maka Satelit TerraSAR-X digunakan pada beberapa aplikasi seperti di bidang pertambangan, eksplorasi minyak dan gas, pemetaan topografi, pertahanan dan keamanan negara, monitoring daerah banjir, rawan gempa, monitoring penggunaan lahan dan lain-lain.

Pengiriman data pada satelit Pleiades dan TerraSAR-X mengirimkan data dengan kapasitas besar mencapai lebih dari 300 Mbps. Untuk menghindari kerusakan data saat pengiriman perlu dihitung fading margin sehingga gangguan pada saat transmisi dapat dihindari.



Product : Staring SpotLight : up to 25cm  
High Resolution Spot Light : up to 1 m  
StripMap : up to 3 m  
Scan SAR : up to 16 m  
Wide Scan SAR : up to 40m

Revisit rate : 11 days

Polarisation : Single, dual - depending on imaging mode  
quadruple is available as advanced polarisation  
mode for dedicated acquisition campaigns

Gambar 2. Satelit TerraSAR-X (Eoportal, 2017)

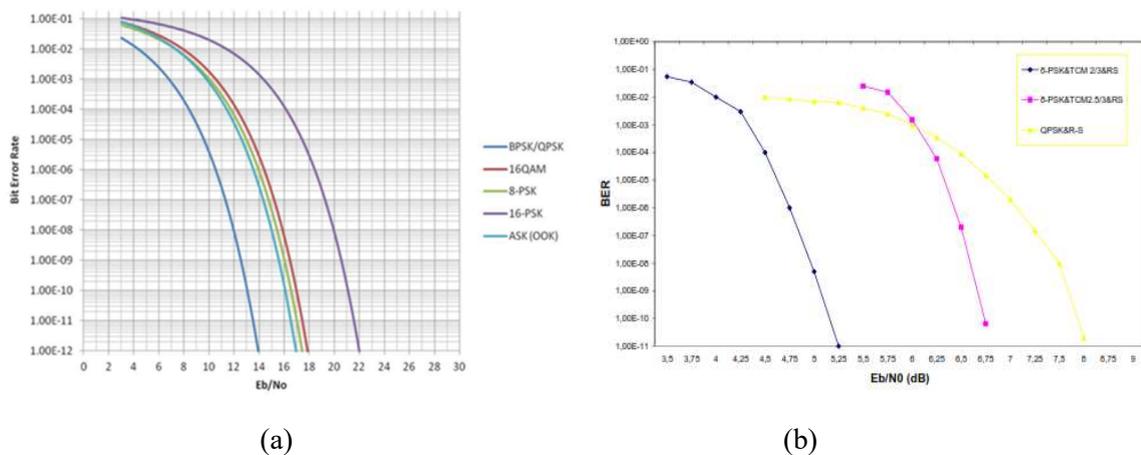
Untuk mengetahui kebutuhan antena penerima yang akan digunakan diperlukan sebuah analisis dan kajian yang meneliti aspek satelit yang akan digunakan. Parameter teknis satelit menjadi salah satu bagian dari penelitian. Parameter itu terdiri dari jarak satelit ketinggian satelit, *effective isotropic radiatic power (eirp)*, modulasi, *bit rate bandwidth* frekuensi (Hidayat, 2014). Pada akhirnya nilai G/T antena dapat diketahui untuk mendapatkan penerimaan satelit pada jarak maksimum pada elevasi 3 derajat (Hidayat, 2017). Pemilihan jenis antena yang akan diakuisisi akan lebih mudah dengan hasil kajian ilmiah sehingga pengambilan keputusan lebih tepat berdasarkan spesifikasi teknis yang sudah di analisis terlebih dahulu. Penelitian ini menggunakan satelit TerraSAR-X dan Pleiades dari airbus sebagai parameter yang akan dihitung untuk mengetahui gain antena yang dibutuhkan.

## 2. METODE

### 2.1 Parameter Satelit Resolusi Tinggi

Sistem komunikasi *satelit low earth orbit* selama ini menggunakan sistem komunikasi *single carrier* (Hidayat, 2006). Dimana pengiriman data dikirim dalam satu kanal, sehingga apabila terjadi kerusakan maka data tersebut tidak diterima dengan baik. Transmisi *single carrier* memiliki kerentanan terhadap gangguan distorsi akibat kerusakan perangkat atau *interference* maupun sinyal *multipath*. Selain itu kesalahan akibat *error pointing* dalam penjejakan dapat menjadi salah satu penyebab gangguan penerimaan di penerima (Hidayat dkk., 2017; Hidayat, 2014). Untuk itu diperlukan sebuah perhitungan yang cermat agar seluruh sistem dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan.

Untuk mendapatkan parameter G/T antenna yang dibutuhkan diperlukan nilai EB/No satelit yang akan diterima (Judianto, 2012). Parameter EB/No dapat dilihat pada **Gambar 3a** dan **3b**. Nilai parameter untuk **Gambar 3a** adalah EB/No tanpa *coding gain* sedangkan **Gambar 3b** menggunakan *error control coding gain* (Propagation ecc, 2017; Thales, 2012). *Error control coding* berfungsi sebagai kontrol apabila terjadi kerusakan ataupun kesalahan *bit* informasi yang diterima oleh demodulator (Haykin, 2007). Dengan menggunakan *error control coding* dapat mengurangi energi bit yang dibutuhkan oleh pemancar satelit.



**Gambar 3.** Grafik BER terhadap EB/No. (a) Tanpa *Error Control*, (b) dengan *Error Control 3/4 Trellis Code*

Penggunaan *error control* mengurangi jumlah bit informasi yang ditransmisikan karena diperlukan bit koreksi apabila terjadi kesalahan. Menurut Haykin (2007) nilai *bit rate* dapat di hitung dengan persamaan :

$$\text{Data Rate} = \log_2(\text{Modulasi}) * \text{Bandwidth} \dots \dots \dots (1)$$

Namun demikian apabila menggunakan *bit control* maka perhitungan tersebut dikalikan lagi dengan *coding rate*. Perhitungan nilai data rates berdasarkan nilai *coding gain* 8 psk dikalikan dengan *bandwidth* efektif dikalikan dengan faktor *coding gain* (Hidayat, 2006).

$$\text{Data Rate} = \text{Modulation} * \text{Bandwidth} * \text{Coding Rate} \dots \dots \dots (2)$$

Data teknis satelit dapat dilihat di **Tabel 1** dan **Tabel 2**, data satelit tersebut diperoleh dari UK *space agency*. Dari data satelit tersebut akan kita tentukan nilai C/N sistem dan G/T di *demodulator*.

#### 2.1.1 Satelit Pleiades

Satelit Pleiades adalah satelit yang memiliki 2 konstelasi Pleiades 1 dan Pleiades 2. Menurut UK *space agensi* (2017) dan Thales (2017) adalah sebagai berikut:

**Tabel 1.** Spesifikasi Satelit Pleiades (UK *space Agencies*, 2017)

No	Parameter	Pleiades 1	Pleiades 2
1	Apoge & Perigee	694 km	694 km
2	Inclination	98.3 Degree	98.3 Degree
3	Carrier Frek Ch 1	8165.5 MHz	8165.5 MHz
4	Carrier Frek Ch 2	8295.5 MHz	8295.5 MHz
5	Carrier Frek Ch 3	8353.5 MHz	8353.5 MHz
6	Bandwidth Ch1, Ch2, Ch3	105 MHz total 315 MHz	105 MHz total 315 MHz
7	EIRP ch 1,Ch2,Ch3	15.3 dB	15.3 dB
9	Modulasi	8 PSK	8 PSK
10	BER	Min 10E-11	Min 10E-11
11	EB/No Dengan Coding Gain	8.9 dB	8.9 dB
12	Data Rate at 8 PSK	155 Mbps single channel	155 Mbps single channel
13	Data Rate at 8 PSK	465 Mbps Full Channel	465 Mbps Full Channel

Satelit Pleiades 1 dan Pleiades 2 memiliki 3 *channel downlink*, dengan EIRP 15.3 dB pada ketinggian 694 km dengan modulasi 8 PSK, dari dokumen tersebut juga ditampilkan nilai EB/No yang dibutuhkan adalah 8.9 dB.

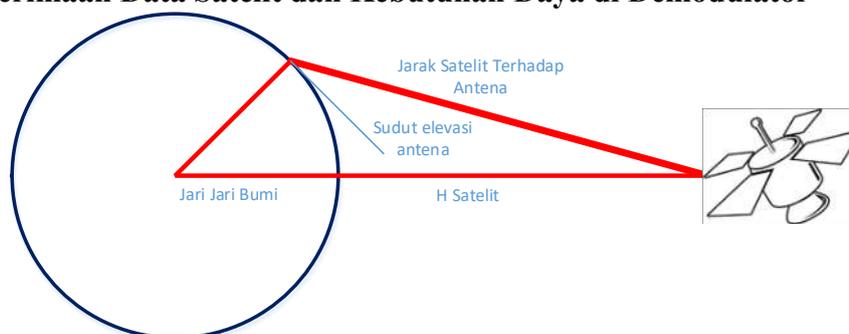
### 2.1.2 Satelit TerraSAR-X

Satelit TerraSAR-X adalah satelit yang dibuat di Jerman, satelit ini memiliki kemampuan sensor aktif radar. Parameter downlink dari satelit ini adalah

**Tabel 2.** Parameter RF (UK *Space Agency*, 2017)

No	Parameter	TerraSAR X	Tandem X
1	Apoge & Perigee	514.8 km	514.8 km
2	Inclination	98.3 Degree	98.3 Degree
3	Carrier Frek	8150.0MHz	8150.0MHz
4	Bandwidth	225.0 MHz	225.0 MHz
5	EIRP	23dB	23dB
6	Modulasi	QPSK	QPSK
7	BER	10 E-11	10 E-11
8	EB/No tanpa coding gain	12 dB	12 dB
9	Bitrate	450 Mbps	450 ps

## 2.2 Geometri Penerimaan Data Satelit dan Kebutuhan Daya di Demodulator



**Gambar 4.** Ilustrasi Posisi Satelit Terhadap Antena Stasiun Bumi

**Gambar 4** diatas menggambarkan posisi satelit terhadap antena stasiun bumi. Elevasi antena dan posisi satelit terhadap antena berpengaruh terhadap jarak satelit terhadap stasiun bumi. Semakin rendah posisi antena terhadap horizon semakin jauh posisi satelit terhadap stasiun bumi.

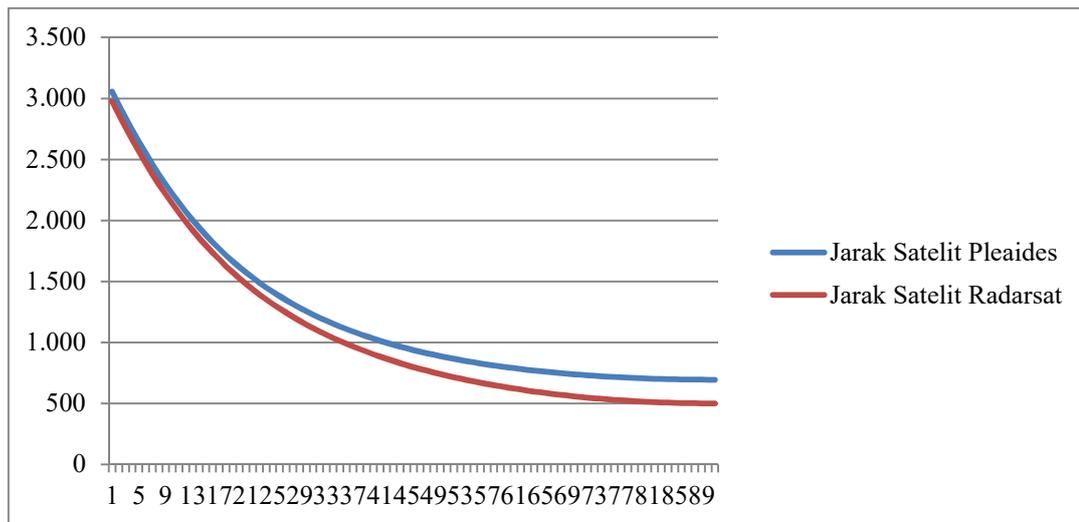
Satelit LEO (*Low Earth Orbit*) bergerak cepat mengelilingi bumi sesuai dengan kecepatan rotasi. Jarak antar satelit dengan bumi bervariasi sangat cepat. Waktu *tracking* hanya 5 sampai dengan 30 menit tergantung dari elevasi antena terhadap garis horizon.

Perhitungan jarak dari elevasi tertinggi sampai dengan batas elevasi 3 derajat diperlukan sehingga dapat diketahui redaman ruang bebas yang akan digunakan sebagai perhitungan C/N dan G/T antena. Batas elevasi 3 derajat ini diperlukan karena pada elevasi kurang dari 3 derajat transmisi akan mengalami *multipath fading* dan terganggu dengan *obstacle* di sekitar stasiun bumi. Jarak satelit dengan antena dapat menggunakan persamaan 3. *Slant range* dapat dihitung berdasarkan jari-jari bumi sudut pusat bumi dengan satelit (Judianto, 2012).

$$s = \sqrt{R_{sat}^2 + R_E^2 - 2R_{sat}R_E \cos B} \dots\dots\dots(3)$$

- dimana : S = *Slant Range*
- RE = Jari Jari Bumi
- R<sub>sat</sub> = Jari Jari Satelit
- B = Sudut Pusat

Untuk mendapatkan jarak maksimum perlu dilakukan perhitungan menggunakan geometri satelit. Sehingga didapatkan jarak maksimum pada saat elevasi rendah 3 derajat. Menurut Judianto (2012), perhitungan jarak satelit terhadap stasiun bumi terdiri dari beberapa komponen yaitu jarak satelit terhadap permukaan bumi, jari-jari bumi, sudut elevasi antena, sudut satelit dengan pusat bumi.



**Gambar 5.** Jarak Satelit Pleiades dan TerraSAR-X Terhadap Antena Stasiun Bumi

**Gambar 5** menunjukkan jarak satelit Pleiades dan TerraSAR-X terhadap antena stasiun bumi. Gambar tersebut di plot menggunakan persamaan 1. Apabila kita lihat jarak pada elevasi rendah cenderung sama. Dari hasil perhitungan jarak terjauh untuk satelit 2739.615621 untuk satelit pleiades dan 2,661 untuk radarsat. Untuk mendapatkan nilai kebutuhan C/N di penerima dapat diperoleh dengan mengalikan EB/No dengan Bitrate dibagi dengan Bandwidth. Secara matematis C/N di penerima adalah (Hidayat, 2014).

$$C/N = \frac{Eb}{No} * \frac{Rb}{Bw} \dots\dots\dots(4)$$

Atau dalam bentuk logaritmik (Judianto, 2014) =

$$C/N = Eb/No + Rb - Bw \dots\dots\dots(5)$$

Nilai ini yang dihitung sebagai C/N yang harus dipenuhi oleh sistem. Dari Persamaan 5 didapatkan nilai C/N di demodulator didapatkan nilai C/N untuk satelit Pleiades dan TerraSAR-X dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Carrier to Noise Satelit Pleiades dan TerraSAR-X

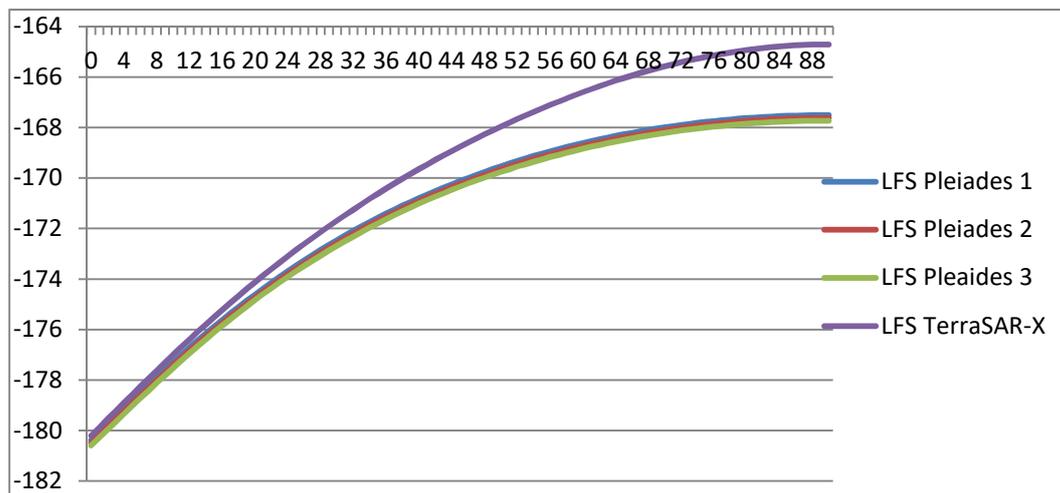
No	Satelit	C/N
1	Pleiades	8.9
2	TerraSAR-X	15

Terra Sar-X memiliki C/N yang lebih besar walaupun menggunakan modulasi QPSK karena tidak menerapkan *error control code*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisis Free Space Loss Dan Kebutuhan G/T

Gelombang elektromagnet yang dipancarkan ke bumi dengan frekuensi X Band mengalami rugi rugi daya karena ruang hampa dan udara. Rugi rugi daya tersebut dapat dihitung berdasarkan fungsi jarak dan frekuensi (Haykin, 2007). Dari jarak slant range, dapat kita buat perhitungan *Free Space loss*. Hasil perhitungan tersebut dapat kita lihat pada **Gambar 6**. Hasil *free space loss* tersebut akan kita gunakan untuk menghitung nilai G/T antena. Menurut Metzsig, 2011 dan Klugel, 2012 antena yang digunakan untuk sistem penerimaan data di jerman menggunakan antena dengan G/T 32 dB/K. Dalam bagian ini kita akan menghitung secara real berapa kebutuhan G/T di penerima.



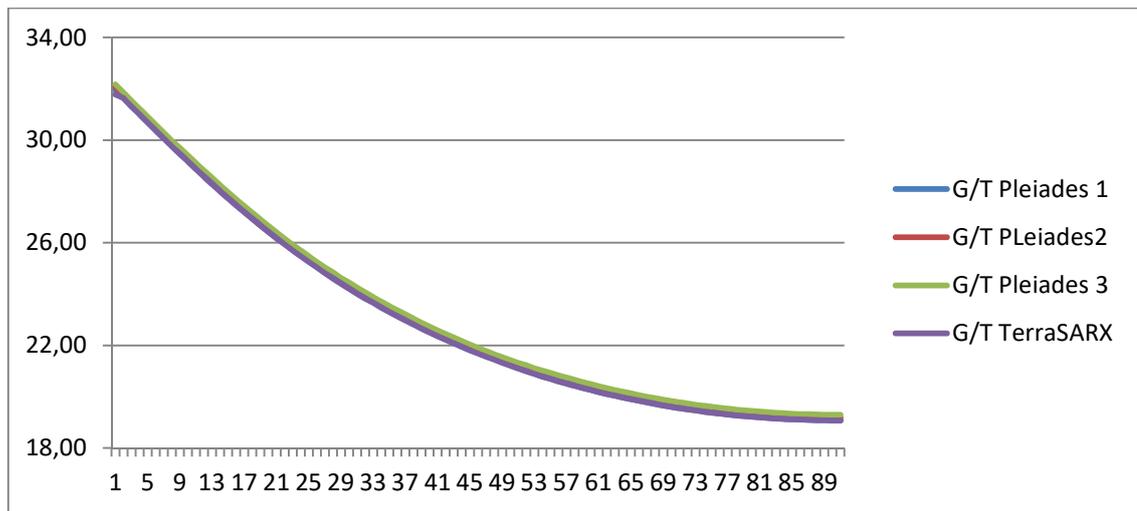
**Gambar 6.** Free Space Loss untuk Satelit Pleiades dan TerraSAR-X

Pada **Gambar 6** memperlihatkan *loss free space* untuk satelit radarsat paling rendah pada elevasi tinggi, pada elevasi rendah *loss free space* relatif memiliki nilai yang tidak tepaut jauh. Untuk mendapatkan nilai G/T di antena beberapa parameter yang diperlukan adalah, kebutuhan C/N demodulator, *free space loss*, EIRP satelit, *bandwidth* frekuensi dan redaman kabel dan konektor.

Menurut implementasi *web grafis* untuk analisis *carrier to noise* rasio penerimaan data satelit inderaja (Hidayat, 2014), *carrier to noise* sistem dapat di tulis sebagai daya pancar satelit ditambah dengan penguatan terhadap derau dikurangi rugi rugi dikurangi konstanta *boltman* dan *banwidth* total dalam bentuk logaritmik.

$$\frac{C}{N} = EIRP + G/T - Lfs - L - K - B \dots\dots\dots(6)$$

$$G/T = C/N - EIRP - G/T + Lfs + K + B \dots\dots\dots(7)$$



**Gambar 7.** Kebutuhan C/N untuk setiap elevasi

Semua nilai diatas dalam bentuk logaritmik. Sehingga dapat dilihat pada **Gambar 7** nilai C/N dari elevasi 3 derajat sampai dengan elevasi 90 Derajat. Apabila dilihat pada grafik tersebut nilai G/T minimal adalah 31 dB/K dengan elevasi 32 Derajat.

**Tabel 4.** Parameter Penerimaan Satelit Untuk Elevasi 3 Derajat

Downlink (Satellite to station)	Satuan	Pleaiades 1	Pleaiades 2	Pleaiades 3	TerraSARX
C/N Requirement di Demodulator	dB	8.9	8.9	8.9	15.0
EIRP	(dBW)	15.3	15.3	15.3	23.0
Margin	(dB)	2.0	2.0	2.0	2.0
Bolzmant	dB	228.6	228.6	228.6	228.6
Free Space Losses	(dB)	-178.8	-178.9	-179.0	-178.6
Bandwidth (B)	dB	86.0206	86.0206	86.0206	86.0206
G/T	dB	31.8	31.9	32.0	30.0

#### 4. KESIMPULAN

Apabila dilihat dari analisis di bab 3 dan perhitungan awal di bab 2 dapat kita ambil kesimpulan bahwa kebutuhan antenna untuk mendukung penerimaan data satelit Pleiades dan TerraSAR-X adalah minimum 32 dB/K pada elevasi 3 derajat. Pada saat penerimaan data C/N yang ada di demodulator adalah 8.9 dB dan 15 dB. Untuk dapat membuktikan kesimpulan ini diperlukan pengukuran C/N di penerima saat 3 derajat sebagai referensi.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Kepala Stasiun Bumi Penginderaan Jauh dan Kasubag Tata Usaha Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Parepare atas dukungan dalam penelitian.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Clinton, E., Jaunzamis, A., Maltis, C., Wang, F. (2017). Xband Communication, diunduh 15 September 2017 dari <http://propagation.ece.gatech.edu/ECE6390/project/Sum2015/team5/x-band-communication.html>
- Eoportat. (2017). Pleiades-HR (High-Resolution Optical Imaging Constellation of CNES), diunduh 15 September 2017 dari <https://eoportal.org/web/eoportat/satellite-missions/p/pleiades>.
- Eoportat. (2017). TSX (TerraSAR-X) Mission, diunduh 15 September 2017 dari <https://eoportal.org/web/eoportat/satellite-missions/p/pleiades>.
- Haykin, S. (2007), *Communication System 4 Edition*. John Wiley And Sons, New York.
- Hidayat, A., Ardiansyah., Ramadhan, P. R., dan Munawar, S. T. A. (2014). Desain dan Implementasi Sistem Pakar Analisis Performansi Antena Seaspace Axyom 5.1 Berbasis Web. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 12 (20), 154-162.
- Hidayat, A. Munawar, S. T. A., Ramadhan, P. R., dan Setyasaputra, N. (2014)., *Analisis Carrier to Interference Transmisi Gelombang Mikrowave Link X Band dengan Downlink Satelit Penginderaan Jauh*. Paper presented at the Seminar Nasional Inderaja:LAPAN, Bogor, Indonesia
- Hidayat, A., Munawar, S.T.A., Hadiyanto, A. L., dan Ramadhan, P. R. (2014), *Calibration Directions Antenna Method Sun Pointing At Antena 3 Axis*, Paper presented at the Seminar Nasional Inderaja:LAPAN, Bogor, Indonesia.
- Hidayat, A., Munawar, S.T.A, Suprijanto, A., Setyasaputra, N. (2014). *Integration System for Receiving and Recording NPP Satellite Data at Remote Sensing Ground Station*. Paper presented at the Makassar International Conference on Electrical Engineering and Informatics (MICEEI) IEEE:UNHAS, 26-30 November 2014, Makassar, Indonesia.
- Hidayat, A., Munawar, S.T.A, Syarif, S., Andani, A. (2017). *LEO Antenna Ground Station Analysis Using Fast Fourier Transform*, Paper presentend at The 7 th International Anual engineering Seminar (IEEE: UGM), 1-2 Agustus, Yogyakarta, Indonesia.
- Hidayat, A. (2006). *Pemodelan Perencanaan Jaringan Wimax Untuk Daerah Urban dan Sub Urban*. Tugas Akhir, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom (STTTelkom) Bandung.
- Judianto, C.T. (2012). Analisis Potensi Stasiun Bumi Sateli LAPAN-TUBSAT Kototabang Untuk Pengawasan Jalur Strategis Selat Malaka. *Jurnal Teknologi Dirgantara Vol. 10 No. 1 Juni 2012 : 13-23*
- KlÜgel, T. (2014). *Earth and space observation at the German Antarctic Receiving Station O'Higgins*. electronic Publication Information Center, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (AWI), Bremerhaven, Germani
- R. Metzsig, E. Diedrich, R. Reissig, M. Schwinger, F. Riffel, H. Henniger, B. Schättler. (2011). *The tanDEM-X Ground Station Network*. Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2011 IEEE International 24-29 July 2011, Vancouver, BC, Canada
- Thales. (2012). 8 PSK Data Downlink Subsystem, diunduh 17 September 2017 dari <https://www.thalesgroup.com/>
- UK space Agency. (2017). *Scfg X Band Database* diunduh dari <https://www.ofcom.org.uk>