

ANALISIS POTENSI STASIUN BUMI SATELIT LAPAN-TUBSAT KOTOTABANG UNTUK PENGAWASAN JALUR STRATEGIS SELAT MALAKA (THE POTENTIAL ANALYSIS OF LAPAN-TUBSAT SATELLITE GROUND STATION (KOTOTABANG) FOR OBSERVING THE STRATEGIC CHANNEL OF MALACCA STRAIT)

Chusnul Tri Judianto
Peneliti Pusat Teknologi Satelit, LAPAN
e-mail: youdianto@yahoo.com

ABSTRACT

LAPAN-TUBSAT is the first generation of LAPAN satellite program which is developed by technology collaboration between LAPAN and TU Berlin, German. As a surveillance satellite, LAPAN-TUBSAT has ability to observe the earth surface until 5 meter ground resolution by using analog video camera. Utilization of this satellite to observe the strategic location entire Indonesia in real time has not been done thoroughly. Therefore the technical upgrading of the Ground Station in strategic areas such as border areas, the National/International cruise line and National vital objects should be improved. One of the strategic areas of Indonesia is the region of Malacca Strait which is the area of International shipping waterway and border of 4 countries; Indonesia, Malaysia, Singapura and Thailand. Until now, to observe the Malacca region was performed using Rancabungur/Rumpin ground station that have minimum coverage area.

The Kototabang ground station is one of the strategic ground stations that cover the entire of Malacca regions which needs to be improved in maintenance and technical operation level. The potential value of Kototabang ground station will be elaborated technically in this paper.

Keywords: *Kototabang ground station, LAPAN-TUBSAT*

ABSTRAK

Satelit LAPAN-TUBSAT merupakan satelit generasi pertama yang dikembangkan oleh LAPAN bekerjasama dengan TU-Berlin Jerman. Satelit ini mampu melakukan pengamatan (*surveillance*) permukaan bumi hingga resolusi 5 meter dengan menggunakan video kamera analog. Pemanfaatan fungsi *surveillance* satelit LAPAN-TUBSAT ini untuk pengamatan seluruh wilayah strategis Negara Indonesia secara *real time* belum maksimal dilakukan sejak beroperasi tahun 2007. Oleh karena itu peningkatan kemampuan teknis stasiun bumi di wilayah strategis seperti wilayah perbatasan, jalur pelayaran nasional/internasional, dan obyek vital nasional tersebut harus terus ditingkatkan. Salah satu wilayah strategis bagi negara Indonesia adalah wilayah selat Malaka yang merupakan wilayah perbatasan dan jalur perairan lintas perkapalan internasional yang membatasi wilayah 4 negara; Indonesia, Malaysia, Singapura dan Thailand. Saat ini untuk melakukan pengamatan daerah Selat Malaka masih dilakukan dengan menggunakan stasiun bumi yang berada di Rancabungur/Rumpin yang area cakupannya belum maksimal karena berada jauh di Selatan wilayah Indonesia.

Stasiun bumi Kototabang adalah salah satu stasiun bumi strategis yang area cakupannya melingkupi wilayah selat Malaka, yang perlu diperhatikan dan dilakukan peningkatan kemampuan teknis operasinya. Dalam tulisan ini akan dibahas secara teknis potensi stasiun bumi Kototabang untuk pengawasan wilayah strategis selat Malaka tersebut.

Kata Kunci: *Stasiun bumi Kototabang, LAPAN-TUBSAT*

1 PENDAHULUAN

Pada masa awal mulai beroperasi sejak diluncurkan pada awal 2007, kendali dan operasi satelit LAPAN-TUBSAT dilakukan menggunakan dua stasiun bumi untuk wilayah barat yaitu stasiun bumi Rumpin dan Rancabungur. Posisi kedua stasiun bumi tersebut berada di bagian selatan khatulistiwa yang mempunyai keterbatasan untuk pengamatan daerah di Utara khatulistiwa. Untuk perluasan jangkauan observasi di wilayah Indonesia dengan satelit LAPAN-TUBSAT, sejak tahun 2008, LAPAN mengembangkan fasilitas stasiun bumi yang berlokasi di Kototabang, Sumatera Barat.

Posisinya yang dekat dengan khatulistiwa menghilangkan keterbatasan yang ada untuk pengamatan di wilayah utara maupun selatan khatulistiwa. Salah satu wilayah penting, yang merupakan bagian dari wilayah Indonesia yang harus selalu dalam pantauan, adalah wilayah sepanjang selat Malaka. Wilayah yang menjadi kepemilikan 4 negara yaitu Indonesia, Malaysia, Singapura dan Thailand ini adalah wilayah perbatasan negara dengan tingkat kesibukan pelayaran perkapalan yang sangat tinggi, karena menjadi jalur pintu masuk perkapalan ke Indonesia. Dengan kemampuan satelit LAPAN-TUBSAT sebagai satelit *Surveillance*, observasi wilayah ini dapat dilakukan 4 kali setiap harinya siang dan malam hari sesuai orbit polar yang dilewatinya.

Disamping peningkatan kemampuan stasiun bumi yang dibangun hampir diseluruh lokasi strategis di wilayah Indonesia seperti yang dilakukan

di Kototabang untuk pengawasan wilayah perbatasan Selat Malaka dan sekitarnya, juga dilakukan peningkatan kemampuan satelit LAPAN untuk observasi bumi (*surveillance*). Pengembangan lanjut sistem satelit untuk pengamatan muka bumi ini adalah dengan dibangunnya satelit *surveillance* generasi baru yaitu satelit LAPAN-A2 dengan melakukan peningkatan kemampuan sistem kamera yang memiliki resolusi kamera 6 m (*ground resolution*) dan lebar sapuan (*swath width*) ditingkatkan menjadi 12 km dan menambah kemampuan untuk deteksi kapal dengan sistem *Automatic Identification System* (AIS), juga membangun komunikasi amatir dengan sistem *Automatic Packet Relay System* (APRS). Sejalan dengan itu, dibangun juga satelit LAPAN-A3 yang merupakan satelit *imager* generasi pertama yang dibangun di Indonesia. Dengan demikian, nantinya untuk observasi muka bumi Indonesia akan dilakukan oleh konstelasi satelit LAPAN yang terdiri dari dua buah satelit *surveillance*, LAPAN-TUBSAT dan LAPAN-A2 yang berotasi pada orbit *polar* dan *near equatorial* serta satelit *imager* LAPAN-A3.

2 SISTEM MUATAN KAMERA SATELIT LAPAN-TUBSAT

Sistem muatan kamera satelit LAPAN-TUBSAT yang telah diluncurkan ini terdiri dari dua sistem yaitu:

- **Camera Sony :**

CCD with color splitter prism; Effective Picture Element : 752 x 582; swath 3.5 km; resolusi permukaan (*ground*

resolution) 5 m; focal length 1000 mm Casegrain lens.

• **Camera Kappa;**

Color CCD; Effective Picture Element: 752 x 582; swath 81 km; resolusi permukaan (ground resolution) 200 m; focal length 50 mm.

Dua buah kamera yang digunakan adalah jenis kamera *Sony Color Video Camera DXC-990P*. DXC 990P merupakan video camera analog, yang memiliki 3 buah chip CCD dengan prisma beam splitter sebagai filter warna dan Exwave HAD teknologi yang dapat meningkatkan ketajaman sinyal gambar video. CCD chip ini mempunyai area pixel aktif 752x582, yang dengan menggunakan lensa 1000 mm, dapat dihasilkan resolusi gambar permukaan hingga 5 meter dengan swath 3,5 km. Kebutuhan daya kamera ini hanya 7,6 watt pada tegangan 12 Volt dengan besar arus listrik 0,66 Ampere. Sementara kamera yang digunakan untuk melakukan pengamatan yang lebih luas (*wide angle*) sebagai acuan awal dalam operasi pengambilan gambar suatu target, digunakan kamera Kappa dengan format PAL jenis CF142 yang merupakan kamera video analog dengan memiliki 1 chip CCD color filter dan Exview HAD CCD yang mampu memperbaiki sinyal videonya. CCD chips tersebut memiliki area active pixel 752x582 yang dengan dengan focal length 50 mm dapat menghasilkan ground resolution 200 m dan swath 81 km. Mode operasi kamera tersebut adalah *all auto mode* (*gain, white balance dan shutter speed*) dengan konsumsi daya sebesar 3 Watt pada tegangan 12 Volt.

Metode operasi pengambilan gambar yang dilakukan adalah dengan menggunakan kamera kappa, sebagai referensi yang akan mengambil gambar video dari sudut pandang yang sangat

luas, sehingga sebagai acuan untuk melihat posisi horizon bumi. Posisi horizon bumi inilah yang menjadi acuan awal dalam menentukan posisi sumbu satelit baik sumbu X, Y dan Z terhadap bumi sehingga selanjutnya akan mampu menentukan target daerah tertentu yang akan direkam gambarnya sesuai jalur lintasan satelit tersebut. Pengambilan gambar video daerah tertentu dilakukan secara *real time*, sehingga dalam operasinya satelit ini membawa misi pengawasan dan pengamatan permukaan bumi (*surveillance*). Oleh karena itu disebut sebagai satelit untuk survey permukaan bumi (*surveillance satellite*).

3 JALUR STRATEGIS SELAT MALAKA

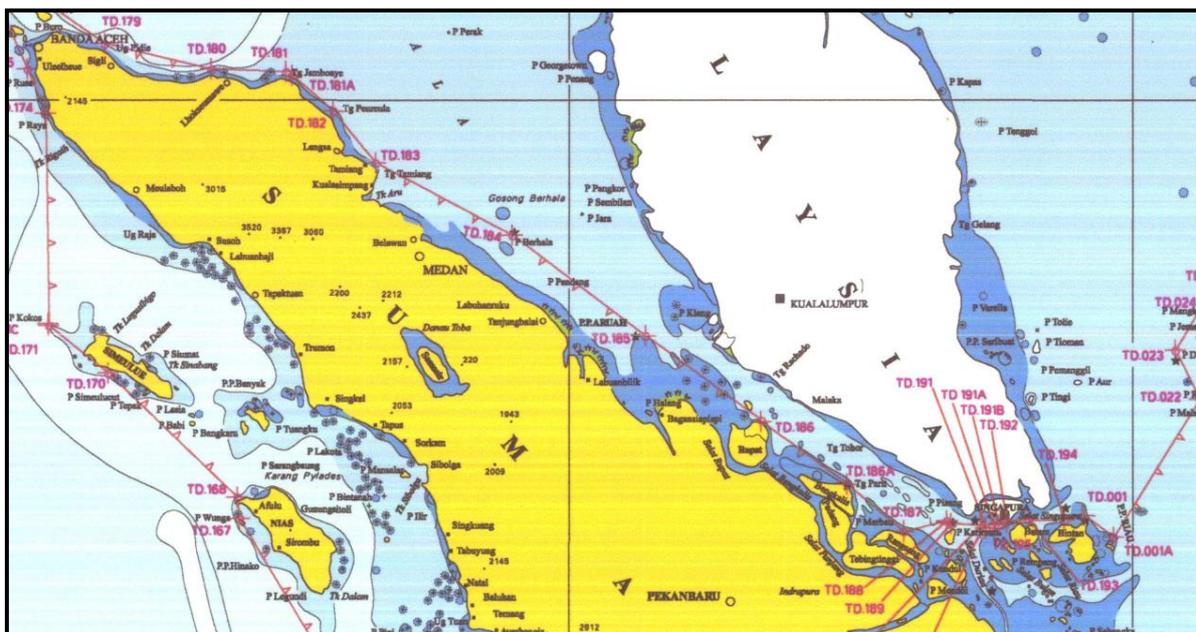
Selat Malaka merupakan sebuah selat yang terletak diantara Thailand, Malaysia, Singapura dan Pulau Sumatera (Indonesia). Dari segi ekonomi dan posisi strategis, Selat Malaka merupakan salah satu jalur pelayaran terpenting di dunia, sama pentingnya seperti Terusan Suez atau Terusan Panama. Selat Malaka membentuk jalur pelayaran terusan antara Samudra Hindia dan Samudera Pasifik serta menghubungkan tiga dari negara-negara dengan jumlah penduduk terbesar di dunia yaitu India, Indonesia dan Republik Rakyat Cina.

Setiap tahun, lebih dari 60.000 (sumber:<http://www.marine.gov.my/misc/indexstat.htm>, dan Mokhzani Zubir, *The Strategic Value of The Strait of Malacca*) kapal melewati Selat Malaka membawa berbagai muatan dari minyak mentah sampai produk jadi dari seluruh dunia. Jumlah ini hampir tiga kali jumlah kapal yang berlayar melalui terusan Panama dan lebih dari dua kali lipat jumlah kapal yang melalui Terusan Suez. Selat yang menghubungkan Samudera Hindia ke Laut Cina Selatan dan Samudera Pasifik tersebut adalah salah

satu jalan raya laut tersibuk di dunia. Sepertiga dari perdagangan dunia melalui selat tersebut, sehingga disebut sebagai salah satu arteri ekonomi dunia. Dikarenakan pentingnya selat Malaka bagi masyarakat dunia, maka dalam hal keamanan laut, jalur utama perdagangan ini menjadi sangat penting untuk dijaga keamanannya agar selalu dapat memfasilitasi kebutuhan perdagangan dunia. Semua faktor tersebut menyebabkan kawasan itu menjadi sebuah target pembajakan dan kemungkinan target kejahatan internasional. Bagi Indonesia, selat Malaka disamping penting untuk pelayaran perdagangan, transportasi antar pulau, juga merupakan batas negara dengan beberapa negara tetangga seperti Malaysia, Singapura dan Thailand yang harus terus dijaga keamanannya demi keutuhan Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI).

Pengawasan daerah perbatasan, khususnya wilayah selat Malaka, saat ini telah dilakukan secara ketat oleh beberapa instansi terkait seperti

Bakorkamla, Angkatan Laut, Angkatan Udara, Kementerian Kelautan dan Perikanan juga Perhubungan dengan menggunakan armada kapal, sistem radar pantai dengan jangkauan 25 – 90 nm, sistem LRC (*Long Range Camera*) dengan jangkauan ≤ 15 nm, *Automatic Identification System* (AIS) yang mencapai ≥ 50 nm dan dipantau dari pusat stasiun pengamat di Pantai Pulau Batam yang terintegrasi dengan seluruh radar yang dipasang disepanjang pantai selat Malaka dan pantai timur Sumatera (sumber: Pusat Komando dan Pengendalian Gugus Keamanan Laut Armada RI Kawasan Barat-Batam). Dengan adanya keterbatasan jangkauan pengawasan tersebut, dengan menambah perangkat pengawasan, menggunakan satelit LAPAN-TUBSAT, maka akan semakin luas area pengawasannya (sumber: Laporan Pokja ISS- Kementerian Kelautan dan Perikanan – 17 November 2011). Posisi strategis selat Malaka ini dapat dilihat pada Gambar 3-1.



Gambar 3-1: Posisi Strategis Selat Malaka

4 ANALISIS SISTEM DAN POSISI STASIUN BUMI KOTOTABANG

Saat ini stasiun bumi satelit LAPAN-TUBSAT yang dibangun di Kototabang sejak tahun 2008, telah dioperasikan untuk melakukan kendali dan penerimaan data video *surveillance* satelit LAPAN-TUBSAT. Sistem stasiun bumi sederhana dengan antena yang diletakkan pada ketinggian 5 meter dari atas gedung SPD Kototabang untuk menopang sistem antena UHF dan S-band yang digunakan untuk proses kendali dan penerimaan data video satelit LAPAN-TUBSAT. Stasiun bumi kendali dan penerima data satelit LAPAN-TUBSAT ini dibangun agar dapat menjangkau wilayah sebelah utara pulau Sumatera. Secara teknis spesifikasi sistem stasiun bumi Kototabang ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

4.1 Sistem Antena

<i>Antenna Parabolic</i>	: 1.8 meter <i>prime focus</i>
<i>Feed</i>	: <i>Helical</i> LHCP 2.1 – 2.7 GHz
<i>F/D Ration</i>	: 0.38
<i>Focal Length</i>	: 68.2 cm
<i>Antenna Gain</i>	: 30.21 dBi pada Frekuensi 2.22 GHz
<i>UHF antenna</i>	: 2X18 <i>Element</i> , dengan <i>Gain</i> 14 dBi
<i>Power TX max</i>	: 20 dB (100 Watt)
<i>Tinggi Tower</i>	: 5 meter
<i>Posisi</i>	: Lat: 00° 12.218' S dan Lon: 100° 19.109' E
<i>Altitude</i>	: 849 meter (FSL)

Stasiun bumi sederhana ini dibangun di atas bukit Kototabang pada ketinggian 849 meter dari permukaan laut (FSL) dan berada tepat di garis ekuator. Kondisi stasiun bumi Kototabang ini dapat dilihat pada Gambar 4-1.

4.2 Kuat Penerimaan Daya Sinyal S Band

Untuk mengetahui kualitas penerimaan data video satelit LAPAN-TUBSAT di stasiun bumi Kototabang, maka perlu dihitung besarnya daya yang diterima dari satelit. Besar daya yang diterima ini menunjukkan keandalan (*performance*) sistem stasiun bumi secara keseluruhan untuk disiapkan dalam penerimaan data satelit. Perangkat penerima gambar (*Receiver*) satelit LAPAN-TUBSAT memiliki sensitivitas penerimaan antara -90 hingga -40 dBm (*threshold*). Kuat sinyal yang diterima harus berada pada rentang kuat sinyal tersebut. Penghitungan besar daya yang diterima pada stasiun bumi Kototabang untuk frekuensi S band (2220 MHz) dapat dihitung sebagai berikut:

Daya yang diterima oleh antena dengan luas area *aperture* efektif $A_e(m^2)$ pada jarak $R(m)$ dari sumber daya adalah:

$$P_r = P_t G_t A_e / 4\pi R^2 \text{ Watts} \quad (4-1)$$

Sehingga daya yang diterima oleh stasiun bumi hanya bergantung pada EIRP satelit, luas area efektif *aperture* antena dan jarak R (meter).

Gain dan luas area efektif *aperture* antena penerima juga berkaitan dengan

$$\begin{aligned} G/A_e &= 4\pi/\lambda^2 \\ A_e &= (\lambda^2/4\pi)G_r \\ P_r &= (P_t G_t) G_r (\lambda/4\pi R)^2 \\ &= \text{EIRPs} + G_r - \text{Path Loss} \\ &= \text{EIRPs} + G_r - [32.5 + 20 \log R \\ &\quad (\text{km}) + 20 \log F (\text{MHz})] \end{aligned} \quad (4-2)$$

Keterangan:

P_t	: <i>Power transmit</i> satelit (dBm)
G_t	: <i>Gain</i> antena satelit (dB)
P_r	: Daya pada <i>output</i> LNA (dBm)
EIRPs	: <i>Effective Isotropic Radiated Power</i> satelit (dBm)
G_r	: <i>Gain</i> antena stasiun bumi (dB)
L_{FS}	: <i>Free space loss</i> (dB)

Parameter satelit dan ruas bumi yang digunakan untuk penghitungan nilai besaran daya yang dapat diterima oleh stasiun bumi dapat dilihat pada Tabel 4-1.



Gambar 4-1: Stasiun Bumi Kototabang

Tabel 4-1: PARAMETER DOWN LINK

PARAMETER	NILAI	UNIT
Frequency	2220	MHz
Satellite Transmit Power	4,8	dB
Gain Antenna (Tx) – satelit	8,5	dBi
EIRP – satelit	13,27	dB
Gain Antena Penerima (G/S - Rx)	29,21	dB

Oleh karena satelit bergerak pada orbit LEO, maka akan terjadi perubahan penerimaan sinyal sesuai jarak (km) yang terjadi antara satelit dan stasiun bumi. Untuk itu, perlu dihitung daya penerimaan pada berbagai sudut elevasi antena dengan rugi *free space loss* yang berbeda. Dengan mengubah sudut elevasi antena terhadap satelit, maka akan terjadi perubahan rugi *free space loss*, dimana semakin rendah elevasi atau semakin jauh jarak satelit maka semakin besar nilai rugi-rugi daya yang dialami. Perhitungan dilakukan dengan interval 5° mulai dari sudut elevasi 0° sampai 90°. Hasil perhitungan nilai FSL sesuai perubahan sudut elevasi antena diberikan pada Gambar 4-2, sedangkan hasil perhitungan nilai jarak *Slant Range* stasiun bumi terhadap satelit sesuai perubahan sudut elevasi diberikan pada Gambar 4-3.

Rugi-rugi ruang bebas (*Free Space Loss*) didefinisikan sebagai hambatan daya sinyal diantara dua antena isotropic (P_t/P_r). Dengan membuat *gain* antena penerima (G_r) dan antena pemancar (G_t) sama dengan 1, maka diperoleh:

Free Space path loss P_t/P_r

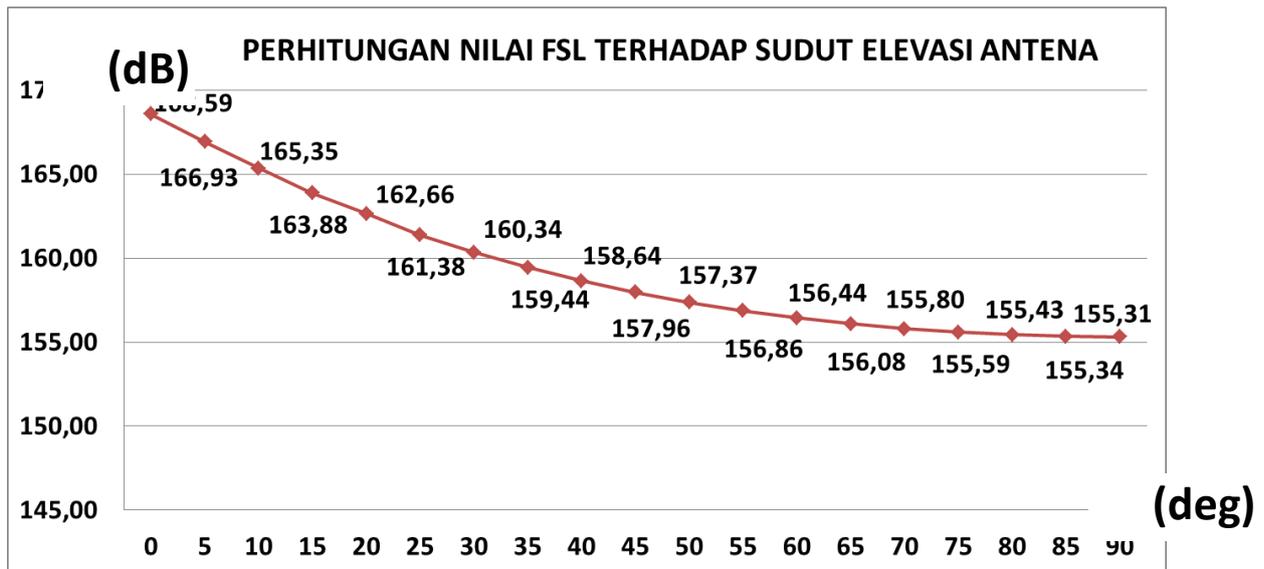
$$\begin{aligned}
 L_{FS} \text{ (dB)} &= 10 \log (4\pi R/\lambda)^2 \\
 &= 20 \log (4\pi R/\lambda) \\
 &= 22 + 20 \log (R/\lambda) \\
 &= 22 + 20 \log R - 20 \log \lambda \\
 &= 22 + 60 + 20 \log R - 20 \log C + 20 \log F \\
 &= 22 + 60 + 20 \log R \text{ (km)} - 169,5 \\
 &\quad + 120 + 20 \log F \text{ (MHz)} \\
 &= \mathbf{32,5 + 20 \log R \text{ (km)} + 20 \log F \text{ (MHz)}} \quad (4-3)
 \end{aligned}$$

Keterangan:

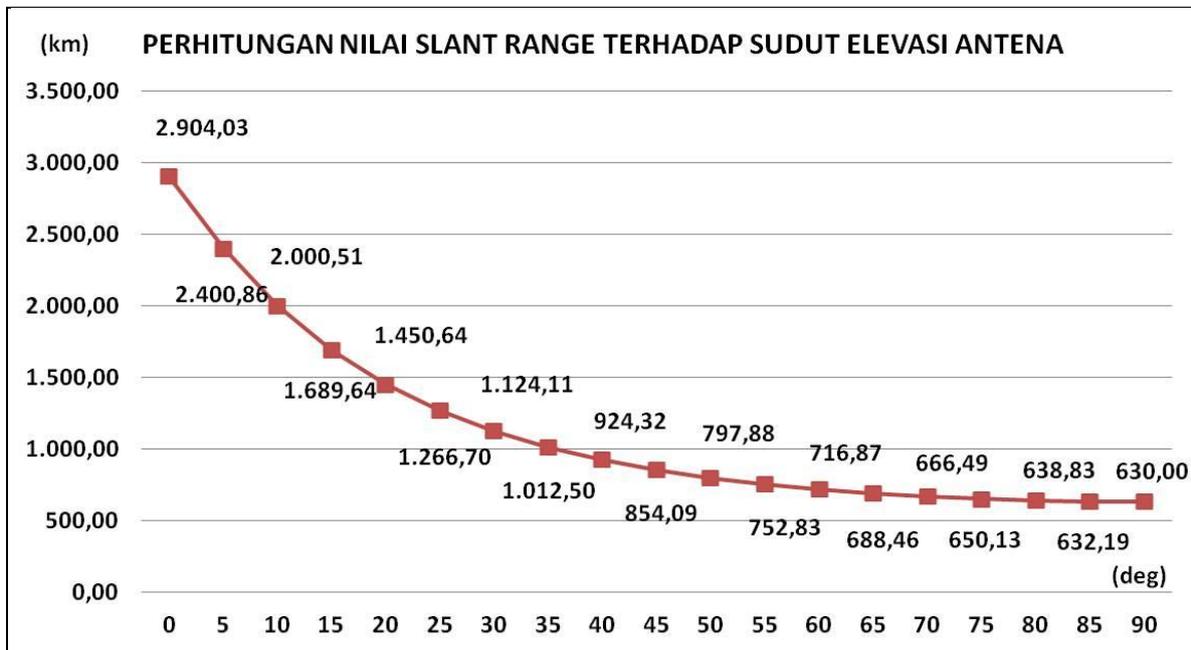
- L_{FS} : *Free space loss* (dB)
- F : Frekuensi yang digunakan (MHz)
- R : *Slant Range* (km)

Contoh penghitungan besar nilai FSL pada elevasi antena 20° dengan nilai *Slant Rangenya* adalah 1450,64 km dapat dihitung sesuai persamaan (4-3) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 FSL &= 32,5 + 20 \log R \text{ (km)} + 20 \log F \text{ (MHz)} \\
 &= 32,5 + 20 \log (1450) + 20 \log 2220 \\
 &= 32,5 + 63,227 + 66,927 \\
 &= \mathbf{162,66} \quad \mathbf{dB}
 \end{aligned}$$



Gambar 4-2: Hasil perhitungan nilai FSL sesuai perubahan sudut elevasi antenna



Gambar 4-3: Hasil perhitungan nilai *slant range* sesuai perubahan sudut elevasi antenna

Slant Range (D), yang merupakan jarak antara satelit terhadap *subsatellite point* dipermukaan bumi, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$D = RE (\sin \lambda / \sin \eta) \tag{4-4}$$

Keterangan:

RE : *Radius of Earth* (km) = 6378,14 km

λ : *Earth central angle* (deg)

η : *Nadir Angle*

Dari hasil perhitungan semua parameter tersebut di atas, maka dapat dihitung besar nilai daya yang diterima (*power*) pada *output* LNA sistem ruas bumi. Penghitungan level daya tersebut dapat dilakukan menggunakan persamaan (4-2) sebagai berikut:

Untuk penghitungan daya yang diterima pada *output receiver* stasiun bumi pada elevasi 20° adalah:

$$P_r = (P_t G_t) G_r (\lambda / 4\pi R)^2$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{EIRPs} + G_r - \text{Path Loss} \\
 &= \text{EIRPs} + G_r - [32.5 + 20 \log R \text{ (km)} + \\
 &\quad 20 \log F \text{ (MHz)}] \\
 &= 13 + (29,21+30) - 162,66 \\
 &= 13 + (59,21 - 162,66) \\
 &= 13 + (-103,45) \\
 &= -90,45 \text{ dB} \\
 &= \mathbf{-60,45 \text{ dBm}}
 \end{aligned}$$

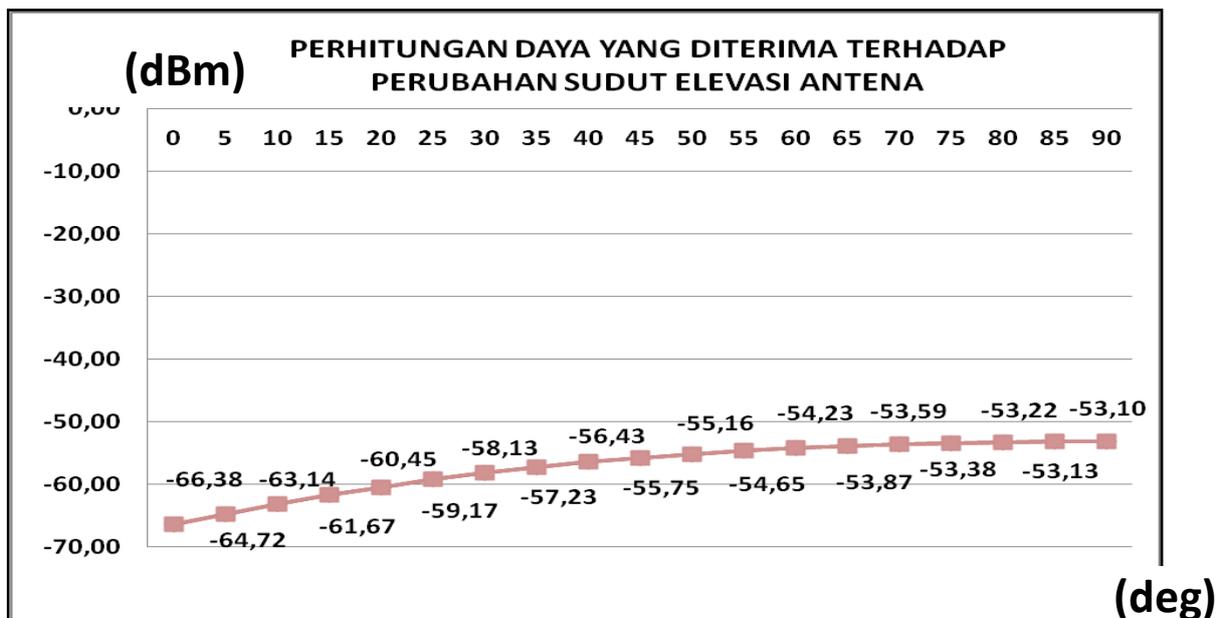
Hasil perhitungan besar daya yang diterima pada *output* penerima (*receiver*) stasiun bumi untuk sudut elevasi tertentu dapat dilihat pada Gambar 4-4.

Dari data perhitungan yang diperoleh, dapat diamati bahwa penerimaan kuat sinyal pada *receiver* S band (BURS11) berkisar antara -68,38 dBm sampai dengan - 55,10 dBm. Hal ini sudah sangat baik untuk menerima data video dari satelit LAPAN-TUBSAT karena *output* level (nominal) *receiver* adalah -90 s/d -40 dBm sehingga masuk dalam rentang level sinyal yang dipersyaratkan. Hal ini memperlihatkan posisi stasiun bumi Kototabang yang berada pada ketinggian 849 FSL dan pada koordinat Lat: 00° 12.218' S dan Lon: 100° 19.109' E sangat tepat untuk

penempatan stasiun bumi dalam melakukan operasi satelit LAPAN-TUBSAT dan posisi koordinatnya yang mencakup wilayah selat Malaka.

4.3 Posisi Strategis Stasiun Bumi Kototabang

Stasiun Bumi Kototabang terletak pada koordinat 100°22'32" BT dan 0°15'53" LS diatas bukit Kototabang yang sangat strategis untuk mencakup wilayah seluruh Sumatera, terutama daerah utara hingga wilayah Thailand, dengan luas cakupan sinyal komunikasi hingga 2400 km (pada elevasi 5°). Sedangkan lebar cakupan sinyal S-band untuk penangkapan gambar video analog hingga 3,5 Km (*Swath Width*). Dengan waktu lintasan satelit hingga 4 kali setiap harinya, maka sangat membantu dalam pengawasan dan observasi daerah utara Sumatera, khususnya daerah selat Malaka yang merupakan daerah perairan paling penting di Asia Tenggara karena merupakan bagian dari 4 negara (Indonesia, Malaysia, Singapura dan Thailand).



Gambar 4-4: Hasil perhitungan daya (*power receive*) terhadap perubahan sudut elevasi antena

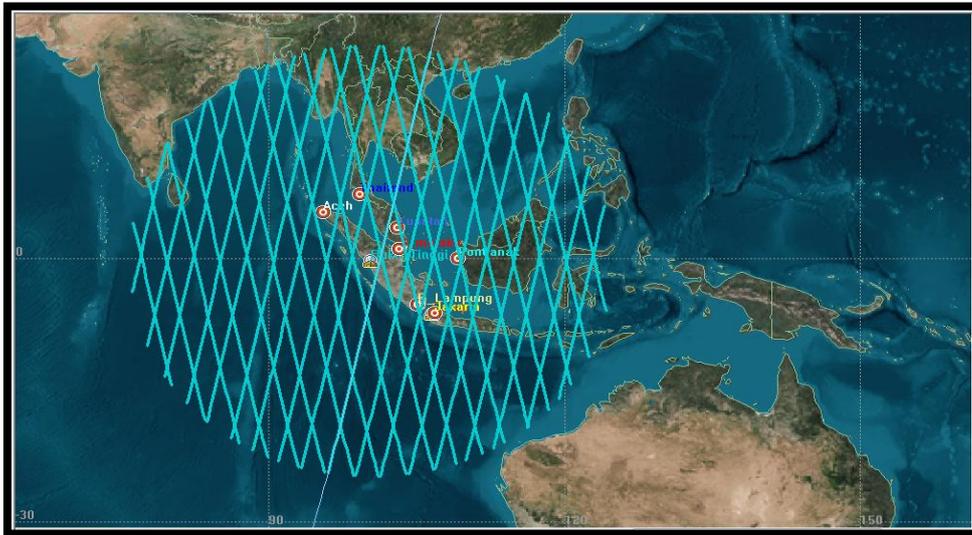
Penempatan posisi sebuah stasiun bumi diperhitungkan terhadap posisi dari daerah yang akan menjadi target. Hal ini disebabkan arah kamera dari satelit sekaligus juga merupakan arah pancaran sinyal S-Band. Posisi target yang berlawanan dengan posisi stasiun bumi menyebabkan pancaran sinyal s-band menjauhi posisi stasiun bumi. Karena itu, posisi stasiun bumi diusahakan sedemikian rupa sehingga ketika satelit melakukan pengambilan gambar di daerah target, stasiun bumi tidak kehilangan sinyal.

Dengan menggunakan program simulasi STK, area kehilangan sinyal pada saat satelit diarahkan menuju target dengan arah menjauhi stasiun bumi dapat dihitung. Dalam simulasi yang dilakukan, dibandingkan perbedaan kondisi antara dua stasiun bumi di wilayah barat. Hasilnya ditemukan bahwa untuk stasiun bumi di pulau Jawa ditemukan adanya area kehilangan sinyal pada saat pengambilan gambar di wilayah utara pulau Sumatera. Hal ini disebabkan pengarahannya kamera pada target di wilayah tersebut akan juga menjauhkan antena s-band dari stasiun di pulau Jawa. Tetapi masalah ini tidak ditemukan apabila stasiun berada di pulau Sumatera.

Hasil simulasi luas cakupan stasiun bumi Kototabang untuk cakupan sinyal komunikasi (kendali) UHF daerah Banda Aceh dan seluruh wilayah Sumatera dapat dilihat pada Gambar 4-5. Target pada simulasi pertama adalah daerah Banda Aceh. Dalam cakupan stasiun bumi Kototabang, seluruh wilayah selat Malaka hingga negara tetangga dapat tercakupi baik cakupan sinyal komunikasi UHF maupun sinyal S Band untuk penerimaan gambar video analognya. Sedangkan luas cakupan stasiun Kototabang yang dibandingkan

dengan cakupan stasiun bumi di pulau Jawa (Rumpin/Rancabungur) dapat dilihat pada Gambar 4-6. Area cakupan berwarna biru adalah daerah yang hanya dapat dicakupi oleh stasiun bumi Kototabang. Sedangkan area cakupan berwarna coklat adalah daerah cakupan stasiun bumi yang berada di pulau Jawa (Rumpin/Rancabungur). Simulasi ini menggunakan besar sudut elevasi 0° untuk cakupan sinyal komunikasi radio (kendali) satelit pada frekuensi UHF 437.325 MHz dengan lebar cakupan 5808 km (*slant range* pada elevasi $0^\circ=2904$ km). Sedangkan bila mengamati cakupan sinyal S Band hanya sekitar 727 km pada posisi *nadir pointing* dengan *beam width* antena S band satelit 70° .

Oleh karena itu, pengambilan gambar wilayah tertentu pada kontur terluar dari area cakupan sinyal, akan mendapatkan sinyal komunikasi sangat lemah sehingga sulit untuk melakukan komunikasi dengan satelit dan gambar yang diterima berada dalam posisi miring (*skew*). Hal ini terjadi bila pengambilan gambar daerah Aceh dan selat Malaka diambil dari stasiun bumi yang berada jauh di selatan ekuator (pulau Jawa) karena pada saat yang bersamaan wilayah Aceh dan selat Malaka berada pada kontur terluar area cakupan sinyal komunikasi satelit. Sehingga dengan memaksimalkan kinerja stasiun bumi Kototabang untuk mendapatkan data video *surveillance* daerah Aceh dan selat Malaka, maka ketidakmampuan stasiun bumi yang berada di pulau Jawa dapat diatasi. Peningkatan kinerja (*performance*) stasiun bumi Kototabang ini mencakup *maintenance* rutin, operasi stasiun bumi dan peningkatan kemampuan SDM.



Gambar 4-5: Luas cakupan stasiun bumi kototabang



Gambar 4-6: Perbandingan Area cakupan stasiun Bumi Kototabang dan stasiun Bumi Rumpin/Rancabungur



Gambar 4-7: Lokasi Stasiun bumi Satelit Lapan-Tubsat di puncak bukit Kototabang

Dengan demikian dapat disimpulkan dari simulasi di atas, bahwa keberadaan stasiun bumi di Kototabang dapat menutup area yang hilang karena kehilangan sinyal pada proses pengarahannya kamera ke daerah utara pulau Sumatera bila akses dilakukan dari stasiun bumi yang berada di daerah Jawa (Rancabungur dan Rumpin). Gambar 4-7 memperlihatkan posisi strategis stasiun bumi satelit LAPAN-TUBSAT di puncak bukit Kototabang.

5 KESIMPULAN

Dari pembahasan posisi strategis stasiun bumi satelit LAPAN-TUBSAT Kototabang yang dijelaskan di atas, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Lokasi strategis seperti selat Malaka yang sangat penting secara ekonomi, dan keamanan bagi negara RI harus selalu dalam pantauan baik dari darat, laut, udara juga antariksa.
- Stasiun bumi Kototabang dapat menjangkau area operasi satelit LAPAN-TUBSAT di sebelah Utara pulau Sumatera pada posisi *nadir pointing* dengan penerimaan sinyal yang tinggi yang tidak dapat dijangkau oleh stasiun bumi di pulau Jawa (Rancabungur maupun Rumpin).
- Kinerja stasiun bumi yang dibangun di Kototabang sudah sangat memadai untuk penerimaan sinyal video analog satelit LAPAN-TUBSAT antara -66.38 dBm s.d -53.10 dBm jauh dari level

daya minimal yang dipersyaratkan perangkat *video receiver* sebesar -90 dBm pada sudut elevasi antena yang berbeda.

- Modernisasi sistem stasiun bumi yang dibangun secara mandiri di Kototabang perlu dilakukan peningkatan kinerja dan keandalannya.
- Karena adanya halangan (*obstacle*) pegunungan Bukit Barisan, Gn. Merapi (2654m), Gn. Singgalang (2842m) dan Gn. Tandikat (2265m), elevasi antena minimum yang dapat dioperasikan untuk memperoleh sinyal satelit adalah 3° - 4° pada arah utara dan 2° pada arah selatan.

DAFTAR RUJUKAN

- Bonn Hungary Electronic Ltd, 2005. *BURS10 Indoor FM Receiver Video Receiver Operations Manual*, Budapest. (bonnh@bonn-hungary.hu).
- Chusnul Tri Judianto, Tri Meidiansyah, Unggul Satrio Yudhotomo, 2011. *Laporan Teknis Kegiatan Operasi stasiun Bumi satelit LAPAN-TUBSAT Kototabang Sumatera Barat 2008-2010*, Pusteksat, Bogor.
- James R. Wertz, Wiley J. Larson, 1999. *Space Mission Analysis and Design*, Microcosm Press, El Segundo CA.
- Triharjanto, R.H., Widipaminto, A, 2007. *Video Camera System on LAPAN-TUBSAT Micro-Satellite*, LAPAN, Indonesia, Asian Space Conference.