

PERENCANAAN DAN ANALISA LINK BUDGET PADA SISTEM SATELLITE NEWS GATHERING

**Diajukan guna melengkapi
sebagian syarat dalam mencapai gelar sarjana strata satu (S1)**



Disusun Oleh :

Nama : FX LULUK BERNARDUS
NIM : 0140311-042
Jurusan : Teknik Elektro
Peminatan : Teknik Telekomunikasi
Pembimbing : Ir. A Y Syauki, MBAT

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Mercu Buana
2006

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : FX LULUK BERNARDUS
Nim : 0140311-042
Peminatan : Teknik Telekomunikasi
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Industri
Judul T A : PERENCANAAN DAN ANALISA LINK BUDGET
PADA SISTEM SATELLITE NEWS GATHERING

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Tugas Akhir yang saya telah saya buat merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan tugas akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib Universitas Mercubuana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Jakarta, Oktober 2006

Yang membuat pernyataan

FX LULUK BERNARDUS

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN DAN ANALISA LINK BUDGET PADA SISTEM SATELLITE NEWS GATHERING



Nama : FX LULUK BERNARDUS
NIM : 0140311-042
Jurusan : Teknik Elektro
Peminatan : Teknik Telekomunikasi

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Menyetujui :

Pembimbing

Koordinator Tugas Akhir

Ir. Ahmad Y. Syauki, MBAT

Yudhi Gunardi, ST, MT

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Ir. Budiyanto Husodo MSC

ABSTRAKSI

Dalam era yang mendunia, peranan teknologi telekomunikasi sangat penting dan tidak bisa ditinggalkan. Teknologi telekomunikasi menjadi salah satu unsur penentu dalam membentuk era global. Informasi yang cepat dan akurat hanya bisa disampaikan dengan media / perangkat komunikasi yang handal. Satelite adalah salah satu sarana yang dapat digunakan oleh manusia dalam penyampaian informasi dari satu tempat ke tempat lain. Informasi tersebut dapat berupa suara (audio), gambar (video) maupun data. Satellite News Gathering (*SNG*) merupakan sistem komunikasi satelite yang digunakan dalam melakukan siaran baik secara langsung dari lapangan (*Live*) maupun untuk pengiriman berita dari lapangan ke stasiun pusat (*feeding*).

Pada Tugas Akhir ini, dibahas lebih jauh mengenai sistem komunikasi satelite yang digunakan dalam bidang penyiaran televisi (*TV Broadcast*). Seluk beluk teknologi *SNG* akan menjadi kajian utama dalam pembahasan Tugas akhir ini, untuk mengetahui unjuk kerja dan Link Budget dari suatu sistem *SNG*, sehingga diharapkan didapat suatu kajian atau laporan unjuk kerja sistem yang optimal. Hal ini diperlukan mengingat sebuah stasiun Televisi dengan cakupan nasional dan jam tayang 24 jam, sehingga harus didukung perangkat penyiaran yang handal. Pembahasan dibatasi dalam lingkup perencanaan Link Budget dari sistem *SNG* yang didasarkan pada studi literatur tentang sistem komunikasi satelite serta pengamatan di lapangan berupa analisa unjuk kerja dari perangkat *SNG*.

Dengan bahasan Tugas Akhir ini diharapkan masyarakat dapat lebih mengenal seluk beluk teknologi penyiaran secara umum, lebih khusus mengenai teknologi komunikasi satelite yang digunakan. Bagi penyelenggara siaran televisi, diharapkan kajian ini akan memberikan suatu masukan bagi perbaikan unjuk kerja teknis penyiaran.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “ **PERENCANAAN DAN ANALISA LINK BUDGET PADA SISTEM SATELLITE NEWS GATHERING** “.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Istriku tercinta, Margaretha Sg Rintaningsih atas segala dukungan doa dan semangat yang begitu tulus
2. Orang tua yang telah banyak memberikan dorongan dan semangat
3. Bapak Ir. Ahmad Y Syauki, MBAT, selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan dan pandangan kepada penulis
4. Dosen penguji sidang Tugas Akhir
5. Bapak Madyono, atas bantuan berupa data serta diskusi mengenai Sistem Satellite News Gathering
6. Antonius, Yessy, IB Tedja, Nyoman Kusuma, Barit, Raden Kamal, Youvi, Taskur, atas bantuan sarana selama proses penulisan Tugas Akhir ini

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, karena itu dengan rendah hati penulis menerima saran dan masukan dari pembaca. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan bagi penulis khususnya.

Jakarta, Oktober 2006

Penulis

DAFTAR ISI

Judul	i
Lembar Pernyataan	ii
Lembar Pengesahan	iii
Abstraksi	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	ix
Daftar Referensi	x

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Metode Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4

BAB II DASAR TEORI

2.1 Prinsip Komunikasi Satelit	8
2.1.1 Roket Pendorong	10
2.1.2 Orbit Satelit	11
2.1.3 Sumber – sumber Interferensi	14
2.2 Teknik Acces	17
2.2.1 FDMA	17
2.2.2 TDMA	18
2.2.3 CDMA	19
2.3 Sistem Modulasi RF	20
2.3.1 Sistem Modulasi BPSK	22
2.3.2 Sistem Modulasi QPSK	23
2.3.3 Sistem Modulasi QAM	25
2.4 Bit dan Symbol Error Rate	26

BAB III TAHAP-TAHAP PERHITUNGAN LINK BUDGET

1.1 Sistem Satelit Komunikasi.....	27
1.2 Payload Komunikasi	28
1.2.1 Konfigurasi Payload.....	28
1.2.2 Parameter	29
1.3 Sistem Pemancar dan Penerima.....	31
1.3.1 Perangkat Pemancar.....	31
1.3.2 Perangkat Penerima.....	33
1.4 Satelit Komuniksai Palapa C2.....	34
1.5 Tahap – tahap Perhitungan Link Budget.....	38
1.5.1 Antena Stasiun Bumi.....	40
1.5.2 Elevasi dan Azimuth Antena.....	41
1.5.3 G/T Antena.....	43
1.5.4 Daya Radiasi Isotropis Efektif.....	44
1.5.5 Rugi Jalur	45
1.5.6 Pointing Error.....	46
1.5.7 Bandwidth Carrier.....	46
1.5.8 C/N Total	47

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA LINK BUDGET

4.1 Parameter Input	51
4.2 Parameter Output	53
4.3 Perhitungan Link Budget	53
4.4 Link Margin	67
4.5 Pemakaian Power	70
4.6 Pemakaian Bandwidth	71

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	73

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Sistem Komunikasi Satelit
- Gambar 2.2 Letak Orbit di permukaan Bumi
- Gambar 2.3 Interferensi Jaringan Satelit Dari Jaringan Terrestrial
- Gambar 2.4 Interferensi Antar Jaringan Satelit
- Gambar 2.5 Interferensi akibat Crosspolarisasi
- Gambar 2.6 Interferensi antar Channel
- Gambar 2.7 Diagram blok rangkaian pemancar dan penerima BPSK
- Gambar 2.8 Diagram Blok modulator QPSK
- Gambar 2.9 Diagram blok demodulator QPSK
- Gambar 2.10 Beda amplitudo PSK dan QAM
- Gambar 3.1 Sistem Satelit Komunikasi
- Gambar 3.2 Konfigurasi Dasar Komunikasi Payload
- Gambar 3.3 Rangkaian Pemancar SNG
- Gambar 3.4 Rangkaian Stasiun Penerima
- Gambar 3.5 Rencana Frekuensi Transponder C-band Palapa C2
- Gambar 3.6 Countour Pattern EIRP satelit Palapa C2
- Gambar 3.7 Coverage Area yang dijangkau oleh Satelit Palapa C2
- Gambar 3.8 Kuadran perhitungan azimuth
- Gambar 3.9 Sudut elevasi antena stasiun bumi dan jarak alur transmisi
- Gambar 3.10 Grafik masukan-keluar TWTA
- Gambar 3.11 Alur transmisi yang melewati troposfer dan ionosfer
- Gambar 3.12 BER vs E_b/N_0

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1 Harge fase Φ untuk beberapa simbol QPSK
- Tabel 3.1 Spesifikasi Satelit Palapa C2
- Tabel 4.1 Spesifikasi Peralatan Transmisi SNG dan Satelit Palapa C2
- Tabel 4.2 Tabel data lokasi dan hasil perhitungan
- Tabel 4.3 Tabel data dan Hasil perhitungan FSL *Uplink* dan *Downlink*
- Tabel 4.4 Tabel data dan hasil perhitungan untuk pointing error
- Tabel 4.5 Data Spesifikasi dan hasil perhitungan gain antena
- Tabel 4.6 Tabel data power dan gain antena hasil perhitungan $EIRP_{SNG}$
- Tabel 4.7 Hasil perhitungan C/N *Uplink*
- Tabel 4.8 Data dan hasil perhitungan untuk PFD
- Tabel 4.9 Data dan Hasil Perhitungan OBO_{CXR}
- Tabel 4.10 Hasil Perhitungan $EIRP_{SAT}$
- Tabel 4.11 Hasil perhitungan C/No *Downlink* di setiap Lokasi SNG
- Tabel 4.12 Nilai C/No Total
- Tabel 4.13 Tabel *Link Margin* yang tersedia
- Tabel 4.14 Tabel *Link Margin* yang sebenarnya
- Tabel 4.15 Loss Margin
- Tabel 4.16 Hasil perhitungan Pemakaian Power
- Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Pemakaian Bandwidth
- Tabel 4.18 Rangkuman Perhitungan Link Budget

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara umum suatu satelit adalah sesuatu yang mengelilingi (orbit) sesuatu yang lain, sebagai contoh adalah bulan mengitari bumi (disebut bulan sebagai satelit dari bumi). Dalam hubungannya dengan komunikasi, sebuah satelit adalah suatu perangkat pemancar/penerima tanpa kabel yang diluncurkan oleh sebuah roket dan ditempatkan dalam sebuah orbit mengelilingi bumi. Saat ini telah ratusan satelit yang berada di angkasa untuk berbagai keperluan seperti pengamatan cuaca, komunikasi radio, internet, militer, GPS (sistem posisi global) serta penyiaran televisi.

Suatu stasiun televisi dalam menghadirkan tayangan tentu saja mengharapkan kualitas yang baik dalam isi program maupun gambar dan suaranya. Untuk mencapai hal itu, diperlukan dukungan dari setiap komponen yang ada dalam organisasi, meliputi sumber daya manusia dan teknologi yang dipergunakan. Sumber daya manusia dipenuhi dengan bergabungnya pekerja yang telah profesional dan berpengalaman dalam bidang penyiaran, serta menyediakan pelatihan bagi karyawan yang belum berpengalaman. Dari sisi teknologi, di era sekarang ini, suatu stasiun televisi menerapkan teknologi digital untuk menghasilkan kualitas tayangan yang lebih baik. Teknologi tersebut meliputi, kamera, video player, perangkat editing, perangkat audio, sistem otomatisasi pengolahan berita, sistem otomatisasi ruang kendali, serta sistem Satellite News Gathering (SNG).

Sistem SNG menjadi bagian yang sangat penting dalam suatu sistem penyiaran, terlebih bila diterapkan pada stasiun TV berita, karena dengan sistem SNG ini, informasi dapat segera dikirimkan dari suatu tempat kejadian ke kantor pusat dan dapat segera disiarkan secara langsung (real time). Kehandalan perangkat SNG sangat berperan dalam mendukung tercapainya kualitas siaran dan informasi yang optimal. Berdasarkan hal itu, maka studi mengenai desain serta analisa Link Budget sangat diperlukan, untuk mendapatkan suatu sistem komunikasi yang efektif dari sisi teknologi maupun biaya.

1.2 Perumusan Masalah

Link Budget adalah suatu kegiatan menghitung dari rencana Power yang akan dipancarkan ke satelit dari stasiun bumi untuk mendapatkan C/N_{Total} dari suatu link. Besarnya C/N_{Total} menunjukkan kualitas gambar dan suara yang diterima. Dalam perhitungan Link Budget ini, besarnya power yang dipancarkan akan tergantung dari : Jenis Carrier, Ukuran Antena Penerima, Karakteristik Satelit, Lokasi Stasiun Bumi serta kualitas layanan yang diharapkan.

Dalam mendesain Link Budget, harus diupayakan agar penggunaan satelit dapat optimal, dimana persentase dari penggunaan bandwidth dan power satelit adalah sama.

Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam mendesain link budget adalah :

- Antena stasiun bumi
- Intermodulasi
- Interferensi satelit

- Cross Polarisasi antenna
- Redaman hujan
- LOSS jarak antara stasiun bumi ke satelit dan sebaliknya
- Bandwidth carrier
- Pattern Coverage Satellite (SFD , G/T , EIRP)
- Kualitas pelayanan yang diharapkan

1.3 Pembatasan Masalah

Pada tugas akhir ini, penulis akan membatasi analisa perhitungan hanya pada *link* yang menghubungkan stasiun bumi wilayah Jakarta Barat dengan tiga stasiun pemancar di lokasi Jakarta, Medan dan Jayapura.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah untuk melakukan perencanaan dan analisa Link Budget pada sistem Satellite News Gathering.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah :

1. Melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing dan staf ahli SNG.
2. Melakukan pengambilan data dari stasiun TV.
3. Melakukan studi kepustakaan.

1.6 Sistematika Penulisan :

Penulisan Tugas akhir ini terdiri dari 5 (lima) bab, dengan sistematika sebagai berikut :

BAB 1 : PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, tujuan yang hendak dicapai, permasalahan, pembatasan masalah yang dibahas , metode serta sistematika penulisan.

BAB 2: DASAR TEORI

Berisi tentang teori dasar yang menunjang dalam penulisan tugas akhir, diantaranya adalah teori dasar sistem komunikasi, sistem komunikasi satelit dan sistem komunikasi digital.

BAB 3: TAHAP PERHITUNGAN LINK BUDGET

Membahas tentang tahap-tahap perhitungan parameter dari link budget.

BAB 4: PERHITUNGAN DAN ANALISA LINK BUDGET

Melakukan perhitungan Link Budget dari SNG di tiga stasiun pemancar di lokasi Jakarta, Medan dan Papua ke stasiun bumi di Jakarta Barat

BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

Menyimpulkan hasil perencanaan dan analisa link budget system SNG dan saran untuk perbaikan ke depan

BAB II

DASAR TEORI

Telekomunikasi adalah suatu proses hubungan. tukar-menukar informasi yang dibutuhkan untuk keperluan tertentu melalui suatu jarak yang relatif jauh. Sejalan dengan perkembangan penduduk dunia, diperlukan sarana perhubungan yang dapat memungkinkan orang untuk berhubungan dengan jarak yang semakin jauh^[4].

Telekomunikasi, terutama komunikasi radio, meneruskan informasi dari satu tempat ke tempat lain, sehingga dalam telekomunikasi ini ada unsur-unsur :

a. Informasi

Dapat berupa telegraf, telex, suara, musik, televisi, dan data yang mempunyai spektrum frekuensi dan bentuk bentuk yang berbeda.

b. Yang harus diteruskan

Dengan cara telekomunikasi melalui media pembawa seperti : saluran dua kawat sejajar, koaksial, bumbung gelombang, ionosphere, troposphere.

Dalam suatu sistem modulasi : CW, AM, FM, PM.

c. Dengan cara yang sesuai

Terutama bentuk akhir harus seserupa mungkin dengan bentuk asli dalam batas-batas distorsi yang bisa ditolerir, hal ini akan menentukan persyaratan S/N ataupun delay.

d. Dalam jumlah maupun kecepatan yang semakin meningkat

Yang berarti lebar band yang diperlukan, semakin besar dengan sistem modulasi yang semakin canggih.

e. Melalui jarak yang semakin jauh

Jarak mempengaruhi distorsi serta amplifikasi yang diperlukan.

f. Dengan biaya yang seekonomis mungkin

Biaya mempengaruhi kegunaan sistem, sehingga harus dicari titik optimum antara cara-cara maupun peralatan yang paling sederhana dan murah tetapi yang dapat meneruskan informasi dengan cara yang sebaik dan semudah mungkin.

Dalam menyalurkan sinyal, dalam sistem transmisi biasanya akan terjadi redaman dan akan timbul distorsi sebagai akibat ketidaklinieran sistem transmisi serta adanya noise. Komunikasi radio merupakan sistem komunikasi yang menggunakan udara atau ruang antariksa sebagai bahan antara (medium).

Gelombang radio dari antena dapat dibedakan dalam :

- a. Gelombang Tanah yang menjalar sepanjang permukaan bumi
- b. Gelombang Langit yang terpancar ke udara dan dipantulkan ke arah bumi oleh lapisan ionosphere
- c. Gelombang Angkasa yang menjalar lurus seperti gelombang cahaya

Gelombang VLF, LF dan MF cenderung untuk merambat sebagai gelombang tanah. Sedangkan gelombang HF lebih menonjol penjarannya sebagai gelombang langit. Gelombang Radio di atas 30 MHz, hanya merambat sebagai gelombang angkasa, sehingga komunikasi radio dalam daerah gelombang ini hanya bisa terjadi dalam keadaan “line of sight (LOS)”, dengan pengertian antena-antena pemancar dan penerimanya harus “saling melihat”.

Komunikasi radio dalam seluruh gelombang radio, ditandai oleh besarnya kehilangan (loss) antara pemancar dan penerima, tingginya tambahan noise dari “luar” oleh udara, angkasa dan daerah cakupannya.

Telekomunikasi dengan gelombang mikro harus memenuhi persyaratan LOS, sehingga dalam jaringan gelombang mikro diperlukan stasiun-stasiun pengulang yang dipasang di tempat-tempat yang tinggi. Jika stasiun pengulang bisa ditempatkan di lokasi yang tinggi sekali, jumlah stasiun pengulang akan lebih sedikit.

Seorang penulis “science fiction” Arthur C. Clarke pada tahun 1945 membayangkan, andaikata dengan bantuan roket, dapat ditempatkan satelit sedemikian sehingga letaknya cukup tinggi dan satelitnya mempunyai kecepatan mengelilingi bumi yang sama dengan perputaran bumi mengelilingi sumbunya. Hanya diperlukan tiga buah satelit untuk memungkinkan komunikasi antara dua titik dimanapun di muka bumi ini. Keberhasilan peluncuran satelit Sputnik pada 1957 memperlihatkan bahwa impian ini dapat diwujudkan^[4].

Satelit komunikasi adalah sebuah pesawat ruang angkasa yang ditempatkan pada orbit di sekeliling bumi, dan yang didalamnya membawa peralatan-peralatan penerima dan pemancar gelombang mikro yang mampu menyiarkan kembali sinyal-sinyal dari satu titik ke titik-titik yang lain di bumi. Frekuensi-frekuensi gelombang mikro harus digunakan untuk menembus ionosfer, karena semua orbit satelit yang praktis terletak pada ketinggian yang jauh di atas ionosfer. Lagipula, frekuensi-frekuensi gelombang mikro yang diperlukan untuk menangani sinyal-sinyal berjalur lebar yang banyak dijumpai dalam jaringan komunikasi masa kini, serta untuk memungkinkan penggunaan antena-antena dengan perolehan tinggi yang diperlukan di pesawat ruang angkasa tersebut^[6].

Sistem satelit dapat bersifat domestik, regional (daerah), atau global (untuk seluruh dunia). Jangkauan pelayanan dari suatu sistem satelit domestik adalah terbatas pada negara yang memiliki sistem tersebut.

Kordinasi dari pelayanan satelit ini dilakukan oleh *International Telecommunication Union* yang berpusat di Geneva. Konprensi-konprensi yang dikenal sebagai *World Administrative Radio Conference* (WARC) dan *Regional Administrative Radio Conferences* (RARC) diadakan secara teratur, dan pada waktu-waktu tertentu dikeluarkan rekomendasi mengenai daya radiasi, frekuensi, dan posisi orbit dan berbagai satelit.

Satelit-satelit yang digunakan sekarang adalah satelit aktif, yang berarti bahwa sinyal yang diterima satelit akan dipancarkan kembali, dan bukan hanya dipantulkan kembali ke bumi. Ini berarti bahwa didalam satelit harus mempunyai antena pemancar dan penerima yang sangat terarah, serta rangkaian-rangkaian

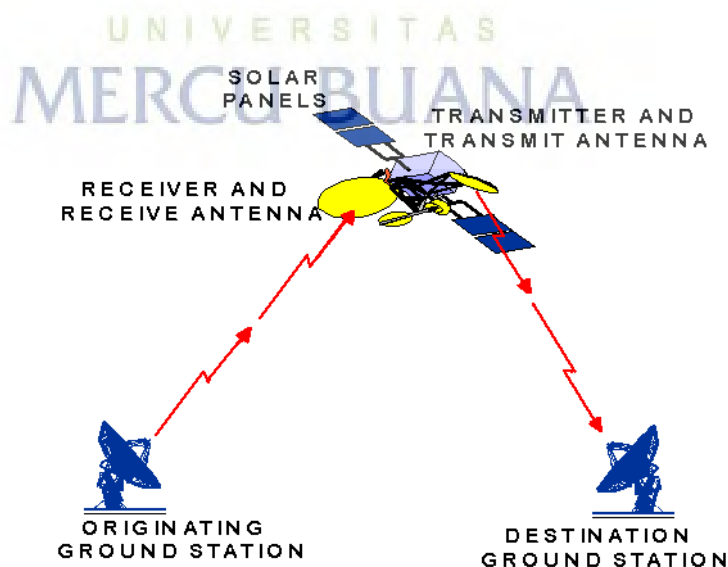
interkoneksi yang kompleks. Juga diperlukan mekanisme pengatur posisi dan kontrol yang teliti bagi satelit. Keperluan daya bagi peralatan tersebut biasanya diperoleh dari susunan sel solar, dengan batere nikel-kadmium cadangan untuk pelayanan pada saat terjadinya gerhana ^[6].

2.1 Prinsip Komunikasi Satelit

Telekomunikasi dengan gelombang mikro harus memenuhi persyaratan LOS (*Line of Sight*), sehingga dalam jaringan gelombang mikro diperlukan stasiun-stasiun pengulang yang dipasang di tempat-tempat yang tinggi. Andaikata stasiun pengulang bisa ditempatkan yang tinggi sekali, jumlah stasiun pengulang akan lebih sedikit.

Sinyal radio yang masuk dengan frekuensi sekitar 6 GHz diperkuat, lalu diturunkan frekuensinya ke sekitar 4 GHz, diperkuat lagi untuk kemudian dipancarkan kembali ke arah bumi^[5].

Secara umum gambar dari sistem komunikasi satelit dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.1 Sistem komunikasi satelit

Seperti terlihat pada gambar 2.1, *link* komunikasi terdiri dari dua komponen utama yaitu sisi *uplink* (pemancar) dan komponen sisi *downlink* (penerimaan).

Secara umum satelit dapat dibedakan atas dua jenis yang pertama adalah satelit alam, dan yang kedua adalah satelit buatan manusia. Satelit alam mempunyai ukuran yang beragam dan mengitari *primary celestial bodies*. Contohnya, bulan merupakan suatu satelit dari bumi dan bumi merupakan satelit dari matahari. Satelit buatan manusia diluncurkan ke orbit sekeliling suatu *celestial body* seperti bumi ataupun bulan ^[4].

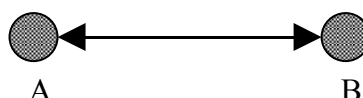
Kegunaan satelit buatan adalah untuk :

- Komunikasi antar titik-titik di permukaan bumi, seperti untuk komunikasi radio dan TV
- Menjadi suatu titik acuan (*point of reference*) untuk menetapkan lokasi di ruang angkasa
- Mengamati bumi dan lingkungannya, dan
- Mengumpulkan dan melaporkan informasi ilmiah

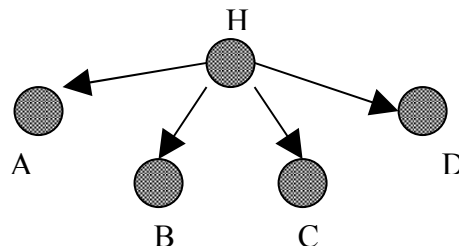
Satelit komunikasi menerima, memperkuat, dan mentransmit sinyal suara, musik, TV, telepon dan data dari satu titik ke titik lain di bumi. Dengan kata lain, satelit komunikasi adalah repeater atau pengulang sinyal-sinyal tadi.

Keuntungan telekomunikasi satelit :

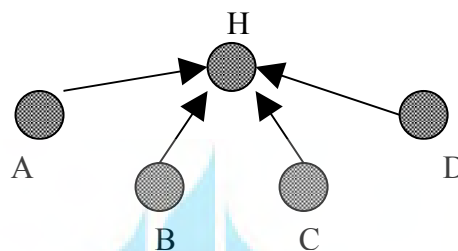
1. Untuk mencakup telekomunikasi suatu daerah (misal Indonesia) hanya diperlukan satu stasiun pengulang alias satu satelit.
2. Pengembangan jaringan bisa cepat, mudah dalam instalasi, karena tinggal memasang stasiun bumi dalam daerah cakupan satelit dan segera dapat berhubungan dengan stasiun-stasiun bumi lainnya.
3. Mempunyai spectrum frekuensi yang lebar
4. Stasiun bumi yang semakin murah
5. Baik untuk jenis :
 - a. Titik ke titik



b. Titik ke banyak titik



c. Banyak titik ke satu titik



Kekurangan telekomunikasi satelit :

1. Besarnya kehilangan antara satelit dan stasiun buminya (± 200 dB pada frekuensi 6 GHz)
2. Sistem penerima di bumi memerlukan penerima yang sangat peka (*low noise receiver*) dan pemancar yang relatif kuat
3. Karena seluruh sistem bertumpu kepada satu satelit, sistem sangat peka terhadap umur satelit. Untuk ini biasanya ada satelit cadangan, sehingga biaya menjadi cukup mahal^[5].

2.1.1 Roket Pendorong

Dengan perkembangan teknologi, roket pendorong untuk menempatkan satelit di orbitnya pun bertambah kuan dan semakin canggih. Sekarang ini sudah ada roket pendorong yang jumlah roket pendorongnya dapat disesuaikan dengan berat satelitnya. Juga ada sistem bahwa dua satelit yang berbeda dapat diluncurkan sekaligus untuk ditempatkan di dua lokasi yang berbeda pula.

Salah satu cara untuk mencapai ketinggian 35.900 Km (*geosynchronous*), adalah sebagai berikut :

Roket menempatkan satelit dalam suatu transfer orbit dengan titik terendah (*perigee*) sekitar 230 Km dan titik tertinggi (*apogee*) sekitar 36.100 Km (lebih tinggi dari ketinggian *geosynchronous*).

Setelah satelit “*recheck*” dan dinyatakan sehat, apabila satelit mendekati posisi tertinggi dan lintasannya memotong khatulistiwa, roket AKM (*Apogee Kick Motor*) dinyalakan sehingga satelit menempuh lintasan yang *synchronous*.

Operasi berikutnya akan menempatkan satelit betul-betul di lokasi yang ditentukan dalam suatu lintasan yang *geosynchronous* ^[5].

2.1.2 Orbit Satelit

Sebuah satelit yang mengorbit di bumi tetap berada pada posisinya karena gaya sentripetal pada satelit diimbangi oleh gaya tarikan gravitasi dari bumi. Lagi pula, hambatan atmosfer haruslah dapat diabaikan, dan ini menghendaki bahwa satelit berada pada ketinggian yang lebih dari kira-kira 600 km. Pilihan orbit ini adalah hal yang sangat penting dan mendasar, karena ini menentukan rugi dan waktu (*delay time*) keterlambatan alur transmisi, daerah lingkup bumi (*earth coverage area*), dan selang waktu dimana satelit dapat terlihat dari setiap daerah tertentu^[6].

Waktu periodik adalah waktu yang diperlukan untuk satu orbit lengkap, dan sebuah orbit sinkron ialah yang waktu periodiknya adalah suatu kelipatan bilangan bulat atau pecahan dari periode putaran bumi. Orbit geostationer (*geostationary*) adalah orbit sinkron yang paling banyak digunakan. Periode rotasi bumi pada sumbunya adalah 23 jam 56 menit, dan sebuah satelit dalam orbit geostationer yang bergerak menurut arah yang sama seperti rotasi bumi, akan menyelesaikan satu revolusi (putaran) pada sumbu bumi pada waktu yang sama. Karena itu bagi seorang pengamat di bumi, satelit akan tampak diam (*stationer*), dari sinilah diberikan nama geostationer^[6].

Pada masa permulaan komunikasi satelit, satelit yang berorbit *synchronous* maupun yang non-synchronous sama-sama dikembangkan. Dalam perkembangannya, satelit dengan orbit *geosynchronous* boleh dikatakan merupakan satu-satunya sistem yang digunakan untuk tujuan komunikasi global.

Beberapa faktor yang menghalangi pilihan terhadap satelit yang nonsynchronous antara lain :

- Karena waktu edar yang lebih pendek, satelit hanya “terlihat”, dari suatu titik di muka bumi, untuk waktu yang terbatas. Sehingga untuk komunikasi yang kontinyu perlu prosedur “serah terima” antara 2 satelit yang berurutan.
- Karena satelitnya “terbit” dan “terbenam”, di setiap lokasi stasiun bumi minimal harus ada 2 antena yang “*fully steerable*”, satu aktif “berhubungan” dan satu lagi siap-siap untuk “menangkap” satelit yang berikutnya.
- Situasi pada waktu itu juga kurang mendukung, mengingat daya satelit yang masih kecil, antena stasiun bumi masih harus besar, juga prosedur “serah-terima” untuk adanya komunikasi yang kontinyu masih harus dikembangkan. Sehingga memang pilihan jatuh ke satelit yang *geosynchronous*. Namun, perkembangan komunikasi satelit justru semakin menonjolkan kekurangan satelit-satelit geostationer, antara lain :
 - Terbatasnya “slot” di lintasan stationer yang hanya 360°. Walaupun jarak setiap satelit yang semula 5° diperkecil 2° dan bahkan sekarang pada posisi yang sama daerah frekuensi, *footprint* dan lain-lain, diperkirakan orbit GEO tetap tidak mencukupi.
 - Karena tingginya lintasan satelit, freespace loss cukup tinggi, sehingga pemanfaatan terbatas hanya untuk komunikasi yang tetap (*fixed communication*).
 - Keterbatasan satelit yang *geosynchronous* ini justru merupakan sifat yang inherent dalam satelit *nonsynchronous*, antara lain :

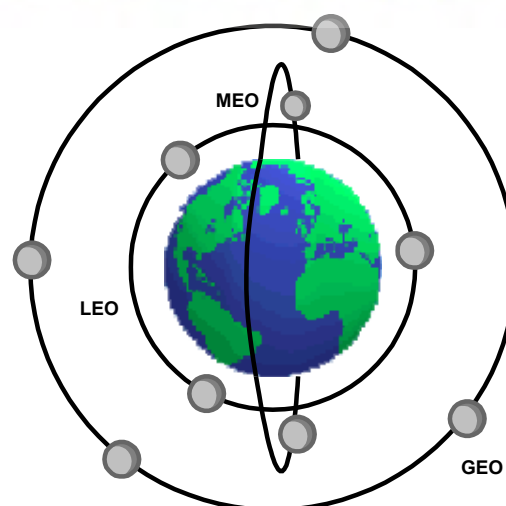
- ❑ Bidang lintasan tidak harus berhimpit dengan bidang khatulistiwa.
- ❑ Ketinggian yang lebih rendah dari *geosynchronous*, menyebabkan stasiun di bumi bisa kecil hingga ukuran yang bisa dijinjing.

Keunggulan-keunggulan ini juga didukung oleh perkembangan teknologi antar lain daya pancar satelit yang semakin besar dan lain-lain. Sehingga satelit berorbit rendah atau LEO (*Low Earth Orbit*) dapat digunakan untuk komunikasi, terutama cukup menarik untuk sistem komunikasi bergerak (*Mobile Satellite Communication System*, MSCS).

Namun karena untuk sistem komunikasi satelit LEO diperlukan cukup banyak satelit untuk mencakupi permukaan bumi ini, dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu dikembangkan juga komunikasi satelit dengan ketinggian garis edar yang menengah atau MEO (*Medium Earth Orbit*) bahkan berorbit GEO (*Geostationary Earth Orbit*).

- ❑ LEO = *Low Earth Orbit* (100-300 miles dari permukaan bumi)
- ❑ MEO = *Medium Earth Orbit* (6000 – 12000 miles dari permukaan bumi)
- ❑ GEO = *Geostationary Earth Orbit* (22,282 miles dari permukaan bumi)

MERCU BUANA



Gambar 2.2 Letak Orbit dipermukaan bumi

Lebar daerah (Band) frekuensi yang ditempati oleh informasi/sinyal untuk satelit komunikasi :

- a. L-Band : 1.200 MHz
- b. S-Band : 2.200 MHz
- c. C-Band : 6.000 MHz/4.000 MHz
- d. Ku-Band : 14.000 MHz/11.000 MHz
- e. Ku-Band : 17.000 MHz/14.000 MHz
- f. Ka-Band : 28.000 MHz/24.000 MHz
- g. V-Band : 40.000 MHz/30.000 MHz

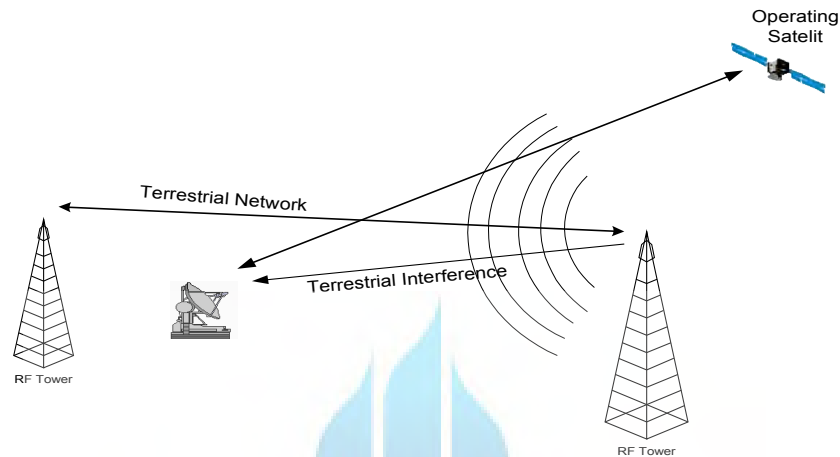
2.1.3 Sumber-sumber interferensi

Pada saat transmisi dari stasiun bumi ke satelit maupun dari satelit ke penerima stasiun bumi sinyal transmisi bisa terganggu yang berasal dari ^[7]:

1. Interferensi Jaringan Terrestrial

Hal ini terjadi karena frekuensi kerja dari jaringan terrestrial sama dengan frekuensi kerja satelit. Biasanya interferensi ini diakibatkan oleh antenna yang mempunyai elevasi rendah dan kecil. Untuk mengatasi interferensi ini, hindari

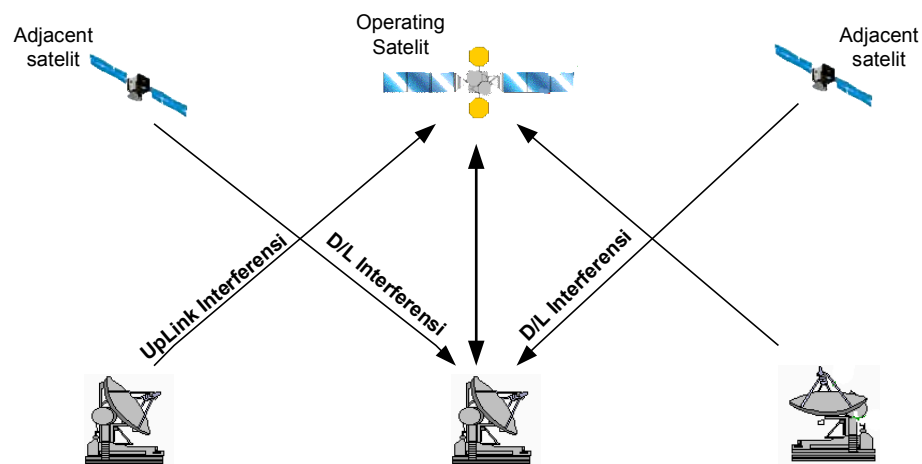
penggunaan frekuensi yang telah digunakan jaringan teresterial.



Gambar 2.3 Interferensi Jaringan Satelit Dari Jaringan Teresterial

2. Interferensi Jaringan satelit lain / Adjacent Satellite

Interferensi diakibatkan oleh jarak antar satelit yang berdekatan (jarak satelit normalnya 2°), Pattern dari antenna yang tidak baik, daerah cakupan (coverage) dari satelit yang saling overlapping, dan beroperasi pada frekuensi yang sama.



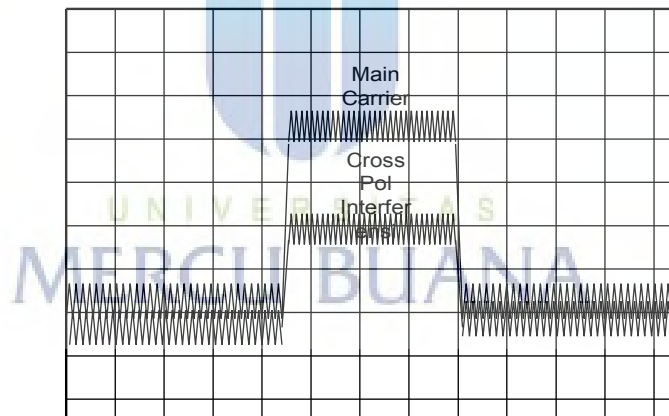
Gambar 2.4 Interferensi Antar Jaringan Satelit

3. Interferensi akibat Intermodulation Product

Interferensi yang terjadi karena pengaruh faktor dari dalam sistem, berupa interferensi akibat dari intermodulasi antar carrier. Interferensi ini disebabkan oleh akibat ketidak linearan (non linearity) dari TWTA atau SSPA.

4. Interferensi akibat Crosspolarization

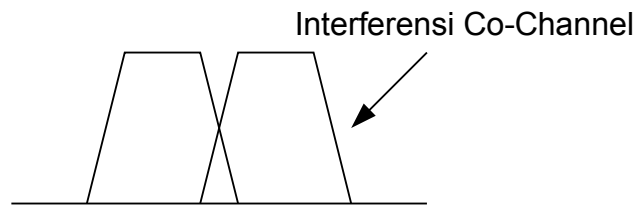
Interferensi ini akibat oleh gerakan antenna akibat dari adanya angin atau gangguan lain. Masalah crosspolarization ini timbul karena munculnya power/energi yang dipancarkan pada salah satu polarisasi di polarisasi sebaliknya. Untuk menghindarinya, maka sebelum mengakses ke satelit, stasiun bumi harus melakukan test cross polarisasi dengan referensi stasiun bumi standar yang telah ditetapkan oleh operator satelit.



Gambar 2.5 Interferensi akibat Crosspolarisasi

5. Interferensi Antar Channel (Co-Channel)

Sumber gangguan yang lain adalah gangguan yang disebabkan oleh gangguan antar carier satu dengan carier disebelahnya. Gangguan antar channel ini disebabkan oleh jarak antar carrie yang bandwidthnya tidak cukup, atau tidak adanya guard band antara carrier satu dengan carrier di sebelahnya dalam pengaturan alokasi frekuensi di transponder.



Gambar 2.6 Interferensi antar Channel

2.2 Teknik Access

Selain kemampuan dalam segi hardware (pemancar lebih efisien, penerima lebih peka dan sebagainya), dalam bidang satelit komunikasi juga dicapai kemajuan-kemajuan dalam efisiensi pemakaian saluran dan daya dengan sistem-sistem pemrosesan sinyal yang lebih canggih.

Untuk satelit yang beroperasi di daerah C-Band, dengan lebar pita frekuensi 500 MHz, frekuensi band ini dibagi-bagi lagi dalam 12 sub-band atau transponder dengan lebar band masing-masing 40 MHz. Namun untuk setiap transponder ini frekuensi-band yang efektif hanya 36 MHz. Dengan pita frekuensi selebar ini, satu transponder dapat digunakan untuk menyalurkan sekelompok saluran-saluran suara atau saluran-saluran data.

Dalam sistem *terrestrial*, untuk memanfaatkan satu frekuensi pembawa (*carrier frequency*), sehingga dapat mengirimkan beberapa kanal sekaligus (*multiplexing*), dikenal 2 macam cara yaitu Sistem FDM (Frequency Division Multiplex) dan TDM (Time Division Multiplex). dalam komunikasi satelit dikenal 3 macam cara :

2.2.1 FDMA

FDMA (*Frequency Domain Multiple Acces*) adalah sistem *multiple access* yang menempatkan seorang pelanggan pada sebuah kanal berbentuk pita frekuensi (frequency band) komunikasi. Jika satu pita frekuensi dianggap sebagai satu jalan, maka FDMA *merupakan* teknik "satu pelanggan, satu jalan". Pada saat pelanggan A sedang menggunakan jalan itu, maka pelanggan lain tidak dapat menggunakan sebelum pelanggan A selesai ^[5].

Jadi, kalau dalam waktu yang bersamaan ada 100 pelanggan yang ingin berkomunikasi dengan rekannya, maka sudah tentu diperlukan 100 pita frekuensi. Kalau setiap pita memerlukan lebar 30 Kilo Hertz (kHz) dan frekuensi yang digunakan berawal dari 890 Mega Hertz (MHz), maka:

- Pita frekuensi kanal 1 mulai dari 890 MHz hingga 890,030 Mhz
- Pita frekuensi kanal 2 mulai dari 890,030 MHz hingga 890,060 MHz
- Pita frekuensi kanal 3 mulai dari 890,060 MHz hingga 890,090 MHz
- dan seterusnya.

Sedangkan lebar total seluruh pita yang digunakan adalah:

$$100 \times 30.000 \text{ Hz} = 3.000.000 \text{ Hz} = 3 \text{ MHz.}$$

Artinya, jika frekuensi yang digunakan mempunyai batas bawah 890 MHz, maka batas atasnya adalah 893 MHz.

Akan tetapi, frekuensi yang tersedia untuk komunikasi bergerak dibatasi oleh peraturan yang ada karena frekuensi-frekuensi lain pasti digunakan untuk jatah keperluan yang lain pula.

2.2.2 TDMA

Berbeda dengan FDMA (*Time Domain Multiple Acces*) yang memberikan satu pita frekuensi untuk dipakai satu pelanggan, TDMA memberikan satu pita frekuensi untuk dipakai beberapa pelanggan. Jadi kanal-kanal komunikasi dirupakan dalam bentuk slot-slot waktu. Slot waktu adalah berapa lama seorang

pelanggan mendapat giliran untuk memakai pita frekuensi. Satu slot waktu digunakan oleh satu pelanggan. Slot-slot waktu ini dibingkai dalam satu periode yang disebut satu frame. Jadi misalkan ada 10 pelanggan yang masing-masing adalah A, B, C, D, E, F, G, H, I, dan J, maka dalam satu frame terdapat 10 slot waktu yang merupakan giliran tiap pelanggan untuk menggunakan pita frekuensi yang sama ^[5].

Proses komunikasi multi-access dilakukan dengan menjalankan frame ini berulang-ulang sehingga akan muncul urutan giliran pemakaian saluran seperti: A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-A-B-C-dan seterusnya. Tentu saja harus ada pembatasan jumlah pelanggan yang menggunakan satu pita frekuensi ini. Jika tidak dibatasi, periode frame akan terlalu panjang dan akibatnya timbul komunikasi terputus-putus yang mengganggu pembicaraan.

Karena sifatnya yang tidak kontinyu (tidak terjadi pemakaian pita frekuensi terus menerus oleh satu pelanggan dalam satu periode pembicaraan), maka teknik TDMA hanya dapat mengakomodasi data digital atau modulasi digital. Sehingga sinyal-sinyal analog yang akan dikirim, harus diubah menjadi format digital dahulu.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

2.2.3 CDMA

Teknik CDMA adalah temuan yang lebih baru dibandingkan dengan FDMA dan TDMA. Teknik CDMA berawal pada tahun 1949 ketika Claude Shannon dan Robert Pierce (yang banyak jasanya untuk kemajuan teknologi telekomunikasi saat ini) menyampaikan ide dasar CDMA. Teknik ini merupakan temuan yang brilian karena kanal yang satu dengan lainnya tidak dibedakan dari frekuensi/FDMA atau waktu/TDMA yang secara awam lebih mudah dipahami, melainkan dengan perbedaan kode. Jadi pada CDMA, seluruh pelanggan menggunakan frekuensi yang sama pada waktu yang sama ^[5].

Data input dari satu pelanggan dikalikan dengan salah satu dari banyak kode PN (*pseudo noise*). Jumlah kemungkinan kode yang dihasilkan oleh

generator kode PN identik dengan jumlah kanal yang disediakan. Jika generator kode PN mampu menghasilkan 100 kode, maka sebanyak itu pula kanal yang diperoleh. Oleh modulator hasil perkalian antara input data dengan kode PN ditumpangkan pada sinyal RF (*radio frequency*) agar dapat dikirim lewat udara.

Di penerima, demodulator memisahkan sinyal pesan dari sinyal RF yang ditumpanginya. Sinyal pesan yang mengandung kode ini dicocokkan dengan kode PN di penerima. Sinyal pesan akan dipisahkan dari kode dan diteruskan jika kode PN pada sinyal masuk sama dengan kode PN pada penerima.

CDMA (juga disebut DSSS/ *direct sequence spread spectrum*) merupakan salah satu dari dua jenis teknik murni *spread spectrum multiple access* (SSMA). Jenis lainnya dikenal sebagai FHMA (*frequency hopping spread spectrum*). Kedua jenis ini tergolong SSMA karena sinyalnya tersebar (*spread*) pada spektrum pita frekuensi yang lebar. Pada CDMA, penyebaran sinyal diperoleh akibat proses perkalian data input (yang mempunyai waktu perubahan lambat) dengan kode PN (yang mempunyai waktu perubahan cepat)^[5].

Walaupun pita frekuensinya lebar, tegangan sinyal yang dihasilkan sangat kecil, menyerupai noise (bising) yang selalu menyertai gelombang radio. Sehingga apabila dimonitor oleh penerima lain, sinyal yang dipancarkan oleh pengirim berbasis CDMA hanya berupa noise (seolah-olah menunjukkan ketiadaan sinyal pancar) yang tidak mengganggu sinyal lain. Sifat CDMA yang lain adalah kemampuannya untuk tahan terhadap jamming (penutupan oleh sinyal yang lebih kuat) pada pita frekuensi sempit. Hal ini terjadi karena *jamming* pada pita frekuensi sempit itu tidak akan mengganggu sinyal-sinyal CDMA yang tersebar di pita frekuensi lain.

CDMA dapat dikombinasikan dengan teknik lain untuk menjadi teknik hibrid semacam: FCDMA yang merupakan kombinasi dari FDMA dan CDMA, TCDMA yang merupakan kombinasi dari TDMA dan CDMA. Juga ada DS-FHMA yang merupakan kombinasi dari CDMA/DSSS dengan FHMA.

2.3 Sistem Modulasi RF

Dalam komunikasi radio, yang dipancarkan adalah sinyal dalam bentuk gelombang radio. Karena informasi yang sebenarnya atau dikirimkan adalah gelombang suara atau data lain, yang seluruhnya berada dalam daerah frekuensi suara, maka informasi ini harus dapat “ditumpangkan” ke frekuensi radionya. Cara penumpangan ini disebut sebagai sistem modulasi ^[5].

Dalam komunikasi satelit digunakan berbagai macam sistem modulasi RF seperti, yang biasa digunakan dikomunikasi radio yang umum seperti FM, FSK, PSK. Tetapi sesuai dengan sinyal base bandnya sistem modulasi yang sesuai digunakan adalah modulasi FM atau PSK.

Untuk sinyal-sinyal analog biasanya digunakan modulasi FM, seperti pada sistem komunikasi radio teresterial. Untuk sistem SCPC (*Single Channel Per Carrier*), digunakan FM dengan lebar pita frekuensi, sekitar 75 KHz, tetapi ada juga sistem dengan 50 KHz bahkan 22.5 KHz. Untuk sinyal berkanal banyak dengan FDM, maka sistemnya bisa menjadi FDM-FDMA.

Dalam pengiriman sinyal digital dari sumber ke tujuan, sebagian dari hubungannya merupakan saluran radio. Akan tetapi, karena dalam sistem digital yang dikirim salurannya hanyalah dua macam informasi yaitu angka 1 dan 0, modulasinya bisa lebih sederhana. Sistem modulasi yang paling umum digunakan adalah sistem PSK (*Phase Shift Key*). Dalam sistem ini untuk bit 1 dan 0 gelombang pembawa diberi beda fase yang cukup besar seperti 0° dan 180° . Sebaliknya, di penerima detektor hanya mendeteksi perbedaan fase ini dan memberikan pulsa-pulsa bit 1 dan 0. Deretan bit 1 dan 0 dapat berasal dari suatu sistem FDMA, TDMA ataupun CDMA.

Bergantung kepada beda phase yang diberikan untuk setiap informasi, ada beberapa jenis PSK, yaitu :

1. BPSK (*Binary Phase Shift Keying*)

Disini bit 1 dan 0 diberi beda fase sebesar 180° atau π .

2. QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*)

Disini untuk setiap informasi dapat diberikan M-fase yang berbeda. Secara umum, diambil harga-harga dari hubungan :

$$N = 2\text{Log}M$$

Dimana : M = Jumlah kemungkinan sudut fase/posisi yang berbeda

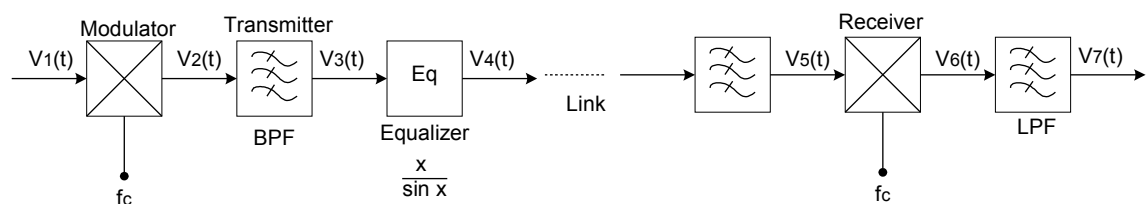
N = Jumlah bit untuk setiap fasenya.

Misalnya QPSK, dimana dapat diperoleh 4 posisi yang berbeda dengan beda fase masing-masing sebesar $\pi/2$ dan setiap posisi mempunyai 2 bit sehingga keempat posisi dapat mewakili informasi (symbol) 00,01,10 dan 11. Dengan 8-PSK ada 8 posisi dengan beda fase masing-masing sebesar $\pi/4$ dengan 3 bit setiap symbolnya mewakili 100, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111.

2.3.1 Sistem Modulasi BPSK (*Binary Phase Shift Keying*)

Disini bit 1 dan 0 diberi beda fase sebesar 180° atau π .

Diagram blok rangkaian pemancar dan penerima BPSK diperlihatkan pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Diagram blok rangkaian pemancar dan penerima BPSK

Setelah dari modulator, pulsa-pulsa dilewatkan tapis seperti biasa untuk memenuhi syarat *Nyquist*, namun karena pulsa-pulsa yang masuk ke tapis bukan suatu yang merupakan “*impulse*” (sehingga $V(f) = V$), tetapi sebuah pulsa

segiempat dengan amplitudo V dan lebar T_b , maka dalam spektrumnya, amplitudo sinyal-sinyal harmonisasi akan berubah sesuai rumus.

$$V(f) = V \frac{\sin \pi f_s \tau}{\pi f_s \tau} = V \frac{\sin x}{x}$$

Agar sinyal yang dikirim mendekati pulsa-pulsa Nyquist, setelah dari tapis, sinyal dilewatkan *Equalizer* dengan karakteristik frekuensi :

$$A = \frac{x}{\sin x}$$

Sehingga sinyal yang dipancarkan mendekati sinyal Nyquist dimana karakteristiknya adalah $V(f) = V$, paling tidak untuk daerah utama dari spektrum yang terletak di dalam daerah frekuensi utamanya.

Dengan cara ini daerah pita frekuensi : $F_c - \frac{1}{T_b} < B < f_c + \frac{1}{T_b}$

Spektrumnya cukup konstan.

Dipenerima, setelah melalui suatu band pass filter, sinyal akan dilewatkan sebuah demodulator. Biasanya sinyal osilator lokalnya disinkronisasikan dengan sinyal pembawa. Sinyal BPSK dengan perubahan fasa yang cukup tajam dari 0 dan π , sebenarnya merupakan sinyal DSB-SC (*Double Side Band-Suppressed Carrier*), yang spektrumnya justru terdiri dari LSB dan USB tanpa frekuensi pembawa. Jadi agak susah disinkronisasi^[5].

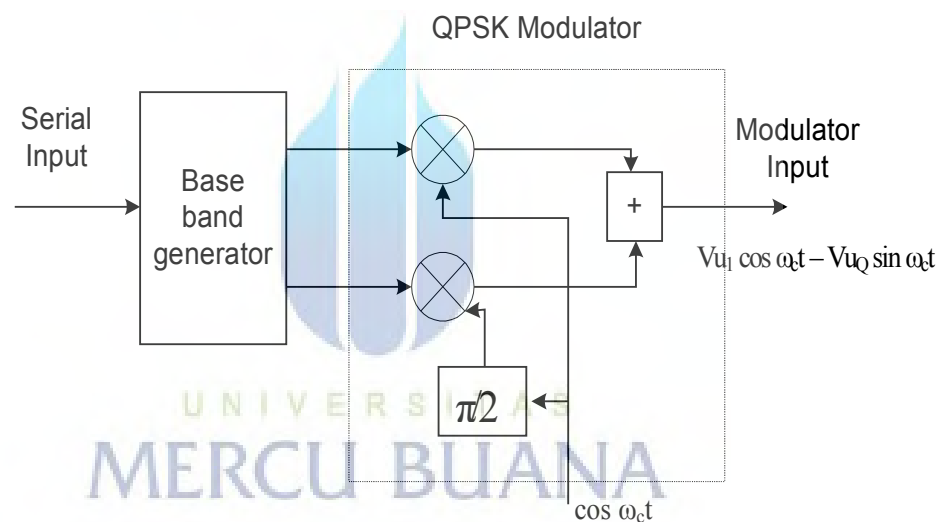
2.3.2 Sistem Modulasi QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*)

Sistem QPSK diperoleh dari sistem BPSK yang digabung. Untuk membedakan kedua sistem BPSK-nya, gelombang pembawa kedua digeser fasanya sejauh $\pi/2$. Untuk membedakannya, kedua jalur BPSK biasa diidentifikasi sebagai jalur I (*In-phase*) dan Q (*Phase-Quadrature*). Pulsa-

pulsa masukan juga dilewatkan ke suatu pembagi, sehingga jika laju pengiriman sinyal asli adalah R_b , laju pengiriman tiap jalur adalah $R_b/2$ atau laju pengiriman sistem QPSK hanya memerlukan lebar pita RF kurang lebih hanya separuh dari sistem BPSK. Sehingga RF spektrum yang tersedia atau (transponder sebuah satelit) dapat diisi dengan lebih banyak saluran. Sistem pemancar QPSK dapat diperlihatkan seperti Gambar 2.8 [5].

Dari gambar terlihat bahwa, sinyal keluaran dari modulator dapat ditulis sebagai berikut :

$$V_{u1} \cos \omega_c t - V_{uQ} \sin \omega_c t$$



Gambar 2.8 Diagram Blok modulator QPSK

Dimana u_i maupun u_q mempunyai harga: +1 untuk bit 1 atau -1 untuk bit 0.

Sehingga bergantung kepada harga u_i dan u_q nya di output pemancar diperoleh 4 kemungkinan fase gelombang pembawanya seperti terlihat dalam tabel :

Tabel 2.1. Harge fase Φ untuk beberapa simbol QPSK

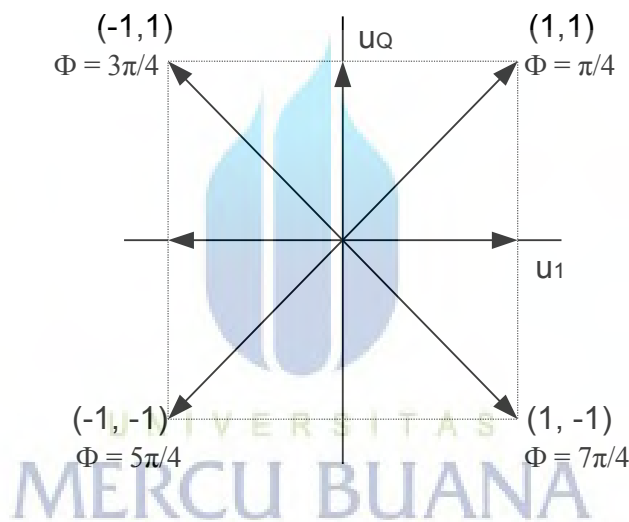
u_i	u_q	Φ
1	1	$\pi/4$
-1	1	$3\pi/4$

-1	-1	$5\pi/4$
1	-1	$7\pi/4$

Seperti juga diperlihatkan dalam bentuk vektor dalam Gambar 2.9

Jadi, setiap pulsa QPSK yang biasanya disebut sebagai simbol, mempunyai 2 bit.

Dipenerima, demodulatornya merupakan gabungan dari 2 demodulator BPSK.

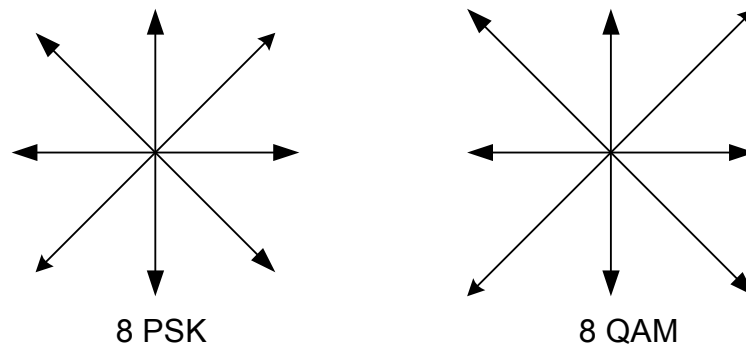


Gambar 2.9 Diagram blok sebuah demodulator QPSK

2.3.3 Sistem Modulasi QAM (*Quadrature-Amplitude Modulation*)

Sistem modulasi QAM sebenarnya mirip sistem PSK, tetapi pada QAM selain perbedaan fasa, antar simbol juga dibedakan oleh amplitudonya. Sehingga perbedaan antar simbol pada sistem QAM lebih besar daripada PSK yang sama (8 PSK dengan 8 QAM, dst) ^[5].

Perbedaan fase dan amplitudo untuk beberapa level QAM dan PSK diperlihatkan pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Beda amplitudo PSK dan QAM

2.4 Bit dan Symbol Error Rate

Kualitas sistem komunikasi analog diukur dari faktor C/N_0 atau perbandingan kuat sinyal terhadap derau (Noise). Pada sistem digital, faktor tersebut didefinisikan sebagai BER (Bit Error Rate) yaitu faktor yang menunjukkan rata-rata bit yang salah dari sejumlah bit yang diterima [5].

Karena kemungkinan kesalahan hanya 1 angka 1 terbaca sebagai 0 dan sebaliknya. Jadi, misalnya $BER = 10^{-5}$ artinya rata-rata dari 100.000 bit yang dikirim, hanya 1 (satu) yang salah.

Jika dikirim adalah simbol (seperti pada QPSK), yang berarti tiap pulsa atau simbol QPSK terdiri dari 2 bit, bisa juga kesalahan yang terjadi disebut kesalahan simbol.

Harga BER ini bergantung daya per pulsa dibanding dengan daya derau per pulsanya atau didefinisikan :

$$BER = E_b/N_0$$

dimana :

E_b = daya per pulsa

N_0 = Kerapatan derau (Watt/Hertz)

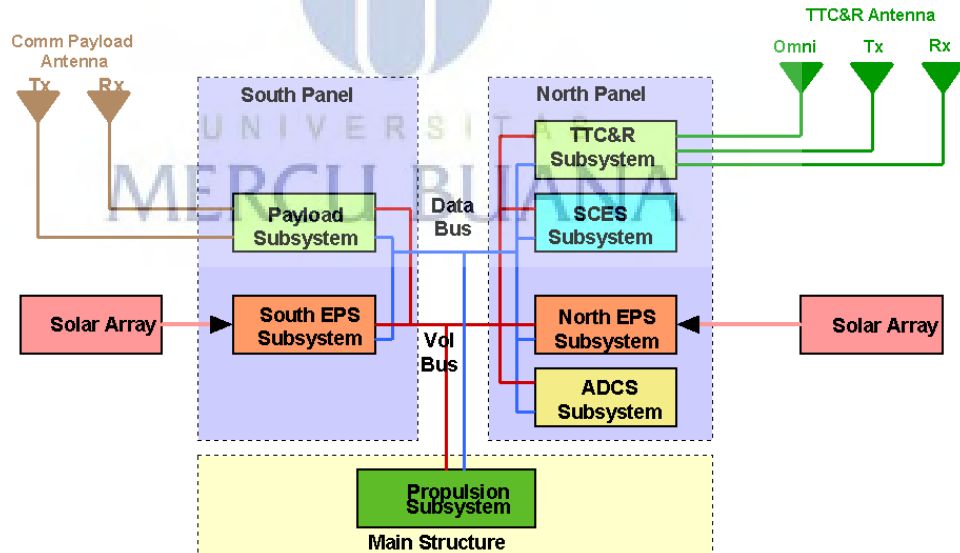
BAB III

TAHAP- TAHAP PERHITUNGAN *LINK BUDGET*

3.1 Sistem Satelit Komunikasi

Sistem satelit dibagi atas dua kelompok besar yaitu wahana ruang angkasa (*Spacecraft Bus*) dan Payload Komunikasi. *Spacecraft Bus* merupakan wahana yang dipakai untuk membawa peralatan komunikasi agar misi sebagai satelit komunikasi dapat tercapai.

Spacecraft Bus terbagi atas bagian: subsistem struktur, subsistem sumber daya listrik (*EPS*), subsistem pengaturan sikap satelit (*ADAC*), subsistem propulsi, subsistem pengaturan temperatur, dan subsistem pemrosesan dan komputasi. Gambar 3.1 memperlihatkan bagian bagian sistem satelit.



Gambar 3.1. Sistem Satelit Komunikasi

Sedangkan Payload Komunikasi dibagi lagi atas subsistem komunikasi repeater, subsistem antena, subsistem telemetry tracking command dan ranging (*TTC&R*)^[8]

3.2 Payload Komunikasi

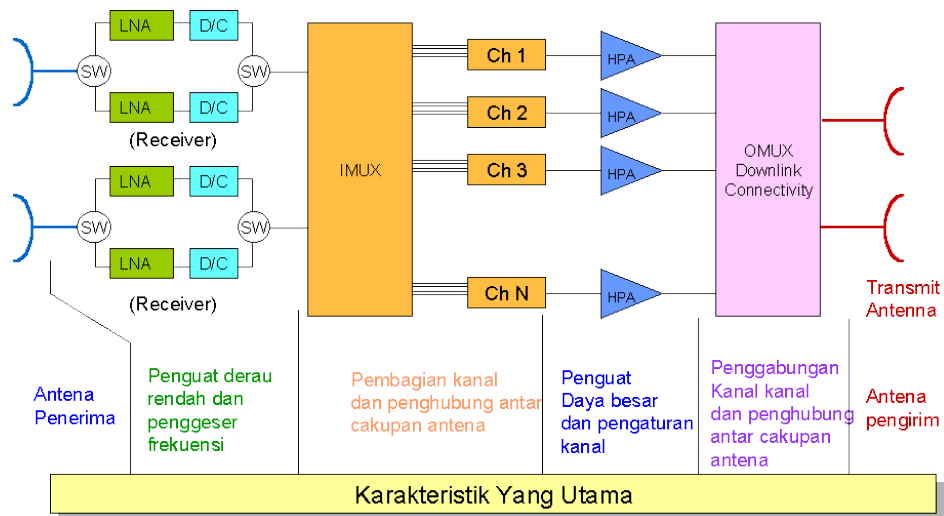
Karakteristik dari pada payload komunikasi sangat menentukan terhadap besarnya wahana pembawa. Semakin besar daya yang dipakai oleh peralatan payload komunikasi maka akan semakin besar daya yang harus disediakan oleh bagian subsistem sumber daya listrik untuk mensuplai daya ke peralatan payload komunikasi.

Sebagian besar daya yang dipergunakan untuk sebuah satelit dipakai untuk memberikan catu daya pada peralatan payload komunikasi terutama pada bagian komponen aktif dari repeater yaitu penguat daya besar. Daya dalam jumlah besar yang harus disediakan diperoleh dari solar panel. Untuk ukuran solar panel dan baterai yang semakin besar maka diperlukan penunjang struktur, pengaturan temperatur, pengendalian satelit dan pada akhirnya ukuran dan berat wahana ruang angkasa akan bertambah. Sehingga biaya baik untuk pembuatan wahana maupun untuk peluncurannya akan bertambah mahal^[8].

3.2.1 Konfigurasi Payload

Secara umum sebuah payload komunikasi dari suatu satelit non regeneratif dapat digambarkan pada gambar 3.2. Bagian-bagian payload komunikasi secara fungsi dibagi atas lima bagian yaitu :

- ❑ **Penerima dan Penggeser Frekuensi**
Berfungsi menerima sinyal dari antena dan menguatkan sinyal dengan penguat derau rendah dan melakukan pergeseran frekuensi.
- ❑ **Pembagian Kanal Transponder**
Sinyal yang keluar dari penggeser masih berupa pita lebar kemudian dibagi atas bagian pita frekuensi yang lebih kecil dalam satu transponder dan melakukan pemindahan hubungan antara bagian cakupan antena.



Gambar 3.2 Konfigurasi Dasar Komunikasi Payload

- ❑ **Pengaturan Kanal dan Penguat Daya Besar**
Menguatkan daya sinyal oleh penguat daya besar dan melakukan pengaturan terhadap level daya yang akan ditransmisikan.
- ❑ **Penggabungan Kanal Transponder**
Sinyal yang telah mengalami penguatan pada tiap kanal transponder kemudian dikumpulkan lagi menjadi sinyal dengan pita frekuensi yang lebih lebar.
- ❑ **Antena Pengirim dan Penerima**
Sinyal yang pita frekuensi yang lebar kemudian di ubah menjadi gelombang radio dan di transmisikan. Perubahan ini juga berlaku sebaliknya pada bagian penerimaan ^[8].

3.2.2 Parameter

Hal yang menentukan dari kinerja dari suatu komunikasi satelit pada peralatan payload adalah karakteristiknya. Secara umum parameter utama yang menentukan karakteristik untuk mencapai kinerja yang diharapkan adalah sebagai berikut:

❑ *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)*

Merupakan total daya yang dipancarkan oleh suatu pemancar yang merupakan daya keluaran penguat dalam dBW ditambah penguatan antenna terhadap antenna isotropic dalam dB_i [8],

$$EIRP = P_t \text{ (dBW)} + G_t \text{ (dB}_i\text{)}$$

❑ *G/T (figure of merit for receiving sensitivity)*

Adalah perbandingan penguatan sinyal suatu sistem penerima dibandingkan dengan temperatur noise sistem tersebut [6].

❑ *Saturated Flux Density (SFD)*

Merupakan rapat daya sinyal dalam dBW per m² yang diterima suatu satelit agar cukup untuk mensaturasi penguatan daya besar pada EIRP maksimum [6].

❑ Respon Amplitudo pada Pita Frekuensi

Adalah respon amplitudo pada pita frekuensi kanal transponder. Umumnya ditentukan oleh filter pada Input Multiplexer dan Output Multiplexer. Semakin datar respon amplitudonya maka semakin baik agar sinyal tidak mengalami degradasi karena penguatan kanal yang berbeda beda.

❑ Respon Amplitudo di Luar Kanal Transponder

Adalah response amplitudo diluar pita frekuensi transponder. Semakin besar redamannya maka semakin baik. Parameter ini akan berpengaruh terhadap interferensi antara kanal transponder berdekatan.

❑ Respon Group Delay

Merupakan response group delay pada pita frekuensi kanal transponder. Parameter ini umumnya ditentukan dari karakteristik pada filter sebelum penguatan dan setelah penguatan [6].

❑ Stabilitas Frekuensi

Adalah stabilitas frekuensi yang umumnya berubah karena pengaruh dari variasi temperatur

❑ Frekuensi Sinyal Palsu

Adalah sinyal sinyal palsu yang terjadi karena proses pergeseran frekuensi. Sinyal palsu ini bila terletak di pita frekuensi akan menyebabkan gangguan berupa derau. Bila level nya cukup besar akan menyebabkan kapasitas daya maksimum untuk penguatan daya sinyal akan berkurang

❑ **Linieritas Penguat Daya**

Adalah pengaruh ketidak linieran penguat. Ketidak linieran ini terjadi pada daerah yang mendekati saturasi. Pengaruh ketidaklinieran ini menghasilkan produk intermodulasi apa bila pada satu penguat daya ada lebih dari satu sinyal pembawa

❑ **Pergeseran Fasa**

Merupakan pergeseran fasa yang terjadi pada repeater.

Pergeseran ini umumnya terjadi pada penguat daya yang tidak linier. Semakin dekat ke daerah saturasi penguat daya pergeseran fasa semakin besar^[8].

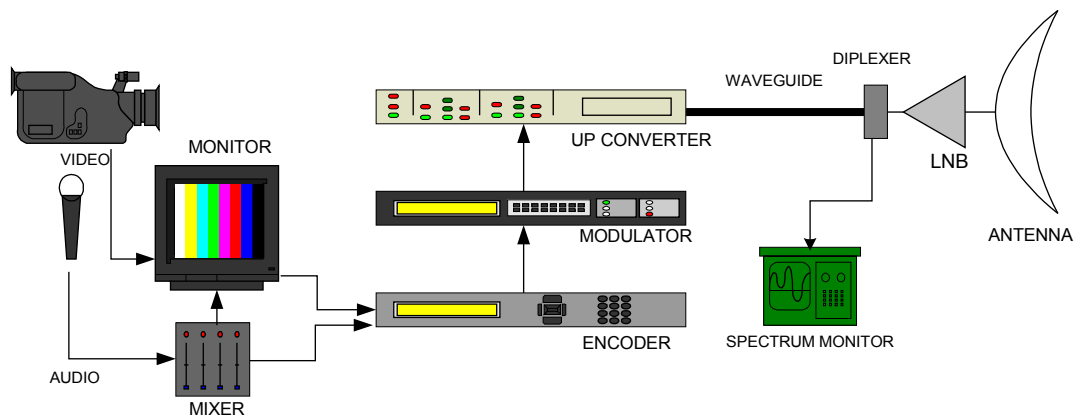
3.3 Sistem Pemancar dan Penerima

Dalam rangkaian umum, komunikasi satelit merupakan bagian dari suatu jaringan yang menghubungkan dua tempat atau lebih. Seperti pada Gambar 3.1, bahwa jalur komunikasi terdiri dari jalur pemancar dan jalur penerima.

Dalam hal prinsip bagian-bagian rangkaian seperti proses modulasi atau demodulasi sama seperti sistem komunikasi yang sudah ada, yang membedakan hanyalah di bagian ujungnya, yaitu antena pemancar dan penerima.

3.3.1 Perangkat Pemancar

Sebagai sistem pemancar terdiri dari stasiun bumi tetap ataupun terdiri dari stasiun bumi yang bergerak yang disebut dengan SNG (*Satellite News Gathering*). Di dalam setiap unit mobil SNG terdiri dari satu perangkat pemancar dari sistem radio gelombang mikro digital yang memiliki beberapa komponen utama , seperti yang terlihat pada Gambar 3.3 dibawah, yaitu :



Gambar 3.3 Rangkaian Pemancar SNG

- a) Video dan audio sebagai input kemudian masuk ke monitor, monitor ini untuk melihat atau mengontrol video yang berasal dari kamera dan audio yang berasal dari mike atau dari mixer audio, input video juga bisa berasal dari peralatan lainnya misalnya dari VTR (Video Tape Recorder atau dari peralatan lainnya. Sistem video yang digunakan adalah sistem PAL (Phase Alternating Line).
- b) Encoder : sebagai pengubah input sinyal analog video dan audio ke digital. Teknik kompresi pada encoder ini menggunakan teknik kompresi MPEG-2 (Motion Picture Expert Group). MPEG merupakan standar yang digunakan dalam pengkodean audio-video seperti pada film, video atau lagu dalam format digital yang terkompresi.
- c) Sinyal yang masuk ke modulator sudah dalam sinyal IF. Modulator digunakan untuk merubah karakteristik tertentu (amplitudo, frekuensi atau phase) dari jenis sinyal carrier (pembawa) untuk kemudian dimodulasikan/memancarkan informasi.
- d) Up Converter : Merubah sinyal input (IF) menjadi sinyal RF, frekuensinya dinaikkan sampai sekitar 6 GHz dengan mencampurkan local oscillator dengan frekuensi sekitar 6 GHz.
- e) HPA (High Power Amplifier) : Untuk menguatkan sinyal RF dari Up Converter sebelum dipancarkan lewat antena.
- f) Waveguide : Sebuah penghantar jalur transmisi gelombang yang biasa dipakai pada frekuensi tinggi.

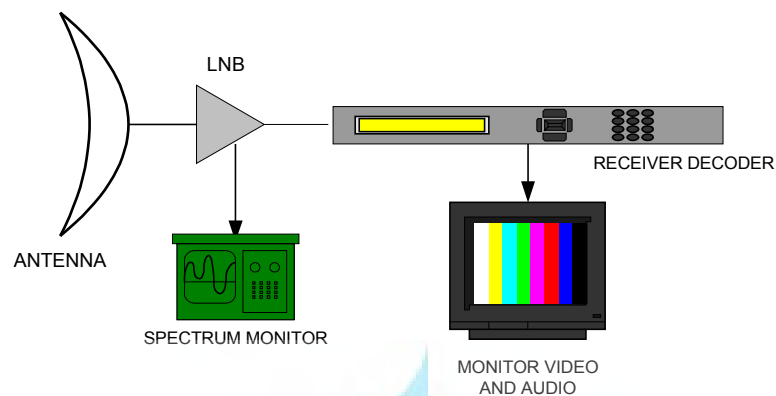
- g) Diplexer untuk pemisahan antara sinyal radio yang pergi (Uplink) dan yang datang (Downlink).
- h) LNB merupakan singkatan dari Low Noise Block, yaitu block desah rendah. Alat ini biasanya dipasang bersamaan dengan feed horn dan berfungsi sebagai pengolah sinyal. Dan juga sebagai penguat sinyal sehingga mudah diterima oleh receiver. Kepekaan LNB ditentukan dalam satuan derajat Kelvin. Jika semakin tinggi derajat Kelvin suatu LNB maka semakin besar pula bilangan desahnya yang mengakibatkan gerimis gambar serta suara yang ditampilkan di TV. Maka semakin kecil derajatnya semakin baik kepekaan dan mutu kualitas LNB.
- i) Spectrum Monitor untuk memonitor carrier, mengukur performansi dari carrier tersebut dan melihat kemungkinan ada gangguan pada transponder.
- j) Antena : Berfungsi sebagai penguat akibat hilangnya kekuatan sinyal yang terjadi ketika sinyal dipancarkan ke satelit atau diterima dari satelit. Untuk pemisahan antara sinyal yang datang dan pergi dipakai diplexer, sehingga cukup digunakan satu antena saja.

3.3.2 Perangkat Penerima

Sedangkan untuk stasiun penerima (Gambar 3.4) yang terletak di daerah Kedoya Jakarta barat menggunakan stasiun bumi tetap , yang terdiri dari :

- a) LNA (Low Noise Amplifier) atau kata lain sama dengan LNB. Pada prinsipnya perangkat yang disebut dengan LNA merupakan suatu piranti yang memiliki tugas pokok untuk memperkuat sinyal penerimaan yang berasal dari satelit yang diukur dalam pikovolt. Dan sinyal yang berasal dari satelit itu masih harus diperkuat lagi, sebab sinyal yang tiba di permukaan bumi semakin melemah.
- b) Setelah dikuatkan di LNA kemudian sinyal diuraikan dan diturunkan kembali dengan decoder.
- c) Kemudian dengan monitor kembali kita mengontrol hasil video dan audio yang masuk ke alat penerima.

- d) Spectrum monitor juga diperlukan untuk memonitor sinyal carrier , mengukur performansi dari carrier tersebut dan melihat kemungkinan ada gangguan pada transponder.



Gambar 3.4 Rangkaian stasiun penerima

3.4 Satelit Komunikasi Palapa C2

Operator satelit yang digunakan adalah Indosat. Satelit yang digunakan adalah satelit komunikasi Palapa C2. Satelite ini menggunakan wahana ruang angkasa model HS-601 yang diluncurkan oleh roket Ariane-44L dan terletak pada posisi 113° bujur Timur pada tanggal 15 May 1996. Diperkirakan dapat beroperasi sekitar 14 tahun .

Spesifikasi yang dimiliki oleh Satelit Palapa C2 ini sebagai berikut ^[8] :

Tabel 3.1 Spesifikasi Satelit Palapa C2

PARAMETER	PALAPA-C	UNIT
Frequency	C-Band	24
	Ku-Band	4
Polarization	Linear	
Total Transponder	28	Transponder
Total Ku-Band TWTA	6 (Linearized)	Pcs
(Include redundancy unit)		
Total C-Band SSPA	30	Pcs
(Include redundancy unit)		
TWTA Output Power	135 (Ku-Band)	Watts
SSPA Output Power		
Standard C-Band	21.75	Watts
Extended C-Band	26.75	Watts
EIRP	39(C-Band) & 51 (Ku-Band)	dBW
G/T		
C-ASEAN Beam	-1	dB/K
C-Asia Beam	-1	dB/K
Ku-North Beam	+3	dB/K
Ku-South Beam	+3	dB/K
Saturated Flux Density	-95	dBW/M ²
Weight at Separation	3000	Kg
Weight at Beginning of Life	1740	Kg
Life Time	14.7	Years
Power at EOL	3400	Watts

Lebar frekuensi yang digunakan adalah C-Band, dan spesifikasi transponder C-Band Palapa C2 adalah (Gambar 3.5) ^[7] :

Rencana frekuensi:

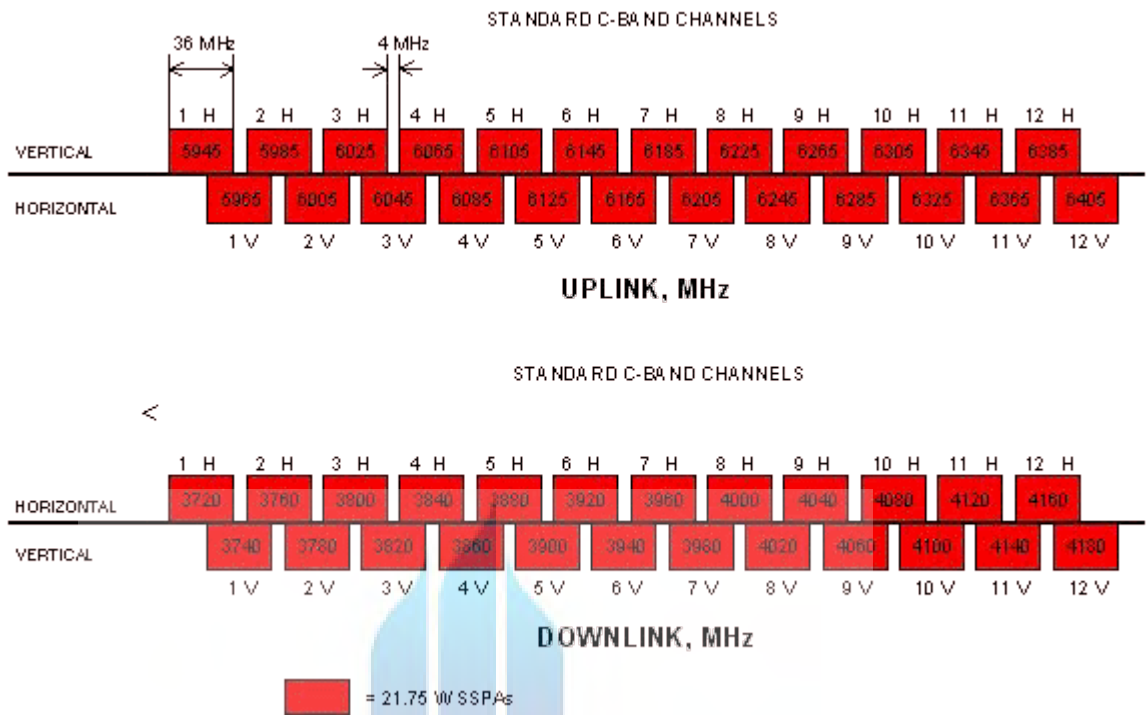
- ❑ Penerima : 5,925 MHz – 6,425 MHz
- ❑ Pemancar : 3,700 MHz – 4,200 MHz

Memiliki 24 C-band transponder setiap satelit

- ❑ 36 MHz channel
- ❑ 4 MHz guard band diantara transponder

High Power Amplifier

- 30 – 21,75 W C-band SSPA setiap satelit.

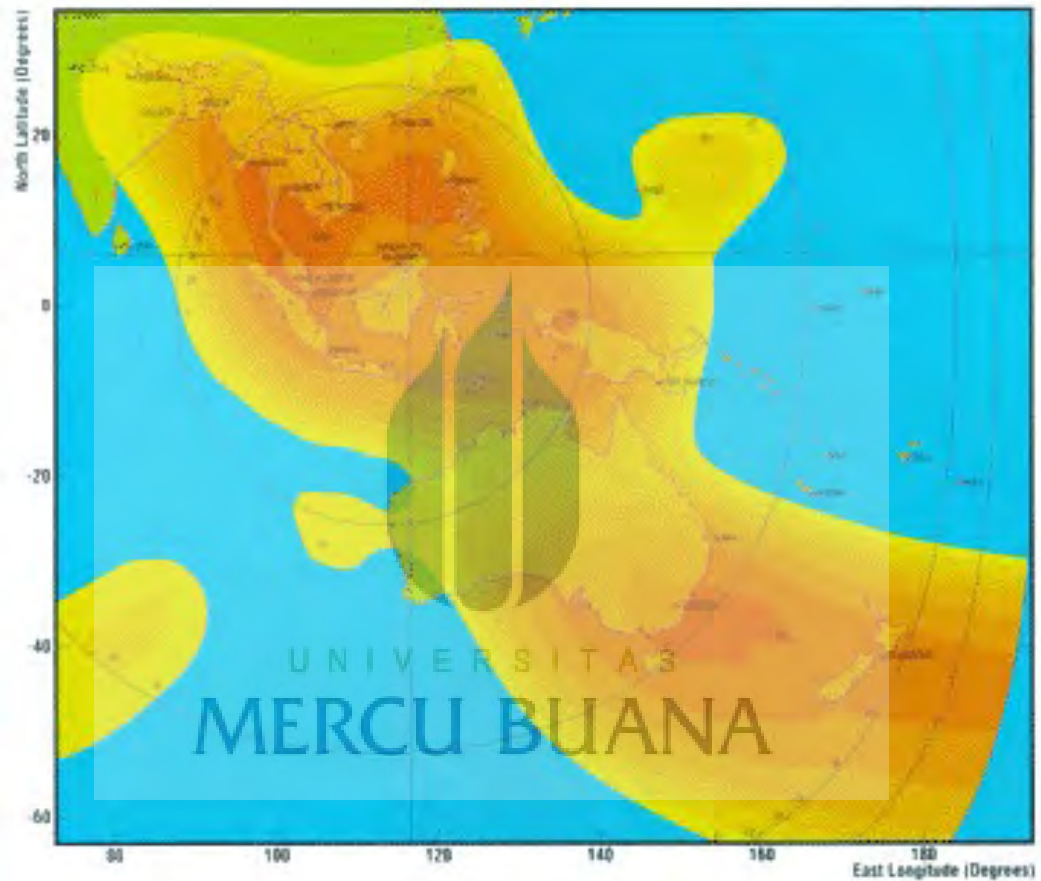


Gambar 3.5 Rencana Frekuensi Transponder C-band Palapa C2

Performansi C-band Transponder :

- EIRP saturasi 37 dBW
- G/T saturasi – 2,5 dB/°K
- SFD saturasi -95 dBW/m²

Gambar 3.6 adalah pattern coverage area EIRP dari satelit Palapa C2, berdasarkan countournya bahwa EIRP berbeda disetiap daerah jangkauan ^[7].



Gambar 3.6. Countour Pattern EIRP satelit Palapa C2

Dan daerah yang dapat dijangkau oleh Satelit Palapa C2 pada gambar berikut :



Gambar 3.7 Coverage Area yang dijangkau oleh Satelit Palapa C2

3.5 Tahap - Tahap Perhitungan Link Budget

Dalam sebuah sistem Komunikasi Satelit, perhitungan hubungan ini cukup penting, karena mempengaruhi desain peralatan stasiun bumi, terutama antena dan pemancar/penerima.

Dalam mendesain link budget harus diusahakan supaya penggunaan satelit dapat optimal. Yang dimaksud dengan optimal adalah persentase dari penggunaan bandwidth dan power satelit adalah sama. Dan juga untuk mengetahui Link Margin untuk mengetahui kehandalam sistem dari sistem komunikasi satelit tersebut.

Tahap-tahap yang harus diperhatikan dalam mendesain link budget adalah mengetahui parameter dan perhitungan dari :

a). Uplink

Merupakan parameter-parameter yang harus diketahui dan dihitung pada saat transmit.

1. Gain Antena
2. Jarak antara stasiun bumi dengan satelit
3. Daya efektif radiasi isotropis (EIRP)
4. Rugi jalur transmisi (Free Space Loss)
5. Pointing Error
6. Daya penerima G/T antena satelit.
7. Perbandingan kuat sinyal terhadap derau (C/No UP)

b). DownLink

Merupakan parameter-parameter yang harus diketahui dan dihitung pada stasiun bumi penerima.

1. Daya efektif radiasi isotropis satelit (EIRP)
2. Rugi jalur transmisi ke penerima (Free Space Loss)
3. Pointing Error antena penerima
4. Daya penerima G/T antena penerima
5. Gain antena penerima
6. Perbandingan kuat sinyal terhadap derau di stasiun penerima (C/No DN)

c). Bandwidth

Untuk menghitung lebar bandwidth yang digunakan, parameter yang harus diketahui Symbol Rate

d). Link Margin

Untuk menghitung kehandalan sistem transmisi, parameter yang harus diketahui adalah Bit Error Rate (E_b/N_o) yang harus dipenuhi.

e). Persentase Power

Untuk mengetahui persentase pemakaian power antara power yang terpakai dengan power yang tersedia transponder satelit.

f). Persentase Bandwidth

Untuk mengetahui persentase pemakaian bandwidth antara bandwidth yang terpakai dengan bandwidth yang tersedia pada transponder satelit.

3.5.1 Antena Stasiun Bumi

Antena adalah faktor komponen utama dalam mendisain suatu link budget karena antena ini berhubungan dengan kemampuan untuk mengirim dan menerima sinyal dan efeknya yaitu sidelobe antena. Karena hal inilah yang akan berakibat pada gangguan/interferensi ke satelit lain. Antena yang paling banyak digunakan untuk gelombang-gelombang mikro ialah antena dengan reflektor paraboloid, yang terdiri dari sebuah antena primer seperti misalnya sebuah dipole atau sebuah feedhorn yang ditempatkan pada titik fokal sebuah reflektor parabola. Bagian mulut atau, celah fisik dari reflektor akan berbentuk lingkaran ^[5].

Gain Antena

Antena yang digunakan untuk komunikasi satelit tidak hanya untuk menerima sinyal saja yang lebih penting adalah untuk mengirimkan sinyal ke satelit. Diameter antena yang digunakan akan sangat berpengaruh pada besarnya power yang harus disediakan untuk mengirimkan sinyal ke satelit. Secara umum gain antena dapat dirumuskan sebagai berikut ^[5]:

$$G = \mu \left(\pi Df/C \right)^2 \text{ atau}$$

$$G = 10 \text{ Log } (\mu) + 20 * \text{Log } (\pi Df/C) \dots \dots \dots (3-1)$$

Dimana :

G = Gain antenna (dBi)

$\pi = 3,14158956$

D = Antena diameter (m)

C = Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

f = Frekuensi (Hz), frekuensi yang digunakan berbeda untuk *uplink* dan *downlink*

μ = Efisiensi dari antenna yang bergantung kepada ketelitian bentuk permukaan dan kekasaran permukaan reflector antenna (harganya biasanya berkisar antara 0,54 dan 0,7 tergantung dari spesifikasi fabrikasi alat).

3.5.2 Elevasi dan Azimuth Antena

Untuk dapat mengakses satelit secara benar, maka antena yang harus digunakan harus pointing ke satelit secara benar pula. Untuk pointing secara benar ada dua parameter yang harus diperhatikan dilihat dari bidang horizontal. Kedua yang harus diperhatikan yaitu bidang vertical yang akan disebut dengan elevasi dan bidang horizontal yang disebut dengan azimuth^[7].

$$ELV = \tan^{-1} \left[\frac{r - R_E \cos(\theta_1) \times \cos(|\theta_s - \theta_L|)}{R_E \times \sin \{ \cos^{-1} [\cos(\theta_1) \times \cos(|\theta_s - \theta_L|)] \}} \right] - \cos^{-1} [\cos(\theta_1) \times \cos(|\theta_s - \theta_L|)] \quad (3-2)$$

$$AZM = \tan^{-1} \left[\frac{\tan(|\theta_s - \theta_L|)}{\sin(\theta_1)} \right] \quad (3-3)$$

Dimana :

R_E = Jari-jari bumi (6378 Km)

R = jari-jari orbit geostationer (42164,2 Km)

θ_1 = latitude stasiun bumi (“-“ untuk LS dan “+” untuk LU)

θ_L = Longitude stasiun bumi (“-” untuk BB dan “+” untuk BT)

θ_S = Latitude stasiun bumi (“-” untuk BB dan “+” untuk BT)

Untuk menghitung azimuth maka harus ada konversi. Konversi ini tergantung pada lokasi stasiun bumi terhadap satelit. Konversi tersebut yaitu :

1. Jika lokasi stasiun bumi dibelahan bumi bagian utara :

a. Stasiun bumi berada disebelah barat dari satelit, azimuth dirumuskan,

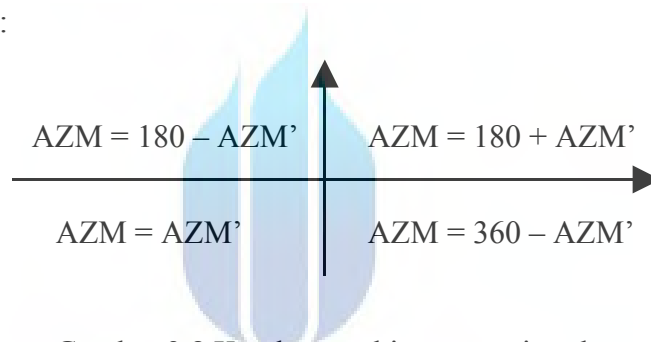
$$AZM = 180 - AZM'$$

- b. Stasiun bumi berada disebelah timur dari satelit, azimuth dirumuskan,
 $AZM = 180 + AZM'$

2. Jika lokasi stasiun bumi disebelah bumi bagian selatan :

- a. Stasiun bumi berada disebelah barat dari satelit, Azimuth dirumuskan,
 $AZM = AZM'$
- c. Stasiun bumi berada di sebelah timur dari satelit, azimuth dirumuskan,
 $AZM = 360 - AZM'$

Secara Gambar dari rumus perhitungan azimuth diatas dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.8 Kuadran perhitungan azimuth

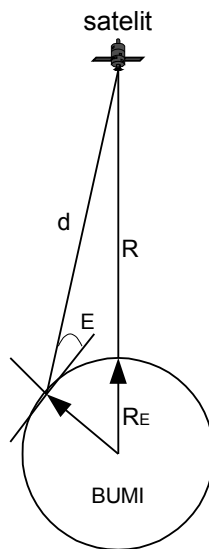
Karena sudut elevasi dan azimuth dari stasiun bumi sudah dapat dihitung maka jarak antara stasiun bumi dan satelit juga dapat dihitung jarak stasiun ke satelit (Gambar 3.9) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut ^[6]:

$$d = \sqrt{(R_E + H)^2 - (R_E \cos E)^2} - R_E \sin E \dots \dots \dots (3-4)$$

R_E = Jari-jari bumi (6378 Km)

H = Ketinggian orbit dari satelit (35786 Km)

E = Elevasi stasiun bumi



Gambar 3.9. Sudut elevasi antena stasiun bumi dan jarak alur transmisi

3.5.3 G/T Antenna

Sistem penerimaan untuk sistem komunikasi satelit yang berhubungan dengan antena biasanya selalu diberikan dalam bentuk perbandingan G/T (Figure of Merit) atau disebut dengan angka prestasi. Angka prestasi ini sering digunakan untuk menunjukkan karakter dari suatu sistem penerima satelit ialah perbandingan dari perolehan antena dan suhu kebisingan masukan total ^[6].

Dalam perhitungan G/T biasanya referensi titik yang diambil adalah pada input LNB, tetapi kenyataannya tidak demikian namun hal ini tidak akan berpengaruh pada besarnya G/T antena meskipun titik referensinya berbeda.

Perhitungan G/T antenna :

$$G/T = G_{LNB} - 10 \times \log(T_{sys}) \quad \dots\dots\dots(3-5)$$

Dalam praktek biasanya diambil C Band $T_{sys} = 80^\circ K$ sedangkan untuk KU Band $T_{sys} = 160^\circ K$ ^[7].

3.5.4 Daya Radiasi Isotropis Efektif

Daya radiasi isotropis efektif (Effective isotropic radiated power = eirp) adalah daya yang benar-benar dipancarkan oleh antenna dikalikan dengan perolehan daya isotropis antenna. Misalkan bahwa P_T mempresentasikan daya yang dipancarkan dan G_T perolehan daya isotropis, maka ^[6]:

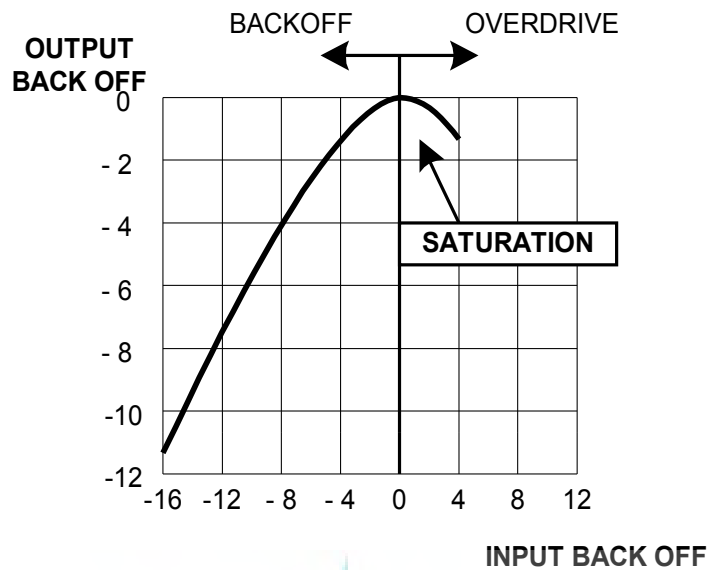
$$\text{EIRP} = P_T G_T$$

Atau

$$\text{EIRP (dBW)} = (P_T)\text{dBW} + (G_T)\text{dB} \dots \dots \dots (3-6)$$

Namun untuk arah satelit ke stasiun bumi, untuk EIRP satelitnya harus diperhitungkan dari berapa pengurangan masukan (input back-offnya, IBO_{CXR}), yaitu berapa kuat sinyal yang diterima satelit dibanding masukan maksimum yang dinyatakan dalam kerapatan kejenuhan (Satellite Flux Density = SFD). Besarnya IBO ini akan menentukan berapa pengurangan keluaran (Output back-off, OBO_{CXR}) dibanding EIRP maksimum. EIRP harus digunakan aggregate IBO (IBO_{AGG}) dan aggregate OBO (OBO_{AGG}), baru dikurangi dengan sejumlah gelombang pembawa. Pada satelit Palapa C2, $\text{IBO}_{\text{AGG}} = 6 \text{ dB}$ dan $\text{OBO}_{\text{AGG}} = 4,5 \text{ dB}$ ^[5].

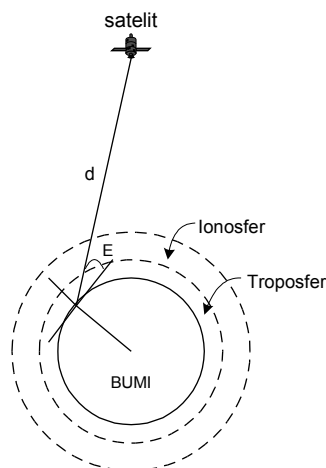
TWTA di masing-masing transponder mempunyai karakteristik daya-perolehan (power-gain) seperti yang diberikan grafiknya dalam gambar. Pada suatu nilai tertentu, daya keluaran mencapai suatu nilai maksimum yang dikenal sebagai nilai kejenuhan. Ini adalah titik referensi yang penting. Masukan daya adalah sebanding dengan kerapatan flux daya pada antenna penerima., dan karena itu titik kejenuhan dapat dispesifikasikan menurut kerapatan daya pada antenna. Tergantung dengan sinyal yang sedang diperkuat oleh TWTA, mungkin dikehendaki untuk beroperasi pada kejenuhan, atau mungkin juga perlu untuk beroperasi di bawah kejenuhan, yaitu dalam keadaan yang dinamakan keadaan “back-off”. Banyaknya decibel back-off akan dispesifikasikan baik untuk back-off masukan maupun back-off keluaran ^[6].



Gambar 3.10 Grafik masukan-keluar TWTA

3.4.5 Rugi Jalur (*Free space loss*)

Sebagian rugi jalur (*Free space loss*) terjadi karena penyebaran energi sinyal ketika ia merambat keluar dari sumber. Disamping rugi ini, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.11, penyerapan dan penyebaran sinyal akan terjadi ketika sinyal tersebut lewat melalui troposfer dan ionosfer. Dalam hal ini, rugi akan sebanding panjang jarak jalur transmisi ke satelit pada medium yang melemahkan ^[6].



Gambar 3.11 Alur transmisi yang melewati troposfer dan ionosfer

Redaman karena jarak akan tergantung pada frekuensi yang digunakan dan juga tergantung pada aktual jarak dari stasiun bumi ke satelit. Sedangkan jarak ini akan dipengaruhi oleh lokasi dari stasiun, rumus ^[7] :

$$FSL = [4 \times \pi \times f \times d / C]^2 \text{ atau}$$

$$FSL = 20 \text{ Log } (4 \times \pi \times f \times d / C) \dots\dots\dots (3-7)$$

Dimana,

$$\pi = 3,1415859$$

f = Frekuensi (Hz)

d = Jarak stasiun bumi ke satelit (m)

C = Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

3.5.6 Pointing Error (PE)

Merupakan redaman (*loss*) akibat gerakan satelit dan hal ini terjadi bila antenna tidak menggunakan system “autotrack”. Besarnya pointing error dapat dirumuskan sebagai berikut ^[7]:

$$PE = 12 (\theta / \theta_3)^2 \text{ (dB)}$$

$$\theta_3 = 20 / f D$$

Dimana :

θ = error dari station keeping untuk palapa-C = 0,05°, sehingga

$$\theta = (0,05^2 + 0,05^2)^{0,5} = 0,07$$

θ_3 = 3 dB beamwidth dari antenna

f = Frekuensi yang digunakan (GHz)

D = diameter antenna yang digunakan (m)

3.5.7 Bandwidth Carrier

Bandwidth adalah lebar frekuensi yang dibutuhkan untuk jalur transmisi. Beberapa frekuensi tergantung oleh peraturan yang berlaku. Peraturan ini perlu

untuk menghindari interferensi antara sinyal yang lain dalam frekuensi yang sama. Namun, bandwidth untuk semua jalur transmisi tidak semua harus sama, tetapi disesuaikan dengan kebutuhan. Semakin besar lebar bandwidth maka semakin banyak pula informasi yang dapat yang dapat ditransmisikan ^[5].

Pada satelit tempat alokasi untuk frekuensi yang digunakan disebut dengan transponder. Penggunaan ini ditentukan oleh pihak operator satelit dan secara operasional satelit itu merupakan penerima dan pengirim sinyal. Sinyal tersebut dapat diterima di suatu lokasi atau sesuai dengan coverage satelit yang ditentukan pihak operator Satelindo atau Telkom.

Dalam perhitungan bandwidth digital ini tergantung dengan parameter tipe modulasi, dan *symbol rate*. Carrier pada satelit terdiri dari pulsa-pulsa yang berurutan untuk membuat sinyal yang berkelanjutan (continuous). Setiap pulsa adalah simbol. Berdasarkan metode modulasi setiap simbol mewakili 1,2 atau 3 dan seterusnya bit dari kecepatan transmisi data. Semua spesifikasi ini terdapat pada *exiter(encoder-modulator)* atau modulator, dan setiap encoder mempunyai rumus yang berbeda tergantung dari fabrikasi.

3.5.8 C/N Total

Radiasi elektromagnetis yang acak (random) terjadi dari bintang-bintang, planet-planet, dan awan-awan gas interstellar, serta diterima oleh sebuah antena sebagai “kebisingan” (noise). Telah didapatkan bahwa kerapatan spektrum kebisingan latar belakang umum dari langit, yang biasanya disebut sebagai kebisingan galaksi atau kebisingan kosmis, berubah dengan perbandingan terbalik menurut frekuensi hingga suatu limit bawah yang ditentukan oleh daerah ruang angkasa bersangkutan, kemana kebetulan antena diarahkan. Disamping kebisingan latar-belakang (background noise) umum, atmosfer bumi juga menimbulkan kebisingan, karena ia bekerja sebagai suatu alur transmisi yang mempunyai rugi (loss), atau sebuah atenuator. Suhu kebisingan antena dapat berkisar dari 10.000 K hingga 2 K, dan ini bukanlah suhu fisik dari antena. Kebaikan penerimaan dicirikan dengan carrier to noise (C/N). C/N

dalam satuan dB menunjukkan perbandingan kuat sinyal (dalam gelombang radio) terhadap noise ^[5].

a). C/N Uplink

C/N Uplink merupakan perbandingan antar kuat sinyal terhadap derau pada saat memancar dari stasiun bumi ke satelit, rumus ^[7]:

$$C/N_{UP} = EIRP_{ES} - FSL_{UP} - PE_{UP} - L_{RAIN} + G/T_{SAT} - K \dots \dots \dots (3-8)$$

Dimana:

$EIRP_{ES}$ = EIRP yang dipancarkan oleh stasiun bumi (dBW)

FSL = Free Space Loss pada saat memancar (dB)

PE_{UP} = Pointing error dari antena transmit (dB)

L_{RAIN} = Redaman hujan untuk sisi uplink (dB)

G/T_{SAT} = G/T dilihat dari contour satelit palapa C2 (dB/°K)

K = Boltzmann's Constant (- 228,6 dBW/°K/Hz)

b). C/N Downlink

C/N Downlink merupakan perbandingan kuat sinyal terhadap derau pada saat penerimaan sinyal stasiun bumi dari satelit ^[7].

$$C/N_{DN} = EIRP_{CXR} - FSL_{DN} - PE_{DN} - L_{RAIN} + G/T_{ES} - K \dots \dots \dots (3-9)$$

Dimana :

$EIRP_{CXR}$ = $EIRP_{SAT SATURATION} - OBO_{CXR}$ (dBW)

FSL_{DN} = Free Space Downlink (dB)

PE_{DN} = Pointing error dari antena receive (dB)

L_{RAIN} = Redaman hujan untuk sisi downlink (dB)

G/T_{ES} = G/T dari stasiun bumi (dB/°K)

K = Boltzmann's Constant (- 228,6 dBW/°K/Hz)

Untuk mendapatkan nilai OBO_{CXR} maka dicari dahulu nilai berikut ^[7] :

1. Mencari Power Flux Density yang diterima satelit

$$PFD = EIRP_{ES} - FSL_{UP} - PE_{UP} - L_{RAIN} + G_1 \text{ (dBW/m}^2\text{)} \dots \dots \dots (3-10)$$

2. Menghitung IBO_{CXR}

$$IBO_{CXR} = SFD - PFD \text{ (dB)} \dots\dots\dots (3-11)$$

3. Menghitung OBO_{CXR}

$$OBO_{CXR} = IBO_{CXR} - (IBO_{AGG} - OBO_{AGG}) \text{ (dB)} \dots\dots\dots (3-12)$$

4. Menghitung $EIRP_{CXR}$

$$EIRP_{CXR} = EIRP_{SAT} - OBO_{CXR} \text{ (dBW)} \dots\dots\dots (3-13)$$

c) Link Total

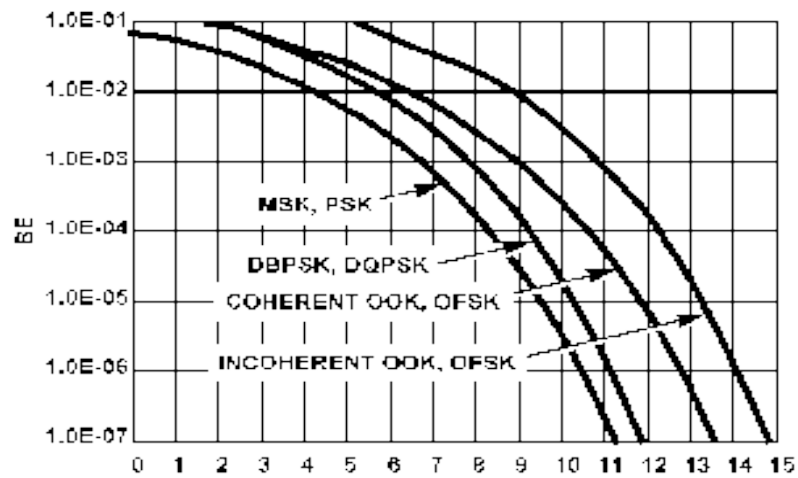
Maka setelah semua perhitungan untuk C/N maka didapat Link Total. Dari parameter diatas maka untuk menghitung besarnya C/Ntotal adalah semua parameter diatas dari satuan dB diubah terlebih dahulu ke satuan numeris^[7].

$$[C/N_{Total}]^{-1} = [C/N_{Uplink}]^{-1} + [C/N_{Downlink}]^{-1}$$

$$[C/N_{Total}] = 1 / [1/10^{(C/N_{Uplink}/10)} + 1/10^{(C/N_{Downlink}/10)}] \dots\dots\dots (3-14)$$

d). Link Margin

Setelah menghitung C/Ntotal maka kita harus menghitung Link Margin. Link margin ini sangat penting untuk diketahui, karena kita bisa tahu keandalan dari sistem transmisi tersebut. Kualitas suatu link/network yang biasa diterapkan bagi sistem digital adalah faktor Eb/No (BER), yang merupakan hasil bagi antara energi per bit dibanding dengan kerapatan derau. Hubungan nilai antara BER dan Eb/No dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 3.12. BER vs E_b/N_0

Parameter yang perlu diketahui dalam perhitungan ini adalah:

❑ Bit Rate

Bit rate adalah kecepatan bit yang ditransmisikan melalui radio atau kawat. Nilai bit rate diatur pada encoder sesuai dengan kebutuhan.

❑ FEC

Forward Error Correction menunjukkan kesalahan bit yang ingin dikoreksi pada saat transmisi diterima oleh oleh *reciever*. FEC rate tipikal pada rentang 1/2, 3/4 atau 7/8.

Untuk mendapatkan *Link Margin*, rumus yang digunakan adalah ^[7]:

$$\text{Available Link Margin} = \text{Available } E_b/N_0 - \text{Required } E_b/N_0 \dots \dots \dots (3-15)$$

$$\text{Available } E_b/N_0 \text{ (dB)} = C/N_{\text{Total}} \text{ (dB)} - 10\text{Log}(\text{BitRate dalam KB} \times 10^3) \dots \dots (3-16)$$

e). Persentase Power dan Bandwidth

Setelah perhitungan C/N_{total} , kita harus melakukan berapa besar presentase *bandwidth* dan power dari satelit yang digunakan untuk link tersebut.

Hal ini diperlukan untuk menghitung apakah sistem/link yang dipakai *power limited* atau *bandwidth limited*^[7].

$$\% \text{ Pemakaian Bandwidth} = \frac{\text{Bandwidth Terpakai}}{\text{Bandwidth Tersedia (BW Xpdr)}} \times 100 \% \dots (3-17)$$

$$\% \text{ Pemakaian Power} = \frac{\text{Power Terpakai}}{\text{Power Tersedia (Pwr Xpdr)}} \times 100 \% \dots (3-18)$$



BAB IV

PERHITUNGAN DAN ANALISA *LINK BUDGET*

Link budget adalah kegiatan menghitung dari rencana power yang akan dipancarkan ke satelit dari stasiun bumi untuk mendapatkan suatu nilai C/N_{Total} dari suatu link. Perhitungan ini penting, karena berpengaruh terhadap desain peralatan stasiun bumi, terutama antena dan *uplink/downlink*.

Link budget yang dihitung adalah dari peralatan komunikasi satelit yang digunakan untuk siaran pada stasiun televisi. Sistem satelit ini digunakan untuk keperluan siaran langsung ataupun untuk mengirim informasi berupa video dan audio dari berbagai daerah di Indonesia. Stasiun bumi yang bergerak atau disebut dengan SNG (*Satellite News Gathering*) berada di beberapa kota besar yaitu Jakarta, Jogjakarta, Surabaya Makassar, Medan dan Jayapura, sementara perangkat *downlink* berada di stasiun pusat Jakarta Barat. Untuk transpondernya digunakan transponder Satelit Palapa C2 dengan operator satelit Indosat. Link budget menghitung antara *uplink* SNG Jakarta, Medan, dan Jayapura ke *downlink* stasiun bumi yang berada di Kedoya, Jakarta Barat..

4.1 Parameter *Input*

Parameter *Input* merupakan data yang memberikan kita informasi mengenai data dari perangkat transmisi atau penerima yang digunakan.

- Data modulator yang digunakan antara lain tipe modulasi, symbol rate, *information rate* dan FEC.
- Data stasiun merupakan data lokasi stasiun berdasarkan letak stasiun di permukaan bumi berdasarkan elevasi, azimuth dan jarak stasiun bumi pemancar dan stasiun bumi penerima ke satelit.

- Data antenna merupakan data antenna dan feeder yang digunakan, berisi tentang tipe antenna, diameter antenna, frekuensi yang dioperasikan dan efisiensi antenna.
- Data keadaan lingkungan berisi tentang keadaan lingkungan diantara stasiun pemancar dan penerima antara lain temperatur udara disekelilingnya seperti faktor cuaca.
- Data satelit merupakan data pattern coverage untuk EIRP, G/T dan SFD

Tabel 4.1 ini berisi data spesifikasi peralatan dan lokasi *uplink* dan *downlink* yang yang dibutuhkan dalam perhitungan Link Budget.

Tabel 4.1 Spesifikasi Peralatan Transmisi SNG dan Satelit Palapa C2

DATA SPESIFIKASI PERALATAN TRANSMISI SNG DAN SATELIT					
	Lokasi	Jakarta	Medan	Jayapura	Jakarta
Antena	Type	Offset Fed	Focal Fed	Offset Fed	Offset Fed
	Diameter (m)	1,9	1,5	1,5	3,8
	Gain (dBi)	39,8	37,4	37,4	41,7
	Efisiensi	0,55	0,65	0,65	0,62
	Frekuensi (MHz)	6143	6143	6143	3918
	Waveguide (m)	1,5	1,5	1,5	-
	Waveguide Loss (db/m)	0,3	0,3	0,3	-
Koordinat	Latitude	-0,613	0.358	-0.253	-0,613
	Longitude	-106,75	-98.65	-140,72	-106,75
	Azimuth	45,52	103.75	274,79	45,52
	Elevasi	79,75	72.69	57,46	79,75
Pattern Satelit	G/T (dB/K)	1	1	-3	
	EIRPsat (dB)	37	37	39	
	G/Tsaturasi (dB/K)	-2,5	-2,5	-2,5	
	SFD (dB/m ²)	-95	-95	-95	
Modulator	Symbol Rate (Mbps)	3500	3500	3500	
	FEC	7/8	3/4	3/4	
	QPSK	2	0,35	2	
	BW occ (MHz)	4,48	4,725	4,48	
HPA	Power (W)	125	200	175	

4.2 Parameter Output.

Parameter output merupakan data yang dapat memberikan informasi mengenai keandalan sistem yang diterapkan. Data ini digunakan pula untuk memantau keandalan sistem yang bekerja, yang berupa :

- Data stasiun bumi antara lain gain antena, G/T dan EIRP.
- Data loss propagasi gelombang radio antara lain free space loss (FSL) dan interferensi antar satelit serta pointing error.
- Data bandwidth untuk carrier digital yang digunakan.
- Data C/N (Carrier to Noise ratio) merupakan data kekuatan sinyal yang diterima dibandingkan total noise dipenerimanya.
- Data keandalan sistem adalah data-data perhitungan keandalan dari sistem yang diinginkan adalah BER 10^{-5} ($E_b/N_o = 10,3$ dB)

4.3 Perhitungan Link-Budget

a) UPLINK :

Untuk *Uplink* diambil sample data dari 3 kota besar di Indonesia

1. Jarak Satelit ke SNG

$$\text{Rumus : } d = \sqrt{(R_E + H)^2 - (R_E \cos E)^2} - R_E \sin E$$

Perhitungan untuk jarak antara SNG Jakarta ke satelit Palapa C2 :

$$E = 79,75^\circ$$

$$H = 35786 \text{ Km}$$

$$R_E = 6378 \text{ Km}$$

$$d = \sqrt{(6378 + 35786)^2 - (6378 \cos 79,75)^2} - 6378 \sin 79,75$$

$$= 42148,722 - 6276,21$$

$$= 35872,51 \text{ Km}$$

Dengan perhitungan yang sama, jarak satelit ke SNG di lokasi lainnya terdapat pada tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Tabel data lokasi dan hasil perhitungan

JARAK SATELIT KE SNG				
Lokasi SNG	E (°)	H (Km)	R _E (Km)	D (Km)
Jakarta	79,75	35.786	6.378	35.872,51
Medan	72,69	35.786	6.378	36.032,14
Jayapura	57,46	35.786	6.378	36.656,45

Analisa Data Tabel 4.2 :

Dari perhitungan didapat jarak dari stasiun bumi ke satelit sesuai dengan letak satelit bumi berada, ini dikarenakan dipengaruhi oleh sudut elevasi yang berbeda yang dihitung dari arah horizontal bumi. Besarnya harga elevasi ini tergantung kepada latitude stasiun bumi dan beda longitude antara titik stasiun dengan longitude titik sub-satelitnya (titik equator yang persis berada di bawah satelitnya). Semakin besar derajat elevasinya maka semakin dekat jarak ke satelitnya. Dari data dapat dilihat jarak terdekat adalah Jakarta dan titik terjauh adalah Jayapura. Letak posisi satelit Palapa C2 terletak disekitar kota Sampit Kalimantan.

2. Free Space Loss

Rumus : $FSL = 20 \log(4\pi x F x d / C)$

Perhitungan untuk SNG Jakarta :

$$\Pi = 3,14$$

$$F = 6143 \text{ MHz} = 6143 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$d = 35.872,51 \text{ Km} = 35.872,51 \times 10^3 \text{ m (dari tabel 4.2)}$$

$$C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$FSL_{Up} = 20 \log (4 \times \Pi \times F \times R / C)$$

$$= 20 \log (4 \times 3,14 \times 6143 \times 10^6 \times 35.872,51 \times 10^3 / 3 \times 10^8)$$

$$= 20 \log (9,23 \times 10^9)$$

$$= 199,30 \text{ dB}$$

Dan dengan cara perhitungan yang sama didapat untuk *Uplink* SNG yang lain pada table 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4.3 Tabel data dan Hasil perhitungan FSL *Uplink* dan *Downlink*

FREE SPACE LOSS <i>UPLINK</i>					
Lokasi SNG	Π	F (MHz)	d (Km)	C (m/s)	FSL (dB)
Jakarta	3,14	6143	35.872,51	3×10^8	199,30
Medan	3,14	6143	36.032,14	3×10^8	199,34
Jayapura	3,14	6143	36.656,45	3×10^8	199,49

Analisa perhitungan pada Tabel 4.3 :

Sebagian besar dari rugi alur terjadi karena penyebaran sinyal, rugi ini bisa disebabkan penyerapan dan penyebaran sinyal yang terjadi ketika sinyal tersebut lewat melalui troposfer dan ionosfer. Dari data dapat dilihat bahwa rugi ini akan sebanding dengan panjang alur transmisinya, yang pada sebelumnya dianalisa bahwa ini tergantung pada sudut elevasi dari antenna bumi.

3. Pointing Error

Rumus : $PE = 12 \left(\frac{\theta}{\theta_3} \right)^2$ (dB) , $\theta_3 = 20 / (fD)$

Perhitungan untuk SNG Jakarta :

$$f = 6,143 \text{ GHz}$$

$$D = 1,5 \text{ m} \quad \theta = 0,07$$

$$\theta_3 = 20 / (6,143 \times 1,9)$$

$$= 20 / 11,672$$

$$= 1,714$$

$$PE_{up} = 12 \left(\frac{\theta}{\theta_3} \right)^2$$

$$= 12 (0,07/1,714)^2$$

$$= 12 \times 1,668 \times 10^{-3}$$

$$= 0,02 \text{ dB}$$

Begitu juga dengan cara yang sama didapat hasil perhitungan untuk *Uplink* SNG yang lain pada table 4.4 berikut :

Tabel 4.4 Tabel data dan hasil perhitungan untuk pointing error

POINTING ERROR <i>UPLINK</i>					
Lokasi SNG	F (GHz)	D (m)	θ_3	θ	PE (dB)
Jakarta	6,143	1,9	1,714	0,07	0,02
Medan	6,143	1,5	2,17	0,07	0,012
Jayapura	6,143	1,5	2,17	0,07	0,012

Analisa perhitungan Tabel 4.4 :

Pointing error yang dihasilkan akibat gerakan satelit ini berbanding lurus dengan diameter antena yang stasiun bumi yang digunakan. Semakin luas antena maka pointing error yang dihasilkan juga semakin besar, ini dikarenakan makin besar atau lebar berkas.

4. Gain Antena *Uplink*

Rumus : $G = 10 \text{ Log } (\mu) + 20 * \text{Log } (\pi D f / C)$

Perhitungan untuk spesifikasi antena SNG Jakarta :

$$\mu = 0,55$$

$$\pi = 3,14$$

$$D = 1,9 \text{ m}$$

$$f = 6143 \text{ MHz}$$

$$C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned}
 G &= 10 \text{ Log } (0,55) + 20 * \text{Log } (3,14 \times 1,9 \times 6143 \times 10^6 / 3 \times 10^8) \\
 &= -2,596 + 41,739 \\
 &= 39,143 \text{ dBi}
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama, gain antena pada SNG yang lain terdapat pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Data Spesifikasi dan hasil perhitungan gain antenna

GAIN ANTENA						
Lokasi SNG	Efisiensi μ	π	Diameter (m)	Frekuensi (MHz)	C (m/s)	Gain _T (dBi)
Jakarta	0,55	3,14	1,9	6143	3×10^8	39,143
Medan	0,65	3,14	1,5	6143	3×10^8	37,815
Jayapura	0,65	3,14	1,5	6143	3×10^8	37,815

Analisa hasil perhitungan Tabel 4.5 :

Dari tabel tersebut terlihat bahwa besarnya Gain antenna sangat dipengaruhi oleh diameter antenna dan frekuensi yang digunakan, semakin besar diameter dan frekuensinya maka semakin besar pula daya antenna baik untuk memancarkan atau menerima sinyal. Ukuran diameter 1,5 – 1,9 adalah ukuran standar yang dipakai di Indonesia, ini disesuaikan dengan daya pancar pada satelit dan frekuensi yang digunakan.

5. EIRP Antena SNG

Rumus : $EIRP = P_T - \text{Feeder Loss} + G_T$

Perhitungan untuk SNG Jakarta :

$P_T = 125 \text{ W}$, diubah ke dB

$P_T = 10 \log(125)$

$= 20,969 \text{ dBW}$

$G_T = 39,143$

Wave guide loss = $1,5 \text{ m} \times 0,3/\text{m} = 0,45 \text{ dB}$

$EIRP_{SNG} = P_T - \text{Feeder loss} + G_T$

$= 20,969 - 0,45 + 39,143$

$= 59,662 \text{ dBW}$

Maka, dengan cara perhitungan yang sama hasil yang didapat untuk SNG yang lain terdapat pada tabel 4.6 berikut :

Tabel 4.6 Tabel data power dan gain antenna hasil perhitungan $EIRP_{SNG}$

EFFECTIVE ISOTROPIC RADIATED POWER							
Lokasi	P_T (W)	P_T (dBW)	WG (m)	WG loss (dB/m)	WG Loss (dB)	G_T (dBi)	EIRP (dBW)
Jakarta	125	20,969	1,5	0,3	0,45	39,143	59,662
Medan	200	23,01	1,5	0,3	0,45	37,815	60,375
Jayapura	175	22,43	1,5	0,3	0,45	37,815	59,795

Analisa hasil perhitungan Tabel 4.6 :

Daya radiasi isotropis efektif (EIRP) ini tergantung dengan daya isotropis antenna (Gain LNB). Semakin besar daya pancar isotropis antenna maka daya pancar pada HPA stasiun bumi bisa minimal. Namun bila jika dipunyai daya isotropis antenna yang kecil maka daya EIRP bisa dimaksimalkan dengan meninggikan power pada HPA. Daya radiasi isotropis efektif yang dihasilkan pada masing-masing stasiun bumi yaitu sekitar 59,662 dBW lebih besar dari daya radiasi isotropis satelit Palapa C2 yang sekitar 37 dBW – 39 dBW, $EIRP_{SNG}$ harus lebih besar dari EIRPsaturasi dari satelit dikarenakan power tersebut kemungkinan akan berkurang dikarenakan rugi-rugi pada jalur transmisi.

6. G/T Antena SNG

$$G/T_{SAT} = 1 \text{ dB/}^{\circ}\text{K}$$

(Dari countour footprint satelit, satelindo)

7. Carrier To Noise Rasio *Uplink*

$$\text{Rumus : } C/N_{UP} = EIRP - FSL_{UP} - PE - L_{RAIN} + G/T_{SAT} - K$$

Perhitungan untuk SNG Jakarta :

$$EIRP = 59,662 \text{ dBW}$$

$$FSL_{UP} = 199,30 \text{ dB}$$

$$PE = 0,02 \text{ dB}$$

$$L_{RAIN} = 0 \quad (\text{semua data diambil pada keadaan cerah})$$

$$K = -228,6 \text{ dBW/}^{\circ}\text{K/Hz}$$

$$\begin{aligned} C/N_{up} &= 59,662 - 199,30 - 0,02 - 0 + 1 - (-228,6) \\ &= 89,942 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dan berikut pada Tabel 4.7 hasil dari C/No dari SNG yang lain dengan cara perhitungan yang sama :

Tabel 4.7 Hasil perhitungan C/N *Uplink*

C/N UPLINK							
Lokasi	EIRP (dBW)	FSL (dB)	PE (dB)	LRAIN (dB)	G/T _{SAT} (dB/K)	K (dBWK/Hz)	C/No (dB)
Jakarta	59,662	199,30	0,02	0	1	-228,6	89,942
Medan	60,375	199,34	0,012	0	1	-228,6	90,623
Jayapura	59,795	199,49	0,012	0	1	-228,6	89,893

Analisa hasil perhitungan pada Tabel 4.8 :

Perbandingan antara kuat sinyal terhadap derau (C/No) berkisar antara 89,893 dB – 90,623 dB, besarnya kuat sinyal terhadap derau tergantung dengan daya pancar isotropis yang berasal dari antenna SNG masing-masing, semakin besar nilai EIRPnya maka semakin kuat sinyal tersebut terhadap derau yang dihasilkan dari rugi-rugi jalur transmisi.

b) DOWNLINK

Perhitungan untuk penerima stasiun bumi di Kedoya Jakarta :

1. Menghitung EIRP satelit

a). Mencari Nilai Power Flux Density

$$PFD = EIRP_{SNG} - FSL_{UP} - PE_{UP} - L_{RAIN} + G_1$$

$$EIRP_{SNG} = 59,662 \text{ dBW}$$

$$FSL_{UP} = 199,30 \text{ dB}$$

$$PE_{UP} = 0,02 \text{ dB}$$

$$L_{RAIN} = 0 \text{ dB}$$

$$G_1 = 37 \text{ dBi}$$

Perhitungan untuk SNG Jakarta :

$$\begin{aligned} PFD &= 59,662 - 199,30 - 0,02 - 0 + 37 \\ &= -102,658 \text{ dBW/m}^2 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk SNG hasil perhitungan PFD terdapat pada tabel 4.8 berikut :

Tabel 4.8 Data dan hasil perhitungan untuk PFD

Lokasi SNG	$EIRP_{SNG}$ (dBW)	FSL_{UP} (dB)	PE (dB)	L_{RAIN} (dB)	G_1 (dBi)	PFD (dBW/m ²)
Jakarta	59,662	199,3	0,02	0	37	-102,658
Medan	60,375	199,34	0,012	0	37	-101,977
Jayapura	59,795	199,49	0,012	0	37	--102,707

Analisa hasil perhitungan Tabel 4.8 :

Nilai Kerapatan daya (PFD) dari satelit ini tergantung dari nilai EIRP yang dipancarkan dari satelit dan dikurangi dengan rugi-rugi jalur transmisi.

b). Mencari $IBO_{CXR} = SFD - PFD$

Perhitungan untuk SNG Jakarta :

$$SFD_{SAT} = -95 \text{ dB} \quad (\text{SFD Satelit saturasi, Satelindo})$$

$$PFD = -102,658$$

$$\begin{aligned} IBO_{CXR} &= -95 - (-102,658) \\ &= 7,658 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$IBO_{AGG} = 6 \text{ dB}$$

$$OBO_{AGG} = 4,5 \text{ dB}$$

$$\begin{aligned} \text{c). } OBO_{CXR} &= IBO_{CXR} - (IBO_{AGG} - OBO_{AGG}) \\ &= 7,658 - (6 - 4,5) \\ &= 6,158 \text{ dB} \end{aligned}$$

Berikut dengan cara perhitungan yang sama untuk nilai OBO_{CXR} yang lain :

Tabel 4.9 Data dan Hasil Perhitungan OBO_{CXR}

OUTPUT BACKOFF						
Lokasi SNG	SFD_{SAT} (dB)	PFD (dBW/m ²)	IBO_{CXR} (dB)	IBO_{AGG} (dB)	OBO_{AGG} (dB)	OBO_{CXR} (dB)
Jakarta	-95	-102,658	7,658	6	4,5	6,158
Medan	-95	-101,977	6,977	6	4,5	5,477
Jayapura	-95	-102,707	7,707	6	4,5	6,207

Analisa Tabel 4.9 :

Dari hasil perhitungan yang dihasilkan Output Back Off bernilai sekitar 5,477dB – 6,207 dB. Berdasarkan karakteristik transfer daya dari TWT satelit, bahwa hasil perhitungan TWT beroperasi cukup jauh dari titik jenuh (saturasi). Ini berarti bahwa sistem bekerja di daerah linier yang berfungsi untuk memperkecil intermodulasi dari sinyal yang lain.

$$d). \text{EIRP}_{\text{CXR}} = \text{EIRP}_{\text{Satelit saturation}} - \text{OBO}_{\text{cxr}} \text{ (dBW)}$$

Perhitungan untuk SNG Jakarta :

$$\text{EIRP}_{\text{SAT}} = 37 \text{ dBW}$$

$$\text{OBO}_{\text{CXR}} = 6,158 \text{ dB}$$

$$\text{EIRP}_{\text{CXR}} = \text{EIRP}_{\text{SAT}} - \text{OBO}_{\text{CXR}}$$

$$= 37 - 6,158$$

$$= 30,842 \text{ dBW}$$

Demikian pula untuk SNG yang lain digunakan dengan cara yang sama, hasilnya pada tabel berikut :

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan EIRP_{SAT}

Lokasi SNG	EIRP_{SAT} (dBW)	OBO_{CXR} (dB)	EIRP_{CXR} (dBW)
Jakarta	37	6,158	30,842
Medan	37	5,477	31,523
Jayapura	37	6,207	30,793

Analisa hasil perhitungan Tabel 4.10 :

Besarnya daya pancar isotropis antenna satelit ini tergantung dari besarnya daya pancar isotropis yang berasal dari antenna SNG. Daya pancar yang berasal dari antenna SNG berkurang dikarenakan rugi-rugi pada jalur transmisi dan karena untuk penguatan yang digunakan pada TWT. Daya dari EIRP_{CXR} adalah daya yang akan dipancarkan kembali ke penerima stasiun bumi.

2. Free Space Loss

$$\text{Rumus : } \text{FSL}_{\text{DN}} = 20\text{Log}(4 \times \pi \times f \times d/C)$$

Perhitungan untuk Free Space antenna receiver stasiun bumi di Kedoya :

$$\Pi = 3,14$$

$$f = 3918 \text{ MHz}$$

$$d = 35.872,51 \text{ Km}$$

$$C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{FSL}_{\text{Dn}} &= 20\text{Log}(4 \times \pi \times f \times d / C) \\ &= 20\text{Log}(4 \times 3,14 \times 3918 \times 10^6 \times 35872,51 \times 10^3 / 3 \times 10^8) \\ &= 20\text{Log}(5,88 \cdot 10^9) \\ &= 195,39 \text{ dB} \end{aligned}$$

3. Pointing Error

$$\text{Rumus : PE} = 12 (\theta / \theta_3)^2 \text{ (dB) , } \theta_3 = 20 / fd$$

Perhitungan untuk SNG Jakarta :

$$f = 3,918 \text{ GHz}$$

$$d = 3,8 \text{ m}$$

$$\theta_3 = 20 / 3,918 \times 3,8$$

$$= 20 / 14,89$$

$$= 1,34$$

$$\theta = 0,07$$

$$\begin{aligned} \text{PE}_{\text{DN}} &= 12 (\theta / \theta_3)^2 \\ &= 12 (0,07 / 1,34)^2 \\ &= 12 \times 2,73 \times 10^{-3} \\ &= 0,033 \text{ dB} \end{aligned}$$

4. Gain Antena Receiver

$$\text{Rumus : } G = 10 \text{ Log } (\mu) + 20 * \text{Log } (\pi f d / C)$$



Perhitungan :

$$\mu = 0,62$$

$$\pi = 3,14$$

$$d = 3,8 \text{ m}$$

$$f = 3918 \text{ MHz}$$

$$C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} G_T &= 10 \text{ Log } (0,62) + 20 * \text{Log } (3,14 \times 3,8 \times 3918 \times 10^6 / 3 \times 10^8) \\ &= -2,08 + 43,86 \\ &= 41,78 \text{ dBi} \end{aligned}$$

5. G/T antenna receiever

$$\text{Rumus : } G/T = G_T - 10 \text{Log}(T_{\text{sys}})$$

Perhitungan:

$$G_T = 41,78 \text{ dBi}$$

$$T_{\text{sys}} = 80 \text{ K (Tipikal untuk C-Band)}$$

$$\begin{aligned} G/T &= 41,78 - 10 \text{Log}(80) \\ &= 41,78 - 19,03 \\ &= 22,75 \text{ dB} \end{aligned}$$

6. C/No Down Link

$$\text{Rumus : } C/N_{\text{DN}} = \text{EIRP}_{\text{CXR}} - \text{FSL}_{\text{DN}} - \text{PE}_{\text{DN}} - L_{\text{RAIN}} + G/T - K$$

$$\text{EIRP}_{\text{CXR}} = 30,842 \text{ dBW}$$

$$\text{FSL}_{\text{DN}} = 195,39 \text{ dB}$$

$$\text{PE}_{\text{DN}} = 0,033 \text{ dB}$$

$$L_{\text{RAIN}} = 0 \text{ dB}$$

$$G/T = 22,75 \text{ dB}$$

$$K = -228,6 \text{ dBW/}^\circ\text{K/Hz}$$

$$\begin{aligned} C/No &= 30,842 - 195,39 - 0,033 + 22,75 - (-228,6) \\ &= 86,769 \text{ dB} \end{aligned}$$

Melalui perhitungan yang sama, maka didapat C/No Downlink untuk SNG yang lain seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.11 Hasil perhitungan C/No *Downlink* di setiap Lokasi SNG

C/No <i>Downlink</i>							
Lokasi SNG	EIRP _{CXR} (dBW)	FSL _{DN} (dB)	PE (dB)	L _{RAIN} (dB)	G/T _{SNG} (dB/K)	K (dBW/K/Hz)	C/No (dB)
Jakarta	25,838	195,39	0,033	0	22,75	-228,6	86,769
Medan	31,523	195,39	0,033	0	22,75	-228,6	87,450
Jayapura	30,793	195,39	0,033	0	22,75	-228,6	86,720

Analisa Perhitungan Tabel 4.11 :

Dari hasil perhitungan dapat dilihat, seperti pada saat transmit, bahwa nilai kuat sinyal terhadap derau (C/No) pada *downlink* juga dipengaruhi oleh rugi-rugi yang berada pada jalur transmisi. Dan juga seperti pada *Uplink*, bahwa kuat daya pancar juga tergantung dengan Daya pada antenna SNG, maka pada *Downlink* sinyal dikuatkan kembali oleh antenna penerima stasiun bumi. Semakin besar diameter dan efisiensi antenna maka daya kuat penerima juga semakin besar sehingga bisa mengurangi rugi-rugi pada jalur transmisi sehingga kuat sinyal yang diterima lebih besar.

c). BANDWIDTH

BW_{OCC} berbeda tergantung dari formulasi langsung modulator yang digunakan,
Digunakan encoder/modulator Tandberg :

$$\begin{aligned} BW_{OCC} &= \text{Symbol Rate} \times 1,28 \\ &= 3,5 \text{ MSymps} \times 1,28 \\ &= 4,48 \text{ MHz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BW_{OCC} &= 10\text{Log}(4,48 \times 10^6) \\ &= 66,51 \text{ dB-Hz} \end{aligned}$$

d). C/N TOTAL

$$\text{Rumus : } C/N_{\text{total}} = 1 / [1/10^{(C/No_{UP}/10)} + 1/10^{(C/No_{DN}/10)}]$$

Perhitungan untuk SNG Jakarta :

$$C/No_{Up} = 89,942 \text{ dB}$$

$$C/No_{Dn} = 86,769 \text{ dB}$$

$$\begin{aligned} C/N_{\text{total}} &= 1 / [1/10^{89,942/10} + 1/10^{86,769/10}] \\ &= 1 / [(1,014 \times 10^{-9}) + (2,104 \times 10^{-9})] \\ &= 1 / 3,118 \times 10^{-9} \\ &= 320,718 \times 10^6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C/N_{\text{total}} &= 10\text{Log} (320,718 \times 10^6) \\ &= 85,06 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dengan cara sama didapat nilai C/N_{total} untuk SNG yang lain pada tabel berikut :

Tabel 4.12 Nilai C/No Total

CARRIER TO NOISE RASIO				
Lokasi SNG	C/No Up (dB)	C/No DN (dB)	C/No Total	C/No Total (dB)
Jakarta	89,942	86,769	320,718 x 10 ⁶	85,060
Medan	90,623	87,450	375,178 x 10 ⁶	85,742
Jayapura	89,893	86,720	317,158 x 10 ⁶	85,013

Analisa Tabel 4.12 :

Kuat sinyal terhadap derau total (C/No Total) dihasilkan dari penjumlahan kuat sinyal yang didapat pada saat *Uplink* dan pada saat *Downlink*. C/No Total ini digunakan untuk menentukan keandalan sistem.

4.4 Link Margin

a) Link Margin yang tersedia

$$\text{Available Eb/No (dB)} = \text{C/No Total (dB)} - 10 \log (\text{Bit rate KB} \times 10^3)$$

Perhitungan *Link Margin* untuk SNG Jakarta :

$$\begin{aligned} \text{Available Eb/No} &= 85,060 - 10 \log (5600 \times 10^3) \\ &= 85,060 - 67,48 \\ &= 17,58 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\text{Required Eb/No} = 9,6 \text{ dB}$$

$$\begin{aligned} \text{Available Link Margin} &= \text{Available Eb/No} - \text{Required Eb/No} \\ &= 17,58 - 9,6 \\ &= 7,98 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dan dengan cara yang sama, *Link Margin* yang didapat pada SNG yang lain adalah sebagai berikut :

Tabel 4.13 Tabel *Link Margin* yang tersedia

Available Link Margin							
Lokasi	C/No _{Total} (dB)	FEC	Bit rate (Kbps)	10Log(Bit Rate $\times 10^3$)	Eb/NoAvl (dB)	Eb/NoReq (dB)	Avl Link Margin
Jakarta	85,060	3/4	5600	67,48	17,580	9,6	7,980
Medan	85,742	7/8	5600	67,48	18,262	9,6	8,662
Jayapura	85,013	3/4	4800	66,81	18,203	9,6	8,603

Analisa Tabel 4.13 :

Link margin ini menentukan keandalan suatu system link. Besarnya Available *Link Margin* ini tergantung dari kuat sinyal terhadap derau (C/No) , Forward Error Rate dan Kecepatan Data yang digunakan. Semakin bagus perbandingan kuat sinyal terhadap derau, FEC dan Bit Rate yang tinggi maka Available *Link Margin* akan semakin lebar. Dari data dapat dianalisa, untuk mendapatkan Link Margin yang lebar dibutuhkan EIRP_{SNG} yang besar pula. Untuk penerima dibutuhkan energi bit terhadap noise (Eb/No) sebesar 9,6 dB, sesuai dengan modulasi yang digunakan. Dari hasil perhitungan didapat Available *Link Margin* yang positif yang berarti bahwa sistem sudah memenuhi standar minimum sebesar 9,6 dB, ini berarti bahwa desain sistim transmisi dari daerah ke pusat sudah baik.

b) Link Margin sebenarnya

$$Eb/No \text{ (dB)} = Eb/No \text{ Acc} - Eb/No \text{ Req}$$

Perhitungan untuk SNG Jakarta :

$$BER \text{ yang diterima} = 2 \times 10^{-7}$$

Dari grafik pada Gbr 3.14 dengan BER = 2×10^{-7}

Maka Eb / No (dB) = 11 dB

Maka Link Margin yang sebenarnya diperoleh :

$$Eb/No \text{ (dB)} = 11 - 9,6$$

$$= 1,4 \text{ dB}$$

Tabel 4.14 Tabel *Link Margin* yang sebenarnya

<i>Link Margin</i>					
Lokasi	BER Acc	BER Req	Eb/NoAcc (dB)	Eb/NoReq (dB)	<i>Link Margin</i>
Jakarta	2×10^{-7}	1×10^{-5}	11,0	9,6	1,4
Medan	4×10^{-7}	1×10^{-5}	10,5	9,6	0,9
Jayapura	1×10^{-7}	1×10^{-5}	11,2	9,6	1,6

Analisa Tabel 4.14 :

Tabel di atas didapat dari nilai Bit Error Rate (BER) yang diterima dikurangi dengan Bit Error Rate (E_b/N_0) yang diinginkan. Besarnya BER ini bias diatur dengan menambah atau mengurangi power dari SNG. Agar system transmisi berada di daerah yang stabil, maka BER yang diterima harus lebih besar dari BER yang dibutuhkan ($BER > 10^{-5}$). Dari grafik pada gambar 3.14, dengan nilai BER minimum 10^{-5} atau E_b/N_0 minimum 9,6 dB, maka sistem pemancaran dan penerimaan akan dianggap stabil atau aman jika nilai $E_b/N_0 > 10$ dB. Dari data diperoleh E_b/N_0 berkisar 10,5 dB – 11,2 dB, dengan nilai Link Margin antara 0,9 dB – 1,6 dB.

c) Loss Margin

$$\text{Loss Margin (dB)} = E_b/N_0 \text{ Avl} - E_b/N_0 \text{ Acc}$$

Untuk SNG Jakarta

$$\begin{aligned} \text{Loss Margin} &= 17,580 - 11,0 \\ &= 6,580 \text{ dB} \end{aligned}$$

Tabel 4.15 Loss Margin

Loss Margin			
Lokasi	$E_b/N_0 \text{ Avl}$ (dB)	$E_b/N_0 \text{ Acc}$ (dB)	<i>Loss Margin</i> (dB)
Jakarta	17,580	11,0	6,580
Medan	18,262	10,5	7,762
Jayapura	18,203	11,2	7,003

Analisa Tabel 4.15

Dari tabel dapat dilihat perbedaan hasil yang didapat antara nilai E_b/N_0 yang tersedia berdasarkan perhitungan dengan kenyataan di lapangan. Perbedaan yang diperoleh antara 6,58 dB – 7,762 dB yang berupa loss pada system transmisi. Loss ini dapat terjadi antara sistem pemancar atau pada penerimaan. Loss yang besar dapat diketahui dengan pemakaian power yang berlebihan.

Cara mengetahui penyebab loss dapat dilakukan dengan beberapa cara :

- a. Melakukan pengecekan perangkat Uplink
Kemungkinan adanya kebocoran pada waveguide yang digunakan, perubahan pointing antenna, atau karena perangkat yang tidak berfungsi dengan baik
- b. Melakukan pengecekan Sinyal Frekuensi
Dilakukan pengecekan carrier atau sinyal modulasi, apakah ada interferensi atau gangguan dari frekuensi lain.
- c. Melakukan pengecekan perangkat Downlink
Adanya kemungkinan perubahan pointing antenna penerima, juga karena perangkat yang tidak berfungsi dengan baik

4.5 Pemakaian Power

Rumus :

$$\% \text{ Pemakaian Power} = \frac{\text{Power Terpakai}}{\text{Power Tersedia (Pwr Xpdr)}} \times 100 \%$$

Perhitungan untuk SNG Jakarta :

$$P_T = 125 \text{ W}$$

$$OBO_{AGG} = 4,5 \text{ dB}$$

$$EIRP_{SATURASI} = 37 \text{ dBW}$$

$$EIRP_{SAT} \text{ Tersedia} = EIRP_{SATURASI} - 4,5$$

$$= 37 - 4,5$$

$$= 32,5 \text{ dBW}$$

$$EIRP_{SAT} \text{ TERSEDIA} = 1.778,28 \text{ W}$$

$$\% \text{ Pemakaian Power} = (125 / 1778,28) \times 100\% = 7,03 \%$$

Dan berikut hasil dari semua perhitungan persentase power SNG :

Tabel 4.16 Hasil perhitungan Pemakaian Power

PERSENTASE PEMAKAIAN POWER							
Lokasi SNG	P _T		OBO _{AGG} (dB)	EIRP _{SAT} (dBW)	EIRP _{SAT} Tersedia		Pemakaian Power (%)
	(dB)	(W)			(dBW)	(W)	
Jakarta	20,969	125	4,5	37	32,5	1.778,28	7,03
Medan	23,01	200	4,5	37	32,5	1.778,28	11,25
Jayapura	22,43	175	4,5	39	34,5	2.818,38	6,21

4.6 Pemakaian Bandwidth

Rumus :

$$\% \text{ Pemakaian Bandwidth} = \frac{\text{Bandwidth Terpakai}}{\text{Bandwidth Tersedia (BW Xpdr)}} \times 100 \%$$

Perhitungan untuk SNG Jakarta :

$$BW_{\text{OCC}} = 4,48 \text{ MHz}$$

$$BW_{\text{OCCXPDR}} = 36 \text{ MHz}$$

$$\% \text{ Pemakaian Bandwidth} = (4,48 / 36) \times 100 \%$$

$$= 12,44 \%$$

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Pemakaian Bandwidth

PERSENTASE PEMAKAIAN BANDWIDTH			
Lokasi SNG	BW _{OCC} (MHz)	BW _{OCCXPDR} (MHz)	Pemakaian BW (%)
Jakarta	4,48	36	12,44
Medan	4,48	36	12,44
Jayapura	4,48	36	12,44

Analisa untuk Tabel 4.16 dan Tabel 4.17 :

Berdasarkan dari hasil kedua tabel tersebut terlihat bahwa persentase pemakaian bandwidth lebih besar daripada persentase pemakaian power, maka sistem dikatakan

bandwidth limited. Apabila kondisi seperti ini dipertahankan maka dikatakan pemakaian transponder tidak optimum, yaitu power masih tersedia tetapi bandwidth sudah tidak tersedia. Kondisi pemakaian transponder optimum jika persentase pemakaian bandwidth dan power adalah sama.

Tabel 4.18 Rangkuman Perhitungan Link Budget

LINK PERFORMANCE					
SNG		Jakarta	Medan	Jayapura	Unit
Uplink Budget	Satelite SFD	-95	-95	-95	dBW/m ²
	IBOAGG	6	6	6	dB
	PFD	-102,658	- 101,077	- 102,707	dBW/m ²
	Gain	39,143	37,815	37,815	dB _i
	Uplink Path Loss	199,30	199,34	199,49	dB
	Carrier Up EIRP	59,662	60,375	59,795	dBW
	G/T Satelite	1	1	1	dB/°K
	Tx Pointing Error	0,02	0,012	0,012	dB
	C/N Uplink	89,942	90,623	89,893	dB
Downlink Budget	EIRP Saturasi	37	37	39	dBW
	OBOAGG	4,5	4,5	4,5	dB
	Carrier Down EIRP	30,842	31,523	30,793	dBW
	Downlink Path Loss	195,39	195,39	195,39	dB
	Rx Pointing Error	0,033	0,033	0,033	dB
	Clear Sky	37	37	37	dB
	G/T Downlink	22,75	22,75	22,75	dB/°K
	C/N Downlink	86,769	87,450	86,720	dB
	C/N Total	85,060	84,742	85,013	dB
Summary	Available Eb/No	17,580	18,262	18,203	dB
	Requires Eb/No	9,6	9,6	9,6	dB
	Available Link Margin	7,280	7,962	7,903	dB
	Link Margin	1,4	0,9	1,6	dB
	Loss Margin	6,580	7,762	7,003	dB
	% Xponder Power	7,03	11,25	6,21	%
	% Xponder Bandwidth	12,44	12,44	12,44	%

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari data dan analisa, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Desain sistem transmisi dengan satelit komunikasi Palapa C2 sudah cukup bagus, dengan nilai BER minimum 10^{-5} atau Eb/No minimum 9,6 dB. Dari data diperoleh Eb/No berkisar 10,5 dB – 11,2 dB, dengan nilai Link Margin antara 0,9 dB – 1,6 dB, maka sistem pemancaran dan penerimaan akan dianggap stabil atau aman karena nilai Eb/No > 10 dB.

Untuk memenuhi syarat Eb/No sebesar 9,6 dB dengan modulasi QPSK diperlukan perbandingan kuat daya terhadap derau total (C/No) minimal sebesar 84 dB

Untuk mendapatkan perbandingan kuat daya terhadap derau total (C/No) minimal sebesar 84 dB diperlukan daya pancar radiasi isotropis antenna SNG sebesar 59 dB dengan minimal diameter antenna 1,5 meter

Persentase pemakaian bandwidth lebih besar daripada persentase pemakaian power pada transponder, yang berarti system bandwidth limited. Akibatnya bandwidth pada transponder 6H pada satelit akan lebih dahulu habis, sedangkan powernya masih tersedia.

5.2 Saran

- a) Pemeliharaan perangkat Uplink dan Downlink SNG perlu diperhatikan untuk memaksimalkan kehandalan system transmisi. Begitu pula pada saat pengoperasian perangkat harus berhati hati dan sesuai dengan standar prosedur operasi, sehingga dapat mengurangi kegagalan sistem karena factor human error
- b) Penggunaan perangkat SNG saat ini sudah cukup, baik dari sisi downlink maupun uplink bila hanya untuk penggunaan keperluan News Broadcast. Namun untuk acara entertainment atau acara lain yang menggunakan input yang lebih rumit, maka diperlukan bandwidth yang lebih lebar serta antenna uplink dengan diameter lebih dari 1,5 meter dan antenna downlink dengan diameter lebih besar dari 3,8 meter.

DAFTAR REFERENSI

- 1) Roger L. Freeman, Radio System Design For Telecommunications (1 - 100GHz)
 , John Wiley & Sons, Inc, United States of America, 1987
- 2) Advent 1900 Antenna Operation Hand book, Advent Communication, Preston
 Hill House, England
- 3) Ir Suhana, Shigeki Shoji, Buku Pegangan Teknik Telekomunikasi, PT Pradnya
 Paramita, Jakarta, Cetakan Kelima 1991
- 4) Ir Tiur L.H. Simanjuntak, Dasar - Dasar Telekomunikasi, PT Alumni, Bandung,
 2002
- 5) Ir Tiur L.H. Simanjuntak, Sistem Komunikasi Satelit, PT Alumni, Bandung 2004
- 6) Dennis Roddy, John Coolen, Electronic Communications, Third Edition, Reston
 Pbl. Com. Inc, 1984, Alih Bahasa oleh Ir. Kamal Idris, Komunikasi Elektronika,
 Jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1984
- 7) J. Indri Prijatmodjo, Budi Purwanto, Satellite System Overview & Link Budget,
 Engineering Course, PT Satelit Palapa Indonesia, 2002
- 8) Hermanudin, Karakteristik Payload Satelit Komunikasi untuk Aplikasi Broadband
 Multimedia, Jurnal Elektro Indonesia Nomor 6 ,Volume II , January 2003