

# IMPLEMENTASI STASIUN BUMI TT & C SATELIT LAPAN-TUBSAT DI BIAK

Chusnul Trl Judlanto  
Peneliti Pusat Teknologi Elektronika Dirgantara, LAPAN

## ABSTRACT

LAPAN-TUBSAT as a satellite pioneer project established by LAPAN finally successfully launched on 10 January 2007. The usage of the main payload of the satellite especially can be used for capturing the surface of the globe. All data are captured by the camera in the video analog format and will be transmitted through s-band frequency in FM video modulation. For controlling the attitude and monitoring the health of the satellite, all data telemetry will be transmitted to the ground station on UHF frequency (437.325 MHz). The space craft control center for LAPAN-TUBSAT satellite has been established in Rumpin Bogor. This station will cover from west part until centre part of Indonesia's archipelago. Rumpin ground station situated on 6.22 Deg South and 106.37 Deg East. For covering entire part of Indonesia, it's planed to establish a new ground station in Biak Island Papua at 1.17 Deg South and 136.1 Deg East. Design until implementation of this ground station will be elaborated deeply in this paper.

Keywords : *LAPAN-TUBSAT, TT&C Ground Station*

## ABSTRAK

Satelit LAPAN-TUBSAT sebagai proyek unggulan LAPAN dan pertama di Indonesia, saat ini telah diluncurkan ke orbitnya tepatnya pada tanggal 10 Januari 2007. Manfaat utama dari satelit ini adalah, memiliki muatan berupa 2 buah kamera yang digunakan untuk mengambil gambar video permukaan bumi. Semua data yang diambil oleh kamera ini berupa format data video analog yang akan ditransmisikan ke stasiun bumi kontrol menggunakan frekuensi S band (2220 MHz) dengan modulasi FM video. Sedangkan untuk melakukan kontrol terhadap sikap (attitude) satelit dan memonitor data kesehatannya, semua data akan ditransmisikan ke stasiun bumi menggunakan frekuensi UHF (437,325 MHz). Pusat kontrol satelit LAPAN-TUBSAT saat ini telah dibangun di Rumpin, Bogor dan dapat mencakup setengah dari wilayah Indonesia dari barat hingga sebagian wilayah Indonesia bagian tengah. Stasiun bumi Rumpin ini terletak pada koordinat  $-6,22^{\circ}$  Lintang Selatan dan  $106,37^{\circ}$  Bujur Timur. Untuk mencakup seluruh wilayah Indonesia, maka dibangun stasiun bumi di Pulau Biak, Papua ( $1,17^{\circ}$  Lintang Selatan dan  $136,1^{\circ}$  Bujur Timur). Rancangan hingga implementasi Stasiun Bumi TT & C LAPAN-TUBSAT ini secara mendalam akan dijelaskan dalam tulisan ini.

Kata kunci: *LAPAN-TUBSAT, Stasiun Bumi TT & C*

## 1 PENDAHULUAN

Bila melihat kondisi nyata di lapangan dimana Indonesia yang terdiri dari 17.508 pulau dan sekira 6000 pulau tidak berpenghuni dengan total luas daratan sekira 191 juta  $\text{km}^2$  yang terkoneksi oleh lautan dengan luas lebih

dari 3 juta  $\text{km}^2$ , Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Kepulauan ini membentang lebih dari 1/10 bagian dari panjang khatulistiwa (*equator*) antara Asia Timur dan Australia. Kurang lebih 60% dari luas daratannya adalah hutan. Sehingga untuk melakukan monitoring yang

berkelanjutan terhadap kondisi ini maka pemanfaatan satelit dengan berbagai macam aplikasi menjadi sesuatu yang mutlak dan sangat dibutuhkan.

Untuk menghadapi tantangan strategis tersebut, telah ditetapkan program pengembangan teknologi satelit yang dimulai dengan pengembangan teknologi satelit mikro. Dipilihnya pengembangan teknologi satelit mikro sebagai awal dari pengembangan teknologi satelit secara keseluruhan didasarkan pada beberapa faktor, yaitu sarat dengan teknologi maju, alih teknologi yang lebih mudah, kemampuan membawa muatan misi operasional, biaya peluncuran relatif murah dengan cara *piggy back*, produksi satelit-mikro dilakukan dengan fasilitas lebih sederhana, waktu lebih cepat dan biaya lebih murah dibanding kelas satelit yang lebih besar, peluang kerja sama dengan negara maju lebih besar, telah digunakan pada program penelitian dan operasional oleh pemerintah, swasta dan perguruan tinggi di negara-negara maju.

Realisasi dari rencana strategis ini adalah telah diluncurkannya satelit mikro yang diberi nama LAPAN-TUBSAT hasil kerja sama LAPAN dengan TU Berlin. Satelit dengan kemampuan *surveillance* dengan memanfaatkan kamera 1000 mm dan 50 mm untuk mengambil data gambar video kondisi permukaan bumi ini, diluncurkan ke orbitnya dengan memanfaatkan fasilitas peluncuran yang dimiliki India yaitu roket PSLV C-7. Data video ini dengan menggunakan frekuensi

5 band akan ditransmisikan ke stasiun bumi secara *real time*, sedangkan data telemetri yang berisi data kesehatan satelit dan digunakan sebagai dasar untuk melakukan *maneuver* tertentu untuk menjaga kestabilan attitude maupun khusus saat pengambilan gambar video dengan mengarahkan kamera ke permukaan bumi. Saat ini untuk mendukung kinerja satelit LAPAN-TUBSAT ini, LAPAN telah menyiapkan dua buah Stasiun Bumi TT 6 C UHF/S Band di Rumpin {-06,22° Lintang Selatan; 106,37° Bujur Timur)

sebagai stasiun bumi utama dan di Rancabungur Bogor (-06,32° Lintang Selatan; 106,43° Bujur Timur) sebagai stasiun bumi cadangan. Tapi sayangnya dengan kedua stasiun bumi ini wilayah yang dapat dicakupi hanya setengah dari wilayah Indonesia (Sumatera, Jawa, Bali dan Kalimantan) saja, sehingga untuk mendapatkan cakupan wilayah seluruh Indonesia maka dibangun sebuah Stasiun Bumi TT 8s C di Pulau Biak (-1,17° Lintang Selatan; 136,1° Bujur Timur). Keberadaan stasiun bumi ini akan dapat mencakup seluruh wilayah timur dan sebagian wilayah tengah Indonesia. Stasiun bumi ini terdiri dari sistem kontrol telemetri satelit berupa antena UHF, rotator antena, radio *transceiver dual band. Antenna Rotator System Interface (ARS RCI-SE)*, GS Adaptor, Komputer dan sistem penerima data video analog berupa antena S band, S band *receiver*, monitor TV dan video *recorder*. Dalam tulisan ini secara lengkap akan dibahas rancangan teknis hingga implementasi sistem stasiun bumi TT & C untuk dapat mendukung kinerja satelit LAPAN-TUBSAT.

## 2 SATELIT LAPAN-TUBSAT SISTEM DAN MANFAATNYA

### 2.1 Sistem Muatan Satelit {*PayU>ad*}

Muatan atau *Payload* utama satelit LAPAN-TUBSAT yang telah diluncurkan ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu

- S-band : Frequency 2220 MHz; modulation FM; 5 W RF output
- Short text Store and Forward experiment
- Camera 1 : CCD with color splitter prism; Effective Picture Element : 752 x 582; swath 3.5 km; ground resolution 5 m; 1000 mm Casegrain lens
- Camera 2 : color CCD; Effective Picture Element : 752 x 582; swath 81 km; Ground resolution 200 m; 50 mm lens

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 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.

Kamera ini digunakan untuk mengambil gambar video permukaan bumi secara *real time*. Sehingga satelit ini membawa misi pengawasan atau pengamatan permukaan bumi (*survey*). Oleh karena itu disebut sebagai *surveillance satellite*.

## 2.2 Sistem Komunikasi

Sistem komunikasi yang dimiliki satelit LAPAN-TUBSAT pada dasarnya digunakan untuk melayani pengiriman data Telemetri, data komando (*Command data*) dan juga sistem muatannya. Spesifikasi sistem komunikasi ini dapat dijelaskan secara lengkap seperti dibawah ini:

### Modul Komunikasi Data Telemetry dan Command

#### • Antena

Spesifikasi sistem Antena:

- Frekuensi = 437,325 MHz
- Tipe = Half dipole Antenna
- Return Loss = 25 dB  $\approx$  1 % reflection  $\approx$  1.2:1 (VSWR)
- Gain = 3 dB
- Polarization = Linear
- Beam width = Omni directional (typical 45° x 360°)

#### • TT & C Transceiver

Spesifikasi sistem TT & C transceiver satelit LAPAN-TUBSAT :

- Frekuensi = 437,325 MHz
- RF output = 3.5 Watt (nom)
- Bandwidth = 7,6 KHz (max, no guard band)
- Modulation = FFSK
- Index Modulation = 1.1
- Deviasi Frekuensi = 1,4 KHz for 1,2 KHz (FM) 8B 2 KHz for 1,8 KHz (FM)
- Konektor = SMA

Berdasarkan data spesifikasi sistem komunikasi satelit LAPAN-TUBSAT di atas maka ada beberapa parameter penting yang harus diperhatikan dalam penghitungan *link budget*, yaitu:

No. [	Parameter	Nilai	Satuan
1.	Satellite altitude (pada jarak maximum)	2904	Km
2.	Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) (Approx)	7,94	dBW
3.	Free Space Loss	154,48	dB

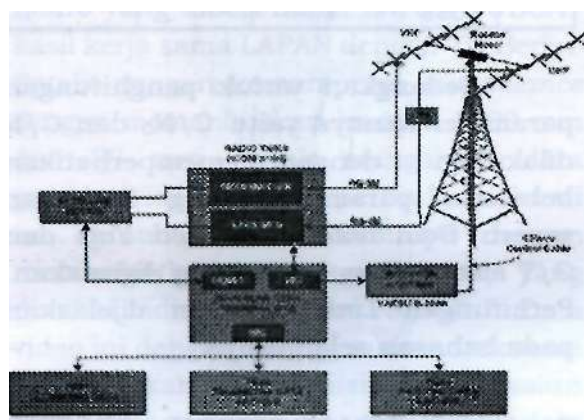
Sedangkan untuk penghitungan parameter lainnya yaitu C/No dan C/N dilakukan dengan memperhatikan beberapa parameter yang berkaitan seperti *Gain antena Crossed Yogi* dan G/T sistem ruas bumi yang digunakan. Perhitungan *Link* ini akan dijelaskan pada bahasan selanjutnya.

## 3 KONFIGURASI SISTEM STASIUN BUMI TT & C SATELIT LAPAN-TUBSAT

Pada prinsipnya stasiun bumi LAPAN-TUBSAT ini merupakan sebuah stasiun bumi yang mencakup tiga fungsi kerja sekaligus yaitu yang pertama sebagai stasiun bumi kendali yang akan menerima data telemetri dari satelit, yang kedua akan mengirim data komando (*command*) ke satelit menggunakan jalur frekuensi UHF (437,325 MHz) saat melakukan manuver tertentu untuk

menjaga kestabilan gerakan statelit (*attitude control*), dan yang ketiga melakukan fungsi penjejakan (*tracking*) terhadap satelit yang melintas di atas stasiun bumi. Stasiun Bumi TT & C LAPAN-TUBSAT ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu

- Sistem Antena
- Antena Transceiver UHF tipe Crossed Yagi 10 element
- Rotator Kontrol Antena Yaesu G-5500
- Kabel kontrol 6 *pairs*
- *Antenna Rotator System* (ARS) RCI-SE 10 bit
- Sistem RF
- Coax kabel RG-8U
- *Low Noise Amplifier* (LNA)
- Sistem transmisi dan penerima
- Radio Transceiver ICOM 910H Dual Band
- Satellite Modem (GS Adaptor) Link Manager (LM-1)
- CT-17 Level Converter Interface
- Power supply Diamond 25 A
- Komputer kontrol P-IV
- Nova tracker/SatPC 32 software



Gambar 3-1: Rancangan awal stasiun bumi LAPAN-TUBSAT

Setelah melakukan perancangan sistem Stasiun Bumi LAPAN-TUBSAT ini secara keseluruhan dengan melakukan analisis terhadap masing-masing modul dari modul antena, RF hingga Baseband, maka akhirnya dapat diidentifikasi jenis dan spesifikasi perangkat yang dapat digunakan untuk masing-masing bagian tersebut. Analisis ini berupa penghitungan level sinyal minimum yang dapat diterima

oleh sistem stasiun bumi yaitu estimasi level sinyal pada input LNA dan *receiver*, sehingga dapat ditentukan minimal *gain* antena dan gain LNA serta sensitifitas Radio *transceiver* yang harus digunakan. Di samping itu untuk mengurangi degradasi sinyal, maka dipilih jenis kabel RG-8/U dengan *cable loss* sebesar 0.11dB/ft.

#### 4 PERHITUNGAN LINK BUDGET

Unjuk kerja (*performance*) sistem penerima dan transmisi stasiun bumi ini dapat diketahui dengan melakukan penghitungan *link budget* yang melingkupi *down link*, *uplink* dan *overall link*. Pada penghitungan *link* ini untuk parameter *altitude* adalah 630 km serta jarak maksimum stasiun bumi terhadap satelit (jarak pada elevasi 0°) adalah 2904,03 km. Sedang sistem komunikasinya menggunakan frekuensi UHF 437,325 MHz baik untuk sisi *uplink* maupun *downlink*-nya. yang merupakan sistem *half duplex*. Ada beberapa parameter penting yang harus diperhatikan dalam penghitungan *link budget* baik *down link*, *uplink* dan *overall link*

##### EIRP Maksimum

Antena dengan daya *output*  $P_t$  watt dengan *gain* antena  $G_t$ , akan menghasilkan *Flux Density* pada jarak  $R$  (meter)

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

$P_t G_t$  disebut sebagai *Effective Isotropic Radiated Power* atau EIRP yang menjelaskan sebuah sumber Isotropic dengan daya  $P_t G_t$  watts yang dipancarkan ke segala arah dengan besar daya yang sama.

Dalam prakteknya pengukuran EIRP max adalah sebagai berikut:

$$\text{EIRP Max} = P_t (\text{max}) + G_t + C - L_w \text{ [dBw]} \quad (4-2)$$

Keterangan:

$P_t$  = *Output power* maksimum yang diukur pada output transmit radio *transceiver*. [dBm]

$G_t$  = Gain antena transmisi. [dBi]

$C$  = Faktor *coupling*. [dB]

Lw= Casble loss. [dB]

Untuk frekuensi transmit stasiun bumi LAPAN-TUBSAT Biak 437,325 MHz, RF output power radio transceiver adalah 13,98 dB, Faktor Coupling 0 dB, cable loss adalah 0,25 dB dan Gain Antena 11 dB, maka

$$\begin{aligned} \text{EIRP maks} &= (13,98) \text{ dB} + 11 \text{ dB} + 0 \text{ dB} - \\ & \quad 0,25 \text{ dB} \\ & = 24,73 \text{ dBW} \end{aligned}$$

### Daya yang diterima (Receive Power)

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

$$P_r = P_t G_t A_e / 4\pi R^2 \text{ Watts} \quad (4-3)$$

Dapat dijelaskan bahwa persamaan ini tidak bergantung pada frekuensi. 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

$$\begin{aligned} G/A_e &= 4\pi/\lambda^2 \\ A_e &= (\lambda^2/4\pi)G_r \\ P_r &= (P_t G_t) G_r (\lambda/4\pi R)^2 \\ &= \text{EIRPs} + G_r - \text{Path Loss} \\ &= \text{EIRPs} + G_r - [32,5 + 20 \log R \text{ (km)} \\ & \quad + 20 \log F \text{ (MHz)}] \end{aligned} \quad (4-4)$$

Dari data satelit LAPAN-TUBSAT diketahui EIRP maks = 7,94 dBW, Gain LNA adalah 0 dB, Gain antena 11 dB dan Cable Loss adalah 0.25 dB maks, maka daya yang diterima Stasiun Bumi TT & C LAPAN-TUBSAT Biak adalah :

$$\begin{aligned} P_r &= 7,94 + (0+11-0,25) - [32,5 + 20 \log \\ & \quad (2904,03) + 20 \log (437,325)] \\ & = 7,94 + (10,75) - 154,48 \\ & = -135,79 \text{ dBW} \\ & = -105,79 \text{ dBm} \end{aligned}$$

### Rugi-Rugi Ruang Bebas (Free Space Path Loss)

Dari persamaan (4-6) perbandingan daya yang diterima ( $P_r$ ) dengan daya yang ditransmisikan ( $P_t$ ) maka diperoleh

$$P_r / P_t = G_t G_r (\lambda/4\pi R)^2 \quad (4-5)$$

Rugi-rugi ruang bebas (*Free Space Path Loss*) didefinisikan sebagai hambatan daya sinyal di antara 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  $P_t/P_r$

$$\begin{aligned} L_{\text{FS}} \text{ (dB)} &= 10 \log (4\pi R/\lambda)^2 \\ &= 20 \log (4\pi R/\lambda) \\ &= 22 + 20 \log (R/\lambda) \\ &= 22 + 20 \log R - 20 \log \lambda \\ &= 22 + 60 + 20 \log R - 20 \log C + \\ & \quad 20 \log F \\ &= 22 + 60 + 20 \log R \text{ (km)} - 169,5 \\ & \quad + 120 + 20 \log F \text{ (MHz)} \\ &= 32,5 + 20 \log R \text{ (km)} + 20 \log F \\ & \quad \text{(MHz)} \end{aligned} \quad (4-6)$$

Untuk Stasiun TT & C LAPAN TUBSAT Biak dengan frekuensi transmit/receive 437,325 MHz, akan memiliki Path Loss:

$$\begin{aligned} L_{\text{FS}} \text{ (dB)} &= 32,5 + 20 \log (2904,03) \text{ km} + 20 \\ & \quad \log (437,325) \text{ MHz} \\ &= 32,5 + 52,82 + 69,26 \\ &= 154,48 \text{ dB} \end{aligned}$$

Free Space Path loss bukan merupakan rugi-rugi karena terjadi penyerapan daya, tetapi karena energi yang ditransmisikan dalam bentuk gelombang elektromagnetik terpecah dan menjauhi sumber.

### Daya sinyal Pembawa terhadap Noise (Carrier to Noise Power)

C/N merupakan perbandingan daya sinyal pembawa (C) terhadap daya Noise (N) yang diterima dalam bandwidth penerima tersebut, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C/N &= C/KB \quad (4-7) \\ 10 \log [C/N] &= 10 \log [C/KB] - 10 \log [B] \\ &= 10 \log [C/N] - 10 \log [B] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C/N_o &= [C/KB] \cdot B \\ C/N_o &= C/K \\ 10 \log [C/N_o] &= 10 \log C/N + 10 \log [B] \end{aligned}$$

Keterangan:

$N_o$  = Noise power spectral density

$B_{IF}$  = Noise Bandwidth pada frekuensi IF.

Tabel 4-1: UPLINK BUDGET

PARAMETER LINK	NILAI	SATUAN
Transmitter RF output 25 Watt	13,98	dB
Antenna Gain	11	dBi
Cable Loss RG-8/U, 10 ft = 30 mtr	0.25	dB
Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) G/S	24,73	dBW
Maximum range to Satellite (0 deg)	2904.03	Km
Frequency	437,325	MHz
Free Space Loss (Path Loss)	-154,48	dB
Atmospheric Loss	0,7	dB
G/T of Sat Antenna	-32	dB/K
Boltzman Constant	-228,59	dB
Bandwidth (7,6 KHz)	38,81	dBHz
C/No	66,15	dBHz
C/N	27,35	dB
Data Bit rate	1200	Bps
Receive Eb/No	35,36	dB
Required Eb/No	15	dB
Implementation loss	4	dB

Tabel 4-2: DOWNLINK BUDGET

PARAMETER LINK	NILAI	SATUAN
Transmitter RF output 3,5 Watt	5,44	dB
Antenna Gain	3	dBi
Cable Loss	0,5	dB
Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)	7,94	dBW
Maximum range to Satellite	2904,03	Km
Frequency	437,325	MHz
Free Space Loss (Path Loss)	-154,48	dB
Atmospheric Loss	0,7	dB
G/T of G/S Receiver	-6	dB/K
Boltzman Constant	-228,59	dB
Bandwidth (7,6 KHz)	38,81	dBHz
C/No	75,36	dBHz
C/N	36,56	dB
Data Bit rate	1200	Bps
Receive Eb/No	44,57	dB
Required Eb/No	15	dB
Implementation loss	4	dB

Tabel-3: OVERALL LINK BUDGET

PARAMATER LINK	NILAI (dB)	RASIO
C/N Up Link (C/N) <sub>U</sub>	27,35	542,65
C/N Down Link (C/N) <sub>D</sub>	36,56	4525,28
Total Noise Thermal (C/N) <sub>Total</sub>	26,85	484,54
Required C/N	10,98	
MARGIN	15,87	

#### 4.1 Uplink Budget

Tabel 4-1 lebih menjelaskan penghitungan beberapa parameter pada sisi stasiun bumi seperti EIRP, FSL dan penghitungan estimasi nilai C/N yang terukur pada output LNA pada sistem antenna satelit.

#### 4.2 Downlink Budget

Tabel 4-2 akan lebih fokus menjelaskan semua parameter satelit yang akan berpengaruh pada sistem penerima pada sisi stasiun bumi sehingga akan diperoleh nilai estimasi C/N pada sisi stasiun bumi.

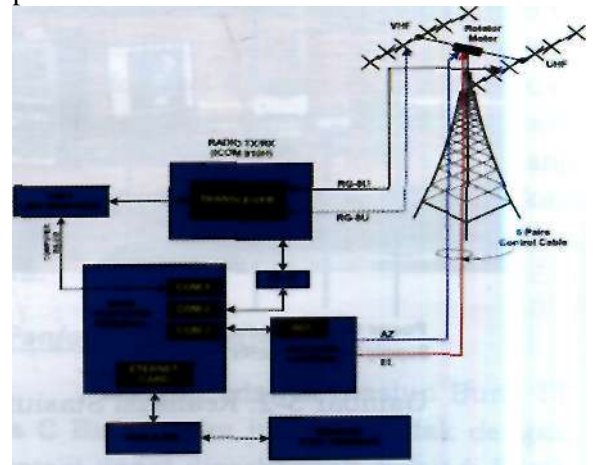
#### 4.3 Overall Link Budget

Langkah terakhir dalam perhitungan *link budget* adalah menggabungkan kedua perhitungan *up link budget* dan *down link budget* yang kemudian hasilnya dibandingkan dengan kebutuhan minimum link. Dalam Tabel 4-3 ini dijelaskan perhitungan *overall link budget* dalam kondisi *line of sight* (LOS) dan *clear sky*. Pada akhirnya akan dihasilkan nilai *Link Margin* yang dibutuhkan.

### 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dari rancangan awal yang dilakukan di atas kertas dan setelah melakukan berbagai perbaikan hasil rancangan serta penghitungan kembali seluruh parameter modul dan kemungkinan ketersediaan komponen di pasaran, maka akhirnya dapat diimplementasikan sebuah stasiun bumi kontrol dengan spesifikasi untuk melakukan fungsi TT & C atau *Telemetry Tracking dan command* terhadap satelit LAPAN-TUBSAT sesuai dengan program pengembangan satelit LAPAN. Secara keseluruhan rancangan terakhir sistem Stasiun Bumi TT & C LAPAN-TUBSAT dapat dilihat pada

Gambar 5-1. Sedangkan implementasi stasiun bumi TT & C ini dapat dilihat pada Gambar 5-2.



Gambar 5-1: Rancangan akhir Stasiun Bumi TT & C LAPAN-TUBSAT

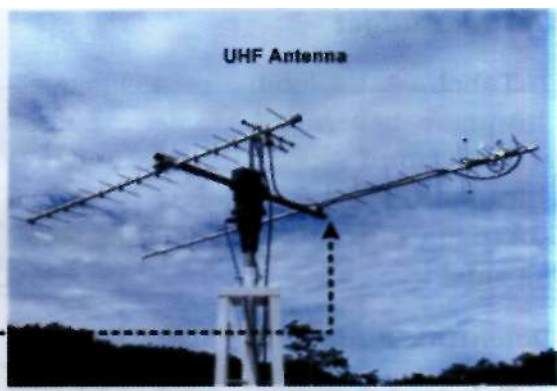
Untuk mendapatkan nilai estimasi *link margin* yang dibutuhkan, maka perlu dihitung beberapa parameter yang berpengaruh pada sistem penerima Stasiun Bumi TT & C yang dikerjakan. Ada tiga parameter penting sehubungan dengan perhitungan ini yaitu:

- Nilai BER.
- Kebutuhan C/N.
- Sensitivitas Radio *Transceiver* yang digunakan.

#### Nilai BER Transmission

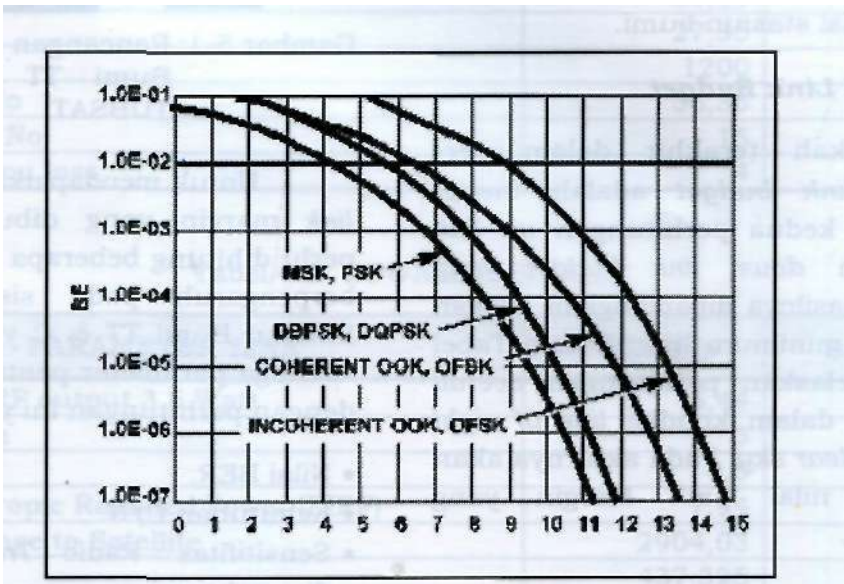
BER atau *Bit Error Ratio/Bit Error Rate* merupakan nilai perbandingan antara jumlah *bit error* yang diterima terhadap jumlah total *bit error* yang ditransmisikan dalam sebuah sistem komunikasi. Perubahan nilai BER ini akan sangat berpengaruh pada *data transmission* dan *signal power margin*.

Pada Stasiun Bumi TT & C ini dirancang untuk BER sebesar  $1 \times 10^{-8}$  pada modulasi FSK, sehingga diperoleh nilai  $E_b/N_0$  15.



Power Control Supply Rotator      Radio Tx/Rx      Satellite Control Computer

Gambar 5-2: Realisasi Stasiun Bumi TT & C LAPAN-TUBSAT, Biak



Gambar 5-3: Kurva nilai BER terhadap Eb/No

Tabel 5-1: JADWAL SATELIT PADA STASIUN BUMI RUMPIN DAN BIAK

Date (L)	AOS (L)	LOS (L)	Duration	Between	Az @	AOS Max El	Az @ LOS	Height km
<b>LAPAN-TUBSAT at Rumpin</b>								
24/04/07	08:38:51	08:51:13	00:12:21	07:03:04	31°	29°	173°	634
24/04/07	10:15:59	10:26:20	00:10:21	01:24:45	334°	12°	228°	635
24/04/07	20:45:35	20:57:48	00:12:13	10:19:15	150°	28°	9°	621
24/04/07	22:22:32	22:32:44	00:10:12	01:24:43	203°	12°	309°	621
Date (L)	AOS (L)	LOS (L)	Duration	Between	Az @	AOS Max El	Az @ LOS	Height km
<b>LAPAN-TUBSAT at Biak</b>								
24/04/07	06:59:40	07:12:34	00:12:54	01:01:03	22°	48°	181°	635.6
24/04/07	08:38:01	08:46:15	00:08:14	01:25:26	322°	6°	243°	636.1
24/04/07	19:08:58	19:21:54	00:12:55	10:22:43	163°	63°	354°	621.9
24/04/07	20:48:08	20:54:32	00:06:24	01:26:14	226°	3°	287°	621.4



### Kebutuhan C/N

Kebutuhan parameter C/N (*required C/N*) sebagai perbandingan antara sinyal pembawa (*carrier*) terhadap sinyal *noise*. Untuk kalkulasi *link* ini dapat dihitung sebagai berikut:

Untuk nilai BER =  $1 \times 10^{-7}$  yang diharapkan maka diperoleh nilai Eb/No sebesar 15 dBHz. Sehingga untuk bit rate 1200 bps dibutuhkan:

$$\begin{aligned} \text{Eb/No} &= 15 \text{ dBHz} \\ \text{Margin} &= -4 \text{ dB (margin yang diberikan)} \\ \text{Required Eb/No} &= 15 + 4 = 19 \text{ dBHz} \\ \text{C/No} &= -\text{Reqd.Eb/No} + 10 \text{ Log (bit rate)} \\ &= 19 + 10 \text{ log (1200)} \\ &= 19 + 30,79 \\ &= 49,79 \text{ dBHz} \\ \text{Required C/N} &= \text{C/No} - 10 \text{ Log (B)} \\ &= 49,79 - 38,81 \\ &= 10,98 \text{ dBHz} \end{aligned}$$

### Sensitifitas Radio Transceiver

Unjuk kerja (*Performance*) dari sistem *down link* yang digunakan dapat diketahui dengan menghitung level sinyal yang diterima pada stasiun bumi. Beberapa parameter yang menentukan prediksi level sinyal tersebut seperti EIRP satelit, *Gain* antena transmit satelit, *Gain* antena penerima pada stasiun bumi, *slant range*, Frekuensi operasi dan *Path Loss*. Untuk satelit LAPAN-TUBSAT, prediksi keandalan sistem penerima stasiun bumi (radio *transceiver* IC-910H) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Sensitifitas sistem} &= 0.18 \text{ } \mu\text{V} \\ \text{penerima (V)} & \\ \text{Input Impedansi (R)} &= 50 \text{ } \Omega \\ \text{Power Received} &= \sqrt{2} / R \\ \text{Minimum} & \\ &= (0.18 \times 10^{-6})^2 / 50 \\ &\quad \text{Watt} \\ &= (3,24 \times 10^{-n}) / 50 \\ &\quad \text{Watt} \\ &= 6.48 \times 10^{-16} \\ &= 10 \text{ Log (6.48E-16)} \\ &\quad \text{dBw} \\ &= -151,88 \text{ dBw atau} \\ &\quad -121,88 \text{ dBm} \end{aligned}$$

hal ini berarti bahwa, Stasiun Bumi LAPAN-TUBSAT memiliki sensitifitas sistem penerimanya sebesar -121,88 dBm. Stasiun Bumi akan mampu menerima sinyal (*locking*) dengan minimum *power* pada *input* penerima (*receiver*) sebesar -121,88 dBm. Sehingga kuat sinyal yang lebih kecil dari -121,88 dBm tidak akan mampu diterima oleh sistem penerima ini.

### Peniadwalan Satelit

Dengan adanya Stasiun Bumi TT 8B C Biak, maka jumlah kontak dengan satelit dapat diperbanyak menjadi 8 kali pass setiap harinya. Masing-masing stasiun (Rumpin dan Biak) akan dilewati satelit sebanyak 4 kali (2 kali pada siang hari dan 2 kali pada malam hari). Dengan demikian jumlah data telemetri yang diperoleh semakin banyak. Contoh jadwal satelit untuk stasiun Rumpin dan Biak dapat dilihat pada Tabel 5-1.

## 6 KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan analisis yang dilakukan terhadap rancangan hingga realisasi Stasiun Bumi TT 85 C satelit LAPAN-TUBSAT tersebut di atas, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Dengan adanya Stasiun Bumi TT 85 C di Biak, maka data telemetri yg diperoleh dari stasiun bumi ini di samping dapat digunakan untuk memprediksi *attitude* satelit, juga dapat digunakan untuk melakukan *attitude precondition* bila akan dilakukan *maneuver* penting dari Stasiun Bumi Utama Rumpin.
- Cakupan wilayah satelit LAPAN-TUBSAT akan dapat melingkupi seluruh wilayah Indonesia dengan adanya Stasiun Bumi TT & C di Biak ini.
- Pada implementasi Stasiun Bumi TT 8B C LAPAN-TUBSAT digunakan satelit modem dengan *code word* khusus untuk satelit LAPAN-TUBSAT yaitu LM-1 *Link Manager* sementara sistem

antena rotator (ARS) adalah RCI-SE dengan resolusi 10 bit atau  $0.35^\circ$ .

- Nilai minimal *link* margin 15,87 dB dan sinyal minimum pada *input* radio penerima Icom 910H adalah -121,88 dBm, ini merupakan dua hal penting yang menjadi perhatian utama dalam implementasi dan realisasi sistem penerima dan transmisi stasiun bumi LAPAN-TUBSAT ini.
- Sinyal satelit dapat diterima dengan sangat baik oleh sistem penerima [n^cewer] pada sisi stasiun bumi karena daya yang diterima adalah sebesar -105,79 dBm masih lebih besar dari sinyal minimum yang dapat diterima oleh sistem penerima yaitu sebesar -121,88 dBm.

## DAFTAR RUJUKAN

- Elbert; Bruce R, 2001. *The Satellite Communication Ground Segment and Earth Station Handbook*, Artech House, Boston, MA,
- Michael R. Owen, Ph.D, 2004. *Nova for Windows User's Manual*, Northern Lights Software Associates, Jamesville NY.
- Raja Rao, K.N, 2004. *Fundamentals of Satellite Communication*, Prentice-Hall of India, New Delhi, India.
- Tomasi Wayne, 2003. *Electronic Communications Systems Fundamentals Through Advanced*, Fourth Edition, Pearson Education, Inc. Singapore.
- Wertz, J. R.; and Larson, W J, 1999. *Space Mission Analysis and Design*, Microsom Press Elsegundo, California.