

Perancangan Komunikasi Data VSAT *Mobile* Dengan Frekuensi KU-Band Pada Satelit Palapa

Aditya Budi, Rianto Nugroho

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional

Korespondensi : riantnugroho@yahoo.com

ABSTRAK. Perancangan sistem komunikasi dengan menggunakan satelit di latar belakang dengan perkembangan teknologi informasi yang demikian pesat dan permintaan akan komunikasi yang tinggi. Frekuensi C-band yang dipakai saat ini, tidak akan mampu menampung kebutuhan informasi user yang terus meningkat. Solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan frekuensi Ku-band. Pada perancangan vsat ini menggunakan vsat motorized untuk mempermudah sistem pointing dan dapat dibawa kemana-mana atau *mobile*. Namun penggunaan frekuensi Ku-band tidak mudah untuk diterapkan, banyak hal yang mempengaruhinya. Dalam perancangan sistem komunikasi ini, dibahas masalah propagasi pada frekuensi Ku-band, dimana masalah utama yang timbul diantaranya propagasi gelombang radio yang mengalami redamannya yang cukup besar. Satelit yang digunakan adalah satelit Palapa yang memiliki jangkauan global yang berada pada orbit GEO.

Kata kunci: Frekuensi Ku- band, redaman, satelit palapa, VSAT *mobile*.

ABSTRACT. *The design of communication systems using satellites in the background with the rapid development of information technology and the demand for high communication. The current C-Band frequencies will not be able to accommodate the ever-increasing need for user information. The solution to solve the problem is to use Ku-band frequency. In the design of this vsat using motorized vsat to facilitate the pointing system and can be taken anywhere or mobile. But the use of Ku-band frequencies is not easy to implement, many things are affecting it. In the design of this communication system, discussed the problem of propagation on the Ku-band frequency, where the main problems that arise among them the propagation of radio waves that suffer a considerable attenuation. The satellites used are the Palapa satellites that have global coverage located in GEO orbit.*

Keywords: *Ku-band frequency, attenuation, palapa satellite, VSAT mobile.*

PENDAHULUAN

Frekuensi C-band yang dipakai saat ini, tidak akan mampu menampung kebutuhan informasi user yang terus meningkat. Solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan frekuensi Ku-band yang memiliki bandwidth transponder sampai dengan 500MHz. Namun penggunaan frekuensi Ku-band tidak mudah untuk diterapkan, banyak hal yang mempengaruhinya antara lain: redaman hujan, redaman awan, redaman gas-gas atmosfer, dan loss tracking. Transponder Ku-band, dengan kapasitas yang besar dan mampu melayani user dengan kecepatan yang tinggi. apakah sistem ini bisa diterapkan di Indonesia khususnya dengan menggunakan satelit GEO khususnya pada Satelit Palapa.

LANDASAN TEORI

Sistem Komunikasi Satelit

Sistem komunikasi satelit secara umum terdiri dari sebuah satelit yang berfungsi sebagai stasiun pengulang (*repeater*) di angkasa yang berhubungan dengan beberapa stasiun bumi. Sistem komunikasi satelit ini umumnya digunakan untuk daerah yang sulit dijangkau oleh jaringan terestrial. Hal inilah yang menjadi kelebihan sistem komunikasi satelit dibandingkan dengan sistem teknologi komunikasi yang lain. Sistem komunikasi satelit mampu menjangkau daerah-daerah yang jauh dan dan terpencil dikarenakan cakupannya yang luas sehingga sangat sesuai

dengan letak geografis Indonesia. Sistem komunikasi satelit pada dasarnya terdiri dari dua bagian yaitu:

- *Ground Segment* (Stasiun Bumi / Terminal)
Stasiun bumi bertugas untuk melakukan komunikasi dari dan ke *space segment*.
- *Space Segment* (Satelit)

Satelit komunikasi berfungsi sebagai repeater gelombang mikro di angkasa. Satelit ini akan menerima sinyal gelombang mikro yang dikirimkan dari stasiun bumi asal pada frekuensi yang diberikan (*uplink*) dan mengirimkan kembali ke stasiun bumi tujuan pada frekuensi yang berbeda (*downlink*). Satelit yang akan mengorbit mengelilingi bumi akan selalu tetap berada pada posisinya karena gaya sentripetal diimbangi dengan gaya tarikan bumi. Penentuan orbit merupakan hal yang sangat penting dan mendasar karena akan menentukan rugi dan waktu keterlambatan (*delay time*) dari transmisi, daerah cakupan bumi (*earth coverage area*), dan selang waktu dimana satelit dapat terlihat dari setiap daerah tertentu. Orbit satelit berdasarkan ketinggiannya dibagi menjadi:

- LEO (*Low Earth Orbit*). Satelit berada pada ketinggian kurang dari 2000 Km (1250 mile). Pada orbit ini satelit memiliki periode rotasi 90 menit sampai 2 jam.
- MEO (*Medium Earth Orbit*). Satelit berada pada ketinggian 10000 Km (6250 mile). Pada orbit ini satelit memiliki periode rotasi sekitar 6 jam.
- GEO (*Geosynchronous Earth Orbit*). Satelit berada pada ketinggian 35680 Km (22300 mile). Pada orbit ini satelit memiliki periode rotasi 24 jam.

Band Frekuensi Satelit

Satelit bekerja pada band frekuensi tertentu (*specific range*). Band frekuensi tersebut terdiri dari frekuensi *uplink* yaitu frekuensi yang dikirimkan dari stasiun bumi atau ground terminal ke satelit dan frekuensi *downlink* yaitu frekuensi yang dikirimkan dari satelit ke stasiun bumi atau ground terminal.

TABEL 1. *Band* yang dipergunakan dalam Komunikasi Satelit

BAND	UPLINK (GHz)	DOWNLINK (GHz)	Bandwidth (MHz)
C	5,9 – 6,4	3,7 – 4,2	500
X	7,9 – 8,4	7,25 – 7,75	500
KU	14,2 – 14,4	12,5 – 12,7	500
KA	27 - 30	17 - 20	Not Fixed

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

Salah satu parameter yang penting dari sistem VSAT adalah EIRP.

Sebuah pemancar yang *isotropic* dengan daya masukan yang sama, yaitu sebesar GP_T akan menghasilkan kerapatan flux yang sama. Hasil ini yang disebut *EIRP*. Bentuk persamaannya dapat dilihat pada persamaan berikut;

$$EIRP = GP_T$$

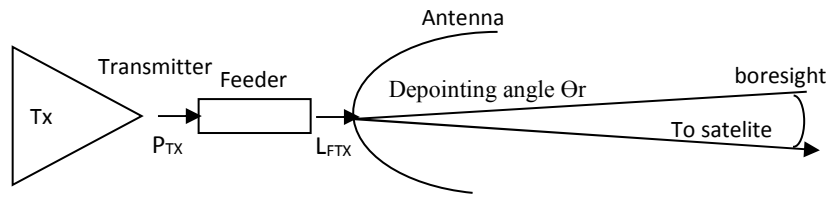
$$[EIRP] = [P_T] + [G] \text{ dBW}$$

Dimana:

G = gain antena pemancar

P_T = daya pada antena pemancar

Besarnya harga P_T adalah nilai dari daya yang ada pada pemancar setelah dikurangi dengan rugi *feeder*. *Feeder* adalah saluran transmisi yang menghubungkan perangkat pemancar dengan antena pemancar VSAT seperti hubungan $[EIRP]_{dB} = P_{TX} \text{ (dBW)} - L_{FTX} \text{ (dB)} + G_{dB}$



GAMBAR 1. Komponen antena pemancar VSAT

Penguatan Antena (Antena Gain)

Penguatan atau *gain* antena yang diperhatikan adalah daya masuk ke terminal antena, penguatan antena dapat didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi maksimum suatu antena dengan intensitas radiasi maksimum dari suatu antena pembanding, dengan daya masuk yang sama. Biasanya antena yang digunakan sebagai antena pembanding adalah antena isotropis dengan efisiensi 100%.

$$G_{max} \text{ (dBi)} = 10 \log \eta (\pi Df/c)^2$$

Rugi Ruang Bebas (Free Space Loss)

Pada setiap transmisi dengan menggunakan udara sebagai media transmisinya, maka akan mengalami redaman yang disebut rugi ruang bebas. Perhitungan besarnya ruang bebas yang terjadi pada *link*, yaitu dengan menggunakan persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$FSL \text{ (dB)} = 20 \log (d) + 20 \log (f) + 92,44$$

Dimana:

- f = frekuensi kerja (GHz)
- d = panjang lintasan propagasi (Km)

Carrier to Noise

Adalah parameter SNR yang paling penting dan sangat berpengaruh terhadap perencanaan sistem komunikasi VSAT. *Link Budget* digunakan untuk mendapatkan SNR. Secara umum persamaannya sebagai berikut:

$$C / N = EIRP - FSL_{dB} - (\text{rugi-rugi lain}) + G / T_{sys} - K - 10 \log B$$

Dimana:

- EIRP = dapat dihitung dipersaman 2.4
- FSL = adalah rugi ruang bebas
- G = Gain antena
- T_{sys} = diperoleh dari persamaan 2.11
- K = Konstanta Boltzmann's = -228,6 dBW
- B = Bandwidth Occupation

$$(C/N)_{total} = \frac{1}{\frac{1}{(C/N)_{Uplink}} + \frac{1}{(C/N)_D}}$$

– **Perhitungan C/N Uplink**

Persamaan uplink untuk transmisi dari stasiun bumi pemancar menuju satelit sebagai penerima dapat ditulis secara langsung dengan mensubstitusikan nilai-nilai kedalam persamaan dasar *link* di bawah ini.

$$C/N_{UP} = EIRP_{UP} - L_{TOT} + G/T_{SAT} - k - 10 \log B$$

Dimana:

- EIRP_{UP}: EIRP dari stasiun bumi pemancar
- L_{TOT} : Uplink Path Loss

- G/T_{SAT} : Perbandingan Gain satelit terhadap *noise* temperature
 K : Konstanta Boltzman = -228.6 (dBW/ $^{\circ}$ K – Hz)
 B : Bandwidth Occupation

– **Perhitungan C/N Downlink**

Persamaan *downlink* untuk transmisi dari satelit menuju stasiun menuju stasiun bumi penerima dapat ditulis secara langsung dengan mensubstitusikan nilai-nilai kedalam persamaan dasar *link* dibawah ini:

$$C/N_{down} = EIRP_{SAT} - L_{TOT} + G/T_{SB} - k - 10 \log B$$

Dimana:

- $EIRP_{down}$: EIRP dari satelit
 L_{TOT} : *Downlink Path Loss*
 G/T_{SB} : Perbandingan Gain stasiun bumi terhadap noise temperatur
 K : Konstanta Boltzman = -228.6 (dBW/ $^{\circ}$ K – Hz)
 B : Bandwidth Occupation

VSAT (Very Small Aperture Terminal)

VSAT merupakan sebuah teknologi yang memanfaatkan pancaran gelombang radio untuk melakukan pengiriman dan Penerimaan informasi (data, gambar, video, maupun suara). VSAT merupakan terminal berbentuk antena parabola berdiameter antara 0,9 m sampai dengan 3,8 m, pada saat antena VSAT mengirimkan sebuah informasi ke satelit, maka informasi yang diterima oleh satelit akan dipantulkan atau dikirimkan ke terminal yang dituju dengan atau tanpa melewati satelit lain.

Komponen VSAT (Very Small Aperture Terminal)

HUB Station

HUB Station berfungsi untuk mengontrol seluruh operasi jaringan komunikasi. Pada hub station terdapat sebuah *Server Network Management System* (NMS) yang berfungsi untuk memberikan akses pada operator jaringan untuk memonitor dan mengontrol sebuah jaringan komunikasi melalui integrasi perangkat keras dan komponen – komponen perangkat lunak. Operator jaringan dapat memonitor, memodifikasi dan *mendownload* informasi konfigurasi individual ke masing-masing VSAT.

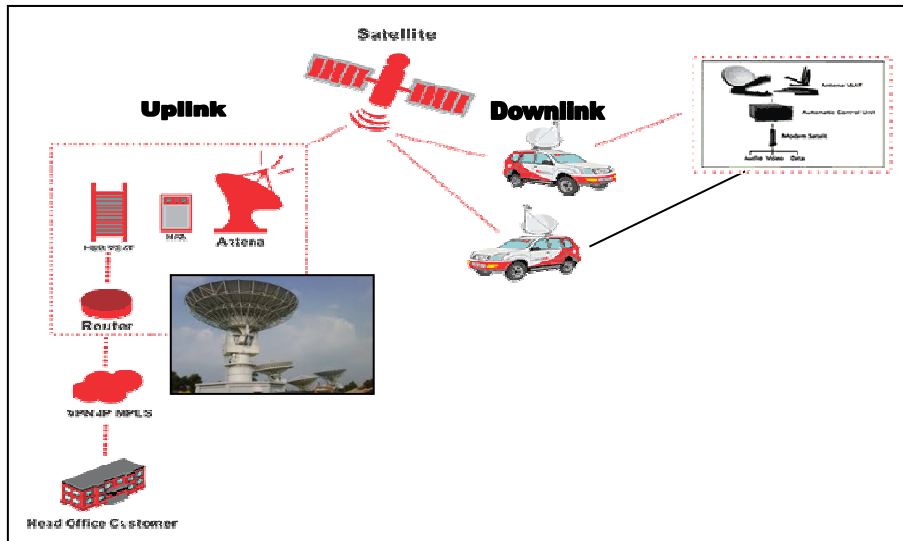
Remote Station

Sebuah *remote* VSAT memiliki komponen - komponen sebagai berikut:

- *Outdoor Unit* (ODU) terdiri dari dua bagian yaitu antena dan *Radio Frequency Transmitter* (RFT) pasang pada frame antenna dan dihubungkan secara internal ke feedhorn.
- *Solid State Power Amplifier* (SSPA)
- *Up / Down Converter*
- *Indoor Unit* (IDU)

PERENCANAAN VSAT MOBILE SYSTEM

Komunikasi satelit yang digunakan pada perancangan ini menggunakan satelit Geostasioner Palapa D yang beroperasi pada *transponder* linear, Hub, dan beberapa VSAT yang ditempatkan di wilayah tertentu. Hub dapat mengirimkan data dengan kecepatan 13.824 Mbps ke masing-masing VSAT secara *broadcast*.

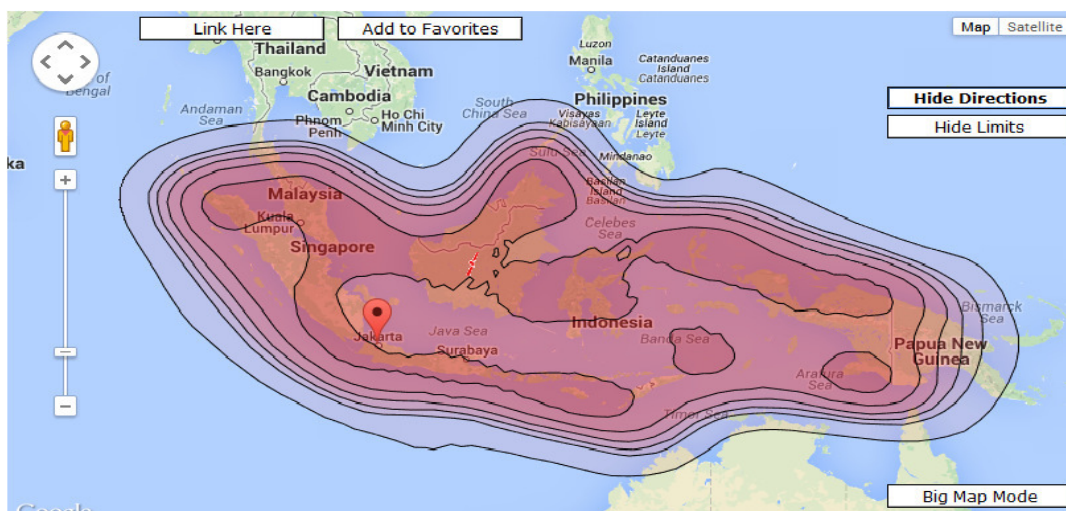


GAMBAR 2. Perancangan VSAT mobile system.

Dari gambar 2, terlihat bahwa perancangan sistem VSAT mobile ini menggunakan satu antena *uplink* yang akan mengirim sinyal ke satelit, kemudian diterima oleh satelit dan menguatkannya kembali sebelum sinyal tersebut dikirim kembali ke stasiun bumi sebagai penerima, parameter satelit seperti tabel 1.

TABEL 1. Satelit parameter Palapa D

Nama Satelit	PALAPA D
Posisi	113 ⁰ E
EIRP	54 dBW
Frekuensi Kerja	Ku-Band
Sensitifitas Satelit	-140 dBW
TWTA (Travelling Wave Tube Amplifier) Power	200 Watt
G/T	8 dB/ ⁰ K



GAMBAR 3. Satelit parameter palapa D.

Dari gambar diatas menunjukkan beam atau cakupan daerah yang dapat dijangkau oleh satelit. Terlihat pada gambar bahwa daerah pulau Sumatra, Kalimantan dan Jawa mendapat sinyal pancaran yg kuat dari satelit, namun pada daerah timur Indonesia daya pancar satelit kurang kuat. Ini mempengaruhi oleh letak satelit, dimana satelit Palapa D terletak di daerah barat

Indonesia. Satelit Palapa D mengoperasikan hanya lima *transponder* Ku-Band pada frekuensi *up-link* 14.298 – 14.458 GHz dan frekuensi *down-link* 12.250 – 12.710 GHz.

CENTER FREQUENCY TRANSPONDER HORIZONTAL KU-BAND					
	1	2	3	4	5
Uplink	14298	14338	14378	14418	14458
Downlink	12550	12590	12630	12670	12710

Title : Center Frekuensi KU-Band	
Last Up date : May 2014	Drawing By : RPL
File : SATELIT. vsd	

GAMBAR 4. Center Frekuensi Ku-Band satelit Palapa D

Perancangan *uplink*

Penentuan Lokasi Stasiun Bumi *Uplink*

Dalam perancangan sistem *uplink* maupun *downlink* harus diperhatikan kondisi lingkungan sekitar, jangan ada gedung, pohon, atau bangunan lain yang dapat menghalangi arah antenna. Karena dalam komunikasi VSAT arah antenna tidak boleh terhalang atau LOS (*line of sight*) untuk memaksimalkan daya yang dipancarkan atau diterima oleh antenna.

Perancangan Antena *Uplink*

Untuk menentukan antenna yang akan digunakan perlu dilakukan perhitungan untuk menentukan diameter antenna dan HPA (*High Power Amplifier*) yang akan digunakan agar daya pancar antenna dapat diterima oleh satelit. *Uplink Path Loss* atau redaman total arah *uplink* (L_{Tot})_{up} adalah merupakan besarnya total nilai pengurangan daya sinyal kirim dari stasiun bumi selama menempuh propagasi ke antenna penerima pada satelit yang dipengaruhi oleh *free space loss* arah *uplink*, *redaman hujan*, *redaman atmosfer* dan *pointing loss*.

$$L_{Tot} = FSL_{UP} + \text{Redaman Hujan} + \text{Redaman Atmosfer} + \text{Tracking Loss}$$

Perancangan Antena *Downlink*

Downlink Path loss atau redaman total arah *downlink* (L_{TOT})_{down} adalah merupakan besarnya total nilai pengurangan daya sinyal kirim dari satelit selama menempuh propagasi ke antenna penerima pada stasiun bumi yang dipengaruhi oleh *free spce loss* arah *downlink*, *redaman hujan*, *redaman atmosfer* dan *loss Tracking*.

$$L_{Tot} = FSL_{DOWN} + \text{Redaman Hujan} + \text{Redaman Atmosfer} + \text{Tracking Loss}$$

Perancangan Remote Vsat Mobile

Remote VSAT terdiri atas beberapa komponen, yaitu antenna, BUC (*Block Up Converter*), LNB (*Low Noise Block*), modem, dan kabel coaxial. Antenna parabola VSAT Mobile dengan diameter reflektor 1.2 m mempunyai beberapa bagian yaitu *reflektor dish*, *feed support*, *feedhorn*, *mounting*, dan *frame antenna*.

Antena (ODU) Remote Vsat Mobile

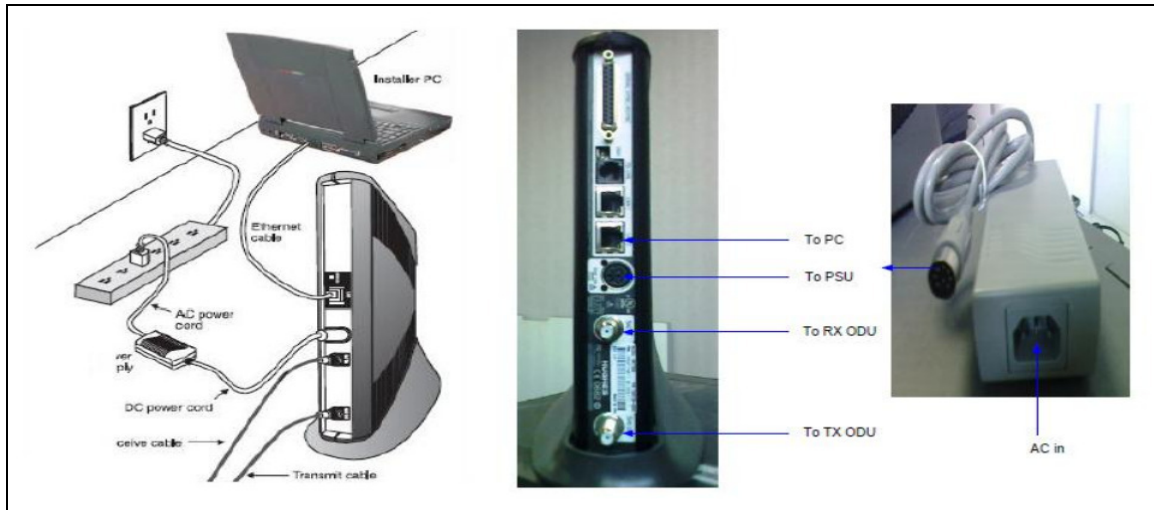
Antena parabola berfungsi sebagai penguat sinyal yang diterima dari satelit ataupun penguat sinyal yang dipancarkan ke arah satelit. Sinyal yang berasal dari BUC dipancarkan oleh *feedhorn* yang di tempatkan di titik fokus dari sebuah *reflektor*, untuk kemudian dipantulkan ke arah satelit oleh *reflektor*. Demikian pula gelombang radio yang diterima dari satelit dikumpulkan oleh *feedhorn* untuk kemudian disalurkan ke LNB. Tipe antenna parabolic pada vsat yaitu: *Offset*, *Center*, *Gregorian* dan *Cassegrain*

Perangkat (IDU) Remote Vsat Mobile

Modem VSAT

Modem digunakan untuk mengubah sinyal gelombang radio menjadi data. Pada sistem VSAT IP data yang dikeluarkan bukan lagi *raw-data* tetapi sudah dalam bentuk paket data IP.

Demikian pula sebaliknya, *packet data* IP yang datang diubah oleh modem ke dalam bentuk gelombang radio. Modem HX-50 Hughes, merupakan modem dengan *Voice over IP* (VoIP) yang dirancang untuk menyediakan kemampuan VoIP terpadu, serta kecepatan akses tinggi untuk komunikasi data. HX-50 memiliki fleksibilitas untuk menangani berbagai kebutuhan jaringan IP *enterprise*.



GAMBAR 5. Instansi pada konfigurasi modem HX-50.

Modem digunakan untuk mengubah sinyal gelombang radio menjadi data. Pada sistem VSAT IP (*Internet Protocol*) data yang dikeluarkan bukan lagi *raw data* tetapi sudah dalam bentuk paket data IP. Demikian pula sebaliknya, *packet data* IP yang datang diubah oleh modem ke dalam bentuk gelombang radio. Modem Vsat yang termasuk jenis modem HX-50 Hughes, merupakan modem dengan *Voice over IP* (VoIP) yang dirancang untuk menyediakan kemampuan VoIP terpadu, serta kecepatan akses tinggi. Lampu indikator pada modem berfungsi memberikan tanda bahwa modem telah berjalan sampai level yang ada pada indikator tersebut, sehingga jika pada saat proses pointing lampu indikator pada modem tidak menyala semua itu menandakan bahwa modem mengalami gangguan sesuai dengan nyala lampu yang mati. Jika semua lampu pada modem menyala semua dan nilai SQF bagus maka langkah selanjutnya adalah mengecek fungsi antenna VSAT tersebut dengan membuka situs atau web seperti facebook dsb, jika internet dapat digunakan dengan lancar maka proses *pointing* dikatakan sukses.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada sisi uplink ada beberapa hal yang akan mempengaruhi daya pancar stasiun bumi ke satelit, antara lain EIRP pada antenna uplink dan cuaca. Untuk itu perlu adanya cara untuk menambah ketahanan terhadap cuaca dengan cara menaikkan nilai EIRP stasiun bumi *uplink*.

Perhitungan EIRP antenna Uplink

Untuk perhitungan EIRP antenna pemancar dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$[EIRP]_{dB} = P_{TX} (dBW) - L_{FTX} (dB) + G_{dB}$$

Dimana:

P_{TX} : 5 Watt = 6.9 dBW

L_{FTX} : 0,52 dB Feeder Anrew Heliac LDF4-50A (losses: 0,26/m) sepanjang 5 m

$RSL_{(sat)}$: mendekati batas sensitifitas satelit = -140 dBW

$G_{(sat)}$: 98 dBi

Maka Gain antenna:

$$RSL_{(sat)} = EIRP_{UP} - L_{TOT}$$

$$\begin{aligned}
 -140 \text{ dBW} &= \text{EIRP}_{\text{UP}} - 215,89 \text{ dB} \\
 \text{EIRP}_{\text{UP}} &= 215,89 - 140 \text{ dBW} \\
 \text{P}_{\text{TX}}(\text{dBW}) - \text{L}_{\text{FTX}}(\text{dB}) + \text{G}_{\text{dB}} &= 75,89 \text{ dBW} \\
 6,9 \text{ dBW} - 0,52 + \text{G}_{\text{dB}} &= 75,89 \text{ dBW} \\
 \text{G}_{\text{dB}} &= 69,51 \text{ dBi}
 \end{aligned}$$

Dengan mengetahui G antenna *uplink* yang akan digunakan, maka akan dapat ditentukan diameter antenna dengan menggunakan rumus. (η = efisiensi aperture 0,55 – 0,814)

$$\begin{aligned}
 \text{G}_{\text{max}}(\text{dBi}) &= 10 \log \eta (\pi \cdot D \cdot f / C)^2 \\
 9,51 \text{ dBi} &= 10 \log (0,55) (3,14 \times D \times 14458 / 3 \times 10^8)^2 \\
 69,51 \text{ dBi} &= 10 \log (0,55) (2,28 \times 10^8) \\
 D &= 69,51 / 80,96 \\
 &= 0,85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan daya pancar antenna *uplink* atau EIRP sebesar 75,83 dBW diperlukan antenna dengan diameter sebesar 0,85 m

$$[\text{EIRP}]_{\text{dB}} = \text{P}_{\text{TX}} (\text{dBW}) - \text{L}_{\text{FTX}} (\text{dB}) + \text{G}_{\text{dB}}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 \text{P}_{\text{TX}} &= 5 \text{ Watt} = 6.9 \text{ dBW} \\
 \text{L}_{\text{FTX}} &= 0,52 \text{ dB Feeder Anrew Heliac LDF4-50A (losses:0,26/m) sepanjang 5 m} \\
 \text{G}_{\text{dB}} &= 69,51 \text{ dBi}
 \end{aligned}$$

Maka nilai EIRP:

$$\begin{aligned}
 [\text{EIRP}]_{\text{dB}} &= \text{P}_{\text{TX}} (\text{dBW}) - \text{L}_{\text{FTX}} (\text{dB}) + \text{G}_{\text{dB}} \\
 &= 6,9 \text{ dBW} - 0,52 \text{ dB} + 69,51 \text{ dBi} \\
 &= 75,89 \text{ dBW}
 \end{aligned}$$

Jika salah satu jenis antenna yang ada dirancang, misal prodeline 1,2 m dimasukkan kedalam persamaan-persamaan diatas akan menghasilkan G_{max} (dBi) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{G}_{\text{max}} (\text{dBi}) &= 10 \log \eta (\pi \cdot D \cdot f / C)^2 \\
 &= 10 \log (0,55(3,14 \times 1,2 \times 14458 / 3 \times 10^8)^2 \\
 &= 10 \log (1,81 \times 10^8) \\
 &= 77,4 \text{ dBi} \\
 [\text{EIRP}]_{\text{dB}} &= \text{P}_{\text{TX}} (\text{dBW}) - \text{L}_{\text{FTX}} (\text{dB}) + \text{G}_{\text{dB}} \\
 &= 6,9 \text{ dBW} - 0,52 \text{ dB} + 77,4 \text{ dBi} \\
 &= 83,78 \text{ dBW}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Uplink Path Loss

FSL untuk antenna pemancar dapat ditentukan dengan cara , diketahui frekuensi penerimaan *uplink* yang digunakan adalah 14,458 GHz dan jarak dari satelit ke antenna penerima 36000 Km.

$$\begin{aligned}
 \text{FSL}_{\text{UP}} (\text{dB}) &= 20 \log (d) + 20 \log (f) + 92,44 \\
 &= 20 \log (36000) + 20 \log (14,458) + 92,44 \\
 &= 91,12 + 23,20 + 92,44 \\
 &= 206,76 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Data dari pengamatan grafik dan tabel diketahui nilai redaman hujan sebesar 8 dB, redaman atmosfer 0,73 dB dan *Loss Tracking* sebesar 0,4 dB. Maka *uplink path loss* dapat diketahui sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{L}_{\text{Tot}} &= \text{FSL}_{\text{UP}} + \text{Redaman Hujan} + \text{Redaman Atmosfer} + \text{Tracking Loss} \\
 &= 206,76 \text{ dB} + 8 \text{ dB} + 0,73 \text{ dB} + 0,4 \text{ dB} \\
 &= 215,89 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

C/N Uplink

Persamaan *uplink* untuk transmisi dapat ditulis secara langsung dengan mensubtitusikan nilai-nilai kedalam persamaan dasar *link* dibawah ini:

$$C/N_{\text{UP}} = \text{EIRP}_{\text{UP}} - \text{L}_{\text{TOT}} + G/T_{\text{SAT}} - k - 10 \log B$$

Dimana:

- EIRP_{UP} : 75,89 dBW
- L_{TOT} : 215,89 dB
- G/T_{SAT} : G/T Satelit 8 dB/⁰K
- K : Konstanta Boltzman = -228.6 (dBW/⁰K – Hz)
- B : Bandwidth Ocuupation = 36 MHz

$$\begin{aligned}
 C/N_{UP} &= EIRP_{UP} - L_{TOT} + G/T_{SAT} - k - 10 \log B \\
 &= 75,89 - 215,89 + 8 + 228,6 - 10 \log 36 \times 10^6 \\
 &= 21,03 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian menggunakan uplink berdiameter 1,2 dalam perancangan ini didapatkan EIRP sebesar 83,78 dBW. Ini akan mengakibatkan perubahan nilai pada C/N pada sisi *uplink*.

$$C/N_{UP} = EIRP_{UP} - L_{TOT} + G/T_{SAT} - k - 10 \log B$$

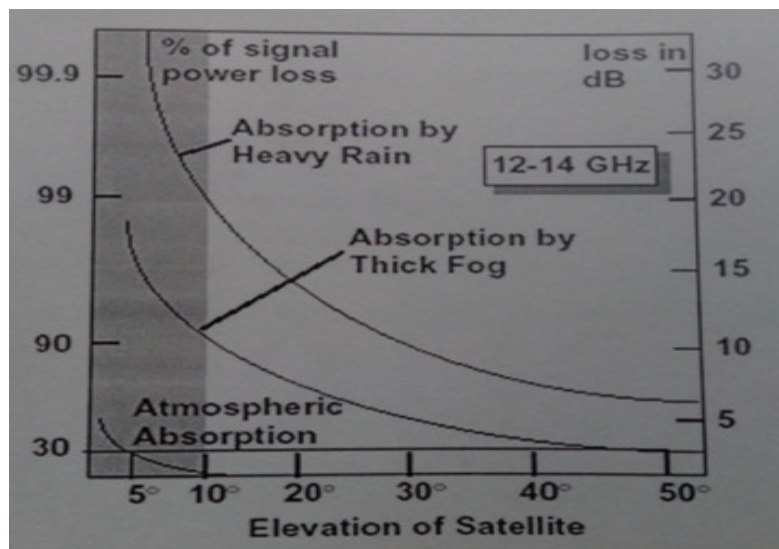
Dimana:

- EIRP_{UP} : 83,78 dBW
- L_{TOT} : 215,89 dB
- G/T_{SAT} : G/T Satelit 8 dB/⁰K
- K : Konstanta Boltzman = -228.6 (dBW/⁰K – Hz)
- B : Bandwidth Ocuupation = 36 MHz

$$\begin{aligned}
 C/N_{UP} &= 83,78 - 215,89 + 8 + 228,6 - 10 \log 36 \times 10^6 \\
 &= 28,92 \text{ dB} = 29 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Redaman Hujan *Uplink*

Efek hujan adalah atenuasi atau redaman yang ditimbulkan oleh karena adanya hujan turun. Nilai redaman hujan bersifat fluktuatif atau berubah-ubah tergantung nilai curah hujan dan lintasan curah hujan pada suatu daerah.



GAMBAR 6. Grafik penentuan nilai redaman hujan

Dari grafik di atas terlihat bahwa nilai redaman hujan pada frekuensi ku-band untuk range 12 GHz – 14 GHz pada sudut elevasi 70,9⁰ sekitar 8 dB.

Redaman Atmosfer *Uplink*

Rugi-rugi ini adalah rugi-rugi yang disebabkan oleh kumpulan gas berada pada atmosfer bumi, gas ini dapat berupa oksigen dan uap air yang menyebabkan redaman kepada sinyal. Karakteristik dari rugi-rugi ini tergantung kepada frekuensi, sudut elevasi dan ketinggian diatas

permukaan laut. Untuk frekuensi dibawah 10 GHz, besar rugi atmosfer ini dapat diabaikan, tetapi jika menggunakan frekuensi diatas 10 GHz, dengan sudut elevasi yang kecil, maka rugi ini diperlukan diperhitungkan sesuai tabel berikut. Dari tabel 2.3 terlihat nilai redaman atmosfer untuk frekuensi kerja $13 < f$ memiliki nilai redaman sebesar 0.73 dB. Ini dikarenakan frekuensi kerja antenna *uplink* berada pada frekuensi 14.458 GHz.

Loss Tracking Uplink

Ketika sebuah link satelit dibangun, kondisi yang diharapkan secara teori adalah bahwa posisi dari stasiun bumi diatur sedemikian rupa sehingga mendapatkan *gain* yang maksimum. Tetapi pada prakteknya, akan terdapat selisih sudut dalam beberapa derajat yang terjadi dalam penjejakan satelit yang akan menimbulkan penurunan *gain* beberapa dB.

Untuk beberapa keadaan menggunakan frekuensi Ku-Band, dapat dilihat pada tabel sbb;

TABEL 1. Karakteristik Stasiun Bumi Ku-band dengan Efisiensi 60%

Diameter Antena	TX Gain	RX Gain	Uplink Losses	Downlink Losses	Tracking
1,2	42,6	40,5	0,4	0,2	FIXED
1,8	46,1	44	0,7	0,5	FIXED
2,4	48,7	46,6	1,1	0,8	FIXED
3,7	52,5	50,3	1,2	0,9	MANUAL
5,6	56,1	53,9	0,8	0,7	MANUAL
7	58	55,8	0,5	0,5	STEPTRACK
8	59,2	57	0,5	0,5	STEPTRACK

Terlihat pada tabel diatas bahwa nilai Loss Tracking berbeda-beda tergantung ukuran diameter antena dan cara tracking yang dilakukan. Untuk perancangan ini menggunakan antena 1.2meter diasumsikan memiliki nilai redaman skitar 0.4 dB.

Pembahasan Downlink

Pada sisi downlink ada beberapa hal yang akan mempengaruhi daya pancar satelit ke stasiun bumi penerima, antara lain cuaca dan antena penerima itu sendiri. Untuk itu perlu adanya cara untuk menambah ketahanan terhadap cuaca dengan cara menaikkan nilai gain pada antena penerima dengan menaikkan besar diameter antena penerima.

Perhitungan Downlink Path Loss

FSL untuk antena penerima dapat ditentukan dengan cara diketahui frekuensi penerimaan *downlink* yang digunakan adalah 12,710 GHz dan jarak dari satelit ke antena penerima 36000 Km.4

$$\begin{aligned}
 FSL_{DOWN} \text{ (dB)} &= 20 \log (d) + 20 \log (f) + 92,44 \\
 &= 20 \log (36000) + 20 \log (12,710) + 92,44 \\
 &= 91,12 + 22,08 + 92,44 \\
 &= 205,64 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Dari data pengamatan grafik dan tabel diketahui nilai redaman hujan sebesar 8 dB, redaman atmosfer 0,53 dB dan Loss Tracking sebesar 0,2 dB, maka downlink path loss dapat diketahui sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 L_{Tot} &= FSL_{DOWN} + \text{Redaman Hujan} + \text{Redaman Atmosfer} + \text{Tracking Loss} \\
 &= 205,64 \text{ dB} + 8 \text{ dB} + 0,53 \text{ dB} + 0,2 \text{ dB} \\
 &= 214.37 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

RSL (Receive Signal Level)

RSL merupakan besar daya yang diterima oleh antena penerima stasiun bumi dari satelit dimana besar nilai RSL akan mempengaruhi nilai *fading margin* stasiun bumi penerima. Untuk melakukan perhitungan terhadap RSL stasiun bumi perlu diketahui beberapa parameter berikut:

$$\begin{aligned}
 EIRPsat &= 54 \text{ dBW} \\
 L_{Tot} &= 214.37 \text{ dB} \\
 RSL &= -70 \text{ dBW (diasumsikan)} \\
 \text{Gain LNB} &= 60 \text{ dB} \\
 RSL &= EIRPsat - L_{tot} + G_{RX} + G_{LNB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -70 &= 54 - 214,37 + G_{RX} + 60 \\ G_{RX} &= 30,37 \text{ dBi} \end{aligned}$$

Jika dengan mengetahui G antena *uplink* dipasaran *skyware*, maka akan ditentukan diameter antena dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} G_{max} &= 10 \log \eta (\pi.D.f / C)^2 \\ 30.37 &= 10 \log (0,55) (3,14 \times D \times 12710 \times 10^6 / 3 \times 10^8)^2 \\ D &= -2.59 (1.769) / 30.37 = 0.14 \text{ m} \\ D &= 14 \text{ cm} \\ RSL &= EIRPsat - Ltot + G_{RX} + G_{LNB} \\ &= 54 - 214.37 + 30.37 + 60 \\ &= -70 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Dengan demikian antena 1,2 m memiliki nilai

$$\begin{aligned} G_{max} &= 10 \log \eta (\pi.D.f / C)^2 \\ &= 10 \log (0,55) (3,14 \times 1,2 \times 12710 \times 10^6 / 3 \times 10^8)^2 \\ &= -2.59 (2.54) = -6.57 \text{ dBi} \\ RSL &= EIRPsat - Ltot + G_{RX} + G_{LNB} \\ &= 54 - 214.37 + (-6.57) + 60 \\ &= -86.06 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Perhitungan *Fading Margin*

Fading margin adalah level daya yang harus dicadangkan yang besarnya merupakan selisih antara daya rata-rata yang sampai dipenerima dan level sensitivitas penerima. Berdasarkan perhitungan standar fading margin untuk komunikasi vsat ukuran diameter antena yang kecil pada frekuensi tinggi sangat rentan terhadap redaman. Untuk mengurangi redaman diperlukan penggunaan antena penerima lebih besar, seperti antena penerima berdiameter 1,2 m akan menghasilkan nilai fading margin yang lebih besar.

$$F = RSL - R_{th}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} RSL &= -86.06 \text{ dBm} \\ R_{th} &= \text{level sensitivitas penerima (treshold)}(\text{dBm atau dBW}) \\ &\text{Diketahui level sensitivitas penerima pada antena -80 dBm} \\ F &= RSL - R_{th} \\ &= -86.06 - (-80) = -6.06 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan antena 1,2 m akan menghasilkan nilai fading margin sebesar -6.06 dBm

Perhitungan Derau Suhu Sistem

Adalah penjumlahan dari derau suhu penerima, derau suhu antena termasuk *feeder* dan derau suhu dari langit. Besarnya derau suhu ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$T_{sistem} = T_{ant} / L + (1-1 / L) T_0 + T_e$$

Dimana:

$$\begin{aligned} L &= 1 \text{ dB} \\ T_e &= 45^0 \text{ K (Spesifikasi LNB)} \\ T_0 &= \text{suhu standar } 290^0\text{K} \\ T_{ant} &= 30^0\text{K (Spesifikasi antena penerima)} \\ T_{system} &= T_{ant} / L + (1-1 / L)T_0 + T_e \\ &= 30 / 1 + (1-1 / 1)290 + 45 \\ &= 75^0\text{K} \end{aligned}$$

Perhitungan Kepekaan Sistem (*Figure of Merit*)

Ini dapat disebut juga *Gain-to-Noise Temperature Ratio*. Parameter ini sering digunakan pada setiap komunikasi dengan menggunakan ruang bebas yang didefinisikan sebagai $G / T_{SB} = G_{dB} - 10 \log T_{sys}$

Dimana:

$$\begin{aligned} G_{dB} &= -6.57 \text{ dBi} \\ T_{SB} &= 75^0 \text{ K} \\ G / T_{SB} &= G_{dB} - 10 \log T_{sys} \\ &= -6.57 - 10 \log 75 \\ &= 25.3 \text{ dB}^0\text{K} \end{aligned}$$

Perhitungan C/N Downlink

Persamaan *downlink* untuk transmisi dari satelit menuju stasiun bumi penerima dapat ditulis secara langsung dengan mensubstitusikan nilai-nilai kedalam persamaan dasar *link* dibawah ini.

$$C/N_{DOWN} = EIRP_{DOWN} - L_{TOT} + G/T_{SB} - k - 10 \log B$$

Dimana:

$$\begin{aligned} EIRP_{sat} &= 54 \text{ dBW} \\ FSL_{DOWN} \text{ (dB)} &= 205,64 \text{ dB} \\ L_{ABS} &= \text{Rugi-rugi Absorpsi } 0,73 \text{ dB} \\ G/T_{SB} &= 25.3 \text{ dB}^0\text{K} \\ K &= \text{Konstanta Boltzman} = -228.6 \text{ (dBW}^0\text{K} - \text{Hz)} \\ B &= \text{Bandwidth Occupation} = 36 \text{ MHz} \\ C/N_{DOWN} &= EIRP_{DOWN} - L_{TOT} + G/T_{SB} - K - 10 \log B \\ &= 54 - 214.37 \text{ dB} + 25.3 + 228.6 - 10 \log 36 \times 10^6 \\ &= 17.97 \text{ dB} = 18 \text{ dB} \end{aligned}$$

Perhitungan C/N Total

Nilai dari C/N total merupakan penjumlahan dari C/N *up-link* dan C/N *down-link* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$(C/N) = \frac{1}{\frac{1}{(C/N)_{Uplink}} + \frac{1}{(C/N)_{Downlink}}}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} C / N \text{ Uplink} &= 29 \text{ dB} \\ C / N \text{ Downlink} &= 18 \text{ dB} \\ (C/N)_{total} &= \frac{1}{\frac{1}{29} + \frac{1}{18}} \end{aligned}$$

Maka C/N_{total} = 11.11 dB

Dari keseluruhan perhitungan yang telah dilakukan pada penelitian ini akan menghasilkan perancangan seperti tabel dibawah ini:

TABEL 2. Perhitungan C/N Margin

Perhitungan Antena	EIRP (dBW)	Redaman Total (dB)	G/T (dB ⁰ K)	C/N (dB)
Uplink 1,2 m	69,51	215,89	8	29
Downlink 1,2 m	54	205.64	25.3	18

Dari tabel 2, didapat beberapa poin untuk menghasilkan kualitas link vsat yang dapat menambah ketahanan terhadap redaman hujan.

- Antena *uplink* sesuai perhitungan adalah antena berdiameter 0,85 m, namun untuk menghasilkan daya pancar yang optimal dan meningkatkan ketahanan terhadap redaman hujan maka digunakan antena berdiameter 1,2 m.
- HPA yang digunakan pada perhitungan adalah HPA 5 Watt, namun untuk memaksimalkan daya pancar antena maka besar HPA yang digunakan dapat bervariasi nilainya sesuai kebutuhan *uplink*.
- Antena *downlink* sesuai perhitungan adalah antena berdiameter 14 cm, namun untuk menghasilkan daya terima yang optimal dan meningkatkan ketahanan terhadap redaman hujan maka digunakan antena berdiameter 1200 cm atau 1,2 m.

KESIMPULAN

Dari perhitungan sistem uplink dengan antena pemancar berdiameter 1,2 m dan sistem downlink dengan penerima 1,2 m didapat nilai C/N_{uplink} 29dB dan nilai C/N_{downlink} sebesar 18dB sehingga C/N total 11,11dB. Pada penghitungan didapat RSL untuk perancangan antena VSAT mobile ini dengan antena penerima 1,2 m adalah $-86,06$ dBm, membuktikan bahwa perhitungan yang dilakukan untuk perancangan antena VSAT mobile pada frekuensi ku-band dapat digunakan sebagai acuan untuk realisasi sebagai akses komunikasi data kedepannya yang dapat dibawa ke manapun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ha. Tri T., "*Digital Satellite Communication*", McGraw Hill., Canada, 1990.
- [2] Pamungkas, Wahyu, "Diktat Kuliah Komunikasi Satelit",
- [3] Lutfy, "Teori Tentang Satelit dan Vsat", CV. Penerbit Alumni, Jakarta, 2014.
- [4] Roddy.Dennis, "Satellite Communication 2nd Edition", Mc Graw-Hill. Canada, 1996.
- [5] Indosat. PT, "POINT TO PALAPA", <http://www.palapasat.com/palapad.php>
- [6] PALAPA-D Characteristic.html, 03.05.2014.
- [7] Palapa Satellite Indosat Singapore, "World's leading provider of telecommunications services", <http://www.indosatsingapore.com/infrastructure/palapa-satellite.html>, 17.05.2014.
- [8] Fatonah. Nurul, "Design Link Budget", http://www.academia.edu/4831868/Design_Link_Budget/NURUL_FATONAH_TELKOM_PURWOKERTO_2013.pdf, 09.05.2014.