

ANALISIS KENAIKAN NILAI AUPC TERHADAP PENURUNAN NILAI E_b/N_0 KARENA REDAMAN HUJAN PADA TEKNOLOGI VSAT SCPC TERHADAP *LINK BUDGET* ARAH *UPLINK* DAN *DOWNLINK*

Wahyu Pamungkas¹, Anggun Fitriani², Sri Karina P³

^{1,2,3}Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Akatel Sandhy Putra Purwokerto, 53147

E-mail : wahyu_pamungkas@akatelsp.ac.id, : anggun_fitriani@yahoo.com, macik_smoothy@yahoo.com

ABSTRAK

Redaman hujan merupakan salah satu redaman yang harus diperhatikan ataupun diperhitungkan pada saat penggunaan komunikasi satelit. Nilai *Carrier To Noise Uplink* (C/N_u) dan *Carrier To Noise Downlink* (C/N_d) akan berkurang akibat hujan karena adanya pengurangan daya carrier yang diterima oleh satelit dan juga stasiun bumi. Akibatnya, nilai E_b/N_0 akan berkurang ataupun menurun, hal ini tentu saja akan mempengaruhi kinerja komunikasi satelit dalam hal ini adalah VSAT SCPC. Meskipun penurunan E_b/N_0 kecil, namun sangat mempengaruhi kualitas link komunikasi satelit yang digunakan. Untuk mengantisipasi penurunan nilai E_b/N_0 maka digunakan metode *Automatic Uplink Power Control* (AUPC). AUPC berfungsi untuk meningkatkan daya secara otomatis pada saat terjadinya penurunan nilai E_b/N_0 . Untuk itu diperlukan sebuah analisis terhadap kenaikan nilai AUPC terhadap penurunan nilai E_b/N_0 yang disebabkan pengaruh redaman hujan terhadap link budget arah uplink dan downlink. Pemodelan redaman hujan menggunakan ITU-R Model yang akan dihubungkan dengan sistem VSAT SCPC, sehingga dapat diketahui berapa besarnya redaman hujan yang terjadi. Selanjutnya nilai AUPC akan diatur secara otomatis sehingga nilai E_b/N_0 dapat disesuaikan untuk menghindari kondisi minimalnya yang dapat berakibat pada naiknya nilai *Bit Error Rate* (BER).

Kata kunci : VSAT SCPC, Link Budget, Redaman Hujan, AUPC, BER

1. PENDAHULUAN

Sistem komunikasi dengan menggunakan media satelit merupakan salah satu bagian ilmu sistem telekomunikasi yang memanfaatkan gelombang mikro (*microwave*). Gelombang mikro ini berperan sebagai penghubung antara sisi Transmitter (Tx) dan sisi Receiver (Rx). Salah satu teknologi satelit yang sekarang berkembang pesat adalah VSAT.

Jaringan komunikasi satelit VSAT terdiri dari sebuah stasiun induk dan sejumlah stasiun pelanggan yang letaknya secara geografis berjauhan, sehingga timbul banyak permasalahan. Maka dilakukanlah beberapa penerapan teknologi untuk mengatasi permasalahan yang timbul tersebut, diantaranya adalah teknologi VSAT yang menggunakan metode point to point atau dengan kata lain adalah *Single Channel Per Carrier* (SCPC), untuk metode *Single Channel Per Carrier* (SCPC) tersebut umumnya bekerja pada C-band, yang berada pada frekuensi *uplink* 5.9 Ghz sampai dengan 6.4 Ghz dan frekuensi *downlink* 3.7 Ghz sampai dengan 4.2 Ghz.

Redaman propagasi atmosfer yaitu redaman hujan merupakan salah satu redaman yang harus di perhatikan ataupun diperhitungkan pada saat penggunaan komunikasi satelit. Mengingat Indonesia merupakan negara tropis, yang relatif sering terjadi hujan deras. *Carrier To Noise Uplink* (C/N_u) akan berkurang akibat hujan karena adanya pengurangan daya carrier yang diterima oleh satelit, *Carrier To Noise Downlink* (C/N_d) akan berkurang akibat hujan selain karena adanya pengurangan daya carrier yang diterima oleh stasiun bumi juga akibat berkurangnya *Gain to Noise Temperature Ratio* (G/T) akibat peningkatan temperatur noise di penerima.

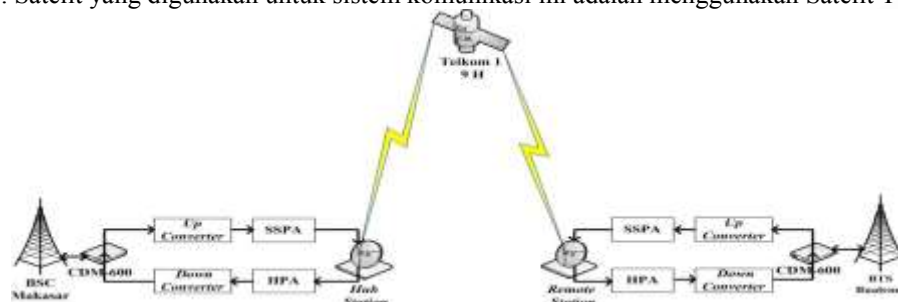
Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa nilai dari E_b/N_0 akan berkurang ataupun menurun, hal ini tentu saja akan mempengaruhi performance pada teknologi VSAT SCPC. Seperti yang dituliskan oleh Susi Susanti D, pada laporan tugas akhir dengan judul Analisis Pengaruh Redaman Hujan Pada Teknologi VSAT SCPC Terhadap Link Budget Arah Uplink Dan Downlink pada bab V di bagian kesimpulan bahwa Redaman hujan yang terjadi pada saat pentransmisian sinyal Radio Frequency (RF), akan menurunkan nilai dari E_b/N_0 . Redaman hujan arah uplink adalah sebesar 2.5 dB, sedangkan untuk arah downlink adalah

sebesar 0.4 dB. Dari hasil perhitungan penurunan nilai Eb/No akibat hujan adalah sebesar 0,5 dB, meskipun penurunan kecil, sangat mempengaruhi dari link komunikasi satelit yang digunakan.

Untuk mengantisipasi penurunan nilai Eb/No maka digunakan Automatic Uplink Power Control (AUPC). Automatic Uplink Power Control (AUPC) adalah merupakan sebuah fitur yang terdapat pada modem COMTECH CDM-600 yang berfungsi untuk meningkatkan power secara otomatis pada saat terjadinya penurunan nilai Eb/No yang diakibatkan oleh redaman hujan. Penambahan nilai AUPC adalah sekitar 0.1 dB hingga 3.0 dB. Nilai minimal AUPC merupakan nilai AUPC yang diambil pada detik pertama dari menit yang pertama, sedangkan nilai maksimalnya diambil pada detik terakhir dari menit ke sepuluh.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah melalui analisis deskriptif berdasarkan data pengukuran PT Patrakom, serta penghitungan redaman hujan di kota Bualemo pada sisi donwlink. Jalur yang akan dianalisa merupakan sebuah link backbone milik PT Telkomsel yang dikirimkan melalui teknologi VSAT SCPC dari kota Makasar selaku pengirim (uplink) menuju kota Bualemo selaku penerima (downlink). Satelit yang digunakan untuk sistem komunikasi ini adalah menggunakan Satelit Telkom-1.



Gambar 1: Konfigurasi VSAT SCPC dari Kota Makasar Menuju Kota Bualemo

Dari gambar di atas dapat di jelaskan bahwa BSC Makasar berperan sebagai Hub Station sedangkan BTS Bualemo adalah sebagai Remote Station. Hub Station adalah merupakan pusat dari jaringan VSAT, dimana Hub Station ini biasanya ditempatkan di kantor pusat perusahaan yang terkait, dan fungsinya dari Hub Station ini sendiri adalah sebagai pusat pensinyalan jaringan, mengawasi dan mengontrol jaringan, dan Hub Station ini juga digunakan untuk mengatur konfigurasi remote station, laporan statistik dan yang terakhir adalah sebagai pengontrol pengaksesan ke satelit, trafik, alarm, dan perawatan parameter.

Sedangkan untuk remote station adalah merupakan bagian yang terdiri dari beberapa unit diantaranya adalah Outdoor Unit dimana untuk bagian dari Outdoor Unit ini meliputi antena dan sistem feed, Antena yang digunakan yaitu sebuah solid dish antenna yang memiliki bentuk parabola. sedangkan untuk Indoor Unit yang terdiri dari modem. Modem ini sendiri digunakan untuk mengubah data, video atau suara yang dihasilkan oleh aplikasi pelanggan untuk transmisi satelit.

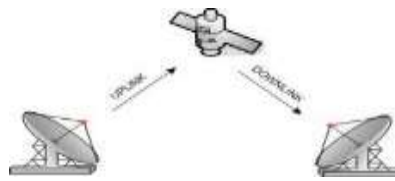
Proses transmisi yang terjadi antara BSC Makasar dan BTS Bualemo adalah seperti berikut. Data akan terlebih dahulu melewati modem CDM-600, dan akan dilakukan proses modulasi, dengan menggunakan proses modulasi 16-QAM. Modulasi ini bertujuan untuk mentranslasikan gelombang frekuensi informasi ke dalam gelombang lain pada frekuensi yang lebih tinggi untuk dibawa ke media transmisi. Pada sebuah modem selain modulasi, demodulasi juga merupakan bagian yang terdapat di dalamnya dimana fungsinya adalah untuk memisahkan sinyal informasi dengan sinyal carrier.

Dari penjelasan diatas, yang membedakan data Eb/No pada saat proses transmisiannya adalah kondisi cuacanya, untuk cuacanya sendiri dikelompokkan menjadi 2 (dua) kondisi, yaitu kondisi cerah (clear sky) dan juga kondisi hujan. Pada saat kondisi cerah (clear sky) nilai Eb/No dianggap akan stabil ataupun tidak mengalami penurunan, sedangkan pada saat kondisi hujan maka nilai Eb/No dianggap akan mengalami penurunan hal ini diakibatkan oleh redaman hujan yang terjadi yang mengakibatkan power ataupun daya yang menurun hal ini dapat diamati pada nilai Eb/No yang mengalami penurunan. Pada saat ini AUPC akan bekerja untuk menambah kan daya yang mengalami penurunan tersebut.

2.1 Parameter Link Budget Satelit

Link Budget adalah merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menghitung dan merencanakan power yang akan dipancarkan ke satelit dari setasiun bumi untuk memperoleh nilai C/N_{Total} dari suatu Link. Link komunikasi satelit dibedakan menjadi 2 bagian yaitu arah uplink dan downlink, dimana arah uplink adalah

merupakan proses pengiriman sinyal dari stasiun bumi menuju ke satelit sedangkan arah downlink adalah merupakan proses pengiriman sinyal dari satelit ke stasiun bumi.



Gambar 2: Uplink dan Downlink.

Berikut ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi dalam penentuan link budget

- Carrier to Noise Ratio Uplink (C/N) up

Harga (C/N)_{up} harus ditambahkan margin yang besarnya sekitar 1 sampai 1.5 dB hal ini dimaksudkan agar penerima dapat menerima sinyal dengan kualitas yang masih baik. Persamaan untuk Carrier to Noise Ratio Uplink (C/N)_{up}, yaitu:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{up} = EIRP_{SBTx} - L_{Tot} + \left(\frac{G}{T}\right)_{up} - 10 \log k - 10 \log B - IBO \dots\dots\dots(1)$$

L_{tot} = uplink path loss (dB), (G/T)_{up} = Gain to Noise Temperature Ratio Uplink (dB/°K), k = konstanta Boltzman = 1,3803 · 10⁻²³ (J/°K), B = bandwidth frekuensi (MHz), IBO = input back off = pengurangan nilai input yaitu berupa kuat sinyal yang diterima satelit dibanding masukan maksimal (dB)

- Carrier to Noise Ratio Downlink (C/N)_{dn}

Persamaan untuk Carrier to Noise Ratio Downlink (C/N)_{dn}, yaitu:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{dn} = EIRP_{sat} - L_{Tot} + \left(\frac{G}{T}\right)_{dn} - 10 \log k - 10 \log BW_{All} - OBO \dots\dots\dots(2)$$

EIRP_{sat} = EIRP saturasi dari satelit (dB), L_{tot} = downlink path loss (dB), (G/T)_{dn} = Gain to Noise Temperature Ratio pada antenna Penerima satelit (dB), k = konstanta Boltzman = 1,3803 · 10⁻²³ J/°K, B = bandwidth frekuensi (Hz)

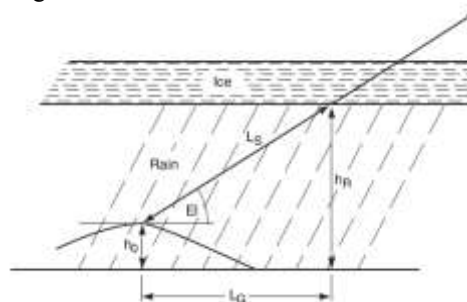
- Carrier To Noise Ratio Total (C/N)_{Tot}

Carrier To Noise Ratio Total (C/N)_{Tot} adalah merupakan parameter yang melambangkan kualitas daya carrier yang diterima oleh perangkat akhir dalam komunikasi satelit (stasiun bumi penerima). (C/N)_{Tot} yang selanjutnya akan dipakai untuk mengetahui nilai Eb/No pada bagian modem. (C/N)_{Tot} dapat dihitung dengan persamaan:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{Tot} = \left[\left(\frac{C}{N}\right)_{up}^{-1} + \left(\frac{C}{N}\right)_{dn}^{-1} \right]^{-1} \dots\dots\dots(3)$$

2.2 Redaman Hujan

Redaman hujan (dB/km) berdasarkan ITU-R adalah Redaman hujan merupakan rugi-rugi yang disebabkan oleh butiran air hujan yang berpengaruh pada propagasi sinyal sistem komunikasi satelit serta dipengaruhi besarnya frekuensi. Ketinggian hujan dan polarisasi dari gelombang yang dipancarkan. Perhitungan redaman hujan dapat dirumuskan sebagai berikut:



Gambar 3: Ilustrasi Hujan^[10].

- Menghitung tinggi hujan
Dengan ketentuan sebagai berikut:
Jika latitude > 36°, maka:

$$h_R = 4 - 0,0075(\text{latitude} - 36^\circ) \dots\dots\dots(4)$$

Jika Latitude < 36°, maka hR = 4 km, hR = tinggi hujan di atas permukaan laut (km)

- Menghitung panjang slant path dalam hujan

Untuk E < 5°, maka:

$$L_{SI} = \frac{2(h_R - h_S)}{(\sin^2(E) + \frac{2(h_R - h_S)}{R_E})^{1/2} + \sin(E)} \dots\dots\dots(5)$$

Untuk E > 5°, maka:

$$L_{SI} = \frac{(h_R - h_S)}{\sin(E)} \dots\dots\dots(6)$$

hR = tinggi hujan di atas permukaan laut (km), hS = tinggi stasiun bumi terhadap permukaan laut (km), E = sudut elevasi antena (°), LSI = panjang lintasan dari titik stasiun bumi hingga titik hujan (km)

- Menghitung proyeksi horisontal dari LSI

$$L_G = L_{SI} \cos(E) \dots\dots\dots(7)$$

- Menentukan intensitas / laju hujan untuk outage time tertentu.

R0,01 = bergantung dari daerah (valid untuk E > 5o)

Menghitung redaman per km (dB/Km)

$$\gamma_R = K(R_{0,01})^\beta \dots\dots\dots(8)$$

dimana :

$$K = \frac{[K_H + K_V + (K_H - K_V) \cos^2 E \cdot \cos 2T]}{2} \dots\dots\dots(9)$$

$$\beta = \frac{[K_H \cdot \beta_H + K_V \cdot \beta_V + (K_H \beta_H - K_V \beta_V) \cos^2 E \cdot \cos 2T]}{2K} \dots\dots\dots(10)$$

T = sudut polarisasi gelombang terhadap horisontal, T = 0° (polarisasi horisontal), T = 45° (polarisasi circular), T = 90° (polarisasi vertikal)

Untuk nilai K dan β dapat diperoleh dari tabel 1 berikut ini :

Tabel 1: Nilai K dan β^[10].

Frekuensi (GHz)	KH	KV	K	βH	βV	β
4	0.00065	0.00059	0.00062182	1.121	1.075	1.100498
6	0.00175	0.00155	0.00165606	1.308	1.265	1.289095
7	0.00301	0.00265	0.0028409	1.332	1.312	1.323237
8	0.00454	0.00395	0.00426286	1.327	1.31	1.319601
9	0.0101	0.00887	0.00952224	1.276	1.264	1.270749
12	0.0188	0.0168	0.01786056	1.217	1.2	1.209489
15	0.0367	0.0355	0.03613633	1.154	1.128	1.142002

- Menghitung faktor penurunan horisontal (r0,01)

$$r_{0,01} = \frac{90}{90 + 4L_{SI} \cos(E)} \dots\dots\dots(11)$$

E = sudut elevasi antena (°), LS = panjang lintasan dari titik stasiun bumi hingga titik hujan (km)

- Perhitungan panjang efektif hujan (LE)

$$L_E = L_{SI} \times r_{0,01} \dots\dots\dots(12)$$

- Perhitungan Redaman Hujan

$$A_{0,01} = \gamma_R \cdot L_E \dots\dots\dots(13)$$

A0,01= redaman hujan (dB), γR= redaman hujan per km (dB/km), LE = panjang efektif hujan (km)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah merupakan perhitungan link budget saat terjadi hujan dimana tujuannya adalah untuk mengetahui seberapa besar redaman hujan yang terjadi saat sinyal RF ditransmisikan, sehingga dari perhitungan link budget tersebut dapat diketahui berapakah nilai $(C/N)_{Tot}$ dan nilai E_b/N_0 . Dalam perhitungan menentukan besarnya redaman hujan digunakan metode ITU-R, maka untuk perhitungan redaman hujan adalah sebagai berikut :

- Tinggi Hujan

Maka berdasarkan data teknik yang telah diperoleh pada VSAT SCPC di Makasar, maka untuk parameter-parameter dalam menghitung redaman hujan yang digunakan adalah sebagai berikut :

Longitude VSAT SCPC = 119° E

Latitude VSAT SCPC = 5° S

Longitude satelit Telkom 1 = 108° E

Sudut Elevasi (E), diperoleh perhitungan sebagai berikut :

$$b = 119^\circ - 108^\circ = 11^\circ$$

$$c = -5^\circ$$

$$d = \cos^{-1}(\cos b \times \cos c) = \cos^{-1}(\cos(11) \times \cos(-5)) = \cos^{-1}(0.97789) = 12,07$$

$$E = \tan^{-1} \left[\frac{\cos d - 0,151269}{\sin d} \right] = \tan^{-1} \left[\frac{\cos 12,07 - 0,151269}{\sin 12,07} \right] = \tan^{-1} \left[\frac{0,82362}{0,20911} \right] = 75,75410^\circ$$

Maka dari hasil perhitungan dengan menggunakan parameter diatas dapat diketahui nilai Elevasi (E), dan dari hasil perhitungan diatas juga dapat dilihat ataupun disimpulkan bahwa latitude VSAT SCPC lebih besar dari pada sudut Elevasi (E), seperti yang telah dijelaskan pada bab 2 (dua) maka nilai tinggi hujan adalah 4 Km.

- Panjang Slant Path (Lsl) Dalam Hujan

Untuk Sudut Elevasi yang digunakan pada sistem komunikasi satelit antara VSAT SCPC dengan satelit adalah sebesar 75,75410°, dengan menggunakan persamaan (6) maka diperoleh nilai sebagai berikut:

$$L_{sl} = \frac{(h_R - h_S)}{\sin(E)} ; \text{ dengan asumsi tinggi VSAT SCPC dari permukaan laut adalah 1,5 km dan tinggi hujan}$$

(h_R) adalah 4 Km.

$$L_{sl} = \frac{(4 - 1,5)}{\sin(75,75410)} , L_{sl} = 2,57923 \text{ km}$$

Maka dari hasil perhitungan di atas dapat diketahui bahwa nilai Panjang Slant Path (Lsl) Dalam Hujan adalah 2,57923 Km.

- Proyeksi horisontal dari panjang slant path (LG)

Proyeksi horisontal dari panjang slant path (LG) adalah merupakan perhitungan panjang titik VSAT SCPC dengan tinggi hujan, sehingga dengan menggunakan persamaan (7) diperoleh nilai proyeksi horisontal sebagai berikut :

$$L_G = L_{sl} \cos(E) , L_G = 2,57923 \cos(75,75410) , L_G = 2,57923 \times 0,24608 , L_G = 0,6347 \text{ Km}$$

Maka dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai Proyeksi horisontal dari panjang slant path (LG) adalah 0,6347 Km.

- Selanjutnya adalah menentukan intensitas laju hujan (R_{0,01}), berhubung Indonesia masuk kedalam wilayah P, maka nilai (R_{0,01}) adalah 145 mm/h.

- Menghitung redaman per km (γ_R)

Untuk nilai koefisien K dan β pada frekuensi kerja 6 Ghz masing-masing adalah sebagai berikut ini, $1,656 \times 10^{-3}$ dan 1,289, dan untuk nilai intensitas/laju hujan adalah sebesar 145 mm/h. sehingga dengan menggunakan persamaan (2.30) untuk nilai redaman per km (γ_R) adalah sebagai berikut :

$$\gamma_R = K(R_{0,01})^\beta , \gamma_R = 1,656 \times 10^{-3} (145)^{1,289} , \gamma_R = 1,01172 \text{ dB/Km}$$

Maka dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai redaman per km (γ_R) adalah **1,01172** dB/Km.

- Faktor penurunan horisontal ($r_{0,01}$)
Berikut ini adalah mencari nilai Faktor penurunan horisontal ($r_{0,01}$), dengan menggunakan persamaan (2.33) maka hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$r_{0,01} = \frac{90}{90+4L_{SI} \cos(E)}, r_{0,01} = \frac{90}{90+4 \times 2,57932 \cos(75,75410)}, r_{0,01} = \frac{90}{92,53882}, r_{0,01} = 0,97256$$

Maka dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai Faktor penurunan horisontal ($r_{0,01}$) adalah sebesar **0,97256**.

- Panjang Efektif Hujan(L_E)
Untuk nilai Panjang Efektif Hujan(L_E) dengan menggunakan persamaan (12) maka diperoleh nilai sebagai berikut :

$$L_E = L_{SI} \times r_{0,01}, L_E = 2,57932 \times 0,97256, L_E = 2,50846 \text{ Km}$$

Maka dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai Panjang Efektif Hujan(L_E) adalah sebesar **2,50846** Km.

- Redaman Hujan ($A_{0,01}$)
Untuk nilai redaman hujan ($A_{0,01}$) dengan menggunakan persamaan (13) maka pada arah uplink diperoleh nilai sebagai berikut :

$$A_{0,01} = \gamma_R \times L_E, A_{0,01} = 1,01172 \times 2,50846, A_{0,01} = 2,53786 \text{ dB} \approx 2,5 \text{ dB}$$

Maka dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai redaman hujan ($A_{0,01}$) pada arah uplink adalah 2,5 dB, kemudian dari hasil perhitungan tersebut menjadi nilai redaman hujan, yaitu merupakan persamaan uplink path loss, maka diperoleh nilai sebagai berikut :

$$L_{tot} = L_{fs_{dn}} + \text{redaman hujan} + \text{redaman atmosfer} + \text{pointing loss}$$

$$L_{tot} = 199,583 + 2,5 + 0,02 + 0,2, L_{tot} = 202,303 \text{ dB}$$

Nilai uplink path loss yang mengalami perubahan, akan mempengaruhi nilai $(C/N)_{up}$, dimana nilai $(C/N)_{up}$ akan mengalami perubahan juga. Perubahan nilai $(C/N)_{up}$ adalah sebagai berikut :

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{up} = EIRP_{SBTx} - L_{Tot} + \left(\frac{C}{T}\right)_{up} - 10 \log k - 10 \log BW_{All} - IB_0$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{up} = 51,787 - 202,303 + 32,986 - (10 \log(1,3808 \times 10^{-23})) - (10 \log(1029,12 \times 10^3)) - 2, \left(\frac{C}{N}\right)_{up} = 48,9437 \text{ dB}$$

Maka dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai $(C/N)_{up}$ yang mengalami perubahan adalah sebesar 48.9437 dB.

- Tinggi Hujan arah Downlink
Dari data teknik yang telah diperoleh pada VSAT SCPC di Makasar, maka untuk perhitungan redaman hujan digunakan parameter-parameter sebagai berikut :

$$\text{Longitude VSAT SCPC} = 120^\circ \text{ E}$$

$$\text{Latitude VSAT SCPC} = 2^\circ \text{ S}$$

$$\text{Longitude satelit Telkom 1} = 108^\circ \text{ E}$$

$$\text{Sudut Elevasi (E)}$$

$$b = 120^\circ - 108^\circ = 12^\circ$$

$$c = -2^\circ$$

$$d = \cos^{-1}(\cos b \times \cos c) = \cos^{-1}(\cos(12) \times \cos(-2)) = \cos^{-1}(0,97755) = 12,16$$

$$E = \tan^{-1} \left[\frac{\cos d - 0,151269}{\sin d} \right] = \tan^{-1} \left[\frac{\cos 12,16 - 0,151269}{\sin 12,16} \right] = \tan^{-1} \left[\frac{0,82629}{0,21064} \right] = 75,69855^\circ$$

Setelah melakukan perhitungan berdasarkan pada parameter yang telah ada maka dapat diperoleh nilai latitude VSAT SCPC, dimana nilai yang telah diperoleh lebih besar dari pada sudut Elevasi (E), maka diperoleh lah nilai tinggi hujan adalah sebesar 4 Km.

- Panjang Slant Path (L_{sl}) Dalam Hujan
Untuk Sudut Elevasi komunikasi satelit antara VSAT SCPC dengan satelit adalah 75,75410°, maka dipergunakanlah persamaan berikut :

$$L_{sl} = \frac{(h_R - h_S)}{\sin(E)} ; \text{ dengan asumsi tinggi VSAT SCPC dari permukaan laut adalah 1,5 Km, dan tinggi hujan}$$

(h_R) adalah 4 Km.

$$L_{sl} = \frac{(4 - 1,5)}{\sin(75,69855)} , L_{sl} = 2,57996 \text{ Km}$$

Maka dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai Panjang Slant Path (L_{sl}) Dalam Hujan adalah **2,57996 Km**.

- Proyeksi horisontal dari panjang slant path (L_G)
Proyeksi horisontal dari panjang slant path (L_G) adalah merupakan perhitungan panjang titik VSAT SCPC dengan tinggi hujan, maka diperoleh nilai sebagai berikut :

$$L_G = L_{sl} \cos(E)$$

$$L_G = 2,57996 \times \cos(75,69855) , L_G = 0,63730 \text{ Km}$$

Maka dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai Proyeksi horisontal dari panjang slant path (L_G) adalah **0,63730 Km**.

- Menentukan intensitas laju hujan (R_{0,01}), karena Indonesia termasuk dalam wilayah P, maka nilai (R_{0,01}) adalah 145 mm/h.
- Menghitung redaman per km (Y_R)

Dengan melihat tabel 1 maka dapat diketahui nilai koefisien K dan β pada frekuensi kerja 4 GHz masing-masing adalah 6,2182 x10⁻⁴ dan 1,100498 dan nilai intensitas/laju hujan adalah 145 mm/h. maka diperoleh nilai sebagai berikut :

$$Y_R = K(R_{0,01})^\beta , Y_R = 6,26831 \times 10^{-4} (145)^{1,09632} , Y_R = 0,14867771 \text{ dB/Km}$$

Maka dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai redaman per km (Y_R) adalah **0,14867771 dB/Km**.

- Faktor penurunan horisontal (r_{0,001})

$$r_{0,01} = \frac{90}{90 + 4L_{sl} \cos(E)} , r_{0,01} = \frac{90}{90 + 4 \times 2,57996 \cos(75,69855)} , r_{0,01} = \frac{90}{92,54924} , r_{0,01} = 0,97246$$

Maka dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai Faktor penurunan horisontal (r_{0,001}) adalah sebesar **0,97246**.

- Panjang Efektif Hujan (L_E)

$$L_E = L_{sl} \times r_{0,01} , L_E = 2,57996 \times 0,97246 , L_E = 2,50891 \text{ Km}$$

Maka dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai Panjang Efektif Hujan (L_E) adalah **2,50891 Km**.

- Redaman Hujan (A_{0,01})

Nilai redaman hujan (A_{0,01}) untuk arah downlink adalah sebagai berikut :

$$A_{0,01} = Y_R \times L_E , A_{0,01} = 0,14867771 \times 2,50891 , A_{0,01} = 0,37301603 \text{ dB} \approx 0,4 \text{ dB}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka diperoleh nilai redaman hujan (A_{0,01}) sebesar **0,37301603 dB** ≈

0,4 dB, dari nilai redaman hujan yang telah diperoleh tersebut dimasukkan ke dalam persamaan downlink path loss, sehingga nilai yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$L_{tot} = L_{fs_{dn}} + \text{redaman hujan} + \text{redaman atmosfer} + \text{pointing loss}$$

$$L_{tot} = 195,694 + 0,4 + 0,02 + 0,2, L_{tot} = 196,314 \text{ dB}$$

Dari perubahan nilai downlink path loss maka akan mengakibatkan perubahan pada nilai $(C/N)_{dn}$, perubahan nilai adalah sebesar :

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{dn} = EIRP_{\text{Satelit}} - L_{Tot} + \left(\frac{C}{T}\right)_{dn} - 10 \log k - 10 \log BW_{All} - OB_o$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{dn} = 42 - 196,314 + 1,5 - (10 \log(1,3808 \times 10^{-23})) - (10 \log(1029,12 \times 10^3)) - 1, \left(\frac{C}{N}\right)_{dn} = 14,65909 \text{ dB}$$

Dari perubahan nilai $(C/N)_{up}$ dan $(C/N)_{dn}$, maka akan mengakibatkan perubahan pada nilai $(C/N)_{Tot}$, sebesar :

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{Tot} = \left[\left(\frac{C}{N}\right)_{up}^{-1} + \left(\frac{C}{N}\right)_{dn}^{-1} \right]^{-1}, \left(\frac{C}{N}\right)_{Tot} = [(48,94371)^{-1} + (14,66909)^{-1}]^{-1}$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{Tot} = [(0,02043) + (0,06817)]^{-1}, \left(\frac{C}{N}\right)_{Tot} = [0,0886]^{-1}, \left(\frac{C}{N}\right)_{Tot} = 11,28668 \text{ dB}$$

Kualitas dari sinyal Radio Frequency (RF) yang diterima oleh modem akan mengalami perubahan akibat dari perubahan nilai $(C/N)_{Tot}$ adalah :

$$Eb/N_o = \left(\frac{C}{N}\right)_{Tot} + BW_{All} - \text{Information Rate}$$

$$Eb/N_o = 11,28668 + 10 \log(1029,12 \times 10^3) - 10 \log(2048 \times 10^3)$$

$$Eb/N_o = 11,28668 + 60,12466 - 63,11329, Eb/N_o = 8,29805 \text{ dB}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai Eb/N_o pada saat kondisi hujan adalah sebesar **8.29805** dB. Setelah semua perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan yang telah ada,

maka dari hasil perhitungan tersebut diperoleh nilai Eb/N_o pada saat kondisi cerah (clear sky) adalah sebesar **8.80237** dB. Hal ini sangat berbeda dengan nilai standarisasi dari nilai Eb/N_o pada CDM-600,

dimana untuk modulasi yang digunakan adalah 16-QAM dan FEC $\frac{3}{4}$, seperti yang terlihat pada tabel 2 di bawah ini, dimana nilai Eb/N_o adalah 7,7 dB:

Tabel 2: Standarisasi Nilai Eb/N_o Pada Modem CDM-600^[10].

CDM-600				
Modulation	Forward Error Correction	Reference Eb/N_o At BER $\approx 10^{-4}$	Data Rate	Symbol Rate
QPSK	3/4 Turbo	3.9 dB	2048 kbps	1365.333 ksps
8-PSK	3/4 Turbo	6.3 dB	2048 kbps	910.222 ksps
16-QAM	3/4 Turbo	7.7 dB	2048 kbps	682.667 ksps

Dari hasil yang telah diperoleh bahwa nilai hasil perhitungan dengan nilai standarisasi berbeda, dimana selisih nilainya tersebut adalah $\approx 1,1$ dB, hal ini dilihat dari nilai Eb/N_o pada saat kondisi cerah (clear

sky) dengan pencarian menggunakan rumus diperoleh sekitar **8.80237** dB. Sedangkan dari tabel 2 dapat

dilihat nilai Eb/N_o adalah sebesar 7,7 dB, ini berarti selisihnya adalah sebesar $\approx 1,1$ dB. Untuk hasil

yang telah diperoleh, nilai ini mungkin tidak terlalu berbeda dengan nilai yang telah digunakan sebagai standarisasi seperti yang ada pada tabel 2. Hal ini disebabkan karena pada saat perhitungan terdapat nilai margin yang harus ditambahkan pada parameter (C/N) , sebesar 1 dB (1,2589) sampai 1,5 dB (1,4125). Tujuan dari penambahan nilai margin ini adalah agar sinyal yang diterima oleh penerima dalam kondisi baik. Dengan nilai Eb/N_o pada saat kondisi cerah (clear sky) yang diperoleh sekitar **8.80237** dB,

sedangkan untuk nilai asumsi yang digunakan di lapangan adalah $\geq 8,5$ dB, maka dapat ditarik

kesimpulan bahwa nilai Eb/N_o tersebut memiliki kualitas sinyal yang bagus.

4. SIMPULAN

1. Akibat redaman hujan maka nilai Eb/No akan mengalami penurunan, hal ini dilihat dari hasil perhitungan yang telah dilakukan. Walaupun penurunan nilai Eb/No yang diakibatkan oleh redaman hujan tidak terlalu besar namun tetap mempengaruhi link komunikasi satelit yang digunakan.
2. Penambahan nilai AUPC akan disesuaikan dengan penurunan yang dialami oleh nilai Eb/No, yang artinya apabila nilai Eb/No mengalami penurunan sebesar 0,3 dB maka AUPC akan langsung menambahkan nilai yang sama juga yaitu sebesar 0,3 dB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Elbert, Bruce R. 2001. *The Satellite Communication Ground Segment and Earth Station Handbook*. Boston, London: Artech House.
- [2] Isnawati, Anggun Fitriani. 2008. *Komunikasi Data*. Purwokerto: Diktat Kuliah Komunikasi Data. Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto.
- [3] Noermartiyas, Aditya Rizki. 2009. *Analisis Penurunan Level Sinyal Akibat Hujan Pada Komunikasi Satelit Teknologi Very Small Aperture Terminal (Vsat) Link BSC Timika – BTS Supiori Studi Kasus PT. Patrakom Indonesia – PT. Telkomsel*. Purwokerto: Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto. 2009.
- [4] Pamungkas, Wahyu. 2005. *Komunikasi Satelit*. Purwokerto: Diktat Kuliah Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto.
- [5] Pahlevie, Denny. 2009. *Analisis Pengaruh Pointing Antena Stasiun Bumi Terhadap Penerimaan Parameter-Parameter Sinyal Link Budget Satelit Arah Downlink*. Purwokerto: Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto. 2009.
- [6] Simanjuntak, T.L.H. 2004. *Sistem Komunikasi Satelit*. PT. Alumni. Bandung.
- [7] Susanti D, Susi. 2010. *Analisis Pengaruh Redaman Hujan Pada Teknologi VSAT SCPC Terhadap Link Budget Arah Uplink Dan Downlink*. Purwokerto: Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto. 2010.
- [8] Setiawan, Eddy. *Satelit Sebagai Infrastruktur Strategis Telkom*. Lab Wireless Network - Bid R&D Infrastructure, TELKOM R&D Center.
- [9] Susilawati, Indah. *Teknik Telekomunikasi Data Modulasi Pulsa*. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana Yogyakarta. 2009.
- [10] Sklar, Bernard. *Digital Communications Fundamentals and Applications: Communications Engineering Services, Tarzana, California and University of California, Los Angeles*.
- [11] Yudanto, Radityo C. *Digital Modulation Techniques*. Teknik Elektro FT UGM, Yogyakarta.
- [12] Dewi Trirezeki, Dyah. *Analisa Kinerja Automatic Uplink Power Control (AUPC) Dan Prangkat Lunak Simulasi AUPC Untuk Monitoring Pada Komunikasi Sateli IDR*. FT UI, 2008.