

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Ervin Nurdiansyah dan Achmad Mauludiyanto yang berjudul “ Analisis Redaman Hujan pada Frekuensi C-band dan Ku-Band untuk Komunikasi VSAT-TV pada daerah Tropis” meneliti tentang pengaruhnya redaman hujan terhadap kualitas sinyal yang di terima oleh pelanggan TV. Teknologi VSAT dengan menggunakan frekuensi C-Band dan Ku-Band ini memiliki beberapa kekurangan diantaranya yaitu masalah propagasi yang di sebabkan oleh redaman hujan. Dalam jurnal ini menggunakan berbagai jenis model 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 dilakukan perbandingan dengan pengukuran yang gunanya untuk mengetahui model redaman yang sesuai di terapkan di daerah tropis tepatnya di wilayah Surabaya[4].

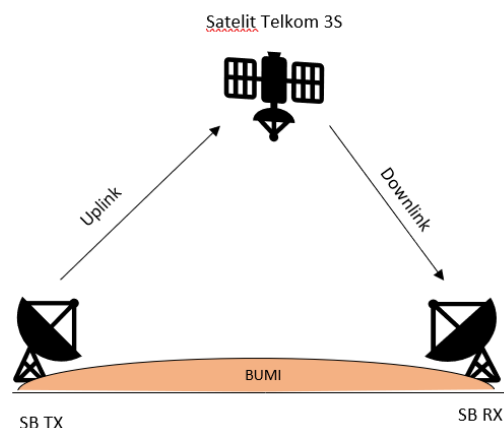
Kemudian penelitian oleh Jun Xiang Yeo, Yee Hui Lee, dan Jin Teong Ong dengan judul jurnal “*Rain Attenuation Prediction Model For Satellite Communication In Tropical Regions*” dimana penelitian ini dilatar belakangi oleh kebutuhan akan layanan *broadband* tinggi dimana dengan frekuensi di atas 10 Ghz untuk daerah tropis sangatlah rentan terhadap redaman terutama redaman hujan sehingga bisa menurunkan performansi dari sistem. Hal ini disebabkan karena adanya absorpsi (proses masuknya zat cair ke dalam zat padat) dan *scattering* (hamburan) oleh titik hujan. Pada Jurnal ini dilakukan pengukuran data dari sembilan negara daerah tropis dengan menggunakan empat model prediksi yaitu Yamada, DAH, Karasawa, and Ramachandran. Dari hasil penelitian keempat model tersebut dibandingkan yang gunanya untuk mengetahui model redaman hujan yang sesuai di wilayah tropis. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Model Yamada memiliki hasil prediksi terburuk untuk semua hasil pengukuran di wilayah tropis. Sedangkan untuk model Karasawa dan Model Ramachandran dapat memprediksi redaman hujan yang cukup baik. Jurnal tersebut menjadi acuan penulis dalam melakukan penelitian ini [5].

Selanjutnya penelitian lain juga dilakukan oleh Govardhani Immadi, Sarat K Kotamraju, M. Venkata Narayana, K. Rajkamal, Habibulla Khan, G. Viswanath dan I. Avinash yang berjudul “*Measurement Of Rain Attenuation For Ku-Band Sattelite Signal in Tropical Environment Using DAH, SAM Models*” meneliti tentang pengukuran redaman hujan untuk sinyal frekuensi Ku-band pada daerah tropis menggunakan model ITU-R, DAH dan SAM. Pada jurnal ini melakukan pengukuran pada daerah K.L *University* dan pemodelan yang mendekati pada daerah tersebut adalah DAH (*Dissanayake Alnutt Haidara*) [6].

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Sistem Komunikasi Satelit

Sistem komunikasi dengan menggunakan satelit merupakan alternatif yang tepat untuk digunakan komunikasi jarak jauh di Indonesia karena memiliki wilayah yang luas. Satelit itu terdiri dari 2 jenis yaitu satelit alami dan satelit buatan, satelit alami yang di miliki bumi adalah bulan, venus memiliki minimal empat satelit alami dan lain-lain. Sistem komunikasi ini juga merupakan teknis akses yang sangat menunjang dalam perkembangan dunia telekomunikasi. Fungsi satelit sebagai *repeater* (pengulang) yang merupakan stasiun pengulang, dimana tidak memperhitungkan jarak stasiun pemancar dan penerima serta kondisi goeografis wilayah dalam perambatan sinyal dari pengirim (Tx) dan penerima (Rx) juga tidak terpengaruh, karena arah pancaran dari satelit tanpa halangan yang terlalu banyak. Adapun Gambar 2.1 menunjukkan ilustrasi sistem kerja satelit [3].



Gambar 2. 1 Arsitektur Komunikasi Satelit

Dalam menjalankan sistem komunikasi, ada dua elemen dasar yang ikut berperan di dalamnya yaitu : Stasiun Bumi (*Ground Segment*) dan Satelit (*space Segment*). Stasiun Bumi akan mengirimkan sinyal informasi ke arah satelit dengan menggunakan frekuensi yang dinamakan frekuensi *Up-Link* dan sebaliknya satelit sebagai *repeater* (pengulang) tunggal di luar angkasa akan meneruskan sinyal informasi ke arah tujuan dengan menggunakan frekuensi *Down-Link* . Frekuensi tersebut mengikuti aturan yang distandarisasi oleh ITU-T sesuai dengan *Band*-nya seperti pada Tabel 2.1 :

Tabel 2. 1 Frekuensi *Up-Link* dan *Down-Link* [3]

BAND	UP LINK (GHz)	DOWN LINK (GHz)	BANDWIDTH (MHz)
C	5,9 – 6,4	3,7 – 4,2	500
X	7,9 – 8,4	7,25 – 7,75	500
Ku	14 – 14,5	11,7 – 12,2	500
Ka	27 – 31	17 - 21	<i>Not Fixed</i>

Tabel di atas merupakan band frekuensi yang berlaku di seluruh dunia, namun terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan dari band frekuensi tersebut, yaitu untuk C-Band kelebihan dengan frekuensi *up-link* 5,9 – 6,4 dan *down-link* 3,7 – 4,2 sangat kecil sehingga tidak terlalu berpengaruh terhadap cuaca terutama pada saat hujan. Berbeda dengan *Ku-Band* dan *Ka-band* ketika frekuensi lebih dari 10 GHz itu sangat rentan terhadap cuaca apalagi dengan cuaca hujan, itu sangat mengganggu proses pengiriman sinyal informasi ke penerima. Tetapi kelebihan dari frekuensi yang besar yaitu informasi yang dikirim akan lebih cepat sampai pada *receiver* (penerima).

2.2.2 Keuntungan dan Kerugian Sistem Komunikasi satelit

2.2.2.1 Keuntungan Sistem Komunikasi Satelit

Berikut beberapa Keuntungan dari sistem komunikasi satelit diantaranya [3]:

1. Satelit dengan *Geostationary Earth Orbit* (GOS) dapat mencakup daerah yang sangat luas, untuk cakupan seluruh dunia hanya 3 buah satelit.

2. Propagasi gelombang radio yang terpanjang justru di luar daerah atmosfer, sehingga gangguan atmosfer seperti hujan, awan, salju, dan lain-lain relatif lebih kecil.
3. Biaya membangun sarana telekomunikasi untuk menghubungkan antara dua tempat tidak tergantung jarak (untuk tempat-tempat yang terletak dalam cakupan satelit), serta mudah dibangun tanpa terhalang oleh biaya akibat sulitnya kondisi geografi Propagasi gelombang radio yang terpanjang justru di luar daerah atmosfer, sehingga gangguan atmosfer seperti hujan, awan, salju, dan lain-lain relatif lebih kecil.
4. Memungkinkan dibangun hubungan *multiple access* dan *broadcast*. Sehingga memudahkan pengumpulan dan penyebaran informasi ke lokasi yang terpencar.
5. Setelah tersedia, pembangunan stasiun bumi dengan mudah dan cepat dilaksanakan dimanapun dalam daerah cakupan satelit. VSAT memungkinkan dipasang langsung di rumah pelanggan tanpa perlu jaringan lokal.
6. Satelit dengan mudah melayani telekomunikasi tetap dan telekomunikasi bergerak seperti pesawat telepon, kapal laut, dan kendaraan bergerak lainnya.

2.2.2.2 Kerugian Sistem Komunikasi Satelit

Berikut kerugian dari sistem komunikasi satelit [3]:

1. Biaya investasi besar.
2. Untuk luar angkasa harus tersedia peralatan-peralatan :
 - a. Satelit
 - b. Kendaraan Peluncur (*Launcher*)
 - c. Asuransi peluncuran.
3. Untuk luar bumi:
 - a. Stasiun Bumi.
 - b. Stasiun pengendali satelit.
4. Jarak satelit *Geostationary Earth Orbit* (GEO) cukup jauh, hal ini mengakibatkan *delay time* yang cukup lama (240 ms) yang memungkinkan dapat menimbulkan masalah dalam *signaling* dan komunikasi data.
5. Jika terjadi gangguan pada satelit dapat melumpuhkan sistem.

2.2.3 Alokasi Frekuensi Satelit

Pengalokasian band frekuensi untuk layanan satelit merupakan suatu proses yang rumit yang memerlukan koordinasi dan perencanaan *International*. Hal ini dilakukan di bawah naungan *International Telecommunication Union* (ITU).

Band frekuensi dialokasikan ke berbagai layanan satelit, meskipun layanan yang diberikan memungkinkan dialokasikan *band* frekuensi yang berbeda pada wilayah yang berbeda. Beberapa layanan yang disediakan oleh satelit adalah [7]:

1. *Fixed Satellite Service*
2. *Broadcasting Satellite Service*
3. *Mobile Satellite Service*
4. *Navigational Satellite Service*
5. *Meteorological Satellite Service*

Adapun Tabel 2.2 merupakan pembagian *band* frekuensi yang umum digunakan untuk layanan satelit adalah

Tabel 2. 2 Alokasi *Band* Frekuensi Satelit [7]

Rentang Frekuensi (GHz)	<i>Band</i> Frekuensi
0,1 – 0,3	VHF
0,3 – 1	UHF
1-2	L
2-4	S
4-8	C
8-12	X
12-18	Ku
18-27	K
27-40	Ka
40-75	V
75-110	W
110 – 300	Mm
300 – 3000	μ m

2.2.4 Orbit Satelit

Letak satelit yang diorbitkan memiliki ketinggian yang bermacam-macam tergantung dari fungsi dan kebutuhannya. Hal ini juga menjadi penentu karakteristik dari satelit dan jangkauan daerah yang akan diliput. Inilah beberapa jenis orbit satelit yaitu [3]:

a. Orbit Stasioner

Orbit Stationer ini merupakan orbit yang menempatkan satelit untuk terus tetap pada posisinya mengacu pada sebuah titik atau lokasi. Satelit yang ditempatkan pada orbit stationer kebanyakan bergerak dari arah timur ke barat mengikuti pergerakan rotasi bumi. Pada orbit ini dilakukan pembagian lagi berdasarkan dengan ketinggiannya menjadi:

1. *Low Earth Orbit* (LEO)

Satelit jenis LEO merupakan jenis satelit yang memiliki ketinggian yang paling pendek diantara jenis satelit yang lain yaitu 200-3000 km. Karena memiliki orbit yang sangat dekat dengan bumi, maka satelit ini harus memiliki kecepatan berputar yang sangat tinggi supaya tidak terlempar ke atmosfer, kecepatan edar satelit LEO mencapai 27.000 km/jam untuk mengitari bumi dalam waktu 90 menit. Sedangkan satelit ini juga memiliki *delay* sebesar 10 ms, dengan waktu tampak <15 menit. Aplikasi dari satelit jenis LEO ini biasanya dipakai pada *system remote sensing* dan peramalan cuaca karena jarak yang sangat dekat dengan permukaan bumi. Pada masa sekarang satelit LEO yang mengorbit juga bisa digunakan untuk aplikasi komunikasi seluler, karena jarak yang tidak terlalu jauh dan memiliki biaya yang murah, akibatnya jumlah satelit LEO yang sudah diluncurkan mencapai 8000 lebih satelit yang mengitari bumi pada orbit LEO.

2. *Medium Earth Orbit* (MEO)

Beberda orbit berbeda pula kriteria yang dimilikinya, untuk jenis orbit ini yaitu Orbit MEO, ketinggian orbitnya mencapai 6.000-12.000 km, dengan periode orbit yang jauh lebih lama dari satelit LEO yaitu 5-12 jam, dengan kecepatan 19.000 km/jam, satelit jenis MEO ini mempunyai delay sebesar 80 ms. Jumlah satelit yang diluncurkan tidak sebanyak pada orbit LEO yaitu

hanya sekitar 10-12 satelit, satelit yang berorbit di MEO memiliki fungsi yaitu sebagai satelit cuaca dan juga satelit mata-mata.

3. *Geostationary Earth Orbit (GEO)*

Satelit merupakan sebuah satelit yang ditempatkan dalam orbit yang posisinya tetap dengan posisi suatu titik di bumi. Waktu edar sama dengan waktu rotasi bumi karena posisi yang tetap sejajar dengan garis khatulistiwa atau mempunyai titik lintang nol derajat.

Keuntungan satelit GEO [3]:

- Dalam melakukan proses *tracking* antena pengendalian dari suatu stasiun bumi tidak perlu mengikuti pergerakan satelit, karena satelit tersebut periodenya sama dengan rotasi bumi.
- Umur satelit 15-18 tahun.
- Satu satelit dapat melayani cakupan yang luas.
- Stasiun bumi tidak memerlukan alat pelacakan satelit.

Kerugian Satelit GEO [3]:

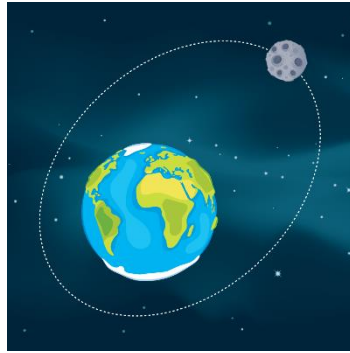
- Jarak yang terlalu jauh dari permukaan bumi, maka daya pancar sinyal haruslah tinggi dan sering terjadi *delay* yang cukup signifikan hingga *delay* propagasi 240 ms 1 hop.
- Biaya investasi satelit hingga Rp. 1,25-2 triliun dan peluncuran lebih rumit.
- Sudut pandang ke satelit lebih kecil.

b. Orbit Polar

Satelit yang mengorbit pada orbit polar merupakan satelit yang mempunyai *inklasi* (penyimpangan) sebesar 90° dari orbit *geostasioner* atau boleh dikatakan bahwa satelit ini mengitari bumi dari arah selatan ke utara karena arah putarannya tidak sinkron dengan arah rotasi bumi.

c. Orbit *Elliptical*

Satelit dengan orbit elips ini merupakan satelit yang mengorbit dengan bentuk orbit yang elips terhadap bumi. Gambar 2.2 merupakan orbit *Elliptical*.



Gambar 2. 2 Orbit *Elliptical*[3]

Dengan bentuk seperti itu maka akan menghasilkan suatu jarak yang tidak sama (*sinkron*) pada sebuah satelit, dengan begitu maka akan terjadi satu posisi terjauh dari permukaan bumi atau satu posisi terdekat dari permukaan bumi.

2.2.5 Pengertian *Very Small Aperture Terminal* (VSAT)

Very Small Aperture Terminal (VSAT) adalah terminal pemancar dan penerima transmisi satelit yang banyak digunakan di suatu lokasi dan terhubung melalui satelit dengan menggunakan antena parabola. VSAT merupakan jaringan komunikasi satelit yang menggunakan antena dengan diameter antar 1-3 meter pada stasiun *remote*, dan 4,5 meter pada stasiun hub. VSAT pada stasiun hub dilengkapi dengan *Master Control Center* sebagai pengatur jaringan, teknologi satelit VSAT menawarkan beberapa kelebihan yang tidak dimiliki jaringan lain.

Adapun kelebihan teknologi VSAT sebagai berikut [8]:

1. Kemudahan dan kecepatan dalam memasang perangkat VSAT.
2. Efektif dan fleksibel dalam pengembangan jaringannya.
3. Penggunaan satelit GEO menyebabkan jaringan komunikasi VSAT mempunyai jangkauan yang luas hingga dapat meliputi lebih dari sepertiga permukaan bumi.
4. Wilayah cakupan yang luas sehingga secara ekonomi menyebabkan biaya operasional menjadi jauh lebih murah dibandingkan dengan membangun jaringan serat optik atau jaringan terestrial untuk mendapat cakupan yang sama.

Selain memiliki kelebihan, VSAT juga memiliki kerugian, diantaranya [1]:

1. Adanya waktu tunda (*time delay*) yang cukup besar.

2. Adanya *Sun Outage*, yang merupakan kondisi terjadi pada saat satelit berada di tengah antara bumi dan matahari. Dengan posisi ini, maka satelit akan menghalangi sinar matahari yang mengarah ke bumi.

2.2.6 Sistem Komunikasi *Very Small Aperture Terminal* (VSAT)

Komunikasi VSAT merupakan suatu sistem telekomunikasi Indonesia dengan menggunakan satelit sebagai media utamanya. VSAT banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena teknologi ini mampu menyediakan pelayanan yang benar-benar terintegrasi untuk jaringan pemakai. VSAT menggunakan antena dengan diameter antara 1-3 meter. Pemasangan perangkat untuk jaringan VSAT lebih mudah, efektif dan fleksibel dalam pengembangan jaringannya. Penggunaan satelit GEO menyebabkan jaringan komunikasi VSAT mempunyai jangkauan yang luas, sehingga biaya operasional menjadi rendah. Dengan berbagai kelebihan ini komunikasi satelit dengan menggunakan VSAT dapat dijadikan solusi untuk memenuhi kebutuhan komunikasi data yang semakin meningkat ini.

2.2.7 Komponen Sistem Komunikasi VSAT

Komponen dari sistem komunikasi VSAT untuk komunikasi satelit terdapat tiga bagian yaitu *indoor unit* (IDU), *outdoor unit* (ODU) dan satelit.

2.2.7.1 *Indoor Unit* (IDU)

Modem VSAT merupakan perangkat *indoor* yang berfungsi sebagai modulator dan demodulator. Gambar 2.3 merupakan modem VSAT.



Gambar 2. 3 Modem VSAT[9]

Modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi kedalam sinyal IF pembawa yang dihasilkan oleh *synthesizer*. Frekuensi IF besarnya mulai dari 52 MHz sampai 88 MHz dengan frekuensi pusatnya 70 MHz. Sedangkan demodulasi

adalah proses memisahkan sinyal informasi digital dari sinyal IF dan meneruskannya ke perangkat terestrial yang ada [9].

2.2.7.2 *Outdoor Unit (ODU)*

ODU adalah sebuah *tranceiver* yang diletakkan ditempat terbuka sehingga dapat secara langsung menerima sinyal dari satelit. ODU terdiri atas antena dan *Radio Frequency Transmitter (RFT)* yang terdiri dari *Low Noise Amplifier (LNA)*, *Solid Stated Power (SSPA)*, *Up/Down Converter*. Berikut merupakan penjelasan dari setiap bagian perangkatnya, diantaranya:

a. Antena

Antena berfungsi untuk memancarkan dan menerima gelombang radio RF. Antena yang dipakai dalam komunikasi VSAT yaitu sebuah *solid dish* antena berbentuk parabola dengan jenis antena *offset*.

Fungsi antena pada komunikasi VSAT adalah sebagai berikut [9] :

1. Memancarkan gelombang radio RF dari stasiun bumi ke satelit yang mana besar frekuensinya dari 5,925 GHz sampai dengan 6,425 GHz.
2. Menerima gelombang radio RF dari satelit ke stasiun bumi yang besar frekuensinya dari 3,7 GHz sampai dengan 4,2 GHz.

Bagian antena terdiri atas reflektor, *feedhorn* dan penyangga. Ukuran diameter piringan antena atau *dish* VSAT berkisar antara 1,8 meter sampai 3,8 meter. Ukuran *dish* sebanding dengan kemampuan antena untuk menguatkan sinyal. Adapun Gambar 2.4 menunjukkan bentuk fisik antena VSAT.



Gambar 2. 4 Antena VSAT [9]

Feedhorn dipasang pada frame antenna pada titik fokusnya dengan bantuan lengan penyangga. *Feedhorn* mengarahkan tenaga yang ditransmisikan ke arah piringan antenna atau pengumpulan tenaga dari piringan tersebut. *Feedhorn* terdiri dari atas sebuah larik komponen pasif *microwave*.

b. *Low Noise Amplifier (LNA)*

LNA berfungsi memberikan penguatan terhadap sinyal datang dari satelit melalui antenna dengan *noise* yang cukup rendah dan *bandwidth* yang lebar. Lemahnya sinyal satelit yang diterima oleh LNA disebabkan oleh beberapa faktor berikut diantaranya [10]:

1. Jauhnya letak satelit, sehingga mengalami redaman yang cukup besar di sepanjang lintasannya.
2. Keterbatasan daya yang dipancarkan oleh satelit untuk mencakup wilayah yang luas. Untuk dapat memberikan sensitivitas penerimaan dengan baik, maka LNA harus memiliki *noise* temperatur yang rendah dan mempunyai penguatan/gain yang cukup tinggi ($\text{Gain LNA} = 50 \text{ dB}$). LNA harus sanggup bekerja pada band frekuensi antara 3,7 GHz sampai dengan 4,2 GHz (*bandwidth* nya 500 MHz).

c. *Solid State Power Amplifier (SSPA)*

SSPA berfungsi untuk memperkuat daya sehingga sinyal dapat dipancarkan pada jarak yang jauh. SSPA ini merupakan penguat akhir dalam rangkaian sisi pemancar (*transmit side*) yang merupakan penguat daya frekuensi sangat tinggi dalam orde GHz. SSPA ini sama seperti HPA yang fungsinya sebagai penguat akhir dari sinyal RF sebelum dipancarkan ke satelit melalui antenna parabola. Tujuan SSPA atau HPA untuk memperkuat sinyal RF pancar pada band frekuensi 5,925 GHz sampai 6,425 GHz dari *Ground Communication Equipment (GCE)* pada suatu level tertentu yang jika digabungkan dengan *gain* antenna akan menghasilkan daya pancar (EIRP) yang dikehendaki ke satelit [1]

d. *Up/Down Converter* [11]

Up Converter berfungsi untuk mengkonversi sinyal *Intermediate frequency (IF)* atau sinyal frekuensi menengah dengan frekuensi pusatnya sebesar 70 MHz

menjadi sinyal RF *Uplink* (5,925 – 6,425 GHz). Gambar blok diagram *up converter*. Gambar 2.7 merupakan blog diagram *up converter*.



Gambar 2. 5 Blok Diagram *Up Converter*[11]

Sedangkan *down converter* mengkonversi sinyal RF *Downlink* (3,7 MHz – 4,2 MHz) menjadi sinyal *intermediate Frequency* dengan frekuensi *center* sebesar 70 MHz. Gambar 2.8 adalah blok diagram *down converter*.



Gambar 2. 6 Blok Diagram *Down Converter*[11]

2.2.7.3 Satelit

Satelit merupakan suatu *repeater* (pengulang) yang berfungsi untuk menguatkan sinyal dari stasiun bumi dan memancarkan kembali dengan frekuensi yang berbeda ke stasiun bumi penerima. Jalur pada setiap kanal dari antenna penerima ke antenna pemancar di dalam satelit disebut transponder satelit. Selain untuk menguatkan sinyal, transponder juga berfungsi sebagai isolasi terhadap kanal RF frekuensi lain. Untuk memberikan data keluaran yang baik, transponder menggunakan suatu sistem penguat seperti SSPA (*Solid State Power Amplifier*) atau TWTA (*Travelling Wave Tube Ampifier*). Dalam penelitian ini satelit yang akan digunakan yaitu Satelit Telkom 3S yang beroperasi di kanal *Ku-Band*.

- Satelit Telkom 3S [2]

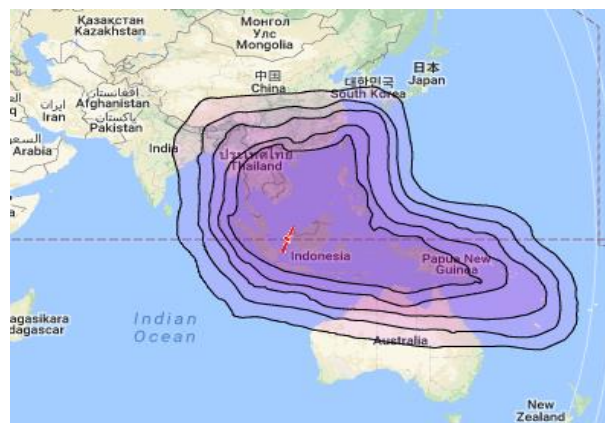
Satelit Telkom 3S merupakan satelit komunikasi geostasioner milik Telkom Indonesia. Dimana satelit ini memiliki 42 transponder yang terdiri dari 24 transponder *C-Band*, 8 transponder *extended C-Band*, dan 10 transponder *Ku-Band*. Satelit ini ditempatkan pada posisi slot orbit 118⁰ BT dan bergerak mengelilingi bumi dengan lintasan berbentuk lingkaran yang memiliki sumbu rotasi sama dengan bumi. Indonesia merupakan negara kepulauan dengan geografis yang unik, terdiri dari ribuan pulau dan pegunungan yang sulit dijangkau oleh sistem

komunikasi terestrial maupun serat optik. Karenanya, sistem komunikasi satelit merupakan solusi yang tepat untuk menjangkau area terluar, terdepan, terpencil. Dengan kata lain, sistem komunikasi satelit merupakan satu-satunya pemersatu wilayah nusantara. Satelit Telkom 3S menjangkau seluruh wilayah Indonesia, Asia Tenggara dan Sebagian Asia Timur. Satelit Telkom 3S ini didesain untuk dapat melayani siaran televisi berkualitas tinggi (*High-Definition Television*) layanan komunikasi seluler, serta *broadband* internet. Satelit ini sudah di luncurkan pada tanggal 15 Februari 2017 pukul 04.39 WIB dengan menggunakan roket Ariane 5 ECA VA235 milik perusahaan peluncur satelit Arianespace Europe. Peluncuran ini dilaksanakan di Guiana Space Center, Kourou, Guyana Perancis.

Keunggulan dari Satelit Telkom 3S ini sangat banyak diantaranya adalah:

- a. Mampu memberikan layanan bit rate lebih tinggi sehingga menghasilkan kualitas komunikasi yang lebih baik.
- b. Mampu mendukung siaran televisi berkualitas tinggi (*High Definition Television*).
- c. Layanan komunikasi seluler.
- d. Layanan *broadband* internet yang dapat menjangkau seluruh wilayah Indonesia, Asia Tenggara dan sebagian Asian Timur.

Adapun yang terdapat pada Gambar 2.9 merupakan *footprint* dari Satelit Telkom 3S yang mencakup area seluruh wilayah Indonesia, Asia Tenggara dan sebagian Asian Timur.



Gambar 2. 7 *Footprint* Area Satelit Telkom 3S[12]

Satelit Telkom 3S juga memiliki spesifikasi sesuai pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2. 3 Spesifikasi Satelit Telkom 3S [13]

Parameter	Spesifikasi
Nama Satelit	Telkom 3S
Pabrik Pembuat	Thales Alenia Space (TAS) France
Waktu Peluncuran	15 Februari 2017
Posisi Satelit	118 ⁰ BT
<i>Life Time</i>	15 Tahun
Frekuensi	4-6 GHz (<i>C-Band</i>) (<i>Extended C-Band</i>)
	11- 14 GHz (<i>Ku-Band</i>)
Kapasitas Transponder	24 Transponder <i>C-Band</i>
	8 Transponder <i>Extended C-Band</i>
	10 Transponder <i>Ku-Band</i>
Bandwidth	36 MHz
Ku – Band <i>Uplink</i>	14 – 14,5 GHz
Ku – Band <i>Downlink</i>	11,7 – 12,2 GHz
EIRP	55 dBW (Ku-Band)

2.2.8 Propagasi Gelombang

Propagasi gelombang merupakan proses perambatan gelombang pada media perambatan. Perambatan gelombang elektromagnetik di ruang bebas sangat dipengaruhi oleh frekuensi gelombang tersebut. Hubungan antara frekuensi dan panjang gelombang dinyatakan sebagai berikut [4]:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.1)$$

Keterangan :

λ = Panjang Gelombang (m)

c = Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

f = Frekuensi (Hz)

Propagasi gelombang radio yang melalui hambatan berupa hujan, kabut, dan salju akan mengalami pelemahan sinyal, hal ini diakibatkan karena adanya penyerapan daya dielektrik yang disebabkan oleh air. Selain itu pula terdapat rugi-rugi pada saat gelombang transmisi langsung akibat dari adanya penghamburan

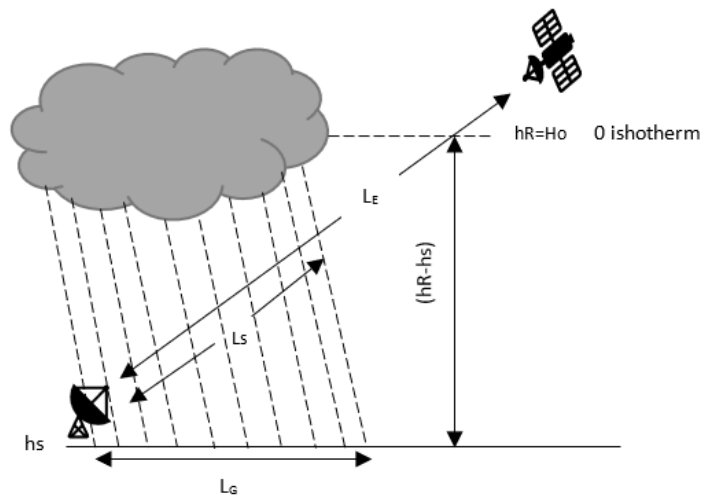
energi keluar oleh titik-titik hujan. Hal ini terjadi karena perambatan gelombang tersebut harus mampu menembus lapisan yang ada di atmosfer terutama di lapisan ionosfer yang terdiri dari elektron-elektron setinggi 50 km – 2000 km dari permukaan bumi. Lapisan ionosfer bersifat memantulkan atau menyerap frekuensi.

2.2.9 Redaman Hujan

Hujan merupakan fenomena yang menjadi bagian dari siklus air yang berlangsung secara alamiah. Sebagai akibat dari penguapan air di permukaan bumi, uap yang terkumpul bersama-sama pada ketinggian tertentu akan mengalami kondensasi dan jatuh kembali ke permukaan bumi sebagai hujan. Pada sistem komunikasi dengan menggunakan gelombang radio dengan frekuensi di atas 10 GHz redaman yang disebabkan oleh partikel-partikel di udara sangat berpengaruh adalah redaman yang disebabkan oleh hujan dan salju. Redaman tersebut dapat berasal dari rugi-rugi *free space* dan zat-zat yang terdapat pada atmosfer seperti oksigen, uap air, awan kabut, salju, dan hujan yang dapat menurunkan performansi sistem komunikasi [14].

Daerah tropis yang mempunyai curah hujan yang tinggi maka redaman yang sangat berpengaruh adalah redaman yang disebabkan oleh hujan atau disebut dengan redaman hujan. Pada sistem transmisi pada kondisi hujan, antena *transmitter* akan memancarkan elektromagnetik yang bertabrakan dengan titik hujan sehingga akan terjadi beberapa fenomena seperti redaman, dan *scattering* (penghamburan).

Fenomena tersebut mempunyai efek yang dapat menurunkan performansi sistem komunikasi atau mengurangi kualitas dari komunikasi. Hal ini disebabkan karena adanya absorpsi (proses penyerapan molekul, ion, atom yang meresap pada zat cair atau zat padat) dan *scattering* (hamburan) oleh titik hujan seperti Gambar 2.8 berikut.



Gambar 2. 8 Hamburan oleh titik hujan[6]

Gambar 2.8 menjelaskan tentang sistem komunikasi yang terjadi peredaman untuk mendesain sistem komunikasi yang lebih *reliable* atau sistem yang tahan terhadap efek redaman hujan maka perlu untuk mengetahui parameter-parameter dari hujan sehingga dapat mengkompensasi redaman hujan. Redaman spesifik adalah redaman yang terjadi pada suatu titik pada ruang sepanjang lintasan dengan hubungan antara redaman spesifik γ (dB/km) dan curah hujan R (mm/h) sebagai fungsi frekuensi dengan menggunakan persamaan (2.2) berikut [14]:

$$\gamma R = kR^\alpha \quad (2.2)$$

Dengan :

γR = Redaman Spesifik (dB/Km)

k dan α = Parameter yang tergantung pada polarisasi dan frekuensi gelombang.

Nilai koefisien k dan α sesuai dengan rekomendasi ITU-R P.838 [15]

2.2.10 Model Redaman Hujan

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

2.2.10.1 Model ITU-R P.618-5

Model ini diciptakan ITU-R untuk menghitung prediksi redaman hujan secara global di seluruh dunia dan dipergunakan untuk frekuensi sampai dengan 30 GHz. Prosedur untuk menghitung redaman hujan menggunakan model ITU-R P.618-5 memerlukan parameter-parameter sebagai berikut [16]:

$R_{0,01}$ = Intensitas hujan untuk persen waktu 0,01% disuatu lokasi rata-rata per tahun (mm/jam)

f = Frekuensi (GHz)

φ = Posisi lintang stasiun bumi ($^{\circ}$)

h_s = Tinggi stasiun bumi di atas permukaan laut (km)

θ = Sudut elevasi ($^{\circ}$)

R_e = Jari-jari efektif bumi (6378 km)

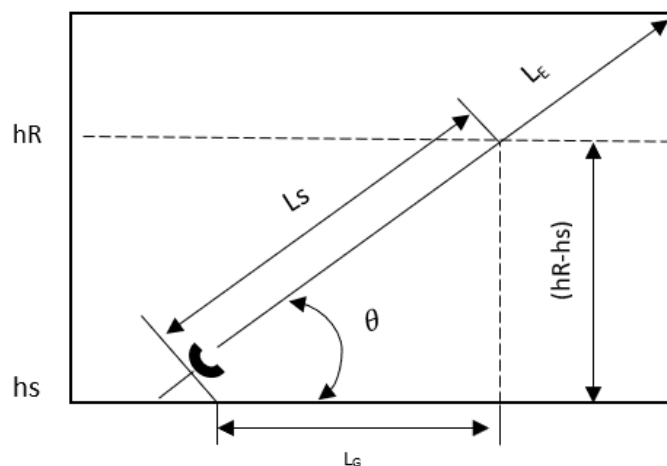
h_R = Tinggi hujan efektif (km)

L_G = Proyeksi garis horizontal (km)

L_s = Panjang *Slant Path* dalam hujan (km)

L_E = *Free Space Loss* (FSL)

Geometri lintasan untuk menghitung redaman hujan dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut:



Gambar 2. 9 Geometri Lintasan Redaman Hujan[16]

Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan menggunakan pemodelan ITU-R P.618-5 [16]:

1. Menghitung tinggi hujan efektif h_R , untuk sudut lintang (φ) dari stasiun bumi [15]:

$$h_R(km) = \begin{cases} 5 - 0,075(\varphi - 23) & \varphi > 23^\circ \\ 5 & 0 \leq \varphi \leq 23^\circ \\ 5 & \text{untuk } 0 \geq \varphi \geq -21^\circ \\ 5 + 0,1(\varphi + 21) & -71 \geq \varphi \geq -21^\circ \\ 0 & \varphi < -71^\circ \end{cases} \quad (2.4)$$

2. Menghitung sudut elevasi (θ°)

$$(\theta^\circ) = \tan^{-1} \left[\frac{\cos \Delta L x \cos L \left(\frac{Re}{Re+R} \right)}{\sqrt{1 - (\cos \Delta L x \cos L)^2}} \right] \quad (2.5)$$

3. Menghitung *Slant-Path*, L_S (Km)

Untuk $\theta \geq 5^\circ$, maka formula yang digunakan adalah [16]:

$$L_S = \frac{(h_R - h_s)}{\sin \theta} \quad (2.6)$$

Untuk $\theta < 5^\circ$, maka formula yang digunakan adalah [16]:

$$L_S = \frac{2(h_R - h_s)}{(\sin^2 \theta + \frac{2(h_R - h_s)}{Re})^{\frac{1}{2}} + \sin \theta} \quad (2.7)$$

3. Menghitung proyeksi garis horizontal L_G (km), dari *slant path* [16]:

$$L_G = L_S \cos \theta \quad (2.8)$$

4. Menghitung faktor reduksi (r) [16]:

Untuk $R \leq 100$ mm/h

$$r = \frac{1}{1 + \frac{L_G}{L_o}} \quad (2.9)$$

Dimana, $L_o = 35 \exp(-0,015 R)$

Untuk $R > 100$ mm/h, menggunakan nilai 100 mm/h untuk R dalam perhitungan L_o .

- Menghitung redaman spesifik (γ_R) dengan koefisien k dan α sesuai dengan rekomendasi ITU-R P.838 [15].

$$\gamma_R = k (R)^\alpha \quad (\text{dB/Km}) \quad (2.10)$$

- Menghitung prediksi redaman hujan untuk A [16]:

$$A = \gamma_R L_s r \quad (\text{dB}) \quad (2.11)$$

2.2.10.2 Model Simple Attenuation Model (SAM)

Simple Attenuation Model dikembangkan oleh Stutzam dan Dishman didasarkan bentuk *rain rate* berbentuk eksponensial. Model ini dibuat oleh NASA dengan tujuan kemudahan dalam pemakaiannya. Model ini digunakan untuk estimasi redaman hujan pada komunikasi satelit yang beroperasi pada frekuensi 3-35 GHz [17].

Berikut ini merupakan langkah-langkah estimasi redaman hujan dengan SAM adalah sebagai berikut [4]:

- Menghitung dari *zero degree* isotherm, H_o [18] (Km)

$$\begin{aligned} H_o &= 4,8 && \text{untuk } |\varphi| \leq 30^\circ \\ H_o &= 7,8 - 0,1 |\varphi| && \text{untuk } |\varphi| \geq 30^\circ \end{aligned} \quad (2.12)$$

- Menghitung tinggi efektif, h_R [19] (Km)

$$\begin{aligned} h_R &= H_o && R \leq 100 \text{ mm/jam} \\ h_R &= H_o + \log_{10} \frac{R}{10} && R \geq 100 \text{ mm/jam} \end{aligned} \quad (2.13)$$

Keterangan :

R = Curah hujan (mm/jam)

- Menghitung panjang lintasan hujan, L_s [19] (km)

$$L_s = \frac{(h_r - h_s)}{\sin \theta} \quad (2.14)$$

Keterangan :

h_s = Ketinggian stasiun bumi dari atas permukaan laut (Km)

θ = Sudut elevasi ($^\circ$)

4. Menghitung redaman spesifik, γ $\left(\frac{dB}{Km}\right)$ [4]:

$$\gamma = k [R(l)]^\alpha \quad (2.15)$$

Keterangan : $R(l)$ adalah intensitas curah hujan spasial sepanjang lintasan.

$$R(l) = R \quad \text{untuk } R \leq 10 \text{ mm/h} \quad (2.16)$$

$$R(l) = R \exp\left[\frac{-\Gamma \ln\left(\frac{R}{10}\right)}{\cos \theta}\right] \quad \text{untuk } R \geq 10 \text{ mm/h}$$

Dengan $\Gamma = \frac{1}{22}$ yang ditetapkan secara empiris.

5. Menghitung redaman hujan, (A) [19] (dB)

$$A = \gamma L_s \quad \text{untuk } R \leq 10 \text{ mm/h} \quad (2.17)$$

$$A = \gamma \frac{1 - \exp\left[-\alpha \Gamma \ln\left(\frac{R}{10}\right) L_s \cos \theta\right]}{\Gamma \alpha \ln\left(\frac{R}{10}\right) \cos \theta} \quad \text{untuk } R \geq 10 \text{ mm/h}$$

2.2.11 Redaman Awan

Awan merupakan partikel – partikel tetes air yang terjadi pada lapisan troposfer dan mempunyai diameter kurang dari 0,01 cm. Redaman awan merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam propagasi sistem komunikasi satelit terutama pada frekuensi diatas 10 GHz. ITU-R P.840-6 membuat suatu rumusan untuk menghitung redaman yang disebabkan oleh awan tersebut, adapun langkah – langkah perhitungannya sebagai berikut [20]:

1. Menghitung koefisien redaman spesifik, K_l [20]:

$$K_l = \frac{0,819 f}{\varepsilon''(1+\eta^2)} \quad (2.18)$$

Dengan :

$$\eta = \frac{2 + \varepsilon'}{\varepsilon''} \quad (2.19)$$

$$\varepsilon' = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_1}{1 + \left(\frac{f}{f_p}\right)^2} + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{1 + \left(\frac{f}{f_s}\right)^2} + \varepsilon_2 \quad (2.20)$$

$$\varepsilon'' = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_1 \left(\frac{f}{f_p}\right)}{1 + \left(\frac{f}{f_p}\right)^2} + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2 \left(\frac{f}{f_s}\right)}{1 + \left(\frac{f}{f_s}\right)^2} \quad (2.21)$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} f &= \text{Frekuensi (GHz)} & \eta &= \text{efisien} \\ \varepsilon_0 &= 77,66 + 103,3(\theta - 1) & \varepsilon &= \text{epsilon} \\ \varepsilon_1 &= 0,0671\varepsilon_0 \\ \varepsilon_2 &= 3,25 \\ \theta &= \frac{300}{T} \quad (T = \text{Temperature } (^{\circ}K)) \\ f_p &= 20,20 - 146(\theta - 1) + 316(\theta - 1)^2 \quad (\text{GHz}) \\ f_s &= 39,8 f_p \quad (\text{GHz}) \end{aligned}$$

- Menentukan nilai L yang telah ditetapkan oleh ITU-R untuk *total columnar conten of liquid water (kg/m²)* diseluruh dunia.
- Menghitung redaman Awan (dB) [20]:

$$A_{awan} = \frac{L \times K_l}{\sin \theta} \quad (2.22)$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} A_{awan} &= \text{Redaman awan (dB)} \\ K_l &= \text{Koefisien spesifik redaman awan } ((dB/km)(g/m^3)) \\ L &= \text{Total conten of liquid water (kg/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

2.2.12 Redaman Gas Pembentuk Atmosfer

Redaman yang terjadi di atmosfer adalah akibat dari penyerapan energi oleh gas-gas atmosfer. Molekul-molekul oksigen dan uap air di atmosfer dapat menyerap sinyal gelombang radio pada panjang gelombang tertentu. Daya gelombang radio yang merambat melalui atmosfer sebagian diserap oleh molekul-molekul ini. Redaman ini tidak banyak berpengaruh pada frekuensi di bawah 10 GHz, akan tetapi pada frekuensi Ku-Band (di atas 10 GHz) redaman karena gas-gas atmosfer ini tidak bisa diabaikan. ITU-R membuat suatu perumusan redaman gas atmosfer ini dalam ITU-R P.676-3. Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan dari redaman gas pembentuk atmosfer [21]:

1. Menghitung spesifik redaman untuk oksigen (γ_o) dan redaman uap air (γ_w)

Menghitung spesifikasi redaman oksigen (γ_o) (dB/Km) [21]:

$$\gamma_o = \left[\frac{7,27r_t}{f^2 + 0,351 r_p^2 r_t^2} + \frac{7,5}{(f-57)^2 + 2,44r_p^2 r_t^5} \right] f^2 r_p^2 r_t^2 \cdot 10^{-3} \quad (2.23)$$

Keterangan :

f = Frekuensi (GHz)

$$r_p = \frac{p}{1013}$$

$$r_t = \frac{288}{273+t}$$

p = Tekanan (hPa)

t = Temperatur ($^{\circ}C$)

r = Faktor reduksi

Menghitung spesifik redaman uap air (γ_w) (dB/Km) [21]:

$$\gamma_w = \left[3,27 \cdot 10^{-2} r^t + 1,67 \cdot 10^{-3} \frac{prt^7}{r_p} + 7,7 \cdot 10^{-4} f^{0.5} + \frac{379}{(f-22,235)^2 + 9,81r_p^2 r_t} + \frac{1173r_t}{(f-183,31)^2 + 11,85r_p^2 r_t} + \frac{4,01rt}{(f-325,153)^2 + 10,44r_p^2 r_t} \right] f^2 \rho r_p r_t \cdot 10^{-4} \quad (2.24)$$

Keterangan :

ρ = water vapour density (g/m^3)

2. Menghitung tinggi *equivalent* untuk oksigen (h_o) dan uap air (h_w) [21]:

Untuk tinggi oksigen (h_o) [19]:

$$h_o = 6 \text{ km} \quad f < 50 \text{ Ghz} \quad (2.25)$$

$$h_o = 6 + \frac{40}{(f-118,7)^2 + 1} \quad 70 < f < 350 \text{ GHz}$$

Untuk tinggi uap air (h_w) [19]:

$$h_w = h_{w0} \left\{ 1 + \frac{3}{(f-22,2)^2 + 5} + \frac{5}{(f-183,3)^2 + 6} + \frac{2,5}{(f-325,4)^2 + 4} \right\} \quad (2.26)$$

Keterangan :

h_{w0} = Ketinggian equivalen uap air di suatu lokasi

$h_{w0} = 1,6 \text{ km}$ di cuaca cerah

$h_{w0} = 2,1 \text{ km}$ di cuaca hujan

3. Menghitung total *slant path* redaman gas atmosfer (dB) [16]:

Untuk $\theta > 10^\circ$

$$A_{atmosfer} = \frac{\gamma_o h_o e^{-\frac{h_s}{h_o}} + \gamma_w h_w}{\sin \theta} \text{ (dB)} \quad (2.27)$$

Untuk $\theta \leq 10^\circ$

$$A_{atmosfer} = \frac{\gamma_o h_o e^{-\frac{h_s}{h_o}}}{g(h_o)} + \frac{\gamma_w h_w}{g(h_w)} \text{ (dB)} \quad (2.28)$$

Dengan :

$$g(h) = 0,661x + 0,339 \sqrt{x^2 + 5,5 \left(\frac{h}{R_e}\right)} \quad (2.29)$$

$$x = \sqrt{\sin^2 \theta + 2 \left(\frac{h_s}{R_e}\right)} \quad (2.30)$$

Keterangan :

h_s = Ketinggian di atas permukaan laut (km)

R_e = Jari-jari efektif bumi (km)

h = Merupakan h_w maupun h_o (km)

θ = Sudut elevasi stasiun bumi ($^\circ$)

2.2.13 Perhitungan *Link Budget*

Perhitungan *link budget* dalam sistem komunikasi satelit ini merupakan suatu metode perhitungan *link* dalam perencanaan dan pengoperasian hubungan komunikasi menggunakan satelit. Dengan menghitung setiap parameter yang terdapat didalamnya. Terdapat 3 komponen yaitu komponen *payload* satelit, komponen stasiun bumi, dan komponen jalur propagasi [4].

a. Komponen *payload* satelit

Komponen *payload* satelit adalah komponen yang terdapat dalam satelit yang berfungsi untuk proses komunikasi. Secara garis besar komponen ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Parameter sisi transmit satelit

Terdiri dari EIRP satelit yang menentukan tingkat kekuatan daya pancar satelit.

2. Parameter sisi receive satelit

Terdiri dari G/T yang menentukan kualitas penerimaan sinyal di satelit.

b. Komponen stasiun bumi

Komponen stasiun bumi merupakan komponen yang dimiliki oleh stasiun bumi. Komponen ini mempunyai beberapa parameter yang terdiri dari :

1. *Carrier data*, yang mencakup tipe modulasi dan data *rate*.
2. Frekuensi *uplink* dan *downlink*.
3. Letak koordinat stasiun bumi (*longitude* dan *latitude*), yang mempengaruhi *azimuth* dan elevasi dari posisi antena pada stasiun bumi.
4. *Gain* antena stasiun bumi yang dipengaruhi oleh diameter antena dan efisiensi antena.

c. Komponen jalur propagasi

Komponen jalur propagasi komunikasi satelit adalah udara bebas dengan jarak sekitar 36.000 km melewati lapisan atmosfer dan ruang hampa. Jalur tersebut memiliki efek redaman yang mempengaruhi kualitas sinyal yang dikirim ataupun yang diterima. Jenis-jenis redaman jalur propagasi itu adalah:

1. *Free space loss* (redaman ruang bebas)
2. *Rain attenuation* (redaman atmosfer)
3. *Atmosfer attenuation* (redaman atmosfer)

2.2.13.1 Gain Antena

Gain atau penguatan adalah perbandingan antara daya pancar suatu antena terhadap antena referensinya . Untuk menghitung besarnya *gain* dari suatu antena dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [22]:

$$G = 20,4 + 20\log f + 20\log D + 10 \log \eta \quad (2.31)$$

Keterangan :

G = Penguatan antena pemancar atau penerima (dB)

f = Frekuensi *uplink* atau *downlink* (GHz)

D = Dimeter antena pemancar atau penerima (m)

η = Efisiensi antena pemancar atau penerima (%)

2.2.13.2 Perhitungan *Bandwidth*

Perhitungan *bandwidth* merupakan perhitungan parameter data *carrier*, perhitungan ini harus ditentukan terlebih dahulu parameternya yaitu melakukan proses yang pertama menghitung *transmission rate* (TR) yang merupakan jumlah data yang ditransmisikan dalam jangka waktu tertentu, biasanya *bit per second*, untuk mengetahui besarnya *transmission rate* dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut [23] :

$$\text{Transmission rate (Tr)} = \frac{\text{Data Rate+overhead}}{\text{FEC}} \quad (2.32)$$

Keterangan :

Tr = Laju Transmisi (bps)

FEC = *Forward Error Corection*, dengan nilai = $\frac{3}{4}$

Setelah melakukan perhitungan *transmission rate* maka dilakukan perhitungan *symbol rate* (SR) yang merupakan symbol dalam satu waktu untuk menghitung besarnya *symbol rate* dapat dihitung dengan persamaan berikut [23]:

$$\text{Symbol Rate} = \frac{\text{Tr}}{n} \quad (2.33)$$

Keterangan :

n = Indeks modulasi 1 (BPSK), 2 (QPSK), 3 (8PSK), 4 (16QAM)

Tr = Laju Transmisi (bps)

Adapun untuk mencari nilai *bandwidth* yang dipakai (BW_{occ}) dan *bandwidth* yang dialokasikan (BW_{ALL}) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [23]:

$$BW_{occ} = [SR \times (1 + \alpha)] \quad (2.34)$$

$$BW_{ALL} = [BW_{occ} \times (1 + GB)] \quad (2.35)$$

Keterangan :

BW_{occ} = *Bandwidth Occupied* (*Bandwidth* yang dibutuhkan) (Hz)

BW_{ALL} = *Bandwidth Allocatd* (*Bandwidth* yang dialokasikan) (Hz)

n = Indeks modulasi 1 (BPSK), 2 (QPSK), 3 (8PSK), 4 (16QAM)

α = Suatu ketetapan (*roll of factor*) dengan nilai $\alpha = 0,2$

Setelah dihitung *Bandwidth* maka menghitung jumlah *carrier* untuk satu transponder dilihat dari segi *bandwidth* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.47) sebagai berikut [23]:

$$\text{Jumlah carrier} = \frac{BW_{xpdtr}}{BW_{ALL}} \quad (2.36)$$

Adapun untuk mengetahui persentase *bandwidth* per *carrier* dapat dirumuskan pada persamaan (2.37) sebagai berikut [23]:

$$\% \left(\frac{BW}{carrier} \right) = \left[\frac{(BW_{ALL})(Hz)}{(BW_{xpdtr})(Hz)} \right] \cdot 100\% \quad (2.37)$$

Persentase *bandwidth* merupakan perbandingan *bandwidth* per *carrier* yang dapat diketahui dari *Bandwidth allocated* dan dengan *Bandwidth* pada keseluruhan dalam satu transponder.

Mengetahui besarnya nilai *power* setiap *carrier* yang terdapat pada transponder tentunya mempunyai keterbatasan, perhitungan mengenai hal tersebut perlu diperhatikan untuk menanggulangi *link status power limited*, sehingga perancangan tidak mengalami keborosan *power*. Berikut ini persamaan (2.38) untuk menghitung *power* yang tersedia, *power* yang terpakai serta persentase *power* satelit[23]:

$$P_{tersedia} = 10^{\frac{EIRPsaturasi-OBO}{10}}$$

$$P_{terpakai} = 10^{\frac{EIRPsat}{10}}$$

Keterangan:

EIRPsaturasi = Besaran nilai *power* saturasi satelit

OBO = *Output Back Off* Satelit

Setelah diketahui *power* tersedia dan *power* terpakain maka untuk mengetahui persentase *power* ini dilakukan dengan membagi *power* yang digunakan dengan *power* yang tersedia pada satelit. Berikut persamaan persentase *power* [23]:

$$\% \left(\frac{Power}{carrier} \right) = \left[\frac{power\ terpakai}{power\ tersedia} \right] \cdot 100\% \quad (2.38)$$

2.2.13.3 Daerah Kemiringan (*Slant Range*) Stasiun Bumi Dengan Satelit

Daerah kemiringan (*slant range*) antara stasiun bumi dengan satelit adalah jarak yang sebenarnya yang diukur dari stasiun bumi ditarik garis lurus menuju posisi satelit diatas. Nilai *slant range* menggunakan rumus berikut [3]:

$$D = \sqrt{h^2 + 2R_e(R_e + h)(1 - \cos\varphi \cos\Delta)} \quad (2.39)$$

Keterangan:

h = Orbit satelit *Geostasioner* (35786 km)

R_e = Jari-jari bumi (6378 Km)

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

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

2.2.13.4 Menentukan sudut *Azimuth* dan Elevasi

Sudut elevasi merupakan sudut yang terbentuk dari garis horizontal ke bumi dan ke atas langit. Sedangkan sudut *azimuth* adalah besar sudut antara utara magnetis (0°) dengan titik / sasaran yang kita tuju, *azimuth* juga sering disebut dengan sudut kompas atau perhitungan searah jarum jam.

Sudut *azimuth* dan sudut elevasi diperlukan untuk membantu mengarahkan posisi antena stasiun bumi ke arah antena satelit, agar tidak terjadi *pointing loss*. Maka membutuhkan data untuk menghitung nilai sudut *azimuth* (A) dan elevasi (E). Berikut ini merupakan rumus menghitung sudut *azimuth* dan elevasi [3]:

$$A = \tan^{-1} \left[\frac{\tan |\theta_s - \theta_l|}{\sin \theta_i} \right] \quad (2.40)$$

Keterangan:

A = Sudut *Azimuth* ($^\circ$)

θ_s = *Longitude* satelit ($^\circ$)

θ_l = *Longitude* stasiun bumi ($^\circ$)

θ_i = *latitude* stasiun bumi ($^\circ$)

Adapun untuk membantu mengarahkan posisi antena stasiun bumi ke arah antena satelit, sehingga tidak terjadi *pointing loss* maka perlu menghitung sudut *azimuth* dan elevasi. Nilai sudut elevasi ini akan dicari untuk masing-masing posisi yang

memungkinkan untuk ditempatkan stasiun bumi. Besarnya sudut elevasi dapat dihitung menggunakan persamaan (2.41) sebagai berikut [3]:

$$E = \tan^{-1} \left[\frac{\cos l \cdot \cos L - 0,151}{\sqrt{1 - (\cos l \cdot \cos L)^2}} \right] \quad (2.41)$$

Keterangan:

E = Sudut elevasi ($^{\circ}$)

l = *Latitude* stasiun bumi ($^{\circ}$)

L = *Longitude* satelit - *Longitude* stasiun bumi ($^{\circ}$)

2.2.13.5 EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*)

EIRP digunakan untuk menyatakan daya pengirim dari stasiun bumi atau satelit. EIRP satelit umumnya sudah disertakan pada *design* awal dari karakteristik satelit yang bersangkutan. EIRP stasiun bumi dilambangkan dengan $EIRP_{SB}$ yang persamaannya adalah [24]:

$$EIRP (dBW) = 10 \log P_T + G_T \quad (2.42)$$

Keterangan :

P_T = Daya pancar sinyal pada *feeder* antena pemancar (dB)

G_T = Gain antena pemancar (dB)

2.2.13.6 Redaman Ruang Bebas (*Free Space Loss*)

Redaman ruang bebas (FSL) merupakan hilangnya dayayang dipancarkan pada ruang bebas saat pemancaran sehingga tidak seluruh daya diterima oleh antena penerima. Untuk menghitung besarnya redaman ruang bebas (FSL) dapat dihitung dengan persamaan berikut [3]:

$$L_{FS} = \left[\frac{4 \pi f_u d_u}{c} \right]^2 \quad (2.43)$$

Keterangan :

L_{FS} = *Free Space Loss* (dB)

f_u = Frekuensi *uplink* / *downlink* (Hz)

d_u = *Slant Range uplink* / *downlink* (km)

c = Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

2.2.13.7 *Figure of Merit / Gain to Temperature (G/T)*

Merupakan perbandingan antara penguatan penerimaan antenna dengan *noise of temperature* parameter yang digunakan dalam G/T menunjukkan performansi antenna stasiun bumi dan LNA dan juga. G/T dapat dihitung dengan persamaan[22]:

$$\frac{G}{T} = G - 10 \log T_{sys} \quad (2.44)$$

Keterangan :

G/T = *Gain to Temperature* (dB/°K)

G = Penguatan antenna penerima maksimum (dB)

T_{sys} = Temperatur sistem (°K)

2.2.13.8 *Carrier to Noise Ratio (C/N)*

Carrier to Noise Ratio (C/N) merupakan perbandingan antara daya sinyal pembawa dengan daya derau (*noise*) yang diterima. Berfungsi sebagai penentu nilai kualitas seluruh *link*. Dalam sistem komunikasi satelit terdapat 2 jenis C/N, yaitu C/N *uplink* dan C/N *downlink*. Berikut perhitungan *Carrier to Noise Ratio* bagian *uplink* maupun *downlink* [22]:

1. Perhitungan C/N *Uplink*

Perhitungan arah *uplink* pada *link* sistem komunikasi satelit merupakan perhitungan dari stasiun bumi menuju satelit. Perhitungannya sebagai berikut[18]:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{up} = EIRP_{SB} - L_{total} + \left(\frac{G}{T}\right)_{sat} - k - 10 \log B \quad (2.45)$$

2. Perhitungan C/N *downlink*

Perhitungan arah *downlink* ini memperhitungkan *link* dari satelit ke stasiun bumi penerima. Perhitungan untuk C/N *downlink* sebagai berikut [18]:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{DL} = EIRP_{sat} - L_{total} + \left(\frac{G}{T}\right) - k - 10 \log B \quad (2.46)$$

3. Perhitungan C/N total

Perhitungan nilai C/N total merupakan penjumlahan dari semua *link* baik dari C/N *uplink* maupun C/N *downlink*. C/N total dapat dikatakan sebagai parameter yang melambangkan kualitas daya *carrier* yang diterima oleh

stasiun bumi tujuan dalam komunikasi satelit. Perhitungan untuk mendapat nilai C/N total adalah sebagai berikut [22]:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{total} = \left[\left[\left(\frac{C}{N}\right)_{UP} \right]^{-1} + \left[\left(\frac{C}{N}\right)_{DN} \right]^{-1} \right]^{-1} \quad (2.47)$$

Keterangan:

C/N = Nilai perbandingan arah terima antara *carrier* dengan *noise* (dB)

FSL = Redaman *free Space downlink* (dB)

L_{total} = Redaman total ($FSL + A_{atmosfer} + A_{hujan} + A_{hujan}$)

$A_{atmosfer}$ = Rugi/redaman atmosfer (dB)

A_{hujan} = Rugi/redaman hujan (dB)

A_{awan} = Rugi / redaman awan (dB)

G/T = *Figure of merit* stasiun bumi (dB/°K)

k = *Konstanta Boltzman* ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K = -2228,6 (dBW°K))

B = Lebar pita informasi (Hz)

Selain menghitung nilai C/N total perlu menghitung nilai C/N (*required*) agar dapat mengetahui nilai C/N standar dari suatu *link* sesuai dengan modulasi, FEC dan modem yang dipakai. Persamaan (2.48) untuk menghitung C/N (*required*) adalah sebagai berikut [22]:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{required} = \left(\frac{Eb}{No}\right)_{required} + 10 \log \left(\frac{Transmission\ rate}{Bandwidth} \right) \quad (2.48)$$

Keterangan:

$\left(\frac{Eb}{No}\right)_{required}$ = $\left(\frac{Eb}{No}\right)$ dari spesifikasi modem

$Transmission\ rate$ = Laju transmisi (bps)

$Bandwidth$ = Lebar pita frekuensi (Hz)

2.2.13.9 *Energy per bit to the spectral noise density (Eb/No)*

Eb/No merupakan parameter utama yang digunakan pada *carrier* digital untuk mengevaluasi dan membandingkan performansi sistem komunikasi digital. Eb adalah *energy per bit* informasi dan No (N-zero) adalah *noise* yang

terdapat dalam 1 Hz *bandwidth*. Persamaan yang digunakan untuk menghitung yaitu [24]:

$$\left(\frac{Eb}{No}\right) = \left(\frac{C}{N}\right)_{total} - 10 \log\left(\frac{Transmission\ rate}{Bandwidth}\right) \quad (2.49)$$

2.2.13.10 **Bit Error Rate (BER)**

Bit Error Rate (BER) merupakan perbandingan jumlah bit informasi yang memiliki *error* dengan keseluruhan jumlah bit informasi yang ditransmisikan pada selang waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam daya yang bernilai 10 sampai negatif. Contoh sistem transmisi memiliki BER 10^{-6} artinya dari 1 juta bit yang ditransmisikan terdapat 1 bit *error*. BER menyatakan seberapa sering *packet* atau *unit* data harus ditransmisikan kembali karena *error*. Nilai BER yang tinggi artinya adanya keterlambatan *data rate* terhadap waktu keseluruhan transmisi data dan hal ini harus diperbaiki dengan cara mentransmisikan kembali paket data tersebut. BERT (*Bit Error Test* atau *Tester*) adalah prosedur atau peralatan yang digunakan untuk mengukur BER pada proses transmisi. Parameter BER ini digunakan untuk modulasi QPSK. BER memiliki nilai yang berbeda-beda semakin rendah nilai BER yang dihasilkan oleh suatu transmisi digital, maka semakin baik pula kinerja transmisi digital tersebut. BER dapat dirumuskan sebagai berikut [22]:

$$BER = \frac{e^{-\frac{Eb}{No}}}{\sqrt{4\pi\frac{Eb}{No}}} \quad (2.50)$$

Keterangan :

Eb/No = *Energy Bit to the Spectral Noise Density*

2.2.14 **Perhitungan Regresi Linear**

Regresi linear adalah metode statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat antar variabel faktor penyebab (X) terhadap variabel akibatnya. Faktor penyebab pada umumnya dilambangkan dengan (x) atau disebut juga dengan prediktor, sedangkan variabel akibatnya dilambangkan dengan y atau disebut juga dengan respon. Penyelesaian menggunakan regresi linear sederhana dapat dilihat pada persamaan berikut ini:

$$Y = \alpha + \beta X \quad (2.51)$$

$$\alpha = \frac{\sum Y (\sum X^2) - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (2.52)$$

$$\beta = \frac{n \sum xy - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (2.53)$$

Keterangan:

Y = Variabel Terikat

α = Konstanta

β = Koefisien Regresi

x = Variabel Bebas

n = Jumlah data

Setelah dilakukan proses perhitungan tersebut untuk mengetahui korelasi regresi linearnya maka dilakukan perhitungan korelasi regresi (r) dengan persamaan sebagai berikut ini:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum X) (\sum Y)}{\sqrt{\{(n) \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{(n) (\sum Y)^2 - (\sum Y)^2\}}} \quad (2.54)$$

Keterangan:

r = Korelasi Regresi

Tabel 2.4 Interpretasi Terhadap Koefisien Korelasi (r) [25]

Besar Koefisien Korelasi (Positif atau Negatif)	Interpretasi Koefien Korelasi
0,00	Tidak Ada Korelasi
0,01-0,20	Korelasi Sangat Lemah
0,21-0,40	Korelasi Lemah
0,41-0,70	Korelasi Sedang
0,71-0,99	Korelasi Tinggi
1,00	Korelasi Sempurna

Analisis korelasi dapat didefinisikan sebagai metode statistika yang digunakan untuk mengukur keereatan hubungan antara dua variabel. Kata variabel sendiri dapat diartikan sebagai karakteristik dari objek yang diteliti. Pada analisis ini mengukur keeratan hubungan antara dua variabel saja tanpa memperhatikan variabel yang mempengaruhi. Korelasi yang dilakukan didapatkan suatu nilai yang disebut sebagai koefisien korelasi. Koefisien korelasi bisa bernilai positif atau negatif dan nilai koefisien korelasi berkisar antara -1 sampai dengan +1. Korelasi negatif ditunjukkan dengan koefisien korelasi yang bernilai negatif begitu juga sebaliknya korelasi positif ditunjukkan dengan koefisien korelasi yang bernilai positif.