

**ANALISIS LINK BUDGET TV DIGITAL DIRECT TO HOME
PADA PT.MNC SKY VISION(INDOVISION)**

FINAL PROJECT

*Proposed as a Condition For Obtaining a Degree Associate Expert
In the Department of Telecommunications
The Academic Of Telkom Jakarta*



Compiled By
ANDREAS MESTIKA ADI
6070015

**ENGINEERING DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATION
TELKOM ACADEMY JAKARTA**

2011

HALAMAN PENGESAHAN

PROYEK AKHIR

ANALISA LINK BUDGET TV DIGITAL DIRECT TO HOME PADA PT.MNC SKY VISION(INDOVISION)

Oleh

ANDREAS MESTIKA ADI

6070015

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada 09 MARET 2011/2012

Pembimbing 1



SUYATNO BUDI HARJO, ST., MT

NIK. 201130

Pembimbing 2

HILLANGGA, ST

NIK.

Penguji 1



ADE NURHAYATI, ST

NIK. 200304

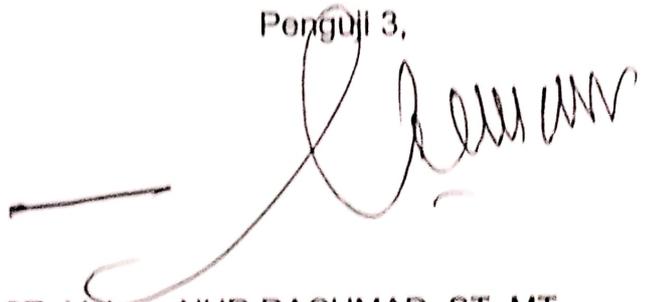
Penguji 2,



H.M SOLEH HAPUDIN, ST., Msi

NIK. 200407

Penguji 3,



NUR RACHMAD, ST., MT

NIK. 200305

Diterima dan dinyatakan memenuhi syarat kelulusan pada :

09 MARET 2012

di Jakarta

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andreas mestika adi

NIM : 6070015

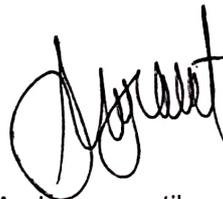
Judul Proyek Akhir : Anilasa link budget tv digital direct to home pada PT.MNC sky vision(indovision)

Menyatakan bahwa proyek akhir dengan judul tersebut di atas penulis susun dengan sejujurnya berdasarkan norma akademik dan bukan merupakan hasil plagiat. Adapun semua kutipan di dalam proyek akhir ini telah penulis sertakan nama pembuatnya / penulisnya dan telah penulis cantumkan ke dalam Daftar Pustaka.

Pernyataan ini penulis buat dengan sebenarnya dan apabila di kemudian hari ternyata penulis terbukti melanggar pernyataan penulis tersebut di atas, penulis bersedia menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Jakarta, 09 maret 2012

Yang menyatakan,



Andreas mestika adi

NIM. 6070015

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Akademi Telkom Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ANDREAS MESTIKA ADI
NIM : 6070015
Program Studi : Teknik Telekomunikasi
Jenis karya : Proyek Akhir

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Akademi Telkom Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah penulis yang berjudul :

“ ANALISA LINK BUDGET TV DIGITAL DIRECT TO HOME PADA PT MNC SKY VISION(INDOVISION) “

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Akademi Telkom Jakarta berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan proyek akhir penulis selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada : maret 2012

Yang menyatakan

METERAI
TEMPEL
PAJAK PEMBANGUN BANGSA
TGL. 20
7BF4FABF004504405
ENAM RIBU RUPIAH
6000
DJP
Andreas mestika adi

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan teknologi telekomunikasi yang dinamis, telah melahirkan beberapa inovasi yang cenderung mengarah ke peningkatan kehandalan sistem. Salah satu diantaranya adalah penggunaan media transmisi satelit. Diantara nya adalah aplikasi penggunaan satelit pada sistem televisi digital direct to home (DTH). Direct to Home (DTH) adalah salah satu aplikasi DVB (*Digital Video Broadcasting*), yang merupakan penyiaran TV dengan menggunakan satelit sebagai transmisi TV digital , dimana satelit berfungsi sebagai repeater yang menerima siaran TV dari pemancar dan memancarkannya kembali ke seluruh TVRO. sehingga untuk penyaluran program video secara live maupun hasil rekaman pada kota atau wilayah mendapat kualitas yang baik

Berdasarkan realita tersebut, maka dalam tugas akhir ini dianalisis kan link budget satelit .Untuk mempermudah proses penghitungan analisis link budget ini penulis membuat dengan judul **"ANALISA LINK BUDGET SATELIT TV DIGITAL DIRECT TO HOME PADA PT.MNC SKY VISION(INDOVISION)"**.

Karakteristik dan kinerja Link Budget pada komunikasi merupakan parameter yang sangat penting. Saat ini karakteristik satelit yang adatelah berkembang dengan pesat untuk mendukung sistem teknologi satelit, Untuk itu perlu analisa agar link budget yang didisain sesuai dengan standarisasi.Pada penulisan ini akan dibahas perhitungan yang penting pada sistem satelit tentang perhitungan link budget, meliputi efisiensi, penggunaan daya yang berhubungan dengan pensinyalan dengan kulaitas yang dapat dimaksimalkan.

Kata kunci : Satelit cakrawarta-1

ABSTRACT

Along with the dynamic development of telecommunications technology, has given birth to several innovations that tend to lead to improved system reliability. One of them is the use of satellite transmission media. Among these is the application of satellite digital television system direct to home (DTH). Direct to Home (DTH) is one of the applications DVB (Digital Video Broadcasting), which is using the satellite TV broadcasting as the transmission of digital TV, which serves as a repeater satellite TV broadcasts from a transmitter to receive and transmit back to the whole TVRO. Sehingga for distribution program with live video and recorded on a city or region have a good quality

Based on this reality, then in his final assignment was analyzed satellite link budget. To simplify the calculation of link budget analysis, the writer makes with the title **"LINKBUDGET ANALYSIS OF DIGITAL SATELLITE TV DIRECT TO HOME IN THE SKYVISION PT.MNC (Indovision)"**. Link Budget and performance characteristics of the communication is a very important parameter. Currently the satellite characteristics adatelah grown rapidly to support the system of satellite technology, it is necessary for analysis in order to link budget standarisasi. Pada designed in accordance with the writing of this calculation will be discussed that are important to the satellite system of calculation of link budget, including efficiency, power usage associated with signaling by kulaitas which can be maximized.

Key words: Satellite-1 CAKRAWARTA

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga Proyek Akhir ini dapat terselesaikan tepat waktu dan sesuai dengan yang diharapkan. Serta Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan kita Sayyidina Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan seluruh umatnya.

Proyek Akhir yang berjudul "**ANALISA LINK BUDGET SATELIT DIRECT TO HOME PADA PT. MNC SKY VISION(INDOVISION)**" ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Ahli Madya Teknik Telekomunikasi di Akademi Telkom Jakarta.

Dengan selesainya Proyek Akhir ini penulis mengucapkan terimakasih setulus-tulusnya dan penghargaan sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah dengan ikhlas memberikan dukungan dan bantuan material maupun moril serta do'a.

Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin sampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua Orang Tua yang menjadi motivasi dan inspirasi kehidupan penulis.
2. Kakak saya Michael fernando dan Adik-adik saya lery bastian dan enda novia yang telah memberikan bantuan, support, dan do'anya.
3. Abang Angga sekaligus pembimbing 2 terimakasih atas dorongan, masukan dan motivasi serta bimbingan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan Proyek Akhir ini.
4. Bapak Ir. Zainal Arifien, MM selaku Direktur Akademi Telkom Jakarta.
5. Bapak suyatno ST, MT selaku pembimbing 1 terimakasih atas bimbingan, arahan serta kesabaran yang diberikan kepada penulis dalam pembuatan Proyek Akhir ini.
6. Bapak soleh happudin, ST selaku dosen wali penulis.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan proyek akhir ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal, karena Sesungguhnya Allah SWT Maha Pemberi Balasan. Penulis menyadari bahwa isi yang terkandung dalam laporan proyek akhir ini masih sangat sederhana dan jauh dari kesempurnaan, untuk itu kritik dan saran yang bersifat sangat membangun sangatlah penulis harapkan demi kesempurnaan lebih lanjut. Namun demikian penulis berharap semoga yang sederhana ini bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya maupun bagi para pembaca pada umumnya. Dan semoga Allah SWT mencatatnya sebagai bagian dari ilmu yang bermanfaat.dan di beri kemudahan

Jakarta, september 2011



Andreas Mestika Adi

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PLAGIARISME	ii
Lembar Persetujuan Publikasi Proyek Akhir Untuk Kepentingan Akademis	iii
ABSTRAK	iv
Abstrack	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Metodologi Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	3

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Komunikasi Satelit	4
2.2 Perangkat Komunikasi Satelit	5
2.2.1 Segmen Ruas Angkasa	5
2.2.2 Segmen Darat	5
2.3 Modulasi Digital	5
2.4 Parameter Link Budget	5
2.4.1 Pengarahan antenna	5

2.4.2	Attenuator Tx/Rx	5
2.4.3	Slant Range	5
2.4.4	<i>Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP)</i>	6
2.4.5	<i>Gain antenna</i>	6
2.4.6	Redaman lintasan	6
	2.4.6.1 Redaman ruang bebas	6
	2.4.6.2 Redaman atmosfer	7
	2.4.6.3 Redaman hujan	7
2.4.7	<i>Bit Error Rate (BER)</i>	7
2.4.8	<i>Figure of Merit (G/T)</i>	7
2.4.9	<i>Carrier to noise ratio (C/N)</i>	7
2.4.10	<i>Energi Bit to Noise Ratio (Eb/No)</i>	8
2.5	<i>Forward Error Correction (FEC)</i>	8

BAB III INFRASTRUKTUR STASIUN TV DIGITAL DIRECT TO HOME PADA PT MNC

SKY VISION

3.1	Cakrawarta Digital Broadcasting System (General)	9
3.2	Up Link Facility	11
	3.2.1 <i>Equalizer</i>	11
	3.2.2 <i>Up Converter</i>	12
	3.2.3 <i>Switch Over X – Band</i>	12
	3.2.4 <i>Splitter & Combiner X – band</i>	12
	3.2.5 <i>Jaringan Fiber Optic (Tx & Rx)</i>	12
	3.2.6 <i>Travelling Wave Tube Amplifier (TWTA)</i>	12
	3.2.7 <i>Dummy Load X – Band</i>	12
	3.2.8 <i>Wave guide</i>	13
	3.2.9 <i>Dehydrator</i>	13
	3.2.10 <i>Antena Parabola</i>	13
	3.2.11 <i>Antena Control Unit (ACU)</i>	13
3.3	<i>DOWNLINK DIRECT TO HOME</i>	13

3.3.1	<i>Out Door Unit (ODU)</i>	13
3.3.2	<i>DISH / Antena</i>	13
3.3.3	<i>Low Noise Block Feedhorn (LNBF)</i>	14
3.3.4	Kabel	14
3.3.5	<i>In Door Unit (IDU)</i>	14
3.4	ARSITEKTUR STATION TV DIGITAL DIRECT TO HOME	15
3.4.1	Satelit	15

BAB IV ANALISA LINK BUDGET SATELIT TV DIGITAL DIRECT TO HOME

4.1	DATA PERAMETER PERHITUNGAN LINK	17
4.2	PERHITUNGAN <i>UP-LINK</i>	19
4.2.1	<i>Perhitungan rugi-rugi UP-link</i>	20
4.2.2	<i>Perhitungan Bandwith</i>	21
4.2.3	<i>Perhitungan rasio pembawa terhadap daya derau UP-LINK</i>	22
4.3	PERHITUNGAN <i>DOWN-LINK</i>	23
4.3.1	<i>Perhitungan rugi-rugi antariksa(FREE SPACE LOSS) DOWN-LINK</i>	24
4.3.2	<i>Perhitungan Figure OF Merit stasiun bumi penerima</i>	24
4.3.3	<i>Perhitungan rasio pembawa terhadap daya derau DOWN-LINK</i>	25
4.3.4	<i>Perhitungan rasio pembawa terhadap daya derau total</i>	26
4.3.5	<i>Perhitungan energi bit terhadap rapat derau</i>	26
4.4	TINJAUAN HASIL PERHIYUNGAN LINK	27

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	29
-----	-----------------	----

DAFTAR PUSTAKA	XV
-----------------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Komunikasi Satelit	5
Gambar 3.2	Block diagram PUF untuk sistem uplink	15
Gambar 3.3	Dish Antena	19
Gambar 3.4	Link Equation	21

DAFTAR TABEL

4.1 Data Teknis Asumsi Indovision	23
4.2 Data Hasil Perhitungan Link Pita X/S Satelit Cakrawarta 1	34
4.3 Data standrisasi untuk BER dan EB/NO	35

DAFTAR SINGKATAN

IFL	: Inter Facility Link
MGF	: Media Gateway Facility
BOC	: Broadcast Operating Center
MXF	: Media Exchange Facility
PUF	: Program Uplink Facility
CW-1	: Satelit Cakrawarta-1
BER	: Bit Error Rate
FEC	: Forward Error Correction
ODU	: Out Door Unit
HPA	: High Power Amplifier
TVRO	: Televisi Receive Only
EIRP	: Equivalent Isotropic Radiated Power
DVBS	: Digital Video Broadcast Satelit
ACU	: Antena Control Unit
LNBF	: Low noise Block Feedhorn
IDU	: In Door Unit
DSD	: Decoder Satelit Digital
DTH	: Direct To Home
IBO	: Input Back Off
OBO	: Output Back Off

DAFTAR ISTILAH

- Bit : Unit tunggal dari data, bernilai satu atau nol, digunakan dalam komunikasi-
Komunikasi digital
- Bit rate : laju/kecepatan pengiriman data
- Simplex : Sistem komunikasi satelit satu arah
- Fixed : Fasilitas penyiaran sinyal *audio/video* program TV secara tetap
- Satelit provider : Penyedia layanan channel-channel broadcast
- Sudut azimuth : sudut sejajar dengan permukaan bumi
- Sudut elevasi : Sudut horizontal lokal ke atas
- Bit stream : Proses penumpangan sinyal digital
- Repeater : Komponen ruang angkasa yang berfungsi sebagai stasiun pengulang

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah.

Seiring dengan perkembangan teknologi telekomunikasi yang dinamis, telah melahirkan beberapa inovasi yang cenderung mengarah ke peningkatan kehandalan sistem. Salah satu diantaranya adalah penggunaan media transmisi satelit. Diantara nya adalah aplikasi penggunaan satelit pada sistem televisi digital direct to home (DTH).

Direct to Home (DTH) adalah salah satu aplikasi DVB (*Digital Video Broadcasting*), yang merupakan penyiaran TV dengan menggunakan satelit sebagai transmisi TV digital. DTH merupakan sistem komunikasi satelit satu arah (*simplex*) yang digunakan untuk memancarkan siaran TV melalui satelit, dimana satelit berfungsi sebagai repeater yang menerima siaran TV dari pemancar dan memancarkannya kembali ke seluruh TVRO yang berada dalam *coverage*-nya. Layanan ini menyediakan fasilitas penyiaran sinyal *audio/video* program TV secara tetap (*fixed*) melalui satelit (*TV Contribution*) dan jasa layanan temporer satelit digital untuk penyaluran program video secara live maupun hasil rekaman pada kota atau wilayah yang tercakup baik dengan konfigurasi *point-to-point* atau *point-to-multipoint*

Satelit merupakan fasilitas di PT. MNC Sky Vision yang sangat berharga, satelit yang digunakan adalah Cakrawarta 1 yang diluncurkan pada tanggal 10 November 1997 dengan menggunakan roket Ariane -4, satelit tersebut mempunyai massa 1400 Kg, yang merupakan satelit ringan (LIGHTSAT), terletak pada sudut azimuth $74,47^{\circ}$, elevasi 64.15° dari PUF dan memiliki lima buah transponder dengan daya 70 watt untuk TV analog / digital, sedangkan frekuensi band yang digunakan adalah:

- X – Band (8135 – 8255) MHz untuk Up Link siaran
- C – Band (5.884,25 dan 5.885,75) MHz untuk Up Link TT & C
- C – Band (3.698,75 dan 3.699,75) MHz untuk Down Link TT & C
- S – Band (2535 – 2655) MHz untuk siaran tv analog dan digital

Karakteristik dan kinerja Link Budget pada komunikasi merupakan parameter yang sangat penting. Saat ini karakteristik satelit yang adatelah berkembang dengan pesat untuk mendukung sistem teknologi satelit, Untuk itu perlu analisa agar link budget yang didisain sesuai dengan standarisasi. Pada penulisan ini akan dibahas perhitungan yang penting pada sistem satelit tentang perhitungan link budget, meliputi efisiensi, penggunaan daya yang berhubungan dengan pensinyalan dengan kualitas yang dapat dimaksimalkan.

Analisa link satelit dilakukan untuk menentukan karakteristik satelit yang dibutuhkan yang meliputi parameter EIRP dan G/T dari Satelit Cakrawarta 1 milik PT MNC Sky Vision analisa ini direncanakan pensinyalan secara akuntingnumeris untuk semua 'losses', gain, dan semua komponen dalam link satelit. Link budget akan memberikan alokasi sinyal level yang standard beserta level noise yang melewati sistim satelit.

1.2 Maksud dan Tujuan

Tujuan dari penyusunan proyek akhir "Anilisis **Link Budget TV Digital Direct To Home Pada PT. MNC SKY VISION(INDOVISION)** adalah menghitung pemasangan link budget dengan menggunakan media transmisi satelit, sehingga kualitas gambar yang diterima menjadi lebih baik

1.3 Perumusan masalah

- a) Penggunaan system DVBS-DTH pada PT MNC SKY VISION
- b) Konfigurasi system DVBS-DTH pada PT MNC SKY VISION
- c) Bagaimana hasil perhitungan Link budget satelit Cakrawarta 1

1.4 Pembatasan masalah

Dalam proyek akhir ini ditekankan pada Analisis Link Budget satelit TV digita direct to home pada PT MNC SKY VISION yang meliputi:

- a) Perhitungan link budget uplink dan downlink pada cakrawarta 1.
- b) Perhitungan daya derau uplink dan downlink.
- c) Perhitungan energy bit terhadap rapat derau(EB/NO)

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam pelaksanaan proyek akhir ini, penulis melakukan beberapa metode penelitian untuk merealisasikan proyek akhir ini, yaitu:

1. STUDI LITERATUR

Metode ini dilakukan dengan membaca beberapa referensi buku dari berbagai sumber yang terdapat perpustakaan yang lain yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas serta mencari data dari berbagai situs internet yang diharapkan dapat mendukung terealisasinya proyek akhir ini. Mencari informasi mengenai link budget indostar cakrawarta 1.

2. MELAKUKAN OBSERVASI

Melakukan observasi pada perangkat digital vidio broadcast satelit sistem(DVBS) direct to home yang telah dioperasikan pada perusahaan

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pemahaman dari penulis tugas akhir ini, penulis membagi penulisan ke dalam lima sub pokok bahasan yang meliputi :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dikemukakan latar belakang masalah, maksud dan tujuan, rumusan masalah, pembatasan masalah, metodologi penelitian, sistematika penulisan dan rencana kerja.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini berisi tentang landasan teori sistem komunikasi satelit yang mendukung pembahasan proyek akhir

BAB III INFRASTRUKTUR TELEVISI DIGITAL DIRECT TO HOME PADA PT MNC SKYVISION (INDOVISION)

Pada bab ini membahas digital satelit broadcasting sistem direct to home secara umum, parameter satelit dan blok diagram

BAB IV ANALISIS LINK BUDGET SATELIT

Pada bab ini berisi tentang perhitungan dan analisis dari link budget satelit pada PT MNC SKY VISION(INDOVISION)

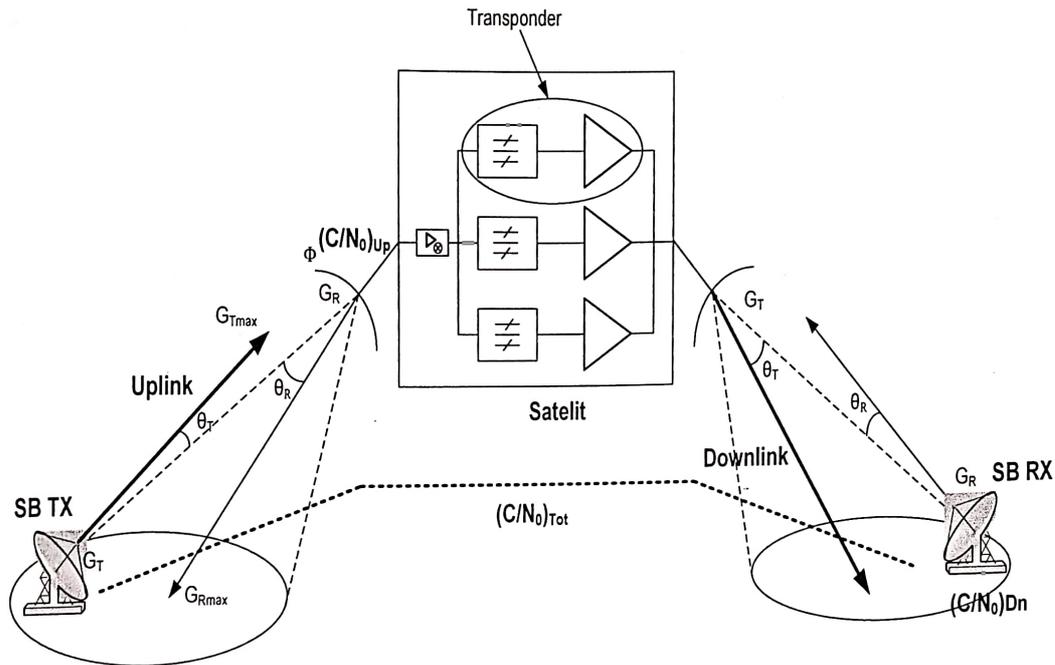
BAB V KESIMPULAN

Pada bab ini kesimpulan dari keseluruhan pembahasan.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Sistem Komunikasi Satelit

Sistem komunikasi satelit merupakan sistem komunikasi jarak jauh dengan pengoperasian yang terkontrol. Sebuah lintasan komunikasi satelit terdiri atas ruas angkasa (satelit) dan ruas bumi (stasiun bumi). Konfigurasi sistem komunikasi satelit secara sederhana dapat dilihat pada gambar di bawah,



Gambar 2.1 Sistem Komunikasi Satelit

Sistem komunikasi satelit ini menggunakan gelombang radio sebagai pembawa sinyal informasi yang dipancarkan oleh stasiun bumi pemancar menembus atmosfer bumi menuju ke satelit sebagai stasiun pengulang, untuk kemudian dipancarkan kembali oleh satelit ke stasiun bumi penerima. Dengan jarak tempuh yang sangat jauh, gelombang radio yang dipancarkan akan banyak mengalami gangguan sehingga sinyal gelombang radio mengalami pelemahan.

Oleh karena itu diperlukan perhitungan lintasan yang tepat baik pada ruas bumi (stasiun bumi) maupun ruas angkasa (satelit).

Satelit merupakan komponen ruang angkasa yang berfungsi sebagai stasiun pengulang (*repeater*), artinya satelit akan menerima sinyal dari stasiun bumi pemancar untuk kemudian dipancarkan kembali ke stasiun bumi penerima.

2.2 Perangkat Komunikasi Satelit

2.2.1 Segmen ruas angkasa (*Space Segment*)

Segmen ruas angkasa yang berupa satelit

2.2.2 Segmen Darat (*Ground Segment*)

Segmen darat adalah segmen komunikasi yang ada di atas permukaan bumi yang berfungsi mentransmisikan informasi ke satelit dan menerima kembali informasi yang dikirimkan dari satelit.

2.3 Modulasi digital

Modulasi merupakan proses penumpangan sinyal informasi (sinyal pemodulasi) ke suatu sinyal pembawa (*carrier*), sedemikian sehingga mempengaruhi pola kelakuan parameter (amplitudo, frekuensi, fasa) sinyal pembawa tersebut. Modulasi digital merupakan proses penumpangan sinyal digital (*bit stream*) ke dalam sinyal pembawa.

2.4. Parameter *Link Budget*

2.4.1 Pengarahan antena

- ***Azimuth*** = Sudut *azimuth* adalah sudut dari arah utara ke arah garis proyeksi satelit di muka bumi
- ***Elevasi*** = Sudut *elevasi* adalah sudut dari horizontal lokal ke atas

2.4.2 *Attenuator Tx/Rx*

Attenuator pada pemancar maupun pada penerima menyebabkan berkurangnya *EIRP* pada sisi pemancar dan pada sisi penerima menyebabkan berkurangnya daya penerimaan. Jenis *attenuator* antara lain *loss feeder*, *konektor*, *duplexer* dan *loss filter*.

2.4.3 *Slant range*

Dalam perhitungan rugi-rugi transmisi diperlukan data jarak antara pengirim dan penerima, dalam sistem komunikasi satelit berarti jarak antara stasiun bumi terhadap satelit atau sebaliknya, jarak tersebut sering disebut dengan *slant range*.

2.4.4 Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP)

EIRP merupakan daya yang ditransmisikan dari sebuah stasiun bumi atau satelit yang merupakan hasil kali dari daya yang dibangkitkan oleh HPA dan penguatan antena stasiun bumi. EIRP stasiun bumi dilambangkan dengan $EIRP_{SB}$, dirumuskan[8]:

$$2.1 \text{ EIRP [Watt]} = (P_{Tx} [\text{Watt}] \cdot G_{Tx}) / (\text{loss feeder})$$

$$2.2 \text{ EIRP [dBW]} = P_{Tx} [\text{dBW}] + G_{Tx} - \text{loss feeder}$$

dimana : P_{Tx} = dayapancar pada feed antena pemancar (dBW) G_{Tx} = gain antena pemancar (dB)

2.4.5 Gain antenna

Gain antena didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi maksimum antena yang diukur terhadap intensitas radiasi maksimum antena isotropik. Jenis antena yang digunakan adalah antena parabola dengan rumus penguatan yaitu[9]:

$$G = \eta \left[\left(\pi \cdot f \cdot \frac{D}{C} \right)^2 \right]$$

Dengan mengganti nilai η dan C akan diperoleh pendekatan penguatan antena dalam bentuk logaritma yaitu[8]:

$$G [\text{dB}] = 20.45 + 10 \log(\eta) + 20 \log(f)_{\text{GHz}} + 20 \log(D)_m$$

- ✓ f = frekuensi kerja (GHz) terdiri dari frekuensi *uplink* dan *downlink*
- ✓ D = diameter antena stasiun bumi (meter)
- ✓ C = kecepatan cahaya 3×10^8 m/s
- ✓ η = nilai efisiensi antena ($0 \leq \eta \leq 1$)

2.4.6 Redaman lintasan :

2.4.6.1 Redaman ruang bebas

Rugi – rugi ruang bebas merupakan daya yang hilang saat dipancarkan padaruang bebas dimana daya tidak dapat diterima seluruhnya oleh antena penerima.

Besar redaman ini dapat dihitung dengan persamaan berikut[9]:

$$L_p (\text{dB}) = (4 \cdot f \cdot d \cdot C)^2$$

atau secara logaritmis dapat dituliskan[9] :

$$L(\text{dB}) = 92,45 + 20 \log d + 20 \log f$$

d = jarak antara stasiun bumi ke satelit (km)

f = frekuensi up/downlink (GHz)

C = kecepatan cahaya (m/s)

2.4.6.2 Redaman atmosfer

Redaman atmosfer yang dimaksud adalah redaman yang berasal dari partikel-partikel udara yaitu [8] oksigen (O_2) dan uap air (H_2O).

$$L_a(E) = L_a(90^\circ) \cdot \operatorname{cosec} E^\circ$$

dimana : $L_a(E)$ = loss atmosfer

$L_a(90^\circ)$ = loss atmosfer pada sudut elevasi 90°

E = sudut elevasi satelit

2.4.6.3 Redaman hujan

Selain dipengaruhi oleh redaman atmosfer, kualitas sinyal juga dipengaruhi oleh redaman hujan. Redaman hujan hanya memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap sistem komunikasi yang bekerja pada frekuensi di atas 10 GHz karena untuk sistem yang bekerja di bawah 10 GHz, nilai redaman hujan kecil.

2.4.7 Bit Error Rate (BER)

Untuk menilai unjuk kerja transmisi digital pada sistem komunikasi satelit digunakan parameter *Bit Error Rate (BER)*. *BER* merupakan perbandingan antara jumlah bit informasi terima yang salah dengan jumlah bit informasi yang ditransmisikan pada selang waktu tertentu. Semakin rendah *BER* yang dihasilkan oleh suatu transmisi digital, semakin baik unjuk kerja transmisi digital tersebut.

2.4.8 Figure of Merit (G/T)

Figure of Merit merupakan perbandingan antara penguatan sistem pada suatu titik tertentu terhadap temperatur derau ekuivalen dari sistem pada titik yang sama.

2.4.9 Carrier to noise ratio (C/N)

C/N adalah perbandingan antara daya sinyal pembawa yang diterima oleh antena dengan daya derau thermal sistem. Besarnya adalah [8]:

$$\left(\frac{C}{N}\right) [\text{dB}] = \text{EIRP} - \text{LFS} + \left(\frac{G}{T}\right) - K - 10\log(\text{BW})$$

dimana : k (konstanta Boltzman) = $1,33 \cdot 10^{-23}$ J/K = -228,6 dBW/K/Hz

BW = lebar pita frekuensi (Hz)

(G/T) = figure of merit (dB/K)

2.4.10 Energi Bit to Noise Ratio (E_b/N_o)

Kualitas sinyal yang diterima ditentukan oleh perbandingan energi sinyal pembawa per bit per hertz yang diterima terhadap derau temperature. (E_b/N_o) diperoleh dari harga BER yang sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dari grafik fungsi BER terhadap (E_b/N_o). (E_b/N_o) dapat dirumuskan sebagai berikut[9]:

$$\left(\frac{E_b}{N_o} \right) [\text{dB}] = \left(\frac{C}{N} \right)_{\text{Sistem}} + 10 \log \left(\frac{BW}{R} \right)$$

dimana : E_b = energi per bit (W/bit)

N_o = rapat daya derau sistem (W/Hz)

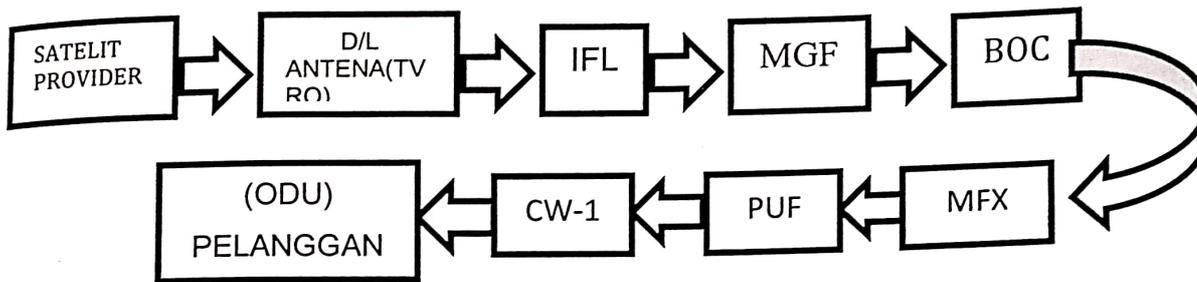
2.5 Forward Error Correction (FEC)

FEC atau Forward Error Correction adalah metode pengontrolan kesalahan yang menggunakan penambahan bit lebih pada transmisi sinyal jika terjadi error pada saat pengiriman sehingga diakhir pengiriman dapat diperbaiki. FEC dibutuhkan untuk mengoptimalkan pengguna daya dan lebar pita satelit dan menyediakan kehandalan yang memungkinkan dengan terbatasnya sistem serta mampu memperbaiki BER(Bit Error Rate).pengacak berfungsi menstabilkan daya sinyal pembawa pada transponder satelit dan stsiun bumi agar tetap memancarkan sinyal walaupun tidak ada sinyal informasi.sedangkan anti pengacak untuk membentuk kembali kode-kode yang telah di acak. Hubungan antara EB/NO dari BER tergantung pada tipe modulasi dari FEC(Forward Error Correction) yang digunakan pada sistem

BAB III

INFRASTRUKTUR STASIUN TV DIGITAL DIRECT TO HOME PADA PT MNC SKY VISION

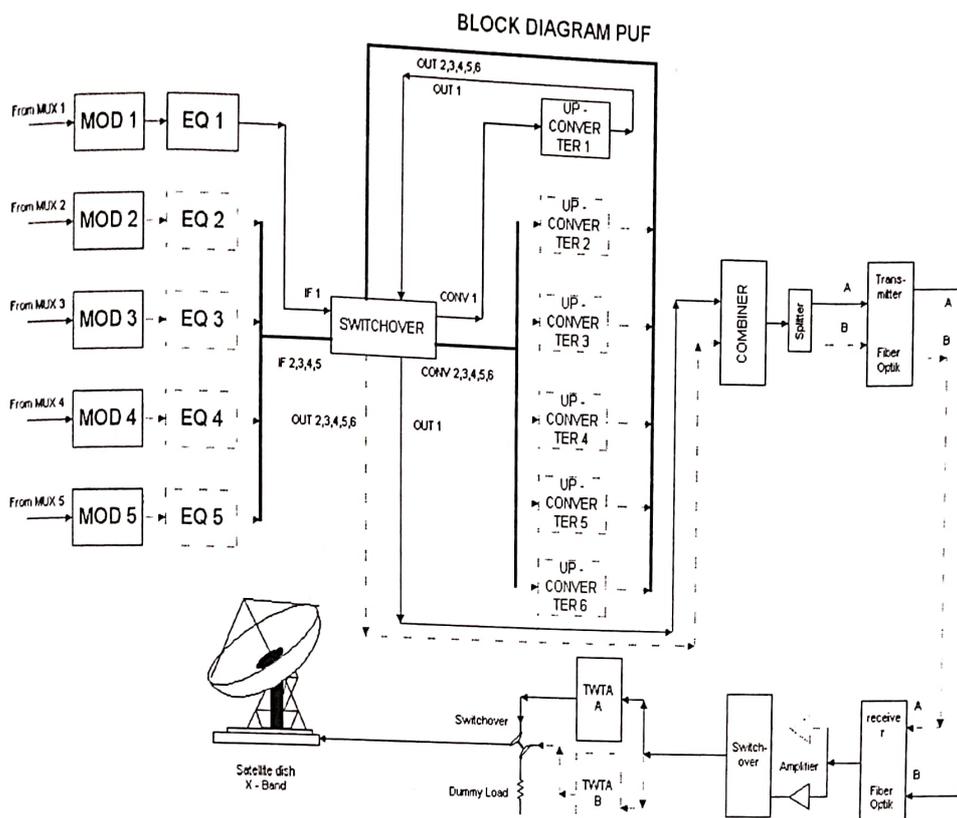
3.1 Cakrawarta Digital Broadcasting System (General)



- *Satelit Provider: Penyedia layanan chanel-chanel broadcast.*
- *D/L ANTENA(TVRO): Penerima signal-signal dari satelit provider.*
- *MGF : Media Gateway Facility,yaitusistemuntukpenerimaansinyal provider darisatelit lain berupa antenna dan Programmars Integrated Receiver Decoder.*
- *IFL : Inter Facility Link, yaitu menghubungkan antenna dan HPA keruang CER dengan menggunakan fiber optic.*
- *BOC : Broadcast Operating Center, sebagai central area dari broadcasting proses meliputi system pendistribusian A/V, sistem play out, Traffic dan automation system serta Logo dan Subtitling sistem.*
- *MXF : Media Exchange Facility, adalah MPEG-2 compression sistem, untuk Cakrawarta-1 memiliki 5 sistem untuk 5 transponder.*
- *PUF : Program Uplink Facility, adalah system untuk transmit sinyal yang telahdicompressedke CW-1.*
- *CW-1 :Cakrawarta Direct Broadcast Satellite.*

Dalam menerima sinyal informasi (siaran TV) baik dari dalam negeri maupun luar negeri, Indovision menggunakan 5 buah TVRO (Televise Receive Only). Yaitu antena yang tidak mengirim sinyal ke satelit, tetapi hanya menerima sinyal saja. Frekuensi yang diterima oleh TVRO terletak di C-band. Kemudian oleh TVRO frekuensi tersebut diubah ke L-Band untuk kemudian ditransmisikan melalui fiber optik transceiver menuju bagian broadcast facilities. Di bagian ini frekuensi yang diterima dalam bentuk analog diproses menjadi bentuk digital. Pada bagian PUF (Program Uplink facilities) diproses supaya siap ditransmisikan untuk tahap selanjutnya yaitu ditransmisikan ke satelit CAKRAWARTA-1. Sebelumnya sinyal frekuensi dinaikkan ke X-Band (8 GHz) dan ditransmisikan ke PUF melalui fiber optik transceiver. Sinyal ini kemudian diperkuat oleh HPA (High Power Amplifier) untuk selanjutnya dikirim ke antena sebesar 8 meter dan ditransmisikan ke satelit CAKRAWARTA-1. Sinyal X-Band ini oleh satelit diubah ke S-Band dan ditransmisikan kembali ke bumi yaitu pelanggan.

Untuk menerima sinyal-sinyal tersebut, para konsumen menggunakan sebuah alat seperti antena parabola yang berukuran 80 cm yaitu ODU (Out Door Unit). Oleh ODU frekuensi yang diterima (S-Band) diturunkan ke L-Band. Di dalam rumah masih dipergunakan sebuah alat yang disebut Decoder. Dimana sinyal-sinyal yang diterima dari ODU (S-Band) diubah menjadi sinyal audio-video, sehingga dinikmati oleh pelanggan melalui pesawat televisi.



Gambar 3.2 Block diagram PUF untuk sistem uplink

3.2 Up Link Facility

Untuk penyiaran signal informasi menggunakan frekuensi X – Band * GHz, dan inilah yang disebut dengan sistem PUF (Program Up Link Facility).

Perangkat yang digunakan dalam sistem PUF terdiri dari :

3.2.1 EQUALIZER

Equalizer yang digunakan dalam sistem ini adalah buatan Miteq type VEQ-2-70 (70 MHz). Equalizer terdiri dari komponen pasif RLC, berfungsi untuk memperbaiki side lobe dari sinyal IF dan juga memperbaiki delay time dari sinyal tersebut. Dengan pengaturan RLC didapat frekuensi waktu yang berbeda untuk memudahkan pengaturan side lobe dan delay time. Disini dipakai 5 buah equalizer dan satu buah yang selalu stand by sebagai back up. Dimana satu equalizer mewakili satu transponder.

3.2.2 UP CONVERTER

Up converter yang dipakai buatan Miteq type U9454. Alat ini berfungsi menaikkan frekuensi modulasi 70 MHz menjadi frekuensi X – Band 7.9 – 8.2 GHz. Serta mengatur power out yang diinginkan. Di dalam Up – converter ini telah terdapat power out (gain) tertentu, sehingga untuk mengatur output tersebut dilakukan pengaturan pada nilai attenuation.

3.2.3 SWITCH OVER X – BAND

Switch Over X – Band yang dipakai buatan Miteq type PSU – 7984R yang bekerja secara otomatis jika terjadi kerusakan pada salah satu Up – Converter, hal ini terjadi karena di dalam switch over diisi nilai masing – masing frekuensi dan nilai masing – masing attenuation yang digunakan, sehingga Switch Over berfungsi sebagai saklar yang menentukan kapan Up Converter back up harus bekerja

3.2.4 SPLITTER & COMBINER X – BAND

Jenis yang dipakai buatan MLCI type PSP-22 untuk frekuensi X – Band. Berfungsi untuk membagi dan menggabungkan line atau saluran. Idealnya suatu splitter dan combiner tidak mempunyai loss dan untuk memperkecil loss tersebut digunakan splitter dan combiner yang mempunyai batasan – batasan frekuensi pada input dan output.

3.2.5 Jaringan Fiber Optic (Tx & Rx)

Jenis yang dipakai buatan ORTEL dimana Tx bertipe 10341 A X-Band dan Rx bertipe 10455 A X- Band. Jaringan fiber optic ini memiliki Range Input Frekuensi yaitu 0,1 GHz – 10 GHz serta panjang gelombang sebesar 1310 nm untuk signal optiknya. Ini dipakai sebagai saluran transmisi dari PUF Building sampai ke PUF area serta memiliki dua saluran, yang satu merupakan back – up.

3.2.6 Travelling Wave Tube Amplifier (TWTA)

Jenisnya W 1401, berfungsi sebagai high power amplifier dari sinyal yang akan di up link. TWTA ini memiliki penguatan maksimum hingga 2 K Watt.

3.2.7 DUMMY LOAD X – BAND

Mempunyai kapasitas hingga 2 K Watt, berfungsi sebagai beban untuk menggantikan antena, sehingga bila terjadi kerusakan pada TWTA yang terhubung ke antena, maka output TWTA yang terhubung dummy load berpindah posisi dan langsung terhubung dengan antena menggantikan TWTA yang rusak.

3.2.8 WAVE GUIDE

Mempunyai type 112 F merupakan saluran transmisi X – Band yang menghubungkan TWTA dengan antena.

3.2.9 DEHYDRATOR

Suatu alat penghembus angin / udara untuk menjaga agar inti di dalam waveguide tetap stabil dimana tidak terjadi kelembaban serta adanya uap air yang dapat merusak fisik dari waveguide tersebut yang mengakibatkan loss besar serta tingginya SWR.

3.2.10 ANTENA PARABOLA

Mempunyai ukuran 1,8 meter, 3 axis motorized (Azimuth, elevasi dan polarisasi), buatan VERTEX model 8,1 KPC. Antena ini berfungsi sebagai media penghantar gelombang elektromagnetik ke satelit.

3.2.11 Antena Control Unit (ACU)

Berfungsi untuk mengontrol posisi antena berdasarkan titik azimuth (sejajar dengan permukaan bumi) elevasi dan polarisasi. ACU yang digunakan ACU 7200, pengontrolan dapat dilakukan secara manual, memasukkan data – data, parameter dan Auto Track.

3.3 DOWNLINK DIRECT TO HOME

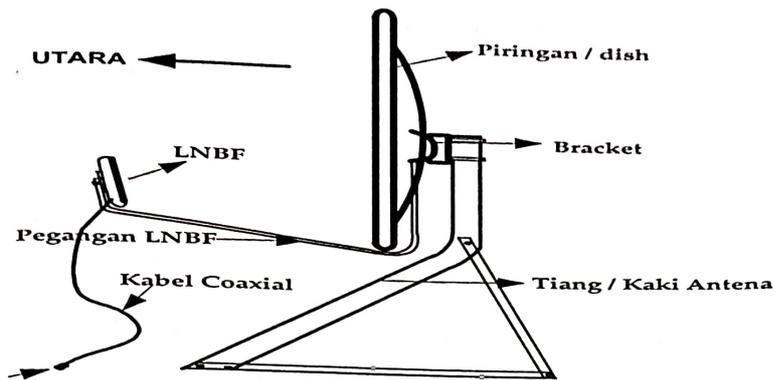
3.3.1 Out Door Unit (ODU)

Banyak kelebihan yang didapat dengan menggunakan antena kecil atau juga disebut dengan ODU. Dengan ukuran yang mini yaitu sekitar 80 cm diameternya maka dapat diletakkan tanpa memakan tempat yang banyak, pengerjaan dan pengarahannya mudah, ini memungkinkan ODU dapat dipasang dengan waktu yang relative cepat .

Perangkat yang digunakan untuk menerima saluran TV digital DVB antara lain :

3.3.2 . DISH / ANTENA

Merupakan bagian penting untuk menerima semua sinyal – sinyal yang dipancarkan oleh satelit, pengarahannya dari DISH ini harus diarahkan secara tepat ke satelit yang memancarkan siaran. Untuk standar ukuran dari antena ODU adalah 80 cm dan mampu menangkap siaran – siaran yang dipancarkan dari satelit.



Gambar 3.3 DishAntena

3.3.3 . Low Noise Block Feedhorn (LNBF)

Adalah gabungan dari LNB dan Feedhorn. Pada sistem S-Band frekuensi yang digunakan adalah frekuensi tinggi sehingga tidak dibutuhkan bidang pantulan yang luas. Maka bentuk LNB-F dibuat bulat dan menyatu langsung dengan LNB. Pengaturan sudut polarisasi dilakukan secara manual dengan cara memutar langsung LNB yang sudah terpasang pada antena pada posisi horizontal.

Fungsi utama dari LNB-F adalah untuk mengumpulkan sinyal – sinyal yang telah ditampung di DISH untuk diturunkan frekuensinya dan dikuatkan sehingga sesuai dengan frekuensi yang diperlukan. LNB-F yang digunakan Indovision bekerja pada frekuensi S-Band.

3.3.4 . KABEL.

Merupakan bagian yang berfungsi untuk menghubungkan LNB dengan decoder. Kabel yang digunakan adalah kabel coaxial yang bermutu baik, kabel tersebut mampu membawa sinyal – sinyal yang dibutuhkan oleh decoder tanpa mengakibatkan cacat pada sinyal tersebut.

3.3.5 In Door Unit (IDU)

IDU (In door Unit) adalah sebuah decoder satelit digital. Merupakan bagian yang penting untuk menerima sinyal – sinyal yang diacak secara digital, dan selanjutnya diubah menjadi gambar dan suara lalu diteruskan ke televisi.

Instalasi DSD (Decoder Satelit Digital) Indovision meliputi hubungan ke televisi customer, atau ke perangkat lainnya, seperti ke video recorder, home theater dan lain – lainnya. DSD sebaiknya diletakkan di ruangan dengan ventilasi yang cukup supaya tidak cepat panas, terutama jika DSD ini diletakkan di atas perangkat seperti pesawat TV atau video recorder sehingga mengakibatkan penambahan panas pada DSD tersebut

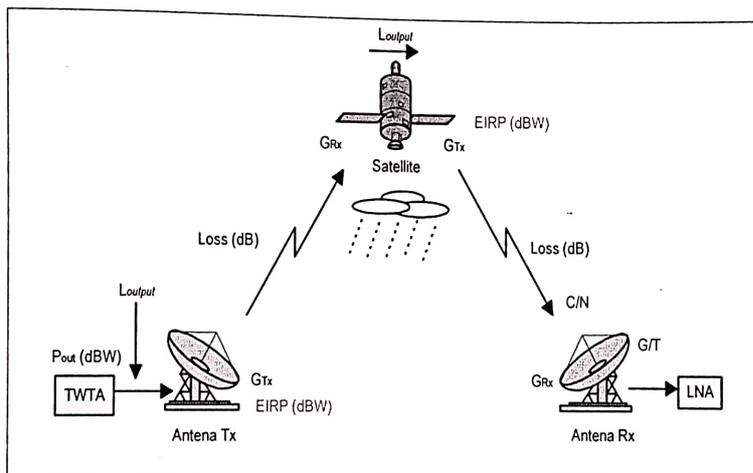
3.4 ARSITEKTUR STATION TV DIGITAL DIRECT TO HOME

3.4.1 SATELIT

Satelit merupakan fasilitas di PT. MNC Sky Vision yang sangat berharga, satelit yang digunakan adalah Cakrawarta 1 yang diluncurkan pada tanggal 10 November 1997 dengan menggunakan roket Ariane -4, satelit tersebut mempunyai massa 1400 Kg, yang merupakan satelit ringan (LIGHTSAT), terletak pada sudut azimuth 74,47o , elevasi 64.15o dari PUF dan memiliki lima buah transponder dengan daya 70 watt untuk TV analog / digital, sedangkan frekuensi band yang digunakan adalah:

- X – Band (8135 – 8255) MHz untuk Up Link siaran
- C – Band (5.884,25 dan 5.885,75) MHz untuk Up Link TT & C
- C – Band (3.698,75 dan 3.699,75) MHz untuk Down Link TT & C
- S – Band (2535 – 2655) MHz untuk siaran tv analog dan digital

Link Equation



Gambar 3.4 link equation

Besarnya penerimaan level sinyal pada suatu Antene Receive dinyatakan dalam[8] :

$$C \text{ (dBW)} = \text{EIRP (dBW)} + G(\text{Rx}) \text{ (dB)} - L \text{ (dB)}$$

Dimana : EIRP : Effective isotropic Radiated Power

$$: P_{out} \text{ (dBW)} + G(\text{Tx}) \text{ (dB)} - L_{output} \text{ (dB)}$$

G(Tx/Rx) : Penguatan pada Antena pemancar/penerima

$$: 20,4 + 10 \log \eta + 20 \log d + 20 \log f$$

η : efisiensi antenna (%)

d : diameter antenna (m)

f : frekuensi (GHz)

Loss : Redaman lintasan total

$$: 32,45 + 20 \log d (Km) + 20 \log f (MHz) + Loss Atm (dB)$$

Loss Atmosfer = 0,3 dB pada saat cuaca cerah

2 dB – 2,5 dB pada saat cuaca buruk

Noise

Antena akan dapat menerima sinyal informasi dengan baik apabila power sinyal informasi (sinyal carrier) relatif cukup besar terhadap sinyal noise. Dalam hal ini besaran yang digunakan adalah perbandingan sinyal carrier terhadap noise atau C/N (Carrier to Noise Ratio). Untuk menghitung nilai C/N maka terlebih dahulu harus diketahui besarnya power noise pada suatu sistem antenna.

Power noise pada suatu sistem antenna (Antena + LNA/LNB) dinyatakan dalam[8] :

$$3.4 \quad P_{sistem} = P_{ant} + PLNA/B \quad (P = k \times T \times B)$$

$$3.5 \quad = k \times (T_{ant} + TLNA/B) \times B$$

Dimana : k : konstanta Boltzman = 1.38×10^{-23} (J/°K)

T : Temperatur dalam Kelvin (°K)

B : Bandwidth (Hz)

Carrier to Noise (C/N)

Besarnya C/N pada suatu penerima adalah[9] :

$$C/N = \left[\frac{C}{k.T.B} \right] = \left[\frac{EIRP}{L.k.B} \right] \times G/T$$

Jika dinyatakan dalam dB maka besarnya C/N adalah[9]:

$$C/N (dB) = EIRP (dBW) + G/T (dB/°K) - L (dB) - 10 \log k - 10 \log B$$

Dimana : G/T : Figure of Merite Antena penerima

G/T memberikan perbandingan antara besarnya sinyal informasi dengan noise yang diterima pada antenna receiver. Pada panjang gelombang yang sama, sistem penerima yang memiliki G/T lebih besar memiliki performansi yang lebih baik.

G/T pada suatu Antena Receive dapat dirumuskan sebagai berikut[8]:

$$G/T (dB/°K) = G_{ant} - 10 \log (T_{ant} + TLNA/B)$$

BAB IV

ANALISIS LINK BUDGET SATELIT TV DIGITAL DIRECT TO HOME

4.1 Data Parameter Perhitungan Link

Dalam melakukan suatu analisis, diperlukan beberapa data yang digunakan dalam perhitungan. Data yang digunakan adalah data yang diperoleh dari PT Indovision dan beberapa referensi yang menjadi rujukan pada penulisan tugas akhir ini. Data tersebut dapat ditunjukkan pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Data Teknis Asumsi Indovision

PARAMETER	INDOVISION	SATUAN
Posisi satelit	Longitude : 107,7	°BT
Lokasi SB pemancar siaran di Wisma Indovision Jakarta Barat	Longitude;106,77 Latitude : 6,19	°BT °LS
Pita Frekuensi		
Lintas ke atas (Up Link)	8,150	GHz
Lintas ke bawah (Down Link)	2,535	GHz
Lebar Pita Transponder	24	MHz
EIRP _{SL} Saturasi (jenuh)	46	dBW
(G/T) _{SL}	4	dB/K
Rapat fluks saturasi (?) _{SLsat}	-95,83	dBW/m ²
IBO _i (Input Back Off per pembawa)	1	dB
OBO _i (Output Back Off per pembawa)	1	dB

Sementara untuk data-data lain dalam perhitungan *link* ini diasumsikan dari hasil pengukuran lapangan di PT.MNC SKY VISION(INDOVISION) sebagai berikut :

1. Satelit Cakrawarta 1 mempunyai 7 Transponder (5 yang dipakai dan 2 cadangan)
2. Laju bit (bit rate) informasi (IR) rata-rata perkanal 2,5 Mbps
3. Jumlah *Channel* TV 12 buah (dalam 1 transponder)
4. *Forward Error Correction* (FEC) yang digunakan 3/4
5. Diameter Antena Pemancar 8,1 meter
6. Frekuensi up link diambil 8,150 GHz dan frekuensi down link diambil 2,535 GHz.
7. Efisiensi antena (?) pemancar diambil 60 %
8. Jari-jari bumi (R_e) yaitu 6.378 Km
9. Ketinggian satelit terhadap permukaan bumi (h) dengan satelit di orbit geostasioner yaitu 35.786 Km
10. Rugi *tracking* antena pemancar (L_T) sebesar 0,4 dB
11. Rugi atmosfer *uplink* (L_{Au}) sebesar 2,5 dB
12. Rugi saluran transmisi/*wave guide* (L_{FTx}) antara antena dan HPA sebesar 1 dB
13. Temperatur derau antena (T_A) diambil 100° K
14. Temperatur *feeder* (T_F) diambil 290° K
15. Temperatur derau input efektif receiver (T_R) diambil 290° K
16. Konstanta Boltzman (K) yaitu $(1,33 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} = -228,6 \text{ dBW/K.Hz})$
17. Nilai BER yang dikehendaki yaitu 10^{-5}
18. *Roll of factor* dari filter (?) sebesar 0,2
19. Indeks modulasi (n) yaitu, untuk BPSK = 1 sedangkan untuk QPSK = 2
20. Diameter antena penerima ODU yaitu 80 cm (0,8 m)
21. Efisiensi antena (?) penerima diambil 60 %
22. Rugi atmosfer downlink (L_{Ad}) sebesar 0,3 dB
23. Rugi *tracking* antena penerima (L_{Rx}) sebesar 0,5 dB
24. Rugi saluran transmisi/*wave guide* antara penerima dan LNA (L_{FRx}) sebesar 0,5 dB
25. Rugi berkaitan dengan sudut *depoining* (L_R) sebesar 0,3 dB
26. Rugi ketidaksesuaian polarisasi antena (L_{pol}) sebesar 0,1 dB
27. *Noise figure* (NF) penerima sebesar 1,5 dB

4.2 Perhitungan Up-link

Setelah diketahui efisiensi antena (?) pemancar sebesar 60 % atau 0,6, diameter antena pemancar sebesar 8,1 meter, dan frekuensi uplink sebesar 8,150 GHz, sehingga gain maksimum antena pemancar dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} G_{Tmax} &= 20.4 + 10\log(?) + 20\log(D)_m + 20\log(f_u)_{GHz} \\ &= 20,4 + 10\log(0,6) + 20\log(8,1) + 20\log(8,150) \\ &= 54,57 \text{ dBi} \end{aligned}$$

Jika diketahui rugi *tracking* pemancar (L_T) sebesar 0,4 dB, dan nilai G_{Tmax} dari perhitungan diatas adalah 54,57 dBi, maka *gain* antena pemancar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} G_T &= G_{Tmax} - L_{Tx} \\ &= 54,57 - 0,4 \\ &= 54,17 \text{ dBi} \end{aligned}$$

Dengan diketahui lokasi Lokasi SB pemancar siaran di Wisma Indovision Jakarta Barat ($Lo_{SB} = 106,77^\circ \text{ BT}$, $L = 6,19^\circ \text{ LS}$, dan $Lo_{SL} = 107,7^\circ \text{ BT}$), maka sudut elevasi dan azimuth dapat dicari dengan terlebih dahulu menentukan selisih bujur SB dan bujur satelit dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \Delta L &= |Lo_{SB} - Lo_{SL}| \\ &= |106,77 - 107,7| = 0,93^\circ \text{ BT} \end{aligned}$$

Setelah didapat selisih bujur SB dan bujur satelit, maka sudut elevasi dan azimuth dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E &= \tan^{-1} \left(\frac{6,61 - \cos \Delta L \cos L}{\sin(\cos^{-1}[\cos \Delta L \cos L])} \right) - \cos^{-1}(\cos \Delta L \cos L) \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{6,61 - \cos 0,93 \cos 6,19}{\sin(\cos^{-1}[\cos 0,93 \cos 6,19])} \right) - \cos^{-1}(\cos 0,93 \cos 6,19) = 74,37^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Azm &= \tan^{-1} \left[\frac{\sin \Delta L}{\sin L} \right] \\ &= \tan^{-1} \left[\frac{\sin 0,93}{\sin 6,19} \right] = 8,62^\circ \end{aligned}$$

Dengan diketahui ketinggian satelit terhadap permukaan bumi ($h=35.786$ Km), maka jarak (R) antara SB Jakarta Barat dengan satelit Cakrawarta 1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} R_{KM} &= 35.786 \sqrt{1 + 0.42(1 - \cos \Delta L \cos L)} \\ &= 35.786 \sqrt{1 + 0.42(1 - \cos 0.93 \cos 6.19)} \\ &= 35.875,59 \text{ Km} \end{aligned}$$

4.2.1 Perhitungan rugi-rugi antariksa *up-link*

Pada proses pengiriman sinyal dari SB ke satelit, daya yang dipancarkan tidak dapat diterima seluruhnya oleh satelit karena adanya redaman yang dialami gelombang radio pada ruang bebas dengan media atmosfer. Dengan diketahui $d= 35.875,59$ Km, dan f = frekuensi uplink (8,150 GHz), maka besarnya redaman tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} L_{FSU} &= 92,4 + 20 \log R_{KM} + 20 \log f_{GHz} \\ &= 92,4 + 20 \log 35.875,59 + 20 \log 8,150 \\ &= 201,71 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dikarenakan terdapat rugi-rugi lain selain rugi antariksa tersebut, antara lain diasumsikan rugi atmosfer *uplink* (L_{AU}) sebesar 2,5 dB, Rugi *tracking* antena pemancar (L_{TX}) sebesar 0,4 dB, dan dengan mengabaikan rugi hujan (L_{HU}), maka rugi-rugi *uplink* dapat dicari dengan persamaan :

$$\begin{aligned} L_U &= L_{FSU} + L_{AU} + L_{TX} \\ &= 201,71 + 2,5 + 0,4 \\ &= 204,61 \text{ dB} \end{aligned}$$

Perhitungan *Gain* antenna ideal pada luasan 1 m² dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} G_1 &= 10 \log 4 \pi + 20 \log \left(\frac{r}{c} \right) \\ &= 10 \log 4 \pi + 20 \log \left(\frac{0,150 \times 10^4}{3 \times 10^8} \right) \\ &= 39,67 \text{ dB} \end{aligned}$$

4.2.2 Perhitungan *bandwidth*

Dengan diketahui jumlah *Channel* TV 12 buah (dalam 1 transponder) dengan asumsi laju bit (bit rate) informasi (IR) rata-rata perkanal 2,5 Mbps dan FEC diambil $\frac{3}{4}$, maka *Information Rate* (IR) total :

$$\begin{aligned} (\text{IR}) \text{ total} &= 12 \times 2,5 \text{ Mbps} \\ &= 30 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

Setelah nilai (IR) total dari 12 *channel* TV didapatkan, maka nilai *Transmission Rate* (TR) dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{TR} &= \frac{\text{IR}}{\text{FEC}} \\ &= \frac{30}{3/4} \\ &= 40 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

Dengan diasumsikan jenis modulasi yang digunakan adalah modulasi QPSK dengan indeks modulasi (n) = 2 dan *roll of factor* dari filter (?) sebesar 0,2, maka besar *bandwidth* dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned} B &= (1 + \alpha) \times \left[\frac{\text{TR}}{n} \right] \\ &= (1 + 0,2) \times \left[\frac{40}{2} \right] \\ &= 24 \text{ MHz} \end{aligned}$$

4.2.3 Perhitungan rasio pembawa terhadap daya derau uplink $\left(\frac{C}{N}\right)_U$

Dengan diketahui $?_{SLsat}$ sebesar -95,83 dBW/m², $(G/T)_{SL}$ sebesar 4 dB/K, IBO_1 sebesar 1 dB (data dari tabel 3.1), G_1 sebesar 39,67 dB, Konstanta Boltzman (K) yaitu $(1,33 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} = -228,6 \text{ dBW/K/Hz})$, dan *bandwidth* sebesar 24 MHz, maka rasio pembawa terhadap derau *uplink* $\left(\frac{C}{N}\right)_U$ dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} \left(\frac{C}{N}\right)_U &= ?_{SLsat} - G_1 + \left(\frac{G}{T}\right)_{SL} - k - 10 \log B - IBO_1 \\ &= -95,83 - 39,67 + 4 - (-228,6) - 1 - 10 \log 24 \times 10^6 \\ &= 22,29 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dengan didapatkannya nilai $\left(\frac{C}{N}\right)_U$ sebesar 22,29 dB, maka daya pancar antenna

pemancar SB ($EIRP_{SB}$) dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned} EIRP_{SB} &= \left(\frac{C}{N}\right)_U + Lu - \left(\frac{G}{T}\right)_{SL} - k + 10 \log B \\ &= 22,29 + 204,61 - 4 + (-228,6) + 10 \log 24 \times 10^6 \\ &= 68,1 \text{ dBW} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka didapatkan $EIRP_{SB}$ sebesar 68,1 dBW. Dengan diketahui rugi saluran transmisi/*wave guide* (L_{FTx}) antara antenna dan HPA sebesar 1 dB, G_{Tmax} sebesar 54,57 dBi, dan rugi *tracking* antenna pemancar (L_T) sebesar 0,4 dB, maka besarnya daya di HPA dapat dicari dengan persamaan:

$$\begin{aligned} P_{HPA} = P_{TX} &= 10^{\frac{(EIRP_{SB} - L_{FTx} - L_T - G_{Tmax})}{10}} \\ &= 10^{\frac{(68,1 - 1 - 0,4 - 54,57)}{10}} \\ &= 31,11 \text{ watt} \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan *Down-link*

Setelah diketahui efisiensi antena (?) penerima sebesar 60 % atau 0,6, diameter antena penerima sebesar 0,8 meter, dan frekuensi *downlink* sebesar 2,535 GHz, sehingga gain maksimum antena penerima dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} G_{R \max} &= 20.4 + 10\log(?) + 20\log(D)_m + 20\log(f_d)_{\text{GHz}} \\ &= 20,4 + 10\log(0,6) + 20\log(0,8) + 20\log(2,535) \\ &= 24,32 \text{ Db} \end{aligned}$$

Dengan diketahui lokasi Lokasi SB penerima di kota Malang dengan $Lo_{SB} 112,75^\circ \text{ BT}$ dan $L 7,98^\circ \text{ LS}$, dan $Lo_{SL} = 107,7^\circ \text{ BT}$, maka sudut elevasi dan azimuth dapat dicari dengan terlebih dahulu menentukan selisih bujur SB dan bujur satelit dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \Delta L &= |Lo_{SB} - Lo_{SL}| \\ &= |112.75 - 107.7| \\ &= 5,05^\circ \text{ BT} \end{aligned}$$

Setelah didapat selisih bujur SB dan bujur satelit, maka sudut elevasi dan azimuth dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} E &= \tan^{-1} \left(\frac{6,61 - \cos \Delta L \cos L}{\sin(\cos^{-1}[\cos \Delta L \cos L])} \right) - \cos^{-1}(\cos \Delta L \cos L) \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{6,61 - \cos 5,05 \cos 7,98}{\sin(\cos^{-1}[\cos 5,05 \cos 7,98])} \right) - \cos^{-1}(\cos 5,05 \cos 7,98) \\ &= 71,02^\circ \\ \text{Azm} &= \tan^{-1} \left[\frac{\tan \Delta L}{\sin L} \right] \\ &= \tan^{-1} \left[\frac{\tan 5,05}{\sin 7,98} \right] \\ &= 36,37^\circ \text{ BT} \end{aligned}$$

Dengan diketahui ketinggian satelit terhadap permukaan bumi ($h=35.786\text{Km}$), maka jarak (R) antara SB dengan satelit Cakrawarta 1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} R_{KM} &= 35.786 \sqrt{1 + 0.42(1 - \cos \Delta L \cos L)} \\ &= 35.786 \sqrt{1 + 0.42(1 - \cos 5,05 \cos 7,98)} \\ &= 35.989,32 \text{ Km} \end{aligned}$$

4.3.1 Perhitungan rugi-rugi antariksa (*free space loss*)*Down-Link*

Dengan diketahui jarak antara SB penerima dengan satelit $R_{KM} = 35.989,32 \text{ Km}$, dan f = frekuensi *downlink* (2,535 GHz), maka besarnya redaman tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} L_{FS d} &= 92,4 + 20 \log R_{KM} + 20 \log f_d \text{ GHz} \\ &= 92,4 + 20 \log 35.989,32 + 20 \log 2,535 \\ &= 191,60 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dikarenakan terdapat rugi-rugi lain selain rugi antariksa tersebut, antara lain diasumsikan rugi atmosfer *uplink* ($L_{A D}$) sebesar 0,3 dB, dan Rugi *tracking* antena pemancar ($L_{R x}$) sebesar 0,5 dB, maka rugi-rugi *downlink* dapat dicari dengan persamaan: $L_D = L_{FS D} + L_{A D} + L_{T D}$

$$\begin{aligned} &= 191,60 + 0,3 + 0,5 \\ &= 192,4 \text{ dB} \end{aligned}$$

4.3.2 Figure of merit stasiun bumi penerima $\left(\frac{G}{T}\right)_{SB (DTH)}$

Dengan diketahui temperatur derau antena (T_A) diambil 100° K , rugi saluran transmisi/*wave guide* antara penerima dan LNA (L_{FRx}) sebesar 0,5 dB, Temperatur *feeder* (T_F) diambil 290° K , dan Temperatur derau input efektif receiver (T_R) diambil 290° K , maka untuk mencari temperatur sistem (T_{sys}) dapat menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}
 T_{\text{sys}} &= \frac{F_A}{L_{\text{FRX}}} + F_F \left(1 - \frac{1}{L_{\text{FRX}}}\right) + F_{\text{SRX}} \\
 &= \frac{100}{10^{0,5/10}} + 290 \left(1 - \frac{1}{10^{0,5/10}}\right) + 290 (10^{2,5/10} - 1) \\
 &= 240^\circ \text{ K}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data hasil perhitungan sebelumnya, didapatkan $G_{\text{Rmax}} = 24,32 \text{ dB}$ dan $T_{\text{sys}} = 240^\circ \text{ K}$, dengan asumsi rugi berkaitan dengan sudut *depoinitng* (L_R) sebesar 0,3 dB, rugi ketidaksesuaian polarisasi antena (L_{pol}) sebesar 0,1 dB, dan rugi saluran transmisi/*wave guide* antara penerima dan LNA (L_{FRX}) sebesar 0,5 dB, maka $\left(\frac{G}{T}\right)_{\text{SB(DTH)}}$ dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{G}{T}\right)_{\text{SB(DTH)}} &= G_{\text{Rmax}} - L_{\text{FRX}} - L_{\text{pol}} - L_R - 10 \log T_{\text{sys}} \\
 &= 24,32 - 0,5 - 0,1 - 0,3 - 10 \log 240 \\
 &= - 0,38 \text{ dB/K}
 \end{aligned}$$

4.3.3 Perhitungan rasio pembawa terhadap daya derau down-link $\left(\frac{C}{N}\right)_D$

Dalam perhitungan sebelumnya telah diperoleh $B = 24 \text{ MHz}$, $L_d = 192,4 \text{ dB}$, dan $\left(\frac{G}{T}\right)_{\text{SB(DTH)}} = - 0,38 \text{ dB/K}$. dengan diketahui $\text{EIRP}_{\text{SLsat}} = 46 \text{ dB}$, dan $\text{OBO}_1 = 1 \text{ dB}$, maka rasio

pembawa terhadap daya derau *downlink* dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{C}{N}\right)_D &= \text{EIRP}_{\text{SLsat}} - \text{OBO}_1 - L_D + \left(\frac{G}{T}\right)_{\text{SB}} - k - 10 \log B \\
 &= 46 - 1 - 192,4 + (- 0,38) - (-228,6) - 10 \log 24 \times 10^6 \\
 &= 7,01 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

4.3.4 Perhitungan rasio pembawa terhadap daya derau total $\left(\frac{C}{N}\right)_U$

Setelah melakukan perhitungan-perhitungan diatas, maka didapatkan :

- a. Rasio pembawa terhadap daya derau *uplink* sebagai berikut :

$$\left(\frac{C}{N}\right)_U = 22,29 \text{ dB}$$

- b. Rasio pembawa terhadap daya derau *downlink* sebagai berikut :

$$\left(\frac{C}{N}\right)_D = 7,01 \text{ dB}$$

Jika rasio pembawa terhadap derau interferensi $\left(\frac{C}{N}\right)_i$ dan rasio pembawa terhadap derau intermodulasi diabaikan $\left(\frac{C}{N}\right)_{IM}$, maka rasio pembawa terhadap daya derau total dapat

dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \left(\frac{C}{N}\right)_T &= 10 \log \left[\frac{1}{\frac{1}{\left(\frac{C}{N}\right)_U} + \frac{1}{\left(\frac{C}{N}\right)_D} + \frac{1}{\left(\frac{C}{N}\right)_i} + \frac{1}{\left(\frac{C}{N}\right)_{IM}}} \right] \\ &= 10 \log \left[\frac{1}{\frac{1}{22,29} + \frac{1}{7,01}} \right] \\ &= 6,98 \text{ dB} \end{aligned}$$

4.3.5 Perhitungan energi bit terhadap rapat derau $\left(\frac{Eb}{No}\right)$

Dari perhitungan di atas didapatkan $\left(\frac{C}{N}\right)_T$ sebesar 6,98 dB, IR sebesar 30 Mbps, dan B sebesar 24 MHz, maka nilai energi terhadap rapat derau $\left(\frac{Eb}{No}\right)$ dapat dihitung dengan

menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \left(\frac{Eb}{No}\right) &= \left(\frac{C}{N}\right)_T + 10 \log \left(\frac{B}{IR} \right) \\ &= 6,98 + 10 \log \left(\frac{24 \times 10^6}{30 \times 10^6} \right) \\ &= 6,01 \text{ dB} \end{aligned}$$

Jika digunakan kurva viterbi pada FEC = $\frac{3}{4}$ dan berdasarkan perhitungan secara teori di atas didapatkan $\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{\text{link}} = 6,01$ dB, maka diperoleh *Bit Error Rate* (BER) $< 10^{-5}$. Jika dikehendaki pada BER = 10^{-5} , maka untuk FEC = $\frac{3}{4}$ didapatkan $\left(\frac{E_b}{N_o}\right) = 5,5$ dB, maka *margin* (selisih) daya dapat diperoleh dengan mengurangi $\left(\frac{E_b}{N_o}\right)$ dikehendaki dari $\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{\text{link}}$ yaitu $6,01$ dB – $5,5$ dB, sehingga besarnya *margin* daya diperoleh sebesar $0,51$ dB.

4.4 Tinjauan hasil perhitungan link

Setelah melakukan perhitungan link, maka hasil perhitungan link selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Hasil perhitungan link pita X/S satelit Cakrawarta 1

Parameter	Nilai	Satuan
Lintas ke atas (uplink)		
GT _{max}	54,57	dB
Jarak SB pemancar siaran di Wisma Indovision Jakarta Barat	35.875,59	Km
Rugi-rugi antariksa (L _u)	204,61	dB
Gain antena ideal 1 m ²	39,67	dB
Bandwidth (B)	24	MHz
Rapat fluks saturasi (?) _{S_{lsat}}	-95,83	dBW/m ²
Figure of Merit (G/T) _{SL}	4	dB/K
IBO _I (Input Back Off per pembawa)	1	dB
Rasio pembawa terhadap derau uplink (C/N) _U	22,29	dB
EIRP stasiun bumi	68,1	dBW
P _{HPA}	31,11	Watt
Lintas ke bawah (downlink)		
EIRP _{SL} Saturasi (jenuh)	46	dBW
Jarak SB penerima DTH	35.989,32	Km
G _{Rmax} (DTH)	24,32	dB
OBO _I (Output Back Off per pembawa)	1	dB
Rugi-rugi antariksa downlink (L _d)	192,4	dB
Figure of Merit (G/T) _{SB}	-0,38	dB/K
Rasio pembawa terhadap derau downlink (C/N) _D	7,01	dB
Link Total		
Rasio pembawa terhadap derau total (C/N) _t	6,98	dB
Energi bit terhadap rapat derau (E _b /N _o)	6,01	dB
Laju kesalahan bit (BER)	$< 10^{-6}$	
Margin (selisih) daya (M)	0,51	dB

Setelah dilakukan perhitungan *link budget* satelit Cakrawarta 1, didapatkan nilai *figure of merit* SB penerima $\left(\frac{G}{T}\right)_{SB(DTH)}$ sebesar $-0,38$ dB/K. Hal ini dikarenakan *gain* antena

penerima lebih kecil dari temperatur sistem, sehingga menyebabkan nilai *figure of merit* menjadi minus (kurang dari satu).

Hasil kalkulasi link pada pita X/S memperlihatkan bahwa kualitas sinyal digital sistem tersebut dikatakan baik. Hal ini dapat dilihat dari besarnya Energi bit terhadap rapat derau $\left(\frac{E_b}{N_0}\right)$ sebesar $6,10$ dB, sehingga menghasilkan BER jauh lebih kecil dari 10^{-6} . Untuk

mendapatkan nilai yang optimal, yaitu untuk kualitas sinyal dalam batas ambang masih baik adalah dengan menentukan *Bit Error rate* (BER) sebesar 10^{-5} , yang berkaitan dengan dengan energi bit per detik $\left(\frac{E_b}{N_0}\right) = 5,5$ dB pada FEC = $\frac{3}{4}$. Pada nilai batas ambang tersebut b

daya pancar satelit ($EIRP_{sat}$) yang diperlukan adalah $EIRP_{sat} = 46$ dB

Dengan menggunakan antena penerima (ODU) yang hanya berdiameter $0,8$ m, didapatkan $\left(\frac{G}{T}\right)_r$ sebesar $6,98$ dB, $\left(\frac{E_b}{N_0}\right)$ sebesar $6,01$ dB, dan $BER < 10^{-5}$, sehingga para

pelanggan akan bisa mendapatkan seluruh sinyal TV dengan kualitas gambar dan suara yang dianggap baik.

Table 4.3 standarisasi untuk BER dan EB/NO

STANDARISASI NILAI UNTUK BER DAN EB/NO		
STANDAR	BER(BIT ERROR RATE)	EB/NO
KURANG BAIK	$>10^{-4}$	4,01
BAIK	$<10^{-5}$	6,01
SANGAT BAIK	$<10^{-7}$	Diatas 7,01

BAB V

PENUTUP

KESIMPULAN

Setelah melakukan uji coba terhadap "ANALISA LINK BUDGET PADA PT.MNC SKY VISION(INDOVISION)", maka dapat ditarik kesimpulan dan saran:

- 1) Setelah dilakukan perhitungan *link budget* satelit Cakrawarta 1, didapatkan nilai

figure of merit SB penerima $\left(\frac{G}{T}\right)_{SB(DTH)}$ sebesar $-0,38$ dB/K. Hal ini dikarenakan

gain antena penerima lebih kecil dari temperatur sistem

- 2) Hasil kalkulasi link memperlihatkan bahwa kualitas sinyal digital sistem tersebut dikatakan baik. Hal ini dapat dilihat dari besarnya Energi bit terhadap rapat derau

$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)$ sebesar $6,10$ dB, sehingga menghasilkan BER jauh lebih kecil dari 10^{-6} . Untuk

mendapatkan nilai yang optimal, yaitu untuk kualitas sinyal dalam batas ambang masih baik adalah dengan menentukan *Bit Error rate* (BER) sebesar 10^{-5} , yang

berkaitan dengan dengan energi bit per detik $\left(\frac{E_b}{N_0}\right) = 5,5$ dB pada $FEC = \frac{3}{4}$.

- 3) Dengan menggunakan antena penerima (ODU) yang hanya berdiameter $0,8$ m,

didapatkan $\left(\frac{G}{T}\right)$ sebesar $6,98$ dB, $\left(\frac{E_b}{N_0}\right)$ sebesar $6,01$ dB, dan $BER < 10^{-5}$

SARAN

Dengan adanya keterbatasan perhitungan link budget ini, maka kami mengharapkan dikemudian hari untuk adanya suatu animasi link budget untuk satelit dimana satelit dan buminya juga ikut bergerak, sehingga kita dapat mengamati perubahan-perubahan perbitungan yang terjadi dan error kesalahan yang diinginkan. Adanya suatu animasi dari simulasi perbitungan link budget akan banyak membantu kita dalam memperbaiki kinerja pensinyalan transmisi dari satelit menuju stasiun bumi, sehingga kerugian yang tidak diinginkan dapat dihindari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Collin, Robert E. *Antenne And Radio Wave Propagation*. Published by Mc Graw - Hill, Inc. 1985
- [2] Daryanto, Drs. 1995. *Pengetahuan Praktis Televisi*. Jakarta: P.T. Bumi Aksara
- [3] Elektronika. 2004. *User Manual Kamera Sony BVP-E30 GlobalTV*. Japan.
- [4] Elektronika. 2004. *User Manual URG. Pro Audio & Digital Musical Instrument Division Global TV*. Yamaha Corporation.
- [5] Grob, Bernard dan Sahat Pakpahan. 1993. *Sistem Televisi dan Video*. Jakarta: Erlangga.
- [6] Haryadi, Ichwan. 1981. *Dasar Teknik Televisi*. Surabaya; Yayasan Pengembangan Ilmu Pendidikan.
- [7] Keputusan Menteri Perhubungan Nomor : Km. 76 Tahun 2003. "Tentang Rencana Induk Frekuensi Radio Khusus Untuk Keperluan Televisi Siaran Analog Pada Pita Ultra High Frequency (UHF)
- [8] Simanjuntak, Ir. Tiur LH. 2002. *Dasar-Dasar Telekomunikasi*. Bandung: P.T. Ulumni
- [9] Sirait, Ramli D. *Diktat Teknik Transmisi*. RCTI. Jakarta
- [10], *Broadcasting equipment inspection section electronics equipment quality Assurance* Department Komukai Works, Tokyo Shibaura Electric co. LTD
- [11], *Teori Dasar Pemancar Televisi*. PT. Global Informasi Bermutu (Global TV). Jakarta
- [12] Analisa daerah sel jaringan universal mobile telecommunication service (umts) ditinjau dari Arah UPLINK, 2009
- [13] <http://www.kathrein-scala.com>
<http://www.tvconsulto.com>
<http://www.radio@irational.org>
<http://www.satcoms.org>