

UNIVERSITAS INDONESIA

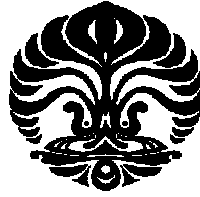
**ANALISA DAMPAK OPERASI SATELIT INCLINED
TERHADAP SISTEM TRANSMISI IDR
PADA SATELIT APSTAR IA DI INDONESIA**

SKRIPSI

RAHMAT BUYUNG HARDI

0606074243

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA DAMPAK OPERASI SATELIT INCLINED
TERHADAP SISTEM TRANSMISI IDR
PADA SATELIT APSTAR IA DI INDONESIA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

RAHMAT BUYUNG HARDI

0606074243

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2010**

i

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Rahmat Buyung Hardi

NPM : 0606074243

Tanda Tangan :

Tanggal : 13 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Rahmat Buyung Hardi
NPM : 06 06 07 42 43
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisa Dampak Operasi Satelit Inclined Terhadap Sistem Transmisi IDR pada Satelit Apstar 1A di Indonesia

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Arifin Djauhari, M.T.

Penguji : Dr. Abdul Halim, M.Eng.

Penguji : Filbert Hilman Juwono, S.T., M.T.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Juni 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas segala rahmat dan hidayat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Saya menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Arifin Djauhari, M.T. selaku pembimbing skripsi ini yang telah meluangkan waktunya dan memberikan masukan-masukan selama bimbingan;
2. Ayah, Ibu, dan keluarga besar yang selalu memberikan doa dan memotivasi saya untuk selalu berusaha keras dan semangat dalam setiap pekerjaan yang dilakukan;
3. PT. PSN pada umumnya dan Bapak Abdul Muhaimin pada khususnya yang telah mau berbagi pengetahuan, informasi, dan memberi saya kesempatan untuk memperdalam pengetahuan saya tentang satelit;
4. Teman – teman Teknik Elektro Universitas Indonesia angkatan 2006 yang selalu memberikan inspirasi, kalian sangat luar biasa;
5. Dan seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juni 2010

Rahmat Buyung Hardi

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rahmat Buyung Hardi
NPM : 0606074243
Program studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ANALISA DAMPAK OPERASI SATELIT INCLINED
TERHADAP SISTEM TRANSMISI IDR
PADA SATELIT APSTAR IA DI INDONESIA**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta sebagai pemegang Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 13 Juni 2010

Yang menyatakan

Rahmat Buyung Hardi

ABSTRAK

Nama : Rahmat Buyung Hardi
Program Studi: Teknik Elektro
Judul : Analisa Dampak Operasi Satelit Inclined terhadap Sistem Transmisi IDR pada Satelit Apstar IA di Indonesia

Satelit Apstar IA merupakan satelit komunikasi geostasioner yang dilengkapi dengan bahan bakar roket untuk proses *station-keeping*. Proses *station-keeping* pada satelit Apstar IA diperlukan untuk melakukan koreksi posisi orbit. Pengurangan frekuensi *station-keeping* menyebabkan perubahan orbit satelit sehingga posisi satelit tidak stabil. Ketidakstabilan posisi satelit menyebabkan ketidakstabilan kualitas sistem komunikasi satelit karena adanya rugi pengarahan pada antena stasiun bumi. Perhitungan *link budget* berfungsi untuk menganalisis pengaruh ketidakstabilan posisi satelit terhadap kualitas sistem dan menentukan periode *tracking* yang tepat dari antena stasiun bumi.

Kata kunci :
Kualitas sistem, rugi pengarahan, dan periode *tracking*.

ABSTRACT

Name : Rahmat Buyung Hardi
Study Program : Electrical Engineering
Title : Analysis The Effects of Inclined Satellite Operation to IDR
Transmission System on Apstar IA Satellite in Indonesia

Apstar IA is a geostationary satellite communication that is equipped by rocket fuel for station-keeping process. Station-keeping process on Apstar IA is needed to correct the orbit position. The reduction on satellite Apstar IA station-keeping frequency causing the change of satellite orbit with the result that position of satellite is unstable. The unstable of satellite position causing the quality of satellite communication system unstable because of miss alignment antenna in earth station. The function of link budget calculation are to analysis the effect of the unstability of satellite position to system quality and determine precise tracking periode of the antenna on earth station.

Key words:

System quality, pointing loss, and tracking periode.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS	
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GRAFIK	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Perumusan masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan masalah	2
1.5. Metodologi penulisan	3
1.6. Sistematika penulisan	3
BAB II SATELIT INCLINED DAN LINK BUDGET	4
2.1. Orbit inclinasi	4
2.2. Operasi <i>satelit inclined</i>	4
2.3. Dampak operasi <i>satelit inclined</i>	6
2.4. <i>Look angel</i>	6
2.4.1. Jarak dari stasiun bumi ke satelit	8
2.4.2. Sudut elevasi	8
2.4.3. Sudut azimuth	8
2.5. <i>Bandwidth transponder</i>	10

2.6.1. <i>Transmission rate (TR)</i>	10
2.6.2. <i>Symbol rate (SR)</i>	10
2.6.3. <i>Occupied bandwidth (BW occ)</i>	10
2.6.4. <i>Allocated bandwidth (BW all)</i>	11
2.6. <i>Bit Error Rate</i>	11
2.7. Konsep dasar lintasan satelit dan perhitungan <i>link budget</i>	11
2.7.1. Penguatan (<i>gain</i>) antena	12
2.7.2. Pola radiasi antena.....	13
2.7.3. <i>Effective isotropic radiated power</i>	15
2.7.4. <i>Path loss</i>	15
2.7.4.1. <i>Free space loss</i>	15
2.7.4.2. <i>Atmospheric loss</i>	15
2.7.5. <i>Figure of merit</i>	16
2.7.6. <i>Input back of dan output back off</i>	17
2.7.7. <i>Carrier-to-noise ratio (C/N)_T</i>	18
BAB III ANALISA DAMPAK PERUBAHAN POSISI ORBIT SATELIT TERHADAP SISTEM KOMUNIKASI SATELIT DAN PERHITUNGAN LINK BUDGET	19
3.1. Satelit Apstar IA.....	19
3.2. Dampak pergerakan <i>satelit inclined</i> terhadap <i>look angel</i> stasiun bumi	21
3.3. Dampak pergerakan <i>satelit inclined</i> terhadap penggunaan antena stasiun bumi yang berbeda	25
3.4. Perhitungan <i>link budget</i> jaringan IDR Jakarta-Balikpapan	27
3.4.1. Perhitungan bandwidth	27
3.4.2. Perhitungan C/N sistem	28
3.1. Perhitungan <i>link budget</i> jaringan IDR Palembang-Surabaya	33
3.2. Analisa kehandalan <i>link</i> Jakarta-Balikpapan	34
3.3. Analisa kehandalan <i>link</i> Surabaya-Palembang	36
BAB IV KESIMPULAN	39
DAFTAR REFERENSI	40
DAFTAR LAMPIRAN	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Orbit inclinasi	4
Gambar 2. 2 <i>Look angels</i> dari stasiun bumi ke satelit	7
Gambar 2. 3 <i>Longitude</i> dan <i>latitude</i> dari satelit dan stasiun bumi	8
Gambar 2. 4 Empat kondisi dalam menentukan besar sudut azimuth.....	9
Gambar 2. 5 Konsep dasar lintasan satelit komunikasi	12
Gambar 2. 6 Pola radiasi dengan (a) penggambaran polar (b) penggambaran Cartesian	14
Gambar 3. 1 Pembagian frekuensi transponder pada Apstar IA	19

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sudut azimuth untuk empat kondisi berbeda	9
Tabel 3. 1 Parameter stasiun bumi.....	21
Tabel 3. 2 <i>Pointing loss</i> pada beberapa ukuran diameter antena	25
Tabel 3. 3 <i>Look angel</i> SB pada <i>link</i> Jakarta-Balikpapan	29
Tabel 3. 4 Hasil perhitungan <i>link budget</i> untuk jaringan Jakarta-Balikpapan	33
Tabel 3. 5 Hasil perhitungan <i>link budget</i> untuk jaringan Surabaya-Palembang ...	33

DAFTAR GRAFIK

Grafik 3. 1	Posisi sub satelit harian Apstar 1 (a) <i>latitude</i> harian (b) <i>longitude</i> harian	20
Grafik 3. 2	Variasi Azimuth dari beberapa lokasi stasiun bumi dalam 24 jam...	23
Grafik 3. 3	Variasi Elevasi dari beberapa lokasi stasiun bumi dalam 24 jam.....	23
Grafik 3. 4	Jarak rata-rata stasiun bumi (SB) terhadap satelit (ST).....	24
Grafik 3. 5	Lt <i>uplink</i> pada ukuran antena yang berbeda	25
Grafik 3. 6	Lt <i>downlink</i> pada ukuran antena yang berbeda.....	27
Grafik 3. 7	Lt <i>uplink</i> dan <i>downlink</i> pada <i>link</i> Jakarta-Balikpapan	35
Grafik 3. 8	Pengaruh Lt total terhadap C/N total pada <i>link</i> Jakarta-Balikpapan .	36
Grafik 3. 9	Lt <i>uplink</i> dan <i>downlink</i> pada <i>link</i> Surabaya-Palembang	37
Grafik 3. 10	Pengaruh Lt total terhadap C/N total pada <i>link</i> Surabaya-Palembang	38

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Salah satu faktor yang membatasi usia dari satelit geostasioner adalah bahan bakar roket yang terdapat pada satelit tersebut. Bahan bakar roket ini berfungsi sebagai stabilisator atau pengkoreksi posisi orbit dari satelit diluar angkasa. Proses koreksi orbit ini dikenal dengan istilah *station-keeping*. Banyaknya gaya-gaya eksternal yang mempengaruhi satelit menyebabkan satelit bergerak ke arah utara-selatan dan timur-barat, dimana hal ini menyebabkan perubahan dari *latitude* dan *longitude* dari sub-satelit sepanjang waktu. Pada proses *station-keeping*, pengkoreksian pada arah utara dan selatan memakan banyak bahan bakar roket, yaitu sebesar 90 persen dari penggunaan bahan bakar keseluruhan.

Setelah sebuah satelit bekerja beberapa tahun, dimana penggunaan bahan bakar roket telah mencapai batasan tertentu karena penggunaan *station-keeping*, satelit akan menghadapi apa yang disebut dengan akhir masa hidupnya. Umumnya satelit-satelit yang sudah habis usianya tersebut akan dikeluarkan dari orbitnya dan menjadi sampah luar angkasa.

Namun pada dasarnya bagian *payload* dari satelit yang telah habis usianya ini masih lah efektif dan mampu bekerja untuk beberapa tahun lagi. Oleh karena itu, jika kita dapat mengurangi penggunaan *station-keeping* untuk arah utara dan selatan di beberapa tahun sebelum habisnya umur dari satelit, maka kita sebenarnya dapat memperpanjang usia dari satelit beberapa tahun lagi. Satelit dengan metode perpanjangan usia seperti ini lah yang disebut dengan *slightly inclined geostationary-satellite orbits* (SIGSO) atau umum juga disebut dengan *satelit inclined*.

Penggunaan *satelit inclined* dalam penyelenggaraan sistem komunikasi akan menghadapi beberapa masalah baru yang disebabkan karena tidak stabilnya posisi dari satelit, terutama posisi dari latitude-nya. Salah satu masalah baru yang akan dihadapi adalah *angular tracking*. Pada sistem komunikasi dengan *satelit inclined*, stasiun bumi dengan kemampuan *tracking* mutlak diperlukan untuk mengimbangi posisi dari satelit yang selalu berubah sehingga mengurangi

loss yang terjadi akibat tidak tepatnya pengarahannya dari stasiun bumi ke satelit. Dalam jaringan komunikasi, adanya *loss* akan mengurangi kualitas dari sinyal informasi.

Melihat adanya masalah baru pada sistem komunikasi *satelit inclined* maka diperlukannya perhitungan *link budget* untuk mengetahui seberapa besar masalah baru tersebut mempengaruhi kualitas dari jaringan komunikasi keseluruhan, sehingga penurunan kualitas sinyal hingga di bawah besaran *carrier-to-noise ratio* (C/N) minimal sebesar 10,42 dB untuk sistem transmisi *intermediate data rate* (IDR) dapat dicegah dengan menentukan periode *tracking* (penjejakan) antena yang tepat. Perhitungan *link budget* akan lebih terfokus pada pengaruh *satelit inclined*, yaitu *loss* yang terjadi akibat tidak tepatnya pengarahannya dari stasiun bumi ke satelit atau sering disebut dengan *pointing loss* (rugi pengarahannya).

1.2. Perumusan masalah

Pergerakan inclinasi satelit menyebabkan tidak stabilnya posisi orbit satelit relatif terhadap stasiun bumi sehingga memungkinkan adanya *pointing loss* atau *tracking loss*. *Tracking loss* disebabkan karena tidak tepatnya sinyal carrier yang dikirim atau diterima pada sisi boresight dari antena pengirim atau penerima. Adanya *tracking loss* ini akan mengurangi gain maksimum dari antena pengirim dan penerima. Perubahan *gain* maksimum dari antena akan menyebabkan tidak stabilnya EIRP dimana hal ini akan mempengaruhi kestabilan dari kualitas jaringan.

1.3. Tujuan

Skripsi ini bertujuan untuk menganalisis sistem operasi *satelit inclined* di Indonesia dengan melakukan perhitungan *link budget* untuk mengkaji dampaknya terhadap; kualitas sinyal dan rugi pengarahannya (*pointing loss*) pada sistem komunikasi satelit Apstar IA serta menentukan periode *tracking* antena stasiun bumi.

1.4. Batasan masalah

Kajian pada skripsi ini akan dibatasi pada pengaruh operasi *satelit inclined* terhadap kualitas sinyal pada sistem komunikasi satelit geostasioner di Indonesia yang diwakili oleh *link* Jakarta-Balikpapan dan Surabaya-Palembang. Data satelit yang di gunakan dalam perhitungan dan analisa adalah data satelit Apstar IA dan metode *tracking* antena yang digunakan adalah *step track*.

1.5. Metodologi penulisan

Metodologi yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah dengan melakukan studi literatur dengan cara mengumpulkan referensi pendukung dan melakukan perhitungan serta analisis berdasarkan referensi tersebut

1.6. Sistematika penulisan

Laporan ini dibagi menjadi empat bab, di mana pada masing-masing bab akan menjelaskan sebagai berikut:

1. Bab I: Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, pembatasan masalah, metodologi penulisan, dan sistematika penulisan skripsi ini.

2. Bab II: *Satelit Inclined* dan *Link Budget*

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai konsep dasar sistem komunikasi *satelit inclined* dan perhitungan *link budget*.

3. Bab III: Analisa Dampak Perubahan Posisi Orbit Satelit Terhadap Sistem Komunikasi Satelit dan Perhitungan *Link Budget*

Pada bab ini akan dijelaskan analisa lebih mendalam tentang dampak operasi *satelit inclined* dan pengaruhnya terhadap beberapa parameter jaringan dan performa jaringan komunikasi yang dibangun.

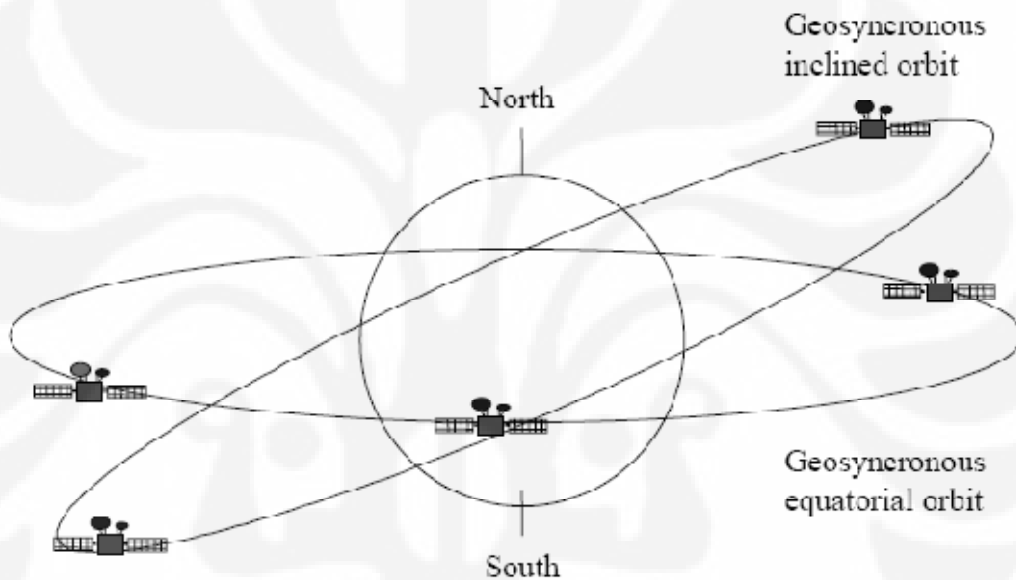
4. Bab IV: Kesimpulan

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari pembahasan skripsi ini.

BAB II SATELIT INCLINED DAN LINK BUDGET

2.1. Orbit inclinasi

Orbit inclinasi adalah satelit yang mengorbit pada suatu orbit yang membentuk sudut inclinasi (θ_i). Sudut inclinasi ini sendiri merupakan sebuah sudut yang berada di antara orbital plane dan equatorial plane dari bumi. Adanya sudut inclinasi ini menyebabkan pergerakan harian satelit geostasioner menjadi seperti angka delapan. Orbit inclinasi dapat dilihat seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Orbit inclinasi [4]

2.2. Operasi *satelit inclined*

Satelit baru yang ditempatkan secara tepat pada posisi orbitnya, yaitu orbit geostasioner, pada kenyataannya akan berangsur mengalami pergeseran posisi orbit. Pergeseran posisi orbit yang dimaksud disini meliputi perubahan bentuk orbit, perubahan bidang orbit, perubahan *latitude*, dan perubahan *longitude* satelit. Pergeseran posisi orbit tersebut ke arah utara-selatan dan timur-barat relatif terhadap garis *equator* bumi. Hal yang mempengaruhi pergeseran posisi orbit satelit ini terutama sekali disebabkan oleh adanya perubahan gaya eksternal. Perubahan gaya eksternal tersebut biasanya berasal dari pengaruh bulan dan

matahari. Pergeseran ini berlangsung secara kontinu atau terus menerus sepanjang waktu.

Untuk mengatasi masalah perubahan gaya eksternal ini, satelit pada orbit geostasioner dilengkapi dengan bahan bakar roket. Bahan bakar roket ini secara periodik akan digunakan untuk mengoreksi pergeseran posisi satelit dan penambahan sudut inclinasi yang bertambah sepanjang waktu. Proses koreksi yang dilakukan secara periodik ini dikenal dengan istilah *station-keeping*. *Station-keeping* bertujuan untuk menjaga kestabilan dari posisi satelit, dimana kestabilan posisi satelit diperlukan untuk menjaga kestabilan kualitas dari jaringan komunikasi satelit tersebut. Standar maksimum sudut inclinasi yang masih diperbolehkan untuk sebuah satelit geostasioner sudah diatur oleh International Telecommunication Union (ITU), dimana untuk satelit geostasioner pada frekuensi C-band harus mempertahankan posisi dari satelit tersebut berkisar antara $\pm 0,1^{\circ}$ relatif terhadap posisi satelit seharusnya.

Konsumsi bahan bakar roket pada proses koreksi orbit untuk arah utara-selatan berbeda dengan koreksi arah timur-barat. Untuk koreksi perubahan arah utara-selatan dihabiskan 90 persen dari konsumsi bahan bakar keseluruhan, sedangkan sisanya untuk arah timur-barat. Ketergantungan satelit orbit geostasioner pada bahan bakar roket ini dalam hal menciptakan kestabilan dari posisi satelit menyebabkan usia satelit juga tergantung dari banyaknya bahan bakar tersebut.

Setelah sebuah satelit bekerja beberapa tahun, dimana penggunaan bahan bakar roket telah mencapai batasan tertentu karena penggunaan *station-keeping*, satelit akan menghadapi apa yang disebut dengan akhir masa hidupnya. Umumnya satelit-satelit yang sudah habis usianya tersebut akan dikeluarkan dari orbitnya dan menjadi sampah luar angkasa. Namun pada dasarnya bagian *payload* dari satelit yang telah habis usianya ini masih lah efektif dan mampu bekerja untuk beberapa tahun lagi. Oleh karena itu, jika kita dapat mengurangi penggunaan *station-keeping* untuk arah utara dan selatan di beberapa tahun sebelum habisnya umur dari satelit, maka kita sebenarnya dapat memperpanjang usia dari satelit beberapa tahun lagi. Satelit dengan metode perpanjangan usia

seperti ini lah yang disebut dengan *slightly inclined geostationary-satellite orbits* (SIGSO) atau umum juga disebut dengan *satelit inclined*.

2.3. Dampak Operasi Satelit Incline

Sudut inclinasi yang besar dapat menyebabkan *gain* efektif dari antenna berkurang karena adanya *antenna misalignment loss* atau umum disebut juga *pointing loss* (L_t), yaitu tidak tepatnya sinyal diterima pada antenna penerima, sehingga membentuk sudut sinyal datang dengan *boresight* dari antenna penerima. Sudut itulah yang disebut dengan sudut *pointing loss*.

Semakin besar sudut *pointing loss* maka akan semakin besar pula faktor pengurang dari *gain* antenna penerima. Pengurangan *gain* maksimum karena adanya *pointing loss* dapat dirumuskan sebagai berikut:

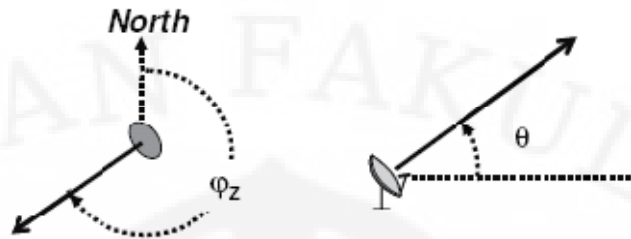
$$G(\theta)(dBi) = G_{\max}(dBi) - L_t(dBi) \quad (2.1)$$

Pengurangan *gain* maksimum inilah yang kemudian dapat mengganggu kestabilan dari EIRP. Hal tersebut karena EIRP merupakan perkalian dari daya yang dipancarkan dengan *gain* dari antenna.

Selain mengganggu kestabilan EIRP, sudut inclinasi yang besar dapat juga menyebabkan interferensi antara stasiun bumi. Banyaknya aplikasi yang menggunakan satelit sekarang ini menyebabkan sebuah antenna di stasiun bumi harus benar-benar mengarah ke satelit yang tepat, karena jika arah dari satelit tidak tepat arah polarisasi dari antenna bisa saja ke satelit yang lain dan terjadi interferensi.

2.4. Look Angel

Untuk mengevaluasi performa dan desain dari jaringan satelit diperlukan beberapa parameter kunci, yaitu jarak antara stasiun bumi dengan satelit (d) dalam satuan kilometer, sudut azimuth dari stasiun bumi ke satelit (ψ_z) dalam derajat, dan sudut elevasi dari stasiun bumi ke satelit (θ) dalam satuan derajat. Sudut azimuth dan elevasi umum di sebut dengan *look angles* dari stasiun bumi ke satelit. Sudut azimuth dan elevasi dapat dilihat dari Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Look angles dari stasiun bumi ke satelit [6]

Dalam menentukan parameter yang digunakan dalam mengevaluasi performa dan desain dari sistem komunikasi satelit diperlukan beberapa parameter masukan lagi, yaitu:

I_E : *longitude* dari stasiun bumi (derajat)

I_S : *longitude* dari satelit (derajat)

L_E : *latitude* dari stasiun bumi (derajat)

L_S : *latitude* dari satelit (derajat), diasumsikan bernilai nol untuk sudut inclinasi

sama dengan nol

H : *Altitude* (ketinggian) stasiun bumi dari permukaan laut (km)

Equatorial radius (r_e) : 6378,14 km

Geostationary radius (r_s) : 42164,17 km

Geostationary height (R_0) : $r_s - r_e = 35786$ km

Eccentricity dari bumi e_e : 0,08182

Penentuan posisi *longitude* dan *latitude* dapat dilihat seperti pada Gambar 2.3. Untuk penentuan *longitude*, sebelah timur Greenwich diberi tanda positif dan sebelah baratnya diberi tanda negatif, sedangkan pada penentuan *latitude* sebelah utara *Equator* diberi tanda positif dan sebelah selatannya diberi tanda negatif.



Gambar 2.3 Longitude dan latitude dari satelit dan stasiun bumi [6]

2.4.1. Jarak dari stasiun bumi ke satelit

Jarak (d) dari stasiun bumi ke satelit dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$d = \sqrt{R^2 + r_s^2 - 2Rr_s \cos(\psi_E) \cos(B)} \quad (2.2)$$

dengan,

$$\psi_E = \tan^{-1} \left(\frac{z}{I} \right) \quad (2.3)$$

$$z = \left(\frac{r_e (1 - e_e^2)}{\sqrt{1 - e_e^2} \sin(L_E - L_S)} + H \right) \sin(L_E - L_S) \quad (2.4)$$

$$I = \left(\frac{r_e}{\sqrt{1 - e_e^2} \sin(L_E - L_S)} + H \right) \cos(L_E - L_S) \quad (2.5)$$

dan

$$R = \sqrt{I^2 + z^2} \quad (2.6)$$

2.4.2. Sudut elevasi

Sudut elevasi dari stasiun bumi ke satelit dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{r_e + h_{GSO}}{d} \sqrt{1 - \cos^2(B) \cos^2(L_E - L_S)} \right) \quad (2.7)$$

2.4.3. Sudut azimuth

Sudut azimuth dari stasiun bumi ke satelit bisa kita dapatkan dengan menentukan besarnya *intermediate angle* (A_i), yaitu dengan persamaan:

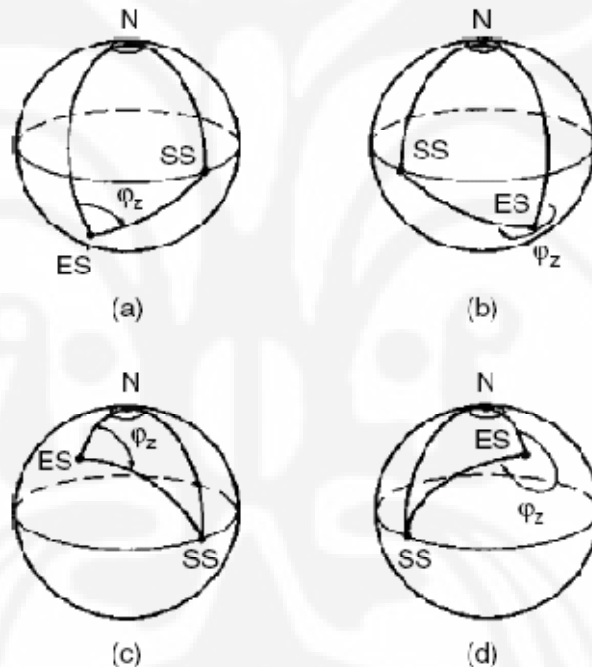
$$A_i = \sin^{-1} \left(\frac{\sin(|B|)}{\sin(\beta)} \right) \quad (2.8)$$

Dengan

$$|B| = |I_E - I_S| \quad (2.9)$$

$$\beta = \cos^{-1} [\cos(B) \cos(L_E - L_S)] \quad (2.10)$$

Setelah mendapatkan nilai dari *intermediate angle*, maka kita dapat menentukan nilai dari azimuth berdasarkan empat kondisi posisi dari stasiun bumi terhadap *subsattelite point*. Keempat posisi tersebut dapat dilihat seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Empat kondisi dalam menentukan besar sudut azimuth [6]

Sudut azimuth dari keempat kondisi di atas dapat ditentukan berdasarkan Table 2.1 di bawah ini.

Tabel 2. 1 sudut azimuth untuk empat kondisi berbeda [6]

Condition*	$\varphi_z =$	Figure 2.14
SS point is NE of ES	A_i	(a)
SS point is NW of ES	$360 - A_i$	(b)
SS point is SE of ES	$180 - A_i$	(c)
SS point is SW of ES	$180 + A_i$	(d)

2.5. Bandwidth Transponder

Bandwith adalah besarnya sebuah *channel* komunikasi yang besarnya merupakan pengurangan dari batas frekuensi tertinggi dengan frekuensi terendah. Ada beberapa parameter yang diperlukan dalam perhitungan *bandwidth*, yaitu *transmission rate*, dan *symbol rate*.

2.5.1. Transmission rate (TR)

Transmission rate merupakan kecepatan data secara teori yang dapat ditransmisikan ke rangkaian. *Transmission rate* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$TR = \frac{\text{inforate+aver head}}{\text{FEC code rate}} \quad (2.11)$$

Overhead disini merupakan data yang ikut ditransmisikan bersama *user data* dan memiliki fungsi seperti *channel separation*, *addressing*, dan *error control*.

2.5.2. Symbol rate (SR)

Symbol rate adalah banyaknya symbol yang ditransmisikan dalam satu detik. *Symbol rate* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SR = TR / n \quad (2.12)$$

2.5.3. Occupied bandwidth (BW occ)

Occupied bandwidth adalah besarnya *bandwidth* yang dibutuhkan untuk satu *channel* data. *Occupied bandwidth* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$BW_{occ} = SR(1 + \alpha) \quad (2.13)$$

Dengan α merupakan *roll off factor* dan pada skripsi ini diasumsikan sebesar 0,2.

2.5.4. Allocated bandwidth (BW all)

Allocated bandwidth adalah besarnya *bandwidth* yang dialokasikan untuk sebuah *channel* transmisi dan *band guard*-nya dalam sebuah *transponder*. *Allocated bandwidth* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$BW_{all} = SR(1 + \beta) \quad (2.14)$$

Dengan β merupakan *guard band* dan pada skripsi ini diasumsikan sebesar 20%.

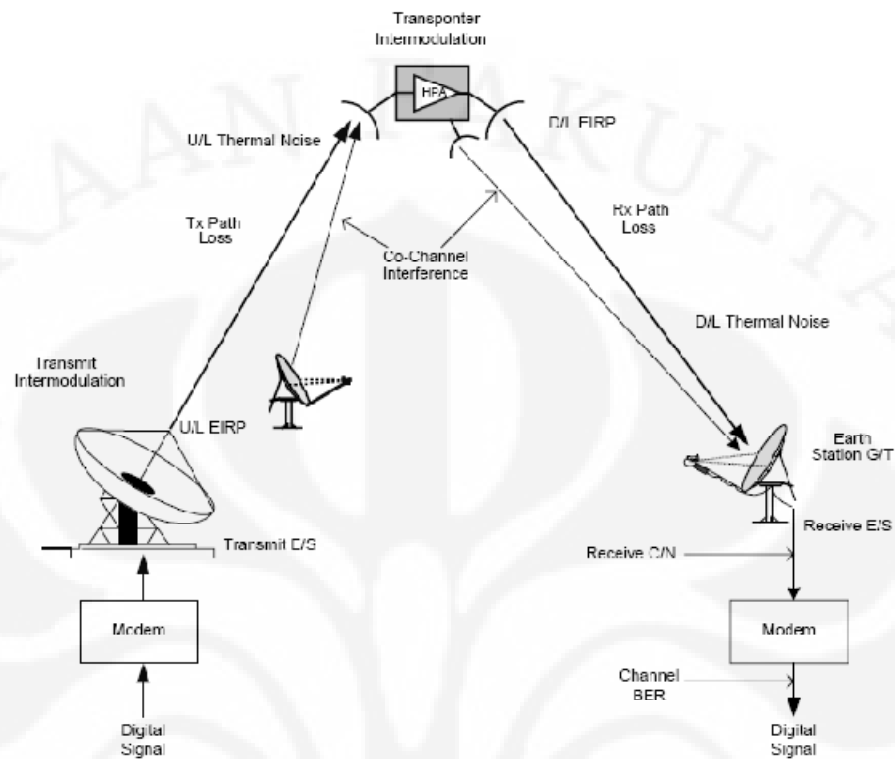
2.6. Bit Error Rate

Bit error rate (BER) adalah parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas dari sinyal yang dikirim dalam komunikasi digital. BER merupakan fungsi dari E_b/N_0 yang hubungan diantara keduanya sangat bergantung kepada tipe modulasi dan *forward error correction* (FEC) yang digunakan. Hubungan antara C/N dan E_b/N_0 itu sendiri dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C/N = 10 \log(TR / BW_{occ}) + E_b / N_0 \quad (2.15)$$

2.7. Konsep dasar lintasan jaringan komunikasi satelit dan perhitungan *link budget*

Perhitungan *link budget* adalah sebuah metoda perhitungan yang berguna untuk melihat performansi dari sebuah jaringan komunikasi pada umumnya, dan pada jaringan komunikasi satelit pada khususnya. Perhitungan *link budget* juga sangat penting dilakukan dalam perancangan sistem komunikasi satelit agar penggunaan *bandwidth transponder* lebih optimal dan menentukan konfigurasi sistem yang tepat. Konsep dasar lintasan jaringan komunikasi satelit dapat dilihat seperti pada Gambar 2.5. Sinyal pembawa yang dipancarkan stasiun bumi pengirim diterima oleh antena penerima satelit melalui lintasan *uplink* setelah sebelumnya mengalami redaman di lintasan. Selanjutnya sinyal pembawa tersebut diteruskan oleh antena pengirim satelit ke stasiun bumi penerima melalui lintasan *downlink*. Sama seperti pada lintasan *uplink*, sinyal yang diterima pada stasiun bumi penerima juga telah mengalami redaman lintasan.



Gambar 2. 5 Konsep dasar lintasan satelit komunikasi [4]

Kualitas dari sinyal yang diterima dapat dilihat dari besarnya *carrier-to-noise ratio* (C/N) yang diterima di stasiun penerima. Secara umum C/N dirumuskan sebagai berikut:

$$C / N = EIRP - L + G / T - 10 \log k B \quad (2. 16)$$

dimana,

C/N : *carrier-to-noise ratio* (dB)

EIRP : *equivalent isotropically radiated power* (dBW)

L : *transmission loss total* (dB)

G/T : *figure of merit* (dB⁰K)

B : *noise bandwidth* atau *occupied bandwidth* (Hz)

k : konstanta Boltzman (1,38x10⁻²³ W⁰K/Hz)

Persamaan di atas berlaku pada lintasan *uplink* dan *downlink*.

2.7.1. Penguatan (*gain*) antena

Penguatan (*gain*) antenna adalah perbandingan daya yang dipancarkan (diterima) suatu antenna terhadap antenna referensi dengan daya masukan yang sama. Antenna referensi yang digunakan adalah antenna isotropis yang memiliki penguatan satu kali (0 dB). Untuk komunikasi satelit, antenna yang biasa digunakan adalah antenna parabola. *Gain* dari antenna parabola dapat dirumuskan sebagai berikut:

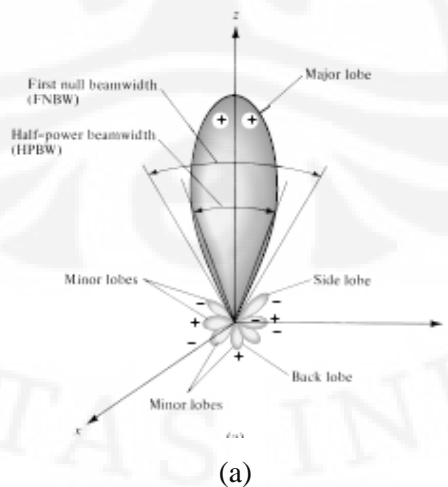
$$G = 10 \log \left[\eta \left(\frac{\pi f D}{c} \right)^2 \right] \quad (2.17)$$

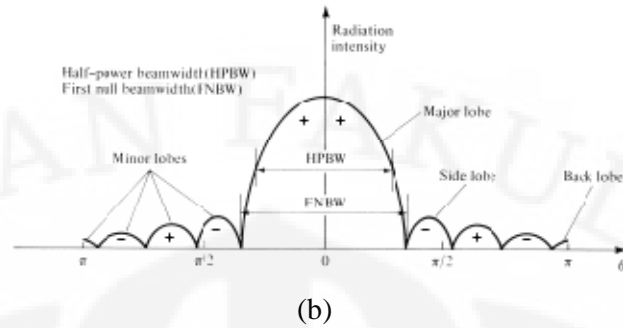
dimana:

- G : penguatan (gain) antenna (dBi)
- η : efisiensi antenna (50%-70%)
- f ; frekuensi kerja yang digunakan (Hz)
- D : diameter antenna (meter)
- c : kecepatan cahaya ($3 \cdot 10^8$ m/s)

2.7.2. Pola radiasi Antena

Pola radiasi dari sebuah antenna menunjukkan variasi penguatan antenna tersebut. Pola radiasi dari sebuah antenna parabola dapat dilihat seperti pada Gambar 2.6. Sebuah antenna parabola akan memiliki sebuah *major lobe* dan beberapa *side lobe*. Penguatan maksimum akan berada titik tengah atau *boresight* dari *major lobe*.





Gambar 2. 6 Pola radiasi dengan (a) penggambaran polar (b) penggambaran Cartesian [2]

Gain sebuah antenna penerima dipengaruhi oleh pola radiasi pancaran gelombang yang memiliki sudut ketajaman *half power beam width* (θ_{3dB}). Lebar dari *half power beam width* sebuah antenna dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\theta_{3dB} = \frac{70c}{fD} \quad (2.18)$$

Kerugian yang disebabkan karena ketidaktepatan sinyal *carrier* yang dikirim dan diterima pada *gain* maksimum antenna pengirim dan penerima, sepanjang berada di daerah *half power beam width*, disebut dengan *pointing loss*. *Pointing loss* (L_t) dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$L_t = 12 \left(\frac{\text{lossangel}}{\theta_{3dB}} \right)^2 \quad (2.19)$$

dengan *lossangel* merupakan sudut *pointing loss*.

Lossangel dari antenna pengirim atau penerima karena pergerakan inclinasi satelit pada selang waktu tertentu dapat dihitung dari perubahan sudut azimuth dan elevasi dari stasiun bumi pengirim atau penerima. *Lossangel* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{lossangel} = \sqrt{(\Delta\text{azimuth})^2 + (\Delta\text{elevasi})^2} \quad (2.20)$$

dengan

Δ azimuth : besarnya perubahan azimuth pada selang waktu tertentu

Δ elevasi : besarnya perubahan elevasi pada selang waktu tertentu

2.7.3. Effective isotropic radiated power

Effective isotropic radiated power (EIRP) adalah daya keluaran dari perangkat pada pemancar stasiun bumi atau satelit yang ditransmisikan secara isotropis dan efektif. EIRP dapat secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$EIRP = P_T + G_T \quad (2.21)$$

dengan

P_T : daya yang diumpangkan ke antena transmisi (dBW)

G_T : *gain* atau penguatan dari antena transmisi (dBi)

Pada sisi *uplink*, EIRP dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$EIRP = P_T + G_T - L_{Lx} - L_{TU} \quad (2.22)$$

sedangkan pada sisi *downlink* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$EIRP_D = EIRP_{ST} - OBO/cr \quad (2.23)$$

dengan

L_{Lx} : *Line loss* pada sisi Tx, diasumsikan sebesar 3 dB

L_{TU} : *Pointing loss uplink*

$EIRP_{ST}$: EIRP satelit dari *contour*

OBO/cr : *Output back off per carrier*

2.7.4. Path loss

Path loss (L_{PL}) adalah rugi lintasan yang disebabkan adanya redaman terhadap daya sinyal *carrier* keseluruhan sepanjang lintasan dari stasiun pengirim (Tx) ke stasiun penerima (Rx). *Path loss* memiliki dua komponen, yaitu *free space loss* (L_{FS}) dan *atmospheric loss* (L_A). *Path loss* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L_{PL}(dB) = L_{FS}(dB) + L_A(dB) \quad (2.24)$$

dengan

L_{FS} : *free space loss* (dB)

L_A : *atmospheric loss* (dB)

2.7.4.1. Free space loss

Free space loss (L_{FS}) atau redaman ruang bebas adalah redaman yang menyebabkan hilangnya energi yang dipancarkan oleh pemancar karena mengalami penyebaran gelombang radio ketika melintas di ruang bebas.

$$L_{FS}(dB) = 10 \log \left(\frac{4\pi Rf}{c} \right)^2 \quad (2.25)$$

Dengan

R : jarak antara stasiun bumi ke satelit (meter)

2.7.4.2. Atmospheric loss

Atmospheric loss (L_A) adalah redaman yang disebabkan karena adanya partikel-partikel di ruang bebas sehingga mempengaruhi level sinyal transmisi. L_A terdiri dari dua komponen, yaitu *atmospheric loss* yang disebabkan karena adanya gas-gas atmosfer (A_{AG}) dan *atmospheric loss* yang disebabkan karena adanya hujan (A_{RAIN}). Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L_A(dB) = A_{AG}(dB) + A_{RAIN}(dB) \quad (2.26)$$

dengan

A_{AG} : redaman gas-gas pada atmosfer (dB)

A_{RAIN} : redaman hujan (dB)

Pada skripsi ini A_{AG} diasumsikan sebesar 0.03 dB dan perhitungan dilakukan pada cuaca cerah, sehingga besarnya A_{RAIN} adalah nol.

2.7.5. Figure of merit

Figure of merit (G/T) adalah parameter yang digunakan untuk menunjukkan performansi dari perangkat penerima. (G/T) di bagi menjadi dua macam, yaitu *figure of merit* dari satelit $(G/T)_{\text{satelit}}$ dan stasiun bumi penerima $(G/T)_{\text{SB}}$. *Figure of merit* dari satelit merupakan perbandingan besarnya *gain* yang diterima oleh *input transponder* satelit dengan *noise temperatur*. $(G/T)_{\text{satelit}}$ diketahui dari karakteristik pada satelit yang bersangkutan. Sedangkan $(G/T)_{\text{SB}}$ merupakan perbandingan penguatan antenna dengan total *noise temperatur* pada sistem penerima. $(G/T)_{\text{SB}}$ dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\left(\frac{G}{T} \right)_{\text{SB}} (dBK^{-1}) = G_{Rv} - 10 \log(T) \quad (2.27)$$

dengan

G_{Rx} : penguatan antena pada stasiun bumi penerima

T : total *noise temperature* ($^{\circ}K$)

2.7.6. *Input back off dan output back off*

Penggunaan sinyal *carrier* lebih dari satu pada sebuah *transponder* dapat menyebabkan *distorsi intermodulasi*, dimana hal ini dapat menyebabkan berkurangnya kualitas dari jaringan satelit. *Distorsi intermodulasi* akan semakin besar terjadi apabila TWTA yang berfungsi sebagai penguat pada satelit bekerja pada daerah saturasi. Untuk mengurangi adanya *distorsi intermodulasi* tersebut maka TWTA diusahakan untuk selalu bekerja pada operasi linier. Oleh karena itu dikenal lah istilah *input backoff* (IBO) dan *output backoff* (OBO). *Input backoff* adalah selisih antara daya yang masuk dengan daya masukan TWTA pada operasi saturasi, sedangkan *output backoff* adalah selisih daya keluaran dengan daya keluaran TWTA pada operasi saturasi.

IBO per *carrier* (IBO/cr) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$IBO / cr = IBO_{aggregate} + 10 \log(\text{jumlah carrier}) \quad (2.28)$$

sedangkan OBO per *carrier* (OBO/cr) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$OBO / cr = OBO_{aggregate} + 10 \log(\text{jumlah carrier}) \quad (2.29)$$

Pada penulisan skripsi ini *IBO_{aggregate}* dan *OBO_{aggregate}* yang digunakan masing-masing sebesar 9 dB dan 4,5 dB.

2.7.7. *Carrier-to-noise ratio (C/N)*

Secara umum persamaan C/N telah dirumuskan oleh Persamaan 2.16.

Secara khusus, pada sisi *uplink* C/N dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$(C/N)_U = EIRP_U - L_{PU} + G/T_U - 10 \log(k) - 10 \log(BW_{occ} \times 1000) \quad (2.30)$$

Sedangkan C/N pada sisi *downlink* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$(C/N)_D = EIRP_D - L_{PD} + G/T_D - 10 \log(k) - 10 \log(BW_{occ} \times 1000) \quad (2.31)$$

2.7.8. *Carrier-to-noise ratio total (C/N)_T*

Pada sistem yang menggunakan *carrier* lebih dari satu pada sebuah *transponder* maka akan terjadi interferensi dan derau *intermodulasi* pada satelit. Interferensi terjadi karena adanya energi dari frekuensi radio (RF) yang tidak diinginkan pada penerima, sedangkan derau modulasi terjadi karena adanya karakteristik tidak linier pada penguat RF. Dengan demikian *link* keseluruhan dapat dirumuskan sebagai berikut:

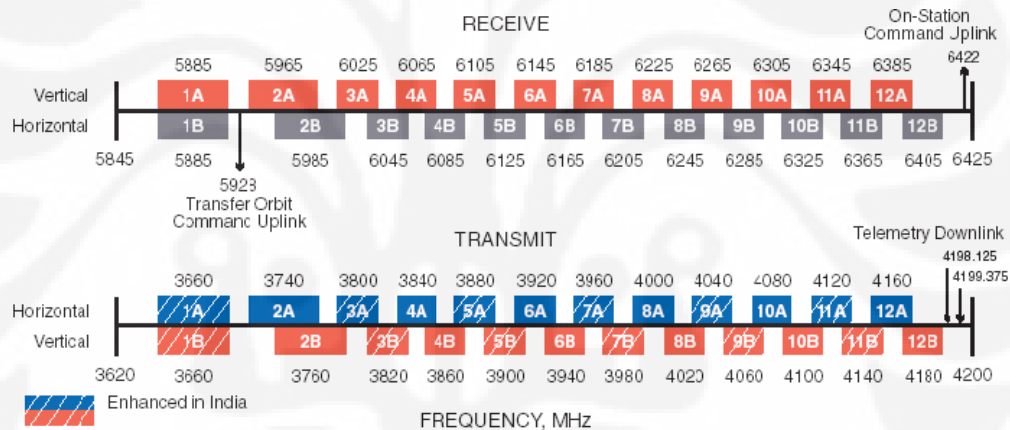
$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T^{-1} (\text{Hz}) = \left(\frac{C}{N_0}\right)_U^{-1} + \left(\frac{C}{N_0}\right)_D^{-1} + \left(\frac{C}{N_0}\right)_{IM}^{-1} + \left(\frac{C}{N_{oi}}\right)_U^{-1} + \left(\frac{C}{N_{oi}}\right)_D^{-1} \quad (2.32)$$

Pada skripsi ini C/I pada stasiun bumi diasumsikan sebesar 28 dB, C/I satelit sebesar 26dB, C/I *adjacent* satelit arah *uplink* diasumsikan sebesar 32 dB dan arah *downlink* sebesar 30 dB, dan C/I *cross polarisasi* sebesar 30 dB.

BAB III
ANALISA DAMPAK PERUBAHAN POSISI ORBIT SATELIT
TERHADAP SISTEM KOMUNIKASI SATELIT DAN PERHITUNGAN
LINK BUDGET

3.1. Satelit Apstar IA

Satelit Apstar IA adalah satelit yang diluncurkan pada bulan Juli 1996 di Xichang, Cina. Apstar IA ditempatkan pada orbit geostasioner pada *longitude* 134° E dan memiliki cakupan wilayah meliputi Cina, Jepang, dan Asia Tenggara. Apstar IA memiliki 24 *transponder* C-band yang bisa digunakan untuk penyelenggaraan beberapa layanan komunikasi, seperti siaran televisi regional, telepon, dan transmisi data. Pembagian frekuensi setiap *transponder* pada satelit Apstar IA dapat dilihat seperti pada Gambar 3.1.



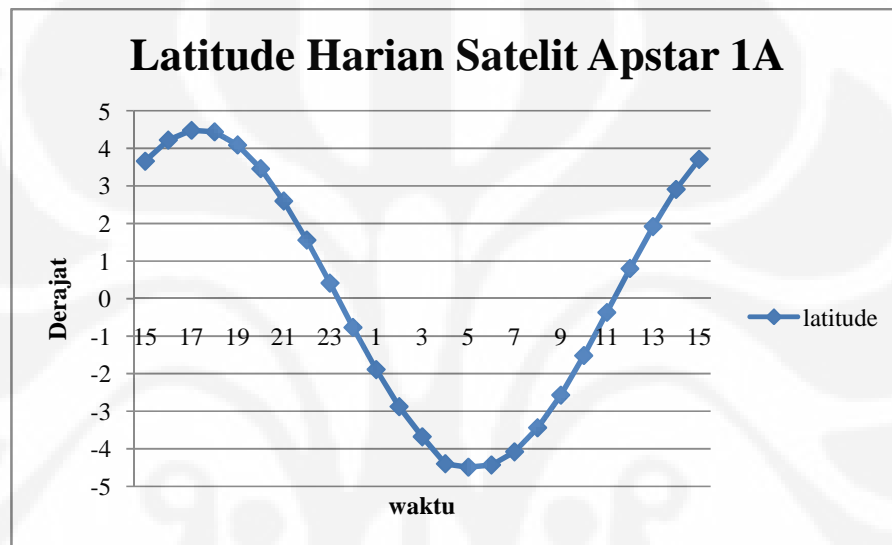
Gambar 3. 1 Pembagian frekuensi *transponder* pada Apstar IA [1]

Apstar IA kini telah digantikan oleh satelit yang lebih baru, yaitu Apstar VI, pada bulan Juni 2005. Penggantian tersebut dilakukan karena satelit Apstar IA telah mendekati akhir dari usia kerjanya. Berdasarkan metode perhitungan *bookkeeping*, dengan sisa bahan bakar roket yang ada, satelit Apstar IA hanya akan bertahan hingga pertengahan Oktober 2006, dengan asumsi *station-keeping* bekerja pada arah utara-selatan dan timur-barat.

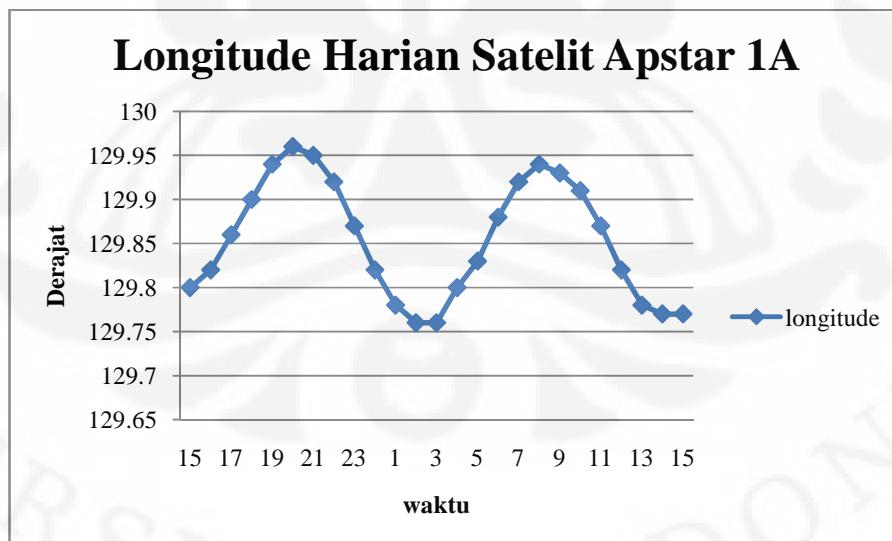
Sebelum digantikan dengan Apstar VI, pada bulan Mei 2005 tepatnya, Apstar IA dioperasikan pada orbit *inclined*, sehingga didapatkan pada akhir tahun 2006 sudut inclinasi Apstar IA mencapai 0,91°. Dengan pengoperasian pada orbit

inclined ini, satelit Apstar IA bisa memperpanjang usia kerjanya hingga bulan September 2015.

Posisi orbit harian dari satelit Apstar 1 dapat dilihat seperti pada Grafik 3.1. Terlihat pada grafik tersebut sudut inclinasi harian Apstar IA pada tahun 2010 mencapai $\pm 4,5^0$. Sedangkan posisi *longitude* dari Apstar IA berubah berkisar antara posisi 129,96-129,76E.



(a)



(b)

Grafik 3. 1 Posisi sub satelit harian Apstar 1 (a) latitude harian (b) longitude harian

3.2. Dampak pergerakan satelit inclined terhadap look angel stasiun bumi

Pada sistem komunikasi satelit, antena sebuah stasiun bumi harus tepat mengarah ke satelit yang dituju agar mendapatkan penguatan maksimum baik dari antena pengirim maupun penerima dan kualitas sinyal yang baik. Arah dari antena sebuah stasiun bumi ke satelit ditentukan oleh besarnya azimuth dan elevasi atau disebut juga dengan istilah *look angel*. Pergerakan *satelit inclined* menyebabkan posisi satelit berubah sepanjang waktu sehingga menyebabkan perubahan *look angel* sebuah stasiun bumi.

Berikut merupakan perhitungan perubahan *look angel* harian stasiun bumi harian yang disebabkan oleh pergerakan inclinasi harian Satelit Apstar IA pada beberapa daerah stasiun bumi yang berbeda di Indonesia, seperti Jakarta, Palembang, Surabaya, Ambon, dan Balikpapan. Parameter stasiun bumi yang diperlukan dalam perhitungan *look angel* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Parameter stasiun bumi

Stasiun Bumi	Longitude ($^{\circ}$)	Latitude ($^{\circ}$)
Jakarta	106.75	-6.13
Palembang	104.75	-2.92
Surabaya	112.75	-7.25
Ambon	128.2	-3.72
Balikpapan	116.83	-1.28

sedangkan untuk metode perhitungan *look angel* diambil contoh pada stasiun bumi Jakarta dengan posisi satelit Apstar IA pada 129,82 E dan 0,77 S (16 Mei 2010 pukul 24:00) adalah sebagai berikut:

$$z = \left(\frac{6378,14(1-0,08182^2)}{\sqrt{1-0,08182^2} \sin^2(-5,36)} + 0 \right) \sin(-5,36)$$

$$z = -591,831 \quad (\text{persamaan 2.4})$$

$$I = \left(\frac{6378,14}{\sqrt{1-0,08182^2} \cos^2(-5,36)} + 0 \right) \cos(-5,36)$$

$$I = 6350,427 \quad (\text{persamaan 2.5})$$

$$\psi_E = \tan^{-1} \left(\frac{-591,831}{6350,427} \right)$$

$$\psi_E = -5,324 \quad (\text{persamaan 2.3})$$

$$R = \sqrt{6350,427^2 + (-591,831)^2}$$

$$R = 6377,945 \quad (\text{persamaan 2.6})$$

$$A_i = \sin^{-1} \left(\frac{\sin(|106,75 - 129,82|)}{\sin(\cos^{-1}[\cos(106,75 - 129,82)\cos(-5,36)])} \right)$$

$$A_i = 77,629^0 \quad (\text{persamaan 2.8})$$

maka,

jarak stasiun bumi ke satelit:

$$d = \sqrt{6377,94^2 + 42164,17^2 - 2(6377,945)(42164,17)\cos(-5,324)\cos(106,75 - 129,82)}$$

$$d = 36441,561 \text{ Km} \quad (\text{persamaan 2.2})$$

sudut elevasi:

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{6378,14 + 35786}{36441,561} \sqrt{1 - \cos^2(106,75 - 129,82)\cos^2(-5,36)} \right)$$

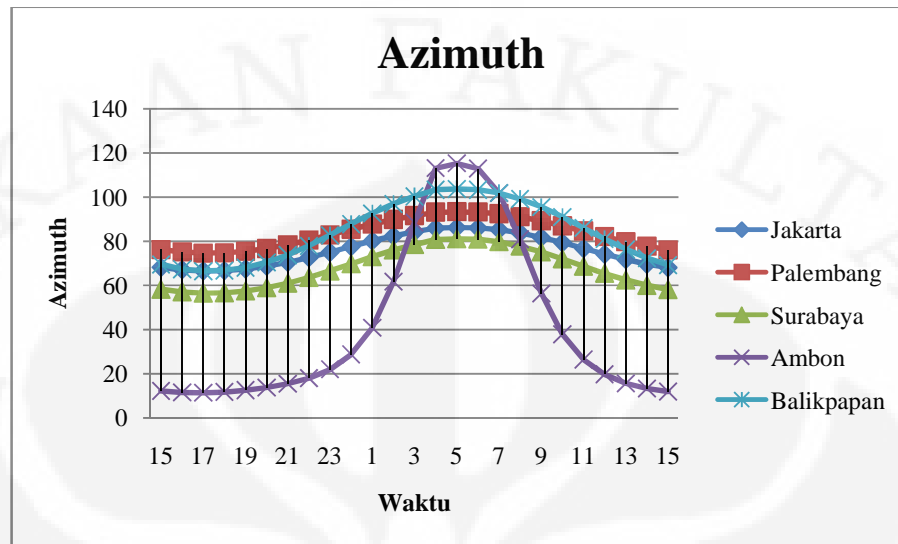
$$\theta = 62,318^0 \quad (\text{persamaan 2.7})$$

sudut azimuth:

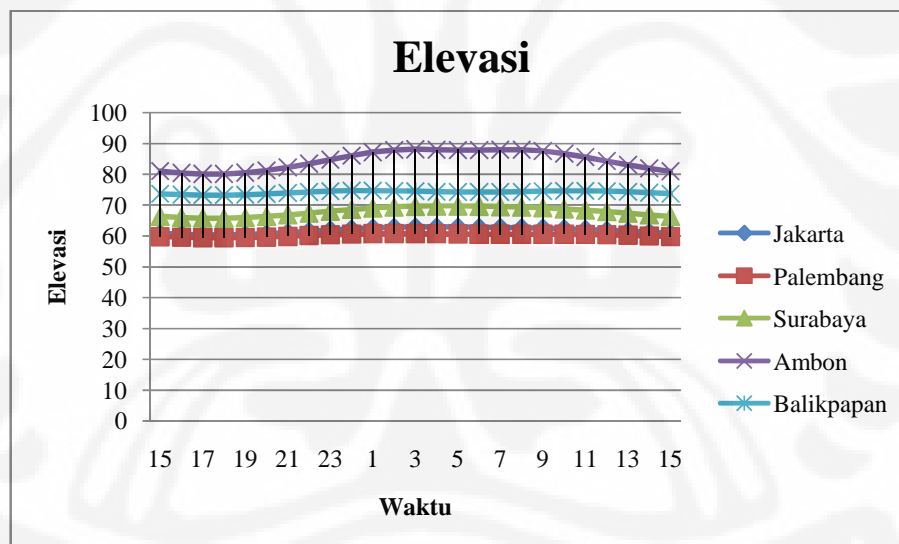
Merujuk pada Tabel 2.1 terlihat bahwa posisi stasiun bumi Jakarta terhadap satelit Apstar IA berada dalam kondisi a, maka azimuth sama dengan *intermediate angel*, yaitu:

$$\varphi_z = A_i = 77,629^0$$

Hasil perhitungan keseluruhan perubahan *look angel* harian dari beberapa lokasi stasiun bumi berbeda dapat dilihat seperti pada Grafik 3.2 dan 3.3.



Grafik 3.2 Variasi azimuth dari beberapa lokasi stasiun bumi dalam 24 jam

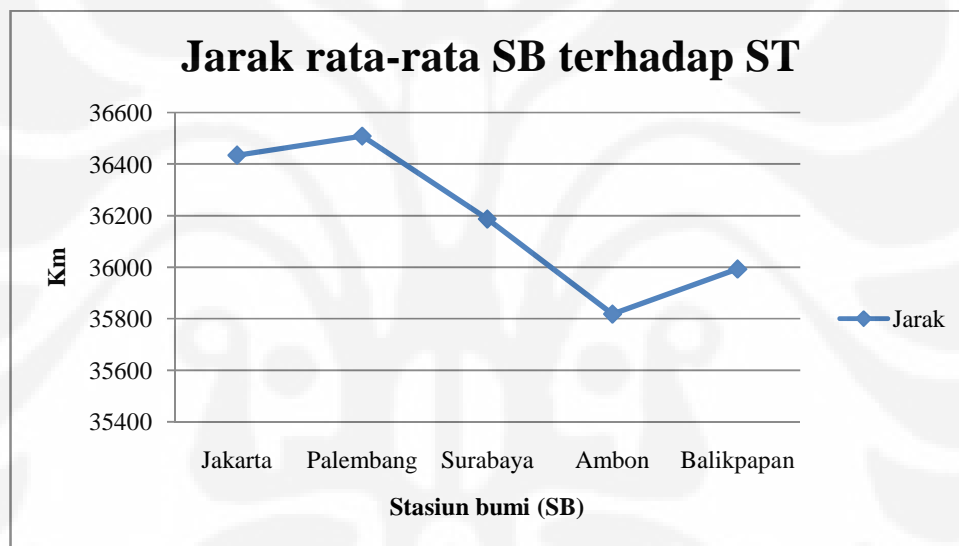


Grafik 3.3 Variasi elevasi dari beberapa lokasi stasiun bumi dalam 24 jam

Pada Grafik 3.2 terlihat bahwa perubahan azimuth untuk setiap lokasi stasiun bumi berbeda-beda. Terlihat dari grafik tersebut bahwa dari kelima lokasi stasiun bumi yang berbeda, lokasi stasiun bumi Ambon memiliki rentang perubahan azimuth harian yang paling besar dibanding dengan keempat kota lainnya, yaitu azimuth terkecil pada $11,48^{\circ}$ dan terbesar pada $115,27^{\circ}$. Rentang

perubahan terendah terjadi pada stasiun bumi Palembang, dengan azimuth terkecil pada $74,63^{\circ}$ dan terbesar pada $93,35^{\circ}$.

Dari hasil perhitungan didapatkan hubungan antara besarnya rentang perubahan azimuth suatu stasiun bumi dengan jarak antara stasiun bumi tersebut dengan satelit, yaitu semakin jauh jarak antara satelit dengan stasiun bumi maka semakin kecil rentang perubahan azimuth dari stasiun bumi tersebut. Sebaliknya, semakin dekat jarak antara stasiun bumi dengan satelit maka semakin besar rentang perubahan azimuth dari stasiun bumi tersebut. Jarak rata-rata stasiun bumi setiap kota ke satelit dapat dilihat seperti pada Grafik 3.4.



Grafik 3. 4 Jarak rata-rata stasiun bumi (SB) terhadap Satelit (ST)

Sedangkan pada Grafik 3.3 juga terlihat bahwa untuk setiap stasiun bumi memiliki variasi dari elevasi yang berbeda. Rentang perubahan elevasi terbesar terjadi pada stasiun bumi di Ambon, yaitu sudut elevasi terkecil pada $80,15^{\circ}$ dan terbesar pada $87,87^{\circ}$. Sedangkan rentang perubahan elevasi terkecil terjadi pada stasiun bumi di Balikpapan, yaitu dengan sudut elevasi terkecil pada $73,27^{\circ}$ dan terbesar pada $74,26^{\circ}$.

Jika dibandingkan antara rentang perubahan azimuth dengan elevasi setiap stasiun bumi maka terlihat bahwa perubahan azimuth lebih besar daripada

perubahan elevasi. Berdasarkan Persamaan 2.20 dapat disimpulkan bahwa perubahan azimuth akan lebih mempengaruhi besarnya *lossangel*.

3.3. Dampak pergerakan *satelit inclined* terhadap penggunaan antena stasiun bumi yang berbeda

Salah satu dampak pergerakan *satelit inclined* adalah berkurangnya *gain* maksimum yang terjadi karena adanya *pointing loss* (L_t), atau tidak tepatnya sinyal yang dikirim atau diterima pada *boresight* antena pengirim atau penerima. Pada Tabel 3.2 ditunjukkan perbedaan L_t pada ukuran diameter antena stasiun bumi yang berbeda. Perhitungan diasumsikan stasiun bumi pengirim berada di Jakarta dan stasiun bumi penerima juga berada di Jakarta dengan parameter stasiun bumi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.1. Pemilihan stasiun bumi pengirim dan penerima di Jakarta dikarenakan analisa ingin lebih terfokus pada pengaruh penggunaan diameter antena yang berbeda serta pengaruh perbedaan frekuensi antara sisi *uplink* dan *downlink* dalam suatu sistem komunikasi *satelit inclined* tanpa dipengaruhi perbedaan lokasi stasiun bumi pengirim atau penerima.

Perhitungan *pointing loss* dilakukan pada pergerakan satelit Apstar IA antara pukul 00:12-00:13 (rentang waktu 1 menit), pukul 00:11-00:13 (rentang waktu 2 menit), dan 00:10-00:13 (rentang waktu 3 menit). *Transponder* yang digunakan adalah *transponder* 6A pada Apstar IA dengan frekuensi *uplink* sebesar 6,145 GHz dan *downlink* sebesar 3,920 GHz.

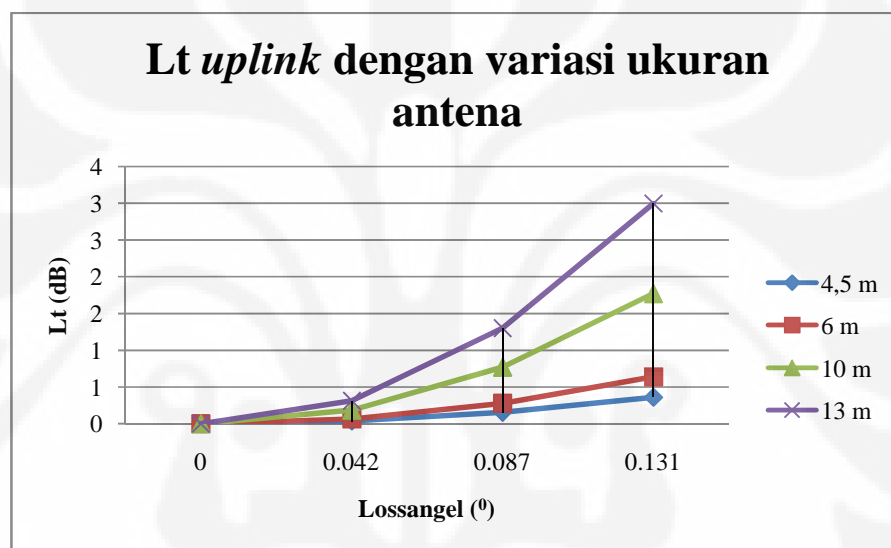
Tabel 3. 2 *Pointing loss* pada beberapa ukuran diameter antena

Rentang Waktu	Pointing loss (dB)								<i>Lossangel</i> ($^{\circ}$)
	Antena 4,5 m		Antena 6 m		Antena 10 m		Antena 12 m		
	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	
0 menit	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 menit	0.04	0.02	0.07	0.03	0.18	0.08	0.31	0.13	0.042
2 menit	0.16	0.06	0.28	0.11	0.77	0.31	1.30	0.53	0.087
3 menit	0.36	0.15	0.64	0.26	1.77	0.72	2.99	1.22	0.131

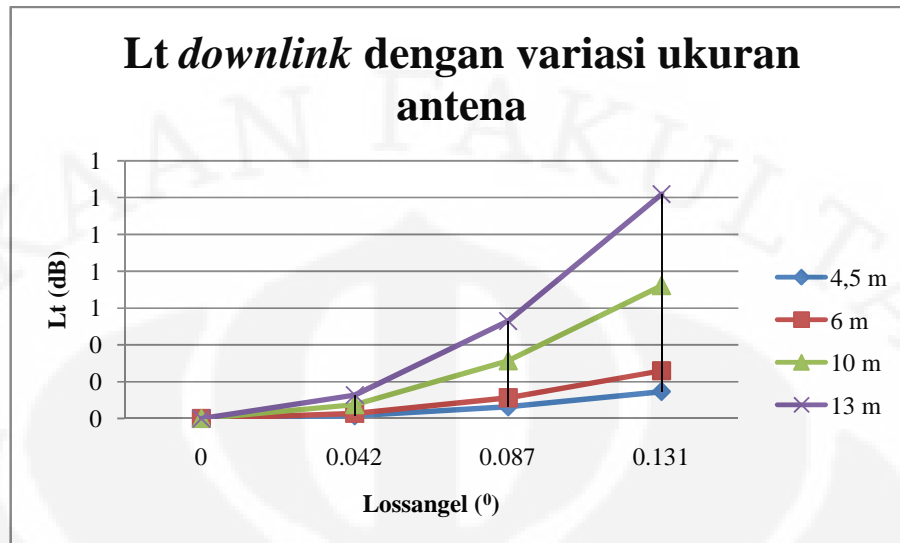
Terlihat pada Tabel 3.2 untuk setiap ukuran diameter antena yang berbeda besarnya L_t pada sisi *uplink* lebih besar jika dibandingkan dengan sisi *downlink*. Hal tersebut disebabkan oleh frekuensi pada sisi *uplink* yang lebih besar dibanding

pada sisi *downlink*. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semakin besar frekuensi maka semakin besar juga *pointing loss*.

Grafik 3.5 menunjukkan perbedaan perubahan L_t pada sisi *uplink* dan Grafik 3.6 pada sisi *downlink* untuk masing-masing ukuran antenna. Terlihat pada kedua grafik tersebut nilai L_t pada *lossangel* yang sama berbeda untuk setiap ukuran diameter antenna. Pada *lossangel* yang sama, nilai L_t semakin besar pada ukuran diameter antenna yang lebih besar. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa besarnya L_t berbanding lurus dengan besarnya ukuran diameter antenna.



Grafik 3. 5 L_t *uplink* pada ukuran antenna yang berbeda



Grafik 3. 6 Lt downlink pada ukuran antenna yang berbeda

3.4. Perhitungan link budget jaringan IDR Jakarta-Balikpapan

Perhitungan *link budget* dilakukan untuk melihat pengaruh dari pergerakan inclinasi satelit Apstar IA terhadap kualitas jaringan IDR Jakarta-Balikpapan, dengan konfigurasi yaitu stasiun bumi pengirim berada di Jakarta dan stasiun bumi penerima berada di Balikpapan. *Information rate* yang digunakan pada perhitungan ini sebesar 2,048 Mbps dan *overhead* sebesar 96 Kbps. Untuk BER yang diinginkan sebesar 10^{-7} dengan FEC $\frac{3}{4}$ dan modulasi QPSK maka dibutuhkan E_b/N_0 sebesar 8,2 dB. Perhitungan parameter lainnya akan dijabarkan sebagai berikut:

Diameter antenna (d) : 4,5 m
Efisiensi antenna (η) : 0,65
Frekuensi uplink (f_U) : 6145 MHz
Frekuensi downlink (f_D) : 3920 MHz

3.4.1. Perhitungan bandwidth

Inforate : 2048 Kbps
Overhead : 96 Kbps
FEC code rate : $\frac{3}{4}$

Modulasi : QPSK, n=2

Perhitungan *transmission rate* (Persamaan 2.11)

$$TR = \frac{2048+96}{0,75}$$

$$TR = 2858,66 \text{ Kbps}$$

Perhitungan *symbol rate* (Persamaan 2.12)

$$SR = 2858,66 / 2$$

$$SR = 1429,33 \text{ Kbps}$$

Perhitungan *occupied bandwidth* (Persamaan 2.13)

$$BW_{occ} = 1,2(1429,33)$$

$$BW_{occ} = 1715,2 \text{ KHz}$$

Perhitungan *allocated bandwidth* (Persamaan 2.14)

$$BW_{all} = 1,4(1429,33)$$

$$BW_{all} = 2001,067 \text{ KHz}$$

Perhitungan C/N yang diinginkan bersesuaian dengan Eb/No (persamaan 2.15)

$$C/N = 10 \log(2858,66/1715,2) + 8,2$$

$$C/N = 10,42 \text{ dB}$$

3.4.2. Perhitungan C/N sistem

Perhitungan *tracking loss* (L_T)

Dengan menggunakan metode perhitungan pada sub bab 3.2, didapatkan besarnya *look angel* dari stasiun bumi Jakarta dan Balikpapan pada waktu 00:12 dan 00:13 pada tanggal 17 Mei 2010. Hasil perhitungan *look angel* pada kedua waktu tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Perhitungan *look angel* pada pukul 00:12 dan 00:13 bertujuan untuk menghitung besarnya *lossangel* yang terjadi pada rentang waktu antara pukul 00:12-0013, atau dengan kata lain untuk mengetahui *lossangel* yang dihasilkan

pada rentang waktu satu menit pergerakan inclinasi satelit Apstar IA. Pukul 00:12 diambil karena pada waktu tersebut satelit Apstar IA berada pada jarak terdekat saat memiliki kecepatan maksimal sebesar 0,24 km/2 sehingga memiliki perubahan *look angel* terbesar dibanding pada waktu yang lain.

Tabel 3. 3 Look angel SB pada link Jakarta-Balikpapan

Pukul	SB Jakarta (derajat)		SB Balikpapan (derajat)	
	Azimuth	Elevasi	Azimuth	Elevasi
00:12	78,143	62,374	88,786	74,723
00:13	78,182	62,390	88,872	74,735

Terlihat dari Tabel 3.3 dalam rentang waktu antara 00:12-00:13 terjadi perubahan *look angel* pada stasiun bumi di Jakarta dan Balikpapan yang disebabkan karena adanya pergerakan inclinasi dari satelit Apstar IA. Perubahan *look angel* inilah yang menyebabkan adanya *loss tracking*, dimana *lossangel* masing-masing stasiun bumi adalah:

Jakarta:

$$lossangel = \sqrt{(78,143^0 - 78,182^0)^2 + (62,374^0 - 62,390^0)^2}$$

$$lossangel = 0,042^0 \quad (\text{Persamaan 2.20})$$

Balikpapan:

$$lossangel = \sqrt{(88,786^0 - 88,872^0)^2 + (74,723^0 - 74,735^0)^2}$$

$$lossangel = 0,086^0 \quad (\text{Persamaan 2.20})$$

Perhitungan *half power beamwidth* (Persamaan 2.18)

Halfpower Beamwidth Uplink

$$\theta_{3dB} = \frac{70 \times 3 \times 10^8}{6145000000 \times 4,5}$$

$$\theta_{3dB} = 0,759^0$$

Half Power Beamwidth Downlink

$$\theta_{3dB} = \frac{70 \times 3 \times 10^8}{3920000000 \times 4,5}$$

$$\theta_{3dB} = 1,190^0$$

Maka perhitungan *pointing loss* adalah sebagai berikut (Persamaan 2.19):

Pointing loss uplink

$$L_{TU} = 12 \left(\frac{0,042^0}{0,759^0} \right)^2$$

$$L_{TU} = 0,037dB$$

Pointing loss downlink

$$L_{TD} = 12 \left(\frac{0,086^0}{1,190^0} \right)^2$$

$$L_{TD} = 0,063dB$$

Perhitungan jarak stasiun bumi ke satelit (Persamaan 2.2)

Uplink:

$$d_U = 36409,086 Km$$

Downlink:

$$d_D = 35977,923 Km$$

Perhitungan antena *gain* (Persamaan 2.17)

Uplink:

$$G_U = 10 \log \left[0,65 \left(\frac{3,14(6145000000)4,5}{3.10^8} \right)^2 \right]$$

$$G_U = 47,35dBi$$

Downlink:

$$G_D = 10 \log \left[0,65 \left(\frac{3,14(3920000000)4,5}{3.10^8} \right)^2 \right]$$

$$G_D = 43,45dBi$$

Perhitungan *input back off per carrier* (Persamaan 2.28)

$$IBO / cr = 9 + 10 \log(17)$$

$$IBO / cr = 21,30 \text{ dB}$$

Perhitungan *output back off per carrier* (Persamaan 2.29)

$$OBO / cr = 4,5 + 10 \log(17)$$

$$OBO / cr = 16,80 \text{ dB}$$

Perhitungan *free space loss* (Persamaan 2.25)

Uplink:

$$L_{FSU} = 20 \log(6,145) + 20 \log(36409086) + 32,44$$

$$L_{FSU} = 199,434 \text{ dB}$$

Downlink:

$$L_{FSD} = 20 \log(3,920) + 20 \log(35977923) + 32,44$$

$$L_{FSD} = 195,426 \text{ dB}$$

Perhitungan EIRP

Uplink (Persamaan 2.22):

$$EIRP_U = 47,35 + 7,55 - 3 - 0,037$$

$$EIRP_U = 51,872 \text{ dBW / m}$$

Downlink (Persamaan 2.23):

$EIRP_{ST} = 37 \text{ dBW/m}$ (data contour EIRP satelit Apstar IA)

$$EIRP_D = 37 - 16,80$$

$$EIRP_D = 20,19 \text{ dBW / m}$$

Perhitungan *path loss* (Persamaan 2.24)

Uplink:

$$L_{pU} = 199,434 + 0,03$$

$$L_{pU} = 199,464 \text{ dB}$$

Downlink:

$$L_{pD} = 195,426 + 0,03$$

$$L_{pD} = 195,456 \text{ dB}$$

Figure of merit (G/T)

Uplink:

$G/T_U = -1 \text{ dB}^0\text{K}$ (data contour G/T satelit Apstar IA transponder 6A pada Apendix)

Downlink:

$G/T_D = 24,8 \text{ dB}^0\text{K}$ (data dari spesifikasi antena penerima)

Perhitungan carrier-to-noise ratio (C/N)

Uplink (Persamaan 2.30):

$$(C/N)_U = 51,872 - 199,464 + (-1) - 10 \log(1,38 \times 10^{-23}) - 10 \log(1715,2 \times 1000)$$

$$(C/N)_U = 17,66 \text{ dB}$$

Downlink (Persamaan 2.31):

$$(C/N)_D = 20,19 - 195,456 + 24,8 - 10 \log(1,38 \times 10^{-23}) - 10 \log(1715,2 \times 1000)$$

$$(C/N)_D = 15,73 \text{ dB}$$

Perhitungan carrier-to-noise ratio total (Persamaan 2.32)

$$\left(\frac{C}{N} \right)_T = -10 \log \left(10^{\left(\frac{-17,66}{10} \right)} + 10^{\left(\frac{-15,73}{10} \right)} + 10^{\left(\frac{-30}{10} \right)} + 10^{\left(\frac{-16,5}{10} \right)} + 10^{\left(\frac{-26}{10} \right)} + 10^{\left(\frac{-26}{10} \right)} + 10^{\left(\frac{-30}{10} \right)} \right)$$

$$\left(\frac{C}{N} \right)_T = 11,35 \text{ dB}$$

Dari perhitungan di atas C/N total yang diterima sebesar 11,35 dB, dimana hal tersebut masih berada di atas syarat minimum yang ditentukan, yaitu sebesar 10,42 dB.

Perhitungan *link budget* untuk jaringan Jakarta-Balikpapan juga dilakukan pada pergerakan inclinasi satelit Apstar IA antara pukul 00:11-00:13 (rentang waktu dua menit), 00:10-00:13 (rentang waktu tiga menit), 00:09-00:13 (rentang waktu empat menit), 00:08-00:13 (rentang waktu lima menit), dan 00:07-00:13 (rentang waktu enam menit).

Tabel 3. 4 Hasil perhitungan *link budget* untuk jaringan Jakarta-Balikpapan

Rentang	Lossangel ($^{\circ}$)		Pointing loss (dB)		EIRP (dB)		C/N total (dB)	Status link
	Up	Down	Up	Down	Up	Down		
0 menit	0	0	0	0	51.90	20.19	11.38	Layak
1 menit	0.042	0.087	0.03	0.06	51.87	20.19	11.35	Layak
2 menit	0.087	0.173	0.15	0.25	51.75	20.19	11.25	Layak
3 menit	0.131	0.259	0.35	0.57	51.55	20.19	11.08	Layak
4 menit	0.176	0.346	0.64	1.01	51.26	20.19	10.84	Layak
5 menit	0.221	0.433	1.01	1.58	50.89	20.19	10.51	Layak
6 menit	0.266	0.519	1.47	2.28	50.43	20.19	10.09	Tidak

3.5. Perhitungan *link budget* jaringan IDR Surabaya-Palembang

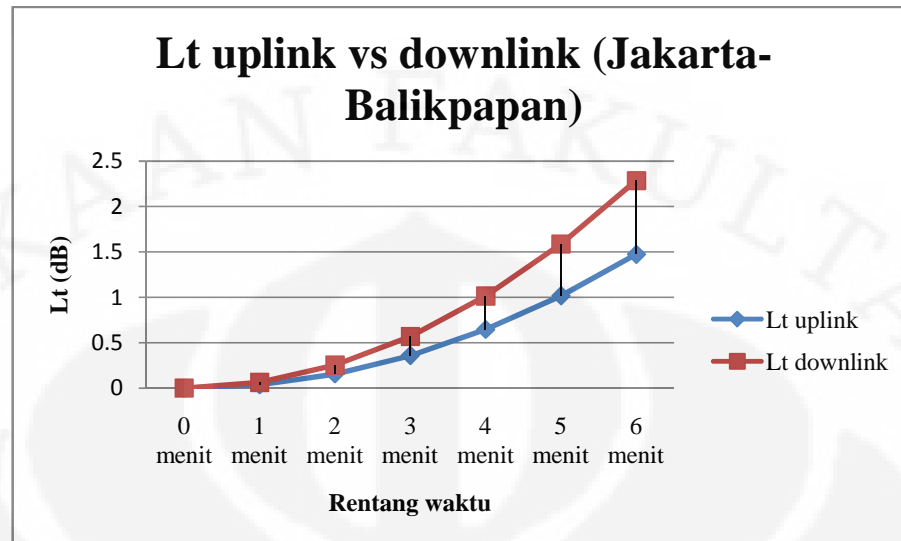
Perhitungan *link budget* pada jaringan IDR Surabaya- Palembang dilakukan seperti pada perhitungan sub bab 3.4. Hasil perhitungan untuk setiap rentang waktu keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Hasil perhitungan *link budget* untuk jaringan Surabaya-Palembang

Rentang	Lossangel ($^{\circ}$)		Pointing loss (dB)		EIRP (dB)		C/N total (dB)	Status link
	Up	Down	Up	Down	Up	Down		
0 menit	0	0	0	0	52.84	19.19	10.94	Layak
1 menit	0.050	0.043	0.05	0.01	52.79	19.19	10.92	Layak
2 menit	0.107	0.084	0.23	0.06	52.61	19.19	10.86	Layak
3 menit	0.165	0.127	0.56	0.13	52.28	19.19	10.76	Layak
4 menit	0.223	0.169	1.03	0.24	51.81	19.19	10.60	Layak
5 menit	0.281	0.212	1.63	0.37	51.21	19.19	10.39	Tidak
6 menit	0.338	0.254	2.38	0.54	50.46	19.19	10.11	Tidak

3.6. Analisa kehandalan *link* Jakarta-Balikpapan

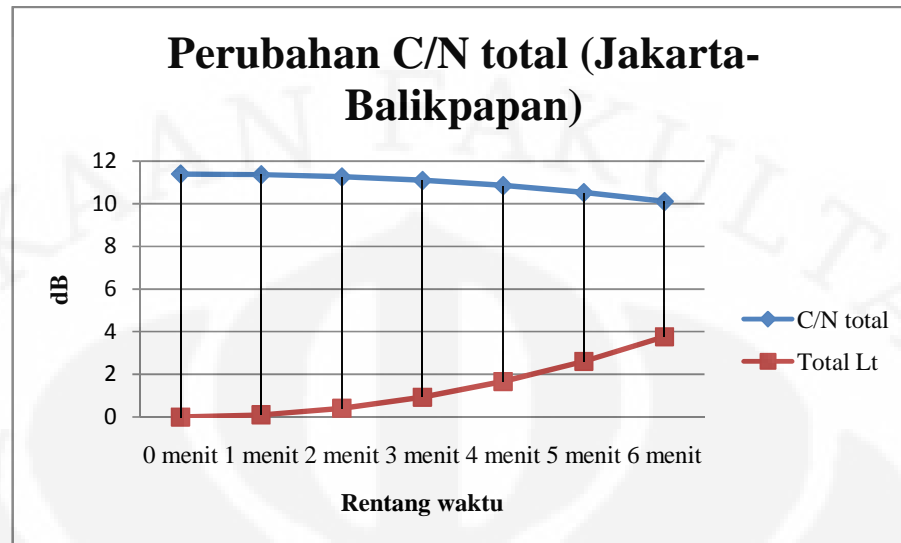
Berdasarkan hasil perhitungan *pointing loss* (L_t) yang terdapat pada Tabel 3.4 terdapat perbedaan nilai L_t pada sisi *uplink* dan *downlink*. Perbedaan dari kedua sisi tersebut dapat terlihat pada grafik 3.7. Pada grafik tersebut terlihat bahwa L_t pada sisi *downlink* lebih besar dibanding sisi *uplink*. Hal tersebut disebabkan karena perbedaan jarak antara Jakarta dan Balikpapan dengan satelit Apstar IA, dimana jarak antara stasiun bumi Balikpapan ke satelit Apstar IA lebih dekat jika dibandingkan dengan jarak antara stasiun bumi Jakarta ke satelit Apstar IA. Sebagai akibatnya *loss angle* karena pergerakan inclinasi satelit Apstar IA lebih besar pada stasiun bumi Balikpapan dibandingkan dengan stasiun bumi Jakarta. Kondisi ini bersesuaian dengan analisa pada subbab 3.2 sebelumnya, yaitu semakin dekat jarak antara stasiun bumi dengan satelit maka akan semakin besar dampak yang ditimbulkan karena pergerakan inclinasi satelit. Namun kondisi ini bertentangan jika dibandingkan dengan analisa pada subbab 3.3, dimana untuk frekuensi lebih tinggi (sisi *uplink*) besarnya L_t akan semakin besar daripada frekuensi lebih rendah (sisi *downlink*). Perbedaan ini terjadi karena pengaruh lokasi atau jarak lebih dominan terhadap nilai L_t jika dibandingkan dengan pengaruh besarnya frekuensi sinyal pembawa. Sebagai ciri dari kondisi ini adalah selisih antara L_t *uplink* dengan L_t *downlink* lebih kecil.



Grafik 3. 7 Lt uplink dan downlink pada link Jakarta-Balikpapan

Sedangkan dampak dari Lt pada sisi *uplink* dan *downlink* terhadap kualitas sinyal keseluruhan dapat dilihat pada Grafik 3.8. Pada grafik tersebut terlihat bahwa besarnya C/N total berbanding terbalik dengan besarnya Lt total (penjumlahan Lt pada sisi *uplink* dan *downlink*), yaitu semakin besar Lt total maka semakin kecil C/N total. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa semakin besar Lt maka semakin menurun kualitas jaringan komunikasi. Lt yang terlalu besar juga dapat menyebabkan standar kualitas dari jaringan komunikasi tidak terpenuhi, dimana pada perhitungan ini standar besarnya minimal C/N yang diterima di stasiun bumi penerima untuk mendapatkan BER sebesar 10^{-7} adalah 10,42 dB.

Jika dilihat pada Grafik 3.8, hingga rentang waktu menit ke lima nilai C/N masih berada di atas C/N minimum yang diperlukan. Namun pada rentang waktu menit ke enam C/N turun menjadi 10,09 dB, dimana kondisi ini sudah berada di bawah C/N minimum. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa **setelah rentang waktu menit ke enam kualitas sinyal link Jakarta-Balikpapan sudah tidak layak**. Untuk menghindari terjadinya ketidaklayakan kualitas jaringan Jakarta-Balikpapan, maka pada rentang waktu 5 menit, antenna stasiun bumi *uplink* dan *downlink* sudah melakukan *tracking* (penjejakan).

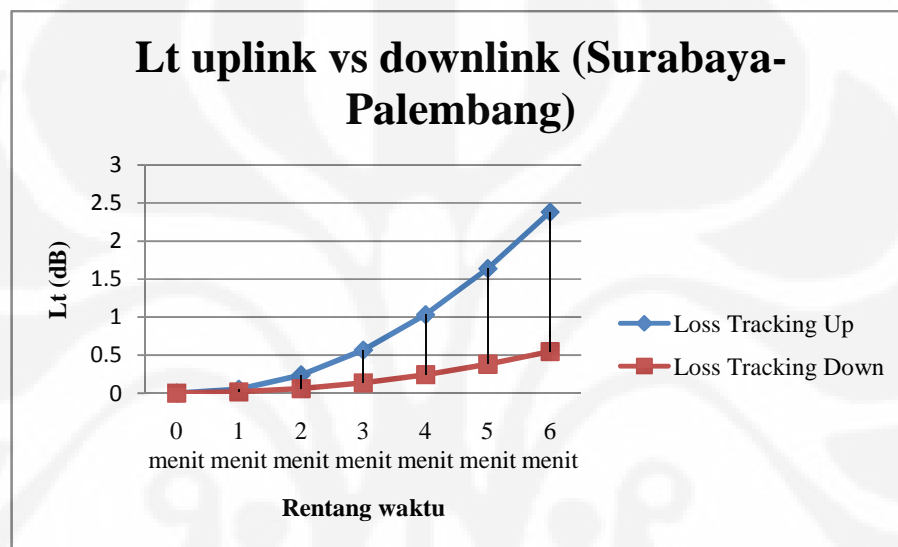


Grafik 3.8 Pengaruh Lt total terhadap C/N total pada link Jakarta-Balikpapan

3.7. Analisa kehandalan link Surabaya-Palembang

Berdasarkan hasil perhitungan *lossangel*, *Lt*, dan *C/N total* pada link Surabaya-Palembang yang ditunjukkan oleh Tabel 3.5 terlihat bahwa semakin besar *lossangel* maka semakin besar pula nilai *Lt*, baik pada sisi *uplink* maupun pada sisi *downlink*. Tabel 3.5 menunjukkan perbedaan nilai *Lt* pada sisi *uplink* dan *downlink*, dimana nilai *Lt uplink* lebih besar daripada nilai *Lt downlink*. Grafik 3.9 menunjukkan perbedaan nilai *Lt uplink* dan *downlink* untuk link Surabaya-Palembang. Nilai *Lt uplink* yang lebih besar daripada *Lt downlink* berbeda dengan kondisi pada link Jakarta-Balikpapan, dimana pada link Jakarta-Balikpapan nilai *Lt uplink* lebih kecil daripada *Lt downlink*. Perbedaan kondisi ini dikarenakan posisi stasiun bumi pengirim dan stasiun bumi penerima. Jika pada link Jakarta-Balikpapan stasiun bumi pengirim memiliki jarak ke satelit yang lebih jauh daripada stasiun bumi penerima ke satelit, sedangkan pada link Surabaya-Palembang jarak stasiun bumi pengirim ke satelit lebih dekat jika dibandingkan dengan jarak stasiun bumi penerima ke satelit. Seperti diketahui pada subbab 3.2 disimpulkan bahwa semakin dekat jarak antara stasiun bumi dengan satelit maka akan semakin besar dampak yang ditimbulkan oleh pergerakan inclinasi satelit. Ditambah dengan hasil analisa ada subbab 3.3 yang menyatakan bahwa penggunaan frekuensi yang lebih tinggi pada sistem komunikasi *satelit inclined*

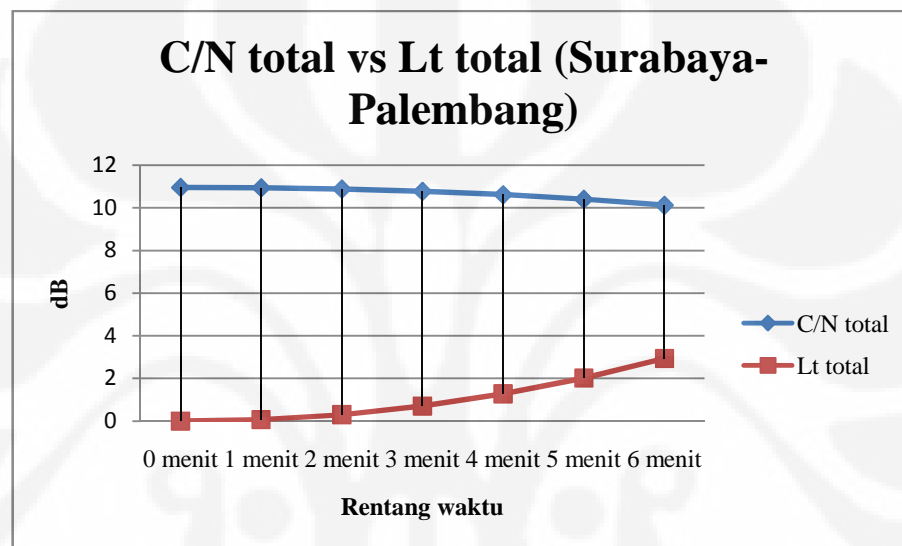
menyebabkan L_t lebih besar dari penggunaan frekuensi yang lebih rendah. Dengan demikian, karena stasiun bumi pengirim pada *link* Surabaya-Palembang berada pada jarak yang lebih dekat dengan satelit dan memiliki frekuensi yang lebih tinggi maka besarnya L_t *uplink* akan jauh lebih besar daripada L_t *downlink*. Kondisi ini dicirikan oleh besarnya rentang perbedaan antara L_t *uplink* dan *downlink* yang besar.



Grafik 3. 9 L_t *uplink* dan *downlink* pada *link* Surabaya-Palembang

Sedangkan hubungan antara L_t total dengan C/N total pada *link* Surabaya-Palembang dapat terlihat seperti yang ditunjukkan pada grafik 3.10. Pada grafik tersebut terlihat bahwa semakin besar L_t total maka semakin menurun besarnya C/N total. Peningkatan L_t total untuk setiap rentang waktu yang lebih lama menyebabkan penurunan C/N total, hingga pada akhirnya C/N total sistem berada di bawah syarat minimum C/N yang dibutuhkan. Pada *link* Surabaya-Palembang nilai C/N total sudah berada di bawah nilai C/N minimum yang diisyaratkan pada rentang waktu lima menit. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.5, setelah satelit bergerak selama lima menit, besarnya C/N total adalah 10,39 dB, dimana hal ini kurang dari syarat minimum C/N yaitu sebesar 10,42 dB. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa setelah rentang waktu menit ke lima kualitas sinyal *link* Surabaya-Palembang sudah tidak layak. Untuk menghindari terjadinya ketidaklayakan kualitas *link* Surabaya-Palembang, maka pada rentang waktu 3

menit, antena stasiun bumi *uplink* dan *downlink* sudah melakukan *tracking* (penjejakan). Pemilihan periode *tracking* tiga menit dipilih karena disesuaikan dengan peralatan antena *tracking* yang digunakan, dimana pada alat tersebut tidak disediakan periode *tracking* empat menit tetapi hanya periode *tracking* satu, dua, tiga, dan lima menit. Dengan demikian periode *tracking* yang dipilih adalah yang lebih kecil dari empat menit, yaitu periode *tracking* sebesar tiga menit.



Grafik 3. 10 Pengaruh Lt total terhadap C/N total pada *link* Surabaya-Palembang

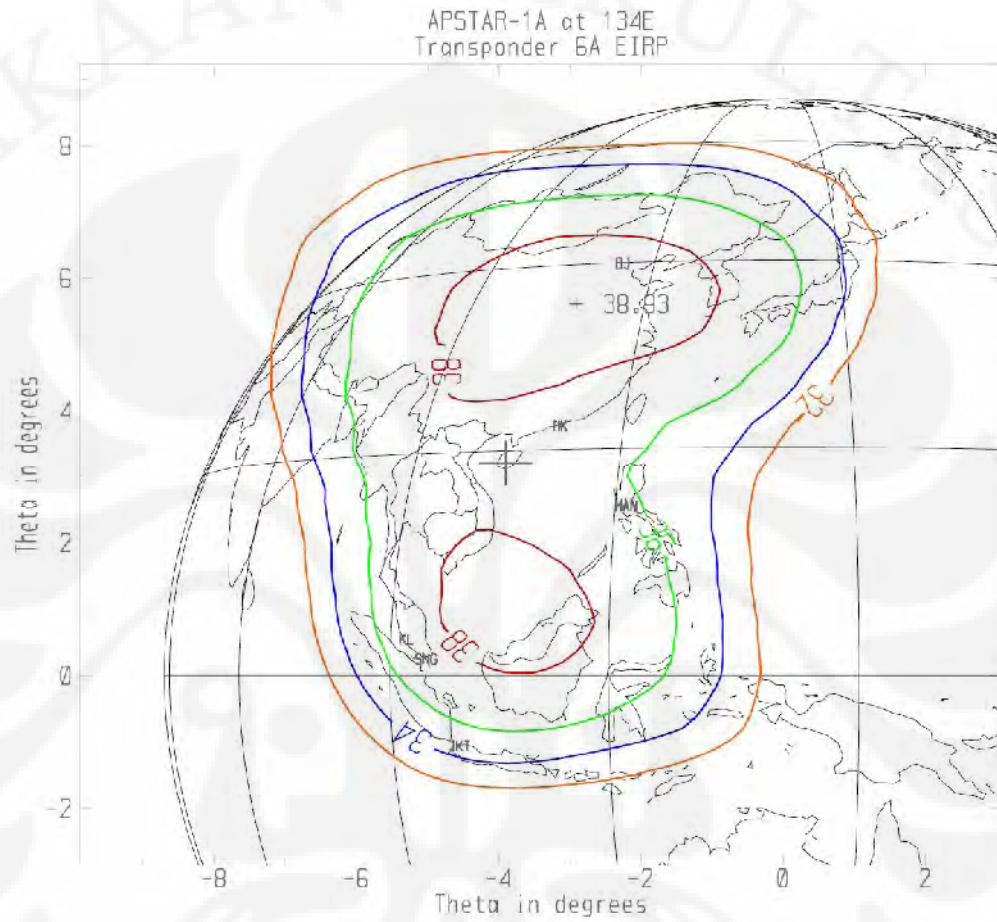
BAB IV KESIMPULAN

- Kualitas jaringan pada *link* Jakarta-Balikpapan berkisar antara 11,38-10,51 dB, lebih besar dari syarat minimum sebesar 10,42 dB.
- Kualitas jaringan pada *link* Surabaya-Palembang berkisar antara 10,94-10,76 dB, lebih besar dari syarat minimum sebesar 10,42 dB.
- Rugi pengarahan berbanding lurus dengan frekuensi dan ukuran antena serta berbanding terbalik dengan jarak antara stasiun bumi dengan satelit.
- Pada *link* Jakarta-Balikpapan periode *tracking* maksimal adalah lima menit.
- Pada *link* Surabaya-Palembang periode *tracking* maksimal adalah tiga menit.

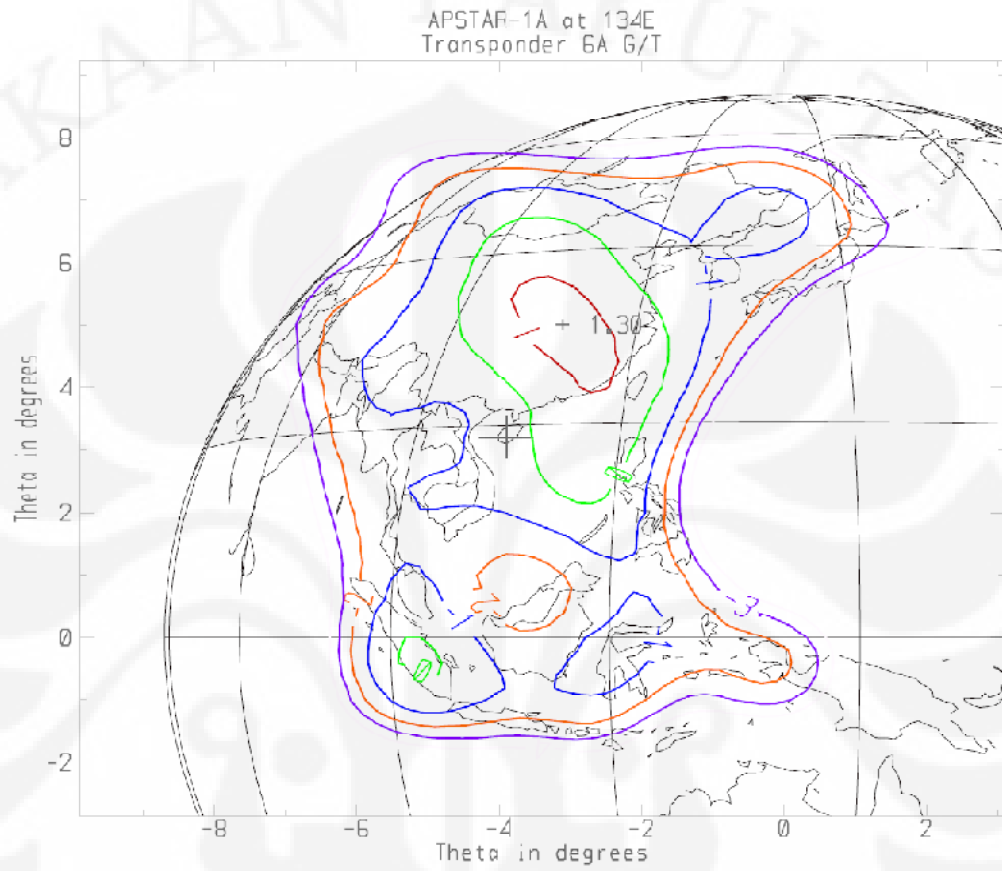
DAFTAR REFERENSI

- [1] *APSTAR IA Briefing*. (2006). Jakarta:PT. PSN.
- [2] Balanis , Constantine A. (2005). *Antenna Theory: Analysis and Design*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- [3] Cui J X, Shi Hu-li, Pang Feng. (2009). *Azimuth and Elevation of Slightly Incline Geostationary-satellite Orbits*. China: International Conference on Computer Engineering and Technology.
- [4] *Earth Station Technology*. (1999). Washington, DC: Intelsat.
- [5] *Introduction to Satellite Communication*. (2007). Jakarta: PT. PSN.
- [6] Ippolito, Louis J. (2008). *Satellite Communications System Engineering: Atmospheric Effects, Satellite Link Design, and System Performance*. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
- [7] Maral, Gerard. (2003). *VSAT Network 2nd Edition*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- [8] Sumitro. (2000) *Studi Sistem Transmisi IDT Menggunakan Transponder Extende C-Band Satelit Telkom-1*. Bandung:STT Telkom.

DAFTAR LAMPIRAN
LAMPIRAN 1
APSTAR 1A Transponder 6A channel EIRP contour



LAMPIRAN 2
APSTAR IA Transponder IA channel G/T contour



LAMPIRAN 3 Spesifikasi antenna 4,5 meter

suman

SATELLITE COMMUNICATION ANTENNA

PERFORMANCE SPECIFICATIONS (APERTURE 4.5M)

★ R. F SPECIFICATIONS	★ C-Band		★ Ku-Band	
	RECEIVE	TRANSMIT	RECEIVE	TRANSMIT
1. Frequency	3.625-4.2GHz *3.4-4.2GHz	5.850-6.425GHz 5.925-6.725GHz	12.25 -12.75GHz *10.95-12.75GHz	14.0-14.5GHz
2. Gain at Midband	43.6dB	47.3dB	53.63dB	51.7dB
3. VSWR	1.25:1	1.25:1	1.25:1	1.25:1
4. Beamwidth (3dB)	1.00°	0.71°	0.35°	0.3°
5. Antenna Noise Temperature				
E° Elevation	40 °K		71°K	
10° Elevation	29 °K		55°K	
20° Elevation	23 °K		47°K	
30° Elevation	19 °K		45°K	
6. Typical G/T at 20° Elevation, Clear Horizon, 4Ghz with 55°K LNA	24.8dB/°K		32 dB/°K (11.85Ghz, with 60°K LNA)	
7. Power Handling Capability		5kW		2kW
8. Feed Interface	QHR-229H	QHR-13/G	WR-75F	WR-75G
9. Feed Insertion Loss	0.15dB	0.17dB	0.25dB	0.4dB
10. Cross Polarization Isolation				
On Axis	35dB	35dB	35dB	35dB
Within 1 dB Beamwidth	30dB	30dB	30dB	30dB
11. Port to Port Isolation (Tx-Rx with Filter)	≥85dB		≥85dB	
12. Axial Ratio (Circular Polarization)	1.3	1.09		
2 Port Tx/Rx				
13. Sidelobes				
1st sidelobe		-14dB		14dB
100λ/D° ≤ θ ≤ 48°		29-25Log θ dBi		29-25Log θ dBi
* Provided according to User's requirement				
★ MECHANICAL SPECIFICATION		★ ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS		
1. Azimuth Travel	360° continuous	1. Operational Wind Speed	35m/s	
2. Azimuth Travel Rate	0.5 °/s	2. Survival Wind Speed	55m/s	
3. Elevation Travel	5°-90° continuous	3. Ambient Temperature	-50°- 50°	
4. Elevation Travel Rate	0.5 °/s	4. Rain (operational and survival)	10cm/h	
5. Polarization Travel	±90 °	5. Solar Radiation	100kcal/hm ²	
6. Materials above the hub	aluminum, steel and stainless steel	6. Relative Humidity	0% 100%	
7. Finish of Reflectors	white paint	7. Radial Ice	2.5cm	
8. Finish of Steel parts	hot dipped zinc	8. Seismic(Survival)	0.3G's Horizontal 0.1G's Vertical	
9. Weight (Gross / Net)	921kg/610kg			
10. Shipping Volume	6.1m ³ one of 20' container can including 4 units			

Design and specifications subject to change without notice

SUMAN SATELLITE TECHNOLOGY COMPANY
#17 Lan Dian Chang Road, HaiDian District, Beijing, China 100037
Tel: +86-10-80455235 Fax: +86-10-80454630 E-mail: sumant@public.bta.net.cn Website: www.sumante.com

LAMPIRAN 4
Data pergerakan satelit Apstar IA pada tanggal 16-17 Mei 2010
Sumber: www.n2vo.com

Latitude	Longitude	Pukul (WIB)
3.66	129.8	15.00
4.22	129.82	16.00
4.48	129.86	17.00
4.44	129.9	18.00
4.09	129.94	19.00
3.46	129.96	20.00
2.6	129.95	21.00
1.56	129.92	22.00
0.41	129.87	23.00
-0.77	129.82	24.00
-1.89	129.78	1.00
-2.88	129.76	2.00
-3.68	129.76	3.00
-4.4	129.8	4.00
-4.49	129.83	5.00
-4.43	129.88	6.00
-4.08	129.92	7.00
-3.44	129.94	8.00
-2.57	129.93	9.00
-1.52	129.91	10.00
-0.37	129.87	11.00
0.8	129.82	12.00
1.92	129.78	13.00
2.91	129.77	14.00
3.71	129.77	15.00