

**MAKALAH
SISTEM KOMUNIKASI SATELIT**

**ANALISA PERHITUNGAN LINK BUDGET
LINK CIBINONG - MERAUKE**



Disusun oleh

**DWI GIOVANNI
15101047**

Dosen Pengampu: Imam MPB,S.T.,M.T

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2018

**MAKALAH
SISTEM KOMUNIKASI SATELIT**

**ANALISA PERHITUNGAN LINK BUDGET
LINK CIBINONG - MERAUKE**



Disusun oleh

**DWI GIOVANNI
15101047**

Dosen Pengampu: Imam MPB,S.T.,M.T

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2018

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	III
DAFTAR GAMBAR	V
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	1
1.3 BATASAN MASALAH	2
1.4 TUJUAN	2
1.5 MANFAAT	2
BAB 2 DASAR TEORI	3
2.1 KU-BAND	3
2.2 PARAMETER LINK BUDGET	4
2.2.1 ANTENA STASIUN BUMI	4
2.2.1.1 <i>Azimuth dan Elevasi</i>	4
2.2.1.2 <i>Slant Range</i>	5
2.2.2 GAIN ANTENA	5
2.2.3 INTERFERENSI	6
2.2.4 EFFECTIVE ISOTROPIC RADIATED POWER (EIRP)	7
2.2.5 FIGURE OF MERIT (G/T)	8
2.2.6 <i>INPUT BACK OFF (IBO) DAN OUTPUT BACK OFF (OBO)</i>	9
2.2.7 <i>POWER FLUX DENSITY (PFD)</i>	10
2.2.8 <i>SATURATED POWER DENSITY (SFD)</i>	10
2.2.9 REDAMAN ATTENUATOR	10
2.2.10 REDAMAN HUJAN	10
2.2.11 REDAMAN RUANG BEBAS	13
2.2.12 <i>CARRIER TO NOISE (C/N)</i>	13
2.2.13 <i>CARRIER TO NOISE REQUIRED (C/N)_{REQ}</i>	13
2.2.14 <i>BANDWIDTH DAN DAYA CARRIER</i>	14
2.2.15 <i>DELAY PROPAGASI</i>	15
BAB 3 PERHITUNGAN	16
3.1 DAERAH PERANCANGAN	16
3.2 MENENTUKAN TRAFIK	16
3.3 PERHITUNGAN LINK BUDGET	17
3.3.1 PERHITUNGAN LINK BUDGET	17
3.3.2 MENENTUKAN $(C/N)_{REQ}$	18
3.3.3 PERHITUNGAN SUDUT ELEVASI, SUDUT AZIMUTH DAN <i>SLANT RANGE</i>	19
3.3.3.1 <i>Perhitungan Sudut Elavasi</i>	19
3.3.3.2 <i>Perhitungan Sudut Azimuth</i>	19
3.3.3.3 <i>Perhitungan Slant Range</i>	19
3.3.4 PERHITUNGAN REDAMAN	19
3.3.4.1 <i>Redaman Ruang Bebas</i>	20

3.3.4.2	<i>Redaman Hujan</i>	20
3.3.4.3	<i>Redaman Attenuator</i>	22
3.3.4.4	<i>Redaman Salah Sorot</i>	22
3.3.5	SUHU DERAU PERANGKAT	22
3.3.6	PERHITUNGAN INTERFERENSI.....	23
3.3.7	MENENTUKAN (C/N).....	23
3.3.7.1	<i>Komunikasi Inroute</i>	24
3.3.7.2	<i>Komunikasi Outroute</i>	25
3.3.8	MENENTUKAN KEBUTUHAN <i>POWER SATELIT</i>	27
3.4	<i>DELAY PROPAGASI</i>	27
BAB 4 KESIMPULAN		29
DAFTAR PUSTAKA		30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Interferensi antar satelit.....	7
Gambar 2.2 IBO dan OBO.....	9
Gambar 2.3 Sketsa penentuan redaman hujan.....	11

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kondisi wilayah Indonesia yang berbentuk kepulauan dengan banyak daerahnya sangat terpencil yang masih minim infrastrukturnya membuat sistem komunikasi satelit menjadi populer. Salah satu kemajuan dari sistem komunikasi satelit adalah dengan ditemukannya teknologi VSAT. Teknologi VSAT menawarkan beberapa kelebihan yang tidak dimiliki jaringan terestrial terutama karena harganya yang relatif murah dan kemudahan instalasinya serta cakupannya yang luas.

Untuk keperluan telekomunikasi komersial frekuensi yang biasa digunakan adalah C, Ku, Ka-band. C-band adalah frekuensi paling populer digunakan di Indonesia, frekuensinya yang rendah relatif lebih tahan terhadap gangguan hujan. Namun, penggunaan frekuensi C-band sudah tidak lagi mencukupi kebutuhan komunikasi yang akan datang. Alternatif solusi dengan pemakaian frekuensi yang lebih tinggi dari C-band yaitu Ku-band. Keuntungan dari frekuensi Ku-Band yaitu dengan antena yang lebih kecil dapat menghasilkan bandwidth yang besar (*broadband*), pemakaian frekuensi Ku-band juga terhindar dari interferensi karena relatif tidak dipergunakan di sistem terestrial [1].

Pada tugas ini dilakukan perhitungan *link budget* dari link Hub - Merauke menggunakan frekuensi Ku-band pada satelit Palapa D di Indonesia. Pemilihan *link* Hub – Merauke karena merupakan link terjauh sehingga apabila link Hub – Merauke memenuhi syarat untuk diterapkan maka link-link lain diasumsikan dapat diterapkan pula.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang di atas, maka pada pada tugas ini dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah antara lain :

- 1) Bagaimana perhitungan *link budget* ?
- 2) Bagaimana pengaruh redaman hujan yang terjadi ?

1.3 BATASAN MASALAH

Sebagai guide line dari tugas ini, beberapa Batasan masalah dirumuskan sebagai berikut:

- 1) Perancangan ini diterapkan untuk layanan Teras BRI pada PT. Bank Rakyat Indonesia, Tbk dengan kebutuhan bandwidth masing-masing Teras 64 kbps dan antena yang kecil.
- 2) Data perhitungan diambil dari PT Metrasat dengan demand sesuai dengan kebutuhan pelanggan.
- 3) Perancangan ini menggunakan media transmisi satelit Palapa D milik PT. Indosat, Tbk.
- 4) Perhitungan link budget hanya dilakukan pada link Merauke-Cibinong sebagai link terjauh.

1.4 TUJUAN

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah melakukan perhitungan link budget menggunakan frekuensi Ku-band pada satelit Palapa D.

1.5 MANFAAT

Tugas ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai bagaimana cara melakukan perhitungan *link budget*. Di mana dalam perancangan sistem komunikasi satelit sangat dibutuhkan perhitungan *link budget*.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KU-BAND

Tabel 2.1 menunjukkan jenis-jenis band frekuensi yang biasa digunakan dalam VSAT:

Table 0.1 Jenis band frekuensi satelit [2].

<i>Frequency Band</i>	Range Frekuensi (GHz)
C-band	4 sampai 8
Ku-Band	12 sampai 18
Ka-Band	27 sampai 40

Pada komunikasi VSAT ada yang disebut uplink dan downlink. Uplink adalah sinyal RF yang dipancarkan dari stasiun bumi ke satelit. Downlink adalah sinyal RF yang dipancarkan dari satelit ke stasiun bumi.

Pada dunia internasional, relatif lebih populer penggunaan band frekuensi tinggi seperti Ku-band. Namun di Indonesia lebih populer penggunaan band frekuensi C-band karena sesuai dengan kondisi Indonesia. Pada table 2.2 dapat dilihat perbandingan kelebihan dan kekurangan antara frekuensi C-Band dan Ku-Band [1].

Table 0.2 Perbandingan C-band dan Ku-band [3].

Frekuensi	Keunggulan	Kekurangan
C-Band	<ul style="list-style-type: none"> - Bandwidth lebih murah - Tahan dari redaman hujan 	<ul style="list-style-type: none"> - Membutuhkan antenna lebih besar (min 2-3m) - Powerful (=mahal) RF unit - Hardware lebih mahal - Rentan interferensi microwave link
Ku-Band	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada interferensi dari link microwave dan teknologi lain 	<ul style="list-style-type: none"> - Rentan dari redaman hujan - Relative lebih mahal

	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat dioperasikan pada antenna lebih kecil - Butuh power lebih kecil (RF unit mura 	
--	--	--

2.2 Parameter Link Budget

Link budget adalah kegiatan menghitung dari rencana power yang akan dipancarkan ke satelit dari stasiun bumi untuk mendapatkan suatu nilai $(C/N)_{total}$ dari suatu link. Dalam perhitungan link budget ini besarnya power yang dipancarkan akan tergantung dari: jenis carrier, ukuran antena penerima, karakteristik satelit, lokasi stasiun bumi dan servis yang diharapkan. Dalam mendesain link budget harus diusahakan supaya penggunaan satelit dapat optimal. Yang dimaksud optimal adalah persentase dari penggunaan bandwidth dan power satelit adalah sama [1].

2.2.1 Antena Stasiun Bumi

Beberapa hal yang dihitung pada antena sebuah stasiun bumi, yaitu: sudut azimuth, sudut elevasi dan slant range.

2.2.1.1 Azimuth dan Elevasi

Suatu posisi antenna stasiun bumi dapat diselesaikan dengan menggunakan sudut Azimuth (A) dan sudut Elevasi (E) berdasarkan data posisi lintang (θ_i) dan posisi bujur (θ_L) stasiun bumi serta bujur satelit (θ_s).

Sudut Azimuth didefinisikan sebagai sudut yang diukur searah jarum jam dari posisi utara memotong bidang horizontal TMP dan bidang TSO yaitu melewati stasiun bumi, satelit, dan pusat bumi. Besarnya sudut Azimuth adalah berkisar antara 0^0 sampai 360^0 , tergantung pada lokasi stasiun bumi. Sudut Azimuth (A) diberikan sebagai berikut [4]:

1. Belahan bumi utara

Stasiun bumi terletak di barat satelit: $A = 180^0 - A'$ (derajat)

Stasiun bumi terletak di timur satelit: $A = 180^0 + A'$ (derajat)

2. Belahan bumi selatan

Stasiun bumi terletak di barat satelit: $A = A'$ (derajat)

Stasiun bumi terletak di timur satelit: $A = 360^0 - A'$ (derajat)

dimana A' merupakan sudut positif berdasarkan gambar elevasi (derajat).

Sudut Elevasi (E) didefinisikan sebagai sudut yang dihasilkan dengan memotong bidang horizontal TMP dan bidang TSO dengan garis pandang antara stasiun bumi dan satelit.

Sudut Elevasi (E) dan Azimuth (A) yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E = \tan^{-1} \left[\frac{\cos \varphi - \left(\frac{R_e}{R_e + H} \right)}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}} \right] (\text{derajat})$$

$$A' = \tan^{-1} \left[\frac{\tan L}{\sin \ell} \right] (\text{derajat})$$

Dimana: L = derajat busur (stasiun bumi) – derajat bujur (satelit) (derajat)

ℓ = derajat lintang (stasiun bumi) (derajat)

$\cos \varphi = \cos L \times \cos \ell$

H = jarak bumi ke satelit (km) = 36000 km

R_e = jari-jari bumi (km) = 6378 km

2.2.1.2 Slant Range

Selain sudut “coverage”, sistem link satelit lain yang penting dan tidak boleh diabaikan adalah slant range dari stasiun bumi ke satelit. Dimana range ini merupakan jarak dari suatu stasiun bumi ke satelit. Rumus perhitungan slant range (d) dapat dijelaskan sebagai berikut [5]:

$$d = \sqrt{(R_e + H)^2 + R_e^2 - 2R_e(R_e + H) \times \sin \left[E + \sin^{-1} \left\{ \frac{R_e \times \cos E}{R_e + H} \right\} \right]} (\text{m})$$

2.2.2 Gain Antena

Gain atau penguatan adalah perbandingan antara daya pancar suatu antenna terhadap antenna referensinya dalam hal ini antenna isotropik. Persamaan untuk antenna parabolic adalah sebagai berikut [4]:

$$G = 20.45 + 20 \log f + 20 \log D + 10 \log \eta \text{ (dBi)}$$

Dimana : η = efisiensi antenna f = frekuensi (GHz)

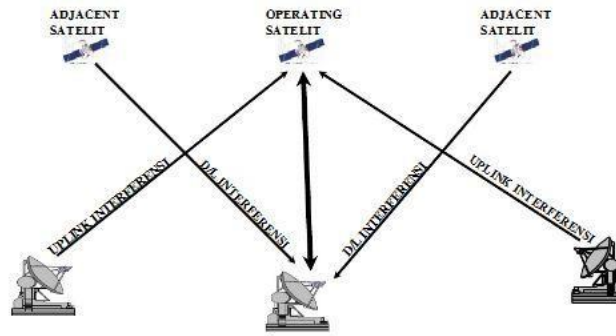
D = diameter antenna (m)

2.2.3 Interferensi

Interferensi merupakan energi frekuensi radio yang tidak diinginkan yang berasal dari sumber interferensi yang timbul pada penerima (receiver). Pada jaringan VSAT terdapat dua tipe interferensi, yaitu [4]:

1. Self Interface
 - a. Co-channel interference merupakan kerugian dari penggunaan pengulangan frekuensi yang bertujuan meningkatkan kapasitas dari sistem karena bandwidth sistem yang terbatas. Interference cochannerl berasal dari isolasi yang tidak sempurna antar beam pada satelit dan juga disebabkan oleh ketidaksempurnaan isolasi antara pengulangan polarisasi orthogonal pada frekuensi yang sama.
 - b. Adjacent Channel Interference merupakan interferensi yang berasal dari daya carrier penginterferensi terhadap sinyal yang diinginkan yang diterima oleh stasiun bumi.
2. External Interference
 - a. Interferensi dari sistem terrestrial.
 - b. Interferensi dari sistem yang berdekatan.

Untuk menganalisa interferensi ke atau dari sistem satelit yang berdekatan maka perlu mempertimbangkan link satelit dan interferensi antara dua sistem satelit A dan satelit B. Gambar 2.1 menunjukkan interferensi antar satelit.



Gambar 0.1 Interferensi antar satelit

Asumsi: jika A sebagai sistem satelit yang tetap dan B sebagai sistem satelit yang dekat dengan A. Selanjutnya link satelit antara stasiun bumi A2 dan stasiun bumi A1 dipengaruhi oleh dua sumber interferensi down link dari satelit B. Maka total ratio carrier terhadap interferensi karena dua sumber interferensi ini menggambarkan interferensi yang dibangkitkan oleh sistem satelit B ke sistem satelit A. Persamaan carrier to interference dirumuskan [4]:

1. Untuk link *uplink*

$$\left(\frac{C}{I}\right)_{up} = EIRP_{VSAT_W} - EIRP_{VSAT_i} + G_{T_{imax}} - 32 + 25 \log \theta + 10 \log B_i (dB)$$

2. Untuk link *downlink*

$$\left(\frac{C}{I}\right)_{down} = EIRP_{VSAT_W} - EIRP_{VSAT_i} + G_{T_{imax}} - 32 + 25 \log \theta + 10 \log B_i (dB)$$

Maka dapat dihitung nilai $\left(\frac{C}{I}\right)_{total}$ sistem yaitu sebagai berikut:

$$\left(\frac{C}{I}\right)_{total} = \left(\frac{C}{I}\right)_{up}^{-1} + \left(\frac{C}{I}\right)_{down}^{-1} (dB)$$

2.2.4 Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

EIRP digunakan untuk menyatakan daya pengiriman dari stasiun bumi atau satelit. EIRP stasiun bumi dilambangkan dengan $EIRP_{ES}$ yang mempunyai persamaan [6]:

$$EIRP_{ES} = 10 \log P_{TX} + 10 \log G_{TX} - 10 \log L_{att} - 10 \log L_T (dBW)$$

Dimana : P_{TX} = daya pancar sinyal carrier pada feeder antenna pemancar (dBw)

G_{TX} = gain antenna pemancar (dB)

L_{att} = redaman *attenuator* (dB)

L_T = redaman salah sorot antenna transmit (dB)

EIRP satelit saturasi yang dilambangkan dengan $EIRP_{SL}$ sat sudah disertakan pada karakteristik satelit yang bersangkutan. Untuk mendapatkan nilai $EIRP_{SL}$, yaitu [5]:

$$EIRP_{SL} = EIRP_{SL sat} - OBO_{CRX} (dBW)$$

2.2.5 Figure of Merit (G/T)

G/T satelit yang dilambangkan dengan $(G/T)_{SL}$ sudah disertakan pada karakteristik satelit yang bersangkutan. G/T stasiun bumi yang dilambangkan dengan $(G/T)_{ES}$ biasanya digunakan untuk menunjukkan performansi antena stasiun bumi dan LNA dalam hubungan sensitifitas carrier down link yang diterima dari satelit. Parameter G merupakan gain antena penerima yang menunjukkan input LNA, sedangkan parameter T didefinisikan sebagai suhu derau perangkat sistem stasiun bumi yang juga merupakan input LNA.

1. Persamaan T dirumuskan [6]:

$$T = \left(\frac{T_a}{L_{att}} \right) + \left(T_F - \frac{T_F}{L_{att}} \right) + T_{eRx} (K)$$

$$T_a = \frac{T_{sky}}{A_{rain}} + T_m \left(1 - \frac{1}{A_{rain}} \right) + T_G (K)$$

Dimana: $T_m = 275 K$

T_{sky} dilihat pada lampiran A-1

$T_G = 290 K$ jika $E < -10^0$

150 K jika $-10^0 < E < 0^0$

50 K jika $0^0 < E < 10^0$

10 K jika $10^0 < E < 90^0$

$T_F = 290^0$

T_{eRX} = temperature noise perangkat: asumsi 40K
 Nilai T yang didapat digunakan untuk menghitung $(G/T)_{ES}$ sebagai berikut:

$$\left(\frac{G}{T}\right)_{ES} = (G_{RX} - (L_R + L_{att})) - 10 \log(T) \left(\frac{dB}{K}\right)$$

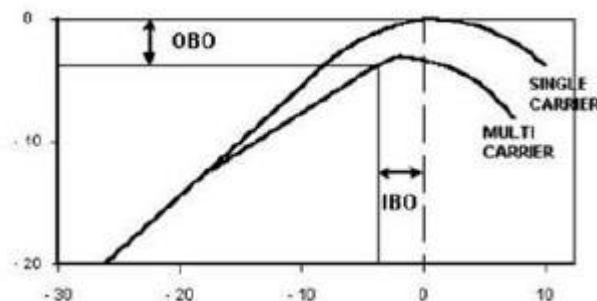
Dimana L_{TR} = redaman salah sorot antenna transmitter atau receiver yang dirumuskan:

$$L_{TR} = 12 \left(\frac{0,1}{\theta_{3dB}}\right)^2 (dB)$$

Dimana : $\theta_{3dB} = 70 \frac{\lambda}{D}$

2.2.6 Input Back Off (IBO) dan Output Back Off (OBO)

IBO merupakan pengurangan daya masukan penguat daya pada transponder agar titik kerja menjadi linear. Sedangkan OBO merupakan penguatan daya keluaran yang disebabkan oleh daya masukan dari IBO. Gambar 2.2 menunjukkan sketsa IBO dan OBO.



Gambar 0.2 IBO dan OBO [7]

IBO dan OBO pada carrier dilambangkan dengan IBO_{CRX} dan OBO_{CRX} yang mempunyai persamaan [5]:

$$IBO_{CRX} = SFD - PFD (dB)$$

$$OBO_{CRX} = IBO_{CRX} - (IBO_{AGG} - OBO_{AGG}) (dB)$$

IBO_{AGG} dan OBO_{AGG} sudah disertakan pada karakteristik satelit yang bersangkutan.

2.2.7 Power Flux Density (PFD)

PFD adalah digunakan untuk menyatakan daya pengiriman dari stasiun bumi pada sebuah area. PFD dapat dihitung sebagai berikut [5]:

$$PFD = EIRP_{ES} - L_{fs} - L_T - A_{rain} + G_1 \text{ (dbW)}$$

dimana: $G_1 = 37$ (kondisi clear sky)

2.2.8 Saturated Power Density (SFD)

SDF adalah daya dari stasiun bumi yang membuat EIRP satelit mencapai titik saturasi yang dilambangkan dengan Φ . Harga SFD_{SL} telah disediakan pada karakteristik satelit yang bersangkutan. Untuk memperoleh nilai SFD pada sebuah stasiun bumi dapat ditulis sebagai berikut [4]:

$$SFD = EIRPS_{ES} - 162,1 - PAD \left(\frac{dBW}{m^2} \right)$$

dimana: PAD = redaman pada feed antena

2.2.9 Redaman Attenuator

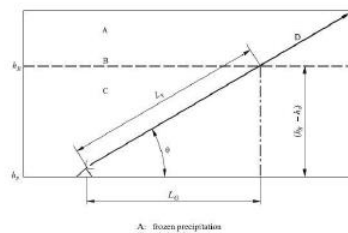
Redaman attenuator atau rugi-rugi saluran yang dilambangkan dengan L_{att} akan terjadi dalam hubungan antara antena penerima dan sifat-sifat penerima. Seperti rugi-rugi dalam penghubung waveguide, filter, dan coupler. Rugi-rugi ini sering disebut dengan 'receiver feeder losses' (RFL). Pada dasarnya (RFL) ini akan ditambahkan dalam (FSL) sebelumnya. Rugi-rugi yang sama akan terjadi dipengaruhi oleh loss dari feeder, konektor duplexer dan filter yang menghubungkan antena pengirim dan keluaran HPA. Dirumuskan dengan persamaan [4]:

$$L_{att} = \text{loss feeder} + \text{loss konektor} + \text{loss duplexer} + \text{loss filter (dB)}$$

2.2.10 Redaman Hujan

Redaman hujan dilambangkan dengan A_{rain} merupakan redaman yang memiliki pengaruh cukup besar terhadap propagasi gelombang dengan frekuensi diatas 10 GHz. Terdapat beberapa metode untuk

menentukan redaman hujan yang terjadi, beberapa yaitu: model ITU-R, model DAH, model Garcia-Lopez, model Crane Global dan model Korea[17]. Ternyata, bahwa setelah dianalisa, model prediksi redaman hujan dari DAH cocok untuk Indonesia, selain model ITU. Model DAH ini sejak 2001 telah menjadi rekomendasi ITU untuk digunakan, (Recommendation no. ITU-R P.618-7)[19]. Gambar 2.3. menunjukkan sketsa untuk menentukan redaman hujan yang terjadi menurut ITU-R. Berikut tahap perhitungan redaman hujan model ITU-R [8]:



Gambar 0.3 Sketsa penentuan redaman hujan [9].

- a. Menentukan tinggi hujan h_R dengan h_o dapat dilihat pada lampiran A-3:

$$h_R = h_o + 0,36 \text{ (km)}$$

- b. Mencari panjang lintasan hujan, L_s dengan h_s : tinggi SB di atas permukaan laut (dilihat pada lampiran A-4):

$$\text{Untuk } E \geq 5^\circ \quad L_S = \frac{(h_R - h_S)}{\sin E} \text{ (km)}$$

$$\text{Untuk } E < 5^\circ \quad L_S = \frac{2(h_R - h_S)}{(\sin^2 E + \frac{2(h_R - h_S)}{R_e})^{1/2} + \sin E} \text{ (km)}$$

Jika $h_R - h_S \leq 0$, hasil perhitungan redaman hujan untuk berbagai macam

availability = 0 dan langkah berikutnya tidak diperlukan lagi.

- c. Menghitung panjang proyeksi lintasan hujan arah horizontal L_G :

$$L_G = L_S \cos E \text{ (km)}$$

- d. Menentukan intensitas hujan $R_{0.01}$ untuk *availability* 99.99% (dilihat pada lampiran A-2). $R_{0.01} = 0$, hasil perhitungan redaman hujan untuk berbagai macam *availability* = 0 dan langkah berikutnya tidak diperlukan lagi.

- e. Mencari redaman spesifik γ_R menggunakan koefisien yang bergantung pada frekuensi (lampiran A-5):

$$\gamma_R = k(R_{0,01})^\alpha \left(\frac{dB}{km}\right)$$

- f. Menghitung faktor reduksi lintasan hujan pada persentase waktu 0,01%:

$$r_{0,01} = \frac{1}{1 + 0.78 \sqrt{\frac{L_g \gamma_R}{f}} 0.38(1 - e^{-2L_g})}$$

- g. Menghitung faktor pengaturan vertikal $v_{0.01}$ untuk persen waktu 0.01%:

$$\zeta = \tan^{-1} \left(\frac{h_R - h_s}{L_G r_{0,01}} \right) \text{ (derajat)}$$

Untuk $\zeta > E$ $L_R = \frac{L_G - r_{0,01}}{\cos E} \text{ (km)}$

Selain itu, $L_R = \frac{(h_R - h_s)}{\sin E} \text{ (km)}$

Jika $\ell < 36^\circ$ $X = 36 - \ell \text{ (derajat)}$

Selain itu, $X = 0$

$$v_{0,01} = \frac{1}{1 + \sqrt{\sin E \left(31(1 - e^{-(E(1+X))}) \frac{\sqrt{L_R \gamma_R}}{f^2} 0.45 \right)}}$$

- h. Mencari panjang lintasan efektif (L_e):

$$L_e = L_R v_{0,01} \text{ (km)}$$

- i. Redaman hujan efektif untuk persen waktu 0,01% adalah:

$$A_{rain}(p = 0.01) = \gamma_R L_e \text{ (dB)}$$

- j. Untuk persentase curah hujan lainnya dengan range persen waktu 0.001% sampai 5 % dapat ditentukan menggunakan hasil redaman hujan pada persen waktu 0.01%:

Jika $p \geq 1\%$ atau $\ell \geq 36^\circ$, $\beta = 0$

Jika $p < 1\%$ atau $\ell < 36^\circ$ dan $E > 25^\circ$, $\beta = -0.005 (\ell - 36)$

Selain itu, $\beta = -0.005 (\ell - 36) + 1.8 - 4.25$

sin E

$$A_{rain}(p) = A_{0.01} \left(\frac{P}{0.01} \right)^{-(0.655+0.033)\ln(p)-0.045 \ln(A_{0.01})-\beta(1-p) \sin E}$$

2.2.11 Redaman Ruang Bebas

Redaman ruang bebas dilambangkan dengan L_{fs} merupakan hilangnya daya yang dipancarkan pada ruang bebas saat pemancaran sehingga tidak seluruh daya dapat diterima oleh antenna penerima. Besar redaman ini dapat ditulis sebagai berikut [10]:

$$L_{fs} = 92.45 + 20 \log d + 20 \log f \text{ (dB)}$$

Dimana: c = kecepatan cahaya = 3×10^8 m/s

d = jarak antara stasiun bumi ke satelit (km)

f = frekuensi up/down converter (GHz)

2.2.12 Carrier to Noise (C/N)

C/N merupakan parameter untuk menentukan kualitas seluruh link.

C/N dapat ditulis sebagai berikut [4]:

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{up} = EIRP_{ES} - L_{up} + \left(\frac{G}{T} \right)_{SL} - K - 10 \log BW_{OC} \text{ (dB)}$$

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{down} = EIRP_{SL} - L_{down} + \left(\frac{G}{T} \right)_{ES} - K - 10 \log BW_{OC} \text{ (dB)}$$

Dimana: L = redaman yang terjadi

Maka dari persamaan diatas, nilai $(C/N)_{total}$ adalah sebagai berikut:

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{total} = 10 \log \frac{1}{(C/N)_{up}^{-1} + (C/N)_{down}^{-1} + \left(\frac{C}{T} \right)^{-1}} \text{ (dB)}$$

2.2.13 Carrier to Noise Required (C/N)_{req}

$(C/N)_{req}$ merupakan faktor untuk menentukan kualitas link. Adapun rumusnya adalah sebagai berikut [4]:

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{req} = \left(\frac{Eb}{No} \right)_{req} + 10 \log \left(\frac{N}{1 + \alpha} \right) \text{ (dB)}$$

Nilai $(E_b/N_0)_{req}$ (dB) diperoleh dari harga BER_{req} sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan pada jaringan VSAT. Nilai $(E_b/N_0)_{req}$ dapat dibaca pada grafik pada lampiran A-6, sehingga didapatkan:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{total} = \left(\frac{C}{N}\right)_{req} + margin \text{ (dB)}$$

Dimana: E_b/N_0 = perbandingan energi tiap bit terhadap noise temperature

N = kecepatan symbol modulasi

α = roll of factor

Nilai BER pada QPSK sendiri dapat dihitung dari persamaan:

$$BER = Q(x) \text{ dengan } x = \sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}$$

2.2.14 Bandwidth dan Daya Carrier

Perhitungan bandwidth untuk suatu carrier ditentukan dari besarnya bit informasi yang dikirim. Hal ini dapat ditulis sebagai berikut [4]:

$$BW_{oc} = \frac{R_b}{FEC} \left(\frac{1 + \alpha}{N}\right) \text{ (Hz)}$$

Dimana: R_b = bit rate informasi FEC = Forward Error Correction

Maka % penggunaan bandwidth pada sebuah transponder dapat ditulis:

$$\% \text{penggunaan bandwidth} = \frac{BW_{allocation}(kHz)}{BW_{transponder}(kHz)} \times 100\%$$

Dimana: 1 transponder = 36 MHz

Untuk menghitung % penggunaan power pada sebuah transponder dapat ditulis:

$$\% \text{penggunaan power} = \frac{EIRP_{SL}(W)}{EIRP_{sat}(W)} \times 100\%$$

Kondisi optimum penggunaan transponder terjadi ketika penggunaan daya dan bandwidth seimbang. Kondisi tidak optimum dapat dioptimumkan dengan cara merubah parameter stasiun bumi atau parameter carrier atau SFD satelit. Bila lebih kecil penggunaan bandwidth dibanding power transponder disebut power limited, sebaliknya disebut bandwidth limited.

2.2.15 Delay Propagasi

Delay adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirim sebuah informasi dari pengirim ke penerima. Pada topologi yang dipakai pada perancangan ini delay propagasi adalah waktu tempuh sebuah informasi dari sebuah stasiun bumi ke hub melalui atau sebaliknya. Besarnya delay propagasi yang dilambangkan dengan t_{SL} dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut [6]:

$$t_{SL} = d/c(s)$$

dimana : c = kecepatan cahaya = 3×10^8 m/s

d = jarak antara stasiun bumi ke satelit (km)

BAB 3

PERHITUNGAN

3.1 DAERAH PERANCANGAN

Daerah yang dianalisis pada tugas akhir ini adalah beberapa daerah di Indonesia yang didapat dari PT Metrasat. Daerah ini menggunakan data lokasi Teras BRI pada PT Bank Rakyat Indonesia, Tbk dengan menggunakan stasiun Hub Telkom Cibinong dengan koordinat lokasi 6°28'LS dan 106°51'BT. Tabel 3.1 menunjukkan lokasi *remote site* dari perancangan jaringan yang dibuat [1].

Tabel 3.1 Lokasi Perancangan [1].

No.	Lokasi	Lat	Long
1	BRI Unit Karang Mulya, Pangkalan Bun, Kalimantan Tengah (Pangkalan Bun)	2°27'LS	111°55'BT
2	BRI Unit Ampera, Merauke, Papua (Merauke)	8°30'LS	140°22' BT
3	BRI Unit Padaherang, Bandung, Jawa Barat (Bandung)	6°53'LS	107°36' BT
4	BRI Unit Danyang, Purwodadi, Jawa Tengah (Purwodadi)	7°6'LS	110°54' BT
5	BRI Unit Pasar Anyar, Singaraja, Denpasar, Bali (Denpasar 1)	8°6'LS	115°5' BT
6	BRI Unit Sambas, Singkawang, Kalimantan Barat (Singkawang)	0°54'LU	109°0'BT
7	BRI Unit Yeh Gangga, Denpasar, Bali (Denpasar 2)	8°35'LS	115°4'BT
8	BRI Unit Pasar Pahing, Kediri, Jawa Timur (Kediri)	7°49'LS	112°1'BT
9	BRI Unit Kartini, Blitar, Jawa Timur (Blitar)	8°5'LS	112°10'BT
10	BRI Unit Baradatu, Palembang, Sumatera Selatan (Palembang)	4°43'LS	104°32'BT

3.2 Menentukan Trafik

Penentuan trafik yang tercantum pada tabel 3.2 pada perancangan ini berdasarkan daftar permintaan pelanggan PT Metrasat yang disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan, yaitu PT Bank Rakyat Indonesia, Tbk. *Rate* hub sebesar 512 kbps.

Tabel 3.2 Data Pelanggan [1].

No.	Kode Lokasi	Rate
1	Pangkal Bun	64 kbps
2	Merauke	64 kbps
3	Bandung	64 kbps
4	Purwodadi	64 kbps
5	Denpasar 1	64 kbps
6	Singkawang	64 kbps
7	Denpasar 2	64 kbps
8	Kediri	64 kbps
9	Blitar	64 kbps
10	Palembang	64 kbps

3.3 PERHITUNGAN LINK BUDGET

3.3.1 Perhitungan Link Budget

Pada perancangan ini router yang terpakai sudah memakai teknologi ACM. Teknologi ACM bekerja secara otomatis menyesuaikan dengan kondisi *remote*. Namun, dalam perancangan ini perlu dihitung bagaimana kualitas sinyal ketika kondisi cuaca pada keadaan terburuk.

Asumsi parameter yang digunakan pada tabel 3.3 adalah ketika kondisi cuaca terburuk sehingga dibutuhkan modulasi yang rendah dan nilai FEC yang tinggi. QPSK dipilih dibandingkan BPSK membutuhkan *bandwidth* yang lebih besar padahal pada komunikasi satelit memiliki transponder terbatas. Pemilihan FEC $\frac{1}{2}$ karena bit redundancy yang ditambahkan lebih banyak sehingga lebih aman bila digunakan dalam kondisi terburuk.

Tabel 3.3 Asumsi parameter-parameter yang digunakan

Parameter	Spesifikasi
Modulasi	QPSK (N = 2)
FEC	½
Overhead dan Code	No
Roll of factor	20%

1. Untuk komunikasi *inroute*

$$R_b = 64 \text{ kbps}$$

Maka *bandwidth* yang dibutuhkan adalah:

$$BW_{oc} = \frac{R_b}{FEC} \left(\frac{1 + \alpha}{N} \right) = \frac{64 \text{ kbps} (1 + 0.2)}{(2 \times 1)} = 76,8 \text{ kHz}$$

$$BW_{allocation} = 76,8 \times 1,2 = 92,16 \text{ kHz}$$

2. Untuk komunikasi *outroute*

$$R_b = 512 \text{ kbps}$$

Maka *bandwidth* yang dibutuhkan adalah:

$$BW_{oc} = \frac{R_b}{FEC} \left(\frac{1 + \alpha}{N} \right) = \frac{512 \text{ kbps} (1 + 0.2)}{(2 \times \frac{1}{2})} = 614,4 \text{ kHz}$$

$$BW_{allocation} = 614,4 \times 1,2 = 737,28 \text{ kHz}$$

Persentase *bandwidth* yang dibutuhkan untuk komunikasi *inroute* dan *outroute* adalah:

$$\% \text{ penggunaan } \textit{bandwidth} \text{ untuk } \textit{inroute} = 0,256\%$$

$$\% \text{ penggunaan } \textit{bandwidth} \text{ untuk } \textit{outroute} = 2,048\%$$

3.3.2 Menentukan $(C/N)_{req}$

Dengan menggunakan modulasi QPSK, FEC = 1/2 dengan bit *error* yang diinginkan 10^{-5} maka berdasarkan lampiran A-6 diperoleh $(Eb/No)_{req} = 9,6 \text{ dB}$, dan $(C/N)_{req}$ dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \left(\frac{C}{N} \right)_{req} &= \left(\frac{Eb}{No} \right)_{req} + 10 \log \left(\frac{N}{1 + \alpha} \right) \text{ (dB)} \\ &= 9,6 \text{ dB} + 10 \log \left(\frac{2}{1 + 0,2} \right) \end{aligned}$$

$$= 11,8 \text{ dB}$$

3.3.3 Perhitungan Sudut Elevasi, Sudut Azimuth dan *Slant Range*

Berdasarkan data-data pada tabel 3.1 maka didapat sudut elevasi, sudut azimuth dan slant range stasiun bumi di tiap daerah yang direncanakan yang ditunjukkan pada lampiran C-1. Sebagai contoh akan dilakukan perhitungan pada lokasi Merauke.

3.3.3.1 Perhitungan Sudut Elavasi

Untuk menghitung besarnya sudut elavasi untuk lokasi Merauke sebagai berikut:

Posisi Merauke = 8°30'LS dan 140°22' BT

$$L = 140,22 - 113 = 27,22 ; \quad \ell = 8,30$$

$$\cos \varphi = \cos L \times \cos \ell = \cos 27,22 \times \cos 8,30 = 0,88$$

$$E = \tan^{-1} \left[\frac{\cos \varphi - \left(\frac{R_e}{R_e + H} \right)}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}} \right]$$

$$E = \tan^{-1} \left[\frac{0,88 - \left(\frac{6378}{6378 + 36000} \right)}{\sqrt{1 - (0,88^2)}} \right] = 56,92^0$$

3.3.3.2 Perhitungan Sudut Azimuth

Untuk menghitung besarnya sudut azimuth untuk lokasi Merauke dapat dilakukan sebagai berikut:

$$A' = \tan^{-1} \left[\frac{\tan L}{\sin \ell} \right] = \tan^{-1} \left[\frac{\tan(27,22)}{\sin 8,3} \right] = 74,32^0 = 285,68^0$$

3.3.3.3 Perhitungan *Slant Range*

Untuk menghitung besarnya *slant range* untuk lokasi Merauke dapat dilakukan sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(R_e + H)^2 + R_e^2 - 2R_e(R_e + H) \times \sin \left[E + \sin^{-1} \left\{ \frac{R_e \times \cos E}{R_e + H} \right\} \right]}$$

$$= 36890,38 \text{ km}$$

3.3.4 Perhitungan Redaman

Redaman-redaman yang terjadi dan berpengaruh pada perancangan ini berupa redaman ruang bebas (L_{fs}), redaman hujan (A_{rain}), redaman *attenuator* dan redaman salah sorot. Sedangkan untuk redaman yang lain dianggap sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Dari data maka didapat nilai redaman-redaman tersebut adalah sebagai berikut: (Sebagai contoh pada *link* Hub – Merauke).

3.3.4.1 Redaman Ruang Bebas

Untuk menghitung besarnya redaman ruang bebas dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Untuk komunikasi *inroute*

$$\begin{aligned} L_{fs} \text{ uplink} &= 92.45 + 20 \log f_{up} \text{ (GHz)} + 20 \log d \text{ (km)} \\ &= 92,45 + 20 \log 14,298 + 20 \log 36890,38 \\ &= 206,894 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{fs} \text{ downlink} &= 92.45 + 20 \log f_{down} \text{ (GHz)} + 20 \log d \text{ (km)} \\ &= 92,45 + 20 \log 12,55 + 20 \log 36092,76 \\ &= 205,571 \text{ dB} \end{aligned}$$

2. Untuk komunikasi *outroute*

$$\begin{aligned} L_{fs} \text{ uplink} &= 92.45 + 20 \log f_{up} \text{ (GHz)} + 20 \log d \text{ (km)} \\ &= 92,45 + 20 \log 14,378 + 20 \log 36092,76 \\ &= 206,752 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{fs} \text{ downlink} &= 92.45 + 20 \log f_{down} \text{ (GHz)} + 20 \log d \text{ (km)} \\ &= 92,45 + 20 \log 12,63 + 20 \log 36890,38 \\ &= 205,816 \text{ dB} \end{aligned}$$

3.3.4.2 Redaman Hujan

Perhitungan ini menggunakan nilai *availability* 99.9% karena hanya sebagai akses.

$f_{up} = 14,298$ (*inroute*) dan $14,378$ (*outroute*) GHz

$f_{down} = 12,55$ (*inroute*) dan $12,63$ (*outroute*) GHz

Untuk menghitung besarnya sudut redaman hujan dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Tinggi atmosfer terjadi hujan

$$hR = 4,86 \text{ km}$$

2. Panjang lintasan hujan untuk sudut elevasi antena $E \geq 5^\circ$; $h_s = 0,5$ km

$$\text{Inroute: } L_s = 5,2 \text{ km (uplink) dan } 4,44 \text{ km (downlink)}$$

$$\text{Outroute: } L_s = 4,44 \text{ km (uplink) dan } 5,2 \text{ km (downlink)}$$

3. Panjang proyeksi lintasan hujan arah horizontal

$$\text{Inroute: } L_G = 2,84 \text{ km (uplink) dan } 0,82 \text{ km (downlink)}$$

$$\text{Outroute: } L_G = 0,82 \text{ km (uplink) dan } 2,84 \text{ km (downlink)}$$

4. 4. Intensitas hujan $R_{0,01} = 145 \text{ mm/hr}$

5. 5. Redaman spesifik

$$\gamma R = 9,39 \text{ dB/km (uplink)}$$

$$= 7,46 \text{ dB/km (downlink)}$$

6. Faktor reduksi lintasan hujan pada persentase waktu 0,01%

$$\text{Inroute: } r_{0,01} = 0,59 \text{ (uplink) dan } 0,81 \text{ (downlink)}$$

$$\text{Outroute: } r_{0,01} = 0,79 \text{ (uplink) dan } 0,61 \text{ (downlink)}$$

7. Faktor pengaturan vertikal pada persen waktu 0,01%

$$\text{Inroute } v_{0,01} = 0,75 \text{ (uplink) dan } 1,51 \text{ (downlink)}$$

$$\text{Outroute } v_{0,01} = 1,41 \text{ (uplink) dan } 0,7 \text{ (downlink)}$$

8. Panjang lintasan efektif

$$\text{Inroute: } L_e = 3,09 \text{ km (uplink) dan } 0,07 \text{ km (downlink)}$$

$$\text{Outroute: } L_e = 0,19 \text{ km (uplink) dan } 2,84 \text{ km (downlink)}$$

9. Redaman hujan efektif untuk persen waktu 0,01%

$$\text{Inroute: } A_{0,01} = 29,01 \text{ dB (uplink) dan } 0,54 \text{ dB (downlink)}$$

$$\text{Outroute: } A_{0,01} = 1,8 \text{ dB (uplink) dan } 21,23 \text{ dB (downlink)}$$

10. Redaman hujan efektif untuk persen waktu (p) 0,1% (*availability* 99,9%)

$$\text{Inroute: } A_{rain} = 11,65 \text{ dB (uplink) dan } 0,13 \text{ dB (downlink)}$$

$$\text{Outroute: } A_{rain} = 0,55 \text{ dB (uplink) dan } 8,25 \text{ dB (downlink)}$$

3.3.4.3 Redaman Attenuator

Attenuator perangkat pada sistem ini terdiri dari *loss feeder* (0,1 dB), *loss konektor* (0,5 dB), *loss duplexer* (0,2 dB) dan *loss filter* (0,5 dB). Dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$L_{att} = 0,1 + 0,5 + 0,2 + 0,5 = 1,3 \text{ dB}$$

3.3.4.4 Redaman Salah Sorot

Untuk menghitung besarnya redaman salah sorot dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Untuk komunikasi *inroute*

$$\text{Tx: } \theta_{3dB} = 70 \frac{\lambda}{D} = 70 \frac{\frac{3 \times 10^8}{(14,298 \times 10^9)}}{1,2} = 1,22$$

$$L_T = 12 \left(\frac{0,1}{1,22} \right)^2 = 0,88 \text{ dB}$$

$$\text{Rx: } \theta_{3dB} = 70 \frac{\lambda}{D} = 70 \frac{\frac{3 \times 10^8}{(12,55 \times 10^9)}}{9} = 0,186$$

$$L_R = 12 \left(\frac{0,1}{0,186} \right)^2 = 3,47 \text{ dB}$$

2. Untuk komunikasi *outroute*

$$\text{Tx: } \theta_{3dB} = 70 \frac{\lambda}{D} = 70 \frac{\frac{3 \times 10^8}{(14,378 \times 10^9)}}{9} = 0,162$$

$$L_T = 12 \left(\frac{0,1}{0,162} \right)^2 = 4,56 \text{ dB}$$

$$\text{Rx: } \theta_{3dB} = 70 \frac{\lambda}{D} = 70 \frac{\frac{3 \times 10^8}{(12,63 \times 10^9)}}{1,2} = 1,39$$

$$L_R = 12 \left(\frac{0,1}{1,39} \right)^2 = 0,06 \text{ dB}$$

3.3.5 Suhu Derau Perangkat

Suhu derau perangkat dicari untuk menentukan besarnya *G/T* dalam sistem. Untuk menghitung suhu derau (*T*) dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Untuk komunikasi *inroute*

$$A_{rain} = 0,14 \text{ dB} = 10^{\frac{2,02}{10}} = 1,033$$

$$L_{att} = 1,3 \text{ dB} = 1,35$$

$$T_{sky} \text{ untuk Indonesia} = 150\text{K}$$

$$\begin{aligned} T_a &= \frac{T_{sky}}{A_{rain}} + T_m \left(1 - \frac{1}{A_{rain}}\right) + T_G \\ &= \frac{150}{1,033} + 275 \left(1 - \frac{1}{1,033}\right) + 10 = 164,03 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{T_a}{L_{att}} + \left(T_F - \frac{T_F}{L_{att}}\right) + T_{erx} \\ &= \frac{164,03}{1,35} + \left(290 - \frac{290}{1,35}\right) + 40 = 236,62 \text{ K} \end{aligned}$$

2. Untuk komunikasi *outroute*

$$A_{rain} = 8,25 \text{ dB} = 10^{\frac{7,3}{10}} = 6,69$$

$$L_{att} = 1,3 \text{ dB} = 1,35$$

$$T_{sky} \text{ untuk Indonesia} = 150\text{K}$$

$$\begin{aligned} T_a &= \frac{T_{sky}}{A_{rain}} + T_m \left(1 - \frac{1}{A_{rain}}\right) + T_G \\ &= \frac{150}{6,69} + 275 \left(1 - \frac{1}{6,69}\right) + 10 = 266,31 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{T_a}{L_{att}} + \left(T_F - \frac{T_F}{L_{att}}\right) + T_{erx} \\ &= \frac{266,31}{1,35} + \left(290 - \frac{290}{1,35}\right) + 40 = 312,44 \text{ K} \end{aligned}$$

3.3.6 Perhitungan Interferensi

Interferensi yang paling besar pengaruhnya dalam sistem ini adalah interferensi yang disebabkan oleh sistem satelit yang berdekatan (*Adjacent Sattelite System*). Dari informasi yang didapatkan dari www.satbeams.com, sistem satelit lain yang berdekatan ada beberapa satelit. Namun satelit yang menggunakan frekuensi Ku-Band dengan cakupan yang sama seperti satelit Palapa-D, sehingga pengaruh interferensi dari satelit lain relatif tidak ada.

3.3.7 Menentukan (C/N)

Berikut adalah contoh perhitungan untuk *link* Hub – Merauke. Tabel 3.4 menunjukkan nilai $EIRP_{SL \text{ sat}}$ dan $(G/T)_{SL}$ pada beberapa daerah di Indonesia.

Tabel 3.4 Nilai $EIRP_{SL\ sat}$ dan $(G/T)_{SL}$ beberapa daerah di Indonesia [1].

Lokasi	$EIRP_{SL\ sat}$ (dBW)	$(G/T)_{SL}$ (dB/K)
Hub	52	6.5
Pangkalan Bun	52	6.5
Merauke	52	6.5
Bandung	52	6.5
Purwodadi	52	6.5
Denpasar	52	6.5
Singkawang	52	6.5
Kediri	52	6.5
Blitar	52	6.5
Palembang	52	6

3.3.7.1 Komunikasi *Inroute*

1. *Gain* antenna:

$$\begin{aligned}
 G_{Tx} &= 20.45 + 20 \log D_{Tx} + 20 \log f_{up} + 10 \log \eta \\
 &= 20,45 + 20 \log 1,2 + 20 \log 14,298 + 10 \log 0,6 \\
 &= 42,92 \text{ dBi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_{Rx} &= 20.45 + 20 \log D_{Tx} + 20 \log f_{down} + 10 \log \eta \\
 &= 20,45 + 20 \log 9 + 20 \log 12,55 + 10 \log 0,6 \\
 &= 59,29 \text{ dBi}
 \end{aligned}$$

2. Menentukan $EIRP_{ES}$:

$$\begin{aligned}
 EIRP_{ES} &= G_{TX} + P_{Tx} - L_{att} - L_T \\
 &= 42,92 + 10 \log 2 - 1,3 - 0,08 \\
 &= 44,55 \text{ dBW}
 \end{aligned}$$

3. Menentukan $(G/T)_{ES}$:

$$\begin{aligned}
 (G/T)_{ES} &= G_{Rx} - (L_R + L_{att}) - 10 \log T \\
 &= 59,29 - (3,47 + 1,3) - 10 \log 236,62 \\
 &= 30,78 \text{ dB/K}
 \end{aligned}$$

4. Menentukan PFD :

$$\begin{aligned}
 PFD &= EIRP_{ES} - L_{fs} - L_T - A_{rain} + G_1 \\
 &= 44,55 - 206,894 - 0,08 - 11,65 + 37
 \end{aligned}$$

$$= -137,08 \text{ dBW}$$

5. Menentukan SFD :

$$\begin{aligned} SFD &= EIRP_{ES} - 162,1 - PAD \\ &= 44,55 - 162,1 - 0 \\ &= -117,55 \text{ dBW/m}^2 \end{aligned}$$

6. Menentukan IBO_{CRX} dan OBO_{CRX} :

$$\begin{aligned} IBO_{CRX} &= SFD - PFD \\ &= -117,55 - (-137,08) \\ &= 19,53 \text{ dB} \\ OBO_{CRX} &= IBO_{CRX} - (IBO_{AGG} - OBO_{AGG}) \\ &= 19,53 - (3 - 2,1) \\ &= 18,63 \text{ dB} \end{aligned}$$

7. Menentukan $EIRP_{SL}$:

$$\begin{aligned} EIRP_{SL} &= EIRP_{SL \text{ sat}} - OBO_{CRX} \\ &= 52 - 18,63 \\ &= 33,37 \text{ dBW} \end{aligned}$$

8. Menentukan $(C/N)_{up}$:

$$\begin{aligned} (C/N)_{up} &= EIRP_{ES} - L_{up} + (G/T)_{SL} - K - 10 \log BW_{OC} \\ &= 44,55 - (206,894 + 11,65) + 6,5 - (-228,6) - 10 \log 76,8k \\ &= 12,25 \text{ dB} \end{aligned}$$

9. Menentukan $(C/N)_{down}$:

$$\begin{aligned} (C/N)_{down} &= EIRP_{SL} - L_{down} + (G/T)_{ES} - K - 10 \log BW_{OC} \\ &= 32,37 - (205,571 + 0,14) + 30,78 - (-228,6) - 10 \log 76,8k \\ &= 38,18 \text{ dB} \end{aligned}$$

10. Menentukan $C/N_{inroute}$:

$$\begin{aligned} \left(\frac{C}{N}\right)_{inroute} &= 10 \log \frac{1}{(C/N)_{up}^{-1} + (C/N)_{down}^{-1}} \\ &= 10 \log \left(\frac{1}{10^{-1,225} + 10^{-3,818}} \right) \\ &= 12,24 \text{ dB} \end{aligned}$$

3.3.7.2 Komunikasi *Outroute*

1. Gain antenna:

$$\begin{aligned}G_{TX} &= 20.45 + 20 \log D_{Tx} + 20 \log f_{up} + 10 \log \eta \\ &= 20,45 + 20 \log 9 + 20 \log 14,378 + 10 \log 0,6 \\ &= 60,47 \text{ dBi}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}G_{RX} &= 20.45 + 20 \log D_{Tx} + 20 \log f_{down} + 10 \log \eta \\ &= 20,45 + 20 \log 1,2 + 20 \log 12,63 + 10 \log 0,6 \\ &= 41,84 \text{ dBi}\end{aligned}$$

2. Menentukan $EIRP_{ES}$:

$$\begin{aligned}EIRP_{ES} &= G_{TX} + P_{Tx} - L_{att} - L_T \\ &= 60,47 \text{ dB} + 10 \log 10 - 1,3 - 4,56 \\ &= 64,62 \text{ dBW}\end{aligned}$$

3. Menentukan $(G/T)_{ES}$:

$$\begin{aligned}(G/T)_{ES} &= G_{RX} - (L_R + L_{att}) - 10 \log T \\ &= 41,84 - (0,06 + 1,3) - 10 \log 310,48 \\ &= 15,56 \text{ dB/K}\end{aligned}$$

4. Menentukan PF_D :

$$\begin{aligned}PF_D &= EIRP_{ES} - L_{fs} - L_T - A_{rain} + G_1 \\ &= 64,62 - 206,752 - 4,56 - 0,55 + 37 \\ &= -110,241 \text{ dBW}\end{aligned}$$

5. Menentukan SFD :

$$\begin{aligned}SFD &= EIRP_{ES} - 162,1 - PAD \\ &= 64,62 - 162,1 - 0 \\ &= -97,49 \text{ dBW/m}^2\end{aligned}$$

6. Menentukan IBO_{CRX} dan OBO_{CRX} :

$$\begin{aligned}IBO_{CRX} &= SFD - PF_D \\ &= -97,49 - (-110,241) \\ &= 12,76 \text{ dB}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}OBO_{CRX} &= IBO_{CRX} - (IBO_{AGG} - OBO_{AGG}) \\ &= 14,76 - (3 - 2,1) \\ &= 11,86 \text{ dB}\end{aligned}$$

7. Menentukan $EIRP_{SL}$:

$$EIRP_{SL} = EIRP_{SL \text{ sat}} - OBO_{CRX}$$

$$= 52 - 11,86$$

$$= 40,14 \text{ dBW}$$

8. Menentukan $(C/N)_{up}$:

$$(C/N)_{up} = EIRP_{ES} - L_{up} + (G/T)_{SL} - K - 10 \log BW_{OC}$$

$$= 64,62 - (206,752 + 0,55) + 5,5 - (-228,6) - 10 \log 614,4k$$

$$= 33,53 \text{ dB}$$

9. Menentukan $(C/N)_{down}$:

$$(C/N)_{down} = EIRP_{SL} - L_{down} + (G/T)_{ES} - K - 10 \log BW_{OC}$$

$$= 40,14 - (205,816 + 8,25) + 15,56 - (-228,6) - 10 \log 614,4k$$

$$= 12,32 \text{ dB}$$

10. Menentukan $(C/N)_{outroute}$:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{inroute} = 10 \log \frac{1}{(C/N)_{up}^{-1} + (C/N)_{down}^{-1}}$$

$$= 10 \log \left(\frac{1}{10^{-3,353} + 10^{-1,232}} \right)$$

$$= 12,29 \text{ dB}$$

3.3.8 Menentukan Kebutuhan Power Satelit

$$EIRP_{SL \text{ sat}} = 52 \text{ dBW} = 158489,32 \text{ W}$$

1. Komunikasi *Inroute*

$$EIRP_{SL} = 33,37 \text{ dBW} = 2174,5 \text{ W}$$

$$\text{Maka \% penggunaan power} = (2174,5 / 158489,32) \times 100\% = 1,372\%$$

2. Komunikasi *Outroute*

$$EIRP_{SL} = 40,14 \text{ dBW} = 10338,16 \text{ W}$$

$$\text{Maka \% penggunaan power} = (10338,16 / 158489,32) \times 100\% = 6,523\%$$

3.4 DELAY PROPAGASI

1. Komunikasi *Inroute*

$$\begin{aligned}t_{SL} \text{ uplink} &= d / c \\ &= 36890,38 \text{ km} / (3 \times 10^8 \text{ m/s}) \\ &= 0,123 \text{ s} = 123 \text{ ms}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_{SL} \text{ downlink} &= d / c \\ &= 36092,76 \text{ km} / (3 \times 10^8 \text{ m/s}) \\ &= 0.123 \text{ s} = 123 \text{ ms}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_{SL} \text{ total} &= 123 + 123 \\ &= 246 \text{ ms}\end{aligned}$$

2. Komunikasi *Outroute*

$$\begin{aligned}t_{SL} \text{ uplink} &= d / c \\ &= 36092,76 \text{ km} / (3 \times 10^8 \text{ m/s}) \\ &= 0,123 \text{ s} = 123 \text{ ms}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_{SL} \text{ downlink} &= d / c \\ &= 36890,38 \text{ km} / (3 \times 10^8 \text{ m/s}) \\ &= 0.123 \text{ s} = 123 \text{ ms}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_{SL} \text{ total} &= 123 + 123 \\ &= 246 \text{ ms}\end{aligned}$$

BAB 4

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan link budget link Merauke – Cibinong didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan nilai $(C/N)_{inroute}$ dan $(C/N)_{outroute}$ untuk *link* Merauke-Cibinong didapatkan sebesar 12,24 dB dan 12,29 dB. Nilai ini lebih besar dibandingkan dengan nilai $(C/N)_{req}$ sebesar 11,8 dB. Sehingga, perancangan untuk *link* Merauke-Cibinong layak diterapkan dengan margin sistem untuk *inroute* sebesar 0,42 dB dan *outroute* sebesar 0,47dB.
2. Dari informasi yang didapatkan dari www.satbeams.com, sistem satelit lain yang berdekatan ada beberapa satelit. Namun satelit yang menggunakan frekuensi Ku-Band dengan cakupan yang sama seperti sateli Palapa-D, sehingga pengaruh interferensi dari satelit lain relatif tidak ada.
3. Sebagai jaringan akses sistem komunikasi terestrial, sebuah komunikasi satelit harus memiliki nilai *availability* minimal 99,9%, sehingga didapatkan nilai redaman hujan uplinknya sebesar 11,65 dB dengan nilai C/N sebesar 12,25 dB. Bila dibandingkan dengan $(C/N)_{req}$ sebesar 11,8 dB, berarti jaringan ini layak diterapkan untuk akses.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Ardianto, H. Wijanto, A. D. Prasetyo, and C. N, "Latar Belakang Kondisi wilayah Indonesia yang berbentuk kepulauan dengan banyak daerahnya sangat terpencil yang masih minim infrastrukturnya membuat sistem komunikasi satelit menjadi populer . Salah satu kemajuan dari sistem komunikasi satelit adalah deng," 2013.
- [2] Radio-Electronics.com. (undated). *Satellite Frequency Bands Chart*. [online]. Viewed 2013 February 15. Available: <http://www.radioelectronics.com/info/satellite/frequencies/frequency-bands-chart.php>.
- [3] Level421 (undated). *The C Band Myth*. [online]. Viewed 2013 Februari 15. Available: <http://www.bongoo.net/index.php?id=387>
- [4] Prabowo, Ari. 2008. *Perencanaan Jaringan VSAT TDMA di Wilayah Area Jayapura*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [5] Purwanto, Budi. 2008. *Modul Pelatihan ASSI Link Budget*. Puncak. Available:<http://www.scribd.com/doc/52179326/46/METODEPERHITUNGAN-LINK-BUDGET-LANJUTAN-6>.
- [6] Maral, G. and Michel Bousquet. 2009. *Satellite Communication Systems (5th Ed.)*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- [7] Nugroho, Didi. *Pusat Pengembangan Bahan Ajar-UMB*. Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- [8] Recommendation ITU-R p.1511. 2001. *Topography for Earth to Space Propagation Modelling*. Geneva: ITU..
- [9] Recommendation ITU-R p.618-10. 2009. *Propagation Data and Prediction Methods Required for the Design of Earth-Space Telecommunication Systems*. Geneva: ITU..
- [10] Recommendation ITU-R p.525-2. 1994. *Calculation of Free-Space Attenuation*. Geneva: ITU.