

# Analisis Redaman Hujan pada Frekuensi C-Band dan Ku-band untuk Komunikasi VSAT-TV pada Daerah Tropis

Ervin Nurdiansyah dan Achmad Mauludiyanto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail:* maulud@ee.its.ac.id

**Abstrak**— Penggunaan satelit untuk berbagai macam komunikasi semakin berkembang dewasa ini salah satunya yaitu teknologi VSAT untuk keperluan TV berbayar yang dinilai sangat strategis. Teknologi VSAT digunakan oleh perusahaan TV berbayar sebagai *backbone* dari jaringan yang mereka tawarkan kepada konsumen. Penggunaan VSAT sebagai alat komunikasi memiliki banyak sekali keuntungan antara lain kemudahan dalam hal instalasi, biaya yang murah dan kemudahan dalam pemeliharaan. Di samping semua keunggulan yang dimiliki oleh VSAT, teknologi VSAT yang menggunakan frekuensi C-Band dan Ku-Band ini memiliki beberapa kekurangan diantaranya yaitu masalah propagasi terutama propagasi yang disebabkan oleh redaman hujan. Dalam studi ini penulis melakukan analisis redaman hujan menggunakan empat model prediksi redaman hujan yaitu model ITU-R P.618-5, model Global Crane, Model SAM, dan model ITU-R modifikasi untuk daerah tropis. Keempat model tersebut dibandingkan dengan pengukuran guna mengetahui model redaman hujan yang mendekati untuk wilayah Surabaya. Dalam studi ini untuk pengukuran pada kanal Ku-Band menggunakan satelit JCSAT 4B sedangkan untuk pengukuran kanal C-Band menggunakan satelit TELKOM-1 dengan menggunakan VSAT berukuran 0,6 m. Berdasarkan hasil analisis didapatkan model redaman hujan mendekati pengukuran untuk kanal C-band adalah model Global Crane dengan persen error sebesar 73,1 %. Sedangkan untuk kanal Ku-band adalah model ITU-R Modifikasi untuk daerah tropis dengan persen error sebesar 22,4 %.

**Kata Kunci**— Redaman Hujan, Surabaya, ITU-R P.618-5, Global Crane, SAM, ITU-R modifikasi untuk daerah tropis, C-band, Ku-band.

## I. PENDAHULUAN

DEWASA ini perkembangan teknologi komunikasi yang semakin pesat berpengaruh terhadap kehidupan manusia, diantaranya yaitu perkembangan teknologi broadcasting khususnya tv berbayar. Dalam penggunaan tv berbayar ini terdapat berbagai macam teknologi yang diterapkan salah satunya yaitu dengan menggunakan teknologi VSAT. Teknologi VSAT dipilih karena memiliki berbagai macam keuntungan diantaranya penggelaran jaringan yang mudah karena menggunakan satelit yang memiliki jangkauan yang luas yaitu hampir setengah permukaan bumi, kemudahan dalam instalasi perangkat penerima di rumah-rumah, kemudahan dalam pemeliharaan dan masih banyak lagi. Selain dari semua keuntungan yang dimiliki oleh teknologi VSAT tersebut, terdapat juga kerugian dalam penggunaan teknologi VSAT tersebut beberapa kerugian tersebut terutama menyangkut masalah propagasi yaitu redaman hujan.

Dalam penggunaan teknologi VSAT untuk tv berbayar ini frekuensi yang dipakai di Indonesia adalah C-Band (4 s/d 6 GHz) dan Ku-band (11 s/d 14 GHz) [1], di dalam sistem komunikasi VSAT ini diperlukan pengkajian cermat karena

sangat rentan, terutama terhadap perubahan kondisi atmosfer khususnya hujan, dimana ketika semakin tinggi intensitas hujan maka akan ada aspek redaman hujan yang diperoleh dimana daya emisi yang diterima akan teredam, suhu derau sistem meningkat di sisi penerima, dan *link-availability* semakin menurun. Dalam studi ini penulis mengkaji pemakaian frekuensi C-band dan Ku-Band untuk sistem komunikasi VSAT untuk tv berbayar di wilayah Surabaya. Pengkajian difokuskan pada perhitungan nilai redaman hujan menggunakan 4 (empat) model, yaitu model ITU-R P.618-5[2], model Global Crane[3], Model *Simple Attenuation Model* (SAM)[4], dan model ITU-R modifikasi untuk daerah tropis[5] yang kemudian dibandingkan dengan data pengukuran. Data pengukuran didapatkan dari pengukuran yang dilakukan secara langsung oleh penulis menggunakan data yang didapatkan dari *set top box* tv berbayar. Sedangkan data curah hujan yang digunakan adalah data yang didapatkan dari Dinas Operasi Sub Dinas Meteo Pangkalan Udara Surabaya. Dengan melihat hasil redaman hujan yang terjadi kemudian dilakukan perhitungan persen error terhadap hasil pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui model redaman hujan yang dapat digunakan untuk perhitungan wilayah Surabaya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Komunikasi Satelit

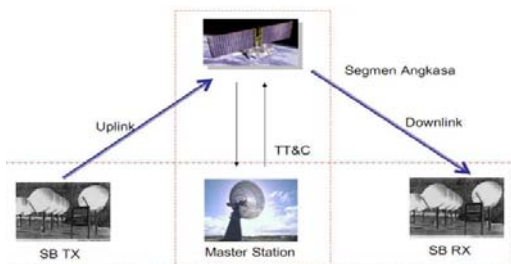
Satelit pada dasarnya berfungsi sebagai *repeater* (pengulang) yang diletakan di ketinggian tertentu sebagai stasiun pengulang. Secara umum komunikasi satelit terdiri dari dua bagian, yaitu :

- Space segment* yang terdiri dari satelit dan stasiun bumi.
- Earth segment / Ground segment* (GS) yang terdiri dari sistem perangkat pemancar dan penerima dari suatu sistem komunikasi satelit.

Bagian dari *space segment* berorientasi pada proses pengendalian dari satelit baik yang dikendalikan yaitu satelit dan bagian pengendali yaitu *Master Control*. Sedangkan GS berorientasi terhadap pengguna dari satelit tersebut. Pembagian sistem komunikasi tersebut dapat digambarkan seperti pada Gambar 1.

Berdasarkan pembagian fungsi tersebut, *space segment* yang terdiri dari satelit dan *master control* merupakan satu kesatuan, dimana *master control* berperan sebagai pengendali utama dari satelit yang digunakan supaya tetap berada dalam kondisi yang baik dan sehingga dapat beroperasi sesuai dengan yang telah direncanakan. Proses yang dilakukan oleh *master control* untuk menjaga agar satelit dalam kondisi yang baik, diantaranya adalah :

- a. *Telemetry*, merupakan data – data yang berisi informasi kondisi satelit, baik posisi maupun kualitas respon satelit.
- b. *Tracking Command*, dalam proses ini dilakukan pengarahan antenna *master control* agar dapat mengikuti posisi dari satelit yang digunakan.
- c. *Ranging*, merupakan proses pengukuran jarak satelit terhadap permukaan bumi dengan *master control* sebagai acuan jarak terhadap satelit.



Gambar 1. Arsitektur Komunikasi Satelit.

**B. Satelit TELKOM 1**

Salah satu satelit komunikasi yang memiliki transponder *C - Band* adalah Satelit TELKOM 1. Satelit TELKOM 1 dibuat oleh perusahaan asal Amerika Serikat Lockheed Martin Commercial Space System yang berada di Newton, Amerika. Satelit ini memiliki 24 transponder *C - Band* dan 12 transponder external. Satelit Telkom 1 berada pada 108° BT yang akan mencakup seluruh wilayah Indonesia, Asia Tenggara, dan Australia bagian utara. Wilayah *coverage* Telkom 1 ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah ini :



Gambar 2. Coverage Area Satelit Telkom 1.[5]

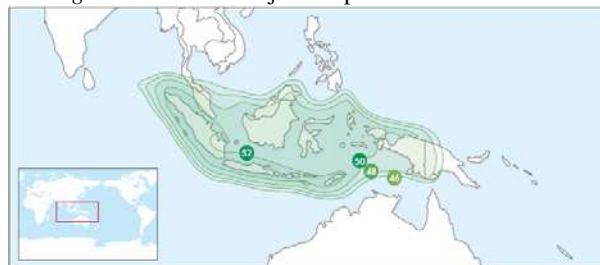
Tabel 1. Spesifikasi Satelit Telkom 1.[5]

Parameter	TELKOM 1
Pabrik Pembuat	Lockhed Martin
Launching	4 Agustus 1999
Lokasi Orbit	108°BT
Band Frekuensi	C - Band
EIRP	39 dBW
Bandwidth	36 MHz
C - Band Uplink	3,7 – 4,2 GHz
C - Band Downlink	5,9 – 6,4 GHz

**C. Satelit JCSAT 4B**

Satelit JCSAT 4B merupakan salah satu satelit yang beroperasi pada frekuensi *Ku - Band*. Satelit JCSAT 4 B dibuat oleh perusahaan asal Amerika Serikat Lockheed Martin Commercial Space System yang berada di Newton, Amerika. Satelit ini memiliki 44 transponder *Ku - Band*. Satelit JCSAT 4B berada pada 124° BT yang dapat

menjangkau wilayah Asia Tenggara dan Oceania. Wilayah *coverage* JCSAT 4B ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Coverage Area JCSAT 4B[6]

Tabel 2. Spesifikasi Satelit JCSAT 4B[6]

Parameter	JCSAT 4B
Pabrik Pembuat	Lockhed Martin
Launching	15 Juni 2012
Lokasi Orbit	124°BT
Band Frekuensi	Ku - Band
EIRP	52 dBW
Bandwidth	36 MHz
Ku - Band Uplink	11,7 – 12,7 GHz
Ku - Band Downlink	14 – 14,5 GHz

**D. Model Redaman Hujan**

Dalam perancangan suatu sistem komunikasi redaman hujan menjadi faktor yang sangat penting untuk mengetahui analisis kerja sistem komunikasi radio. Dalam penulisan studi ini penulis menggunakan beberapa model prediksi redaman hujan. Model prediksi redaman hujan yang digunakan antara lain, yaitu model prediksi ITU-R 618-5, Simple Attenuation Model (SAM), Global Crane, dan ITU-R modifikasi untuk daerah tropis.

**1) Model ITU-RP.618-5[2]**

Model ini diciptakan ITU-R untuk menghitung prediksi redaman hujan secara global di seluruh dunia dan dipergunakan untuk frekuensi sampai dengan 30 GHz.

$$A = \gamma R L_s r \quad (\text{dB}) \tag{1}$$

Dengan  $\gamma R$  merupakan redaman spesifik (dB/Km),  $L_s$  merupakan *Slant path* (Km) dan  $r$  merupakan *rain rate* (mm/jam) di suatu lokasi.

**2) Model Global Crane[1]**

Model Global Crane dikembangkan dengan dasar penelitian geografi dengan *rain rate* yang telah ditetapkan dalam tabel. Adapun untuk perhitungannya dapat menggunakan persamaan berikut.

untuk  $0 \leq L_G \leq D_o$

$$A = aR^b \left[ \frac{e^{ubd-1}}{ub} \right] (\text{dB}) \tag{2}$$

untuk  $D_o \leq L_G \leq 22,5$

$$A = aR^b \left[ \frac{e^{ubD_o-1}}{ub} - \frac{B^b e^{cbD_o}}{cb} + \frac{B^b e^{cbd}}{cb} \right] (\text{dB}) \tag{3}$$

**3) Model SAM (Simple Attenuation Model)[3]**

*Simple Attenuation Model* dikembangkan oleh Stutzman dan Dishman didasarkan bentuk *rain rate* berbentuk eksponensial. Model ini dibuat oleh NASA dengan tujuan kemudahan dalam pemakaiannya. Perhitungan redaman hujan model SAM adalah sebagai berikut :

untuk  $R \leq 10$  mm/h

$$A = \gamma Ls \quad (\text{dB}) \quad (4)$$

untuk  $R \geq 10$  mm/h

$$A = \gamma \frac{1 - \exp[-\alpha \Gamma \ln(\frac{R}{10}) Ls \cos\theta]}{\Gamma \alpha \ln(\frac{R}{10}) \cos\theta} \quad (\text{dB}) \quad (5)$$

4) Model ITU-R Modifikasi daerah tropis[4]

Model ini diciptakan oleh J.X. Yeo dan Y.H. Lee dengan memodifikasi model ITU-R yang sudah ada untuk menghitung prediksi redaman hujan untuk daerah tropis yang memiliki tingkat curah hujan yang tinggi. Perhitungan redaman hujan menggunakan model ITU-R Modifikasi untuk daerah tropis adalah sebagai berikut.

Hitung faktor reduksi r

$$r = \frac{1}{1 + 0,31 \frac{\sqrt{(LG\gamma R)}}{f} - 0,09(1 - e^{-2LG})} \quad (6)$$

Dimana jika  $r < 1$  maka  $r = 1$   
Hitung faktor reduksi v

$$v = \frac{1}{1 + \sqrt{\sin\theta} [31(1 - e^{-\frac{\theta}{1+\xi}}) \sqrt{\frac{LR\gamma R}{f^2}} - 0,5]} \quad (7)$$

dengan

$$\xi = \tan^{-1} \left[ \frac{hR - hS}{LG.r} \right] \quad (8)$$

Untuk  $\xi > \theta$

$$LR = \frac{(LG.r)}{\cos\theta} \quad (9)$$

Untuk  $\xi < \theta$

$$LR = \frac{(hR - hS)}{\sin\theta} \quad (10)$$

Hitung prediksi redaman hujan untuk A (dB).

$$A = \gamma R Ls r v \quad (\text{dB}) \quad (11)$$

III. METODE PENGUKURAN

Pada studi ini metode pengukuran dilakukan di daerah Juanda Surabaya. Pada proses pengukuran ini terdapat beberapa parameter yang dicatat dalam proses pengukuran tetapi parameter yang akan digunakan nantinya yaitu parameter kualitas (C/N). Nilai kualitas ini dipilih karena nantinya dapat digunakan untuk menghitung nilai dari redaman hujan yang selanjutnya akan digunakan untuk penentuan pemodelan redaman hujan yang sesuai untuk wilayah Surabaya. Pengukuran kualitas (C/N) dilakukan secara statis dimana pengukuran hanya dilakukan di satu tempat saja.

A. Metode Pengukuran

Metode pengerjaan studi ini yaitu pertama menentukan sistematis pengukuran, meliputi alur pengukuran dan arsitektur pengukuran kualitas (C/N). Pengukuran dilakukan di wilayah Juanda Surabaya. Pengukuran dilakukan selama tujuh belas kali untuk kanal Ku- Band dan dua belas kali

untuk kanal C-Band. Proses pencatatan data dilakukan setiap 30 detik sekali selama hujan berlangsung atau selama satu jam apabila hujan berlangsung lebih dari satu jam. Sehingga setiap menitnya terdapat 2 sampel data. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan dua satelit yang berbeda, satelit JCSAT 4B digunakan untuk pengukuran kanal Ku-Band dan satelit TELKOM 1 untuk pengukuran kanal C-Band. Langkah selanjutnya mempersiapkan perangkat yang dibutuhkan yaitu dish parabola, LNB, kabel coaxial dan receiver digital / set top box. Kemudian setelah itu melakukan setting perangkat tersebut agar dapat terhubung dengan satelit, dalam pengukuran ini proses setting perangkat tersebut dilakukan dua kali karena proses pengukuran menggunakan dua satelit yang berbeda. Setelah selesai pengukuran, hasil data diolah dan dianalisis dalam bentuk grafik dan tabel. Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan pemodelan sehingga dapat ditarik kesimpulan untuk menentukan pemodelan yang sesuai digunakan untuk wilayah Surabaya.

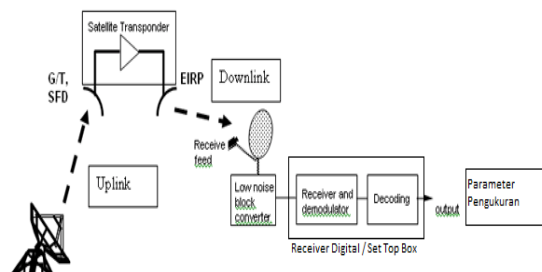
B. Kebutuhan Perangkat Penunjang

Sebelum melakukan pengukuran, dibutuhkan perangkat sebagai penunjang, yaitu :

- a. Antena parabola ukuran 0,8 m.
- b. Low Noise Block (LNB) dengan spesifikasi :
  - 1) Model : Matrix LC-999 Dual Band
  - 2) C-Band
    - Input : 3,4 – 4,2 GHz
    - Output : 950 – 1750 MHz
    - L.O : 5150 MHz
  - 3) Ku-Band
    - Input : 10,7 – 12,75 GHz
    - Output : 950 – 1950 MHz (Low Band)  
1100 – 2150 MHz (High Band)
    - L.O : 9,75 GHz (Low Band)  
10,6 GHz (High Band)
- c. Receiver digital dengan spesifikasi
  - 1) Model : LG SN730H-SI
  - 2) Power requirements : DC 12 V, 2 A
  - 3) Frequency range : 950 – 2150 MHz
  - 4) LNB Power & Polarisation : 18 Vdc,  
13 V (vertical),  
18 V (Horizontal)
  - 5) Impedance : 75 Ω
  - 6) Demodulation : QPSK, 8PSK
- d. Kabel coaxial + konektor LNB dengan spesifikasi
  - 1) Impedance : 75 Ω
  - 2) Velocity of propagation : 65,9 %
  - 3) Max Operating frequency : 3 GHz
  - 4) RF shielding : 90 dB
  - 5) Capacitance : 67,59 (pF/m)
  - 6) Max operating voltage : 2700 Volt

C. Arsitektur Pengukuran

Pada Gambar 4 merupakan gambaran dari metode pengukuran yang dilakukan dalam penulisan studi ini, secara garis besar sinyal dari satelit ditangkap oleh antenna penerima kemudian dipantulkan ke arah LNB untuk dikuatkan kemudian ditransmisikan melalui kabel coaxial untuk selanjutnya dikonversi menjadi sinyal audio dan video oleh receiver digital / set top box yang terdiri dari decoder untuk . Dalam penulisan studi ini data pengukuran didapatkan dari receiver digital / Set Top Box.



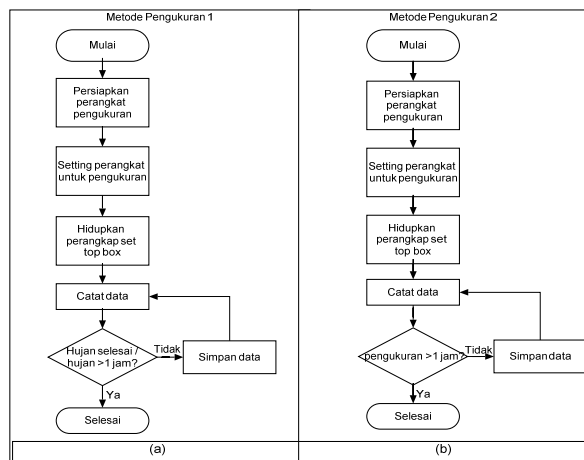
Gambar 4. Arsitektur Pengukuran Kualitas (C/N).

D. Alur Pengukuran

Dalam melakukan pengukuran studi ini, pengukuran di bagi menjadi dua tahap pengukuran. Pengukuran tahap pertama dilakukan untuk mengukur kualitas (C/N) untuk kanal Ku - Band dengan menggunakan satelit JCSAT 4B. Sedangkan pengukuran tahap kedua dilakukan untuk mengukur kualitas (C/N) untuk kanal C – Band dengan menggunakan satelit TELKOM-1. Dalam setiap tahap pengukuran, dilakukan dua jenis pengukuran. Pengukuran jenis pertama dilakukan pada saat terjadi hujan, pengukuran ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa besar sinyal yang diterima stasiun bumi pada saat terjadi hujan. Pengukuran jenis kedua adalah pengukuran yang dilakukan pada saat tidak terjadi hujan, tetapi dengan kondisi waktu yang berbeda – beda. Dalam pengukuran ini dimaksudkan untuk mengetahui besarnya sinyal yang diterima oleh stasiun bumi pada saat kondisi cerah dan juga dimaksudkan untuk mengetahui apakah ada perbedaan antara pengukuran yang dilakukan pada waktu pagi, siang, atau malam hari.

E. Flowchart Pengukuran

Pada Gambar 5 merupakan alur aplikasi pengukuran nilai C/N.



Gambar 5. Flowchart pengukuran (a) kondisi hujan (b) kondisi tidak hujan

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Analisis pengukuran Ku-Band

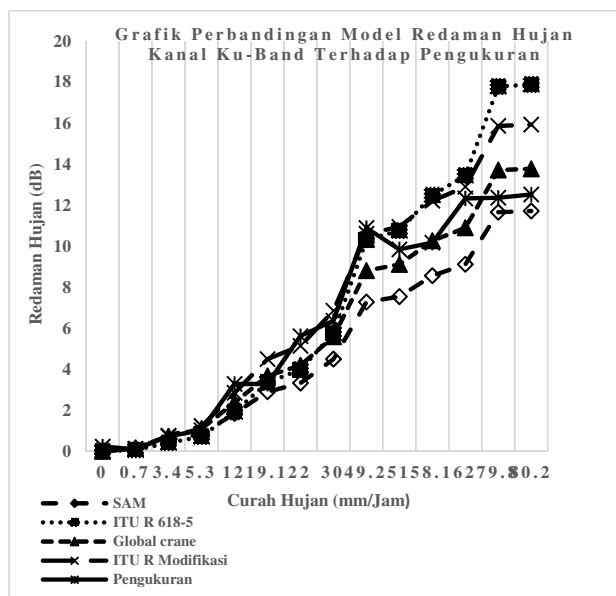
Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa curah hujan terbesar pada saat pengukuran yaitu 80,2 mm/jam dengan redaman hujan sebesar 12,51 dB dengan hasil perhitungan model yang paling mendekati yaitu model Global Crane dengan nilai 13,73 dB. Sedangkan pada kondisi cuaca cerah dengan curah hujan 0 mm/jam hasil pengukuran masih menunjukkan adanya redaman hujan walaupun nilainya sangat kecil yaitu

sekitar 0,22 dB. Untuk kondisi curah hujan sedang dengan curah hujan 12 mm/jam hasil pengukuran menunjukkan terjadi redaman hujan sebesar 3,27 dB dengan hasil model perhitungan yang mendekati yaitu model ITU-R Modifikasi dengan nilai sebesar 2,85 dB.

Tabel 3. Hasil Redaman Hujan Kanal Ku-Band.

Curah Hujan (mm/jam)	Redaman Hujan (dB)						
	0	0,7	3,4	5,3	12	19,1	22
ITU-R P.618-5	0	0,06	0,415	0,711	1,915	3,355	3,976
Global Crane	0	0,158	0,725	1,104	2,381	3,674	4,19
SAM	0	0,104	0,517	0,811	1,844	2,902	3,331
ITU-R Modifikasi	0	0,126	0,758	1,225	2,854	4,498	5,144
Pengukuran	0,228	0,095	0,722	1,021	3,279	3,28	5,611
Curah Hujan (mm/jam)	30	49,2	51	58,1	62	79,8	80,2
ITU-R P.618-5	5,76	10,313	10,751	12,487	13,444	17,774	17,86
Global Crane	5,585	8,811	9,107	12,487	10,891	13,711	13,773
SAM	4,509	7,307	7,568	8,594	9,157	11,715	11,773
ITU-R Modifikasi	6,856	10,621	10,953	12,231	12,914	15,881	15,945
Pengukuran	6,357	10,889	10,094	10,167	12,325	12,36	12,515

Dari grafik yang terdapat pada Gambar 6 dapat diketahui bahwa secara garis besar untuk curah hujan ringan ( $\leq 10$  mm/jam) hasil pemodelan dan pengukuran terlihat dalam satu garis. Sedangkan ketika kondisi curah hujan sedang dan lebat ( $\geq 10$  mm/jam) mulai terlihat perbedaan nilai redaman hujan.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Model Redaman hujan Kanal Ku-Band.

Berdasarkan tabel 4.10 untuk kondisi cerah (0 mm/jam) tingkat error dari keseluruhan model yaitu 100 %. Pada saat kondisi curah hujan sedang berkisar antara 10 – 30 mm/jam merupakan error terbesar dengan rata – rata error untuk keseluruhan model di atas 30 %. Pada saat curah hujan antara 30 – 60 mm/jam didapati tingkat error yang kecil dengan tingkat error rata – rata berkisar di bawah 10% kecuali untuk model SAM. Sedangkan untuk curah hujan diatas 60 mm/jam mulai mulai terjadi perbedaan nilai error yang cukup besar yaitu berada diatas diatas 20 % tetapi sebaliknya untuk model SAM terjadi penurunan tingkat error. Secara keseluruhan tingkat error terhadap pengukuran untuk model ITU-R P.618-5 sebesar 30,1 %, untuk model

Simple Attenuation Model (SAM) sebesar 29,2 %, untuk model Global Crane sebesar 24,3 % dan model ITU-R Modifikasi sebesar 22,4 %.

Tabel 4. Perbandingan antara Hasil Pengukuran dengan Perhitungan Model Redaman Hujan.

Curah Hujan (mm/h)	Hasil pengukuran	ITU-R P.618-5 (dB)	Error (%)	SAM (dB)	Error (%)
0	0.228	0	100	0	100
0.7	0.095	0.06	36	0.11	22
3.4	0.722	0.41	43	0.53	25
5.3	1.021	0.71	30	0.83	19
12	3.279	1.91	42	1.84	44
19.1	3.28	3.35	2	2.89	12
22	5.61	3.97	29	3.32	41
30	6.357	5.75	9	4.49	29
49.2	10.88	10.31	5	7.27	33
51	10.09	10.75	7	7.53	25
58.1	10.16	12.48	23	8.55	16
62	12.32	13.44	9	9.11	26
79.8	12.36	17.78	44	11.6	6
80.2	12.51	17.88	43	11.7	12
			30.1		29.2

Curah Hujan (mm/h)	Hasil pengukuran	Global Crane (dB)	Error (%)	ITU-R Modifikasi (dB)	Error (%)
0	0.228	0	100	0	100
0.7	0.095	0.16	71	0.12	33
3.4	0.722	0.8	11	0.75	5
5.3	1.021	1.24	22	1.22	20
12	3.279	2.77	16	2.85	13
19.1	3.28	4.32	32	4.49	37
22	5.61	4.94	12	5.13	8
30	6.357	6.59	4	6.84	8
49.2	10.88	10.2	6	10.6	3
51	10.09	10.5	5	10.9	8
58.1	10.16	11.8	16	12.2	20
62	12.32	12.4	1	12.8	5
79.8	12.36	15.2	24	15.8	28
80.2	12.51	15.3	23	15.9	27
			24.3		22.4

B. Analisis pengukuran C-Band

Pada tabel 5 dapat dilihat bahwa curah hujan terbesar pada saat pengukuran yaitu 31,5 mm/jam dengan redaman hujan sebesar 0,5366 dB dengan hasil perhitungan model yang paling mendekati yaitu model Global Crane dengan nilai 0,2189 dB. Sedangkan pada saat pengukuran dengan kondisi hujan ringan dan sedang (< 10 mm/jam) tidak terjadi redaman hujan (0 dB). Redaman hujan pada kanal C-Band pada saat pengukuran baru terjadi pada kondisi hujan lebat dan sangat lebat (> 10 mm/jam) tetapi itupun dengan nilai yang sangat kecil yaitu dibawah 1 dB, sehingga tidak begitu berpengaruh terhadap sistem komunikasi.

Tabel 5. Hasil Redaman Hujan Kanal C-Band.

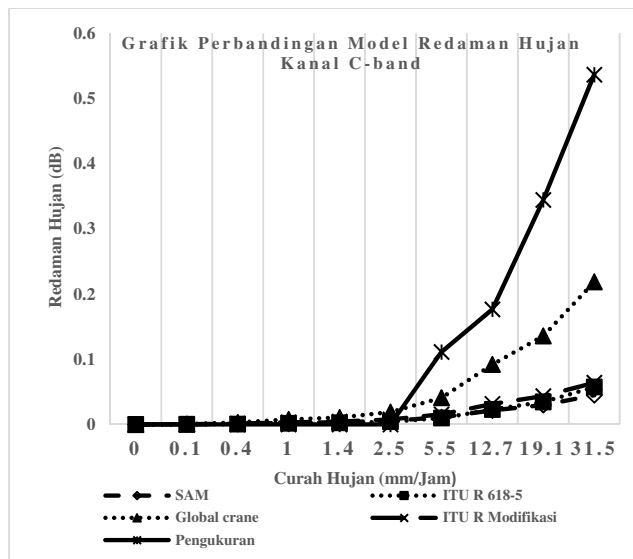
Curah Hujan (mm/jam)	0	0,1	0,4	1	1,4
	Redaman Hujan (dB)				
ITU-R P.618-5	0	0.00017	0.00068	0.00173	0.00244
Global Crane	0	0.00071	0.00306	0.0077	0.01075
SAM	0	0.00035	0.0012	0.00263	0.0035
ITU-R Modifikasi	0	0.00036	0.0014	0.00335	0.00459
Pengukuran	0	0	0	0	0

Curah Hujan (mm/jam)	2,5	5,5	12,7	19,1	31,5
	Redaman Hujan (dB)				
ITU-R P.618-5	0.0044	0.00982	0.02295	0.03468	0.05734
Global Crane	0.01902	0.04101	0.09194	0.13591	0.21888
SAM	0.00569	0.01093	0.02162	0.03005	0.04485
ITU-R Modifikasi	0.0078	0.01564	0.03152	0.04366	0.06411
Pengukuran	0	0.11111	0.17647	0.34444	0.53659

Pada tabel 6 dapat dilihat tingkat error dari masing – masing model redaman hujan terhadap pengukuran. Model perhitungan Global Crane merupakan model dengan tingkat error terkecil terhadap pengukuran pada kanal C-Band

dengan persentase error sebesar 73,07 %. Selanjutnya Model ITU-R Modifikasi untuk daerah tropis dengan persentase error sebesar 83,34 %, model ITU-R P.618-5 dengan persentase error sebesar 85,74 % dan Simple Attenuation Model yang merupakan model dengan persentase error terbesar yaitu sebesar 86,08 %. Secara keseluruhan dalam komunikasi satelit menggunakan kanal C-Band redaman hujan masih terjadi, tetapi hal tersebut tidak terlalu berpengaruh terhadap sistem komunikasi dikarenakan nilai dari redaman hujan tersebut sangatlah kecil yaitu < 1dB.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Model Redaman Hujan Kanal C-band.

Tabel 6. Perbandingan antara Hasil Pengukuran dengan Perhitungan Model Redaman Hujan Kanal C-Band.

Curah Hujan (mm/h)	Hasil pengukuran	ITU-R P.618-5 (dB)	Error (%)	SAM (dB)	Error (%)
0	0	0	0	0	0
0.1	0	0.0001	100	0.0003	100
0.4	0	0.0006	100	0.001	100
1	0	0.0017	100	0.002	100
1.4	0	0.0024	100	0.003	100
2.5	0	0.0044	100	0.005	100
5.5	0.1111	0.0098	91	0.01	90
12.7	0.1764	0.0229	87	0.021	88
19.1	0.3444	0.0346	90	0.03	91
31.5	0.5365	0.057	89	0.044	92
			85.7		86.1

Curah Hujan (mm/h)	Hasil pengukuran	Global Crane (dB)	Error (%)	ITU-R Modifikasi (dB)	Error (%)
0	0	0	0	0	0
0.1	0	0.0007	100	0.0003	100
0.4	0	0.0030	100	0.0013	100
1	0	0.0077	100	0.0033	100
1.4	0	0.0107	100	0.0045	100
2.5	0	0.0190	100	0.0077	100
5.5	0.1111	0.0410	63	0.0156	86
12.7	0.1764	0.0919	48	0.0315	82
19.1	0.3444	0.1359	61	0.0436	87
31.5	0.5365	0.2188	59	0.0641	88
			73.1		84.3

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan analisis dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Nilai redaman hujan tertinggi pada pengukuran kanal Ku-band dengan curah hujan 80,2 mm/jam sebesar 12,51 dB.

- b. Hasil perhitungan model redaman hujan pada kanal Ku-band untuk curah hujan 80,2 mm/jam adalah sebagai berikut :
- Model ITU-R P.618-5 : 17,86 dB
  - Model Global Crane : 13,77 dB
  - Model SAM : 11,77 dB
  - Model ITU-R Modifikasi : 15,94 dB
- c. Hasil perbandingan persentase error model redaman hujan terhadap pengukuran pada kanal Ku-Band adalah sebagai berikut :
- Model ITU-R P.618-5 : 30,1 %
  - Model Global Crane : 29,2 %
  - Model SAM : 24,3 %
  - Model ITU-R Modifikasi : 22,4 %
- d. Model redaman hujan pengukuran untuk wilayah Surabaya pada kanal Ku-Band mendekati model ITU-R Modifikasi.
- e. Nilai redaman hujan tertinggi pada pengukuran kanal C-band dengan curah hujan 31,5 mm/jam sebesar 0,53 dB.
- f. Hasil perhitungan model redaman hujan pada kanal C-band untuk curah hujan 31,5 mm/jam adalah sebagai berikut :
- Model ITU-R P.618-5 : 0,057 dB
  - Model Global Crane : 0,218 dB
  - Model SAM : 0,044 dB
  - Model ITU-R Modifikasi : 0,064 dB
- g. Hasil perbandingan persentase error model redaman hujan terhadap pengukuran pada kanal C-band adalah sebagai berikut:
- Model ITU-R P.618-5 : 85,7 %
  - Model Global Crane : 73,1 %
  - Model SAM : 86,1 %
  - Model ITU-R Modifikasi : 84,3 %
- h. Model redaman hujan pengukuran untuk wilayah Surabaya pada kanal C-Band mendekati model Global Crane.

#### B. Saran

Adapun hal yang masih bisa dikembangkan dari studi ini adalah sebagai berikut :

- a. Dapat dilakukan penelitian untuk kanal frekuensi yang lain terutama frekuensi diatas 30 GHz, karena pada frekuensi ini redaman hujan sangat berpengaruh terhadap sistem komunikasi.
- b. Dapat menggunakan model perhitungan redaman hujan yang lain.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ha, Tri T, "Digital Satellite Communication", McGraw Hill, 1990.
- [2] Recommendation ITU-R, "Rain Attenuation Model", P series, International Telecommunication Union, 1997.
- [3] Pritchard Wilbur, Suyderhoud G Henri, Nelson A Robert, "Satellite Communication Systems Engineering", New Jersey, 1993.
- [4] Yeo X J, Lee H Y, Ong T J "Modified ITU-R Slant Path Rain Attenuation Model for the Tropical Region", Singapore, Nanyang Technology University, 2009.
- [5] <https://www.satbeams.com/satellites?norad=25880>
- [6] <https://www.satbeams.com/satellites?norad=38331>
- [7] Recommendation ITU-R P.840-2, "Attenuation Due To Clouds And Fog", P series, International Telecommunication Union, 1997.
- [8] Recommendation ITU-R P.676-3, "Attenuation By Atmospheric Gases", P series, International Telecommunication Union, 1997.
- [9] <https://www.lyngsat.com>
- [10] Maral, G, "Satellite Communication Systems", New York, 1996.

[11] Crane, R.K. "Prediction of Atenuation by Rain, IEEE Transactions on Communications", Vol.Com-28, No.9.1980.

[12] Parlindungan, "Analisis Tahapan Optimalisasi Link VSAT Metode Akses SCPC Studi Kasus Telkomsel MSC Jayapura – BSC Merauke", Universitas Indonesia, 2008.