

Analisa Pengaruh Redaman Hujan Terhadap Kualitas Sinyal Terima Modem Comtech CDM 600 Pada Jaringan Komunikasi Satelit

Rain Effect Analyze for Received Signal Quality of Modem Comtech CDM 600 in Satellite Communication Network

Dwi Rinto Riyawan¹ dan Harlan Effendi²

¹Field Engineer PT METRASAT, Bogor Jawa Barat. Email:dwirr@gmail.com

²Prodi Teknik Elektro, FTI ISTN Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640

Email: harlan@istn.ac.id

Abstrak---Dengan semakin berkembangnya teknologi dan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan telekomunikasi meminta adanya pemerataan infrastruktur telekomunikasi agar setiap daerah bisa terlayani oleh fasilitas telekomunikasi. Solusi yang memungkinkan adalah system komunikasi satelit yang mempunyai cakupan yang luas. Modem Comtech CDM 600 adalah penerima dari satelit maupun mengirim sinyal ke satelit. Terdapat permasalahan yang timbul yang dapat menyebabkan noise. Salah satunya adalah pengaruh cuaca (hujan). Redaman hujan/loss hujan merupakan faktor alam yang tidak bisa dihindari. Intensitas curah hujan atau rainfall rate adalah salah satu faktor penentu besarnya redaman hujan dalam propagasi sistem komunikasi wireless termasuk sistem komunikasi satelit. Penelitian ini bertujuan menganalisis seberapa besar pengaruh hujan terhadap kualitas sinyal yang diterima Modem Comtech CDM 600 melalui satelit agar pada saat hujan layanan yang tersedia tetap dapat berjalan dengan normal.

Kata kunci---CDM 600, anggaran lintasan daya, redaman hujan

Abstract---Network Communications Satellite is a system communication which connecting two little points ground segment are located far apart even inter island or country. Satellite technology is useful for solving problem of telecommunications in dense networks and are outside the local network and for customers requiring speed and high reliability in telecommunication network. Technology satellite network used as a rapid alternative than building new infrastructures for the local network. Satellite communication network is discussed in this thesis serves to communication Data point to point with large data. Analysis rain attenuation of the CDM 600 is an observation and calculation rain attenuation could affect the reduction quality of satellite communication so as to obtain better transmission performance and more stable.

Keyword---CDM 600, Link Budget, Rain attenuation

1. PENDAHULUAN

Dengan semakin berkembangnya teknologi dan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan telekomunikasi meminta adanya pemerataan infrastruktur telekomunikasi agar setiap daerah bisa terlayani oleh fasilitas telekomunikasi. Dengan Indonesia yang berbentuk Negara kepulauan yang bagiannya terpisah oleh lautan menjadikan pemerataan infrastruktur menjadi terhambat. Solusi yang memungkinkan adalah system komunikasi satelit yang mempunyai cakupan yang luas.

Dengan keunggulan utama mengenai cakupan area satelit yang luas, maka system komunikasi satelit sangat diunggulkan untuk memenuhi kebutuhan komunikasi di daerah-daerah. Banyak perusahaan yang memanfaatkan teknologi komunikasi ini diantaranya adalah perbankan, asuransi, pertambangan, penyiaran dan bahkan untuk jaringan tulang punggung untuk komunikasi seluler juga memanfaatkannya. Khusus untuk jaringan tulang punggung, data rate yang dibutuhkan pada umumnya cukup tinggi bisa

mencapai E1. Untuk mengkomodisi kebutuhan data rate yang tinggi bisa menggunakan teknologi IDR (Intermediate Data Rate) yang mendukung transfer data dengan kecepatan antara 64 Kbps sampai dengan 44 Mbps.

Modem CDM 600 dalam menerima maupun mengirim sinyal ke satelit terdapat permasalahan yang timbul yang dapat menyebabkan noise. Salah satunya adalah pengaruh cuaca (hujan). Hujan akan menyebabkan nilai C/N downlink turun yang menyebabkan kualitas sinyal berkurang. Redaman hujan/loss hujan merupakan faktor alam yang tidak bisa dihindari. Intensitas curah hujan atau rainfall rate merupakan salah satu faktor penentu besarnya redaman hujan dalam propagasi sistem komunikasi wireless termasuk sistem komunikasi satelit.

2. METODA

2.1 Menghitung Redaman Hujan

1. Ketinggian Hujan

Ketinggian hujan merupakan batas jarak yang terpengaruh oleh hujan dan dipengaruhi oleh latitude stasiun bumi/lintang stasiun bumi.

Ketinggian hujan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (1) :

$$h_R = 3 + 0,028 \Phi \text{ (Km) untuk } 0 \leq \Phi < 36^\circ$$

$$h_R = 4 - 0,075 (\Phi - 36) \text{ untuk } \Phi \geq 36^\circ$$

Dengan Φ adalah *latitude* stasiun bumi.

2. Panjang *slant path* yang terpengaruh hujan

Panjang *slant path* merupakan panjang jarak stasiun bumi dengan satelit yang dibatasi oleh ketinggian hujan. Panjang *slant path* yang terpengaruh hujan (L_S) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2):

$$L_S = \frac{(h_R - h_S)}{\sin \theta} \text{ untuk } \theta \geq 5^\circ$$

$$L_S = \frac{2(h_R - h_S)}{\sin^2 \theta + 2\left[\frac{(h_R - h_S)}{R_E}\right]^2} \text{ untuk } \theta < 5^\circ$$

Dengan : h_R = ketinggian hujan, h_S = ketinggian stasiun bumi, θ = sudut elevasi, dan R_E merupakan besar jari-jari bumi (6378 Km).

Sudut elevasi merupakan sudut yang dibentuk oleh titik lokasi stasiun bumi dengan satelit, yang mengacu pada kutub utara sebagai referensi dan arah utara dan selatan sebagai sumbu perputaran, dan dapat diketahui dengan persamaan (3):

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{(R_E + h) \sqrt{1 - \cos^2 \phi \cos^2 \Delta \lambda}}{\sqrt{h^2 + 2R_E(R_E + h)(1 - \cos \phi \cos \Delta \lambda)}} \right]$$

Dengan : h = orbit satelit geostasioner (35786)

R_E = jari-jari bumi (6378)

$\cos \phi$ = selisih *longitude* stasiun bumi dengan satelit

$\cos \Delta \lambda$ = *latitude* stasiun bumi

3. Menghitung panjang proyeksi horisontal

Yang dimaksudkan panjang proyeksi horisontal adalah panjang *slant path* yang diproyeksikan menjadi horisontal. Panjang proyeksi horisontal (L_G) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (5):

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

dengan : L_S = panjang *slant path* yang terpengaruh hujan, dan θ = sudut elevasi

4. Menghitung faktor reduksi hujan dengan prosentase per tahun 0,01 %

Reduksi hujan dengan prosentase per tahun 0,01 % dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (6):

$$r_{0,01} = \frac{1}{1 + (L_G / L_0)}$$

dengan : L_0 : $35 e^{(-0,015 \times R_{0,01})}$

5. Menghitung redaman hujan efektif untuk prosentase per tahun 0,01 % ($A_{eff(0,01)}$)

Redaman hujan efektif untuk prosentase per tahun 0,01 % dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (7):

$$A_{eff(0,01)} = a \times R_{0,01}^b \text{ (dB/km)}$$

Dengan a dan b merupakan nilai koefisien regresi dan $R_{0,01}$ merupakan intensitas hujan dengan prosentase per tahun 0,01 %.

6. Menghitung Besar Redaman Hujan

Redaman hujan dapat diketahui dengan memperhitungkan panjang *slant path*, redaman hujan efektif dan faktor reduksi hujan. Redaman hujan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (8):

$$Loss \text{ hujan} = A_{eff(\text{path}, 0,01)} = A_{eff(0,01)} \times r_{0,01} \times L_S$$

2.2 Perhitungan Kualitas Sinyal Terima

Seperti terlihat pada Gambar 1. diagram blok komunikasi satelit bahwa sistem komunikasi satelit terdiri dari dua komponen utama yaitu komponen pada sisi *up link* (pemancar) dan komponen pada sisi *downlink* (penerima). Kualitas sinyal terima pada stasiun bumi dapat dinyatakan dengan C/N *downlink* atau *Carrier to Noise Ratio* pada sisi *downlink* merupakan nilai perbandingan antara *carrier* yang diterima dengan sinyal *noise* yang dihasilkan pada sisi *down link*. Persamaan *down link* untuk transmisi ke satelit dapat ditulis secara langsung dengan mensubstitusi nilai-nilai parameter sistem komunikasi satelit kedalam persamaan dasar *link budget*. Untuk menghitung kualitas sinyal terima stasiun bumi dapat dihitung dengan persamaan (9) :

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{\text{down}} = \text{EIRP}_{\text{Satelit}} - L_{\text{Tot}} + \left(\frac{G}{T}\right)_{\text{down}} - (10 \log K - 10 \log B_{w_{\text{allocated}}}) - \text{Obo}$$

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) merupakan salah satu parameter pada satelit yang nilainya tergantung pada satelit yang dihitung. Sedangkan L_{tot} adalah total redaman propagasi dari sisi *down link*. Besarnya L_{tot} dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10):

$$L_{\text{tot}} = \text{FSL} + \text{Loss hujan} + \text{Loss atmosfer} + \text{Pointing Loss}$$

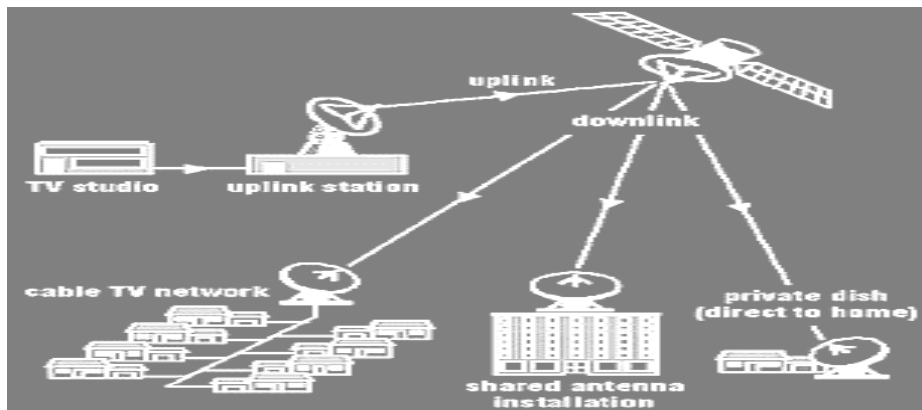
Dengan :

$\text{FSL} = \text{free Space loss}$ (dB)

$\text{Loss hujan} = \text{loss hujan disisi down link}$ (dB)

$\text{Loss atmosfer} = \text{loss atmosfer disisi down link}$ (dB)

$\text{Pointing loss} = \text{loss yang disebabkan karena pointing antenna}$



Gambar 1. Diagram Blok Jaringan Komunikasi Satelit

FSL dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (11) :

$$FSL = 32.45 + 20 \log f_{down} + 20 \log D$$

dengan : f_{down} = frekuensi *down link* (GHz) dan D = *slant range* (km), merupakan daerah kemiringan antara stasiun bumi dengan satelit adalah jarak sebenarnya yang diukur dari stasiun bumi ditarik garis lurus menuju posisi satelit. Nilai *slant range* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (12):

$$D = \sqrt{h^2 + 2R_E(R_E + h)(1 - \cos \varphi \cos \Delta)}$$

Dengan :

h = orbit satelit geostasioner (35786 Km)

R_E = jari-jari bumi (6378 Km)

$\cos \varphi$ = selisih *longitude* stasiun bumi dengan satelit

$\cos \Delta$ = *latitude* stasiun bumi

Gain to Temperature ratio (G/T) merupakan ukuran penampilan baik atau buruknya sistem penerimaan pada suatu stasiun bumi. Hujan juga akan menurunkan sistem *noise temperature* stasiun bumi penerima, akibatnya akan menyebabkan penurunan G/T stasiun bumi penerima. Redaman hujan dihitung untuk dua sistem *noise temperature* berbeda yaitu C-Band (130 K) dan Ku-Band (300 K).

Semakin besar G/T, berarti semakin sensitif dan semakin baik kualitas penerimaannya. Untuk mendapatkan harga G/T yang besar dilakukan dengan cara :

1. Memperbesar penguatan antena
2. Mempertinggi penerimaan temperatur derau yang rendah. Semakin kecil temperatur *Low Noise*

Amplifier (LNA), semakin baik mutu penerimaannya.

K merupakan konstanta *Boltzman* yang nilainya $1,38 \times 10^{-23}$ J/K atau sekitar 228.6 dB. Sedangkan B merupakan *Bandwidth Occupied* yang juga merupakan parameter satelit.

Seberapa jauh grafik *output* diturunkan ke bawah menjauhi titik jenuh, disebut *output back off* (Obo). Obo merupakan salah satu parameter satelit yang berfungsi untuk mengatur agar penguat pada satelit bekerja pada daerah linear.

Bandwidth Allocated (BW_{All}) dapat dihitung dengan persamaan (13):

$$BW_{All} = BW_{occ} \times 1.2$$

dimana BW_{occ} adalah

$$BW_{occ} = \frac{CompositeRate \times 1.2}{m \times FEC}$$

Composite Rate = $T_R \times FEC$, dengan *Transmission Rate* dan *Forward Error Coding* (FEC) adalah suatu sistem koreksi kesalahan dimana sinyal yang di deteksi sebagai *error*, maka secara otomatis diperbaiki oleh *receiver* sebelum dikirim lebih lanjut untuk diproses. FEC merupakan perbandingan jumlah bit yang di informasikan dengan bit yang ditransmisikan. Contohnya FEC $\frac{3}{4}$ artinya setiap empat bit yang ditransmisikan mengandung tiga bit informasi, dan satu bit *error correction*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Teknis

Parameter Carrier Digital

1. Link : Bogor – Pertamina Jayapura
2. Frekuensi : 4145.5 MHz
3. Simbol Rate : 682.66 kpsps
4. FEC code : 3/4
5. Type modulasi : 8PSK

2. Parameter Satelit

Nama satelit: Apstar 6 adalah Satelit Telkom 1 yang digunakan sebagai *repeater*.
 Posisi satelit : 134⁰ BT
 EIRPsatelit : 40.34 dBw
 G/T : 0.34⁰ dB/K
 Obo : 3 dB

3. Parameter Stasiun Bumi

- a. NamaSB:PT.Metrasat Bogor
 Stasiun penerima terletak di PT. Metrasat Bogor Bujur SB: 106,8⁰ BT
 PT. Metrasat Bogor 106,8⁰ bujur timur.
- b. Lintang SB: 6,59⁰ LU
 PT. Metrasat Bogor terletak pada 7,26⁰ lintang utara.
- c. *Frekuensi down link*: 4145,5 MHz
 Frekuensi yang digunakan untuk menerima sinyal dari satelit ke stasiun bumi (*frekuensi down link*) sebesar 4145 MHz. Frekuensi yang digunakan merupakan frekuensi C-Band.
- d. Diameter Antena :Diameter antena yang digunakan untuk sisi kirim sebesar 3,8 meter.
- e. Efisiensi Antena : Efisiensi antena penerima sebesar 60 %.
- f. Tinggi stasiun bumi dari permukaan laut (hs) : 190 m
 Tinggi stasiun bumi dari permukaan laut adalah 190 meter.
- g. Polaritas: vertikal
 Polariatas yang digunakan dalam penerimaan adalah vertikal.

3.2.Perhitungan Kualitas Sinyal (C/N)

1. Perhitungan Bandwidth Carrier (Carrier Digital)

Pengukuran *bandwidth* ini akan berhubungan dengan kecepatan pengiriman data dari *transmitter* hingga ke *receiver* yang nantinya akan mempengaruhi kualitas dari link komunikasi satelit. Berikut merupakan perumusannya :

a. *Transmission rate* (TR)

Nilai dari *Symbol Rate* telah diketahui yaitu sebesar 6000 Kbps. Sehingga untuk mengetahui nilai dari *Transmission Rate* kita dapat mengkonversikannya dari persamaan atau juga langsung menggunakan persamaan
 $SR = FEC \times TR$

$$682.66 = \frac{3}{4} \times TR$$

$$TR = 910.221 \text{ Kbps}$$

b. *Composte Rate*

Ada cara lain untuk mengetahui besar nilai TR yaitu dengan menggunakan rumus Dari pengkonversian persamaan 2 ini maka dapat mengetahui besar dari *Composite Rate* yaitu :

$$TR = CR \times \frac{1}{FEC}$$

$$910.221 = CR + \frac{1}{3/4}$$

$$CR = \frac{910.221 \times 3}{4}$$

$$CR = 682.66 \text{ Kbps}$$

c. *Bandwidth Occupied (BW_{occ})*

Dengan menggunakan persamaan maka nilai dari *Bandwidth* yang disediakan dalam pentransmisian data dapat diketahui yaitu :

$$BW_{occ} = \frac{CR \times 1,2}{m \times FEC}$$

$$= \frac{682.66 \times 1,2}{3 \times 3/4} = \frac{819.2}{2.25}$$

$$= 364.09 \text{ KHz}$$

d. *Bandwidth allocated (BW_{Allocated})*

Untuk mengetahui besar keseluruhan *bandwidth* yang dialokasikan untuk transfer data maka rumus yang dipakai adalah yaitu :

$$BW_{Allocated} =$$

$$BW_{occ} \times 1,2 = 364.09 \times 1.2$$

$$= 436.91 \text{ KHz}$$

2. Perhitungan C/N_{down} pada saat cuaca cerah :

a. *Slant range*

Slant range dapat dicari dengan parameter-parameter sebagai berikut :

- 1)Jarak dari permukaan bumi sampai satelit (h)= 35786 km
- 2)Jari-jari bumi (Re) = 6378 km
- 3)*Latitude* ($\Delta\lambda$) = 6,59⁰S
- 4)*Longitude* stasiun bumi= 106,8⁰E
- 5)*Longitude* satelit Apstar 6 = 134⁰E
- 6)Selisih *longitude* stasiun bumi dengan satelit (ϕ) = -27.2

Dari parameter-parameter tersebut di atas maka nilai *slant range* dapat dicari dengan yaitu :

$$D = \sqrt{h^2 + 2 \times R_E (R_E + h) (1 - \cos \phi_G \times \cos \Delta\lambda)}$$

$$D = \sqrt{3578^2 + (2 \times 6378) \times (6378 + 35786) \times (1 - \cos 27.2 \times \cos 6.59)}$$

$$D = \frac{\sqrt{1280637796 + (12756 \times 42164) \times [1 - (0,89 \times 0,99)]}}{\sqrt{1280637796 + (537843984 \times 0,1189)}}$$

$$D = \frac{\sqrt{1280637796 + 63949649,6976}}{\sqrt{1344587445,6976}}$$

$$D = 36668,6 \text{ km}$$

b. *Free Space Loss* (FSL)

Nilai pengurangan daya sinyal kirim dari satelit Apstar 6 ke stasiun bumi (FSL) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.9 sebagai berikut :

$$FSL = 32,45 + 20 \log D + 20 \log F_{down}$$

$$F_{down} = 32,45 + 20 \log 36668,6 + 20 \log 4137,5 = 32,45 + 91,3 + 72,33 = 196,08 \text{ dB}$$

c. *Downlink Path Loss* (L_{Tot})

Nilai *downlink* dapat dicari menggunakan persamaan 2.8, dengan asumsi bahwa nilai dari redaman hujan adalah 0 (dalam keadaan cuaca cerah), redaman atmosfer sebesar 0,02 dB dan *pointing loss* adalah 0 (tidak dilakukan *pointing* antenna). $L_{Tot} = FSL + Loss \text{ hujan} + Loss \text{ atmosfer} + Pointing \text{ Loss}$

$$= 196,08 + 0 + 0,02 + 0 = 196,1 \text{ dB}$$

d. *Carrier to Noise Ratio* (C/N_{down})

Nilai daya sinyal *carrier* yang diterima oleh antenna stasiun bumi penerima (PT. Metrasat) dibandingkan dengan *noise* yang diterima oleh sistem antenna tersebut dapat dicari dengan menggunakan parameter-parameter sebagai berikut :

$$EIRP_{satelit} = 40,34 \text{ dBW}$$

$$Downlink \text{ Path Loss } (L_{Tot}) = 176,1 \text{ dB}$$

$$Figure \text{ of Merit } \left(\frac{G}{T} \right) = 0,34 \text{ dB}^0/K$$

$$Konstanta \text{ Boltzman } (K) = 1,38 \times 10^{-23}$$

$$Bandwidth \text{ allocated } (BW_{Allocated}) = 436,91 \text{ KHz}$$

Dariparameter-parameter tersebut di atas maka nilai dari daya sinyal *carrier* yang diterima oleh antenna stasiun bumi penerima (AKATEL) dibandingkan dengan *noise* yang diterima oleh sistem antenna dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{down} = EIRP_{Satelit} - L_{Tot} + \left(\frac{G}{T} \right)_{down} - (10 \log K - 10 \log BW_{allocated}) - Obo$$

$$= 40,34 - 196,1 + 0,34 - (10 \log 1,38 \times 10^{-23}) - (10 \log 436,91 \times 10^3) - 1$$

$$= -155,42 - (-228,6) - 56,4 - 1 = 15,78 \text{ dB}$$

2. Perhitungan C/N_{down} pada saat cuaca hujan

a. Ketinggian Hujan (h_R)

$$H_R = 3 + 0,028 \phi$$

$$= 3 + (0,028 \times 27,2)$$

$$= 3 - 0,76$$

$$= 2,24 \text{ km}$$

Untuk mencari besar nilai ketinggian hujan digunakan dimana ϕ merupakan nilai dari *latitude* dari PT. Metrasat Bogor.

b. Panjang *slanth path* yang terpengaruh hujan (L_s)

Untuk mengetahui panjang *slanth path* yang terpengaruh hujan, terlebih dahulu harus diketahui seberapa besar nilai dari sudut elevasi. Sudut elevasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{Re + h}{\sqrt{h^2 + 2 Re(Re + h)(1 - \cos \phi \cos \Delta \lambda)}} \right]$$

$$= \cos^{-1} [(6378 + 35786)]$$

$$\frac{1 - [(\cos 27,2) \times (\cos 6,59)]}{\sqrt{35786^2 + [(2 \times 6378) \times (6378 + 35786^2)] \times [1 - (\cos - 27,2 \times \cos 6,59)]}}$$

$$= \cos^{-1} [42164 \times \frac{1 - (0,89 \times 0,99)}{\sqrt{1280637796 + [12756 \times (42164 \times 0,12)]}}$$

$$= \cos^{-1} (42164 \times \frac{0,1189}{\sqrt{1345179074}})$$

$$= \cos^{-1} (42164 \times 39,4 \times 10^{-6})$$

$$= \cos^{-1} 0,39$$

$$= 67,04^0$$

Dimana :

- Re : jari-jari bumi
- H : orbit satelit geostasioner
- ϕ : selisih antara *longitude* PT. Metrasat dan *longitude* satelit Apstar

($106,8^0 - 134^0 = -27,2^0$)

$\Delta \lambda$: *latitude* PT Metrasat Bogor

Untuk mengetahui *panjang slant path* yang terpengaruh hujan (L_s) digunakan yang sesuai yaitu :

$$L_s = \frac{(h_R - h_s)}{\sin \theta}$$

$$= \frac{3,2 - 0,19}{\sin 67,04^0}$$

$$= \frac{3,01}{0,92}$$

$$= 3,27 \text{ km}$$

Dengan :
 h_R : tinggi hujan diatas permukaan laut
 h_s : tinggi PT Metrasat terhadap permukaan laut
 θ : sudut elevasi

c. Panjang proyeksi horisontal (L_G)

Untuk panjang proyeksi horisontal dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} L_G &= L_s \cos \theta \\ &= 3,27 \cos (67,04) \\ &= 1,27 \text{ km} \end{aligned}$$

d. Intensitas hujan ($R_{0,01}$)

Intensitas hujan yang digunakan adalah intensitas hujan yang berada di kota Bogor pada bulan Januari 2014 yaitu sebesar 190 mm/hari.

e. Faktor reduksi hujan dengan prosentase pertahun 0.01% ($r_{0,01}$)

Untuk mengetahui seberapa besar reduksi hujan dengan prosentase 0.01% dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} r_{0,01} &= \frac{1}{1 + (L_G / L_o)} = \frac{1}{1 + (1,27 / 2.5)} \\ &= \frac{1}{1 + 0,508} \\ &= 0,66 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dengan } L_o &= 35 e^{-0,015 \times R_{0,01}} \\ &= 35 e^{-0,015 \times 176} \\ &= 2,5 \end{aligned}$$

f. Redaman hujan efektif untuk prosentase pertahun 0.01% ($A_{\text{eff}(0,01)}$)

Untuk mengetahui seberapa besar nilai dari redaman hujan efektif untuk prosentase 0.01% maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_{\text{eff } 0,01\%} &= a \times R_{0,01}^b \\ &= 0,000591 \times 176^{1,075} \\ &= 0,15 \text{ dB/km} \end{aligned}$$

Dengan a dan b merupakan nilai koefisien regresi.

g. Besarnya redaman hujan (A_{eff})

Dari beberapa parameter di atas, maka besar redaman hujan dapat diketahui dengan menggunakan yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_{\text{eff}} &= A_{\text{eff } 0,01} \times r_{0,01} \times L_s \\ &= 0,15 \times 0,66 \times 3,27 \\ &= 0,32 \text{ dB} \end{aligned}$$

Setelah nilai dari redaman hujan diketahui yaitu sebesar 0,32 dB, dengan asumsi *loss* atmosfer adalah 0,02 dB dan *pointing loss* adalah 0 dB maka untuk nilai dari total

redaman propagasi di sisi *downlink* dapat diketahui dengan persamaan :

$$\begin{aligned} L_{\text{tot}} &= \text{FSL} + \text{loss hujan} + \text{loss atmosfer} + \text{pointing loss} \\ &= 196,08 + 0,32 + 0,02 + 0 \\ &= 196,42 \text{ dB} \end{aligned}$$

Maka akibat dari berubahnya nilai dari total redaman propagasi di sisi *downlink* akan berubah pula nilai *carrier to noise* di sisi *downlink* menjadi yaitu :

$$\begin{aligned} (C/N)_{\text{down}} &= \text{EIRP}_{\text{satelit}} - L_{\text{Tot}} + (G/T)_{\text{down}} - 10 \log K - 10 \log B - \text{Obo} \dots(2.15) \\ &= 40,34 - 196,42 + 0,34 - 10 \log (1,38 \times 10^{-23}) - 10 \log (436,91 \times 10^3) - 1 \\ &= -155,74 - (-228,6) - 56,4 - 1 \\ &= 15,46 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dengan pengaruh redaman hujan, nilai (C/N) menjadi lebih kecil dan memperburuk kualitas sinyal.

4.SIMPULAN

Berdasarkan perhitungan *link budget* dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa hujan dapat menyebabkan bertambahnya *noise* sehingga membuat penurunan nilai level *Carrier to Noise* di sisi *downlink*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Para peneliti mengucapkan terimakasih kepada pimpinan PT. Metrasat atas semua fasilitas yang diberikan saat pelaksanaan penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- Bousquet, Michel. 2011. *Satellite Communications System*. Series : *System and Technology Satellite*. McGraw Hill
- Hikmaturokhman, Alfin. 2008. *Komunikasi Satelit*. Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto.
- James J. Spilker. 1977. *Digital Communication by Satellite*. Prentice Hall, New Jersey.
- Kennedy, G. and Davis, B. 1993. *Electronic Communication System*. McGraw Hill, Singapore.
- Pamungkas, Wahyu. 2014. *Sistem Komunikasi Satelit (Teori dan Praktik)*. Imam MPB.
- Rachman, Abdul dan Ahmad Nizam. 2009. *Pembangunan Sistem Informasi Anomali Satelit*. Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto.