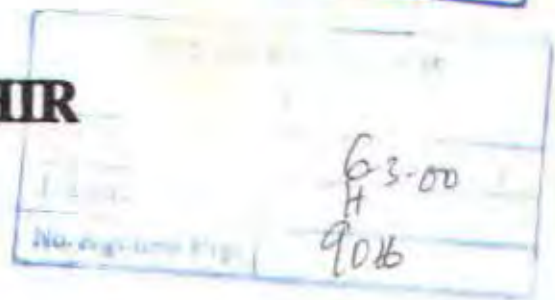


3100000011342

# STUDI TEKNIK OPERASI DAN PERENCANAAN STASIUN BUMI ICO (SAN-ICO)



## TUGAS AKHIR



Disusun oleh :

MUHAMMAD TAUFIK

NRP. 2295.109.025

RSE  
622 384 156

Tau  
5-1  
1998



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1998

# STUDI TEKNIK OPERASI DAN PERENCANAAN STASIUN BUMI ICO (SAN-ICO)

## TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro  
Pada

Bidang Studi Teknik Telekomunikasi  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
S u r a b a y a

Mengetahui / Menyetujui  
Dosen Pembimbing



Ir. HANG SUHARTO, M.Sc.

NIP. 130 520 753

S U R A B A Y A  
Agustus, 1998

## ABSTRAK

ICO adalah perusahaan jasa telekomunikasi baru yang berkedudukan di London Inggris (United Kingdom). ICO menawarkan teknologi baru dalam sistem komunikasi bergerak dengan cakupan global menggunakan media 12-buah satelit yang akan ditempatkan di orbit menengah (MEO). Sistem ICO dibagi dalam empat bagian yaitu *user segment*, *space segment*, *ground segment*, dan *public network*. Hal yang ditekankan dalam tugas akhir ini adalah tentang teknik operasi di sisi *ground segment* dan sistem perencanaannya.

Dalam pembahasan dan analisa dilakukan adanya pendekatan-pendekatan teknik apabila ada data yang kurang lengkap dengan tidak merubah konsep operasi yang direncanakan. Data-data teknik diperoleh dari ICO, pembuat satelit ICO "Hughes", Majalah ICO, internet, dan sistem implementasi proyek SAN-ICO di Banyuwirip Gresik. Sebagai penunjang dipakai teori sistem komunikasi satelit, sistem gelombang mikro, sistem komunikasi bergerak, dan INMARSAT.

*Ground segment* terdiri dari 12-lokasi SAN di berbagai belahan bumi yang satu sama lain saling terhubung. SAN berfungsi sebagai gerbang terhadap jaringan umum (PSTN/PLMN). Setiap lokasi SAN terdiri dari 5-buah stasiun bumi ICO, pusat switching, dan sarana transmisi terestrial. Antena-antena stasiun bumi ICO bekerja secara *overlap* mengakses satelit-satelit ICO yang melintas di atasnya. *Power budgets* link komunikasi satelit yang dibutuhkan dan *time delay* propagasi relatif kecil.

Faktor-faktor penting dalam sistem perencanaan stasiun bumi ICO (SAN) meliputi aspek teknik, tata letak antena SAN, dan jaringan transmisi. Aspek teknik meliputi letak geografis, *path profile*, RFI Test, dan sistem penunjang. Tata letak antena diperhitungkan agar satu sama lain memperoleh kondisi bebas pandang. Jaringan transmisi diperlukan untuk integrasi ke jaringan umum dan interkoneksi dengan lokasi-lokasi SAN lain sebagai fasilitas *roaming*.

-----oOo-----

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah S.W.T. atas karunia dan rahmat-Nya yang diberikan sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul :

### STUDI TEKNIK OPERASI DAN PERENCANAAN STASIUN BUMI ICO (SAN-ICO)

Laporan Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Saya menyadari atas segala kekurangan yang ada dalam Laporan Tugas Akhir ini, meskipun saya telah berusaha dengan sebaik-baiknya untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu saran-saran dan kritik yang bersifat membangun dari khalayak pembaca amatlah diperlukan guna meningkatkan kualitas isi dari Laporan Tugas Akhir ini.

Akhirnya saya berharap bahwa Laporan Tugas Akhir ini dapat menambah pengetahuan, wawasan, dan berguna bagi diri saya pribadi khususnya dan pihak-pihak lain yang membutuhkan pada umumnya.

Surabaya, Juli 1998

Penyusun

## UCAPAN TERIMA KASIH

Atas selesainya penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, saya ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaannya, antara lain kepada :

1. Bapak Ir. Hang Suharto, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu dan mencurahkan perhatiannya untuk membimbing saya dalam mengerjakan tugas akhir.
2. Bapak Ir. Teguh Yuwono, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro FTI ITS Surabaya.
3. Bapak Ir. M. Aries Purnomo, selaku Koordinator Bidang Studi Teknik Telekomunikasi.
4. Ibu Sri Rahayu, S.T. selaku Dosen Wali.
5. Para Dosen di Jurusan Teknik Elektro, atas bimbingan dan bantuannya selama saya menempuh studi.
6. Bapak Ir. Imron Harun, selaku General Manager PT. Indosat Divisi Surabaya.
7. Bapak Ir. Rudi Tridjoko P. selaku Manager Operasi dan Pemeliharaan PT. Indosat Divisi Surabaya.
8. Bapak Ir. TP. Agus Haryanto, selaku Asisten Manager Stasiun Bumi dan Kabel Laut PT. Indosat Divisi Surabaya.

9. Orang tua, istri, dan anak saya yang selalu memberikan dorongan, semangat, dan do'a yang tulus kepada saya.
10. Rekan-rekan karyawan PT. Indosat Divisi Surabaya, khususnya Bagian OPHAR dan Urusan Stasiun Bumi & Kabel Laut Banyuurip yang telah banyak memberi bantuan selama saya menempuh studi.
11. Rekan-rekan seperkuliahan khususnya Bidang Studi Teknik Telekomunikasi, yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Pak Kusnan, Pak Kabul, Pak Sapari, Pak Sugeng, dan semua karyawan di Jurusan Teknik Elektro, atas segala bantuannya selama saya menempuh studi.

Semoga Allah S.W.T. dapat melimpahkan rahmat dan membalas segala amal baik yang telah dibuatnya.

-----o0o-----

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR SINGKATAN .....	xv
BAB I: PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan dan Batasan Masalah .....	2
1.3 Metodologi .....	3
1.4 Sistematika Pembahasan .....	4
1.5 Tujuan .....	5
1.6 Relevansi .....	6
BAB II: LANDASAN TEORI	
2.1 Sistem Komunikasi Satelit .....	7
2.2 Antena Stasiun Bumi .....	8
2.2.1 Parameter Antena .....	10
2.2.1.1 Nilai Penguatan Antena (Antenna Gain) .....	10
2.2.1.2 Beamwidth .....	12
2.2.1.3 Polarisasi .....	14
2.2.1.4 Equivalent Isotropically Radiated Power (EIRP) ..	16
2.2.1.5 Temperatur Noise Antena .....	17
2.2.1.6 Figure of Merit (G/T) .....	18
2.2.1.7 Noise Figure (F) .....	20
2.2.2 Standard Antena Parabola .....	20
2.2.3 Feed System .....	21
2.2.3.1 Feed Untuk Frekuensi C-Band .....	22
2.2.3.2 Tracking Mode Coupler (TMC) .....	24
2.2.4 Antenna Tracking .....	28
2.2.4.1 Step-Tracking .....	28
2.2.4.2 Monopulse Tracking .....	29
2.3 Sub-Sistem Antena .....	30
2.3.1 Power Amplifier .....	31

	2.3.1.1	HPA Klystron	31
	2.3.1.2	HPA TWT	33
	2.3.1.3	Solid State Power Amplifier (SSPA)	35
	2.3.1.4	Sistem Distorsi	35
	2.3.2	Low Noise Amplifier (LNA)	37
	2.3.2.1	Parametric LNA	37
	2.3.2.2	FET LNA	38
	2.3.2.3	Sistem Noise	38
	2.3.3	Antenna Control Unit (ACU)	39
	2.3.3.1	Program Track	39
	2.3.3.2	Memory Track	40
	2.3.3.3	Manual Track	40
2.4		Sistem Satelit	40
	2.4.1	Orbit Satelit	40
	2.4.1.1	Circular Polar	42
	2.4.1.2	Inclined Orbit	42
	2.4.1.3	Circular Equatorial	42
	2.4.2	Subsistem Satelit	43
	2.4.3	Cakupan Satelit	45
2.5		Analisa Dasar Link Budget	45
	2.5.1	Stasiun Bumi dan Media Uplink	45
	2.5.2	Stasiun Bumi dan Media Downlink	50
	2.5.3	Media Satelit	53
2.6		Multiple Access	55
	2.6.1	Frequency Division Multiple Access (FDMA)	55
	2.6.2	Time Division Multiple Access (TDMA)	56
<b>BAB</b>	<b>III :</b>	<b>KONSEP OPERASI SAN-ICO</b>	
	3.1	Gambaran Umum	59
	3.1.1	Mobile Satellite Service (MSS)	59
	3.1.1.1	Konsep Awal Operasi	59
	3.1.1.2	Penyelenggara Baru	60
	3.1.1.3	Hambatan Operatos MSS	60
	3.1.1.4	Perkiraan Pasar	61
	3.1.2	Pembahasan	63
	3.2	ICO System Overview	63
	3.3	Space Segment	63
	3.3.1	Konstelasi Satelit ICO	66
	3.3.2	Rancangan Satelit ICO	70
	3.3.3	Teknologi Satelit ICO	71
	3.3.4	Tracking, Telemetry, and Control (TT&C)	73
	3.4	ICO Network (ICONET)	74
	3.4.1	User Mobility Management	75



	3.4.2	Jaringan Antar SAN .....	76
3.5		User Terminal .....	77
	3.5.1	Handheld Phones .....	77
	3.5.2	Sistem Pengamanan (Safety) .....	77
	3.5.3	Jenis Lain Terminal Pelanggan .....	78
	3.5.4	Digital Voice System .....	78
3.6		Konsep Jaringan Komunikasi Global ICO .....	79
	3.6.1	Struktur dan Perencanaan .....	80
	3.6.2	Arsitektur Jaringan .....	81
		3.6.2.1 Home Location Register (HLR) .....	83
		3.6.2.2 Visitor Location Register (VLR) .....	83
		3.6.2.3 Mobile Switching Centre (MSC) .....	84
	3.6.3	Signaling System .....	85
3.7		Metode Akses .....	86
	3.7.1	FDMA/TDMA .....	87
	3.7.2	Sistem Frame Kanal .....	87
		3.7.2.1 Frame dan Multiframe Sistem Eropa .....	88
		3.7.2.2 Frame pada Sistem IS-54 Amerika Utara .....	89
	3.7.3	Teknik Modulasi .....	90
BAB IV :		SISTEM PERENCANAAN SAN-ICO	
4.1		Konsep Perencanaan .....	94
	4.1.1	Aspek Teknik .....	94
		4.1.1.1 Koordinat Geografis .....	95
		4.1.1.2 Path Profile .....	96
		4.1.1.3 RFI Test .....	96
		4.1.1.4 Sarana Pendukung .....	98
	4.1.2	Tata Letak Antena SAN .....	98
	4.1.3	Jaringan Transmisi .....	99
	4.1.4	Interkoneksi SAN-7 Dengan SAN Luar Negeri .....	101
	4.1.5	Spesifikasi Saluran Transmisi .....	103
		4.1.5.1 Rugi-Rugi Transmisi .....	103
		4.1.5.2 Delay Transmisi .....	103
		4.1.5.3 Penanggulangan Echo .....	104
		4.1.5.4 Distorsi Kuantisasi .....	104
		4.1.5.5 Standard-Standard Encoding .....	104
4.2		Stasiun Bumi ICO (SAN) .....	105
	4.2.1	Antena SAN .....	105
		4.2.1.1 Transmit & Receive Gain .....	107
		4.2.1.2 Beamwidth .....	107
		4.2.1.3 Sidelobe Antena .....	108
		4.2.1.4 Receive G/T Antena .....	109
		4.2.1.5 Isolation Contour .....	110

	4.2.2	Sistem Tracking .....	111
	4.2.3	Subsistem Antena SAN .....	113
		4.2.3.1 TWT High Power Amplifier (HPA-TWT) .....	114
		4.2.3.2 Low Noise Amplifier (LNA) .....	117
		4.2.3.3 Perangkat Converter .....	119
	4.2.4	Perangkat HUB .....	120
4.3		Satelit ICO .....	121
	4.3.1	Spesifikasi Satelit ICO .....	122
		4.3.1.1 Spesifikasi Fisik .....	122
		4.3.1.2 Spesifikasi Teknik .....	122
	4.3.2	Sifat Operasi Satelit ICO .....	124
		4.3.2.1 Periode Orbit ( $T_s$ ) .....	124
		4.3.2.2 Kecepatan Gerak Satelit ( $V_s$ ) .....	124
		4.3.2.3 Delay Propagasi .....	125
		4.3.2.4 Data Perhitungan Linier .....	127
BAB V :		ANALISA LINK C-BAND SATELIT ICO	
	5.1	Perhitungan Parameter .....	130
		5.1.1 EIRP Stasiun Bumi .....	130
		5.1.2 Redaman Ruang Bebas ( $L_{fs}$ ) .....	131
		5.1.3 Rugi-Rugi Tambahan .....	132
		5.1.4 Redaman Hujan .....	132
		5.1.5 G/T Satelit ICO .....	137
		5.1.6 Alokasi Sub-Band Frekuensi Satelit .....	138
		5.1.7 EIRP Satelit .....	138
		5.1.8 Satellite Receive Power Flux Density ( $W_s$ ) .....	139
	5.2	Analisa Link Data .....	139
		5.2.1 (C/N) Uplink .....	140
		5.2.2 (C/N) Downlink .....	140
		5.2.3 (C/N) Intermodulasi .....	141
		5.2.4 (C/N) Total .....	141
		5.2.5 Kebutuhan EIRP Per Carrier .....	141
		5.2.6 Kebutuhan EIRP Total .....	142
		5.2.7 C/No : Carrier to Noise Spectral Density Ratio .....	144
		5.2.8 Eb/No : Bit Energy to Noise Power Density Ratio .....	144
	5.3	Gambaran Hasil Analisa Perhitungan .....	144
BAB VI :		PENUTUP	
	6.1	Kesimpulan .....	148
	6.2	Saran-Saran .....	150

DAFTAR PUSTAKA

- LAMPIRAN A Gambar Rencana Antena dan Shelter SAN-ICO  
LAMPIRAN B Gambar Rencana Duct Untuk Kabel IFL  
LAMPIRAN C Sistem Operasi MSS "Ovum 1996"  
LAMPIRAN D Data EIRP Intermodulasi Transponder "IESS-410 Rev. 5  
LAMPIRAN E Proposal Tugas Akhir  
LAMPIRAN F Riwayat Hidup

-----o0o-----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Geometri Reflektor Parabola, .....	9
Gambar 2.2	Daya Radiasi Antena .....	11
Gambar 2.3	Pola Radiasi Antena Parabola .....	14
Gambar 2.4	Polarisasi Frekuensi Radio (RF) .....	15
Gambar 2.5	Temperatur Noise Antena Stasiun Bumi $T_A$ Kondisi Clear Sky ....	19
Gambar 2.6	Typical Brightness Temperature $T_b$ .....	19
Gambar 2.7	Diagram Blok Feed C-Band Frekuensi Re-use .....	23
Gambar 2.8	Mode Circular Waveguide Untuk Sistem Tracking Monopulse ....	24
Gambar 2.9	Circular Waveguide .....	25
Gambar 2.10	Filosofi Alur Sinyal Pada Sistem Step-Track .....	29
Gambar 2.11	Sistem Monopulse Tracking Multi-horn .....	30
Gambar 2.12	Tabung Klystron .....	32
Gambar 2.13	Tabung TWT .....	34
Gambar 2.14	Karakteristik Input – output Penguat .....	36
Gambar 2.15	Jenis Orbit Satelit .....	41
Gambar 2.16	Temperatur Noise Antena Sebagai Fungsi Sudut Elevasi .....	51
Gambar 2.17	Teknik FDMA .....	56
Gambar 2.18	Teknik TDMA .....	57
Gambar 3.1	Jaringan Pelayanan Jasa ICO .....	62
Gambar 3.2	Data Pesawat Peluncur Satelit ICO .....	64
Gambar 3.3	Lintasan Orbit Satelit ICO .....	67
Gambar 3.4	Interkoneksi Jaringan ICO .....	67
Gambar 3.5	Cakupan Global Satelit ICO .....	68
Gambar 3.6a	Statistik Level Sinyal Penerimaan .....	69
Gambar 3.6.b	Filosofi Pancaran Sinyal Komunikasi .....	69
Gambar 3.7	163 Spot Beam Untuk Service Link .....	71
Gambar 3.8	Konfigurasi Jaringan Global ICO .....	75
Gambar 3.9	Jaringan SAN Dengan Topologi Ring .....	76
Gambar 3.10	Interkoneksi Jaringan SAN-ICO dan Pelayanan Umum .....	81
Gambar 3.11	Jaringan Radio Selular GSM .....	82
Gambar 3.12	Ilustrasi FDMA/TDMA .....	87
Gambar 3.13	Spektrum Frekuensi Operasi .....	87
Gambar 3.14	Struktur Multiframe dan Frame .....	88
Gambar 3.15	Struktur Frame IS-54 .....	90
Gambar 3.16	Diagram Blok Stasiun Bumi .....	91
Gambar 3.17	Spektrum Daya Sinyal FSK dan PSK .....	92
Gambar 3.18	Performansi BER Untuk FSK dan PSK .....	93
Gambar 4.1	Batas Maksimal Obstacle Stasiun Bumi SAN .....	96

Gambar 4.2	Konsep Distribusi Catu Daya .....	99
Gambar 4.3	Tata Letak Antena SAN-7 .....	99
Gambar 4.4	Ilustrasi Jaringan Interkoneksi SAN-7 .....	101
Gambar 4.5	Interkoneksi SAN-7 Dengan SAN Luar Negeri .....	102
Gambar 4.6	Konfigurasi Jaringan SAN-ICO .....	112
Gambar 4.7	Sistem Penerima .....	119
Gambar 4.8	Pengukuran Isolasi Antena .....	111
Gambar 4.9	Konfigurasi Sistem Tracking Antena .....	122
Gambar 4.10	Karakteristik HPA TWT 3KW Dengan OBO 7 dB .....	125
Gambar 4.11	Konfigurasi Pengukuran Respons Frekuensi HPA .....	126
Gambar 4.12	Respons Frekuensi LNA SAN-ICO .....	127
Gambar 4.13	Komposisi HUB .....	120
Gambar 4.14	Satelit ICO .....	122
Gambar 4.15	Konfigurasi Payload Satelit ICO .....	123
Gambar 4.16	Ilustrasi Proyeksi Satelit ICO Terhadap SAN .....	126
Gambar 5.1	Ilustrasi Link Stasiun Bumi dan Parameter Lintasan .....	133
Gambar 5.2	Peta Daerah Iklim Hujan .....	147

-----o0o-----

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standard Antena .....	20
Tabel 2.2	Tipe – Tipe Antena .....	21
Tabel 2.3	Akar $J_n = 0$ (Mode TM) .....	26
Tabel 2.4	Akar $J'_n = 0$ (Mode TE) .....	27
Tabel 2.5	Redaman Atmosfir .....	48
Tabel 2.6	Margin Redaman Hujan Terhadap Kehandalan Link .....	49
Tabel 2.7	Nilai Maksimum Power Flux Density Satelit Sebagai Fungsi Sudut .....	56
Tabel 3.1	Karakteristik Umum MSS .....	61
Tabel 3.2	Jenis-Jenis Pesawat Mobile Station .....	77
Tabel 4.1	Pengukuran Koordinat SAN-7 .....	95
Tabel 4.2	Fasilitas Jaringan Komunikasi .....	100
Tabel 4.3	Susunan Perangkat Antena SAN .....	105
Tabel 4.4	Referensi Pola Sidelobe Antena SAN .....	109
Tabel 4.5	Susunan Perangkat Shelter .....	114
Tabel 4.6	Spesifikasi Fisik Satelit ICO .....	122
Tabel 4.7	Data Perhitungan Linier .....	127
Tabel 5.1	Data Transmit Stasiun Bumi ICO .....	129
Tabel 5.2	Data Satelit ICO .....	129
Tabel 5.3	Data Asumsi ICO .....	130
Tabel 5.4	Informasi Data Digital Sebagai Asumsi .....	138
Tabel 5.5	Perbandingan Data Kebutuhan Dan Data Tersedia .....	144
Tabel 5.6	Hasil Perhitungan Untuk Carrier 192 Kbps .....	145
Tabel 5.7	Daerah Iklim / Intensitas Curah Hujan (mm/h) .....	146
Tabel 5.8	Koefisien Regresi Untuk Estimasi Redaman .....	146

-----o0o-----

## DAFTAR SINGKATAN

AMPS	Advanced Mobile Phone Service
ASK	Amplitude Shift Keying
BTS	Base Transceiver Station
CCIR	Committee Consultative International Radio
CCITT	Committee Consultative International Telephone and Telegraph
DVCC	Digital Verification Color Code
EIRP	Equivalent Isotropic Radiated Power
FACCH	Fast Associated Control Channel
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FSK	Frequency Shift Keying
GCE	Ground Communication Equipment
GEO	Geo-stationer Earth Orbit
GSM	Global System for mobile Communication
HLR	Home Location Register
HPA	High Power Amplifier
ICO	Intermediate Circular Orbital
IDR	Intermediate Data Rate
IFL	Interfacility Link
ISDA	Integrated Services Digital Network
ITU	International Telecommunication Union
LEO	Low Earth Orbit
LNA	Low Noise Amplifier
MEO	Medium Earth Orbit
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Centre
MSS	Mobile Satellite Services
NMC	Network Management Centre
PCM	Pulse Communication Modulation
PCS	Personal Communications Services
PLMN	Public Land Mobile Networks
PSK	Phase Shift Keying
PSTN	Public Switched Telephone Network
RBS	Radio Base Station
RFI	Radio Frequency Interference
SACCH	Slow Associated Control Channel
SAN	Satellite Access Node
SBS	Satellite Baseband System
SCC	Satellite Control Centre
SSPA	Solid State Power Amplifier

TDMA	Time Division Multiple Access
TT&C	Tracking Telemetry & Control
TWT	Travelling Wave Tube
VLR	Visitor Location Register

-----o0o-----



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Sarana telekomunikasi merupakan sarana yang sangat penting bagi segala aspek seperti politik, ekonomi, sosial budaya, dan pertahanan keamanan. Khususnya bagi Indonesia yang wilayahnya terdiri dari pulau-pulau, dengan daratan umumnya mempunyai kontur yang bervariasi maka mempunyai tingkat kesulitan tersendiri untuk membangun jaringan telekomunikasi secara menyeluruh. Sehingga sarana-sarana telekomunikasi yang dipakai haruslah disesuaikan dengan kondisi geografis yang ada. Jenis-jenis sarana komunikasi adalah sistem komunikasi satelit, sistem komunikasi kabel, dan sistem komunikasi terestrial gelombang mikro yang dalam operasinya satu sama lain saling melengkapi dalam sistem jaringan global. Dengan kondisi geografis yang beragam tersebut, perlu perhitungan yang tepat dan cermat sarana komunikasi yang sesuai untuk memperoleh nilai efisiensi yang tinggi.

Perkembangan teknologi telekomunikasi dewasa ini mengarah kepada sistem komunikasi bergerak (*mobile communication*) dengan tentunya tidak meninggalkan sistem komunikasi tetap (*fixed telephone*). Sistem komunikasi bergerak yang sekarang banyak beroperasi relatif cukup baik namun mempunyai kelemahan yaitu masih terbatas pada cakupan daerah tertentu. Cakupan daerah ini bergantung pada banyaknya stasiun pengulang yang ditempatkan (RBS, *radio*

*base station*). Makin banyak RBS makin luas pula cakupan areanya dan makin mahal investasinya. Dengan adanya kelemahan tersebut akan muncul teknologi baru yaitu teknologi komunikasi global dengan sistem *Satellite Access Node – Intermediate Circular Orbital* (SAN-ICO). Teknologi ini menawarkan sistem komunikasi global yang tidak terbatas pada cakupan area tertentu dengan menggunakan media satelit di posisi orbit menengah (MEO, *medium earth orbit*) dengan ketinggian kurang lebih 10.000 km dari permukaan bumi. Jumlah satelit yang ditempatkan pada orbit tersebut adalah 12 satelit (10 operasional dan 2 cadangan).

Teknologi komunikasi ini merupakan teknologi komunikasi masa depan yang masih dalam tahap pembangunan dan direncanakan mulai beroperasi pada pertengahan tahun 2000-an. Indonesia, dalam hal ini PT. Indosat mendapat kepercayaan dari pusat operasi ICO di United Kingdom sebagai salah satu dari dua belas lokasi SAN-ICO yang direncanakan. Adapun lokasinya adalah di Desa Banyuurip, Kecamatan Ujungpangkah, Kabupaten Gresik.

## 1.2 PERUMUSAN DAN BATASAN MASALAH

Implementasi sistem komunikasi global dengan teknologi SAN-ICO sampai saat ini masih terus dipelajari baik dari segi regulasi, teknik, ekonomi, maupun perencanaan pasar yang semuanya bertujuan memperoleh penyempurnaan. Dari segi teknik, teori dan perencanaannya belum pernah dilakukan pengujian sehingga dalam penerapannya nanti tidak menutup

kemungkinan adanya kelemahan-kelemahan yang muncul yang tidak diperhitungkan sebelumnya.

Konsep dasar dari sistem ICO dibagi dalam empat bagian yaitu *user segment*, *space segment*, *ground segment*, dan *public network*. SAN-ICO berfungsi sebagai *ground segment* yang di dalamnya terdiri dari Stasiun Bumi ICO, *Switching Centre*, dan *Transmisi Terrestrial*. Stasiun bumi ICO di setiap lokasi SAN-ICO terdiri dari lima buah antena stasiun bumi yang bekerja secara overlapping untuk mengakses satelit ICO dengan tujuan menghindari adanya putus komunikasi.

Pada tugas akhir ini bahasan dibatasi pada sisi Stasiun Bumi ICO, khususnya di lokasi SAN-7 ICO Banyuwirip Indonesia, dengan mengacu pada permasalahan yang ada antara lain:

- Model dan teknik operasi stasiun bumi ICO
- Aspek teknik dalam perencanaan stasiun bumi ICO
- Sinkronisasi antar stasiun bumi dan satelit, serta sistem jaringan
- Link budget yang diperlukan pada stasiun bumi ICO

### 1.3 METODOLOGI

Tugas akhir ini merupakan studi teknik suatu teknologi komunikasi global yang implementasinya direncanakan pada tahun 2000-an. Pelaksanaannya mengacu pada sistem komunikasi satelit geostasioner, propagasi gelombang

mikro, teknik jaringan dan pengukuran sistem komunikasi, serta sistem komunikasi bergerak dan INMARSAT (*International Maritime Satellite*).

Metode pengumpulan data diperoleh dari berbagai sumber antara lain, Pusat Operasi SAN-ICO di U.K, perusahaan pembuat Satelit ICO "HUGHES", Majalah SAN-ICO, Internet, dan literatur-literatur lain, serta pedoman pelaksanaan proyek pembangunan SAN-ICO di Banyuurip Gresik. Dari data-data tersebut, dipelajari dan dianalisa secara teknik sehingga diperoleh suatu model operasi Stasiun Bumi Satelit ICO. Dalam pelaksanaannya, memungkinkan akan adanya pendekatan-pendekatan secara teknis, disesuaikan dengan teknologi komunikasi satelit yang sudah ada (*goestasioner*). Pendekatan-pendekatan diambil bila ada beberapa data yang kurang lengkap, dengan tidak merubah konsep operasi yang direncanakan.

#### 1.4 SISTEMATIKA PEMBAHASAN

Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

##### BAB I PENDAHULUAN

- Meliputi :
- Latar Belakang Pemilihan Judul
  - Perumusan dan Batasan Masalah
  - Metodologi
  - Sistematika Pembahasan
  - Tujuan
  - Relevansi

## BAB II LANDASAN TEORI

Meliputi pengantar teori dasar yang meliputi teknologi stasiun bumi, satelit, dan metode akses yang semuanya merupakan acuan dasar SAN-ICO.

## BAB III KONSEP OPERASI SAN-ICO

Meliputi sistem overview, teknik operasi, space segment, ground station, user terminal, dan sistem jaringan.

## BAB IV SISTEM PERANCANAAN SAN-ICO

Meliputi konsep perencanaan stasiun bumi, sistem perangkat, parameter dan operasi Satelit ICO, sistem propagasi.

## BAB V ANALISA LINK C-BAND SATELIT ICO

Membahas perhitungan link-budgets dan gambaran kapasitas perangkat yang dibutuhkan.

## BAB VI PENUTUP

Meliputi Kesimpulan dan Saran-Saran.

### 1.5 TUJUAN

Tujuan pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Mengetahui parameter Stasiun Bumi ICO.
- Mengetahui parameter satelit ICO.
- Mengetahui link budget dan teknik transmisinya.
- Mengetahui sistem jaringan operasi.

- Melatih diri pribadi dalam merencanakan suatu jaringan komunikasi.
- Meningkatkan wawasan teknologi telekomunikasi.

## 1.6 RELEVANSI

Pembahasan mengenai teknologi komunikasi global dapat dikaitkan dengan hal-hal sebagai berikut :

- Sebagai bahan kajian pengembangan jaringan telekomunikasi di Indonesia mengingat persaingan pelayanan telekomunikasi di masa datang akan semakin ketat dan semarak.
- Sebagai media untuk meningkatkan wawasan teknologi telekomunikasi baik untuk diri pribadi khususnya maupun para pembaca pada umumnya.

-----oOo-----

## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 SISTEM KOMUNIKASI SATELIT

Sistem komunikasi satelit adalah suatu teknologi telekomunikasi yang telah berkembang sejak tahun 1965, dimana dalam teknik transmisinya menggunakan media satelit dan propagasi gelombang mikro. Satelit pertama yang diluncurkan pada saat itu adalah Satelit INTELSAT pertama yang dinamakan EARLY BIRD, tepatnya pada tanggal 6 April 1965. Satelit tersebut mempunyai kapasitas 240 kanal telepon dengan total bandwidth 50 MHz. Adapun posisinya adalah pada orbit geostasioner, yaitu kurang lebih 35.800 km dari permukaan bumi.

Ada dua bagian besar pada sistem komunikasi satelit yaitu *ground segment* dan *space segment*. *Ground segment* terdiri dari antena stasiun bumi dan perangkat-perangkatnya yang berfungsi untuk mengirimkan dan menerima sinyal ke/dari satelit. Sedangkan *space segment* terdiri dari satelit dan link propagasi (udara), yang berfungsi sebagai media perantara telekomunikasi. Pada satelit terdapat pula perangkat pengirim dan penerima. Sistem komunikasi satelit digunakan sebagai sarana telekomunikasi baik nasional, regional, maupun internasional, terutama antar kepulauan yang dipisahkan oleh lautan luas.

Teknologi telekomunikasi satelit semakin berkembang dewasa ini terlebih dengan adanya teknologi digital sehingga kebutuhan daya dan ruang dapat semakin

efisien dengan kualitas transmisi yang semakin baik. Selain itu sistem komunikasi satelit tidak hanya beroperasi pada orbit geostasioner saja tetapi juga akan berkembang ke satelit dengan orbit menengah (MEO, *medium earth orbit*) dan orbit rendah (LEO, *low earth orbit*). Ketinggian satelit MEO berada pada daerah 5.000 km sampai dengan 20.000 km, sedangkan satelit LEO berada pada ketinggian 1.000 km sampai dengan 5000 km.

## 2.2 ANTENA STASIUN BUMI

Antena pada sistem komunikasi satelit adalah bagian dari sistem transmisi stasiun bumi. Antena stasiun bumi yang dipakai adalah antena parabola, dengan ukuran diameter bervariasi, antara 0,5 dan 30 meter. Dipilih antena parabola, karena mempunyai penguatan (*gain*) yang relatif lebih besar dibanding jenis lain.

Dalam sistem perencanaan, antena parabola dirancang sebagai pengirim dan penerima dengan ketentuan performansi yang harus dipunyai sebagai berikut :

- Nilai penguatan (*gain*) dan efisiensi tinggi.
- Level interferensi dan sensitifitas interferensi rendah.
- Tingkat kesempurnaan polarisasi tinggi pada proses radiasi.
- Pada sistem penerima, harus mempunyai sensitifitas rendah terhadap *thermal noise* yang disebabkan *ground radiation*.

Kontur permukaan *dish* antena (*main reflector*) ditentukan berdasarkan persamaan 2.1 sesuai dengan keterangan gambar 2.1.

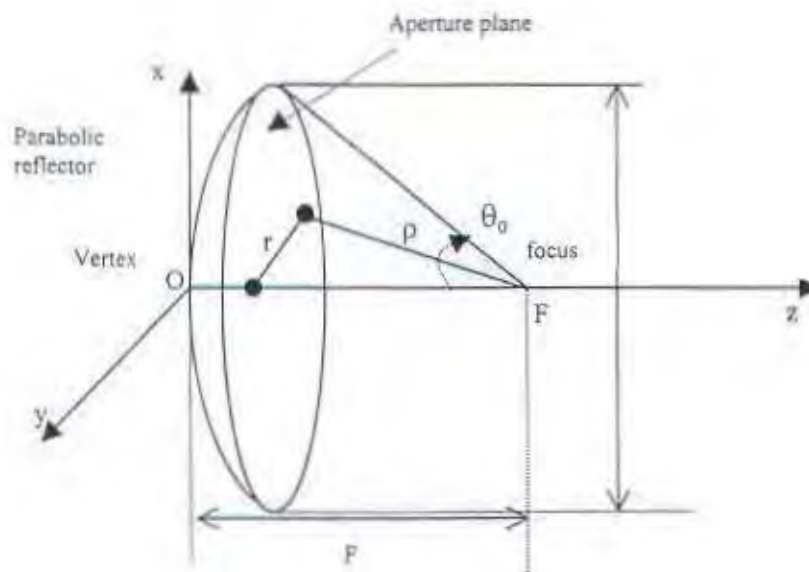


$$r^2 = 4 F z \quad (2.1)$$

dimana :  $r$  : jarak radial antara sumbu "z" dan koordinat (x,y) pada reflector

$F$ : panjang titik api (focus) pada sumbu "z"

$z$  : koordinat sepanjang sumbu paraboloid.



GAMBAR 2.1  
GEOMETRI REFLEKTOR PARABOLA

Kesempurnaan dish reflektor antenna menentukan besarnya energi yang dipancarkan ataupun yang diterima, yang dipusatkan pada titik focus. Bagian terbesar dari *front-fed* antenna parabola mempunyai reflektor dengan  $F/D$  pada daerah 0,25 s.d. 0,4 yang korelasinya terhadap setengah sudut (*half-angle*,  $\theta$ ) dari 90 derajat s.d. 64 derajat. Saat  $F/D = 0,25$  maka sudut antara sinyal datang dan sinyal pantul yang

mengenai *main reflector* besarnya 90 derajat, hal ini disebut dengan *focal plane reflector*. Kondisi yang baik adalah nilai F/D berada di sekitar 0,3 s.d. 0,4.

### 2.2.1 Parameter Antena

Antena parabola mempunyai parameter-parameter teknis yang mempengaruhi terhadap kualitas sistem pengiriman dan penerimaan. Parameter-parameter terpenting dari antena parabola adalah *antenna gain*, *beamwidth*, dan *sidelobes*.

#### 2.2.1.1 Nilai Penguatan Antena (Antenna Gain)

Radiasi isotropik antena merupakan gelombang sferik dengan nilai daya uniform  $P_0/4\pi$  pada arah  $(\theta, \varphi)$  di udara sekeliling, dimana  $P_0$  adalah daya keluaran penguat (*power amplifier*) dan merupakan daya input antena. Suatu antena *directional* akan memancarkan daya  $P(\theta, \varphi)$  pada arah  $(\theta, \varphi)$  seperti terlihat pada gambar 2.2.

Persamaan matematis gain antena adalah sebagai berikut :

$$g(\theta, \varphi) = P(\theta, \varphi) / (P_0/4\pi) \quad (2.2)$$

$P_0$  adalah daya radiasi total pada segala arah dan dapat diekspresikan dengan persamaan berikut :

$$P_0 = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi P(\theta, \varphi) \sin \theta \, d\theta \, d\varphi \quad (2.3)$$

Fungsi penguatan maksimum :

$$g_{\max} = P_{\max} / (P_0/4\pi) \quad (2.4)$$

Penguatan maksimum " $g_{\max}$ " dianggap sebagai " $g$ " dan bila dituliskan dalam decibel adalah sebagai berikut :

$$G = 10 \log g \quad \text{dBi} \quad (\text{dB terhadap isotropik}) \quad (2.5)$$

Pada antenna parabola terdapat luas celah efektif "Ae" yaitu besarnya sama dengan luas proyeksi aktual terhadap bidang datar "A".

$$A_e = \eta \times A \quad (2.6)$$

Dimana  $\eta$  : efisiensi antenna ( $\eta < 1$ )

A : luas lingkaran antenna ( $m^2$ )

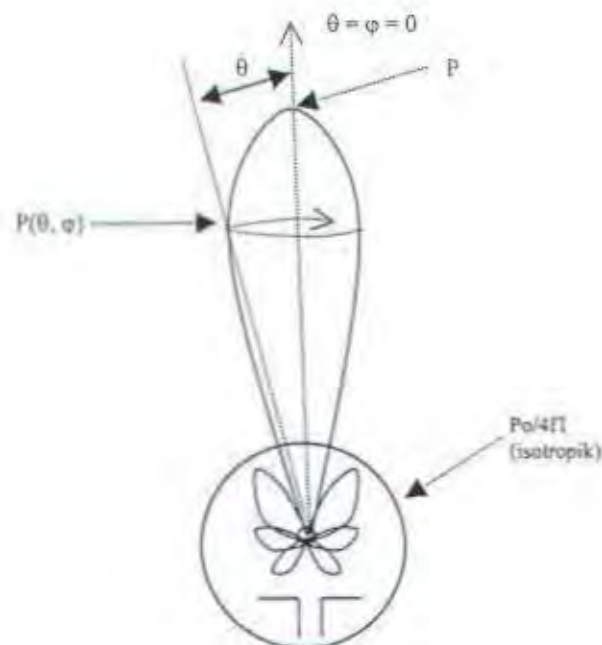
Hubungan "Ae" terhadap penguatan maksimum adalah sebagai berikut:

$$g_{max} = 4 \pi A_e / \lambda^2 \quad (2.7)$$

Dimana:  $\lambda$  : panjang gelombang pada ruang bebas (meter) =  $c/f$

c : Kecepatan gelombang elektromagnetik =  $3 \times 10^8$  m/s

f : Frekuensi Radio (RF), Hz



GAMBAR 2.2  
DAYA RADIASI ANTENA

Bila celah keliling parabola mempunyai diameter  $D$  (meter) maka dapat dituliskan seperti persamaan sebagai berikut :

$$g_{\max} = \eta [\pi \times D/\lambda]^2 \quad (2.8)$$

Atau dalam decibel :

$$G = 10 \log g_{\max} = 9,94 + 10 \log \eta + 20 \log (D/\lambda) \quad \text{dBi} \quad (2.9)$$

Yang mempengaruhi efisiensi :

- Posisi dan struktur *sub-reflector*
- Permukaan *main reflector*
- Persilangan distribusi fasa permukaan antena dan daya teradiasi pada *sidelobe*
- Daya yang diradiasikan pada setiap *sidelobe*

Nilai efektif efisiensi (celah) antena parabola yang dapat dicapai adalah pada daerah antara 55 % dan 75 %.

#### 2.2.1.2 Beamwidth

*Beamwidth* adalah lebar dari beam centre suatu pola radiasi antena yang direferensikan saat turun setengah daya ( - 3 dB ) dari nilai maksimumnya. Hal ini biasa disebut dengan *Half-Power Beamwidth* (HPBW). HPBW dapat dihitung dengan persamaan praktis pada persamaan 2.10 berikut ini :

$$\text{HPBW} = ( \lambda / (d\sqrt{\eta}) ) \times 57,29 \quad \text{derajat} \quad (2.10)$$

Dimana  $\eta$  : efisiensi antenna

$d$  : diameter antenna

$\lambda$  : panjang gelombang elektromagnetik pada udara bebas ( $c/f$ )

Bagian terbesar dari daya pancar antenna adalah *main-lobe (beam centre)*, yang arahnya direferensikan sebagai titik nol derajat arah antenna. Pada prakteknya, pola pancar dan penerimaan antenna parabola tidak hanya *main-lobe* yang muncul, melainkan terdapat daya-daya yang muncul pada arah beberapa derajat di luar titik referensi maksimum. Daya-daya tersebut disebut sebagai *side-lobes*.

*Side-lobes* merupakan nilai intrinsik radiasi antenna yang keberadaannya tidak dapat ditekan secara sempurna (penuh), namun demikian nilai *side-lobes* yang diperbolehkan harus sesuai dengan rekomendasi CCIR No. 580-1 mod. 1, dengan persamaan sebagai berikut:

a) Untuk antenna dengan ratio  $d/\lambda > 150$

$$G = 29 - 25 \log \theta \quad (\text{dBi}) \quad (2.11)$$

Dimana  $\theta$  : derajat dari boresigth  $1^\circ \leq \theta \leq 20^\circ$

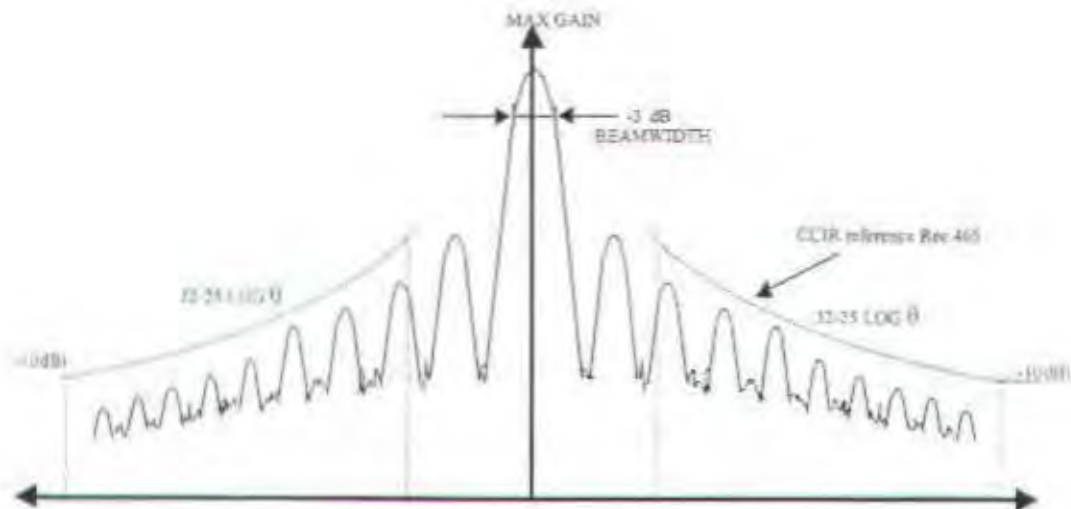
$d$  : diameter antenna

$\lambda$  : panjang gelombang elektromagnetik pada ruang bebas ( $c/f$ )

b) Untuk antenna lebih kecil,  $d/\lambda$  antara 35 dan 100

$$G = 52 - 10 \log (d/\lambda) - 25 \log \theta \quad (\text{dBi}) \quad (2.12)$$

untuk daerah :  $(100 d/\lambda)^\circ \leq \theta \leq (d/5\lambda)^\circ$

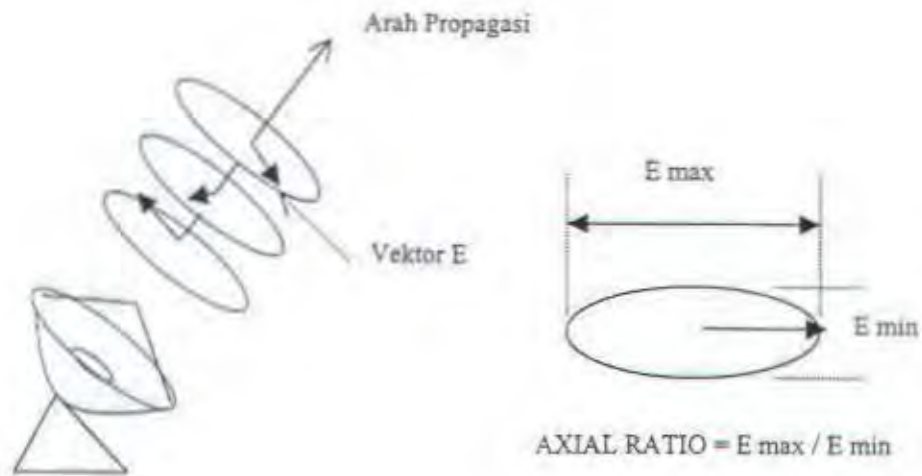


GAMBAR 2.3  
POLA RADIASI ANTENA PARABOLA

### 2.2.1.3 Polarisasi

Gelombang elektromagnetik (RF, *radio frequency*) yang dipancarkan dan yang diterima oleh antenna mempunyai bentuk polarisasi radiasi tertentu. Dalam sistem komunikasi satelit terdapat dua jenis yaitu polarisasi linier (LP, *linear polarization*) dan polarisasi melingkar (CP, *circular polarization*).

Kedua jenis polarisasi tersebut pada dasarnya merupakan polarisasi elips (*elliptical polarization*). Yang membedakan dari keduanya adalah nilai perbandingan antara vektor listrik E maksimum (E max) dan vektor listrik E minimum (E min). Perbandingan ini biasa disebut *axial ratio* (AR). Vektor listrik E ini diproyeksikan terhadap bidang datar arah propagasi. Pada polarisasi linier, nilai AR tak terbatas, sedangkan pada polarisasi melingkar nilai AR = 1.



GAMBAR 2.4  
POLARISASI FREKUENSI RADIO (RF)

Polarisasi linier dan polarisasi melingkar dilihat dari arah vektornya terbagi lagi menjadi 2-bagian :

- Polarisasi Linier :
- Vertikal
  - Horizontal
- Polarisasi Melingkar :-
- Left (LHCP, *left hand circular polarization*)
  - Right (RHCP, *right hand circular polarization*)

Dengan adanya polarisasi ini memungkinkan adanya pemakaian frekuensi *re-use* yaitu mengoperasikan frekuensi yang sama dengan polarisasi berbeda (V dan H atau LHCP dan RHCP), sehingga dapat menghemat pemakain frekuensi. Idealnya isolasi antara dua polarisasi (V dan H atau LHCP dan RHCP) tersebut adalah tidak

berhingga, namun dalam prakteknya, tidak demikian. Isolasi tersebut didefinisikan sebagai perbandingan antara daya sinyal yang diinginkan dan tak diinginkan (*wanted-to-unwanted power ratio*), yang dapat dituliskan dalam persamaan umum 2.13.

$$\text{Isolation} = 20 \log [(AR + 1) / (AR - 1)] \quad \text{dB} \quad (2.13)$$

Untuk AR lebih kecil atau sama dengan 3 dB, perhitungan dapat diselesaikan dengan persamaan 2.14 dan 2.15 yang diberikan oleh CCIR Report 555-3.

$$\text{Isolation (dB)} = 24,8 - 20 \log AR \quad \text{dB} \quad (2.14)$$

$$AR \text{ (dB)} = 17,37 [ 10^{-\text{isolation (dB)}/20} ] \quad (2.15)$$

Formulasi isolasi ini dapat disebut pula sebagai *cross-polarization discrimination*.

#### 2.2.1.4 Equivalent Isotropically Radiated Power (EIRP)

Untuk antenna isotropik yang beroperasi pada kondisi ruang bebas, daya efektif "Pe" didistribusikan secara uniform melalui pusat antenna. Daya tersebut mempunyai kerapatan fluks (*pdf, power flux density*) yang besarnya bertambah sebanding dengan besarnya penguatan efektif antenna "g<sub>e</sub>". Kerapatan fluks daya (*pdf*) tersebut dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.16.

$$(\text{pdf}) = (P_e \times g_e) / (4\pi d^2) \quad (2.16)$$

Hasil perkalian antara P<sub>e</sub> dan g<sub>e</sub> disebut *equivalent isotropically radiated power* atau EIRP. EIRP tersebut merupakan dimensi daya dan biasa diekspresikan dalam dBW.



Untuk sistem penerimaan dengan luasan antena  $A_e$ , rentang daya " $P_r$ " sama dengan persamaan 2.17.

$$P_r = P_t \times g_r \left( \frac{A_e}{4\pi d^2} \right) = P_t \times g_r \times g_r \left[ \frac{\lambda}{4\pi d} \right]^2 \quad (2.17)$$

Dimana :

$g_r$  : Penguatan (gain) antena penerimaan

$\lambda$  : Panjang gelombang yang dipakai

### 2.2.1.5 Temperatur Noise Antena

Temperatur noise antena adalah penjumlahan noise eksternal yang diterima oleh antena, sesuai dengan persamaan 2.18 di bawah ini :

$$T_A = (1/4\pi) \iint g(\Omega) T(\Omega) d(\Omega) \quad (2.18)$$

Dimana :

$d(\Omega)$  : sudut pada dasar pada arah  $\Omega$

$g(\Omega) T(\Omega)$  : Penguatan antena dan *equivalent noise temperature* dari sumber noise pada arah  $\Omega$

Sumber utama noise antena adalah sebagai berikut :

- (1) Noise redaman atmosfer. Noise ini berkurang secara cepat terhadap pertambahan sudut elevasi antena.
- (2) Noise Kosmis
- (3) Ground noise.
- (4) Rugi lain-lain

Rugi-rugi feeder dan rugi-rugi tambahan atmosfer dapat dinyatakan dalam persamaan 2.19 berikut ini :

$$T_A = (1 / l_f) T_{Ao} + [1 - 1/l_f]T_o + 1/l_f[1 - 1/l_{atm}](T_{atm} - T_c) \quad (2.19)$$

Dimana:

$l_f$  : Rugi-rugi feeder termasuk komponen pasif sistem antenna

$l_{atm}$  : Redaman atmosfer tambahan.

$T_c$  : Temperatur noise lintasan di luar redaman atmosfer.

$T_{Ao}$  : Temperatur noise antenna kondisi langit cerah (clear sky)

$T_{atm}$  : Temperatur fisik atmosfer sekitarnya ( $= 270$  °K)

$T_o$  : Temperatur acuan ( $= 290$  °K)

Temperatur noise antenna pada kondisi langit cerah (gambar 2.5) dapat diekspresikan dengan persamaan 2.20.

$$T_{Ao} = (1/4\pi) \iint g(\Omega) \times T_b(\Omega) d\Omega \quad (2.20)$$

Dimana :  $g(\Omega)$  : Pola radiasi antenna

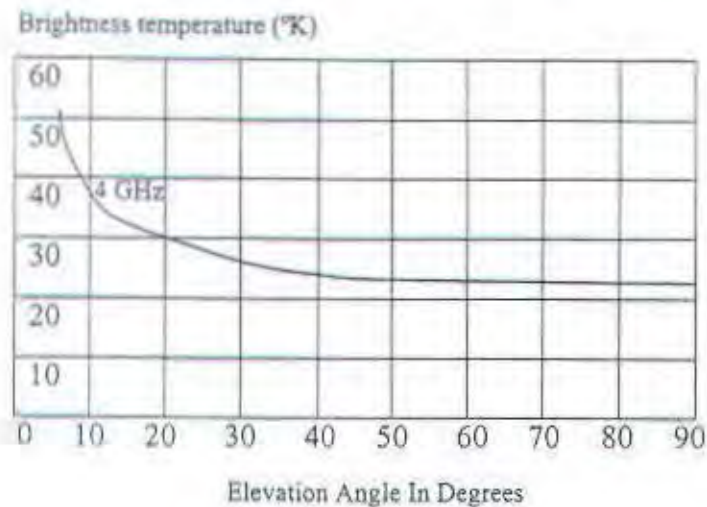
$T_b(\Omega)$  : *Brightness temperature* termasuk *ground noise* (gambar 2.6)

#### 2.2.1.6 Figure of Merit (G/T)

*Figure of merit* merupakan karakteristik performansi fundamental dari antenna stasiun bumi pada sisi penerimaan. Hal ini dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara gain (G) antenna penerima dan temperatur noise sistem (T) yang direferensikan

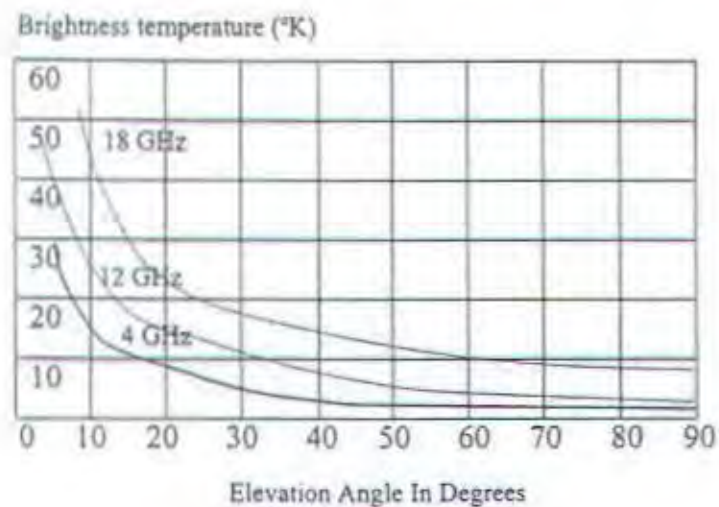
pada input penerima. *Figure of merit* biasa diekspresikan dalam decibel per derajat Kelvin (dB/K), seperti persamaan berikut :

$$G/T = G_{max} - 10 \log T \quad (\text{dB/K}) \quad (2.21)$$



GAMBAR 2.5

TEMPERATUR NOISE ANTENA STASIUN BUMI  $T_A$  KONDISI CLEAR SKY



GAMBAR 2.6

TYPICAL BRIGHTNESS TEMPERATURE  $T_B$  ( $\Omega$ )

### 2.2.1.7 Noise Figure ( F )

*Noise figure* merupakan salah satu parameter perangkat yang didefinisikan sebagai perbandingan antara total temperatur ( $T_o + T_e$ ) dan temperatur kamar ( $T_o$ ).

*Noise figure* dapat dituliskan ke dalam persamaan 2.22 sebagai berikut:

$$F = 1 + (T_e/T_o) \quad (2.22)$$

Dimana     F     : Noise Figure  
                $T_e$    : Temperatur Sistem (Kelvin)  
                $T_o$    : Temperatur Ambient (290 Kelvin)

TABEL 2.1

#### STANDARD ANTENA<sup>1</sup>

Type Standard	Lebar Frekuensi (GHz)	Diameter (m)	G/T (dB/K)	Dokumen Intelsat
A	6/4	15 – 18	35	IESS 207
B	6/4	10 – 13	31,7	IESS 207
C	14/11, 12	11 – 13	37	IESS 208
D1	6/4	4,5 – 6	22,7	IESS 207
D2	6/4	11	31,7	IESS 207
E1	14/11, 12	3,5 – 4,5	25	IESS 208
E2	14/11, 12	3,5 – 6,5	29	IESS 208
E3	14/11, 12	8 – 10	34	IESS 208
F1	6/4	4,5 – 5,0	22,7	IESS 207
F2	6/4	7 – 8	27	IESS 207
F3	6/4	9 – 10	29	IESS 207
G	6/4 or 14/11, 12	All Size	-	IESS 601

### 2.2.2 Standard Antena Parabola

Sebagai referensi bagi pemakaian antena parabola untuk sistem komunikasi satelit (misalnya satelit Intelsat), dikelompokkan beberapa macam standard yang

<sup>1</sup> Intelsat, EARTH STATION TECHNOLOGY, Revision 4, 1995, p3-18

direkomendasikan oleh Intelsat. Standard antena tersebut dikelompokkan berdasarkan ukuran diameter-nya, nilai  $G/T$ , frekuensi, dan aplikasinya. Standard-standard tersebut dapat di lihat pada tabel 2.1 di atas.

Antena stasiun bumi dibagi dalam beberapa tipe, yaitu seperti terlihat pada tabel 2.2.

TABEL 2.2  
TIPE-TIPE ANTENA<sup>2</sup>

Type	Axisymmetric	Offset
Single Reflector	(1) Parabolic Antenna	(5) Parabolic Antenna
		(6) Torus Antenna
Dual Reflector	(2) Cassegrain Antenna	(7) Cassegrain Antenna
	(3) Cassegrain Ant. With Beam W/G Feed	
	(4) Gregory Antenna	(8) Gregory Antenna

### 2.2.3 Feed System

Feed semua antena stasiun bumi mempunyai fungsi dasar yaitu :

- (1) Membentuk beam untuk memberikan iluminasi uniform *dari main reflector*.
- (2) Untuk memisahkan sinyal *transmit* dan *receive* dengan rugi-rugi dan interferensi se-minimum mungkin.
- (3) Untuk merubah dari polarisasi circular ke linier dan sebaliknya baik untuk uplink maupun downlink.

<sup>2</sup> NEC, SURABAYA STD-A EARTH STATION, Training Module, 1994, p23

- (4) Untuk menghasilkan sinyal kesalahan dalam satuan derajat dan arah dari main beam (diperlukan untuk sistem *monopulse tracking*).

### 2.2.3.1 Feed Untuk Frekuensi C-Band

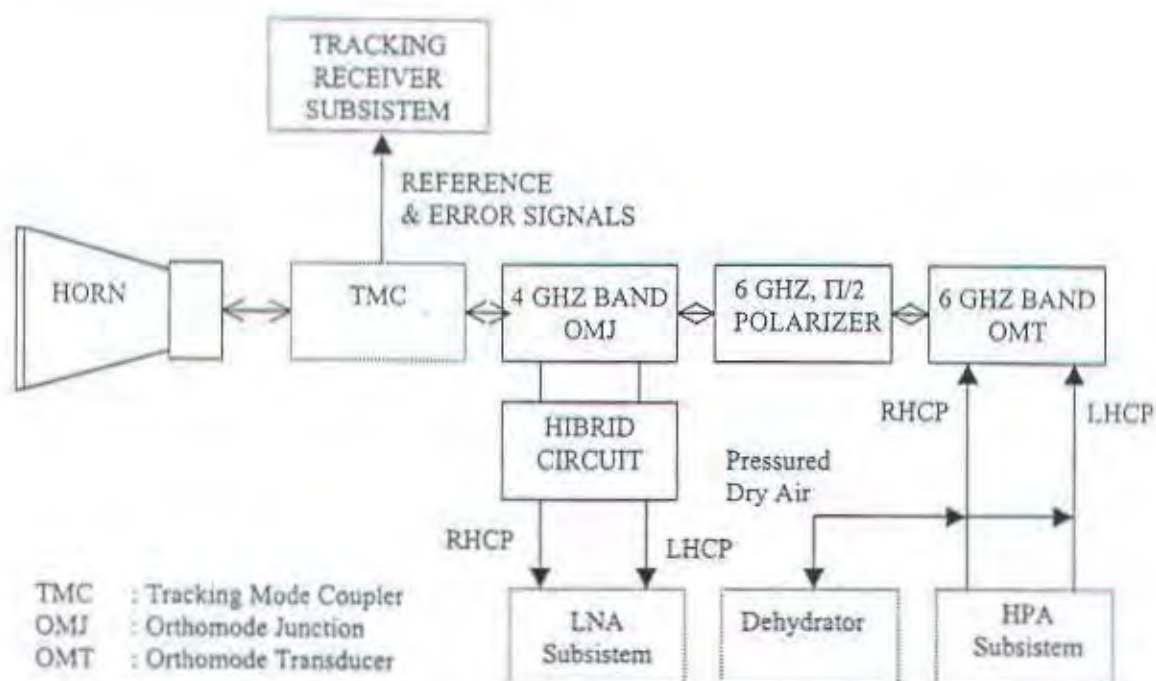
Setiap antena stasiun bumi mempunyai *feed* frekuensi yang responsnya disesuaikan dengan frekuensi operasi yang dipakai. Pada pengoperasian frekuensi *re-use* diperlukan *dual polarized feed* yaitu yang dapat menerima dan/atau mengirim sinyal dengan frekuensi yang sama dalam dua polarisasi yang berbeda. Sedangkan pada pengoperasian tanpa frekuensi *re-use* hanya memerlukan *mono polarized feed*.

Komponen-komponen yang ada pada *feed* antena, sebagai contoh pada antena yang dirancang untuk pemakaian frekuensi *reuse* dan sistem tracking yang baik dengan frekuensi operasi C-band (sebagai referensi bagi operasi SAN-ICO), dapat dilihat pada gambar 2.7.

Sinyal RHCP dan LHCP yang diterima oleh reflektor antena disalurkan ke HORN. Saat *monopulse tracking* bekerja, TMC disisipkan antara HORN dan 4-GHz band OMJ. TMC akan meng-ekstrak sinyal *error* dan sinyal referensi yang akan diberikan ke *tracking receiver subsystem* yang terdiri dari *tracking down converter* dan *tracking demodulator* untuk kemudian dikonsentrasikan oleh *antenna control unit* (ACU). Blok 4-GHz band OMJ akan merubah sinyal polarisasi circular ke dalam sinyal polarisasi linier.

Pada sisi pengirim, dua sinyal polarisasi linier yang masing-masing berdiri sendiri diberikan ke 6-GHz band OMT dimana sinyal-sinyal input tersebut di-

transformasikan ke dalam dua gelombang *orthogonal* polarisasi linier melalui *circular waveguide*. Kemudian output OMT dikirimkan lagi ke 6-GHz band *polarizer* yang merubah dua sinyal *orthogonal* polarisasi linier ke dua sinyal polarisasi *circular* dengan menggunakan penggeser fasa internal.

GAMBAR 2.7<sup>3</sup>

### DIAGRAM BLOK C-BAND FREQUENCY REUSE FEED

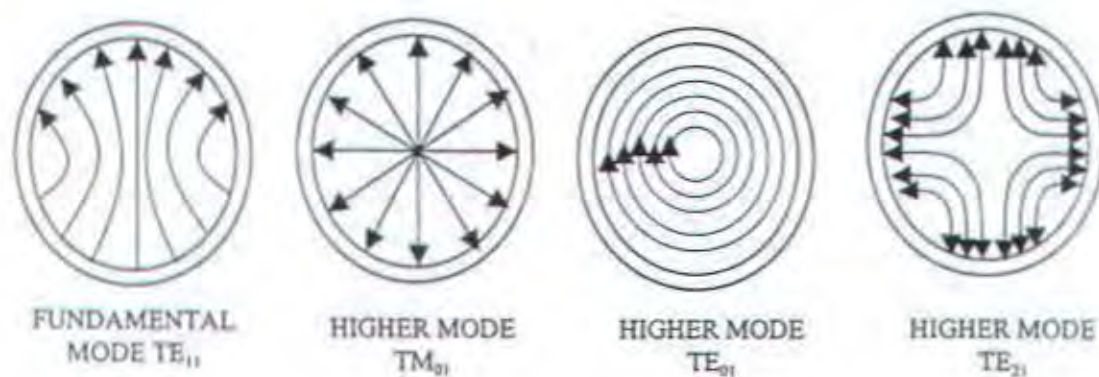
Waveguide menyalurkan sinyal gelombang mikro 6-GHz daya tinggi dari output HPA sampai ke output HORN. Pada kondisi tersebut perlu dikondisikan agar

<sup>3</sup> IBID

di dalam waveguide tetap kering (tidak lembab), maka dipasang *dehydrator* untuk memberikan tekanan udara kering ke dalam waveguide.

### 2.2.3.2 Tracking Mode Couplers (TMC)

*Tracking mode coupler* diperlukan hanya pada sistem tracking monopulse untuk mendeteksi mode tertinggi propagasi gelombang mikro dengan waveguide. Pemakaian sistem deteksi mode tertinggi adalah untuk menyalurkan medan elektromagnetik. Dengan adanya pendeteksian mode-mode tertinggi tersebut, informasi tracking relatif terhadap perubahan sudut dapat diperoleh. Pada *circular waveguide feed*, mode dominan adalah mode  $TE_{11}$  dan mode-mode tertinggi dapat dipakai untuk keperluan tracking termasuk mode  $TM_{01}$ ,  $TE_{01}$ , dan  $TE_{21}$ . Respons medan listrik E dari mode-mode waveguide tersebut dapat dilihat pada gambar 2.8.



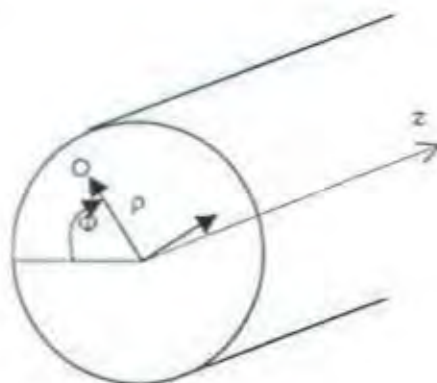
GAMBAR 2.8

MODE CIRCULAR WAVEGUIDE UNTUK SISTEM TRACKING MONOPULSE



Komponen-komponen yang ada pada *circular waveguide* pada dasarnya sama dengan pada waveguide persegi yaitu adanya mode TM dan TE. Salah satu mode pada *circular waveguide* adalah mode  $TE_{01}$ , yang mempunyai koefisien redaman berkurang dengan bertambahnya frekuensi operasi. Hal ini berlawanan dengan karakteristik coaxial dan saluran kawat paralel ataupun waveguide persegi, dimana effect kulit menyebabkan rugi-rugi bertambah dengan bertambahnya frekuensi operasi.

Pada atmosfer ruang bebas, propagasi gelombang akan mengalami redaman dan terjadinya *scatter* yang diakibatkan oleh pengaruh hujan, uap air, dan oksigen terutama pada frekuensi di atas 10 GHz, sedangkan pada waveguide pengaruh-pengaruh tersebut dikurangi. Bentuk fisik *circular waveguide* terlihat pada gambar 2.9, dimana komponen-komponen medan-nya dinyatakan dalam  $\rho$  (radial),  $\Phi$  (sudut), dan  $z$  (poros).



GAMBAR 2.9  
CIRCULAR WAVEGUIDE

Mode pada *circular waveguide* adalah mode  $TE_{nl}$  dan  $TM_{nl}$ . Faktor  $n$  adalah bilangan yang menyatakan jumlah variasi intensitas gelombang penuh di sekeliling waveguide, sedangkan  $l$  adalah bilangan yang menyatakan jumlah variasi intensitas setengah gelombang pada sisi radial dari titik pusat waveguide.

Intensitas medan ini diekspresikan dalam fungsi Bessel, misalnya untuk mode  $TE_{0l}$  sesuai dengan persamaan-persamaan berikut :

$$H_z = H_0 J_0(3,83\rho/a) e^{-j\beta_0 z}$$

$$H_\rho = \frac{j\sqrt{f_c^2 - [f_c(TE_{0l})]^2}}{f_c(TE_{0l})} H_0 J_1(3,83\rho/a) e^{-j\beta_0 z}$$

$$H_\phi = 0 \quad ; E_z = 0 \quad ; E_\phi = 0$$

$$E_\rho = - (j\omega\mu a/3,83) H_0 J_1(3,83\rho/a) e^{-j\beta_0 z}$$

TABEL 2.3<sup>†</sup>  
AKAR  $J_N = 0$  (MODE TM)

$l$	$n$			
	0	1	2	3
1	2,40	3,83	5,14	6,38
2	5,52	7,02	8,42	9,75
3	8,65	10,17	11,62	13,02

Frekuensi cut-off diperoleh dari analisa menggunakan fungsi Bessel. Berikut persamaan praktis untuk mengetahui frekuensi cut-off circular waveguide.

$$\text{Untuk Mode } TM_{nl} : \quad \omega_c = \tau_{nl} / (a\sqrt{\mu\epsilon}) \quad (2.23)$$

<sup>†</sup> Line, Wave, and Antennas; Transmission Electric Energy; Second Edition; Wiley & Sons. 1973

Nilai  $\tau_{nl}$  dapat dilihat pada tabel 2.3, dimana merupakan nilai akar  $J_n = 0$  dari fungsi Bessel.

$$\text{Untuk Mode TE}_{nl}: \quad \omega_c = \tau_{nl}' / (a\sqrt{\mu\epsilon}) \quad (2.24)$$

Nilai  $\tau_{nl}'$  dapat dilihat pada tabel 2.4, dimana merupakan nilai akar  $J_n' = 0$  dari fungsi Bessel.

TABEL 2.4<sup>5</sup>.  
AKAR  $J_n' = 0$  (MODE TE)

$l$	$n$			
	0	1	2	3
1	3,83	1,84	3,05	4,20
2	7,02	5,33	6,71	8,02
3	10,17	8,54	9,97	11,35

Catatan  $a$  : jari-jari circular waveguide (meter)

$\mu$  : konstanta permeabilitas ( $\mu_o\mu_r$ ) ;  $\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Henry/m

$\epsilon$  : konstanta permitivitas ( $\epsilon_o\epsilon_r$ ) ;  $\epsilon_o = 10^{-9}/36\pi$  Farad/m

Sebagai contoh mode dominan  $TE_{11}$  mempunyai persamaan frekuensi cut-off sebagai berikut :

$$f_c (TE_{11}) = 1,84 / (2\pi a\sqrt{\mu\epsilon}) \quad (2.25)$$

Sedangkan untuk mode listrik  $TE_{01}$  diberikan oleh :

$$f_c (TE_{01}) = 3,83 / (2\pi a\sqrt{\mu\epsilon}) \quad (2.26)$$

<sup>5</sup> Line, Wave, and Antennas; Transmission of Electric Energy; Second Edition; Willey & Sons, 1973

## 2.2.4 Antenna Tracking

Sistem tracking (*auto tracking*) sangat diperlukan pada sistem komunikasi satelit, terutama bagi satelit yang selalu berubah posisi relatif terhadap bumi, seperti pada orbit LEO dan MEO. Pada orbit geostasioner (GEO), meskipun mempunyai posisi relatif tetap terhadap bumi namun pada dasarnya terdapat perubahan meskipun sedikit, hal ini diperlukan bagi stasiun *tracking, telemetry, command & monitoring* (TTC&M) seperti pada satelit INTELSAT.

Dengan sistem tracking proses komunikasi satelit dapat berlangsung terus-menerus dan diharapkan tidak terjadi terputusnya komunikasi karena *pointing lost*. Ada dua metode untuk sistem *auto tracking* terhadap satelit yang sering dipakai untuk antena stasiun bumi yaitu *step-track* dan *monopulse*.

### 2.2.4.1 Step-Track

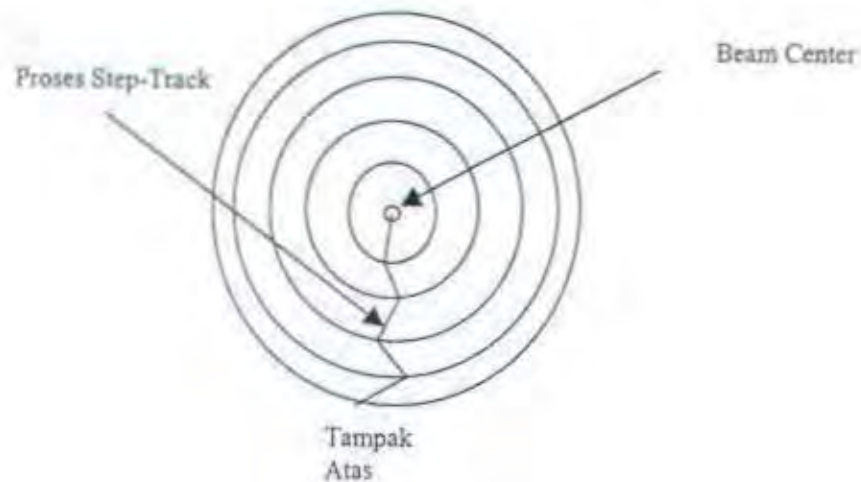
Pada sistem *step-track* beam antena digerakkan secara *step-by-step* untuk memperoleh posisi dengan sinyal satelit tertinggi dari sinyal yang diterima pada posisi sebelumnya. Bila diperoleh sinyal yang lebih rendah, maka prosesor *step-track* akan memerintahkan antena untuk bergerak ke arah berlawanan.

Sinyal yang diterima oleh *tracking receiver* adalah sinyal *beacon* (pemandu) satelit. Dan proses penerimaannya dapat dilihat pada gambar 2.10.

#### Step-Track

Keuntungan : prinsip kerja, komponen feed dan prosesnya relatif sederhana.

Kekurangan : kecepatan tracking relatif kurang.



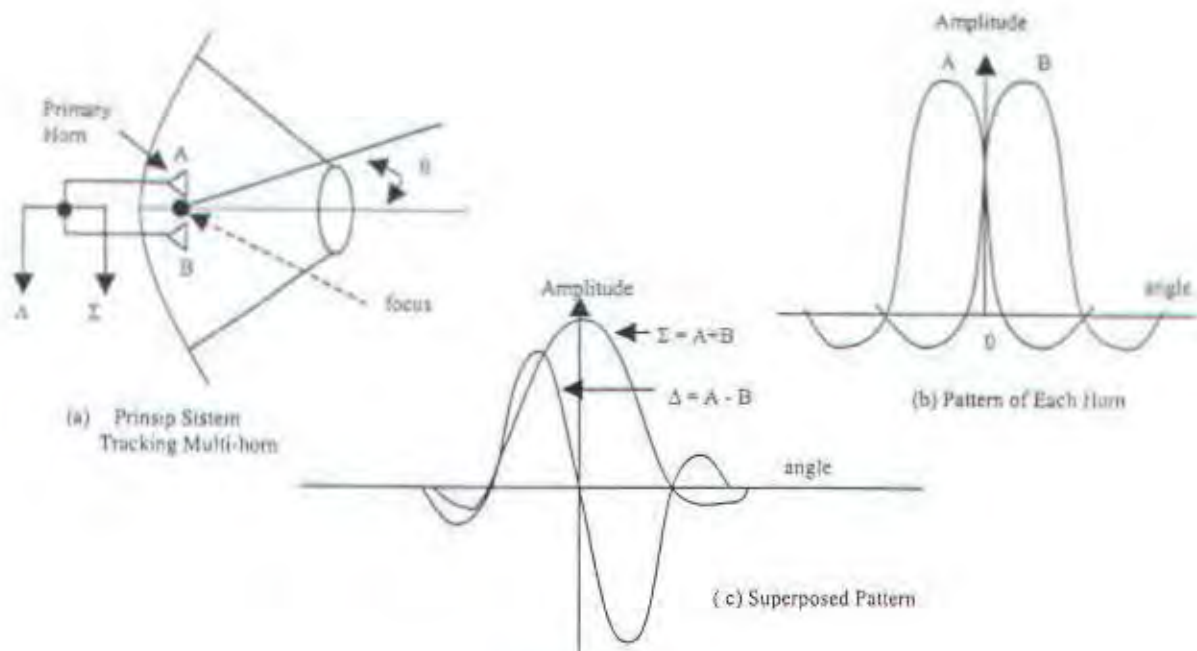
GAMBAR 2.10

#### FILOSOFI ALUR SINYAL PADA SISTEM STEP-TRACK

##### 2.2.4.2 Monopulse Tracking

Metode monopulse (*multi-horn monopulse systems*) pada mulanya diperoleh dari teknologi radar. Pada metode ini, sinyal yang diterima mempengaruhi perubahan posisi azimuth dan elevasi antena. Sistem monopulse pertama dibuat menggunakan empat horn utama yang ditempatkan secara simetris di sekeliling focus. Horn-horn tersebut membentuk beam dengan offset kecil dari pusat bumbung antena (*antenna boresight axis*). Sinyal-sinyal tracking diperoleh dengan perbandingan amplitudo sinyal yang diterima diantara masing-masing beam.

Prinsip dasar sistem *monopulse tracking* adalah dengan membandingkan sinyal kesalahan (sinyal  $\Delta$ ) dan sinyal referensi (sinyal  $\Sigma$ ) sebagaimana dapat dilihat pada gambar 2.11.



GAMBAR 2.11  
SISTEM MONOPULSE TRACKING MULTI-HORN

### Monopulse Tracking

Keuntungan : mempunyai kecepatan tracking relatif tinggi dibanding step-track.

Kelemahan : sistem feed, prosesor, dan disain sangat kompleks.

## 2.3 SUB-SISTEM ANTENA

Sub-sistem antena pada dasarnya terdiri dari tiga bagian besar, yaitu :

- Power Amplifier (PA)
- Low Noise Amplifier (LNA)
- Antenna Control Unit (ACU)

### 2.3.1 Power Amplifier

*Power amplifier* pada stasiun bumi adalah sistem penguat daya aktif gelombang radio (RF). Pada stasiun bumi dengan daya besar penguat daya tersebut dikenal dengan *High Power Amplifier (HPA)*.

Penguat daya RF dalam operasinya akan menentukan besarnya EIRP setiap *carrier* yang ditransmisikan ke satelit. Besarnya daya yang dibutuhkan pada penguat daya disesuaikan dengan kapasitas trafik yang akan dilewatkan, makin besar jumlah trafik makin besar kapasitas daya yang diperlukan. Ada dua jenis penguat daya RF, dilihat dari kapasitas dayanya :

1. Solid-State Power Amplifier (SSPA)
2. Tabung (Tube) :
  - Klystron
  - Travelling Wave Tube (TWT)

SSPA digunakan pada kapasitas daya kecil, sekitar 5 s.d. 400 watt, komponen yang dipakai biasanya GaAs FET. Sedangkan sistem penguat dengan tabung digunakan pada kapasitas daya besar ( $> 400$  watt). Adapun yang membedakan antara tabung klystron dan TWT adalah :

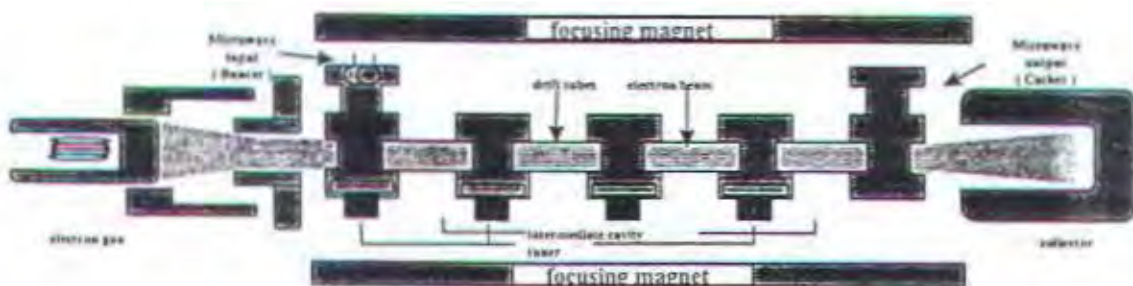
#### 2.3.1.1 HPA Klystron

Tabung Klystron, seperti terlihat pada gambar 2.12. terdiri dari gap-gap cavity, electron gun, collector, focusing magnet. *Electron gun* memancarkan berkas elektron melalui gap-gap cavity dalam setiap resonator dan melalui tabung metal silindris (drift tubes) yang ditempatkan di antara gap-gap cavity tertentu. Pada

penguat klystron, sinyal input RF dengan level rendah di berikan pada resonator pertama (buncher cavity). Sinyal input RF mengeluarkan arus osilasi pada dinding cavity menyebabkan adanya medan listrik pada buncher gap. Medan listrik mengatur kecepatan modulasi electron beam.

Setelah meninggalkan buncher gap, berkas elektron diarahkan menuju collector dalam ruang *drift tube*, diteruskan melalui intermediate resonator dan output cavity (catcher). Bila "catcher" cavity di-tune sesuai dengan frekuensinya, arus osilasi yang tinggi akan dibangkitkan pada dinding tersebut dan sebagai output RF dari tabung klystron.

Untuk memperoleh penguatan (gain) yang tinggi dan level daya saturasi yang diperlukan, diatur pada cavity-cavity tengah (misalnya cavity kedua dan ketiga). Electron beam di-fokus-kan dari electron gun melalui gap-gap cavity dan drift tubes menuju collector oleh struktur focusing magnet. Magnet yang diberikan adalah magnet permanen.



GAMBAR 2.12  
TABUNG KLYSTRON



### (1) Intersepsi Beam

Efektifitas pemusatan *electron beam* pada *collector* akan menentukan banyaknya intersepsi elektron pada *drift tube* yang diatur untuk memperoleh kemampuan handling daya maksimum pada tabung. Elektron-elektron ter-intersepsi akan menghasilkan panas yang harus dibuang hingga batas toleransi tertentu, yang tujuannya menghindari kerusakan mekanis pada tabung.

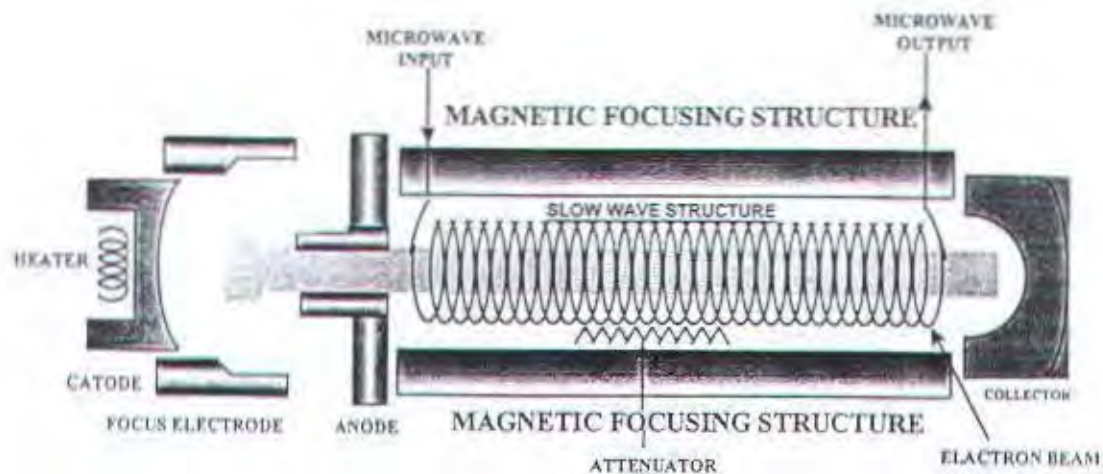
### (2) Tuning

Disebabkan karakteristik mekanis suatu *klystron resonator* diatur dengan perubahan dimensi cavity menyebabkan resonansi pada frekuensi-frekuensi beda. Band frekuensi klystron mencapai 40 s.d. 80 MHz. Proses penguatan pada HPA Klystron dilakukan secara bertahap, terdiri dari perangkat IPA (*intermediate power amplifier*) dan tabung klystron. Total penguatan kurang lebih 80 dB.

#### 2.3.1.2 HPA TWT

Prinsip penguatan dari TWT adalah dengan memanfaatkan transfer energi antara sinyal RF dan berkas elektron (*electron beam*). Berkas elektron yang dihasilkan *electron gun* bergerak menuju *collector* dengan kecepatan tertentu bergantung pada perbedaan potensial antara *slow wave structure* dan *Cathode*. Sinyal RF merupakan gelombang elektromagnetik dilewatkan melalui *helical slow wave structure* dan kecepatannya sama dengan kecepatan berkas elektron. Pada *slow wave*

*structure* akan terjadi medan listrik yang berubah-ubah, yaitu *accelerating field* dan *decelerating field*. Diagram fisik tabung dapat dilihat pada gambar 2.13.



GAMBAR 2.13

#### KONSTRUKSI TABUNG TWT

Kecepatan gelombang elektromagnetik adalah  $3 \times 10^8$  m/s, kecepatan elektron adalah  $5,30 \times 10^7$  m/s pada tegangan helix 8 kV. Berkas elektron dan medan listrik akan berintegrasi menghasilkan medan listrik yang diperlambat (*decelerating field*). Pada kondisi ini gerakan elektron diperlambat dan terjadi transfer energi dari berkas elektron ke medan listrik. Bila menghasilkan medan listrik yang dipercepat (*accelerating field*), maka elektron akan dipercepat sehingga menyebabkan medan listrik kehilangan energi. Apabila kecepatan berkas elektron sama dengan gelombang elektro magnetik, tidak akan terjadi transfer energi. Kondisi ini disebut

modulasi elektron. Proses penguatan sama dengan HPA klystron, terdiri dari IPA dan tabung TWT dengan total penguatan kurang lebih 80 dB.

#### 2.3.1.3 Solid State Power Amplifier (SSPA)

SSPA merupakan penguat daya yang dirancang untuk kebutuhan transmisi stasiun bumi dengan daya relatif kecil. Bila menggunakan HPA Klystron atau TWT pada daya yang kecil, secara ekonomis tidak menguntungkan. Komponen yang dipakai pada SSPA adalah GaAsFET (*Gallium Arsenide Field Effect Transistor*) yang merupakan komponen teknologi semi konduktor. Dalam rancangannya, komponen-komponen "penguat" GaAsFET tersebut disusun secara bertingkat baik dalam level maupun penguatannya.

#### 2.3.1.4 Sistem Distorsi

Dalam sistem penguat daya, terdapat bermacam jenis distorsi yang mempengaruhi terhadap kualitas sinyal yang dikuatkan. Distorsi tersebut adalah sebagai berikut :

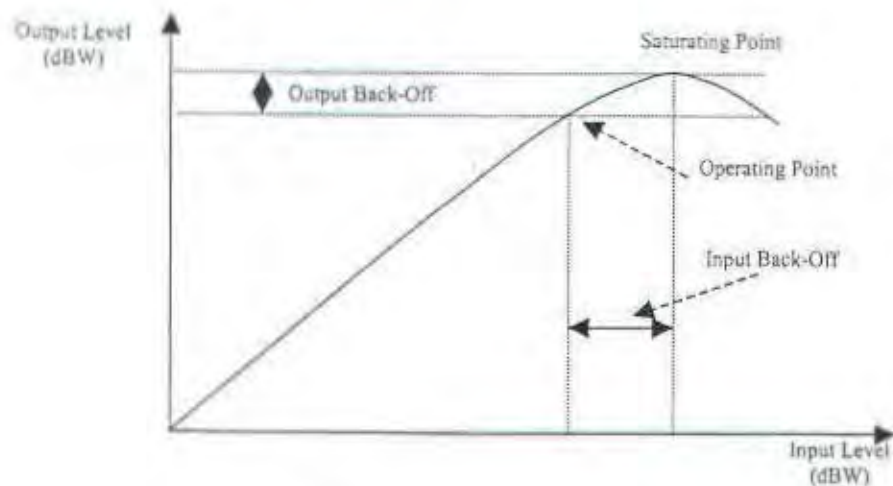
(1) **Harmonik :**

Sebagai adanya bandwidth yang lebar dan penguatan yang tinggi terutama pada TWT menyebabkan sulitnya memperoleh respons penguatan yang linier. Dengan kondisi ini, harmonik akan muncul spektrum output RF.

(2) **Intermodulation (IM):**

Respons amplitudo (karakteristik input-output) dari penguat RF adalah linier untuk sinyal kecil, dengan kemiringan (*slope*) sama dengan penguatan sinyal kecil,

tetapi respons menjadi tidak linier mendekati titik saturasi. Ketidaklinieran ini menyebabkan sinyal tidak diinginkan (*unwanted signal / intermodulation product*) muncul saat terdapat lebih dari satu carrier pada sistem penguatan pada saat bersamaan dengan daya total mendekati titik saturasi.



GAMBAR 2.14

#### KARAKTERISTIK INPUT-OUTPUT PENGUAT

### (3) AM/PM Conversion

Terjadi saat adanya variasi amplitudo (AM, *amplitudo modulation*) dari suatu carrier yang di transmisikan oleh *power amplifier* menyebabkan adanya variasi fasa dalam *carrier*. Kenyataannya, respons input-output penguat meliputi suatu respons amplitudo input/output (AM/AM) dan suatu amplitudo input terhadap respons fasa output (AM/PM).

Untuk menghindari hal-hal tersebut, maka penguat daya harus bekerja pada daerah linier, biasanya diambil 3-dB di bawah titik saturasi-nya dan diberikan perangkat tambahan untuk memperbaiki tingkat liniernya. Penurunan 3-dB dari titik saturasi dinamakan pula 3-dB Back-off (3-dB BO).

### 2.3.2 Low Noise Amplifier (LNA)

LNA merupakan subsistem penerima dari stasiun bumi yang berfungsi sebagai penguat dengan performansi noise sangat rendah pada bandwidth yang lebar. Ada dua tipe utama LNA pada subsistem penerima stasiun bumi adalah : *parametric amplifiers* dan FET (*field effect transistor*) amplifier. Keduanya dapat dioperasikan disekitar temperatur ruang.

#### 2.3.2.1 Parametric LNA

Sistem penguatan menggunakan komponen reaktansi tidak linier yang dapat diatur sebagai fungsi waktu oleh osilator lokal (*pump*). Variasi waktu parameter reaktif digunakan untuk menghasilkan penguatan. Sistem pendingin menggunakan gas helium dengan temperatur noise di bawah 20 °K.

#### 2.3.2.2 FET LNA

Sistem penguatan menggunakan komponen FET, atau lengkapnya dengan *gallium arsenide FET* (GaAsFET) disusun secara bertingkat untuk memperoleh penguatan yang dibutuhkan. Sistem pendinginan dilakukan secara thermoelectric pada -40 derajat centigrade yang memberikan temperatur noise 55 s.d. 88 K dan penguatan total 60 dB.

### 2.3.2.3 Sistem Noise

Kuadrat tegangan yang timbul pada terminal resistor dapat dihitung dengan metode Nyquist seperti pada persamaan 2.27.

$$V_n^2 = 4KTRB \quad (V_{rms}^2) \quad (2.27)$$

Dimana : K = Konstanta Boltzmann ( $1,374 \times 10^{-23}$  J/K/Hz)

T = Temperatur perangkat (°K)

R = Impedansi (ohm)

B = Bandwidth (Hz)

Daya Noise :

$$N = KTB \quad (\text{watt}) \quad (2.28)$$

Pada sistem penguat diperlukan akurasi adanya kesepadanan impedansi baik pada input maupun output. Input penguat mempunyai daya Noise ( $N_i$ ), noise pada output ( $N_o$ ) akan dikuatkan oleh penguat beserta noise internal penguat tersebut. Perbandingan  $N_o/N_i$  menggambarkan kualitas perangkat dan disebut sebagai *Noise Figure* (F). Sesuai dengan persamaan 2.22 di atas maka dapat dituliskan kembali sebagai berikut:

$$F = 1 + T_e/T_o$$

dan  $T_e = (F - 1) T_o$

Dimana F : Noise Figure

$T_e$  : Temperatur Noise ekuivalen (Kelvin)

$T_o$  : Temperatur ambien ( $290^\circ$  K)

### 2.3.3 Antenna Control Unit (ACU)

Pada antena stasiun bumi yang besar, terutama untuk akses ke satelit non-geostasioner yang kedudukannya tidak tetap terhadap satu titik di atas permukaan bumi, diperlukan sistem tracking secara AUTO. Oleh karena itu perlu adanya sistem kontrol terhadap sistem tracking antena yang bekerja dengan perpaduan antara feed sistem, transducer, prosesor data (komputer) dan motor penggerak antena. Sistem kontrol tersebut disebut dengan ACU.

ACU selain menyediakan operasi *auto tracking*, juga menyediakan *program track*, *memory track*, dan *manual track* yang merupakan *back-up system*. Pemilihan prioritas back-up dapat dipilih sesuai yang diinginkan. Biasanya *program track* ditempatkan sebagai sistem back-up prioritas utama.

#### 2.3.3.1 Program Track

Data-data posisi antena (arah azimut dan elevasi) diambil dari data telemetry yang didapat oleh stasiun TTC&M (tracking telemetry command and monitoring) contohnya pada sistem INTELSAT, Data-data telemetry tersebut diolah oleh pusat kontrol operasi satelit menghasilkan data-data prediksi posisi satelit untuk setiap 7 hari ke depan.

Dari data prediksi yang didapatkan tersebut secara rutin (per 7 hari) dimasukkan ke program memori yang ada pada ACU. Sehingga bila terjadi kegagalan pada sistem *auto tracking* atau hilangnya sinyal pemandu satelit (*beacon*), masih dapat diambil alih oleh *program track* sesuai dengan data posisi yang dimasukkan.

### 2.3.3.2 Memory Track

Antena saat bekerja dengan sistem auto track secara otomatis data-data posisi antena selama kurun waktu 24 jam akan terus tersimpan dan diperbarui dalam sistem memori ACU. Bila terdapat kegagalan pada sistem *auto tracking* atau hilangnya sinyal pemandu satelit (*beacon*), data-data posisi yang tersimpan di memori akan mengambil alih pergerakan antena sesuai arah azimut dan elevasinya sehingga akses ke satelit terus berjalan.

### 2.3.3.3 Manual Track :

Adalah fasilitas untuk menggerakkan antena secara manual sesuai yang diinginkan, bisa dengan memasukkan data azimut dan elevasi terlebih dahulu (PRESET) atau secara langsung menggunakan tombol switch yang ada pada ACU.

## 2.4 SISTEM SATELIT

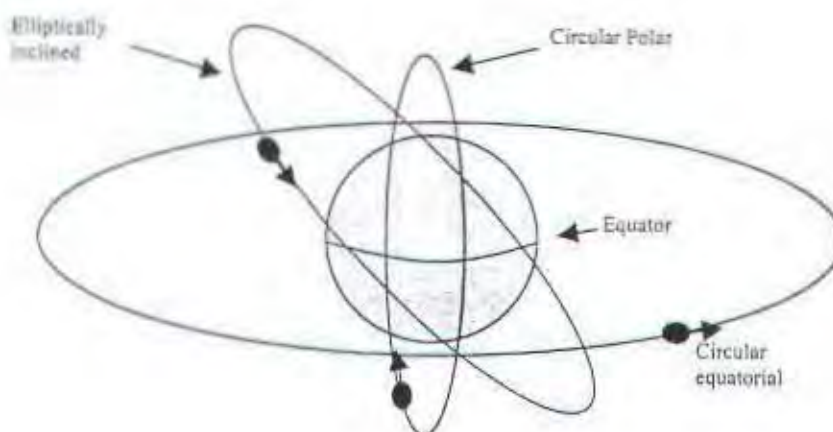
Satelit komunikasi dalam beroperasinya dirancang sebagai stasiun yang diletakkan di angkasa berfungsi sebagai stasiun transmit dan receive, yang identik dengan stasiun pengulang aktif. Aspek-aspek teknis yang ada pada satelit meliputi orbit, transponder, cakupan dan lain-lain.

### 2.4.1 Orbit Satelit

Satelit dilihat dari jarak orbitnya dapat dibedakan menjadi *Geostarioner Earth Orbit* (GEO), *Medium Earth Orbit* (MEO), dan *Low Earth Orbit* (LEO). Jarak dari masing-masing orbit tersebut dari permukaan bumi adalah sebagai berikut :



GEO	=	+ 36.000 km
MEO	=	5.000 – 20.000 km
LEO	=	1.000 – 5000 km



GAMBAR 2.15  
JENIS ORBIT SATELIT

Dalam orbitnya satelit mempunyai kecepatan gerak relatif terhadap bumi yang disesuaikan dengan beban gravitasi bumi (masa) satelit sehingga jarak orbit tersebut relatif tetap. Periode satu lintasan satelit dapat dituliskan seperti persamaan 2.29.

$$[T_s/2\pi]^2 = [(R_b + h)^3] / K.m_1 \quad (2.29)$$

- dimana:
- $T_s$  : Periode satelit (jam)
  - $R_b$  : Jari-jari bumi (~ 6370 km)
  - $h$  : jarak orbit satelit dari permukaan bumi (km)
  - $K.m_1$  : Konstanta Kepler  $5,17 \times 10^{12} \text{ km}^3/\text{jam}^2$

Dari formula di atas dapat dihitung periode masing-masing orbit satelit :

GEO = 24 jam

MEO = 4 – 12 jam

LEO = 2 – 4 jam

Posisi orbit dilihat dari arah lintasan terhadap bumi dibagi menjadi 3 bagian yaitu : *circular polar*, *circular equatorial*, dan *inclined*.

#### 2.4.1.1 Circular Polar

Pada orbit ini mampu memberikan cakupan global secara penuh. Pada proses komunikasi dimana saat transfer informasi diperlukan, cakupan global dididapai dengan suatu susunan seri satelit. Setiap satelit dipisahkan secara waktu dan sudut orbit. Orbit ini biasa digunakan untuk satelit navigasi, meteorologi, dan geografi.

#### 2.4.1.2 Inclined Orbit

Lintasan orbit mempunyai kemiringan terhadap garis equator. Dengan orbit ini memungkinkan untuk mencakup seluruh permukaan bumi, ataupun hanya bagian-bagian tertentu saja, contohnya adalah sistem satelit domestik Uni Soviet, yang menempatkan orbit pada kemiringan 63 derajat dari ekuator. Menyusul adalah Satelit ICO (*intermediate circular orbit*) untuk komunikasi global, dengan dua lintasan saling tegak lurus, masing-masing berada -45 dan +45 derajat dari ekuator.

#### 2.4.1.3 Circular Equatorial

Disebut juga orbit geostasioner (GEO) yang sudah banyak digunakan untuk keperluan komersil nasional, regional, dan internasional. Pada orbit ini cukup dengan

3 lokasi satelit pada orbitnya untuk memperoleh cakupan global. Satelit-satelit yang berada pada orbit ini adalah INTELSAT, PALAPA, AsiaSat, ARABSAT, dll.

#### 2.4.2 Subsistem Satelit

Satelit terdiri dari beberapa subsistem utama yang meliputi sistem kontrol sistem catuan dan sistem komunikasi.

##### (1) Attitude and Orbit Control System (AOCS) :

Subsistem ini terdiri dari motor-motor rocket yang digunakan untuk menggerakkan dan mengontrol satelit sehingga berada pada orbit yang benar.

##### (2) Telemetry, Tracking, and Command (TT&C)

Merupakan bagian dari satelit dan stasiun bumi pengendali. Sistem *telemetry* mengirimkan data yang diperoleh dari sistem sensor satelit yang memonitor performansi satelit, melalui suatu saluran *telemetry* ke stasiun bumi pengendali. *Tracking system* ditempatkan pada stasiun bumi dan memberikan informasi sudut elevasi dan azimuth satelit. Pengukuran parameter dilakukan secara berulang-ulang dan berkala dan hasilnya dihitung secara komputer menghasilkan elemen orbital satelit. Dengan demikian satelit akan selalu dapat dideteksi. Berdasarkan data *telemetry* data orbital yang diterima dapat dijadikan sebagai referensi untuk memperbaiki posisi dan *attitude* satelit.

Fungsi lain adalah sebagai alat kontrol posisi antena terhadap satelit dan konfigurasi sistem komunikasi agar trafik komunikasi dapat berlangsung terus menerus.

### (3) Sistem Catuan

Semua satelit dirancang menggunakan *solar cell* untuk keperluan catu dayanya. Catu daya digunakan untuk menyuplai perangkat sistem komunikasi, dan untuk mengaktifkan sistem lain terutama transmitter.

### (4) Subsistem Komunikasi

Subsistem komunikasi merupakan komponen utama dari satelit komunikasi, yang lainnya merupakan sarana penunjang. Subsistem ini terdiri dari satu atau lebih antena, sistem *receive* dan *transmit* dengan bandwidth lebar pada frekuensi radio, sistem penguat RF baik untuk *incoming signals* maupun *outgoing signals*.

### (5) Antena-Antena Satelit :

Ada empat buah tipe antena yang digunakan pada satelit yaitu :

1. *Wire antennas* : monopole dan dipole
2. *Horn Antennas*
3. *Reflector Antennas*
4. *Array Antennas*

*Wire antennas* (antena kawat) digunakan terutama pada VHF dan UHF untuk kebutuhan komunikasi sistem TT&C.

*Horn antennas* digunakan pada frekuensi gelombang mikro dengan lebar beam relatif besar. Hal ini untuk memperoleh cakupan global.

*Reflector antennas* biasanya memiliki beberapa horn, digunakan untuk memperoleh penguatan maksimum.

*Array antenna* (susunan antena) merupakan bagian antena satelit yang terdiri dari banyak horn untuk mencakup area luas, yang masing-masing mempunyai penguatan besar dan beamwidth antena kecil.

### 2.4.3 Cakupan Satelit

Cakupan satelit adalah area permukaan bumi tertentu yang memungkinkan dapat berkomunikasi dengan satelit. Pada sistem satelit geostasioner area cakupan terdiri dari *global*, *hemyspheric*, *spot*, dan *zone*. Sedangkan pada satelit ICO yang berada pada orbit MEO menempatkan sistem spot beam sebanyak 163 buah, untuk setiap satelit.

Cakupan dibagi-bagi disesuaikan dengan kebutuhannya, dengan mempertimbangkan letak geografis daratan, kapasitas daya pancar satelit, dan lain-lain sehingga hanya daerah-daerah tertentu yang menjadi tujuan komunikasi yang dapat saling berkomunikasi.

## 2.5 ANALISA DASAR LINK BUDGET

Fungsi dari analisa link sistem komunikasi adalah untuk memperoleh performansi sinyal antara terminal dan satelit. Performansi dipengaruhi oleh daya yang dipancarkan oleh satelit, pengaruh propagasi pada atmosfer, faktor noise stasiun bumi dan satelit.

Penganalisaan link satelit, terbagi dalam 3 bagian parameter yaitu : stasiun bumi pemancar dan media up-link, parameter satelit, serta media down-link dan

stasiun bumi penerima. Hal ini diperlukan untuk menghitung performansi link komunikasi satelit yang direferensikan terhadap besaran  $C/N$  (*carrier to noise ratio*). Makin besar  $(C/N)_{\text{total}}$  berarti daya *carrier* makin lebih besar dibandingkan dengan daya *noise*.

### 2.5.1 Stasiun Bumi dan Media Up-link

Stasiun bumi dan media up-link dapat diuraikan sebagai berikut :

#### (1) Gain Antena (G)

Sesuai dengan persamaan 2.2, didapat :

$$G_{\text{dbi}} = 20,4 + 10 \log \eta + 20 \log f + 20 \log d \quad (\text{dBi}) \quad (2.30)$$

dimana  $\eta$  : efisiensi  
 $d$  : diameter antena (meter)  
 $f$  : frekuensi operasi (GHz)

#### (2) e.i.r.p

Diekspresikan sebagai gain antena pemancar dan daya  $P_t$  yang diumpankan pada feed antena. Seperti persamaan (2.3):

$$\text{EIRP}_{\text{dbw}} = 10 \log P_t + G_{\text{dbi}}$$

dimana  $P_t$  : Daya input antena (watt)  
 $G_{\text{dbi}}$  : Gain antena transmit (dBi)

#### (3) Rugi ruang bebas :

Bila antena isotropik memancarkan daya  $P_t$ , maka daya tersebut tersebar membentuk bola besar dengan titik pusat pada antena pemancar tersebut. Daya yang

dipancarkan ( $W$ ) pada permukaan bola dengan jarak  $D$  dari antenna tersebut adalah sebagai berikut :

$$W_r = Gt.Pt/4\pi D^2 \text{ (W/m}^2\text{)} \quad (2.31)$$

$$\text{Atau : } W_{r_{\text{dBW/m}^2}} = \text{EIRP}_{\text{dBW}} - 20 \log D - 71_{\text{dB}} \quad (2.32)$$

dimana :

$$Gt \cdot Pt = \text{EIRP}$$

$4\pi D^2$  : Luas Bola (pancaran antenna isotropik)

$D$  : Jarak antara Pemancar dan Penerima (km)

Daya yang diterima bsarnya dipengaruhi pula oleh ukuran antenna penerima, seperti pada persamaannya 2.33.

$$Pr = W \times Ae \quad (\text{watt}) \quad (2.33)$$

Dimana :  $Ae$  : luas efektif antenna =  $(\lambda^2/4\pi)/Gr$

$$\text{Maka : } Pr = [Gt.Pt/4\pi D^2] \times [(\lambda^2/4\pi)/Gr] \quad (2.34)$$

Dari persamaan (2.35) rugi ruang bebas ( $L_{\text{ru}}$ ) dapat dapat diekspresikan sebagai berikut:

$$L_{\text{ru}} = [4\pi/D/\lambda]^2 \quad (2.35)$$

$$\text{atau : } L_{\text{ru dB}} = 92,5_{\text{dB}} + 20 \log D + 20 \log f$$

dimana :

$D$  : Jarak antara pemancar dan penerima (km)

$f$  : frekuensi kerja (GHz)

92,5 : nilai konstan  $(20 \log \{(4\pi \times 10^9 \times 10^3)/c\})$

(4) **Rugi-rugi tambahan (additional loss) :**

Selain ruang bebas, gelombang radio (RF) akan dipengaruhi oleh fenomena-fenomena alam antara lain atmosfer, hujan, dan juga *antenna missalignment*.

(5) **Rugi-rugi atmosfer :**

Rugi-rugi ini disebabkan oleh adanya penyerapan daya gelombang radio oleh gas-gas atmosfer seperti oksigen dan uap air. Karakteristik ini bergantung pada frekuensi, sudut elevasi, ketinggian dari permukaan laut, dan kelembaban mutlak. Pada frekuensi di bawah 10 GHz biasanya diabaikan, tetapi pada frekuensi di atas 10 GHz terutama pada sudut elevasi rendah (elevasi 5 derajat) , terlihat pada tabel 2.5. dibawah ini yang diambil dari CCIR report 564-2, 1990.

TABEL 2.5  
REDAMAN ATMOSFIR

Rugi Atmosfir (dB/km)	Frekuensi " f " (GHz)
0,25	$2 < f < 5$
0,33	$5 < f < 10$
0,53	$10 < f < 13$
0,73	$13 < f$

(6) **Redaman Hujan :**

Redaman hujan bertambah dengan bertambahnya frekuensi. Hal ini penting untuk diperhitungkan karena dengan adanya redaman ini merupakan faktor dominan dalam sistem komunikasi satelit, sehingga alokasi daya *transmit* untuk memperoleh kehandalan link transmisi sebaik mungkin. Margin redaman hujan dapat dilihat pada tabel 2.6.



### (7) Rugi Misalignment Antena

Pada saat link satelit dibuat, situasi ideal adalah mempunyai struktur fisik antena stasiun bumi yang sempurna (aligned) untuk memperoleh gain maksimum. Hal ini sulit dicapai, kenyataannya akan menyimpang beberapa derajat sehingga gain turun beberapa puluh decibel. Pada antena ukuran diameter besar selalu memerlukan mode tracking dan *misalignment losses* besarnya 5 dB untuk Up dan Down Link.

TABEL 2.6  
MARGIN REDAMAN HUJAN TERHADAP KEHANDALAN LINK

Band	Type of Link	Link Un-availability	Degraded BER	Clear Sky BER	Rain Margin (dB)	
					Up Link	Down Link
C	IBS Basic	0.04 %	$10^{-3}$	$< 10^{-8}$	3	3
	IDR	0.04 %	$10^{-3}$	$< 10^{-7}$	3	3
Ku	IBS Basic	1.00 %	$10^{-3}$	$< 10^{-8}$	2.5	3.5
	IBS Super	0.04 %	$10^{-3}$	$< 10^{-8}$	7	13/11*
	IDR	0.04 %	$10^{-3}$	$< 10^{-7}$	7	13/11*

Note : \* 13 dB untuk West Spot Beam dan 11 dB untuk East Spot Beam

(INTELSAT).

### (8) Pengaruh Scintilasi

Scintilasi disebabkan oleh adanya fluktuasi parameter-parameter sinyal gelombang elektromagnetik yang dipancarkan pada suatu lintasan transmisi, terutama media udara. Parameter-parameter sinyal yang mengalami fluktuasi adalah amplitudo, fasa, sudut datang, dan polarisasi. Scintilasi kemungkinan terbesar terjadi pada daerah lapisan ionosfir dan lapisan troposfir.

Scintilasi dapat terjadi seiring dengan terjadinya perubahan iklim, dan fenomena-fenomena alam lainnya. Seperti halnya pengaruh curah hujan, scintilasi akan lebih sensitif terjadi pada frekuensi link di atas 10 GHz.

### 2.5.2 Stasiun Bumi dan Down Link

Para sistem penerima, kualitas dari antenna stasiun bumi sangat menentukan kualitas komunikasi secara keseluruhan. Faktor-faktor yang ada pada sistem penerima adalah sebagai berikut :

#### (1) Perhitungan G/T

Seperti pada persamaan pada persamaan 2.21, dapat dituliskan kembali sebagai berikut:

$$G/T_{dB/K} = \text{Gain}_{dB} - 10 \log T_{\text{system}}$$

#### (2) Thermal Noise

Daya *thermal noise*, dapat dituliskan kembali persamaannya:

$$P_n = K T B \quad (\text{watt}) \quad (2.36)$$

Dimana :  $K = \text{Konstanta Boltzmann } (1,374 \times 10^{-23} \text{ J/K/H})$

$T = \text{Temperatur derau ekuivalen}$

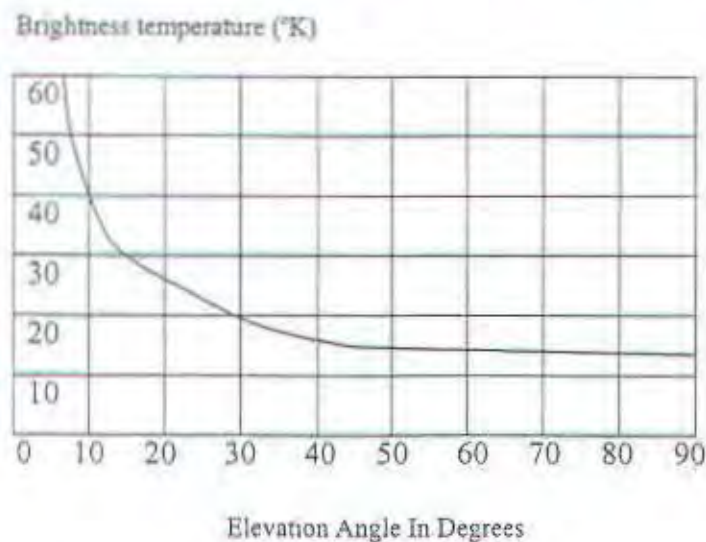
$B = \text{Bandwidth derau (Hz)}$

Sedangkan *Noise Figure (F)*, perhitungan seperti pada persamaan 2.22.

#### (3) Temperatur Noise Antena

Temperatur noise antena merupakan fungsi yang kompleks dari yang dipengaruhi oleh pola radiasi gain antena, *background noise*, temperatur ruang

angkasa, temperatur noise atmosfer ekuivalen, dan temperatur noise matahari. Kurva temperatur noise antenna relatif terhadap sudut elevasi dapat dilihat pada gambar 2.16.



GAMBAR 2.16

TEMPERATUR NOISE ANTENA SEBAGAI FUNGSI SUDUT ELEVASI

(4) Temperatur Sistem :

Temperatur noise sistem terdiri dari temperatur noise penerima, temperatur noise antenna, termasuk feed dan waveguide, serta noise angkasa. Dapat dituliskan dengan persamaan 2.37.

$$T_{\text{sistem}} = T_{\text{ant}}/L + (1 - 1/L)T_0 + T_e \quad (2.37)$$

Dimana : L : Rugi feed

$T_e$  : Temperatur noise ekuivalen receiver

$T_0$  : Temperatur standard (190 K)

$T_{\text{ant}}$  : Temperatur noise ekuivalen antenna (spesifikasi pabrik)

(5) **Carrier to Noise Ratio (C/N) :**

C/N merupakan karakteristik parameter performansi link, adalah perbandingan antara daya carrier yang diterima dan daya noise penerima yang ditulis dengan persamaan 2.38 :

$$C/N = P_r / P_n \quad (2.38)$$

$P_r$  dan  $P_n$  didefinisikan sesuai persamaan 2.34 dan 2.36.

$$C/N = \{EIRP \cdot G_r\} / \{k T \text{ sistem B}\} \cdot L_o \quad (2.39)$$

Atau :  $C/N = EIRP - L_o + G/T - 10 \log K - 10 \log B \quad (2.40)$

Dimana :  $L_o$  : Redaman ruang bebas

$G/T$  : Figure of merit

$K$  : Konstanta Boltzmann (dalam dB = -228,6 dBW/K)

Bandwidth penerima sering bergantung pada format modulasi, dan parameter sering mengisolasi parameter daya link oleh normalisasi di luar pengaruh bandwidth.

Hubungan lain adalah perbandingan carrier to noise density (C/No).

$$C/No \text{ dBHz} = EIRP - L_o + G/T - 10 \log K \quad (2.41)$$

Atau  $C/T \text{ dB/K} = EIRP - L_o + G/T \quad (2.42)$

Nilai C/No melalui perhitungan langsung Bit energy to Kerapatan noise:

$$E_b / N_o = C/No - 10 \log (\text{Digital Rate}) \quad (2.43)$$

Digital rate adalah kecepatan data informasi dipakai pada sistem modulasi digital.

### 2.5.3 Media Satelit

Parameter-parameter yang ada pada satelit pada prinsipnya sama dengan yang ada pada stasiun bumi *transmitter* dan *receiver*. Satelit dalam hal ini identik dengan stasiun repeater dengan sistem konversi frekuensi. Parameter-parameter ditekankan pada transponder satelit, karena satelit dalam menerima dan memencarkan kembali ke stasiun bumi dilakukan pada transponder.

Parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut :

- (a) Saturation flux density, (dBW/m<sup>2</sup>)
- (b) Receive G/T, (dB/K)
- (c) Saturation e.i.r.p (dBW)

Saturation flux density adalah power flux density total yang sampai di satelit dari stasiun bumi, yang menghasilkan nilai e.i.r.p saturasi pada satelit.

#### (1) Titik Operasi Transponder

Perangkat penguat daya pada transponder merupakan perangkat yang tidak linier, oleh karena itu harus beroperasi pada daerah di bawah titik saturasinya. Terutama pada sistem penguat dengan daya besar seperti. Biasanya untuk meningkatkan linieritas respons penguatan pada TWT ditambahkan komponen *linearizer*. Analogi dengan gambar 2.15. karakteristik input output dari suatu penguat, digambarkan adanya *input back-off* (IBO) dan *output back-off* (OBO).

#### (2) EIRP Satelit

EIRP satelit dapat dihitung dengan persamaan 2.44.

$$EIRP_{op} = EIRP_{saturation} - OBO \quad (2.44)$$

Op : titik operasi

### (3) Power flux density pada permukaan bumi

Yang menjadi sumber potensial terjadinya interferensi adalah transmisi satelit dibatasi oleh *power flux density* maksimum dari satelit pada permukaan bumi, dan keterbatasan tersebut bervariasi sebagai fungsi sudut datang sinyal. Power flux density (PFD) sebagai fungsi sudut elevasi dan mengacu pada bandwidth 4 kHz (sesuai tabel 2.7).

$$PFD_{4kHz} = W - 10 \log (B/4KHz) \quad (2.45)$$

Dimana : W : level iluminasi (sesuai persamaan 2.28)

B : Bandwidth terpakai oleh carrier.

TABEL 2.7

NILAI MAKSIMUM POWER FLUX DENSITY SATELIT SEBAGAI FUNGSI SUDUT ELEVASI ( $\delta$ )<sup>6</sup>

Frequency Band (GHz)	Maximum power flux density (dBW/m <sup>2</sup> )			Ref. Bandwidth
	$0 < \delta < 5$	$5 < \delta < 25$	$25 < \delta < 90$	
3.4 - 7.75	- 152	$-152 + 0.5(\delta-5)$	- 142	4 KHz
8.025 - 11.7	- 150	$-150 + 0.5(\delta-5)$	- 140	4 KHz
12.2 - 12.72	- 148	$-148 + 0.5(\delta-5)$	- 138	4 KHz

<sup>6</sup> Op Cit, p10-20

## 2.6 MULTIPLE ACCESS

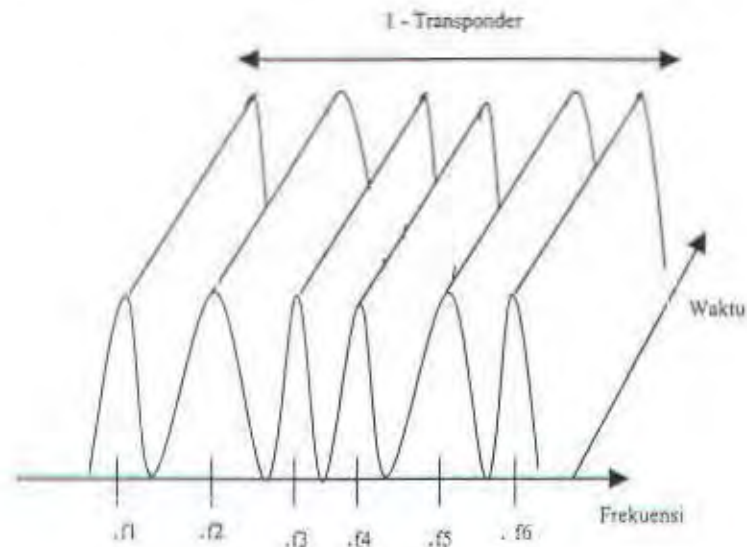
Pada era teknologi modern, terutama teknologi sistem komunikasi satelit telah berkembang beberapa metode akses yang diterapkan, yaitu : frequency division multiple access (FDMA), time division multiple access (TDMA), dan code division multiple access (CDMA). Semua metode ini masing-masing mempunyai kelebihan dan kelemahan relatif satu sama lain yang dalam penerapannya disesuaikan dengan kondisi tertentu. Pada materi tugas akhir ini dibahas sistem komunikasi satelit ICO dengan menggunakan FDMA/TDMA. Berikut gambaran singkat untuk FDMA dan TDMA.

### 2.6.1 Frequency Division Multiple Access (FDMA)

Pada sistem FDMA, akses stasiun bumi ke satelit untuk setiap kanal dipisahkan dengan pembagian slot frekuensi. Besarnya frekuensi disesuaikan dengan alokasi bandwidth yang disediakan oleh satelit. Pada satelit INTELSAT misalnya, disediakan 500 MHz yang dibagi beberapa transponder. Band frekuensi akses bisa C-Band atau Ku-Band. Setiap stasiun bumi memancarkan gelombang pembawanya (carrier) ke satelit. Pada transponder satelit masing-masing *carrier* tersebut ditempatkan sesuai dengan frekuensi dan *bandwidth*-nya. Spektrum frekuensi pada teknik FDMA dapat dilihat pada gambar 2.17. Teknik FDMA sampai sekarang masih banyak digunakan karena mempunyai keuntungan-keuntungan sebagai berikut :

- Implementasi relatif mudah dan sederhana.
- Kehandalan cukup tinggi

- Dapat dipadukan dengan modulasi digital, seperti IDR (Intermediate Data Rate), TV Digital, VSAT, dan lain lain.
- Dengan modulasi digital, kebutuhan daya relatif kecil.



GAMBAR 2.17  
TEKNIK FDMA

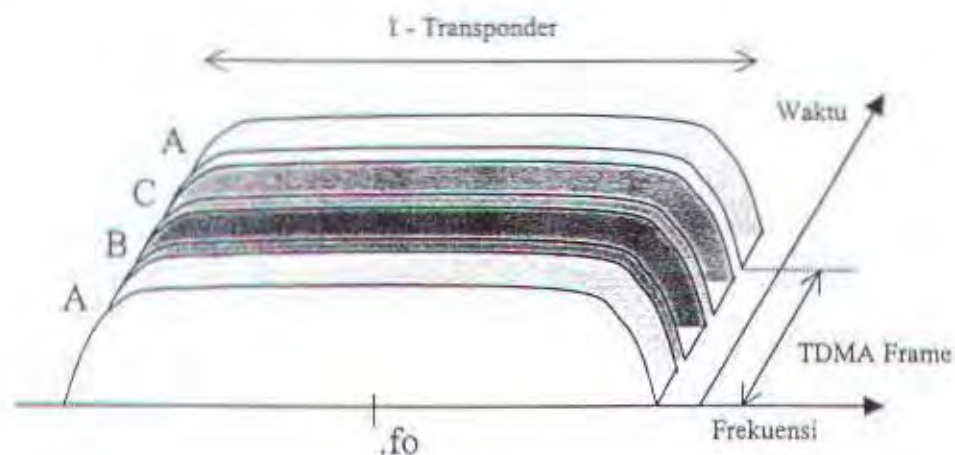
### 2.6.2 Time Division Multiple Access (TDMA)

Pada teknik TDMA, setiap gelombang pembawa dari stasiun bumi ke satelit mempunyai frekuensi yang sama tetapi dalam proses transmisinya diatur dengan pembagian slot waktu dan durasinya berbeda-beda dalam orde mikro detik. Berikut gambar 2.18 menerangkan konsep teknik TDMA.

Pada TDMA terdapat bingkai-bingkai waktu (frame) yang disebut TDMA *frames*. Setiap stasiun bumi memancarkan carrier secara bergantian dan harus mempunyai waktu referensi (*reference time*) untuk menghindari terjadinya dua atau



lebih stasiun bumi memancarkan carrier secara bersamaan. Oleh karena itu pada teknik TDMA diperlukan stasiun bumi referensi yang menjadi patokan waktu bagi semua stasiun bumi trafik.



GAMBAR 2.18  
TEKNIK TDMA

Stasiun bumi referensi memancarkan *reference burst* dan stasiun bumi trafik memancarkan *traffic burst*. Setiap stasiun bumi trafik mempunyai jarak yang berlainan ke satelit dan satelit selalu mengalami perubahan posisi yang menyebabkan adanya perubahan jarak. Dengan jarak yang berlainan tersebut stasiun referensi harus selalu menghitung waktu pancar dari setiap stasiun bumi trafik untuk memperoleh sinkronisasi dengan stasiun bumi lainnya. Sinkronisasi waktu merupakan faktor yang mempunyai tingkat kesulitan cukup tinggi dalam sistem TDMA. Ada 3 metode sinkronisasi pada sistem TDMA yaitu sebagai berikut :

(1) **Direct Closed Loop Synchronization**

Sinkronisasi ini dipakai pada stasiun bumi pada daerah *global beam* (pada sistem Intelsat), dimana setiap stasiun bumi trafik dapat menerima burst-nya sendiri. Stasiun bumi trafik menerima *reference burst* dan burst-nya sendiri, kemudian mengukur dengan mendeteksi adanya kesalahan waktu terhadap referensi.

(ii) **Feedback Closed Loop Synchronization**

Sinkronisasi ini dipakai pada stasiun yang berkedudukan pada *spot beam* (pada sistem Intelsat), dimana stasiun bumi trafik tidak dapat menerima burst-nya sendiri. Stasiun bumi trafik memancarkan burst-nya menuju stasiun referensi, kemudian diukur dan dikirimkan kembali ke stasiun bumi trafik. Setelah diterima kembali stasiun bumi trafik menyesuaikan dengan perhitungan dari stasiun bumi referensi.

(iii) **Open Loop Synchronization**

Pada sinkronisasi ini bisa dipakai pada global ataupun spot beam. Setiap stasiun bumi trafik menerima *reference burst*, kemudian dengan perkiraan jarak antara stasiun bumi trafik dan referensi maka akan diketahui jarak waktu antara *traffic burst* dan *reference burst*. Setelah itu stasiun trafik memancarkan burst-nya disesuaikan dengan interval waktunya.

## BAB III

### KONSEP OPERASI SAN-ICO

#### 3.1 GAMBARAN UMUM

Jaringan pelayanan jasa komunikasi global telah banyak berkembang dewasa ini baik yang *fixed* maupun yang *mobile*. Khususnya bagi pelayanan global komunikasi bergerak melalui satelit selain INMARSAT belum ada yang beroperasi karena umumnya masih dalam perencanaan dan pembangunan. Diantara yang sedang dalam pembangunan adalah jaringan yang melalui satelit orbit rendah dan orbit menengah. Sistem pelayanan global komunikasi bergerak melalui satelit dikenal dengan sebutan *mobile satellite service* (MSS).

##### 3.1.1 Mobile Satellite Service (MSS)

MSS merupakan pelayanan sistem komunikasi bergerak global yang menyediakan pelayanan komunikasi data dan suara dua arah pada terminal pelanggan (*handheld*) dimana sebagai link komunikasinya menggunakan media satelit. Sistem MSS dapat beroperasi dari beberapa posisi orbit, yaitu *low earth orbit* (LEO), *medium earth orbit* (MEO), dan *geostationary earth orbit* (GEO).

##### 3.1.1.1 Konsep Awal Operasi

Langkah pertama konsep sistem MSS direalisasikan oleh International Maritime Satellite Organization (INMARSAT) pada tahun 1982. Saat itu, INMARSAT melayani semi global komunikasi suara, data, dan telex khususnya untuk komunikasi kelautan (*maritime community*). INMARSAT memperluas

jangkauan dengan melayani sistem komunikasi bergerak bagi penerbangan udara (*aeronautical services*) pada tahun 1985. Kemudian tahun 1989 dikembangkan lagi untuk sistem komunikasi bergerak daratan (*land mobiles services*). Sejak tahun 1990, beberapa sistem GEO regional telah mulai beroperasi, terutama negara-negara besar seperti Australia, Canada, Mexico, dan Amerika Serikat. Kelemahan pelayanan yang ada adalah pada sisi harga jasa, yaitu lebih dari US\$ 10,000 per bulan dan harga airtime lebih dari US\$ 5 per menit sehingga potensi pasar tidak begitu baik.

#### **3.1.1.2 Penyelenggara Baru**

Penyelenggara baru MSS yang akan datang setelah INMARSAT adalah Iridium, Globalstar, ICO, Odyssey, dan GEO generasi II. Pada tabel 3.1 dapat dilihat karakteristik umum sistem dari masing-masing penyelenggara. Penyelenggara-penyelenggara tersebut satu sama lain akan saling bersaing baik dari segi teknis maupun pelayanan.

Hingga Mei 1998, beberapa satelit komunikasi global selain pada orbit GEO yang sudah diluncurkan adalah satelit Iridium yang jumlahnya sekitar 5 buah dari 66 dengan ditempatkan pada orbit rendah (LEO), sedangkan yang lainnya termasuk ICO belum ada yang diluncurkan. Peluncuran pertama satelit ICO direncanakan pada akhir tahun 1998.

#### **3.1.1.3 Hambatan Operator MSS**

Hal-hal yang akan menjadi hambatan dan risiko dari para operator MSS adalah sebagai berikut :

- Investasi yang dibutuhkan cukup besar.
- Alokasi frekuensi yang sempit. Berdasarkan hasil Konferensi Radio Sedunia tahun 1992 hanya mengalokasikan spektrum 32 MHz pada daerah frekuensi 1,6/2,4 GHz untuk setiap penyelenggara.
- Teknologi yang ditawarkan belum pernah diuji secara nyata dan secara komersial belum ada.

TABEL 3.1  
KARAKTERISTIK UMUM MSS

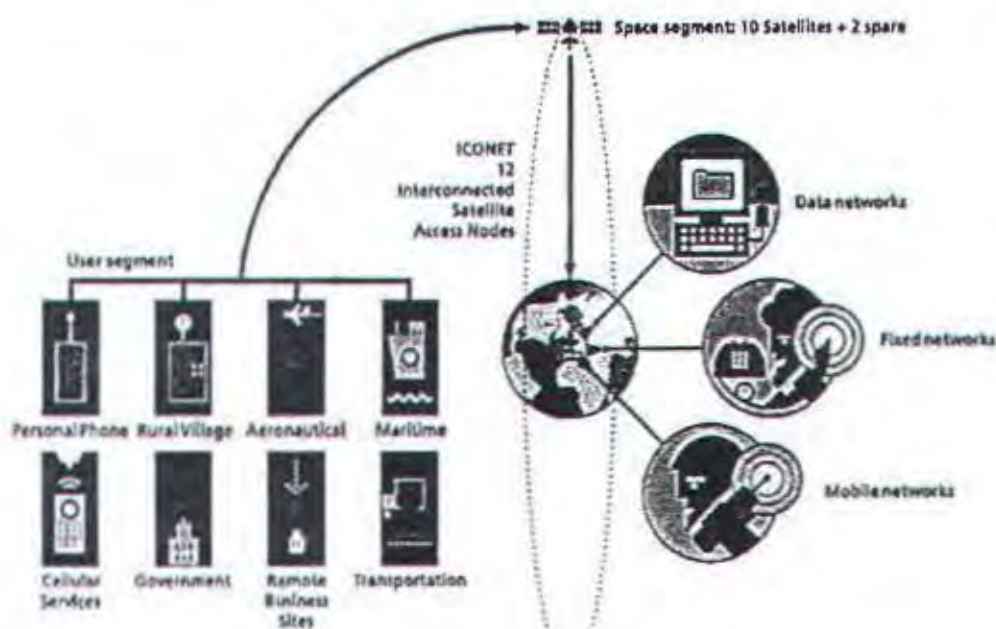
Karakteristik Sastem	Iridium	Globalstar	ICO	Odyssey	GEO II
Spectrum, MHz					
- uplink	1621,35-1626.00	2483.50 – 2500.00	1995-2020	2483.50 – 2500.00	1525-1559
- downlink	1621.35-1626.00	1610.00 – 1621.35	2165-2200	1610.00 – 1621,35	1626.50 – 1660.50
Altitude, km	780	1400	10.355	10.354	36,000
Jumlah Satelit	66	48	10	12	1
Sirkuit/satelit	1100	~ 3000	4500	3000-9500	15.000
Inter satellite link	YES	NO	NO	NO	NO
System Cost, US\$ Milyar	3,8	2,2	3,4	3,2	0,8
Metode Akses	TDMA/ FDMA	CDMA	TDMA/ FDMA	CDMA	TDMA/ FDMA
Peluncuran	1998	1998/1999	2000	2000/2001	1998
Target Pasar	Global Roamers	Cellular, fixed	Global Roamers	Cellular, Fixed	Cellular, fixed
Investor Utama	Motorola ,Sprint, STET	Loral, Qual- comm, Air- touch	Inmarsat, Hughes	TRW, Teleglobe	Various, Tend Asia Pacific.

#### 3.1.1.4 Perkiraan Pasar

Pendapatan untuk pasar MSS global pada tahun 2002 diperkirakan mencapai US\$ 8,5 milyar , dengan perincian US\$ 3,7 milyar untuk operator MSS, US\$ 3.3

milyar untuk *handset*, dan US\$ 1,5 untuk *service providers*. Pertumbuhan total pelanggan mulai dari 130.000 pada tahun 1998 sampai dengan 8 milyar pada akhir tahun 2002. Sedangkan prosentase total pasar global bagi MSS diperkirakan 65 % untuk LEO, 20 % untuk MEO, dan 15 % untuk GEO. Perkiraan sebelum tahun 2002, *time frame* sangat sulit didapatkan disebabkan oleh makin banyaknya jaringan selular yang akan beroperasi, misalnya akan adanya pemakaian standard selular generasi III dan peluncuran sistem MSS *broadband Teledesic*.

Khususnya bagi ICO, pelayanan sistem komunikasi global meliputi jasa-jasa strategis diantaranya *aeronautical*, *cellular*, dan *transport*. Berikut gambar 3.1 jaringan pelayanan jasa yang akan disediakan:



GAMBAR 3.1

JARINGAN PELAYANAN JASA ICO

Sistem telepon pribadi ICO dirancang sebagai telepon *dual mode*, yaitu memungkinkan menjadi pelanggan lain selain ICO. Misalnya untuk menjadi pelanggan lokal perkotaan yang tidak perlu menggunakan komunikasi satelit. Jenis-jenis pelayanan jasa telekomunikasi yang ditawarkan adalah *voice, fax, data, short text-messaging service, voice mail*.

### 3.1.2 Pembahasan

Dari beberapa operator MSS yang akan datang, menjadikan kompetisi dimasa depan akan semakin semarak, baik di tingkat kualitas teknis, pelayanan, maupun tarif. Pada tulisan tugas akhir ini, dibahas adalah tentang operator MSS ICO, dengan pembatasan : Teknik Operasi dan Perencanaan Stasiun Bumi ICO (SAN-ICO).

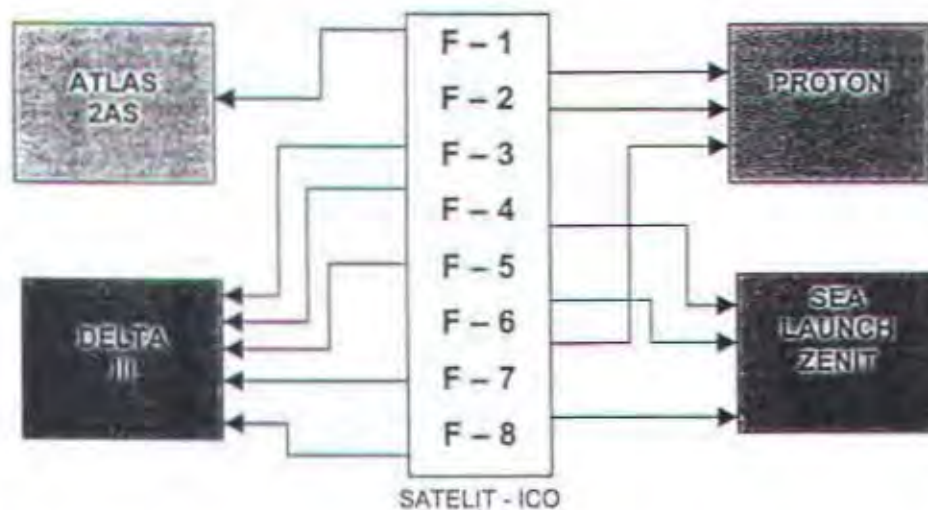
## 3.2 ICO SYSTEM OVERVIEW

Sistem komunikasi global dengan teknologi SAN-ICO yang direncanakan akan beroperasi awal tahun 2000, pada saat sekarang masih dalam mempersiapkan segala infra strukturnya. Hal-hal yang sedang dipersiapkan adalah peluncuran satelit ICO, *ground communication equipment (GCE), telemetry, tracking, and control (TT&C), ground segment*, dan perangkat-perangkat pendukung lain. Total satelit yang akan diluncurkan adalah sebanyak 12 buah, terdiri dari 10 operasional dan 2 cadangan. Satelit-satelit tersebut akan ditempatkan di orbit menengah pada ketinggian 10,355 km dari bumi. Peluncuran pertama akan dilakukan pada Bulan Desember 1998 menggunakan Atlas IIAS rocket. Yang lainnya, 11 satelit berikutnya akan

diluncurkan antara tahun 1999 dan 2000, 3-buah satelit oleh Proton, 5-buah oleh Delta IIIs dan 3-buah oleh Sea Launch Zenit.

Infrastruktur stasiun bumi TT&C satellite access node (SAN) yang diperlukan untuk peluncuran dan memposisikan satelit pada orbit-nya, dijadualkan selesai pertengahan 1998. Stasiun Bumi ICO (SAN-ICO) yang akan dibangun sebanyak 12 buah, 6 buah diantaranya berfungsi pula sebagai TT&C. Negara-negara lokasi SAN tersebut adalah sebagai berikut :

1. AMERIKA SERIKAT (USA)	:	SAN DAN TT&C
2. AUSTRALIA	:	SAN DAN TT&C
3. INDONESIA	:	SAN
4. MEXICO	:	SAN
5. GERMANY	:	SAN DAN TT&C
6. INDIA	:	SAN DAN TT&C
7. UNI EMIRAT ARAB (UAE)	:	SAN
8. BRAZIL	:	SAN
9. CHILE	:	SAN DAN TT&C
10. AFRIKA SELATAN	:	SAN DAN TT&C
11. KOREA SELATAN	:	SAN
12. CHINA	:	SAN



GAMBAR 3.2

DATA PESAWAT PELUNCUR SATELIT - ICO



Sedangkan *Satellite Control Centre* (SCC) dan *Network Management Centre* (NMC) masing-masing berlokasi di London (Inggris) dan Tokyo (Jepang). Struktur jaringan Stasiun Bumi ICO (ICONET) terdiri dari 12 lokasi SAN dan 12 buah satelit ICO, dapat mencakup seluruh belahan bumi.

Masing-masing SAN atau stasiun bumi satelit ICO terdiri dari 5-buah antena dengan diameter 7,6 meter dan mempunyai fasilitas tracking satelit dengan kecepatan satu derajat per detik. Selain itu perangkat stasiun bumi menyediakan saluran komunikasi dua arah antara satelit dan stasiun bumi. Sistem antena dan radio pada SAN akan menyediakan link dengan kualitas tinggi dan melakukan pengambilalihan (*handover*) ke satelit lain tanpa adanya putus komunikasi bagi pelanggan. SAN juga merupakan *mobile switching centre* (MSC) untuk melakukan routing trafik melalui jaringan ICO (ICONET) ke jaringan PSTN, PLMN, dan jaringan terestrial lain.

SAN akan dilengkapi dengan database untuk mengontrol jaringan dan informasi *billing*. Database tersebut akan menyimpan secara detil data user-terminal dengan register lokasi yang masuk (VLR, *visitor location register*), dan data register lokasi lokal (HLR, *home location register*) akan menyimpan semua data pelanggan ICO. Informasi ini diperlukan untuk melakukan akses jaringan, mengontrol pelayanan pelanggan, dan proses administrasi. ICO juga menyediakan proses *roaming* dari/ke jaringan selular PLMN.

Enam buah lokasi SAN akan dilengkapi dengan perangkat *telemetry, tracking, and control* (TT&C) untuk menjejak satelit, menerima data *telemetry* satelit

dan kanal koneksi ke *Satellite Control Centre* (SCC) di London. Satelit ICO dirancang untuk 12 tahun operasi dan selama perioda tersebut SCC akan terus menerus mengecek parameter satelit antara lain *payload*, *struktur*, *thermal control*, *power generation*, *attitude control*, *orbit control*, dan parameter lain yang menunjukkan performansi satelit. Selain itu SCC akan secara penuh mengontrol fungsi transmisi pada satelit, seperti link transponder antara feeder dan antena serta optimalisasi alokasi kanal.

### 3.3 SPACE SEGMENT

Konstelasi dari 12 satelit di *medium earth orbit* (MEO) dengan jarak 10.355 km dari permukaan bumi akan disiapkan dalam dua lintasan yang masing-masing terdiri dari 5 buah satelit dan satu satelit cadangan.

#### 3.3.1 Konstelasi Satelit ICO

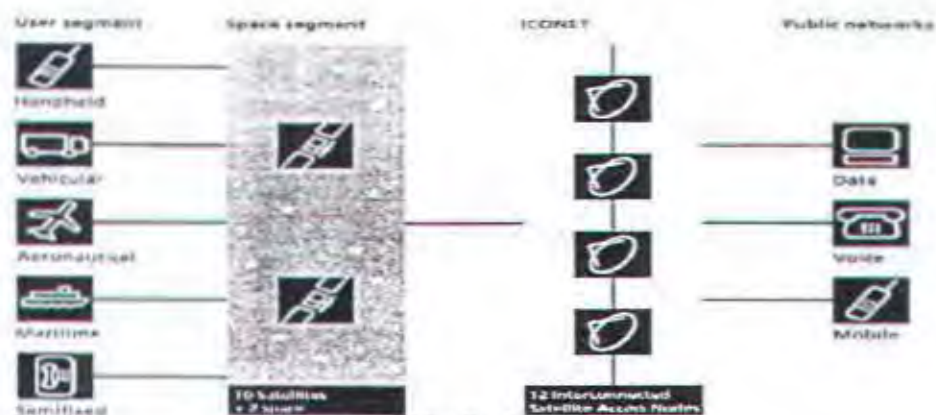
Lintasan orbit satelit telah didisain sehingga dapat mencakup seluruh permukaan bumi pada setiap saat dan memaksimalkan *path diversity* sistem ICO. *Path diversity* memberi keuntungan bagi pemakai jasa (*user*) berupa kehandalan sistem karena lebih dari satu satelit yang dapat di-akses pada saat bersamaan. Sehingga sangat kecil kemungkinan terjadinya *interrupted calls*. Gambar 3.3 memperlihatkan lintasan yang direncanakan. Satelit akan berkomunikasi dengan jaringan ICO atau ICONET yang terdiri dari 12 lokasi *Satellite Access Node* (SAN) atau Stasiun Bumi ICO yang ditempatkan di seluruh belahan bumi dan satu sama lain

terhubung fasilitas jaringan kabel berkecepatan tinggi dengan media fiber optik. Setiap SAN selain terdiri dari 5 buah antenna berukuran 7,6 meter juga disertai dengan perangkat RFT-nya (*radio frequency terminal*) untuk berkomunikasi dengan satelit. Perangkat lain yang ada di dalamnya adalah perangkat switching dan database. ICONET akan memilih route panggilan untuk menentukan kualitas terbaik bagi pelayanan user. Titik-titik interkoneksi antara jaringan terestrial dan ICONET ditempatkan di seluruh dunia. Hal ini dapat di lihat pada gambar 3.4.



GAMBAR 3.3

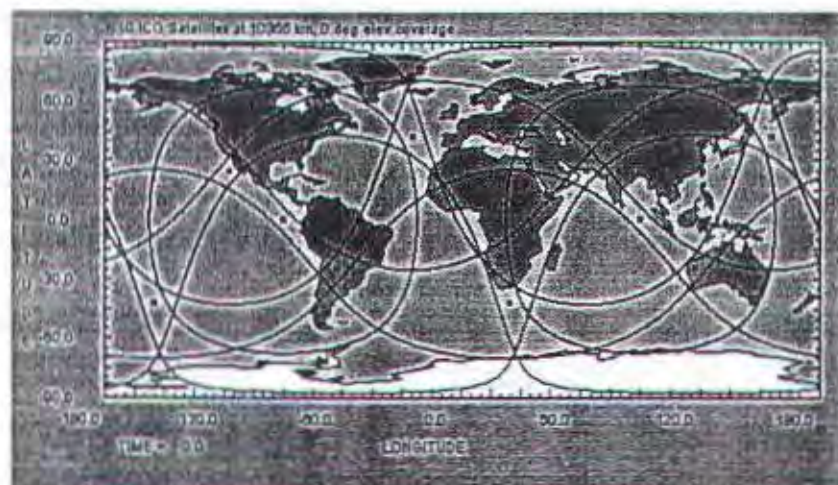
## LINTASAN ORBIT SATELIT ICO



GAMBAR 3.4

## INTERKONEKSI JARINGAN ICO

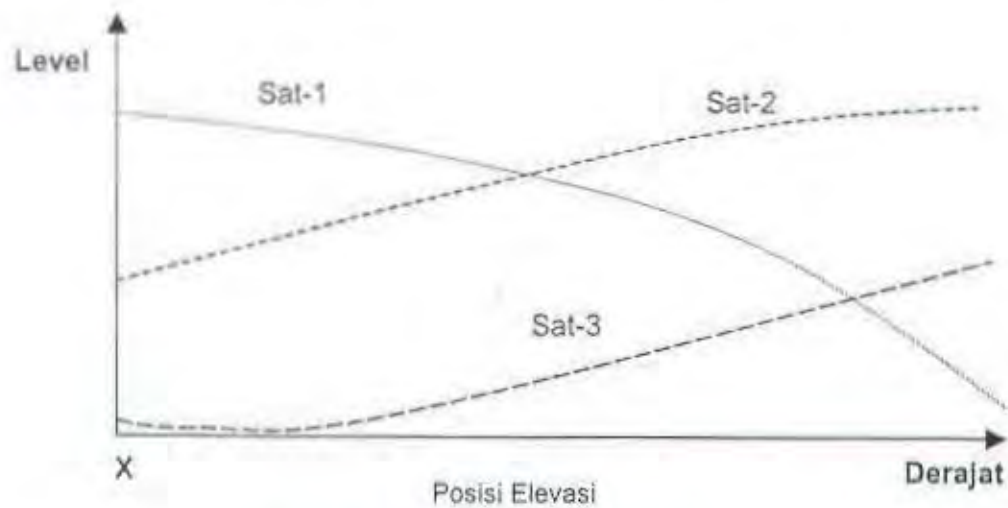
Pola orbit satelit ICO dirancang sedemikian rupa sehingga memungkinkan terjadinya overlap cakupan oleh dua hingga empat satelit yang akan dapat terjangkau oleh user dan SAN pada setiap saat. Setiap satelit akan mencakup kurang lebih 30 % dari permukaan bumi. Lintasan orbit telah ditentukan untuk dapat mencakup seluruh permukaan bumi secara kontinyu dengan sudut elevasi rata-rata 40 sampai 50 derajat terhadap user. Cakupan global satelit terhadap bumi tergambar sebagai berikut:



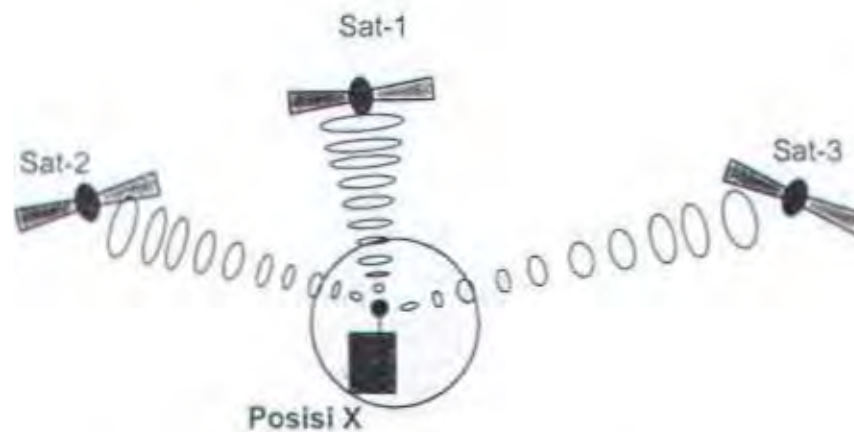
GAMBAR 3.5  
CAKUPAN GLOBAL SISTEM ICO

Sinyal yang diterima dari satelit-satelit ICO, baik oleh *user segment* maupun *ground segment* bervariasi nilainya sebanding dengan sudut elevasi dan jarak dari masing-masing segment terhadap satelit-satelit yang dapat diakses. Makin tinggi posisi elevasi maka jarak transmisi antara *user/ground segment* dan satelit semakin pendek (minimum 10.355 km) sehingga level sinyal yang diterima makin baik.

Pada gambar 3.6 memperlihatkan ilustrasi penerimaan lever sinyal dari satelit ICO pada saat tertentu. Kondisi level sinyal penerima besarnya tidak tetap, tetapi berubah-ubah sesuai dengan pergerakan relatif terhadap satu titik di bumi.



(a) Statistik Level Sinyal Penerimaan



(b) Filosofi Pancaran Sinyal Komunikasi

GAMBAR 3.6  
DATA STATISTIK LEVEL PENERIMAAN SATELIT-SATELIT ICO

### 3.3.2 Rancangan Satelit ICO

Satelit ICO didasari oleh konsep jaringan satelit geostasioner, dirancang dengan standard tipe HS 601 dari HUGHES. Payload komunikasi derajat tinggi dari teknologi digital untuk fungsi kanal dan beam dilakukan dengan teknologi analog.

Dalam perancangannya, antena pengirim dan penerima untuk kebutuhan *service-link (satellite to user)* dibuat secara terpisah. Hal ini bertujuan untuk memperoleh keuntungan-keuntungan yang lebih baik dibanding dengan antena yang berfungsi sebagai pengirim dan penerima, keuntungan-keuntungan tersebut adalah sebagai berikut :

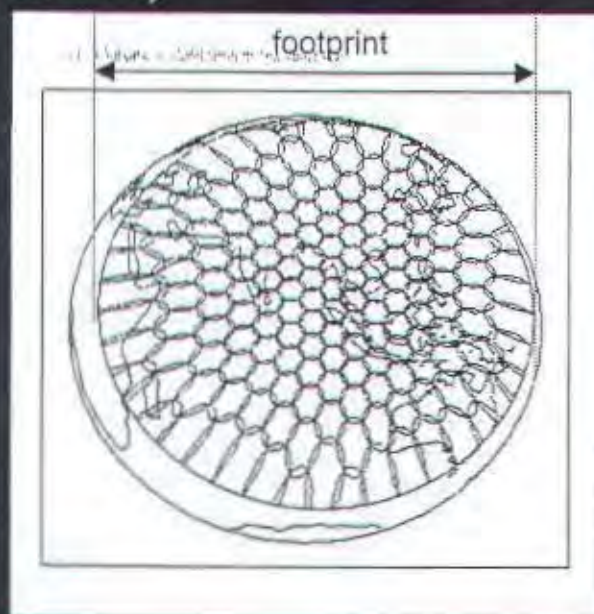
- Proses pembuatan dan instalasi lebih mudah.
- Menghindari adanya intermodulasi dan interferensi

Untuk memperoleh kehandalan saluran komunikasi antara satelit dan terminal-terminal komunikasi, disediakan antena-antena *service-link* dengan diameter antena sebesar 2,7 meter. Dan untuk memperoleh kapasitas lebih banyak, satelit ini mengoperasikan frekuensi *reuse*. Setiap satelit mampu menyediakan sedikitnya 4500 kanal telepon menggunakan *time-division multiple access (TDMA)*. Pemilihan TDMA dianggap lebih baik dibanding dengan teknologi lain. Gambaran karakteristik fisik Satelit ICO :

- Kapasitas Daya Catuan : 8.800 watt (tenaga matahari)
- Diameter Antena : 2,7 meter
- Tipe Antena : Direct Radiating Array (DRA)

- Jumlah Beam : 163
- Masa Pakai : 12 tahun
- Delay 1-Hop : 70 – 80 ms
- Footprint satelit : 12.900 km
- Perioda orbit : 5,98 jam

### ■ Service coverage of one ICO satellite (163 spot beams)



GAMBAR 3.7

163 SPOT BEAM SATELIT UNTUK SERVICE LINK

#### 3.3.3 Teknologi Satelit ICO

Dalam operasinya satelit ICO mempunyai karakteristik teknik yang dipisahkan fungsinya antara *service-link* dan *feeder-link*. *Service-link* merupakan

media pengiriman dan penerimaan antara satelit dan pelanggan, sedangkan *feeder-link* adalah media pengiriman dan penerimaan antara satelit dan stasiun bumi (SAN). Berikut uraian singkat tentang ke-dua link tersebut :

### 1. *Service-link* :

Satelit ICO menyediakan cakupan beam sebanyak 163 spot beam untuk kebutuhan pengiriman dan penerimaan *service-link*. Area cakupan ini memberikan margin daya minimum sekitar 8 dB dan margin rata-rata adalah 10 dB. Untuk keperluan komunikasi antara user terminal dan satelit, ICO akan mengoperasikan frekuensi band 2 GHz (S-band).

- Uplink	:	1995 – 2020 MHz
- Downlink	:	2165 – 2200 MHz

### 2. *Feeder-link* :

Memberikan link antara satelit dan semua SAN. Pada saat tertentu setiap satelit akan dapat berhubungan langsung dengan dua sampai empat SAN. Sebelum satelit meninggalkan pandangan langsung (*line of sight*) terhadap salah satu SAN, komunikasi akan diambil alih oleh yang lainnya. Antena yang ada pada SAN akan menjejak (*tracking*) posisi satelit saat terjadi *line of sight* terhadap satelit. Untuk keperluan komunikasi antara satelit dan SAN, frekuensi operasi feeder-link pada band 5 GHz dan 7 GHz (C-Band). Band frekuensi tersebut merupakan bentuk pasangan alokasi baru yang dibuat pada WRC '95 (*world*



*radiolink conferences* 1995) untuk *feeder-link* satelit non geostasioner, yang menyediakan MSS.

- Uplink : 5150 – 5250 MHz
- Downlink : 6975 – 7075 MHz

### 3. Teknologi Operasi

- Metode Akses : TDMA/FDMA
- Modulasi : QPSK
- Sudut elevasi minimum : 10 derajat
- Link Margin : 8 – 11 dB
- Vocoder (voice coder) : 4,8 kbps
- Data Rate : hingga 9,6 kbps

#### 3.3.4 Tracking, Telemetry and Control (TT&C)

*Satellite Control Centre* (SCC) berfungsi sebagai pusat pengendalian sistem satelit ICO melalui stasiun-stasiun TT&C yang tersebar di 6 lokasi SAN. Tugas-tugas yang dibebankan ke setiap stasiun TT&C adalah :

- Melakukan penjejakan (*tracking*) pergerakan satelit,
- Mengatur satelit agar tetap berada pada orbitnya,
- Memonitor kondisi satelit dengan mengambil data *telemetry* yang berisi informasi power supply, temperatur, stabilitas, dan karakteristik operasi lain dari satelit,
- Melakukan *supporting* dalam peluncuran satelit.

SCC akan melakukan pengontrolan operasi link transponder antara feeder dan antena satelit. Selain itu adalah melakukan rekonfigurasi frekuensi pada feeder-link beam dan optimalisasi alokasi kanal antara *spot beam* trafik tinggi dan trafik rendah.

### 3.4 ICONET DAN SATELIT ACCESS NODE

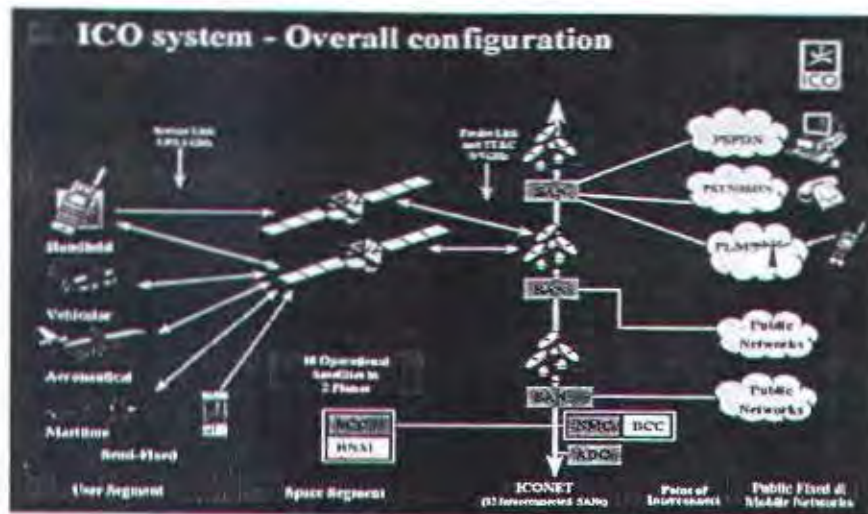
Jaringan ICO (ICONET) dikonsentrasikan ke dalam 12 buah SAN melalui backbone jaringan terestrial dan pusat manajemen jaringan, SAN akan menjadi *interface* utama antara satelit ICO dan jaringan terestrial. Dan juga merupakan tempat operasi perangkat komunikasi satelit. SAN terdiri dari 3 elemen utama yaitu :

1. Lima buah antena diameter 7,6 meter, berikut perangkat RFT.
2. Sentral switching, menyalurkan trafik dari/ke ICONET dan jaringan terestrial PSTN / PLMN.
3. Database, dipakai untuk sistem manajemen jalannya operasional yang di dalamnya memuat daftar registrasi setiap pelanggan.

Setiap SAN mempunyai suatu database untuk menyimpan data registrasi pelanggan dan terminal yang masuk dalam SAN. Secara spesifik hal ini terjadi sesuai dengan terminologi GSM, yaitu *visitor location register* (VLR).

Setiap SAN mempunyai sistem *auto tracking* dan mempunyai kecepatan untuk mengikuti posisi satelit yang diakses, sehingga kelangsungan trafik komunikasi tetap terjaga. Pada saat beroperasi ICONET akan diatur oleh lembaga *network*

*management centre* (NMC) yang berlokasi di Tokyo Jepang. Gambar 3.8 memperlihatkan posisi SCC dan NMC dalam konfigurasi jaringan global.



GAMBAR 3.8  
KONFIGURASI JARINGAN GLOBAL ICO

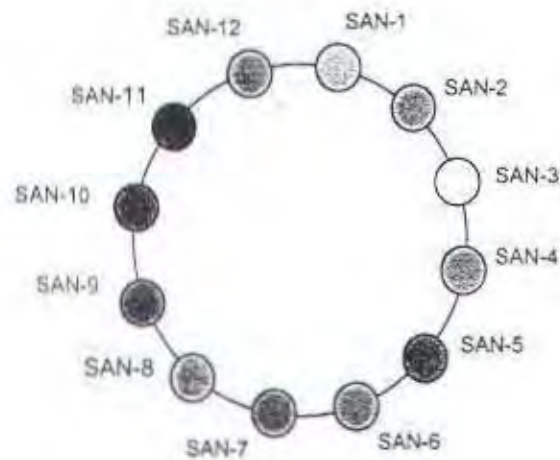
### 3.4.1 User Mobility Management

Pada saat beroperasi nanti, ICO direncanakan akan diintegrasikan dengan jaringan umum komunikasi bergerak (PLMNs, *public land mobile networks*). Jaringan komunikasi satelit ICO akan memberikan pelayanan secara menyeluruh kepada pelanggan PLMNs yang mempunyai kemampuan pemanggilan dan penerimaan tanpa terbatas oleh area tertentu.

Untuk menyediakan global roaming, ICONET akan meliputi suatu sistem bagi manajemen mobilitas / peningkatan user secara global berdasarkan standard selular digital yang ada, seperti GSM.

### 3.4.2 Jaringan Antar SAN

Dalam sistem operasinya, setiap lokasi SAN dirancang untuk saling berhubungan satu sama lain. Hal ini bertujuan melayani sistem *roaming* bagi setiap pelanggan sehingga dapat berhubungan secara menyeluruh yaitu pelayanan lokal, regional, dan internasional. Jaringan antar SAN membentuk topologi RING, yang dihubungkan oleh saluran kabel dengan kapasitas kecepatan tinggi.



GAMBAR 3.9  
JARINGAN SAN DENGAN TOPOLOGI RING

Setiap panggilan dari pelanggan yang diterima oleh satelit akan diteruskan secara langsung ke lokasi SAN tertentu, dimana terdapat proses switching dan inteligensi kemudian dilanjutkan melalui ICONET. Dengan menempatkan jaringan inteligensi dalam ICONET maka akan meningkatkan keamanan, kehandalan, dan mempermudah pemeliharaan terhadap sistem.

### 3.5 USER TERMINAL

Adalah peralatan pelanggan yang bervariasi jenis dan pemakainya. *User terminal* dapat dipakai untuk komunikasi kapal laut, mobil, pesawat terbang, kereta api, dan lain-lain. User terminal dalam sistem GSM disebut sebagai *mobile station* (MS).

#### 3.5.1 Handheld Phones

Sebagian besar terminal pelanggan (user terminal) ICO adalah menggunakan *handheld*, berukuran saku mampu beroperasi dengan dual-mode (satelit dan selular atau PCS). Telepon genggam (*handheld phone*) ICO dirancang untuk kebutuhan masa depan termasuk port data eksternal dan memori penyangga internal untuk kebutuhan komunikasi data, fungsi pesan, faksimili, dan pemakaian smartcards (SIMs).

Tabel 3.2

JENIS-JENIS MOBILE STATION

Kelas	Daya (watt)	Tipe Mobile Station	Keterangan
1	20	Vehicle dan Portabel	GSM
2	8	Vehicle dan Portabel	
3	5	Handheld	
4	2	Handheld	
5	0,8	Handheld	
1	1	Handheld	DCS 1800
2	0,25	Handheld	

#### 3.5.2 Pengamanan (Safety)

Sistem ICO telah dirancang untuk memenuhi kebutuhan pengamanan bagi pemakai terhadap pengaruh radiasi frekuensi radio. Daya transmit rata-rata saat beroperasi tidak lebih dari 0,25 watt. Telepon selular yang ada saat ini mempunyai

daya transmit rata-rata antara 0,25 watt sampai dengan 0,6 watt. Tabel 3.2 di atas menunjukkan daya *handheld* atau *mobile station* (MS) yang terbagi dalam kelas-kelas tertentu.

Keterangan perangkat *mobile station* adalah sebagai berikut :

- *Vehicle mounted station*, peralatan dipasang pada kendaraan yang secara fisik ditempatkan di luar kendaraan. Kendaraan dapat berupa mobil, truk, bus, ketera api, dan kapal laut. Sedangkan pada pesawat terbang tidak dipakai.
- *Portable Station*, berupa peralatan box yang mudah dibawa yang di dalamnya terdapat antena dan perangkat transceiver.
- *Hand-held station*, berupa telepon genggam dengan fisik antena yang kecil dan menyatu dengan perangkat tersebut.

### 3.5.3 Jenis Lain Terminal Pelanggan

Jenis-jenis terminal pelanggan ICO dirancang sebagai terminal yang sifatnya modular sehingga dapat menyatu dan terintegrasi dengan perangkat terminal lain dari berbagai produsen. Perangkat-perangkat terminal tersebut selain *handheld phones* adalah *vehicular, aeronautical and maritime mobile terminal, fixed/semi-fixed terminal*.

### 3.5.4 Digital Voice System

ICO *global communication* memilih *digital voice system Inc (DVSI)*. untuk memberikan teknologi kompresi suara. Teknologi kompresi suara tersebut dibuat

dengan sistem perangkat lunak kompresi suara *Advanced Multi-Band Excitation* (AMBE0) untuk layanan sistem komunikasi satelit bergerak ICO.

AMBE0 Voice Coder (Vocoder) merupakan hak paten dari teknologi kompresi suara DVSI yang menyediakan kualitas suara perbandingan kompresi sangat besar (hingga 2764 : 1). Vocoder ini dipakai oleh sistem ICO untuk mendukung komunikasi suara dua arah dengan kecepatan data (*data rate*) 4800 bits per second. Pemakaian Software kompresi suara AMBE0 ini dipilih karena memberikan kualitas suara tak sepadan (*unmatched speech quality*) dan performansi yang lebih baik dari teknologi yang dipakai pada sistem komunikasi global sekarang, yaitu dilihat pada jumlah kesalahan bit dan noise. Dari beberapa pengujian didapatkan bahwa kualitas suara dari AMBE0 Vocoder kecepatan rendah setara dengan kualitas suara yang diberikan oleh sistem selular digital yang beroperasi pada kecepatan data lebih tinggi. Secara khusus DVSI dan ICO menjanjikan kualitas terbaik pada sistem propagasi satelit bergerak ICO dan kondisi derau dasar, serta memaksimalkan *link margin*.

### 3.6 KONSEP JARINGAN KOMUNIKASI GLOBAL ICO

Jaringan komunikasi global ICO pada dasarnya identik dengan sistem jaringan yang diterapkan pada sistem GSM (*global system for mobile communication*). Pada sistem ICO, satelit dan SAN berfungsi sebagai *base transceiver station* (BTS), sedangkan pada sistem GSM, BTS berupa menara-menara

radio yang ditempatkan di daerah-daerah layanan tertentu yang jangkauannya relatif terbatas. Makin banyak jumlah BTS ditempatkan, makin luas daya jangkauannya. Lebih jauh pada sistem ICO, konsep-konsep jaringan komunikasi global meliputi :

- Struktur dan Perencanaan
- Arsitektur Jaringan
- Sistem Signalling

### 3.6.1 Struktur dan Perencanaan

Seperti telah dibahas di atas, struktur jaringan global SAN-ICO meliputi beberapa segmen, yaitu :

1. User Segment : Pelanggan ICO
2. Space Segment : Satelit ICO
3. Ground Segment : ICONET (12 lokasi SAN terkoneksi)
4. Public Service : PSTN, Jasa lain Sistem Komunikasi

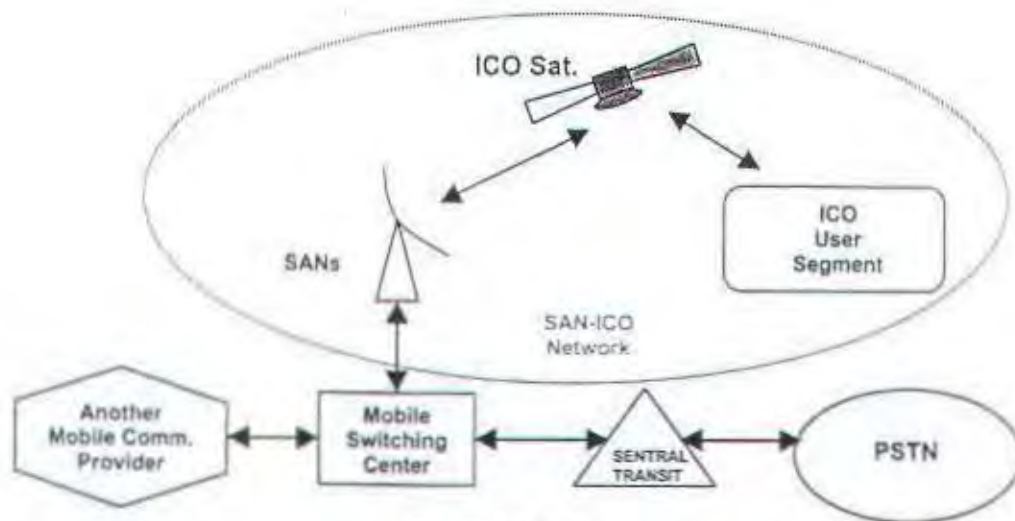
Bergerak.

Saluran komunikasi yang disediakan terdiri dari sistem komunikasi frekuensi gelombang mikro dan sistem komunikasi kabel (*fiber optic submarine cable*). Propagasi frekuensi gelombang mikro dipakai untuk komunikasi antara *User Segment* dan *Space Segment*, serta *Space Segment* dan *Ground Segment*. Sedangkan jaringan kabel (optik) disediakan untuk keperluan komunikasi antara lokasi SAN satu dan yang lainnya, serta antara masing-masing SAN dan *Jaringan Public Service*. Alokasi frekuensi yang dipakai antara *user segment* dan *space segment* adalah pada frekuensi



S-Band, sedangkan untuk komunikasi antara *space segment* dan *ground segment* adalah pada frekuensi C-Band. Saluran yang terhubung ke jaringan PSTN (*public switched telephone network*) dan jaringan sistem komunikasi bergerak yang sudah ada, kapasitasnya disesuaikan dengan kapasitas pelanggan yang memungkinkan, dalam hal ini saluran fiber optik.

Sistem perencanaan jaringan untuk keperluan interkoneksi dengan jaringan public service tersebut dapat dilihat pada gambar 3.10 di bawah ini.



GAMBAR 3.10

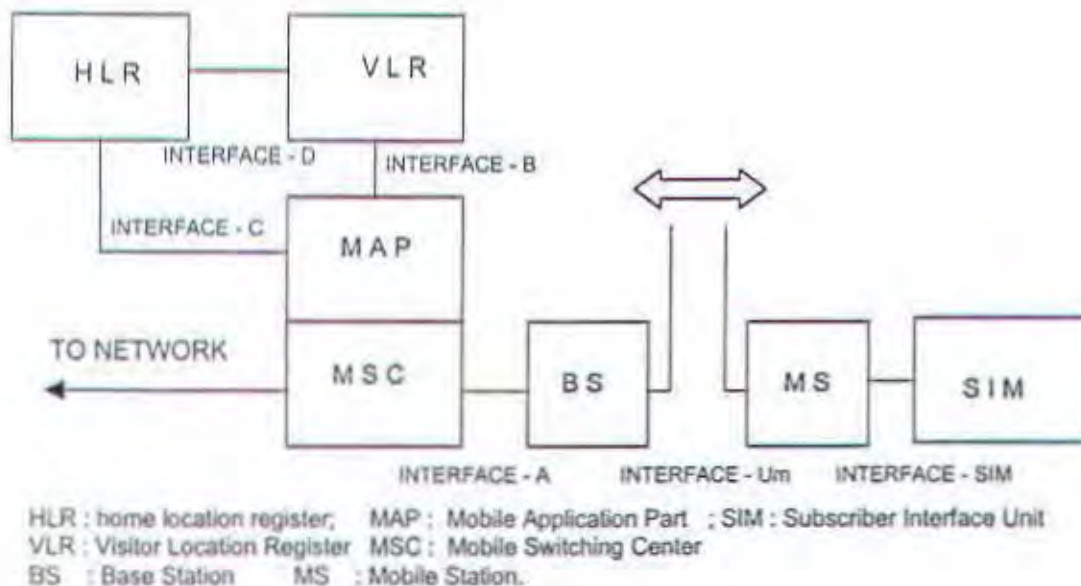
INTERKONEKSI JARINGAN SAN-ICO DAN PUBLIC SERVICE

### 3.6.2 Arsitektur Jaringan

Seperti halnya pada sistem GSM arsitektur jaringan komunikasi global pada sistem ICO di dalamnya terdapat HLR (*home location register*) dan VLR (*visitor location register*). Hal ini terlihat pada gambar 3.11, antara masing-masing blok

sistem terhubung melalui interface-interface yang berfungsi sebagai protokol data, sehingga satu sama lain dapat saling berkomunikasi

Konfigurasi dasar jaringan pada sistem ICO ini secara fungsi cukup sederhana namun bila dilihat dari segi teknologi-nya sangatlah rumit dan kompleks karena menyangkut aspek banyak jenis teknologi yang diterapkan mulai dari teknologi sistem komunikasi bergerak global, teknologi satelit dan stasiun bumi, teknologi switching, teknologi transmisi terestrial (gelombang mikro/fiber optik), dan manajemen jaringan.



GAMBAR 3.11  
JARINGAN RADIO SELULAR GSM

MSC merupakan titik perantara utama yang menghubungkan antara pelanggan telepon bergerak dan jaringan PSTN/PLMN. HLR dan VLR biasa

ditempatkan berdekatan dengan MSC tersebut. Hubungan antar masing-masing blok diperlukan interface-interface sehingga proses komunikasi bisa berjalan. Masing-masing interface tersebut adalah sebagai berikut :

- SIM – MS : Interface – SIM
- MS – BS : Interface – Um
- BS – MSC : Interface A
- MSC – VLR : Interface B
- MSC – HLR : Interface C
- VLR – HLR : Interface D

#### 3.6.2.1 Home Location Register (HLR)

HLR berfungsi *sebagai intelligent database* untuk menyimpan dan memberikan berbagai informasi pelanggan seperti : informasi lokasi, informasi alamat MSC, informasi alamat VLR (*visitor location register*), sistem *roaming* dan lain-lain. Semua sistem administrasi dilakukan dalam database HLR. Ada dua data penting yang ada pada HLR yaitu : International Mobile Station Identity (IMSI) dan Mobile Station International ISDN Number (MSISDN).

HLR tidak melakukan proses switching, tetapi terkait langsung dengan subsistem switching dan jaringan (NSS, *network and switching subsystem*) melalui sistem signaling.

#### 3.6.2.2 Visitor Location Register (VLR)

VLR berfungsi untuk mengidentifikasi data pelanggan yang datang dari lokasi *mobile station* tertentu, termasuk identitas *mobile station* internasional. Nomor ID

pelanggan dilewatkan ke VLR melalui stasiun database terdekat kemudian dilanjutkan ke pusat switching. Identitas mobile sementara dan nomor *roaming* diberikan kepada *mobile station* oleh jaringan yang didatangi. Hal ini merupakan fasilitas untuk semua panggilan dalam area tersebut.

Sistem signaling yang diterapkan pada jaringan SAN ICO adalah sama dengan yang diterapkan pada jaringan GSM yaitu *CCITT signaling system number 7* (SS7). Sistem signaling ini bekerja dengan metoda *common channel signaling*.

### 3.6.2.3 Mobile Switching Center (MSC)

MSC berfungsi sebagai pusat switching yang menghubungkan antara jaringan komunikasi global bergerak dan jaringan PSTN/PLMN. Pada sistem ini terdapat sistem kendali yang memberikan layanan kepada *mobile station* "MS" (*handheld* suatu pelanggan *provider*) baik yang akan melakukan panggilan maupun menerima panggilan. Dengan bekerja sebagai fungsi kontrol tersebut maka otomatis di dalamnya terdapat pula proses akuntansi sistem billing untuk setiap provider.

Sebagai contoh adanya panggilan ke PLMN, panggilan tersebut akan disalurkan ke MSC bila jaringan tetap tidak terdapat informasi yang diperlukan HLR. Kemudian MSC akan menginterogasi HLR yang benar dan menyalurkan panggilan ke MSC tempat pelanggan yang dituju. Gerbang MSC dapat ditentukan berdasarkan kebijaksanaan nasional masing-masing negara. Dalam sistem ICO gerbang MSC ditempatkan di satu tempat tertentu di masing-masing negara yang menjadi tempat beroperasinya SAN.

### 3.6.3 Signaling System

Sistem signaling pada jaringan telepon berfungsi untuk meminta, mengirim informasi, dan mengontrol operasi dalam sistem penyambungan telepon (*switching*). Selain itu signaling mendukung proses manajemen jaringan, pentarifan, operasi dan pemeliharaan. Pada dasarnya terdapat dua metode penerapan signaling yaitu : *channel associated signaling (CAS)* dan *common channel signaling (CCS)*.

Pada CAS, sinyal dikirimkan secara bersama dalam setiap kanal komunikasi. Sistem signaling ini sesuai dengan standard CCITT No. 5, sedangkan pada CCS kanal-kanal komunikasi hanya membutuhkan satu informasi signaling yang dipakai secara bersama dan dikirimkan secara terpisah dari kanal-kanal tersebut. Sistem signaling ini sesuai dengan standard CCITT No. 7.

Sistem signaling yang diterapkan dalam sistem komunikasi global ICO adalah sistem *common channel signaling*. Setiap data pelanggan tidak hanya berisi informasi selama proses komunikasi, tetapi juga di dalamnya terdapat pesan signaling antara *mobile station (MS)* dan jaringan. Signaling berguna untuk melakukan kontrol operasi seperti proses panggilan, pendudukan (*seizuring*), release, dan lain-lain. Untuk menyalurkan data signaling secara paralel dengan aliran transmisi data pelanggan, terdapat dua kemungkinan yaitu :

- *Slow Associated Control Channel (SACCH)* : Setiap kanal trafik bergabung dengan kanal kecepatan rendah digunakan untuk pengiriman signaling.

### 3.6.3 Signaling System

Sistem signaling pada jaringan telepon berfungsi untuk meminta, mengirim informasi, dan mengontrol operasi dalam sistem penyambungan telepon (switching). Selain itu signaling mendukung proses manajemen jaringan, pentarifan, operasi dan pemeliharaan. Pada dasarnya terdapat dua metode penerapan signaling yaitu : *channel associated signaling (CAS)* dan *common channel signaling (CCS)*.

Pada CAS, sinyal dikirimkan secara bersama dalam setiap kanal komunikasi. Sistem signaling ini sesuai dengan standard CCITT No. 5, sedangkan pada CCS kanal-kanal komunikasi hanya membutuhkan satu informasi signaling yang dipakai sebara bersama dan dikirimkan secara terpisah dari kanal-kanal tersebut. Sistem signaling ini sesuai dengan standard CCITT No. 7.

Sistem signaling yang diterapkan dalam sistem komunikasi global ICO adalah sistem *common channel signaling*. Setiap data pelanggan tidak hanya berisi informasi selama proses komunikasi, tetapi juga di dalamnya terdapat pesan signaling antara *mobil station (MS)* dan jaringan. Signaling berguna untuk melakukan kontrol operasi seperti proses panggilan, pendudukan (*seizuring*), release, dan lain-lain. Untuk menyalurkan data signaling secara paralel dengan aliran transmisi data pelanggan, terdapat dua kemungkinan yaitu :

- *Slow Associated Control Channel (SACCH)* : Setiap kanal trafik bergabung dengan kanal kecepatan rendah digunakan untuk pengiriman signaling.

- *Fast Associated Control Channel (FACCH)* : Sistem signaling bersama seperti halnya pesan untuk menunjukkan progres pembangunan panggilan atau untuk mencocokkan pelanggan, atau perintah *handover*, dan lain-lain. Hal ini dengan menggunakan TCH (traffic channel) itu sendiri.

Dalam beberapa kasus, terdapat suatu kebutuhan proses penyambungan antara MS dan jaringan. Pada sisi pelanggan digunakan untuk melakukan cell forwarding management, pengiriman pesan-pesan singkat seperti updating lokasi.

### 3.7 METODE AKSES

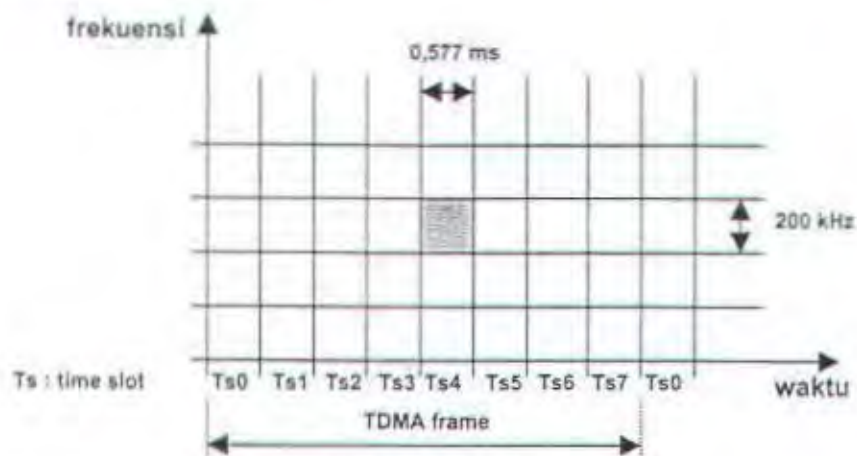
Sistem komunikasi global dari ICO mengoperasikan sistem akses FDMA/TDMA antara satelit dan terminal pelanggan. Berikut gambaran operasi metode akses tersebut.

#### 3.7.1 FDMA/TDMA

Metode akses FDMA/TDMA yang dimaksud adalah terdapatnya beberapa frekuensi pusat (*center frequency*) yang berisikan slot waktu diantara lebar frekuensi yang dialokasikan. Jarak antara frekuensi pusat tersebut seperti halnya pada GSM adalah 200 kHz dan masing masing akan muncul setiap 0,577 ms. Berikut gambar 3.12, meng-ilustrasikan sistem operasi dari metode akses FDMA/TDMA.

Dengan bandwidth 35 MHz yang diberikan untuk *user segment*, maka akan terdapat 175 ( 35 MHz/200 kHz) frekuensi pusat di sepanjang bandwidth tersebut baik untuk *uplink* maupun *downlink*, tetapi dalam prakteknya tidak secara penuh

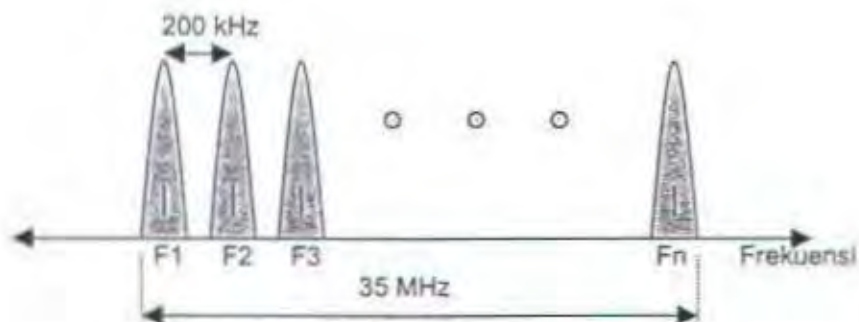
digunakan karena untuk menghindari adanya gangguan antar frekuensi yang berdekatan (*adjacent carrier*).



GAMBAR 3.12

ILUSTRASI FDMA/TDMA

Dengan ilustrasi slot frekuensi sebagai berikut :



GAMBAR 3.13

SPEKTRUM FREKUENSI OPERASI

### 3.7.2 Sistem Frame Kanal

TDMA merupakan metoda akses yang bekerja dengan sistem pembagian slot waktu. Dalam sistem transmisi radio selular digital dapat dibagi dalam 2 kategori

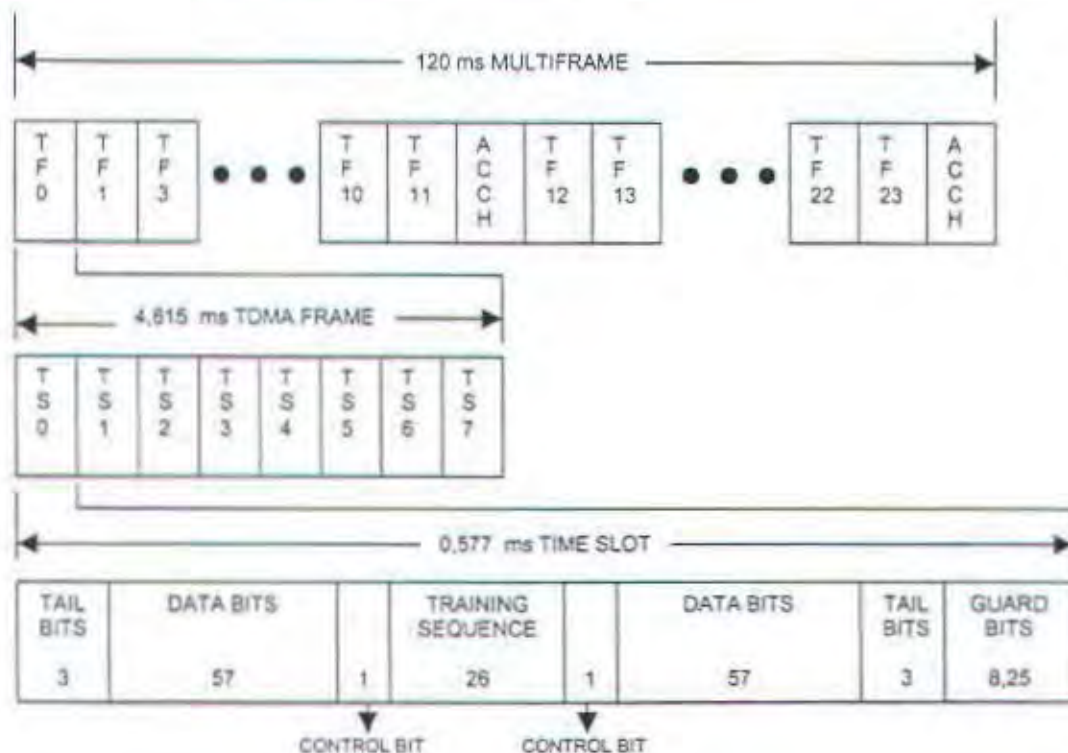


yaitu *narrow-band* dan *wide-band*. Sistem *narrow-band* sering dianggap sebagai generasi kedua radio selular yang merupakan teknologi masa sekarang.

Sistem *digital narrow-band* TDMA terbagi dalam dua jenis yaitu sistem Amerika Utara dan sistem Eropa. Perbedaan dari kedua sistem tersebut terletak pada frame waktu yang diberikan.

### 3.7.2.1 Frame dan Multiframe pada sistem Eropa

Informasi data atau suara ditransmisikan melalui frekuensi radio dengan *processing* data atau suara secara digital dalam format khas PCM (*pulse code modulation*), menggunakan frame dan multiframe.



GAMBAR 3.14

STRUKTUR MULTIFRAME DAN FRAME

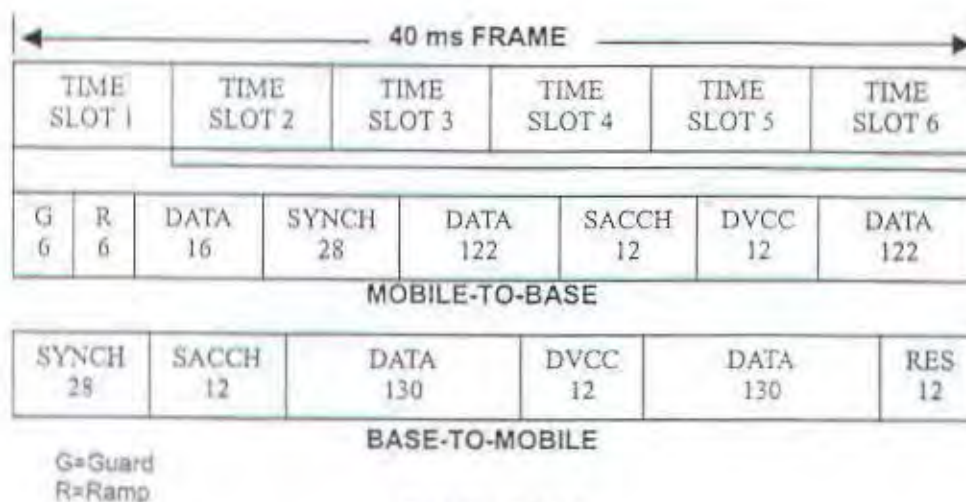
Sinyal TDMA di-implementasikan ke dalam sinyal RF dengan bandwidth tertentu. Setiap frame terdiri dari 8 buah time slot yang masing-masing 576,923  $\mu$ s, dan total keseluruhan dalam setiap frame adalah 4,6154 ms. Dalam sistem ini, terdapat 26-frame multiframe dengan durasi 120 ms. 24 frame membawa trafik dan 2-frame untuk associated control channel. Satu channel adalah merupakan *slow associated control channel* (SACCH). Kanal trafik (TCH, *traffic channel*) berfungsi membawa sinyal data dan suara yang sudah dikodekan. Dalam pengkodean tersebut dipakai sinyal biner dengan kecepatan bit bersih sebesar 13 kbps. Ada dua macam TCH dalam sistem komunikasi global :

- *Full rate traffic channel (TCH/F)*, beroperasi pada kecepatan 22,8 kbps dan memungkinkan adanya transmisi bit data atau suara 13 kbps.
- *Half rate traffic channel (TCH/H)*, beroperasi pada kecepatan 11,4 kbps dan memungkinkan adanya transmisi bit data atau suara sekitar 7 kbps.

### 3.7.2.2 Frame pada Sistem IS-54 Amerika Utara

Pada sistem Amerika setiap kanal digital membawa 3 user signal, satu frame mempunyai lebar waktu 40 ms yang terdiri dari enam time slot masing-masing 6,67 ms. Setiap kanal mempunyai kecepatan transmisi bit sebesar 48,7 kb/s. Setiap time slot membawa 324 bit informasi dengan perincian 260 bit untuk 13 kbps full-rate traffic data dan 64 bit untuk overhead. 28 bit dari overhead dipakai untuk sinkronisasi.

Sistem IS-54 mempunyai urutan sinkronisasi berbeda pada masing-masing 6 time slot dalam satu frame, yaitu melalui setiap penerima proses sinkronisasi dilakukan sendiri-sendiri. 12 bit dalam setiap time slot berfungsi untuk SACCH (sistem informasi kontrol). DVCC (*digital verification color code*) adalah ekuivalen dengan *supervisory audio tone* yang dipakai pada sistem AMPS. Pada sistem tersebut terdapat 258 keadaan dari 8-bit color code, yang diproteksi oleh *hamming code*.



GAMBAR 3.15  
STRUKTUR FRAME IS-54

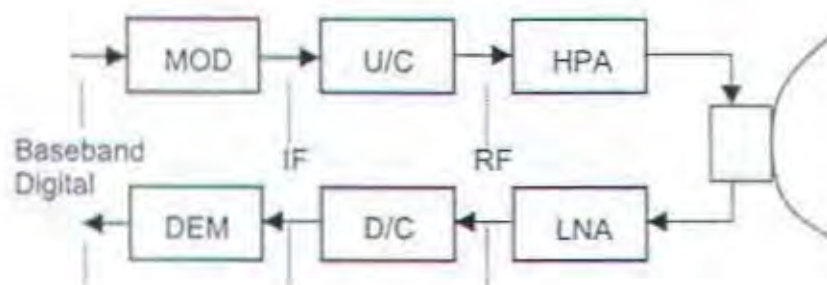
Gambar 3.15 memperlihatkan struktur frame IS-54 yang mana time slot untuk arah *mobile-to-base* station dirancang berbeda dengan arah *base-to-mobile* tetapi pada intinya membawa informasi yang sama.

### 3.7.3 Teknik Modulasi

Sistem ICO merupakan sistem komunikasi global dengan menggunakan teknologi satelit. Satelit dalam operasionalnya mempunyai keterbatasan frekuensi dan

sistem penguat daya yang dipakai untuk keperluan transmisi. Oleh karena itu perlu dipertimbangkan agar diperoleh nilai efektifitas dari daya satelit yang ada, hemat bandwidth dengan kapasitas kanal optimum, dan mempunyai performansi error yang terbaik. Ada tiga jenis dasar teknik modulasi digital, yaitu ASK (*amplitudo shift keying*), FSK (*frequency shift keying*), dan PSK (*phase shift keying*). Dari ketiga jenis tersebut dipilih yang paling tepat untuk memenuhi kebutuhan optimum yang disesuaikan dengan karakteristik teknik satelit.

Konfigurasi dasar sistem komunikasi satelit digital adalah mirip dengan sistem komunikasi satelit analog. Pada sisi pengirim terdapat modulator, up-converter (U/C), dan high-power amplifier (HPA), sedangkan pada sisi penerima terdapat low-noise amplifier (LNA), down-converter (D/C), dan demodulator.



GAMBAR 3.16

BLOK DIAGRAM STASIUN BUMI

Karakteristik input output dari penguat TWT yang dipakai pada transponder satelit mempunyai sifat tidak linier. Untuk memperoleh nilai efisiensi daya satelit dalam prakteknya, perlu mengoperasikan TWT tersebut berada di dekat titik

saturasinya. Beroperasinya pada titik tersebut menyebabkan terjadinya distorsi pada amplitudo sinyal sehingga untuk kondisi ini teknik modulasi ASK tidak efektif untuk diaplikasikan. Sehubungan dengan itu, akan lebih sesuai bila menggunakan teknik modulasi yang mempunyai amplitudo yang relatif konstan, yaitu teknik modulasi FSK atau PSK. Berikut uraian perbandingan teknis antara FSK dan PSK :

Konsepsional spektrum daya sinyal FSK dan PSK terlihat pada gambar 3.17. Pada FSK terdapat dua spektrum frekuensi yang bekerja sehingga total pemakaian bandwidth-nya lebih besar dari PSK yang hanya terdapat satu spektrum frekuensi. Dengan dasar tersebut dan keterbatasan frekuensi, PSK dapat dikatakan lebih efisien untuk dipakai dalam sistem komunikasi satelit.



GAMBAR 3.17

SPEKTRUM DAYA SINYAL FSK DAN PSK

Kualitas sinyal dari kanal komunikasi digital diberikan oleh performansi error rate sinyal digital. *Bit error rate* (BER) menunjukkan probabilitas kesalahan bit. Performansi sinyal FSK dan PSK pada sistem demodulasi ideal dapat dilihat pada gambar 3.18.

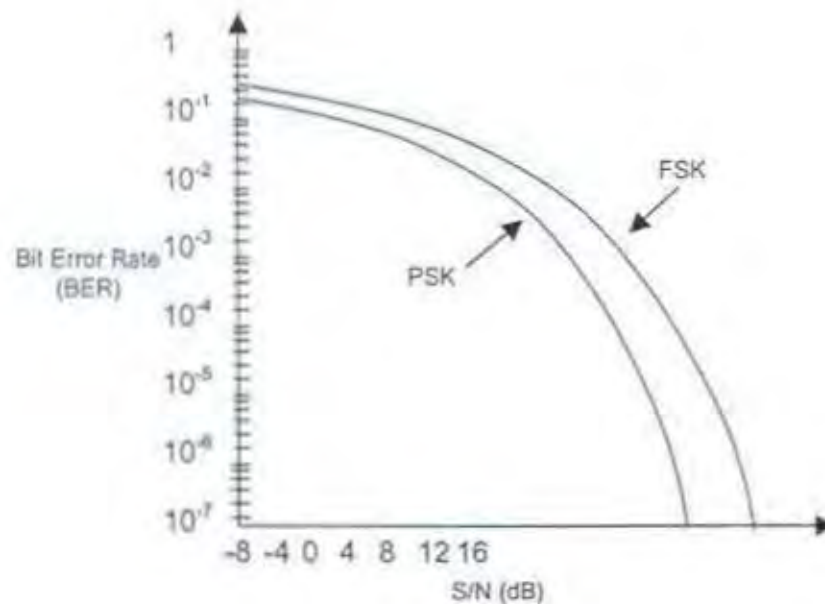
Alasan pemilihan PSK :

1. Distorsi sinyal rendah pada kondisi penguat daya tak linier
2. Menempati bandwidth frekuensi yang relatif lebih kecil dari pada FSK.
3. Performansi BER lebih baik dari FSK

Ada tiga type PSK :

1. Binary PSK (B-PSK)
2. Quadri PSK (Q-PSK)
3. 8-Phase PSK

Sedangkan yang diterapkan pada sistem komunikasi global ICO adalah teknik modulasi QPSK.



GAMBAR 3.18  
PERFORMANSI BER FSK DAN PSK

-----o0o-----

## BAB IV

### SISTEM PERENCANAAN SAN - ICO

#### 4.1 KONSEP PERENCANAAN

Stasiun Bumi ICO yang akan ditempatkan di Indonesia dinamakan sebagai SAN-7 ICO. Hal ini disesuaikan dengan nomor urut lokasi yang diberikan ICO. Faktor-faktor penting dalam perencanaan suatu SAN tidak hanya terbatas pada lingkup antena stasiun bumi dan satelit ICO saja, tetapi juga harus memperhatikan kepentingan menyeluruh pada sistem ICO antara lain meliputi :

- Aspek Teknik
- Tata Letak Antena SAN
- Jaringan Transmisi
- Interkoneksi Antara SAN-7 dan SAN Luar Negeri.

Dari empat aspek tersebut, diharapkan akan diperoleh kehandalan operasional secara optimum dan terjadi hubungan yang sinkron antar masing-masing lokasi SAN dalam upaya menyediakan jaringan komunikasi global.

##### 4.1.1 Aspek Teknik

Penyelidikan aspek teknik dilakukan terhadap lokasi yang akan menjadi tempat operasi SAN untuk memperoleh data layak tidaknya dilihat secara teknik. Secara umum penyelidikan teknik untuk keperluan SAN-ICO meliputi beberapa aspek diantaranya : koordinat geografis, *path profile*, pengujian *Radio Frequency Interference* (RFI Test), dan sarana pendukung.

#### 4.1.1.1 Koordinat Geografis

Koordinat geografis diperlukan sebagai data teknik SAN untuk keperluan operasional yang meliputi kelayakan akses terhadap satelit secara kontinyu, mengetahui jarak antar SAN, mengetahui posisi SAN terhadap satelit, dan iklim alamnya. Dari pengukuran letak geografis diperoleh bahwa masing-masing antena SAN-7 Indonesia berada pada koordinat seperti terlihat pada tabel 4.1.

TABEL 4.1  
PENGUKURAN KOORDINAT SAN-7

	Antena-1	Antena-2	Antena-3	Antena-4	Antena-5
Longitude	112° 31.853'	112° 31.889'	112° 31.931'	112° 31.921'	112° 31.894'
Latitude	06° 55.196'	- 06° 55.163'	- 06° 55.187'	- 06° 55.238'	- 06° 55.223'
Ketinggian	41 meter	41 meter	41 meter	42 meter	42 meter

Alat Ukur : - GPS (*global position satellite*)

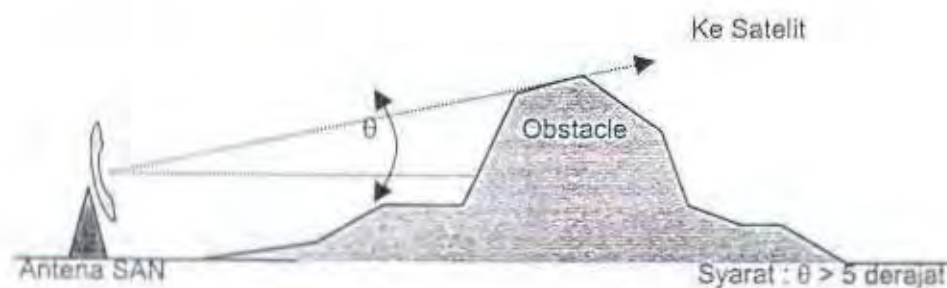
- Tipe : "GARMIN" GPS 12 XL FCC ID IPH-17800

Dilihat dari letak geografis-nya, lokasi Banyuurip yang berada pada daerah tropis mempunyai posisi yang strategis untuk melakukan akses ke satelit serta iklim yang mendukung bagi sistem komunikasi radio khususnya di dalam daerah frekuensi C-band atau di bawah frekuensi 10 GHz. Kondisi iklim tropis ini relatif tidak begitu besar pengaruhnya terhadap redaman-redaman sinyal frekuensi di bawah 10 GHz dibandingkan dengan sinyal frekuensi Ku-band dan Ka-band yang berada di atas 10 GHz. Redaman-redaman tersebut sebagai akibat dari pengaruh atmosfer, gas, uap air, hujan dan lain-lain.



#### 4.1.1.2 Path Profile

*Path profile* adalah kontur tanah yang dilihat pada titik antena yang akan dibangun dengan sudut pandang azimuth 360 derajat. *Path profile* diperlukan untuk mengetahui kondisi *line of sight* antena terhadap arah komunikasinya yang dalam hal ini satelit ICO. Kontur di sekeliling tempat antena berada haruslah bebas pandang, agar jalannya komunikasi tidak terganggu. Spesifikasi yang diberikan oleh ICO, pandangan harus bebas ke segala arah (azimut, 360 derajat) maksimum setelah 5 derajat elevasi dari horisontal.



GAMBAR 4.1  
BATAS MAKSIMUM OBSTACLE STASIUN BUMI SAN

#### 4.1.1.3 Pengujian *Radio Frequency Interference* (RFI Test)

RFI test dilakukan untuk menyelidiki adanya sinyal-sinyal frekuensi yang tidak diinginkan (penyebab interferensi) yang diterima di lokasi SAN, terutama untuk daerah frekuensi yang akan dioperasikan pada SAN-ICO. Hal-hal yang memungkinkan adanya sinyal-sinyal frekuensi tersebut adalah pemancar radio, pemancar gelombang

mikro terestrial, dan lain-lain yang ada di sekitarnya terutama pada daerah frekuensi berikut :

1. SAN-Satelit ICO

Uplink : 5150 - 5250 MHz

Downlink : 6975 - 7075 MHz

2. User Segment – Satelit ICO

Uplink : 1990 - 2025 MHz

Downlink : 2165 - 2200 MHz

Dalam pengukurannya, level sinyal diukur *line of sight* terhadap pemancar terestrial yang ada atau yang dalam perencanaan di sekitar lokasi. Pengukuran diambil saat kondisi terburuk, yaitu kondisi sudut elevasi 5 derajat (+/- 0,5 derajat) dan sidelobe antena SAN sesuai rekomendasi 580-5 ITU-R.

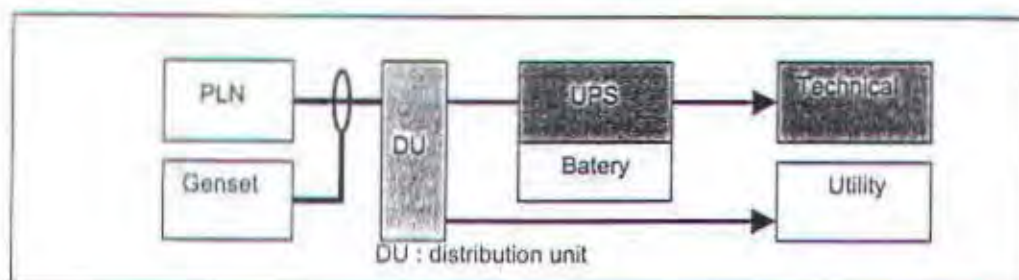
Hasil Pengukuran menentukan bahwa tidak ada pemancar terestrial yang mengarah ke lokasi antena SAN-7 ICO untuk daerah frekuensi 5500 – 8300 MHz (> 0,5 derajat) dan daerah frekuensi 2100 – 3000 MHz, sehingga dilihat dari aspek ini, memenuhi persyaratan pembangunan SAN-7.

#### 4.1.1.4 Sarana Pendukung

Sarana-sarana pendukung yang mutlak diperlukan adalah kemudahan memperoleh air bersih, sarana catu daya, sarana komunikasi lokal, sarana jalan akses, dan lain-lain. Sarana catu daya khususnya, selain disediakan generator set dengan

kapasitas yang cukup, juga diperlukan adanya koneksi dengan jaringan PLN, sehingga keduanya dapat saling back-up untuk menciptakan kehandalan operasional.

Catu daya dirancang sedemikian rupa sehingga bila ada gangguan tidak menyebabkan putusnya trafik komunikasi. Untuk itu dipasang perangkat UPS (*uninterruptible power supply*) sebelum diberikan ke perangkat-perangkat komunikasi.



GAMBAR 4.2

#### KONSEP DISTRIBUSI CATU DAYA

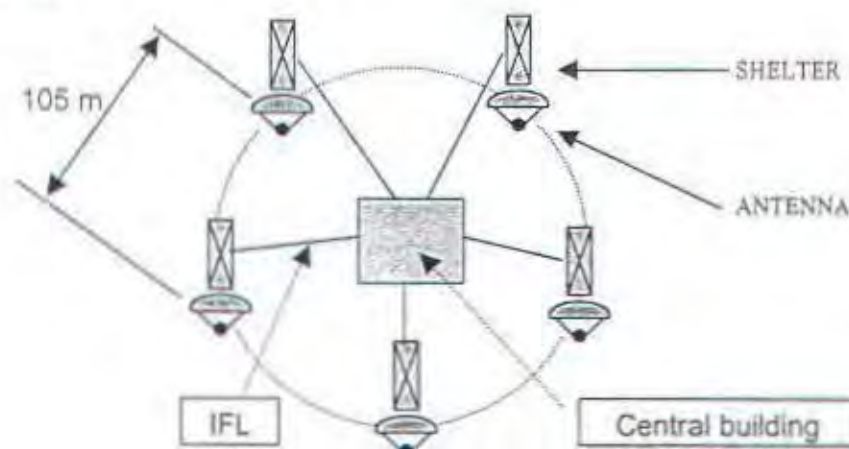
Dari gambar 4.2 terlihat bahwa perangkat *technical* yang terdiri dari perangkat-perangkat komunikasi di catu oleh UPS sedangkan perangkat *utility* yang terdiri dari perangkat-perangkat penunjang dicatu langsung oleh *distribution unit*.

#### 4.1.2 Tata Letak Antena SAN

Pada masing-masing lokasi SAN direncanakan terdapat 5 buah antena SAN sebagai implementasi rancangan *path diversity*. Setiap antena SAN ditempatkan secara strategis dengan interval jarak tertentu sehingga satu sama lain memperoleh pergerakan bebas dan tidak saling menghalangi.

Jarak antara setiap antena adalah 105 meter membentuk segilima beraturan, hal ini dimaksudkan selain untuk memperoleh keuntungan teknik juga diharapkan

mempunyai nilai estetika yang baik. Subsistem antena, masing-masing ditempatkan dalam sebuah *shelter* (*container*) yang berdekatan dengan antena itu sendiri. Perangkat-perangkat yang ada pada *shelter* tersebut dinamakan perangkat RFT (*radio frequency terminal*). Kelima antena dan RFT-nya terhubung langsung ke *central building* (*HUB building*) melalui saluran IFL (*interfacility link*). *HUB building* merupakan sentral kontrol operasi dari kelima antena SAN yang di dalamnya terdapat sistem pengaturan dan monitoring performansi teknis perangkat-perangkat RFT. Selain itu terdapat pula perangkat-perangkat *switching*, *multiplexing*, *database*, dan terestrial sebagai titik interkoneksi dengan jaringan komunikasi lokal dan internasional.



GAMBAR 4.3  
TATA LETAK ANTENA SAN-7

#### 4.1.3 Jaringan Transmisi

Jaringan transmisi yang merupakan salah satu aspek penting dan menjadi salah satu kriteria dalam penentuan lokasi SAN-7. Jaringan transmisi dipakai sebagai

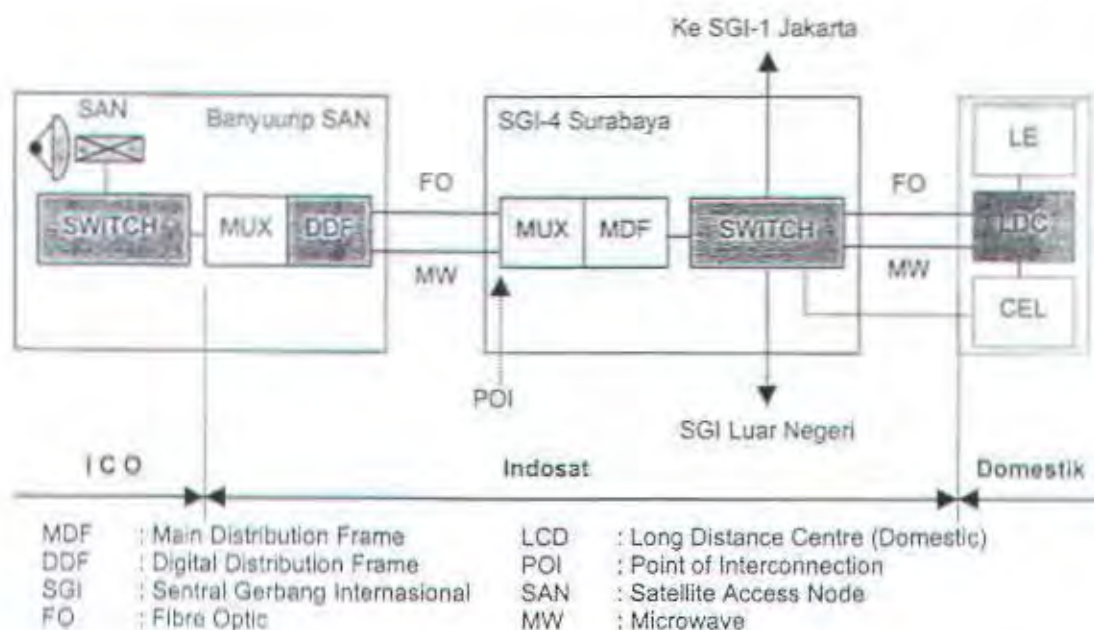
media penghubung antara jaringan SAN-7 ICO dan jaringan komunikasi PSTN atau PLMN. Lokasi Banyuurip yang merupakan salah satu lokasi operasi PT. Indosat dimana sudah tersedia jaringan komunikasi dengan kapasitas besar, terhubung ke jaringan nasional dan internasional baik melalui sarana transmisi satelit Intelsat, jaringan kabel serat optik maupun sarana transmisi terestrial gelombang mikro.

Jaringan transmisi yang ada terhubung langsung ke dua konsentrator besar yaitu SGI-4 Surabaya dan SGI-1A/1B Jakarta melalui sistem komunikasi kabel laut, yang selanjutnya terintegrasi ke jaringan kabel laut APCN (*Asia Pacific Cable Network*). Jaringan transmisi melalui satelit Intelsat untuk interkoneksi ke luar negeri atau sebagai fasilitas ICONET tidak direkomendasikan karena faktor delay rang relatif besar. Maka untuk keperluan tersebut hanya dipakai jaringan transmisi menggunakan fiber optik.

TABEL 4.2  
FASILITAS JARINGAN KOMUNIKASI

No.	DESTINASI	MEDIA	KAPASITAS	KETERANGAN
1	Banyuurip - SGI-4 Sby	Terr. SKSO Terr. M/W	1 x STM-16 2 x STM-1	Main Back-Up
2.	Banyuurip - SGI-1A/1B Jakarta	SKKL-JS (Fiber Optik)	2 x STM-16	Terhubung ke Jaringan APCN
3	Banyuurip - Int'nal Net.	Satelit Intelsat	60 x 2MBps (Sistem IDR)	Satelit Intelsat 177 Deg. E.

Jaringan transmisi SAN-7 ICO Banyuurip dapat diilustrasikan seperti pada gambar 4.4 dimana terdapat hubungan langsung dengan SGI-1A/1B Jakarta dan SGI-4 Surabaya.



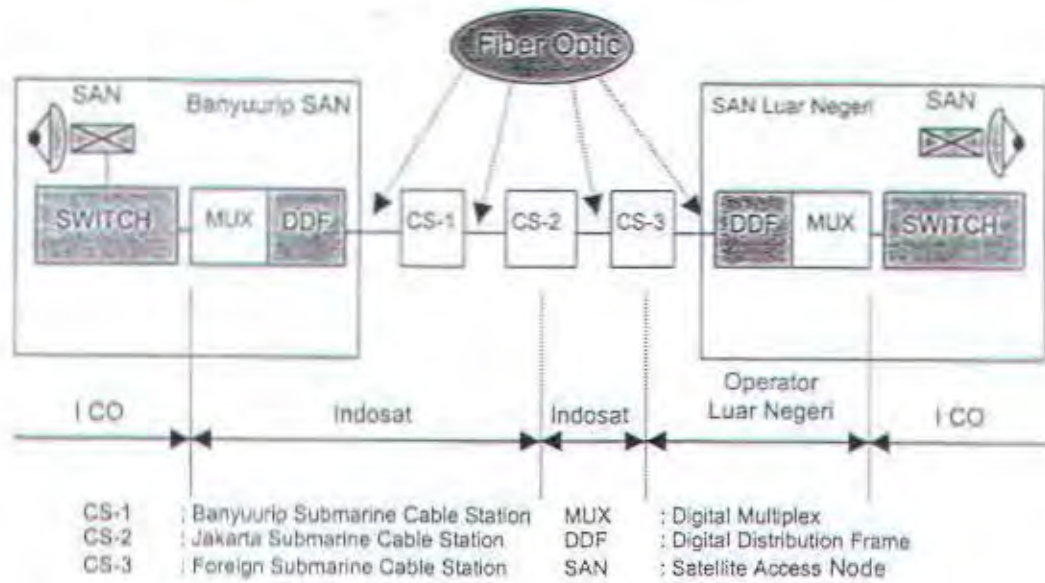
GAMBAR 4.4

## ILUSTRASI JARINGAN INTERKONEKSI SAN-7

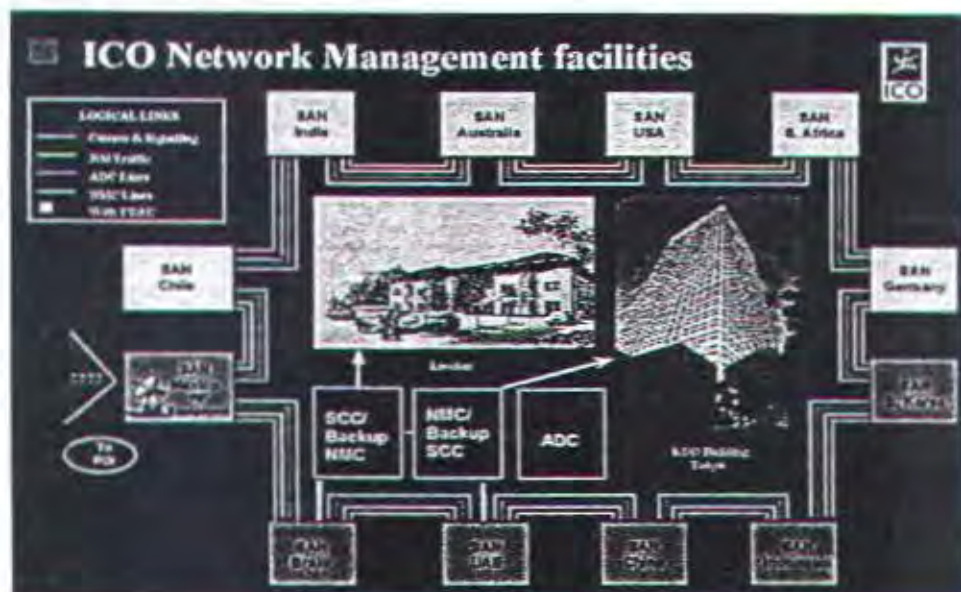
## 4.1.4 Interkoneksi SAN-7 Dengan SAN Luar Negeri

Dengan tersedianya fasilitas jaringan transmisi, maka akan mempermudah pelaksanaan implementasi jaringan ICO. Saluran interkoneksi antara masing-masing lokasi SAN (ICONET) dibangun untuk pelayanan roaming secara global. Saluran interkoneksi pada SAN-7 dalam perencanaannya akan disediakan 42 x 2 MBps yang terbagi dalam rute utama (*primary route*) dan rute kedua (*secondary route*).

Ilustrasi interkoneksi jaringan SAN-7 ICO dengan lokasi-lokasi SAN lain di luar negeri terlihat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6. Koneksi langsung SAN-7 ICO Banyuwir terhubung langsung ke lokasi SAN yang ada negara China dan Korea Selatan.



GAMBAR 4.5  
INTERKONEKSI SAN-7 BANYUURIP DAN SAN LUAR NEGERI



GAMBAR 4.6  
KONFIGURASI JARINGAN SAN-ICO

#### 4.1.5 Spesifikasi Saluran Transmisi

Untuk menjaga kualitas pelayanan, dalam hal ini tingkat keberhasilan panggilan maka pertama-tama harus memperhatikan aspek-aspek teknik dan metodologi untuk mencapai kualitas yang baik dari jaringan komunikasi, disesuaikan dengan standard-standard ITU-T. Untuk performansi pelayanan panggilan haruslah berdasarkan rekomendasi ITU-T seri E.400 dan E.500, sedangkan performansi saluran interkoneksi berdasar pada rekomendasi ITU-T G.821. Berikut standard-standard kualitas saluran yang diperlukan :

- Link Availability > 99.85 %
- Errored Seconds < 0.5 %
- Severaly-Errored Seconds < 0.05 %
- Bit Error Rate <  $10^{-9}$  (24 jam pengukuran)

##### 4.1.5.1 Rugi-Rugi Transmisi

Interkoneksi ICO ke jaringan nasional diasumsikan melalui interface analog/digital pada sentral lokal dengan standard rekomendasi ITU-T G.122. Sedangkan interkoneksi ke jaringan internasional dilakukan melalui jalur transmisi digital tanpa adanya rugi transmisi, yang sesuai dengan rekomendasi ITU-T G.111.

##### 4.1.5.2 Delay Transmisi

Waktu transmisi satu arah antara suatu titik jaringan nasional dan internasional adalah meliputi komponen-komponen yang di dalamnya termasuk delay saluran transmisi dan waktu proses pada perangkat. Untuk menentukan besarnya



delay yang dibolehkan, ICO mengacu pada standard rekomendasi ITU-T G.114, yaitu tidak lebih dari 400 ms untuk koneksi ke jaringan internasional.

#### 4.1.5.3 Penanggulangan Echo

Penanggulangan echo dari dan ke ICONET akan dirancang sesuai dengan rekomendasi ITU-T G.165, menggunakan teknik-teknik digital untuk diterapkan pada sirkuit internasional. Objektivitas rancangan untuk rugi-rugi echo disesuaikan dengan rekomendasi ITU-T G.122 dan ETSI ETS 300 (GSM 03.50) saat berhubungan dengan PLMN.

#### 4.1.5.4 Distorsi Kuantisasi

Distorsi kuantisasi terjadi pada saat terjadinya pengkodean digital, seperti halnya pada sistem PCM. Nilai distorsi yang dibolehkan adalah rekomendasi ITU-T G.113 yang mana disyaratkan tidak lebih dari 14 *quantising distortion units* (QDUs) yang harus diterapkan pada penyambungan internasional *end-to-end*.

#### 4.1.5.5 Standard-Standard Encoding

Standard-standard encoding pada sistem ICO mengacu pada rekomendasi ITU-T G.711 yaitu :

- Jaringan digital antara negara-negara yang mengadopsi hukum encoding berbeda harus menyesuaikan dengan menggunakan sistem sinyal A-law.
- Sistem konversi yang dilakukan oleh negara-negara tersebut menggunakan  $\mu$ -law.

## 4.2 STASIUN BUMI ICO (SAN)

SAN pada dasarnya adalah suatu sistem stasiun bumi satelit yang di dalamnya terdiri dari perangkat-perangkat antena, GCE (*ground communication equipment*), dan perangkat komunikasi terestrial. Berikut susunan perangkat SAN yang ada dalam perencanaannya :

TABEL 4.3  
SUSUNAN PERANGKAT ANTENA SAN

No	Nama Perangkat	Kapasitas	Keterangan
1	Antena	Diameter 7,6 meter	Parabola
2	Transmitter :		
	- High Power Amplifier (HPA)	(2 + 1) x 3 Kwatt	TWT (C-Band)
	- Up Converter	-	IF to C-Band
3	Receiver :		
	- Low Noise Amplifier (LNA)	(2 + 1)	C-Band, < 32 K
	- Down Converter	-	C-Band to IF
4	Antenna Control	1-sistem	Auto Tracking

### 4.2.1 Antena SAN

Antena SAN merupakan antena parabola dengan garis tengah 7,6 meter. Ukuran ini sebanding dengan antena standard Intelsat F-2 (terlihat pada tabel 2.2) dengan *figure of merit* (G/T) sekitar 27 dB/K pada frekuensi C-Band. Antena SAN ini juga akan beroperasi pada frekuensi C-Band yaitu :

- Uplink : 5150 – 5250 MHz
- Downlink : 6975 – 7075 MHz

Sistem feeder pada sistem ICO dirancang untuk sistem polarisasi linier dan mengoperasikan frekuensi *reuse*, yaitu polarisasi linier vertikal (V) dan linier horisontal (H). Jenis feed yang dipakai bisa *cassegrain* atau *gregorian*, hal ini tidak menjadi masalah karena dari hasil penyelidikan mempunyai karakteristik yang hampir sama baik. Parameter antena parabola stasiun bumi yang berdiri sendiri tanpa terinstalasi dengan perangkat-perangkat subsistem-nya (*transceiver*) secara matematis yang dapat dihitung adalah : *transmit & receive gain*, *beamwidth*, dan *sidelobe*.

Parameter antena stasiun bumi secara teoritis bisa ditentukan melalui perhitungan-perhitungan dengan mengasumsikan parameter-parameter tertentu. Sedangkan dalam pengukurannya, diperlukan suatu stasiun bumi referensi yang melakukan sistem kontrol dan monitor. Stasiun bumi referensi pada sistem INTELSAT disebut stasiun CSM (*communication system monitoring*).

Pada stasiun bumi SAN-ICO belum ada ketentuan yang jelas mengenai metoda pengukurannya, namun demikian dapat mengacu pada sistem pengukuran yang diterapkan INTELSAT dan tetap sesuai dengan rekomendasi yang ditetapkan ITU-R. Parameter-parameter antena parabola yang diukur adalah sebagai berikut :

- Transmit & Receive Gain
- Transmit & Receive Sidelobe Pattern
- Transmit & Receive Axial Ratio (Isolation Contour)
- EIRP dan Frequency Stability, tracking ability
- Receive G/T

#### 4.2.1.1 Transmit & Receive Gain

Sesuai dengan persamaan 2.1, gain (G) antena dapat dihitung secara matematik. Antena parabola dalam operasinya mempunyai nilai efisiensi ( $\eta$ ) yang berdasarkan penelitian nilainya adalah berada pada daerah 0,55 dan 0,75.<sup>7</sup>

Dengan mengasumsikan nilai efisiensinya  $\eta$  adalah 0,7 maka penguatan / gain antena untuk arah transmit dan receive adalah sebagai berikut :

Sisi transmit (pada frekuensi 5 GHz) :

$$G_{Tx \text{ dBi}} = 10 \log 0,7 + 20 \log 5 + 20 \log 7,6 + 20,4$$

$$G_{Tx \text{ dBi}} = 50,45 \text{ dBi}$$

Sisi receive (pada frekuensi 7 GHz) :

$$G_{Tx \text{ dBi}} = 10 \log 0,7 + 20 \log 7 + 20 \log 7,6 + 20,4$$

$$G_{Tx \text{ dBi}} = 53,37 \text{ dBi}$$

#### 4.2.1.2 Beamwidth

Sesuai dengan persamaan 2.10, dengan efisiensi  $\eta = 0,7$  beamwidth antena parabola yang direferensikan sebagai HPBW dimana terjadi penurunan setengah daya (- 3 dB) dari level pola radiasi maksimum, dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{HPBW} = [\lambda / (d\sqrt{\eta})] \times 57,29 \text{ derajat}$$

Pola Transmit (f = 5 GHz) :

$$\text{HPBW}_{Tx} = [(3 \cdot 10^8 / 5 \cdot 10^9) / (7,6\sqrt{0,7})] \times 57,29 \text{ derajat}$$

$$\text{HPBW}_{Tx} = 0,541 \text{ derajat}$$

<sup>7</sup> Intelsat, EARTH STATION TECHNOLOGY, Revision 4, p3-3, 1995

Pola Receive (f = 7 GHz) :

$$\text{HPBW}_{r_s} = [(3 \cdot 10^8 / 7 \cdot 10^9) / (7,6 \sqrt{0,7})] \times 57,29 \text{ derajat}$$

$$\text{HPBW}_{r_s} = 0,386 \text{ derajat}$$

#### 4.2.1.3 Sidelobe Antena

Antena SAN yang berukuran diameter (d) 7,6 meter dan frekuensi kerja pada daerah frekuensi C-band. Bila diasumsikan bekerja pada frekuensi tengah 5 GHz maka ratio antena ( $d/\lambda$ ) dapat diketahui sebagai berikut :

$$\text{Ratio antena : } d/\lambda = 7,6 / (3 \cdot 10^8 / 5 \cdot 10^9) = 152$$

Dengan nilai  $d/\lambda > 150$  maka perhitungan pola sidelobe dapat ditentukan dengan memenuhi persamaan 2.11 dan terlihat pada gambar 2.3.

$$\begin{aligned} G_{\text{sidelobe}} &= 29 - 25 \log \theta \text{ (dBi)} && ; 1^\circ \leq |\theta| \leq 20^\circ \\ &= 32 - 25 \log \theta \text{ (dBi)} && ; 26.3^\circ < |\theta| \leq 48^\circ \\ &= -10 \text{ dBi} && ; |\theta| > 48^\circ \end{aligned}$$

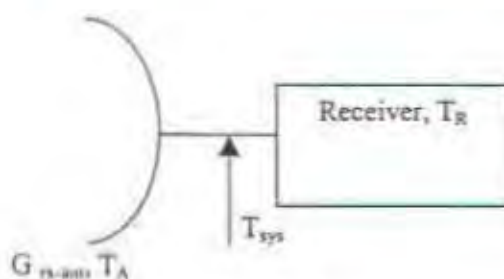
Dari perhitungan berdasarkan rekomendasi CCIR No. 580-1 mod. 1 di atas didapat nilai parameter *sidelobe* yang akan menjadi acuan dasar dalam pengukuran pola radiasi antena. Nilai acuan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4.

TABEL 4.4  
REFERENSI POLA SIDELOBE ANTENA SAN

Titik Referensi	Sudut Pola $\theta$ (derajat)	Gain Sidelobe (dBi)
1	1	29,00
2	2	21,47
3	4	13,95
4	6	9,55
5	8	6,42
6	10	4,00
7	12	2,02
8	15	-0,40
9	17	-1,76
10	20	-3,53
11	26,3	-3,50
12	30	-4,93
13	35	-6,60
14	40	-8,05
15	44	-9,08
16	48	-10,00

#### 4.2.1.4 Receive G/T Antena

Kondisi temperatur lingkungan di lokasi SAN-7 relatif sama dengan temperatur rata-rata ( $T_0$ ) yang ada di Indonesia, yaitu sekitar 25 derajat Celcius (C) atau 298 derajat Kelvin (K).



GAMBAR 4.7  
SISTEM PENERIMA

Bila antenna mempunyai receiver dengan temperatur ( $T_R$ ) 32 derajat Kelvin, maka dapat dilakukan perhitungan G/T antenna SAN yang akan beroperasi. Nilai G/T ini perlu diketahui untuk memperoleh gambaran dalam perhitungan *link budget* sistem penerimaan.

$$T_{sys} = T_A + T_R = T_0 + T_R = 298 + 32 = 330 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$G/T_{ant} = G_{rx-ant}(\text{dBi}) - 10 \log T_{sys} (\text{ }^\circ\text{K})$$

$$G/T_{ant} = 53,37 \text{ dB} - 10 \log 330$$

$$G/T_{ant} = 28,18 \text{ dB/K} \quad (\text{pada frekuensi 7 GHz})$$

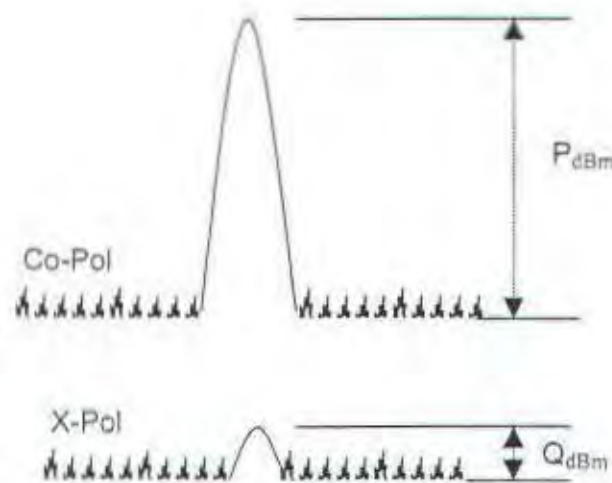
#### 4.2.1.5 Isolation Contour

Antena SAN-ICO merupakan antenna yang dirancang mempunyai kualitas yang cukup baik yang tujuannya untuk memperoleh performansi sistem komunikasi yang handal. Terlebih bagi antenna yang mengoperasikan frekuensi *reuse*, di mana satu sama lain tidak boleh saling mengganggu (*interferensi*). Pengukuran Isolasi antenna untuk re-use feeder mengambil ilustrasi dari pengukuran *isolation contour* yang direkomendasikan oleh Intelsat. Dalam pengukurannya, dilakukan untuk arah kirim dan arah terima.

Pada arah terima antenna pada mulanya menerima sinyal Co-Pol yang berasal dari suatu stasiun pemancar referensi (dalam sistem Intelsat adalah CSM) dalam posisi puncak (*beam center*) dan diukur dengan *Spektrum Analyzer*, kemudian dari posisi tersebut sistem penerimaan diubah ke kondisi X-Pol dan juga dilakukan pengukuran yang sama. Dari data pengukuran tersebut maka dapat diketahui nilai isolasinya yaitu

selisih antara level sinyal yang diterima secara Co-Pol (P) dan secara X-Pol (Q), yang dapat digambarkan sebagai berikut :

$$\text{Isolasi}_{dB} = P_{dBm} - Q_{dBm}$$



GAMBAR 4.8  
PENGUKURAN ISOLASI ANTENA

Nilai isolasi yang direkomendasikan (sebagai referensi dari Intelsat) adalah minimal 30 dB.

#### 4.2.2 Sistem Tracking

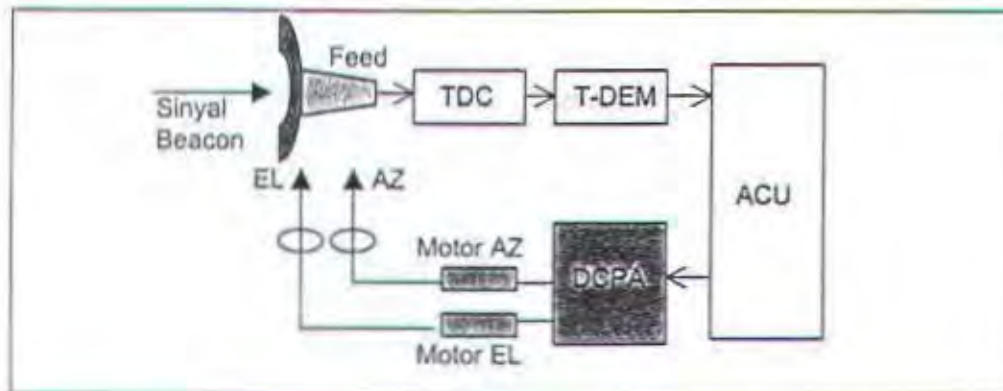
Antena SAN dilengkapi dengan sistem auto tracking yang memungkinkan dapat menjejak satelit ICO secara terus menerus hingga satelit tersebut hilang dari pandangannya. Selanjutnya antena bergerak ke posisi lain untuk menjejak satelit ICO



berikutnya yang akan melewati di atasnya. Demikian kelima antenna SAN silih berganti dan saling mem-backup menjejak satelit-satelit ICO.

Mobilitas pergerakan antenna dalam menjejak satelit ICO secara terus menerus tersebut menuntut adanya kehandalan dari perangkat-perangkat tracking antara lain :

- Tracking Feed
- Tracking Down Converter (TDC)
- Tracking Demodulator (T-DEM)
- Antenna Control Unit (ACU)
- Drive Control Power Amplifier (DCPA)
- Motor Penggerak Azimuth dan Elevasi



GAMBAR 4.9

#### KONFIGURASI SISTEM TRACKING ANTENA

Sinyal *beacon* yang datang dari satelit ICO ditangkap oleh antenna dan diseleksi oleh feed menghasilkan sinyal referensi dan sinyal kesalahan dalam bentuk RF. Kemudian sinyal RF tersebut diubah ke IF melalui TDC. Selanjutnya oleh

perangkat T-DEM sinyal IF diturunkan menjadi sinyal informasi referensi dan informasi kesalahan dalam bentuk digital untuk diproses di ACU. Informasi referensi dan kesalahan dibandingkan nilainya oleh ACU dan dikirim kembali ke DCPA untuk diubah ke sinyal DC yang nilainya sebanding dengan data-data yang diterima ACU dalam bentuk AZ dan EL. Tegangan DC ini dipakai untuk menggerakkan motor AZ dan EL sehingga antenna dapat terus mengikuti jejak satelit. Untuk memperoleh kehandalan perangkat-perangkat tracking, perlu dilakukan pemeliharaan rutin secara teratur dan memperhatikan faktor usia setiap perangkat dan subsistemnya.

#### 4.2.3. Subsistem Antena SAN

Subsistem antena SAN merupakan perangkat *transceiver* yang akan beroperasi pada frekuensi C-band dengan akses ke satelit ICO secara FDMA. Sistem perangkat dirancang untuk bekerja pada dua polarisasi linier (vertikal dan horisontal) dengan mengaktifkan frekuensi *reuse*. Kapasitas perangkat *transceiver* disesuaikan dengan kapasitas kanal satelit yang dapat menampung 4500 sirkuit suara pada saat bersamaan dalam dua polarisasi tersebut. Subsistem antena SAN tersusun dalam sebuah RFT *shelter* dengan model konfigurasi terlihat pada tabel 4.5.

Susunan operasi perangkat HPA dan LNA dibuat dengan konfigurasi 2 + 1, yang berarti sistem mempunyai 2 sistem operasional untuk dua polarisasi berbeda dan 1-sistem sebagai backup. Sedangkan pada *up converter* dan *down converter*, konfigurasi yang diperlukan disesuaikan dengan banyaknya transponder yang dioperasikan pada satelit dan bandwidth frekuensi-nya.

TABEL 4.5  
SUSUNAN PERANGKAT SHELTER

No	Perangkat	Jumlah Terpasang	Konfigurasi
1	HPA TWT, 3 KW	3	2 + 1
2	Low Noise Amplifier (LAN)	3	2 + 1
3	Up Converter	Sesuai kebutuhan	Sesuai kebutuhan
4	Down Converter	Sesuai kebutuhan	Sesuai kebutuhan

#### 4.2.3.1 TWT High Power Amplifier (HPA-TWT)

Pada sistem ICO respons bandwidth HPA TWT yang diperlukan adalah 100 MHz atau lebih yang dapat mencakup antara 5150 – 5250 MHz. Daya HPA TWT yang akan disediakan adalah 3 kilowatt sebanyak 3 buah dengan konfigurasi 2 + 1, dua untuk operasional pada polarisasi V dan H sedangkan 1 buah *common backup*.

Kemampuan daya 3 kW berarti mampu membangkitkan daya RF maksimum ( $P_{RF \text{ output saturasi}}$ ) sebesar 34,77 dBW. Bila gain HPA tersebut adalah sebesar 80 dB, maka daya input RF maksimum ( $P_{RF \text{ input saturasi}}$ ) tidak berarti – 45,23 dBW melainkan tergantung dari linieritas penguatannya. Untuk transmisi *multiple carrier* diperlukan penguatan yang beroperasi pada daerah linier yang untuk menghindari terjadinya intermodulasi.

Untuk memenuhi daerah operasi linier pada sistem FDMA dengan sistem penguatan HPA TWT, diberikan output back-off (OBO) sebesar antara 7 dB sampai

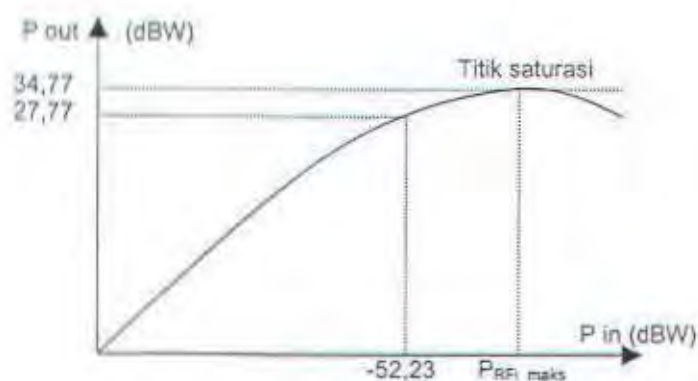
10 dB. Dengan asumsi OBO sebesar 7 dB, karakteristik input-output dapat dihitung sebagai berikut :

Daya output operasi :

$$P_{o \text{ operasi}} = 34,77 \text{ dBW} - 7 \text{ dB} = 27,77 \text{ dBW}$$

Daya input efektif :

$$P_{i \text{ operasi}} = 27,77 \text{ dBW} - 80 \text{ dB} = -52,23 \text{ dBW}$$



GAMBAR 4.10

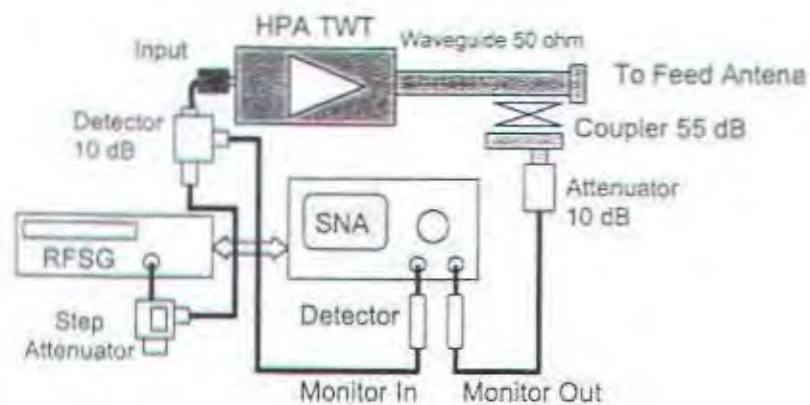
KARAKTERISTIK HPA-TWT 3KW DENGAN OBO 7 dB

Hal penting lainnya dari sistem penguatan adalah respons frekuensi terhadap penguatannya sehingga dapat dilihat tingkat stabilitas penguatannya. Respons frekuensi dapat diketahui dengan melakukan pengukuran “ *Gain Vs Frequency Response*” sebagai berikut :

Metode Pengukuran :

- Alat Ukur/Bahan :
- Scallar Network Analyzer (SNA)
  - RF Sweep Generator (RFSG)

- RF Coaxial Cable
- RF Step Attenuator



GAMBAR 4.11

#### KONFIGURASI PENGUKURAN RESPONS FREKUENSI HPA

##### Langkah Pengukuran :

- Mengeset RF Sweep Generator, step attenuator, sehingga memperoleh Level Input HPA di bawah  $-52,23$  dBW dan Range Frequency 5150 – 5250 MHz.
- Mengukur dan melakukan monitoring respons frekuensi dan level input dan output HPA dengan menggunakan SNA.
- Membandingkan respons input dan output HPA, serta memperhatikan *gain ripple (flatness)* dan *gain slope*-nya.
- Membandingkan hasil respons tersebut dengan spesifikasi yang diberikan oleh pabrik pembuatnya.

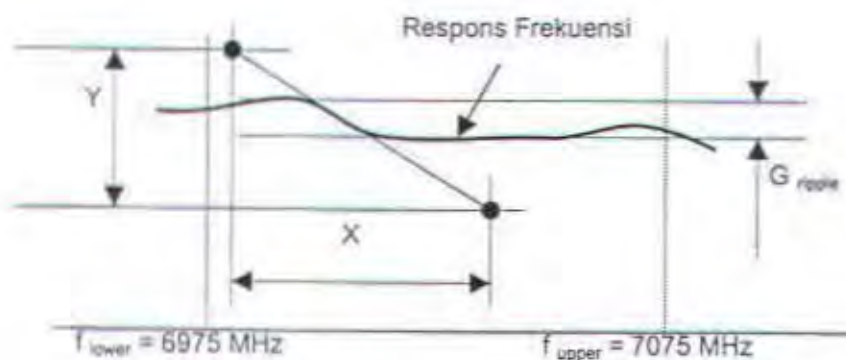
Hasil pengukuran *gain vs frequency response* diilustrasikan pada gambar 4.12 berikut dengan perhitungan *gain ripple (flatness)* dan *gain slope*-nya, dengan daerah frekuensi yang diukur adalah 5150 – 5250 MHz.

#### 4.2.3.2 Low Noise Amplifier (LNA)

LNA yang dioperasikan pada SAN-ICO harus dapat mencakup daerah frekuensi C-band antara 6975 – 7075 MHz. Dalam operasionalnya, karakteristik utama yang diperlukan adalah : *gain frequency response (slope and ripple)*, *RF gain*, dan *noise temperature*.

##### 1. Gain Frequency Response

*Gain frequency response* menyatakan tingkat kualitas respons frekuensi operasi dalam proses penguatannya yang berpengaruh terhadap kualitas penerimaan sinyal komunikasi. Pada daerah frekuensi 3625 – 4200 MHz ( BW 575 MHz), respons frekuensi yang baik mempunyai *gain slope* sebesar  $\pm 0,03$  dB/MHz dan *gain ripple* sebesar 1,0 dB/575 MHz.



GAMBAR 4.12  
RESPONS FREKUENSI LNA SAN-ICO

Pada sistem ICO yang mempunyai bandwidth frekuensi operasi lebih sempit dibanding pada sistem satelit geostasioner (575 MHz), maka performansi *gain frequency response* harus lebih baik. Untuk *gain slope* minimal sama dengan  $\pm 0,03$  dB/MHz dan untuk *gain ripple* harus lebih kecil dari 1,0 dB dalam 100 MHz bandwidth. Ilustrasinya dapat digambarkan pada gambar 4.12 di atas.

Pada gambar 4.12, dapat diketahui :

$$\text{- Gain Slope} = X / Y \quad (\text{dB/MHz})$$

dimana : X = dalam dB dan Y dalam MHz

$$\text{- Gain Ripple} = P_{\text{maks}} (\text{dBm}) - P_{\text{min}} (\text{dBm}) \quad (\text{dB}/100\text{MHz})$$

dimana :  $P_{\text{maks}}$  dan  $P_{\text{min}}$  diambil pada daerah bandwidth 100 MHz

## 2. RF Gain

*RF Gain* menyatakan kemampuan menguatkan sinyal RF dalam hal ini antara frekuensi 6075 dan 7075 MHz dengan tambahan noise sekecil mungkin. Pada umumnya LNA mempunyai penguatan sekitar 60 dB. Noise yang ikut dikuatkan berhubungan dengan temperatur sistem yang dipunyai LNA tersebut.

## 3. Noise Temperature

Karakteristik temperatur LNA sangat menentukan bagi karakteristik sistem penerimaan. Hal ini akan berhubungan dengan timbulnya daya noise (sesuai persamaan 2.30) yang tidak diinginkan. Makin rendah temperatur LNA maka daya noise yang timbul akan makin kecil. Untuk mengetahui karakteristik temperatur dari LNA secara mudah dapat dilihat pada spesifikasi pabrik pembuatnya.

LNA yang sekarang banyak dioperasikan terbuat dari bahan GaAs FET dengan sistem pendingin yang baik, karakteristik temperatur bisa lebih kecil dari 32 derajat Kelvin ( $< 32$  K).

#### 4.2.3.3 Perangkat Converter

Perangkat Converter terdiri dari *up converter* (U/C) dan *down converter* (D/C). Pada sistem ICO perangkat dirancang untuk beroperasi pada frekuensi C-band frekuensi 5150 – 5250 MHz untuk U/C dan 6975 – 7075 MHz untuk D/C. Banyaknya perangkat U/C dan D/C disesuaikan dengan jumlah transponder yang akan dioperasikan.

##### 1. Up Converter (U/C)

Adalah untuk merubah frekuensi IF (*intermediate frequency*) sebesar  $70 \pm 18$  MHz atau  $140 \pm 36$  MHz atau yang lainnya (dari keluaran modulator) menjadi frekuensi RF. Frekuensi RF pada sistem ICO adalah antara 5150 MHz dan 5250 MHz. Selain merubah frekuensi, dapat bersifat menguatkan level yang besarnya sesuai dengan karakteristik pabriknya.

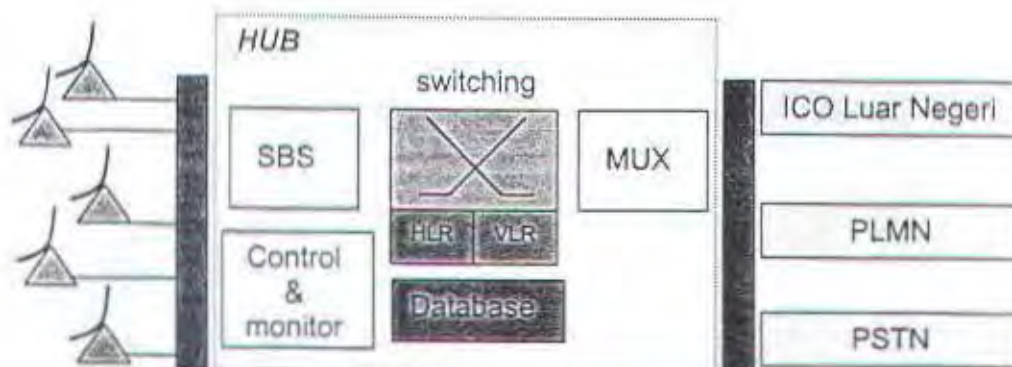
##### 2. Down Converter (D/C)

Down Converter, ditempatkan disisi penerima setelah LNA berfungsi kebalikan dari U/C, yaitu untuk merubah sinyal RF antara 6975 dan 7075 MHz dari LNA menjadi sinyal IF sebesar  $70 \pm 18$  MHz atau  $140 \pm 36$  MHz atau yang lainnya sebesar  $70 \pm 18$  MHz atau  $140 \pm 36$  MHz atau yang lainnya, untuk kemudian dikirimkan ke perangkat demodulator.



#### 4.2.4 Perangkat HUB

SAN-ICO terdiri dari 5 buah antena SAN berikut RFT-nya yang semuanya dikonsentrasikan ke dalam suatu HUB Building. Dalam HUB Building terdapat perangkat-perangkat modulasi digital, switching, database, dan transmisi. Perangkat modulasi digital yang akan dioperasikan menggunakan teknik QPSK yang secara umum dipakai dalam sistem komunikasi satelit. Berikut model konfigurasi yang diterapkan pada HUB lokasi SAN-7 Banyuurip.



GAMBAR 4.13  
KOMPOSISI HUB

Kapasitas MUX yang akan diarahkan ke jaringan transmisi terestrial direncanakan sebanyak 42 x 2 MBps, untuk komunikasi ke jaringan ICONET dan jaringan PSTN/PLMN. Dari perangkat multiplex akan dihubungkan ke perangkat switching dimana di dalamnya terdapat HLR dan VLR untuk mengenali nomor registrasi pelanggan baik dari wilayah lokal maupun yang datang dari wilayah lain

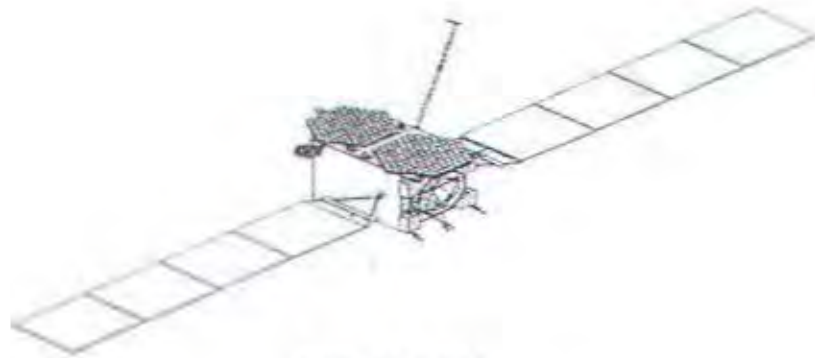
sebagai roaming, dan juga pelanggan di luar ICO. Perangkat switching tersebut dilengkapi oleh database yang berfungsi untuk menyimpan data pelanggan, data percakapan, dan data billing.

Perangkat lainnya adalah SBS (*satellite baseband system*) untuk arah satelit ICO, berfungsi untuk mengkonsentrasikan kanal-kanal telepon dan data dari/ke arah antena-antena SAN. Informasi yang ditransmisikan melalui antena-antena SAN adalah sama, ditujukan ke satelit-satelit berbeda yang dapat diakses pada saat tertentu. Hal ini merupakan wujud penerapan teknik *path diversity* untuk meningkatkan kehandalan sistem operasional. Begitu pula sebaliknya *carrier-carrier* yang datang dari satelit-satelit diterima oleh SAN dengan isi informasi yang sama.

Permasalahan yang ada adalah delay propagasi yang berbeda-beda dari/ke arah satelit karena masing-masing satelit yang dapat diakses oleh antena SAN mempunyai jarak yang berbeda-beda. Namun demikian permasalahan ini dapat dikompensasi dengan sistem delay kompensator pada *satellite synchronization* yang sekaligus berfungsi memilih sinyal yang terbaik.

### 4.3 SATELIT - ICO

Satelit ICO yang berada di orbit MEO menerapkan sistem HSC's *Body-Stabilized Satellite* untuk memperoleh kestabilan di posisi orbit tersebut. Satelit yang diproduksi oleh HUGHES sesuai dengan seri HS601. Bentuk fisik satelit ICO yang akan beroperasi dapat dilihat pada gambar 4.14.



GAMBAR 4.14  
BENTUK FISIK SATELIT ICO

#### 4.3.1 Spesifikasi Satelit ICO

Spesifikasi satelit ICO dibagi dua bagian sebagai berikut :

##### 4.3.1.1 Spesifikasi Fisik

Dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut :

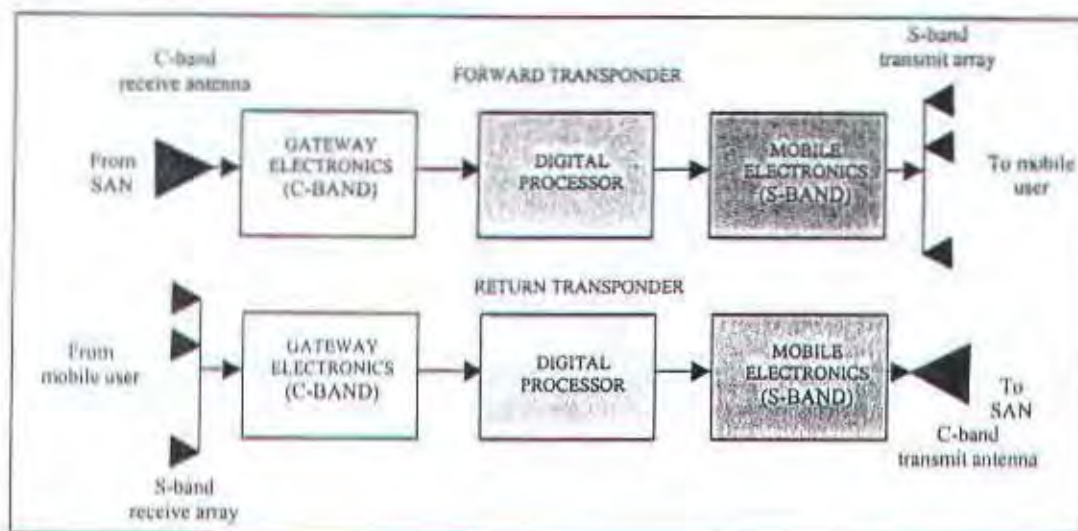
TABEL 4.6  
SPESIFIKASI FISIK SATELIT ICO

No.	Item	Kapasitas	Keterangan
1	Sel Surya	8900 watt	Pada dua sayap
2	Massa	2750 kilogram	
3	Transmit DRA	127 elemen	Frekuensi S-Band
4	Receive DRA	127 elemen	
5	Jumlah Spot-beam	163 buah	
6	Life Time	12 tahun	

##### 4.3.1.2 Spesifikasi Teknik

Setiap satelit ICO akan beroperasi pada payload frequency C-band dan S-band dengan total daya 5100 watt dan EIRP puncak sebesar 58 dBW untuk mendukung

4500 panggilan telepon secara bersamaan. Pada satelit tersebut terdapat proses kanal, proses routing, dan pembentukan beam dari payload S-band akan dilakukan oleh suatu *onboard* prosesor digital dengan band yang sempit. Berikut gambar 4.15 memperlihatkan konfigurasi payload satelit ICO.



GAMBAR. 4.15  
KONFIGURASI PAYLOAD SATELIT ICO

Payload C-band menyediakan komunikasi dengan SAN, dan mengoperasikan bandwidth frekuensi sebesar 100 MHz pada dua polarisasi ortogonal (linier vertikal dan linier horisontal). Proses kanal dilakukan pada sekitar 500 sub-band. Prosesor digital dengan band frekuensi sempit dapat menyalurkan 4500 kanal telepon secara bersamaan ke terminal pelanggan dimanapun berada pada 163 *spot beams* S-band dengan bandwidth lebih dari 30 MHz. Jumlah 163 *spot beams* tersebut dibentuk oleh susunan antenna radiasi langsung (DRA, *direct radiating arrays*) yang masing-masing terpisah untuk *transmit* dan *receive*. Setiap antenna mempunyai 127 elemen radiasi

yang di dalamnya terdapat *bandpass filter* dan sistem penguat. Pada sisi penerima terdapat sistem LNA sedangkan pada sisi pengirim terdapat *high-power solid state amplifier (SSPA)*. Setiap satelit ICO akan mempunyai sepasang sayap yang masing-masing terdiri dari 4-buah panel surya. Panel-panel surya terbuat dari *gallium arsenide (GaAs)* yang dapat menghasilkan daya listrik sebesar 8900 watt.

#### 4.3.2 Sifat Operasi Satelit ICO

Dengan data orbit satelit yang ada maka dapat diketahui sifat-sifat satelit seperti perioda orbit ( $T_s$ ), kecepatan gerak pada orbit ( $V_s$ ) dan delay propagasi 1-hop.

##### 4.3.2.1 Perioda Orbit ( $T_s$ )

Dengan mengetahui jarak orbit ( $h$ ) dari permukaan bumi dan jari-jari bumi ( $R_b$ ), maka perioda orbit ( $T_s$ ) dapat diketahui menggunakan persamaan 2.3 berikut :

$$[T_s/2\pi]^2 = [(R_b + h)^3] / K.m1$$

diketahui :	Jari-jari bumi, $R_b$	: ~ 6370 km
	Jarak Orbit, $h$	: 10.355 km
	Konstanta Kepler, $K.m1$	: $5,17 \times 10^{12} \text{ km}^3/\text{jam}^2$
Didapat :	$T_s = 5,977 \text{ jam}$	

Dari perhitungan tersebut maka dapat diketahui waktu yang dibutuhkan satelit ICO untuk melintasi satu lintasan orbit adalah 5,977 jam.

##### 4.3.2.2 Kecepatan Gerak Satelit ( $V_s$ )

Diketahui :	- Jarak Orbit, $h$	: 10.355 km
	- Jari-jari bumi, $R_b$	: ~ 6370 km

- Periode Orbit,  $T_s$  : 5,977 jam

Keliling lintasan =  $L_{\text{lintasan}}$

$$L_{\text{lintasan}} = 2\pi \cdot (R_b + h) \quad (4.1)$$

$$L_{\text{lintasan}} = 2\pi \cdot (6370 + 10355) = 105.086,2743 \text{ km}$$

Kecepatan gerak satelit =  $V_s$

$$V_s = L_{\text{lintasan}} / T_s$$

$$V_s = 105.086,2743 / 5,977 = 17.581,776 \text{ km/jam}$$

Maka agar satelit ICO dengan massa 2750 kg tetap berada pada lintasannya, harus mempunyai kecepatan gerak 17.581,776 km/jam.

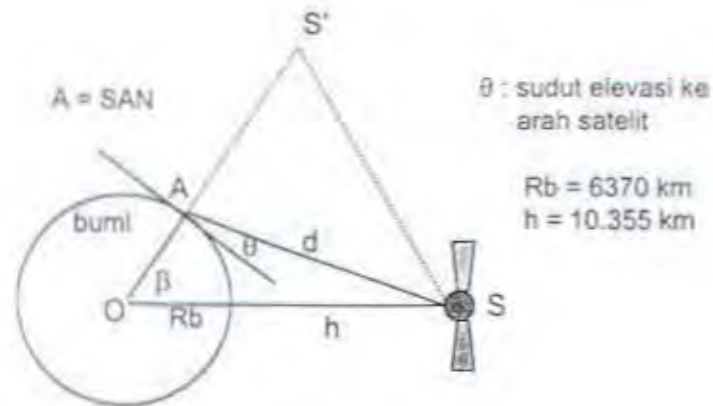
#### 4.3.2.3 Delay Propagasi

Dalam sistem komunikasi satelit sinyal yang dipancarkan baik dari *ground segment* ke satelit ataupun sebaliknya merupakan gelombang elektromagnetik yang mempunyai kecepatan rambat pada udara bebas  $3 \times 10^8$  m/s. Dengan diketahuinya tinggi satelit dan lebar footprint ICO serta diasumsikan satelit berada pada posisi tegak lurus dari footprint-nya, maka secara sederhana dapat dihitung jarak terjauh antara satelit dan *ground segment*. Jarak terjauh tersebut dipakai sebagai referensi pada kondisi terburuk.

$$\text{Keliling bumi, } L_{kb} = 2\pi \cdot R_b = 2\pi \cdot (6370 \text{ km}) = 40.023,89 \text{ km}$$

$$\text{Footprint sat, } F_{\text{sat}} = 12.900 \text{ km (spesifikasi satelit ICO)}$$

Dari data di atas, maka footprint satelit ICO sebesar kurang lebih sepertiga keliling bumi. Maka besar sudut  $\beta$  dapat dibulatkan sekitar 60 derajat.



GAMBAR 4.16  
ILUSTRASI PROYEKSI SATELIT ICO TERHADAP SAN

Dari ilustrasi gambar 4.16 dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \tan \theta &= [(\cos \beta - (R_b / (R_b + h))) / \sin \beta] & (4.2) \\ &= [(\cos 60 - (6370 / (6370 + 10355))) / \sin 60] \\ &= 0,1376 \quad ; \quad \text{maka } \theta = 7,83 \text{ derajat} \end{aligned}$$

Jadi dapat diketahui bahwa sudut elevasi terendah stasiun bumi terhadap SAN adalah 7,83 derajat. Sedangkan jarak terjauh (d) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} d^2 &= R_b^2 + (R_b + h)^2 - 2R_b (R_b + h) \cos \beta & (4.3) \\ d^2 &= 213764275 \text{ (km)}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak SAN - Satelit} \quad : \quad d = 14.620,68 \text{ km}$$

Delay transmisi 1-hop : ( $T_{\text{delay}}$ )

$$T_{\text{delay}} = 2d / c = (2 \times 14,62068 \times 10^6) / 3 \times 10^8$$

$$T_{\text{delay}} = 97,47 \text{ mili detik}$$

#### 4.3.2.4 Data Perhitungan Linier

Data-data perhitungan tersebut dapat dibandingkan dengan data yang diberikan oleh ICO sebagai berikut :

TABEL 4.7  
DATA PERHITUNGAN LINIER

No	Item	Data Perhitungan	Data Spesifikasi
1	Perioda Orbit (jam)	5,977	5,98
2	Kecepatan gerak ( km/jam)	17.581,776	-
3	Delay Propagasi 1-hop (ms)	69,03 - 97,47	70 - 80

-----o0o-----



## BAB V

### ANALISA LINK C-BAND SATELIT ICO

*Power link budget* merupakan faktor yang sangat penting dalam sistem komunikasi khususnya bagi sistem komunikasi satelit yang mempunyai keterbatasan pemakaian frekuensi dan kapasitas daya. Implikasi dari perhitungan tersebut akan mengarah kepada kapasitas kanal yang dapat disalurkan di dalamnya. Sistem ICO menerapkan sistem komunikasi digital kecepatan data yang sudah terpaket dari SAN ke satelit ICO dan satelit ICO ke SAN, dapat berupa 64 kbps, 192 kbps, 2,048 MBps, 8,448 MBps, atau yang lainnya.

Dalam perencanaan operasinya, sinyal komunikasi yang datang dari SAN menuju satelit ICO pada daerah frekuensi C-band tidaklah langsung dikirim ulang ke SAN melainkan dikanalisisasi di satelit dan dipancarkan kembali ke para pelanggan sesuai cakupannya pada daerah frekuensi S-band. Begitu pula sebaliknya, sinyal yang datang dari para pelanggan pada daerah frekuensi S-band tidak langsung kembali ke pelanggan yang dituju tetapi ditransmisikan lagi oleh satelit menuju SAN dengan frekuensi C-band.

Analisa link budget yang akan dibahas di sini diasumsikan terjadi komunikasi antara stasiun bumi SAN ke stasiun bumi SAN melalui satelit ICO. Keuntungan akses stasiun bumi ke satelit yang ada pada sistem ICO adalah memungkinkan berada pada sudut elevasi yang besar (dari perhitungan sekitar 7,83 derajat kondisi terendah) untuk setiap lokasi geografis di permukaan bumi, hal ini disebabkan letak orbit yang

relatif rendah dari permukaan bumi. Dengan sudut elevasi yang besar maka *availability* sistem komunikasi akan meningkat, sehingga faktor-faktor propagasi seperti scintilasi, redaman awan, redaman gas akan sangat kecil dan dapat diabaikan. Dalam model perhitungan link budget ini dibatasi hanya pada sisi antara stasiun bumi ICO dan satelit ICO saja yang beroperasi pada daerah frekuensi C-band. Faktor-faktor yang dibutuhkan dalam perhitungan link budget ini bersumber dari data stasiun bumi, data satelit ICO, data asumsi.

Perhitungan mulai dari EIRP sampai dengan mendapatkan nilai (C/N) total dan Eb/No, serta EIPR per carrier, sehingga didapatkan acuan parameter yang efektif dibutuhkan secara efektif bagi stasiun bumi ICO.

TABEL 5.1  
DATA TRANSMIT STASIUN BUMI ICO

No.	Item	Kapasitas
1	Daya Penguat Tx Maksimum, $P_{RF\ maks}$	34,77 dBW
2	Daya Penguat Tx Efektif, $P_{RF\ efektif}$	27,77 dBW
3	Gain Antena, $G_{ant}$	50,45 dBW

TABEL 5.2  
DATA SATELIT ICO

No.	Item	Kapasitas
1	EIRP Puncak (dBW)	58
2	Frekuensi C-band uplink (MHz)	5150 – 5250
3	Frekuensi C-band downlink (MHz)	6975 – 7075
4	Bandwidth Frekuensi C-band (MHz)	100
5	Jumlah sub-band	500
6	Kapasitas kanal Telepon	4500
7	Voice Coder (kbps)	4,8
8	Data Rate (kbps)	9,6
9	Jarak Orbit (km)	10.355

TABEL 5.3  
DATA ASUMSI ICO

No.	Item	Kapasitas
1	Frekuensi Kerja uplink (MHz)	5
2	Frekuensi Kerja downlink (MHz)	7
3	Jarak terjauh satelit ICO dari SAN (km)	14.620
4	Jumlah Carrier	500
5	G/T satelit ICO (dB/K)	- 5,5

## 5.1 PERHITUNGAN PARAMETER

Parameter yang diperlukan pada perencanaan stasiun bumi adalah meliputi EIRP stasiun bumi, rugi lintasan ruang bebas ( $L_{fs}$ ), rugi-rugi tambahan ( $L_{tambahan}$ ), dan rugi-rugi akibat hujan ( $L_{hujan}$ ) baik untuk sisi *uplink* maupun *downlink*.

### 5.1.1 EIRP Stasiun Bumi

Dari data perhitungan dan data SAN sistem yang telah dibahas diketahui :

Gain Antena ( $G_{tx\ ant}$ ), pada frekuensi 5 GHz :

$$G_{tx\ ant} (dB) = 50,45 \text{ dBi}$$

Power Output Transmitter :

Daya keluaran HPA disebut juga *feed flange power* (FFP) merupakan daya maksimum dikurangi dengan *output backoff*-nya (OBO). OBO untuk *multi carrier* dengan FDMA biasanya ditetapkan antara 7 sampai 10 dB untuk mengkompensasi adanya intermodulasi. Dengan kapasitas daya HPA 3 kilowatt maka :

$$P_{O\ operasi} (dB) = P_{O\ saturasi} - OBO$$

$$P_{O\ operasi} (dB) = 10 \log 3000 - 7 = 27,77 \text{ dBW}$$

$$P_{O\ operasi} (dB) = FFP (dB) = 27,77 \text{ dBW}$$

Nilai  $P_{O \text{ operasi}} \text{ (dB)}$  dari HPA tersebut menyatakan kemampuan efektif HPA dalam untuk menampung *carrier-carrier* yang akan ditransmisikan.

#### Rugi-Rugi Feeder :

Dari konfigurasi penempatan HPA setiap keluaran HPA harus melalui 1-buah *waveguide switch*, 1-buah *harmonic filter*, dan saluran *waveguide* yang mempunyai redaman karakteristik masing-masing sekitar 0,45 dB; 2,05 dB; dan 0,5 dB sehingga total feeder transmisi ( $L_{\text{feeder}}$ ) adalah 2,55 dB.

#### EIRP Efektif Stasiun Bumi ( $EIRP_{\text{operasi ant}}$ ) :

$$EIRP_{\text{operasi ant}} = P_{O \text{ operasi}} \text{ (dB)} - L_{\text{feeder}} + G_{\text{tx ant}} \text{ (dB)}$$

$$EIRP_{\text{operasi ant}} = 27,77 - 2,55 + 50,45$$

$$EIRP_{\text{operasi ant}} = 75,68 \text{ dBW}$$

#### 5.1.2. Redaman Ruang Bebas ( $L_{fs}$ )

Redaman ruang bebas ( $L_{fs}$ ) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Jarak lintasan, } d = 14.620,68 \text{ km (perhitungan terjauh)}$$

$$L_{fs} = 92,45 + 20 \log d_{\text{km}} + 20 \log f_{\text{GHz}}$$

#### Untuk uplink, $f = 5 \text{ GHz}$

$$L_{fs \text{ up}} = 92,45 + 20 \log 14.620 + 20 \log 5 = 189,73 \text{ dB}$$

#### Untuk downlink, $f = 7 \text{ GHz}$

$$L_{fs \text{ down}} = 92,45 + 20 \log 14.620 + 20 \log 7 = 192,65 \text{ dB}$$

### 5.1.3 Rugi-Rugi Tambahan

Rugi-rugi tambahan ( $L_{\text{tambahan}}$ ) disebabkan oleh polarisasi, *attitude edge coverage*, dan atmosfer. Pengaruh gas dapat diabaikan karena besarnya sangat kecil untuk daerah frekuensi kerja di bawah 30 GHz. Rugi-rugi tambahan yang disebabkan oleh lapisan atmosfer dapat dilihat pada tabel 2.5. Untuk daerah frekuensi 5 - 10 GHz pada kondisi elevasi 5 derajat rugi atmosfer adalah sebesar 0,33 dB.

Maka :  $L_{\text{tambahan}} = 0 + 0,33 \text{ dB} = 0,33 \text{ dB}$  ; uplink = downlink

### 5.1.4 Redaman Hujan

Berdasarkan penelitian yang panjang sesuai rekomendasi ITU-R P.618-4, Para. 2.2, pada lokasi geografis tertentu, redaman curah hujan dapat diprediksikan besarnya. Perhitungan redaman curah hujan lokasi SAN-7 Banyuurip dapat dihitung dengan referensi ketinggian lokasi seperti pada gambar 5.1, dimana termasuk dalam daerah iklim P (gambar 5.2), dan mempunyai intensitas curah hujan tertera pada tabel 5.7, sesuai dengan prosentase waktu dalam setahun. Harga redaman diambil pada persentase 0,01 % dengan titik intensitas curah hujan ( $R_{0,01}$ ) melebihi 145 mm/jam.

#### Parameter :

- hs : tinggi SAN dari level permukaan air laut. = 41 meter  
 $\theta$  : sudut elevasi SAN (kondisi terburuk sesuai perhitungan) = 7,83 derajat  
 $\phi$  : nilai absolut latitude SAN = 6,92°

Berikut langkah-langkah perhitungan redaman curah hujan :

- a) Menghitung tinggi jatuhnya hujan efektif,  $h_R$ , untuk latitude stasiun bumi,  $\varphi$ , untuk daerah:  $0^\circ < \varphi < 36^\circ$ .

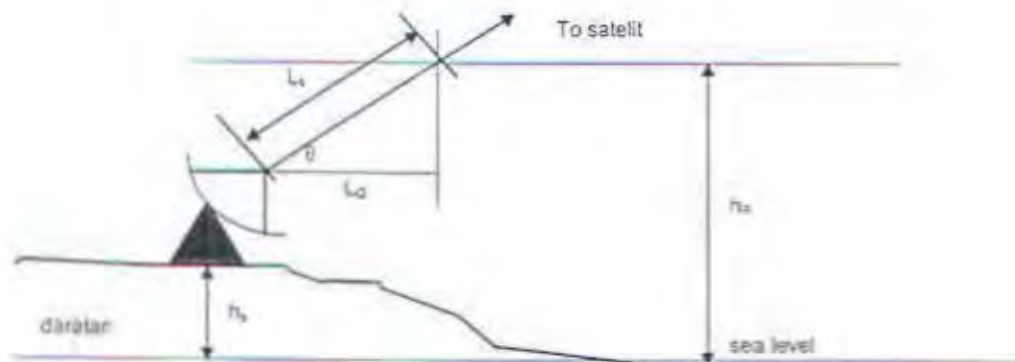
$$\begin{aligned} h_R &= 3,0 + 0,028 \varphi & (5.1) \\ &= 3,0 + 0,028 \times 6,92 = 3,19 \text{ km} \end{aligned}$$

- b) Menghitung panjang lintasan *slant*,  $L_s$ , di bawah tinggi hujan untuk  $\theta \geq 5^\circ$ .

$$\begin{aligned} L_s &= (h_R - h_s) / \sin \theta & (5.2) \\ L_s &= (3,19 - 0,041) / \sin (7,83^\circ) \text{ km} = 23,11 \text{ km} \end{aligned}$$

- c) Menghitung proyeksi horisontal,  $L_G$ , dari panjang lintasan *slant*.

$$\begin{aligned} L_G &= L_s \cos \theta \text{ km} & (5.3) \\ L_G &= 23,11 \times \cos (7,83) \text{ km} = 22,89 \text{ km} \end{aligned}$$



GAMBAR 5.1

ILUSTRASI LINK STASIUN BUMI DAN PARAMETER LINTASAN

- d) Berdasarkan koordinat stasiun bumi, menentukan titik banyaknya curah hujan untuk 0,01 % dari rata-rata setahun,  $R_{0,01}$ , dari tabel 5.7 dan gambar 5.2.

$$R_{0,01} = 145 \text{ mm/jam}$$

- e) Menghitung faktor reduksi,  $r_{0,01}$ , untuk 0,01% dari waktu  $R_{0,01} = 145$  mm/jam. Dalam perhitungan ini, untuk  $R_{0,01} > 100$ , intensitas curah hujan dianggap 100 mm/jam.

$$r_{0,01} = [1 + (L_G : L_0)]^{-1} \quad (5.4)$$

dimana :  $L_0 = 35 \times \exp(-0,015 \times R_{0,01}) \quad (4.5)$

$$L_0 = 35 \times \exp(-0,015 \times 100) = 7,81$$

Maka :  $r_{0,01} = [1 + (22,89 / 7,81)]^{-1} = 0,254$

- f) Menghitung redaman spesifik,  $\gamma_R$ , menggunakan koefisien frekuensi yang diberikan pada tabel 5.8 dan banyaknya curah hujan,  $R_{0,01}$ .

Untuk frekuensi = 5 ~ 6 GHz :

$$k_H = 0,00175 \quad \alpha_H = 1,308$$

$$k_V = 0,00155 \quad \alpha_V = 1,265$$

Untuk frekuensi = 7 GHz :

$$k_H = 0,00301 \quad \alpha_H = 1,332$$

$$k_V = 0,00265 \quad \alpha_V = 1,312$$

Sudut kemiringan,  $\tau$ , yang merupakan putaran datar polarisasi dari horisontal lokal yang diberikan pada :

$$\tau = \tan^{-1} [\tan (\text{SAN lat.}) / \sin \{ \text{Sat. lon. (}^\circ\text{E)} - \text{SAN lon. (}^\circ\text{E)} \}] \quad (5.6)$$

$$= \tan^{-1} [\tan (-6,92^\circ) / \sin \{80^\circ\}] \quad ; 80 : \text{nilai terbesar}$$

$$= \tan^{-1} (-0,123) = -7,012^\circ$$

Dari data latitude dan longitude stasiun bumi, longitude satelit dan sudut elevasi stasiun bumi terhadap satelit, parameter  $k$  dan  $\alpha$  dihitung sebagai berikut :

$$k = [k_H + k_V + (k_H - k_V) \cos^2 \theta \cos 2\tau] / 2 \quad (5.7)$$

$$\alpha = [k_H \alpha_H + k_V \alpha_V + (k_H \alpha_H - k_V \alpha_V) \cos^2 \theta \cos 2\tau] / 2.k \quad (5.8)$$

Untuk frekuensi : 5 ~ 6 GHz :

$$\begin{aligned} k_5 &= [0,00175 + 0,00155 + (0,00175 - 0,00155) \times \cos^2 (7,83^\circ) \times \\ &\quad \cos (2 \times -7,012^\circ)] / 2 \\ &= 0,00175 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_5 &= [(0,00175 \times 1,332) + (0,00155 \times 1,265) + (0,0175 \times 1,332 - 0,00155 \\ &\quad \times 1,265) \times \cos^2 (7,83^\circ) \times \cos (2 \times -7,012^\circ)] / (2 \times 0,0176) \\ &= 1,3035 \end{aligned}$$

Untuk frekuensi : 7 GHz :

$$\begin{aligned} k_7 &= [0,00301 + 0,00265 + (0,00301 - 0,00265) \times \cos^2 (7,83^\circ) \times \\ &\quad \cos (2 \times -7,012^\circ)] / 2 \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_7 &= [(0,00301 \times 1,332) + (0,00265 \times 1,312) + (0,00301 \times 1,332 - \\ &\quad 0,001265 \times 1,312) \times \cos^2 (7,83^\circ) \times \cos (2 \times -7,012^\circ)] : (2 \times 0,003) \\ &= 1,332 \end{aligned}$$



Redaman spesifik (in dB/km) sepanjang lintasan slant,  $\gamma_R$ , dihasilkan dari banyaknya curah hujan (dalam mm/jam),  $R_{0,01}$ , menggunakan hubungan power-law :

$$\gamma_R = k (R_{0,01})^n \text{ dB/km} \quad (5.9)$$

Untuk frekuensi : 5 GHz

$$\gamma_R = k5 (R_{0,01})^{0,5} \text{ dB/km}$$

$$\gamma_R = 0,00175 \times (100)^{1,3035} = 0,71 \text{ dB/km}$$

Untuk frekuensi : 7 GHz

$$\gamma_R = k7 (R_{0,01})^{0,7} \text{ dB/km}$$

$$\gamma_R = 0,003 \times (100)^{1,332} = 1,38 \text{ dB/km}$$

- g) Menghitung prediksi redaman curah hujan untuk prosentase lebih dari 0,01 % rata-rata dalam satu tahun ( $A_{0,01}$ ) menggunakan redaman spesifik ( $\gamma_R$ ), panjang lintasan slant ( $L_S$ ) dan faktor reduksi ( $r_{0,01}$ ).

$$A_{0,01} = \gamma_R \cdot L_S \cdot r_{0,01} \text{ dB} \quad (5.10)$$

Untuk frekuensi 5 GHz :

$$A_{0,01} = 0,71 \times 23,11 \times 0,254 = 4,17 \text{ dB}$$

$$A_{0,01} = L_{\text{hujan (up)}} = 4,17 \text{ dB}$$

Untuk frekuensi 7 GHz :

$$A_{0,01} = 1,38 \times 23,11 \times 0,254 = 8,10 \text{ dB}$$

$$A_{0,01} = L_{\text{hujan (down)}} = 8,10 \text{ dB}$$

Nilai ini merupakan estimasi untuk memperoleh availability 99,99 %.

- h) Menghitung estimasi redaman hujan untuk kondisi *uplink* dan *downlink* yang diperlukan. Sebagai contoh,  $p$  (%) = 0,03. Redaman hujan untuk 0,03 % dari total waktu, maka  $A_{0,03}$ , di-estimasi sebagai berikut :

$$A_{0,03} = A_{0,01} [ 0,12 \times p^{-(0,546 + 0,043 \log(p))}] \text{ dB} \quad (5.11)$$

Untuk frekuensi 5 GHz :

$$A_{0,03} = 4,17 [ 0,12 \times (0,03)^{-(0,546 + 0,043 \log(0,03))}] \text{ dB} = 2,70 \text{ dB}$$

$$A_{0,03} = L_{\text{hujan (up)}} = 2,70 \text{ dB}$$

Untuk frekuensi 7 GHz :

$$A_{0,03} = 8,10 [ 0,12 \times (0,03)^{-(0,546 + 0,043 \log(0,03))}] \text{ dB} = 5,25 \text{ dB}$$

$$A_{0,03} = L_{\text{hujan (down)}} = 5,25 \text{ dB}$$

Nilai redaman estimasi ini diambil sebagai karakteristik redaman hujan untuk availability 99,97 %.

### 5.1.5 G/T Satelit ICO

Sensitivitas penerimaan satelit ICO dapat diasumsikan sama dengan satelit Inmarsat generasi ke-3, yang berada pada orbit GEO, yaitu dengan nilai  $G/T$  sekitar  $-5,5$  dB/K. Hal ini dianggap sebagai kondisi terburuk karena Satelit ICO yang berada di orbit MEO relatif akan mempunyai sensitivitas yang lebih baik dibanding dengan satelit yang sama pada orbit GEO.

$$G/T_{\text{sat}} = - 5,5 \text{ dB/K}$$

### 5.1.6 Alokasi Sub-Band Satelit

Bandwidth frekuensi C-band sebesar 100 MHz pada transponder satelit ICO terdiri dari 500 sub-band pada satu sisi polarisasi. Lebar masing-masing *sub-band* adalah 200 kHz. Misal pada satu sub-band diisi satu carrier dengan spesifikasi seperti pada tabel 5.4. Dari tabel tersebut dapat dilihat setiap carrier dengan R sebesar 196 kbps, akan menempati lebar frekuensi (*occupied frequency*, B) sebesar 165 kHz dan carrier dialokasikan 191,8 kHz. Hal ini berarti 1-sub-band terisi penuh.

Bandwidth terpakai (B) untuk kecepatan informasi data 192 kbps, adalah :

$$B = 165 \text{ kHz}$$

$$B_{dB} = 10 \log 165 \cdot 10^3 = 52,17 \text{ dBHz}$$

TABEL 5.4<sup>8</sup>  
INFORMASI DATA DIGITAL SEBAGAI ASUMSI

No.	Item	Keterangan
1	Information Rate, R	192 kbps
2	Overhead Rate, R/15	12,8 kbps
3	Composite Rate,	204,8 kbps
4	Transmission Rate, TR	274 kbps
5	Occupied Bandwidth, B	165 kHz
6	Allocated Bandwidth, Ba = 0,7 x TR (nominal)	191,8 kHz
7	C/T ; untuk BER = 10 <sup>-10</sup>	-164,4 dBW/K
8	C/No ; untuk BER = 10 <sup>-10</sup>	64,2 dBHz
9	C/N ; untuk BER = 10 <sup>-10</sup>	12,0 dB

### 5.17 EIRP Satelit

Diketahui EIRP puncak satelit ICO = 58 dBW, dipakai untuk melayani dalam dua polarisasi,

<sup>8</sup> Intelsat RECOMMENDED IDR CARRIERS, SSOG 308, 1994

Bila output back-off sebesar 7 dB dengan bandwidth penuh (500 sub-band), maka EIRP satelit efektif per satu polarisasi adalah :

$$EIRP_{\text{satelit}} = EIRP_{\text{pusat}} - OBO - 10 \log (\text{Jumlah polarisasi})$$

$$EIRP_{\text{satelit}} = EIRP_{\text{pusat}} - OBO - 10 \log 2$$

$$EIRP_{\text{satelit}} = 58 - 7 - 3 = 48 \text{ dBW}$$

### 5.1.8 Satellite Receive Power Flux Density (Ws)

Maksimum penerimaan *Power flux density* antena penerima satelit :  $W_s$

$$W_s = EIRP_{\text{saturasi s/b}} - L_{fs} - L_{\text{tambahan}} - L_{\text{hujan (up)}} + G_{1m2} \quad (5.1)$$

Dimana :  $G_{1m2} = \text{unit gain} = 10 \log (4\pi/\lambda^2) = 35,43 \text{ dBi}$

$$W_s = 82,68 - 189,73 - 0,33 - 4,17 + 35,43$$

$$W_s = -76,12 \text{ dBW/m}^2 \quad : \text{ kondisi daya saturasi antena SAN}$$

$$W_s \text{ operasi} = -76,12 - 7 = -82,12 \text{ dBW/m}^2$$

## 5.2 ANALISA LINK DATA

Diketahui :	Carrier Rate	: 192 kbps
	FEC Rate	: $\frac{3}{4}$
	Occupied Bandwidth	: 165 kHz
	C/T pada titik operasi	: -164,4 dBW/K
	C/No pada titik operasi	: 64,2 dBHz
	C/N pada titik operasi	: 12 dB ; pada BER = $10^{-10}$
	Frekuensi operasi	: 5 GHz/7GHz

### 5.2.1 (C/N) Uplink

Diketahui : Jumlah Sub-band Satelit = 500

$$\text{EIRP}_{\text{operasi}} = 75,68 \text{ dBW}$$

Estimasi :  $\text{EIRP}_{\text{per carrier}} = \text{EIRP}_{\text{operasi}} - 10 \log 500$

$$\text{EIRP}_{\text{per carrier}} = 75,68 - 10 \log 500 = 48,69 \text{ dBW}$$

Persamaan :

$$(C/N)_{\text{up dB}} = \text{EIRP}_{\text{per carrier}} - L_{\text{fs up}} - L_{\text{tambahan}} - L_{\text{hujan (up)}} + (G/T)_{\text{sat}} - k - B$$

dimana  $k$  : konstanta Boltzman = - 228,6 dBW/Hz/K

Redaman hujan diambil saat persentase rata-rata curah hujan 0,01%.

$$(C/N)_{\text{up dB}} = 48,69 - 189,73 - 0,33 - 4,17 - 5,5 - (- 228,6) - 52,17$$

$$(C/N)_{\text{up dB}} = 25,39 \text{ dB}$$

### 5.2.2 (C/N) Downlink

Diketahui :  $\text{EIRP}_{\text{sat}} = \text{EIRP}_{\text{ef sat}} - 10 \log 500$

$$\text{EIRP}_{\text{sat}} = 48 - 10 \log 500 = 21,01 \text{ dBW}$$

Persamaan :

$$(C/N)_{\text{down dB}} = \text{EIRP}_{\text{sat}} - L_{\text{fs down}} - L_{\text{tambahan}} - L_{\text{hujan (down)}} + (G/T)_{\text{g/h}} - k - B$$

dimana  $k$  : konstanta Boltzman = - 228,6 dBW/Hz/K

Redaman hujan diambil saat persentase rata-rata curah hujan 0,01%.

$$(C/N)_{\text{down dB}} = 21,01 - 192,65 - 0,33 - 8,10 + 28,18 - (- 228,6) - 52,17$$

$$(C/N)_{\text{down dB}} = 24,54 \text{ dB}$$

### 5.2.3 (C/N) Intermodulasi

Diasumsikan band frekuensi satelit ICO terisi semua, pada kondisi terburuk EIRP intermodulasi maksimum adalah  $-37$  dBW/4 kHz (asumsi referensi IESS 410 tabel 2(b) pada satelit Intelsat VII, sebagai satelit sejenis), maka dapat dihitung.

$$\begin{aligned} C/T_{\text{sat IM}} &= \text{EIRP}_{\text{sat}} - \text{EIRP}_{\text{sat IM}} + 10 \log 4\text{KHz} - 228,6 \\ &= 21,01 - (-37) + 36 - 228,6 \\ &= -134,57 \text{ dBW/K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (C/N)_{\text{IM}} &= C/T - k - B \\ &= -134,57 - (-228,6) - 52,17 \\ &= 41,86 \text{ dB} \end{aligned}$$

### 5.2.4 (C/N) Total

$$\begin{aligned} (C/N)^{-1}_{\text{total}} &= (C/N)^{-1}_{\text{up}} + (C/N)^{-1}_{\text{down}} + (C/N)^{-1}_{\text{IM}} \\ (C/N)^{-1}_{\text{total}} &= 1 / (10^{2,539}) + 1 / (10^{2,454}) + 1 / (10^{2,186}) \\ &= 6,417447127 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\text{Maka : } (C/N)_{\text{total}} = 154,525$$

$$(C/N)_{\text{total (dB)}} = 21,89 \text{ dB}$$

### 5.2.5 Kebutuhan EIRP Per Carrier

Dari asumsi data satu carrier transmisi untuk membawa data informasi sebesar  $R = 192$  kbps, diperlukan  $(C/N)_{\text{per carrier}} = 12$  dB pada kondisi  $\text{BER} = 10^{-10}$  seperti terlihat pada tabel 5.4, maka dapat diketahui kebutuhan EIRP stasiun bumi (SAN) untuk setiap carrier-nya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 (C/N)_{up} &= 25,39 \text{ dB} \\
 (C/N)_{down} &= 24,54 \text{ dB} \\
 (C/N)_{IM} &= 41,86 \text{ dB} \\
 (C/N)_{total} &= 21,89 \text{ dB} \\
 (C/N)_{per\ carrier} &= 12,00 \text{ dB} \quad ; \text{dibutuhkan}
 \end{aligned}$$

Perhitungan EIRP per carrier :

Misal kelebihan daya = 10X dB, maka EIRP per carrier yang diperlukan adalah :

$$EIRP_{per\ carrier} = 48,69 - 10X$$

$$(C/N)^{-1}_{per\ carrier} = 1 / (10^{2,539 - X}) + 1 / (10^{2,454 - X}) + 1 / (10^{4,136 - X})$$

$$1 / (10^{12}) = [(10^{6,640 - 2X} + 10^{6,725 - 2X} + 10^{4,993 - 2X}) / (10^{9,179 - 3X})]$$

$$10^{9,179 - 3X} = (10^{7,840 - 2X} + 10^{7,925 - 2X} + 10^{6,193 - 2X})$$

$$10^{2,080 - 3X} = (10^{1,647 - 2X} + 10^{1,732 - 2X} + 10^{-2X})$$

$$10^X = 8,8272 \text{ kali}$$

$$X = 0,9458 \text{ dB}$$

$$\text{Kelebihan daya} = 10X = 9,458 \text{ dB}$$

$$EIRP_{per\ carrier} = 48,69 - 10X$$

$$EIRP_{per\ carrier} = 48,69 - 9,458 = 39,23 \text{ dBW}$$

### 5.2.6 Kebutuhan EIRP Total

Kapasitas bandwidth total untuk S-band (alokasi frekuensi antara *user segment* dan *space segment*) adalah 35 MHz, yang berarti terdapat 175 sub-band

masing-masing 200 kHz untuk melayani 4500 kanal telepon. Dengan demikian jumlah carrier maksimum dioperasikan pada C-band harus menyesuaikan dengan alokasi pada S-band tersebut yaitu 175 carrier per bandwidth 200 kHz. Pada sistem ICO setiap kanal telepon mempunyai *speech coding* 4,8 kbps sehingga 1-buah carrier 192 kbps dapat membawa 40 kanal telepon. Untuk memenuhi 4500 kanal telepon, maka diperlukan hanya 112,5 carrier 192 kbps sedangkan 62,5 carrier sisanya dipakai untuk pelayanan lain seperti transmisi data dan faksimili. Dengan diketahuinya EIRP per carrier per 192 kbps maka kebutuhan daya efektif dibutuhkan oleh stasiun bumi dalam satu polarisasi adalah :

$$EIRP_{\text{polarisasi A}} = 39,23 + 10 \log 175 = 61,66 \text{ dBW}$$

Dalam prakteknya, carrier-carrier yang datang ke satelit ICO tidak hanya datang dari satu SAN saja, tetapi juga dari lokasi-lokasi SAN lainnya. Bandwidth efektif yang dipakai dalam setiap polarisasi adalah :

$$\begin{aligned} \text{Bandwidth Pol-A} &= 175 \times B_a \\ &= 175 \times 191,8 \text{ kHz} = 33,656 \text{ MHz} \end{aligned}$$

Alokasi bandwidth total yang tersedia pada satelit ICO sebesar 100 MHz tidak hanya dipakai untuk pelayanan jasa saja tetapi juga untuk kebutuhan pengontrolan dan pemeliharaan satelit ICO itu sendiri.

Pengontrolan dan pemeliharaan satelit dilakukan oleh stasiun-stasiun TT&C yang tersebar di 6 lokasi.



### 5.2.7 C/No (Carrier to Noise Spectral Density Ratio)

Dengan  $R = 192 \text{ kbps}$  ; Occupied BW :  $B = 165 \text{ kHz}$

$$(C/No)_{dB} = (C/N)_{\text{per carrier}} + 10 \log B$$

$$(C/No)_{dB} = 12 + 52,17 = 64,17 \text{ dB-Hz}$$

### 5.2.8 Eb/No : Bit Energy to Noise Power Density Ratio

$$Eb/No = C/No - 10 \log R$$

$$Eb/No = 64,17 - 10 \log 192.000 = 11,34 \text{ dB}$$

## 5.3 GAMBARAN HASIL ANALISA PERHITUNGAN

Dari analisa perhitungan di atas, dapat dijadikan gambaran untuk kebutuhan operasional terutama kapasitas daya stasiun bumi. Data-data kapasitas yang akan disediakan dapat dibandingkan dengan data-data hasil perhitungan untuk setiap polarisasi, dengan referensi asumsi, setiap carrier mempunyai kecepatan informasi 192 kbps untuk melayani 4500 kanal telepon.

Data-data tersebut terlihat pada tabel 5.5 di bawah ini :

TABEL 5.5  
PERBANDINGAN DATA KEBUTUHAN DAN DATA TERSEDIA

ITEM	Kapasitas Tersedia	Kapasitas Dibutuhkan	Margin (M)	Keterangan
HPA Po maks.	34,77 dBW	20,75 dBW	14,02 dB	C-Band Parabola
Diameter Ant.	7,6 meter	7,6 meter	-	
EIRP efektif s/b	75,68 dBW	61,66 dBW	14,02 dB	C-Band 1-sisi Polarisasi
Bandwidth Sat.	100 MHz	33,565 MHz	66,435 MHz	
Carrier 192 kbps	500	175	325	

TABEL 5.6  
HASIL PERHITUNGAN UNTUK CARRIER 192 KBPS

ITEM	PARAMETER	KETERANGAN
Frekuensi Uplink	5150 – 5250 MHz	
Frekuensi Downlink	6975 – 7075 MHz	
EIRP Stasiun Bumi SAN	75,68 dBW	Pada Titik Operasi
FreeSpace Loss Uplink	189,73 dB	Pada $f = 5$ GHz
Redaman Hujan Uplink	4,17	Kondisi 0,01 %, $f = 5$ GHz
Redaman Atmosfir Uplink	0,33	Untuk $f < 10$ GHz
EIRP satelit	58 dBW	Daya Puncak C-Band
FreeSpace Loss Downlink	192,65 dB	Pada $f = 7$ GHz
Redaman Hujan Downlink	8,10 dB	Kondisi 0,01 %, $f = 7$ GHz
Redaman Atmosfir Downlink	0,33	Untuk $f < 5$ GHz
G/T antena SAN	28,18 dBi	Pada frekuensi 7 GHz

Dengan margin daya  $M$  sebesar 14,02 dB untuk melayani 4500 kanal telepon pada satu polarisasi maka kapasitas daya HPA sebesar 3 kW pada stasiun bumi ICO yang direncanakan dirasa cukup proporsional. Margin daya tersebut dapat dipakai untuk mengkompensasi kemungkinan adanya rugi-rugi daya lain di luar analisa perhitungan ini.

Di sisi alokasi frekuensi C-band, pengoperasian frekuensi *reuse* pada dua polarisasi (orthogonal) dengan total bandwidth 2 x 100 MHz dinilai terlalu besar kapasitasnya bila hanya dipakai untuk pelayanan 4500 kanal telepon. Pemakaian bandwidth efektif hanya sebesar 35 MHz dan sisa bandwidth 65 MHz dapat dipakai untuk kebutuhan lain diantaranya pengontrolan dan pemeliharaan satelit ICO oleh stasiun TT&C.

Dari analisa dan perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa dengan satu sisi polarisasi C-band dengan bandwidth 100 MHz sudah cukup untuk memenuhi

kebutuhan pelayanan 4500 kanal telepon, transmisi data dan faksimili, serta untuk pengontrolan dan pemeliharaan satelit.

Sisa bandwidth frekuensi C-band satelit pada polarisasi lawannya sebesar 100 MHz dapat dipakai untuk pengembangan – pengembangan jasa ICO di kemudian hari.

TABEL 5.7<sup>9</sup>  
DAERAH IKLIM / INTENSITAS CURAH HUJAN (mm/h)

Prosentasi Waktu (%)	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q
1,0	<1	3	0,7	2,1	0,6	1,7	3	2	8	1,5	2	4	5	12	1
0,3	3	2	2,8	4,3	2,5	4,5	7	4	13	4,2	7	11	15	34	10
0,1	2	3	5	8	6	8	12	10	20	12	15	22	35	65	72
0,03	3	6	9	13	12	15	20	18	28	23	33	40	65	105	96
0,01	8	12	15	19	22	28	30	32	35	42	60	63	95	145	115
0,003	14	21	20	29	41	54	45	55	45	70	105	95	140	200	142
0,001	22	32	42	42	70	78	65	83	55	100	150	140	250	250	170

TABEL 5.8<sup>10</sup>  
KOEFSISIEN REGRESI UNTUK ESTIMASI REDAMAN

Frekuensi (GHz)	$k_H$	$K_V$	$\alpha_H$	$\alpha_{kV}$
1	0,0000387	0,0000352	0,912	0,880
2	0,000154	0,000138	0,963	0,923
6	0,00175	0,00155	1,308	1,265
7	0,00301	0,00265	1,332	1,312
8	0,00454	0,00395	1,327	1,310
10	0,0101	0,00887	1,276	1,264

<sup>9</sup> Intelsat, INTELSAT EARTH STATION STANDARD 308, Revision 8D, 1997 dan Rekomendasi ITU-R P.837-1, 1997

<sup>10</sup> Intelsat, INTELSAT EARTH STATION STANDARD 308, Revision 8D, 1997 dan Rekomendasi ITU-R P.838

Figure J.4\*  
(See Table J.1)



GAMBAR 5.2<sup>11</sup>  
PETA DAERAH IKLIM HUJAN  
-----oO-----

<sup>11</sup> Intelsat, INTELSAT EARTH STATION STANDARD 308, Revision 8D, 1997

## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1 KESIMPULAN

Dari keterangan dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Sistem komunikasi global ICO merupakan sistem komunikasi bergerak yang media transmisi utamanya menggunakan sistem komunikasi satelit. Satelit-satelit ICO ditempatkan pada orbit menengah (MEO) yang berjarak sekitar 10.355 km dari permukaan bumi. Satelit ICO terdiri dari 12 buah yang terdiri dari 10 buah operasional dan 2 buah cadangan, dibagi dalam dua lintasan orbit *inclined* sebesar -45 dan 45 derajat dari garis ekuator.
- Dalam operasinya satelit ICO mampu menyalurkan 4500 kanal telepon secara bersamaan melalui 163 *spot beam* dengan *footprint* total sekitar 12.900 km pada permukaan bumi (mencakup hampir 30 % permukaan bumi per satelit).
- Stasiun bumi ICO (SAN) direncanakan sebagai terminal gerbang jaringan komunikasi ICO yang tersebar di 12 lokasi dengan satu sama lain terhubung membentuk jaringan RING oleh saluran komunikasi berkecepatan tinggi (fiber optik). Salah satu lokasi SAN adalah di Indonesia dengan penyediaan sarana dan prasarananya melalui PT. Indosat.
- Setiap lokasi SAN terdiri dari 5-buah antena stasiun bumi berdiameter 7,6 meter berikut *transceiver*-nya dan dilengkapi dengan sistem tracking otomatis

untuk menjejak pergerakan satelit ICO. Kelima antena tersebut bekerja saling *overlap* dan silih berganti menjejak satelit-satelit yang melintasi di atasnya.

- Mobilitas pergerakan antena SAN secara terus menerus dalam menjejak posisi satelit, menyebabkan perlunya sistem tracking yang handal berikut berikut perangkat subsistemnya. Selain itu diperlukan sistem pemeliharaan yang berkala dan konsisten.
- Setiap lokasi SAN dan terminal pelanggan memungkinkan untuk dapat mengakses satelit antara dua hingga empat satelit pada saat tertentu. Hal ini dapat berfungsi sebagai *path diversity* yang menyediakan saluran alternatif sehingga diharapkan akan mendukung terhadap meningkatnya kehandalan sistem.
- Frekuensi operasi yang akan di pakai berapa pada daerah frekuensi S-band dan C-band dengan pembagian sebagai berikut :

Terminal Pelanggan - Satelit ICO : S-Band

- Uplink : 1990 - 2025 MHz

- Downlink : 2165 - 2200 MHz

Stasiun Bumi (SAN) - Satelit ICO: C-Band

- Uplink : 5150 - 5250 MHz

- Downlink : 6975 - 7075 MHz

- Sistem komunikasi global ICO dirancang dapat berintegrasi dengan jaringan komunikasi lain seperti PSTN dan PLMN dengan titik terminal berada pada masing-masing lokasi SAN.

- Dengan jarak lintasan propagasi yang lebih pendek, sistem komunikasi satelit ICO (orbit MEO) mempunyai delay waktu yang lebih kecil dibanding dengan sistem komunikasi satelit ber-orbit GEO.
- Dari hasil analisa dan perhitungan, didapatkan bahwa pengoperasian bandwidth frekuensi C-band pada satu sisi polarisasi sebesar 100 MHz sudah mencukupi untuk kebutuhan pelayanan 4500 kanal telepon serta kebutuhan pengontrolan dan pemeliharaan satelit ICO oleh stasiun TT&C.
- Sisa Bandwidth frekuensi sebesar 100 MHz pada sisi polarisasi lawannya dapat dipakai untuk kebutuhan pengembangan sistem ICO di masa mendatang.

## 6.2 SARAN

Sistem ICO akan beroperasi pada masa datang (abad ke-21) yang mana pada masa tersebut akan penuh dengan kompetisi baik secara kualitas teknik maupun pelayanan dan pemasarannya. Dengan adanya kompetisi yang ketat tersebut pengelolaan haruslah dilakukan oleh orang-orang profesional sesuai dengan bidangnya, mulai dari pelaksanaan proyek pembangunan maupun dalam operasinya nanti.

Khusus bagi bidang teknik, ketersediaan suku cadang bagi perangkat-perangkat teknik harus selalu diupayakan, serta melakukan pemeliharaan rutin untuk menjaga kehandalan sistem dan kontinuitas pelayanan. Sedangkan dari segi materi tugas akhir ini, diharapkan ada mahasiswa lain yang dapat melanjutkan pembahasan sistem ICO sehingga akan memperdalam pengetahuan teknologi

tersebut. Semakin dalam penguasaan teknologi maka akan semakin membuka kesempatan untuk mengembangkan kegiatan-kegiatan inovatif di bidang teknologi informasi khususnya telekomunikasi.

-----o0o-----

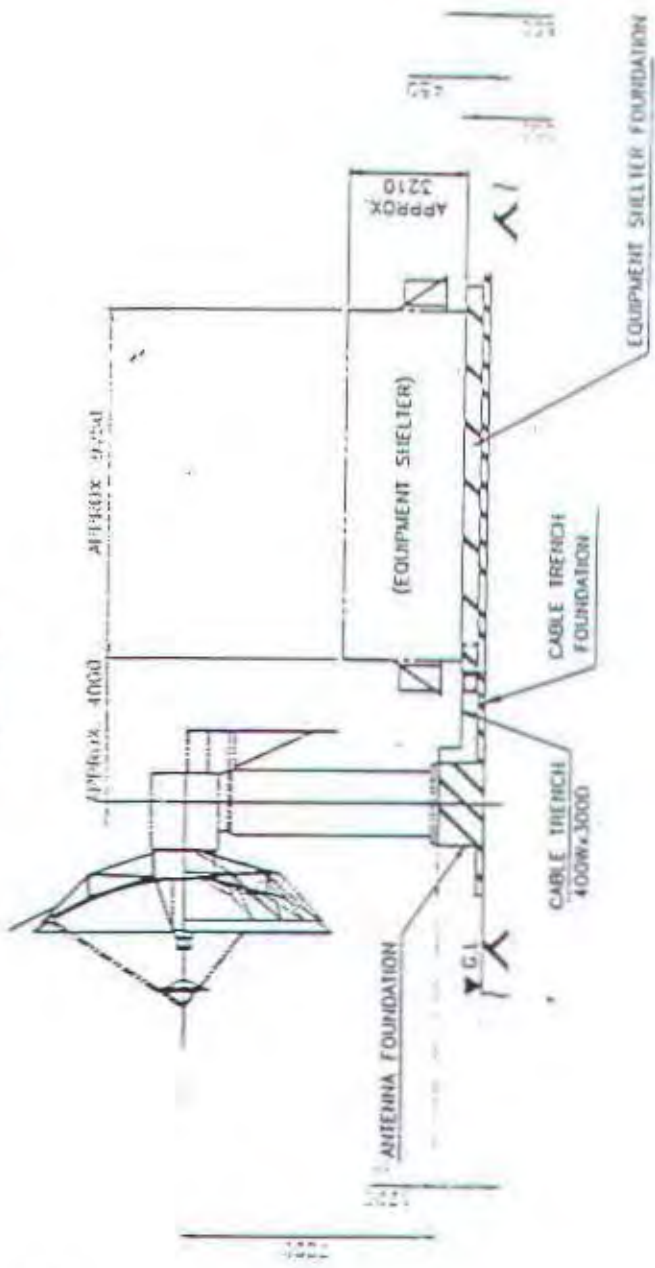
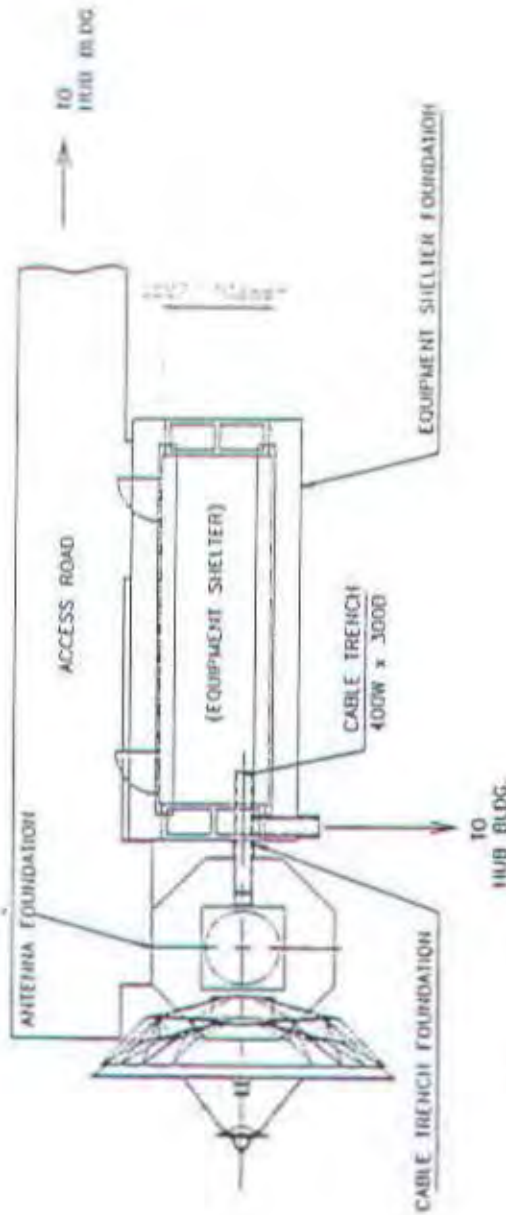


## DAFTAR PUSTAKA

1. Adi Suryanto, HAND-OUT KULIAH SISTEM KOMUNIKASI SATELIT, ITS Surabaya.
2. Alex Nourouzi, Adrian May ; LEOs, MEOs, GEOs, Ovum Report, 1996.
3. <http://www.ico.com>
4. <http://www.hughes.com>
5. ICO, THE GLOBAL COMMUNICATIONS MAGAZINE, Issue 4, TDP Publishing Ltd, 1998.
6. Intelsat, EARTH STATION TECHNOLOGY, revision 4, 1995.
7. Intelsat, INTELSAT EARTH STATION STANDARDS 308, Revision 8D, 1997.
8. M. Mouly, M. B. Pautet, THE GSM SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS, France, 1992
9. Pratt & Bostian, SATELLITE COMMUNICATION, John Wiley & Sons Inc.,1981.
10. Robert Grover Brown, LINE, WAVES, AND ANTENNAS, John Wiley and Sons, 1973.
11. R. E. Collin, ANTENNAS AND RADIOWAVE PROPAGATION, McGraw-Hill, 1985.
12. Robert G. Winch, TELECOMMUNICATION TRANSMISSION SYSTEM, McGraw-Hill,1993.
13. \_\_\_\_\_, IDR DIGITAL CARRIERS, NEC International Training, Ltd, 1993.

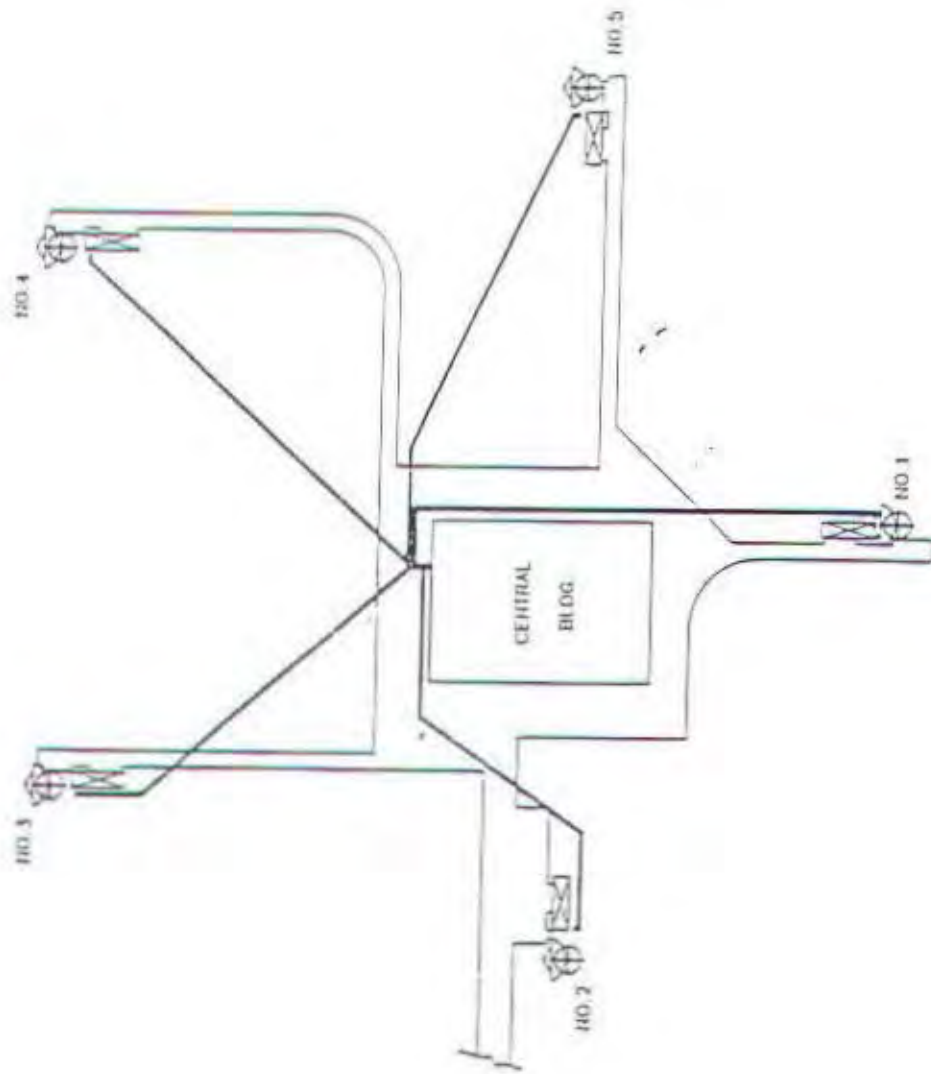
14. \_\_\_\_\_, IMPLEMENTATION STATEMENT OF WORK FOR INDONESIA,  
ICO, 1997.

-----o0o-----






LEGEND

▼ G.L. : GROUND LEVEL



LEGEND

-  AMMONIA
-  EQUIPMENT SWITCH
-  DREG/CH

NOTE  
 SECTION A-A TO C-C : REFER TO DRAWING No. "SEC-S10-008"  
 SECTION D-D : REFER TO DRAWING No. "SEC-S10-009"

## C2 System operations

### C2.1 A generic MSS system

MSS systems are broken down into two main component parts: the space segment and the ground segment. The system interconnects with both the public switched telephone network and public land mobile network. Figure C2.1 shows a generic MSS system structure.

### C2.2 Space segment

#### Satellites

The space segment consists of the system's satellites. The exact number of satellites used varies according to the orbital position chosen. A GEO system only needs three satellites to offer near global coverage, whereas a LEO system could need up to 66 to offer voice and data services. The size and weight of the satellites also varies according to the orbital position, with LEO satellites weighing up to four times less (Globalstar satellites weigh 450 kilos) than GEO satellites (TMT's satellite weighs 1,716 kilos).

#### Life expectancy

Life expectancy of the satellite systems will be governed by:

- distance from the earth
- straying from the intended orbit
- space junk
- battery life.

Figure C2.1 A generic MSS system

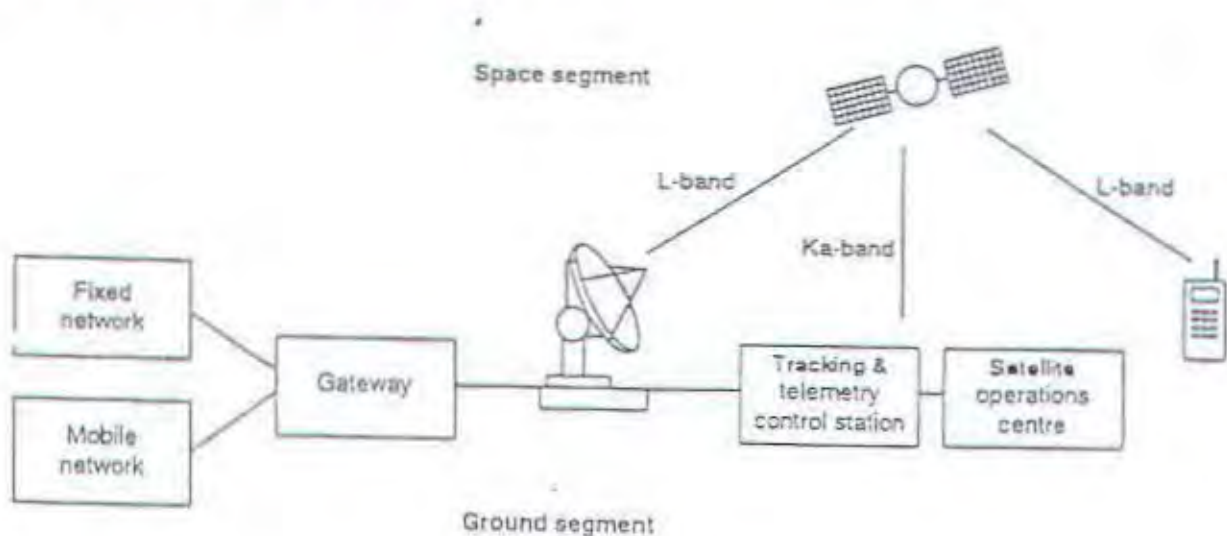


Figure C2.2 Life expectancy of satellites for different systems

System	Orbital position	Minimum life expectancy (years)
Iridium	LEO	5
Globalstar	LEO	7.5
Odyssey	MEO	12
ICO	MEO	12
Regional GEO	GEO	12-15

The further the satellite is from the earth, the longer its life. Figure C2.2 outlines the life expectancy of satellites for different systems.

Straying from intended paths affects the life expectancy of satellites because of factors such as solar winds, magnetic forces and the gravitational pull of the earth. Solar winds are streams of electrons and protons thrown out by the sun and travelling at nearly three million kilometres an hour.

LEOs are more at risk from space junk than GEOs. The Interagency Report on Orbital Debris published by the White House's National Science and Technology Council in February 1996, suggested that there are nearly 6,000 pieces of manmade debris in LEO. This compares with 134 in MEO and 601 in GEO. These objects include inactive satellites and the remains of space exploration programmes.

Battery life is also an important determinant of life expectancy, accounting for a large proportion of the satellite's mass. Solar power generates the majority of the satellite's power, but during eclipses, when the satellite is not in view of the sun, the satellite relies on battery power. Non-geostationary satellites suffer from more eclipses than GEO satellites, because they rotate faster than the earth, but the duration of the eclipse is smaller than for GEOs. The quantity of batteries that non-geostationary satellites need is smaller than GEOs, but non-geostationary satellites have shorter re-charge periods. This constant movement between sun and shade results in a lower life expectancy.

#### Spare satellites

The number of spares that MSS systems will need is determined by the number of satellites in the full constellation and the expected life of the satellites. Figure C2.3 shows the number of spares that each MSS system will have.

For most systems, about 20% of the constellation will consist of spare satellites. The problem that the GEO systems face is that the number of satellites they deploy (between 1 and 3) is so small that the number of spares needed represents a high proportion of the total number. One way of overcoming this is by striking an agreement with another regional GEO operator so that if either system's satellite fails, then the operator simply re-uses capacity from the other satellite. This is the arrangement that the regional GEOs, AMSC of US and TMI of Canada, made to avoid having to pay for a spare satellite.

Figure C2.3 Number of spares for each proposed MSS systems

MSS system	No of satellites	No of spares	% of spares	Location of spares
Iridium	66	11	17	In orbit
Globalstar	48	6	17	In orbit
ICO	10	2	20	In orbit
Odyssey	12	2	17	On ground
Global GEO	3	1	33	In orbit
Regional GEO	1	1	100	In orbit

### Launching

The cost of launching a GEO is higher than that of a LEO. The reasons for this are:

- they need a more powerful rocket. Satellites destined for GEO have to be sent nearly 4,000 times further than LEO satellites and GEO satellites are also larger and heavier than LEOs
- GEO satellites have to be launched in space individually, because of the size and destination of the satellites, whereas launch vehicles are able to put multiple LEO satellites into orbit. For example, McDonnell Douglas's Delta II is able to send eight Iridium satellites into LEO in one launch.

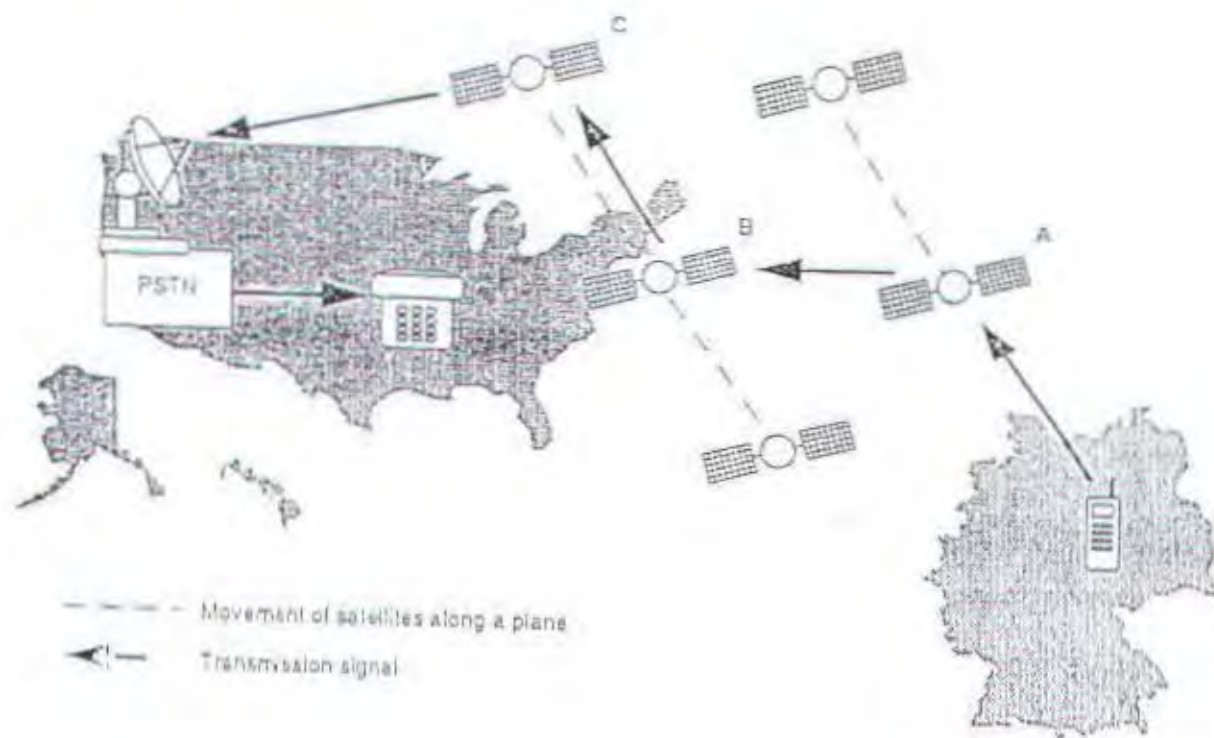
### Satellite technology

#### Crosslinks

The complexity of the satellites depends on the MSS systems. However, the majority of the systems will be simple, inexpensive 'bent pipes', which merely receive and transmit RF signals between the user and the gateway, without any on-board processing. The main exception is Iridium, which will have on-board processing and inter-satellite link capabilities. Crosslinks have been used in the past for government and military purposes, such as NASA's Tracking and Data Relay Satellite System, but have never been deployed in the commercial world. Iridium's satellites will have crosslink capabilities to reduce the number of gateways needed on the ground. Without crosslinks, each satellite must be in view of a gateway on the ground at all times. As a LEO satellite only sees a small proportion of the earth, the number of gateways needed is more than 100. However, with crosslinks this number falls to one, although Iridium has opted to deploy 13.

Figure C2.4 shows how crosslinks work. An Iridium subscriber in Germany wishes to place a call with a PSTN user in the US. The RF signal is transmitted to satellite A, the nearest one to the subscriber. Satellite A recognises that the destination of the call is the US so examines a routing table. This tells it which satellite to transmit the call to. (Satellite A is able to communicate with four other satellites, the two either side of it on the same plane and the two nearest to it on adjacent planes). Satellite A transmits the call to satellite B, which is the nearest satellite in an adjacent plane. Satellite B, having examined the call's destination and the routing tables, transmits it to satellite C, which is the satellite nearest to the Iridium gateway located closest to the called party. Satellite C routes the call to the gateway, which connects it to the called party via the PSTN.

Figure C2.4 Inter-satellite crosslinks



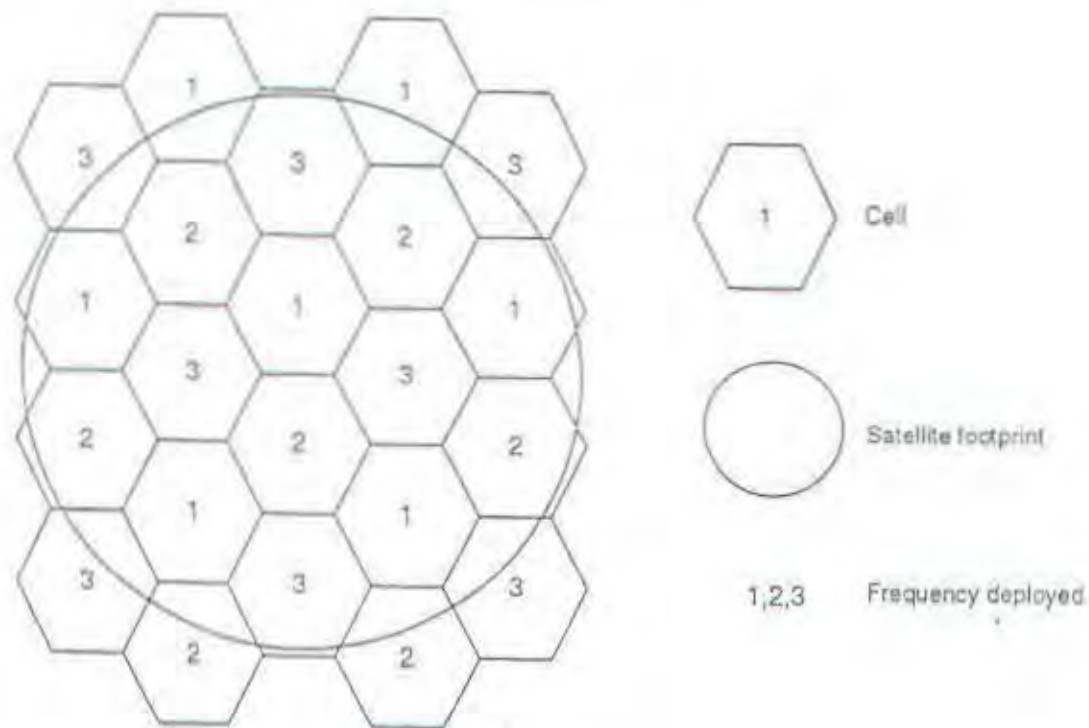
### Multibeam antennas

All MSS satellites deploy multibeam antenna patterns that break their coverage beam into a number of cells. Interference results when adjacent cells use the same frequencies. Frequency re-use patterns must therefore be deployed in a similar way to cellular networks to counter this problem. Typically, re-use patterns of three or four are used. Figure C2.5 shows how the multibeam antennas work. In this example, there are 22 spot beams and a re-use pattern of three.

Multibeam antennas increase the efficiency of spectrum use by re-using frequencies, and lower the power requirement of user terminals. The use of these spot beams has been a major factor in enabling the GEO systems to offer services to handheld terminals. The number of cells depends on the type of satellite system; for example, Globalstar (a LEO system) will only have 16 cells per satellite, whereas Odyssey (a MEO system) will have 61 beams.



Figure C2.5 Multibeam antennas from one satellite



### Satellite operations

#### Orbit slots

GEO operators have to file with the ITU to use orbital slots. The proliferation of GEO satellites in regions such as Asia-Pacific for various uses (such as very small aperture terminals, direct-to-home transmission, trunking applications and MSS) has resulted in a shortage of good orbital slots. The demand for orbital slots in Asia-Pacific has increased the risk of radio interference between competing systems stationed too close together. Recent disputes involved Hong Kong's AsiaSat, Thailand's Shinawatra, Indonesia's PT Telkom, Chinese-controlled APT Satellite Company and Tongosat. Further disputes are likely.

The non-geostationary MSS systems do not have this problem, because they are not 'fixed' to a particular point and do not have to file for orbital slots.

#### Phased roll out of MSS

Phased deployment of non-geostationary satellite systems is possible and Globalstar, ICO and Odyssey are planning to do this. This improves cashflow, because revenues can start to be generated before the full constellation is in orbit. This is particularly important in an industry such as MSS, because of the huge initial outlay needed to launch a service. Globalstar, which will have a phased roll-out programme, claims it will have a positive cashflow one year after launch; Iridium believes it will reach this position by 2000, even though a full service will be available from 1998.

The difference between interim services and full commercial services is system capacity and/or reduced coverage of the service. One potential downside to phased implementation is the perception from customers that the system is inferior to fully launched services. This is because:

- although capacity differences are unlikely to be an issue during the first few months of operation, the quality of service may suffer from MSS operators using fewer satellites to offer the same coverage as when the system's constellation is full. This is due to the average angle of elevation between the MSS subscriber and the satellite falling, resulting in a greater chance of call blockage. Globalstar claims to be able to offer the same coverage from 24 satellites as from 48 satellites
- reduced coverage. To some potential users, such as international business travellers, regional coverage may be inadequate if there are other MSSs offering global coverage. In the UK cellular market, Mercury One-2-One, the third operator, launched its service in September 1994 with 30% population coverage. Orange's network reach at this time was greater than Mercury's, but Orange decided not to launch until its coverage extended to at least 50% of the UK population. The main reason for this was because Orange's initial market research suggested that one of the main factors customers take into account when deciding upon which mobile service to opt for is coverage.

### C2.3 Ground segment

The ground segment of a MSS system consists of ground earth stations, gateways, system operation centres, telemetry, tracking and command stations, the ground network and user terminals. Figure C2.6 shows what the ground segment will consist of for the main MSS systems.

The ground earth stations are responsible for the communications with the satellite. They will consist of antennas that track the satellites within its operating regions, as well as signalling, radio decoding and baseband signal processing. (Globalstar refers to gateways as being both ground earth stations and gateways). Generally, these facilities will be operated and maintained by the service providers. For example, in the Iridium system, there will be two ground earth stations in South America, the operation of which will be the responsibility of Iridium SudAmerica, a consortium of local partners (Iridium Andres-Caribe, a consortium of private Venezuelan investors and the Brazilian company Inepar) and Motorola. In this case, it seems likely that Iridium SudAmerica will contract out the day-to-day operations of the station to a third party.

Figure C2.6 Ground segment for the main MSS systems

System	No of ground earth stations	No of gateways	No of SOCs	Ground private network	Inter-satellite links
Iridium	13	Many*	Not available	No	Yes
Globalstar	150-200	150-200*	2	No	No
ICD	12	Many*	5	Yes	No
Odyssey	7	about 40*	2	Yes	No
Regional GEOs	about 2	Many*	2	Yes	No

\*depends on service providers and local regulations.

The satellite operations centre (SOC) is responsible for controlling both the ground and space segments. Some MSS operators, such as Globalstar, break the SOC down into two separate functions: ground operations control centre (GOCC) and satellite operations control centre (SOCC). The SOC is responsible for:

- managing the ground network. The ground network consists of leased circuits and switches. It is used for routing calls between earth stations and gateways, as well as for signalling purposes
- tracking, telemetry and command stations, which monitor the movement of satellites and adjust their paths to maintain the constellation. These stations usually form part of the SOC, but can be part of the system's ground earth stations. If this function is conducted by the SOC, the ground earth stations provide the link to the satellite. These links are referred to as feeder links.

The gateways connect the MSS system to the terrestrial PSTN and PLMN networks. The MSS service providers buy, install, operate and maintain the gateways.

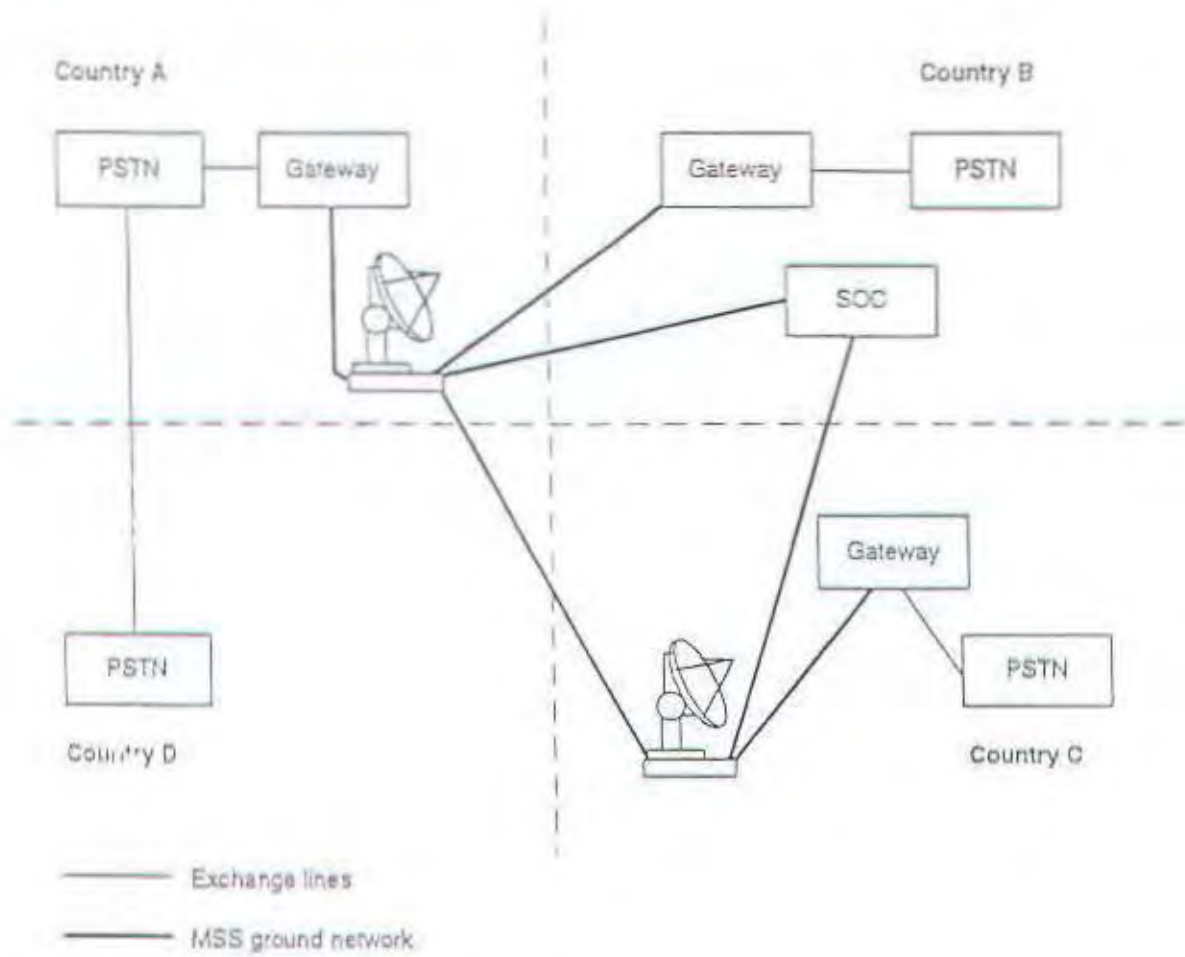
The ground network connects all gateways, ground earth stations and SOCs. Generally, the gateways are connected to the nearest ground earth station. Figure C2.7 shows how the elements of the MSS ground segment are interconnected.

The location of the gateways and earth stations will be dependant on a number of factors:

- regulatory concerns. Regulators may award service licences to MSS service providers on the condition that a gateway is located in their country. The reason for this is that if there is not a gateway in a particular country, international call by-pass will occur, because incoming calls are first routed to a gateway outside the country and then to the country of destination via the PSTN. Country D in Figure C2.7 shows an example of a country that is subject to international call by-pass
- location of the territory service provider. Not only do territory service providers have the right to offer services in a number of countries, they are also able to locate earth gateways where they wish. For example, STET has the right to offer Iridium services in a number of European countries, but will be locating its gateway in Italy. This means that it receives revenues from all calls from countries within its territory, because calls will be routed via the gateway in Italy first
- cost of leased circuits or PSTN. The location of gateways, to a lesser degree, will be influenced by the cost of telecommunications. For example, in Figure C2.7, the decision to place a gateway in country C rather than country D might have been motivated by the lower interconnect charges that are payable in country C. Using the cost of telecommunications alone as the determinate, the best locations for gateways would be: the US, for North America; Chile, for South America; the UK, for Europe; Hong Kong for Asia-Pacific; Australia for Australasia.

In most cases, the network is made up of national and international leased circuits, the exception being Globalstar. Signalling system 7 is usually deployed through the ground network for signalling purposes. In some cases, the ground network is also used to route calls between earth stations, rather than going through the PSTN.

Figure C2.7 MSS ground segment



## C3 Interworking with terrestrial networks

### C3.1 Types of interworking

MSS systems must inter-work with existing terrestrial networks. The majority of calls on a MSS system will be to people who are also cellular users, and MSS will often be marketed as an extension of cellular services. Subscribers will be looking for the following from MSS:

- seamless service. They want to be able to use their phones anywhere, without having to know which network their calls are going over, except for tariffing purposes
- single contact number
- single billing.

As far as the service providers are concerned, MSS is seen as a value-added service to cellular networks, as well as an opportunity to share infrastructure with cellular networks. The two systems need to allow roaming between them, so that a subscriber can be sure of making and receiving calls satisfactorily. If a subscriber has both a national cellular number and an international satellite number, the two systems need to manage their subscriber databases so that either can process calls.

There are two main approaches for MSS systems to inter-work with public land mobile networks such as GSM:

- network integration
- systems integration.

Network integration is based on a simpler standardisation of interfaces. Systems integration is more complex and will depend on the specific satellite system design.

The satellite systems themselves face complexity in the way they handle databases across territory service providers in different continents. Their scale, and the fact that they involve several companies, means they are similar to a number of inter-linked mobile networks with roaming between them.

Many of the issues raised by interworking are still being resolved by operators and standards bodies.

#### *Network integration*

With network integration, the cellular and satellite operators each run their own full network independently of each other, but with an interworking agreement. In the short- to medium-term this is the pattern that will be followed, with developments in satellite system roaming following those coming from the GSM MoU.

Network integration has the advantage of being relatively simple, provided the standard interfaces are adhered to, this approach is independent of the design of the satellite network. However, there are some drawbacks:

- it forces the satellite operator to install a full switching and database network, which may be more infrastructure than is needed.

- it will be harder to implement seamless services across the two systems
- there are still concerns about how to keep the databases up-to-date across the two systems, so that a call can always be delivered
- it will be difficult to implement optimal call routing – the cellular network will not know which of the satellite gateways should receive the call.

The main effect of these will be to increase the call set-up time. Call set-up will be a two-stage process. Firstly, the cellular network will decide that the subscriber is roaming and will pass the call to the satellite network. Secondly, the satellite network will do its own database look-up to find where the subscriber is and will then route the call to that earth station.

Another effect will be to increase costs. The satellite operators will face higher infrastructure costs. Without optimal routing, subscribers may also face higher call charges.

### *Systems integration*

Some people are suggesting a deeper level of integration between satellite and cellular networks, known as systems integration. This is unlikely in the short-term, but is favoured by some satellite operators as the way forward. Globalstar, for example, is defining interworking arrangements, which it intends to use with its service providers.

The main difference is that the satellite network would use the cellular operators' MSC and HLR to locate the subscriber and decide on the call routing. The satellite operator would then not need its own HLR.

The advantages this would bring include:

- faster call set-up – with one stage rather than two
- cheaper calls because of more optimal routing
- easier to achieve a seamless service
- less infrastructure
- easier database management.

The disadvantages of this approach are:

- difficulty in securing interworking agreements with the large number of cellular operators worldwide
- current lack of standardisation for the interworking
- dependence on the design of the satellite network, making it difficult for cellular operators wishing to interwork with multiple satellite systems
- greater difficulty for cellular operators to decide which of the satellite operators to interwork with in this way and which to have standard roaming agreements with
- more cost and time involved in technical effort and management of the process.

## C4 Terminals

### C4.1 Summary

Most MSS phones will be dual-mode cellular/MSS and will be slightly larger than current cellular phones. However, battery life will be much lower than for cellular phones.

A number of factors have enabled the size of terminals to be reduced from being briefcase-sized to being handheld. These factors include an increase in the transmission power of satellites, the greater sensitivity of satellite antennas and the use of low bit speech coding systems.

### \* C4.2 Evolution of satellite terminals

The development for MSS operators is the capability to offer services to handheld terminals. If MSS is to be marketed as a cellular-type service, the size and functionality of MSS terminals will have to be comparable with that of mobile services. Figure C4.1 shows the evolution of satellite terminals.

The first portable terminal was Inmarsat-A, which was launched in 1982. This is an analogue service, providing voice, data, facsimile and telex capabilities. However, the Inmarsat-A units were bulky and weighed up to 25 kilos.

Inmarsat's second generation satellites in 1993 saw the introduction of Inmarsat-M, a similar type of service to Inmarsat-A. More powerful second generation satellites enabled the Inmarsat-M units to be smaller and lighter than Inmarsat-A. Inmarsat-M terminals also have a lower antenna gain (12 dB) than Inmarsat-A (20 dB). The lower antenna gain makes the user terminal easier to use.

Inmarsat's third generation satellites will be operational from the end of 1996. The equivalent service to Inmarsat-M on the third generation satellites will be Inmarsat Mini-M. These Mini-M units will offer even more reductions in weight and gain. The MSS systems will enable handheld terminals with omnidirectional gains.

With the evolution of satellite phones, the addressable markets for satellite have changed. Initially, there was only a niche market for large terminals, such as Inmarsat-A, from people who had to be contactable anywhere, regardless of price and the size of the terminal (for example, humanitarian organisations such as the UNHCR). As size and price fall, the terminals have become more like cellular in their appearance and operation, so the target market has increased to include business travellers.

Figure C4.1 Evolution of satellite terminals

Service	Launch date	Weight of terminal (kg)	Antenna gain (dB)	Cost (£)
Inmarsat A	1982	25	20	25,000
Inmarsat M	1993	10	14	10,000
Inmarsat Mini-M	1996	1.9	8	3,000
Globalstar	1998	0.4	about 2	750

### *Factors leading to minimisation of the size of satellite terminals*

The main factors in determining the size of terminals are:

- the transmission power of satellite
- the sensitivity of the satellite receivers
- the distances between the user and the satellite
- developments in speech coding.

Developments in these areas have led to reductions in terminal size. In attempting to reduce terminal size, design engineers have the following issues to consider:

- not compromising the quality of services
- minimising power levels from terminals. This helps to reduce terminal size and weight, as well as minimising potentially hazardous radiation levels.

### *Power of satellites*

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) is a measure of a transmitter's power. It is calculated by multiplying the satellite transponder power by the antenna gain of the transmitting antenna. The higher the number, the lower the antenna gain requirements for the user terminal, resulting in a reduction in size. The factors that have led to the development of higher EIRP are more powerful satellites and the development of spot beams, which increase the antenna gain of the transmitting antenna. For example, the second generation Inmarsat satellites use single beams. Their EIRP is 17 dBW (decibel Watts). The third generation satellites will deploy fixed spot beams and have an EIRP of up to 48 dBW. This reduces the end-user terminal antenna gain requirements from 14 to 8 dB, which in turn reduces the size of the antenna needed in the user terminal.

### *Sensitivity of satellite receivers*

G/T is a measure of the receiver system's sensitivity. G is the antenna gain of the receiving antenna; T examines the noise temperature of the system, through antenna noise temperature and receiver noise temperature. Antenna noise temperature refers to the weather, which may affect the RF signal. Receiver noise temperature refers to losses from the receiving antenna to the receiver. Receiver sensitivity is measured in dB/K (decibels per Kelvin). The higher the number, the more sensitive the receiver, which in turn means that EIRP requirements from the user terminal are lowered. For example, the second generation Inmarsat satellites have a G/T of  $-12.5$  dB/K, meaning that the user terminal had to have an EIRP of about 22 dBW. For third generation systems, this number will be about 15 dBW, because they have a G/T of about  $-5.5$  dB/K.

### *Distance from the earth*

The distance between the satellite and the end user has a major effect on the design of terminals, because of the transmission losses that occur. These losses include the following:

- path loss
- weather loss
- loss because of transmission blockage.



These losses have to be considered when designing the antenna receiver.

#### Path loss

One of the big differences between mobile communications using terrestrial networks and using satellites, is the distances involved. As the signal travels through space, its strength reduces. This level of loss is dependent on the distance between the satellite and the end user, and upon the frequency band used. The greater the distance and the higher the frequency used, the greater the transmission loss. Path loss is also referred to as  $L_p$ .

Signals to geostationary satellites have to travel up to 12,000 times as far as cellular signals. Figure C4.2 gives an example of how far satellite signals have to travel in comparison to cellular signals. It assumes a cellular cell is typically three kilometres and that antennas of similar size were used.

#### Weather loss

Rain, snow and clouds cause transmission loss. The level of loss is dependent on the frequency used: the higher the frequency, the more prone the signals are to blockages because of the weather. For example, in countries with tropical climates, the use of high frequencies is rare, because rain droplets are large enough to block transmission signals.

#### Loss because of transmission blockage

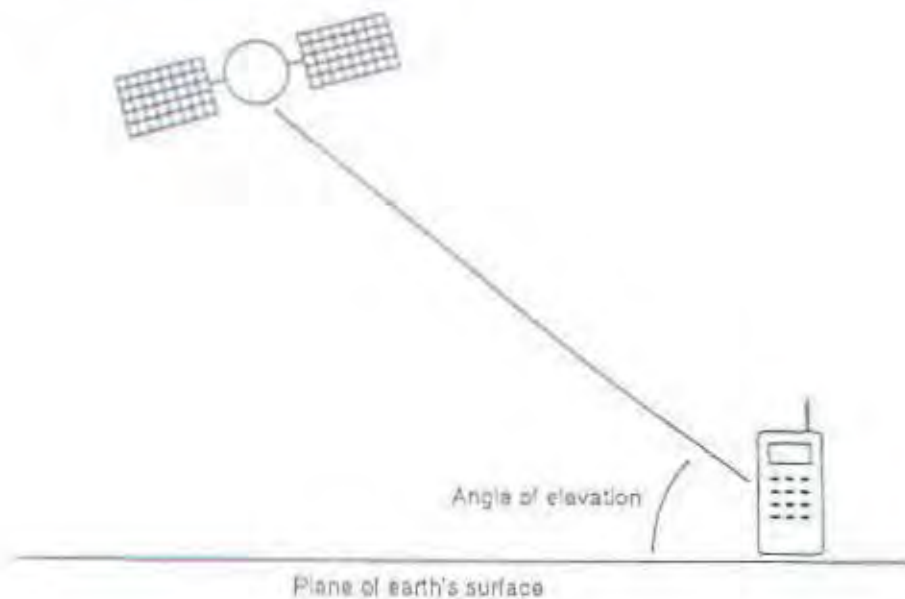
This type of loss is derived from obstructions in the transmission path, such as buildings and foliage. Unlike the other types of transmission loss, this is largely independent of the distance between satellites and the earth, but is linked to the angle of elevation between the user and the satellite, as shown in Figure C4.3.

The higher the angle of elevation, the less blockages are likely between the user and the satellite. The elevation angles for MSS systems will be as low as  $8^\circ$ . The exact angle needed to avoid blockage will depend on the location of the user.

Figure C4.2 The effect that distance has on transmission loss

Orbital position	Further distance than cellular (number of times)	Greater transmission loss than cellular (number of times)
GEO	12,000	144,000,000
MEO	3000	9,000,000
LEO	up to 200	40,000

Figure C4.3 Angle of elevation



### Speech coding

Developments in speech coding allow codecs to operate at bit rates as low as 4.8 kbit/s. Satellite operators claim that this can provide voice quality equivalent to the PSTN. This means that speech will be compressed to a thirteenth of that used with 64kbit/s pulse code modulation in the PSTN. These speech compression algorithms have aided the development of handheld MSS user terminals, because lower bit rates result in reduced power requirements.

However, as the bit rate falls, so to does the quality of speech. In the cellular community there are developments on lower bit rates to improve capacity and also on higher bit rates to increase call quality. In Sweden, where the three GSM operators are facing capacity constraints, the idea of using lower bit rates (half-rate coding) has largely been rejected. Europolitan, for example, believes that the sacrifice in quality would become an issue for professional users in particular.

Figure C4.4 shows how the MSS systems, almost all of which will be using 4.8kbit/s vocoders, compare with the speech coding bit rates that mobile technologies use.

The ITU-T standards for toll-quality speech coding systems are 64kbit/s PCM, 23kbit/s ADPCM and 16kbit/s LD-CELP. Therefore, a 4.8kbit/s speech codec system's compression ratio is three times that of the lowest bit rate for toll-quality services approved by the ITU-T.

The highest bit rates are the cordless technologies DECT, PACS and PHS – all of which are toll quality. The cellular technologies are usually between 8 and 13kbit/s. In the US, the PCS licensees that decided to use CDMA asked the handset manufacturers to develop a 13kbit/s vocoder, because they were concerned that rivals that were going to GSM (which uses a 13kbit/s vocoder) would have an advantage in terms of quality. The poor take-up of D-AMPS in the US has been partly due to the 8kbit/s vocoder used.

Figure C4.4 Speech coding used in different mobile technologies

Technology	Speech coding
DECT	32kb/s
PACS	32kb/s
PHS	32kb/s
GSM	13kb/s
D-AMPS	8kb/s
CDMA	13kb/s at 1900MHz 8kb/s at 800MHz
PDC	6.5kb/s
MSS	4.8kb/s

### Quality of service

One of the best ways of examining the quality of a service is the carrier to noise power ratio (C/N), which measures the strength of a RF signal between a transmitter and a receiver. The carrier to noise power ratio is:

$$C/N = EIRP - L_p + G/T$$

The quality of a RF signal between two points is dependent on the strength of the original RF signal from the transmitter and the noise and transmission losses that the signal experiences before arriving at the receiver. When designing a MSS system, signal losses must be estimated to ensure that the transmission power, antenna gain and receiver sensitivity result in a carrier to noise power ratio that at least meets the required quality of service. The link margin is the term used to measure the extent to which this minimum level is exceeded. The link margin is measured in decibels (dB). The higher the margin, the better the quality of service.

The factors that increase the strength of a signal include the transmitter power, antenna gain and the sensitivity of the receiver. The noise that the signal will experience has to be estimated and then factored into the equation when deciding what link margin is required.

MSS operators' link margins are restricted by:

- the terminal antenna gain. Increasing the gain of the user terminal's antenna increases the link margin. However, the antenna must be omnidirectional: for the antenna to have to point in the direction of the satellite is not realistic with handheld terminals
- the power output of the terminal. Increasing the power of the user terminal will also increase the link margin of the uplink between the subscriber and the satellite. However, this could be dangerous to the subscriber (in terms of radiation) and could also result in heavy handsets
- path loss. Link budgets are higher than in the cellular environment. This is due to a variety of factors, the most obvious being the loss in transmission because of the distances that the signal has to travel.

### *Antenna gain*

Some antennas focus their radiation to a particular area, so that the signal going to the receiving antenna can be as strong as possible. The effective increase in power achieved by focusing the radiation is called the gain of the antenna.

If an antenna is omnidirectional it is said to have an antenna gain of 1. If the antenna is only allowed to transmit and receive in one hemisphere, then the antenna gain increases to 2 and the quality of the link improves. Increasing antenna gain, increases the quality of the link.

Handheld terminals need to be able to transmit in the whole of the upper hemisphere, which restricts antenna gain to about 2. Antenna gains higher than this would mean that the user would have to point the antenna in the direction of the satellite to enable a quality link. This is the practice that occurs with current satellite phones, such as the Inmarsat, AMSC or Optrus systems. However, as the terminals used are briefcase-sized and the handset is detachable, this is manageable. It would not be acceptable with a handheld portable unit.

The antennas used on satellites have a higher gain. However, as the gain increases, the beam coverage falls. Therefore the higher the antenna gain on the satellite, the more beams are needed. The higher the number of spot beams, the more spectrally efficient the system is – enabling capacity gains to be made. The downside to increasing the number of spot beams is the cost and the weight of the satellite.

### *Health hazards of using cellular and MSS phones*

There is speculation that handheld mobile phones can adversely affect the health of their users. There are two main causes of concern:

- RF signals from digital mobile phones are claimed to cause interference with electrical devices such as hearing aids
- the radiation mobile phones generate is claimed to be carcinogenic.

Recent tests conducted by the University of Oklahoma, concluded that a range of digital cellular technologies (including PCS1900 and CDMA) caused some degree of interference. Currently, users of hearing aids are able to use analogue phones without any problems. This is therefore an issue that handset manufacturers and hearing aid manufacturers need to resolve before analogue technologies are phased out at the start of the next century.

The link with cancer is harder to substantiate, although there have been a number of studies in this area. The main issue is not whether mobile phones fall within current safety guidelines, but whether the guidelines are too high. The IEEE's C95.1 standard, called 'standard safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields', examined the rate at which people can safely take in electromagnetic energy. The C95.1 standard concluded that devices operating in the 1.5GHz spectrum band, such as MSS terminals, are safe if they radiate less than 0.4 Watts.

### C4.3 Dual-mode handheld MSS phones

The majority of MSS terminals will be dual-mode cellular/MSS. This is because MSS is largely a complementary service to cellular and will be marketed as an add-on cellular service. MSS cannot be competitive with cellular on price, so it is important that phones are compatible with the local cellular standard deployed. Incoming calls can therefore be made over the cellular network if it is available or else routed via the MSS system. There will be some satellite-only terminals, but their usage will be mainly limited to areas that do not have cellular services and fixed applications.

In order for terminals to be competitive on price, manufacturers will only develop terminals that are compatible with the most widely used technologies. This is because handset subsidies will be low, so the handset manufacturers will be under pressure to reduce the wholesale cost of handsets as much as possible. Much of this will come from economies of scale, through volume production of MSS phones. Such cost benefits can be passed on to the customer in terms of lower prices. The most likely combinations of dual-mode handset will be GSM/MSS, AMPS/CDMA/MSS and PDC/MSS.

As shown in Figure C4.5, most dual-mode MSS phones will provide seamless call routing in the delivery of outgoing calls. The handset will attempt to route the call over the cellular network. If the subscriber is in location A, within range of a base station, then the call will be successfully completed over the cellular network. If the subscriber is in location B, outside cellular coverage, the handset will fail to communicate with a base station (as indicated by the dotted lines) and will then communicate with the MSS system via the nearest satellite.

Figure C4.5 How dual-mode phones provide seamless call routing

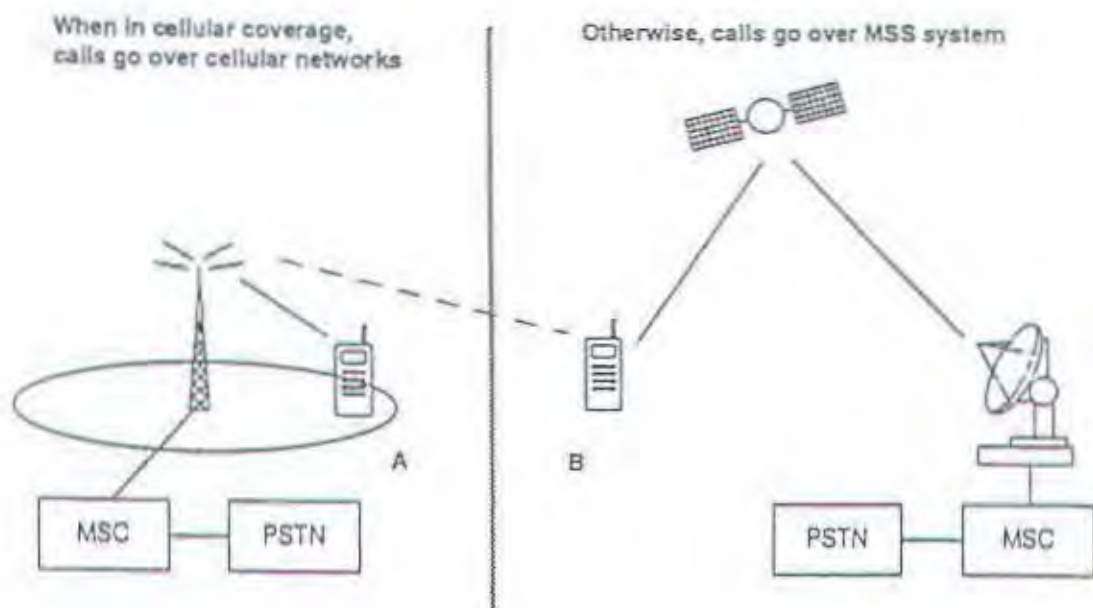


Figure C4.7 How cellular terminals compare with MSS phones

Features	Cellular <sup>1</sup>	MSS <sup>2</sup> dual mode
Weight (g)	228	350
Dimensions (mm)	120 x 40 x 20	190 x 60 x 30
Antenna		
type	Extendible	Folding
size (mm)	40 (maximum)	100
Battery life		
talktime (minutes)	275	48
standby (hours)	80	5
Vocoder (kbit/s)	13	4.8
Data rates (kbit/s)	19.2 <sup>3</sup>	7.2
Average power output (W)	0.125	0.5 <sup>4</sup>
Price		
wholesale (\$)	400 <sup>4</sup>	750
retail (\$)	150 <sup>4</sup>	750

<sup>1</sup> Ericsson GH388

<sup>2</sup> Qualcomm's Globalstar/ GSM

<sup>3</sup> Using compression techniques

<sup>4</sup> Ovum estimates

<sup>5</sup> From the Carphone Warehouse in the UK

<sup>6</sup> Ovum estimates.

## C4.5 Fixed terminals

The constraints faced when developing fixed phones are considerably less. Size is not an issue; battery life is not an issue (because solar panels or mains power can be used). Fixed terminals can use higher gain antennas than mobile phones, because their location can be optimised.

### Phone booths

Power is supplied by solar panels and wind generators if a mains supply is not available. Phones use pre-paid cards or credit cards. Inmarsat-M phone booths cost about \$15,000. Phone booths tend to be located in post offices and business offices (some of which will want to become local service providers). This not only provides security for the phone, but also passes the responsibility of owning and maintaining the phone on to the service provider. The MSS operator will supply the provider with debit cards.

### PBX units

Most of the MSS systems will be offering units that operate and function like a cordless PBX. These will be deployed in remote villages or hotels and will support many channels. These PBX units will function like base stations, with the handsets being small and lightweight cordless phones. The range of the phones is limited to a few hundred metres.

Figure C4.7 How cellular terminals compare with MSS phones

Features	Cellular <sup>1</sup>	MSS <sup>2</sup> dual mode
Weight (g)	228	350
Dimensions (mm)	120 x 40 x 20	190 x 60 x 30
Antenna		
type	Extendible	Folding
size (mm)	40 (maximum)	100
Battery life		
talktime (minutes)	275	48
standby (hours)	80	6
Vocoder (kbit/s)	13	4.8
Data rates (kbit/s)	19.2 <sup>3</sup>	7.2
Average power output (W)	0.125	0.5 <sup>4</sup>
Price		
wholesale (\$)	400 <sup>5</sup>	750
retail (\$)	150 <sup>6</sup>	750

<sup>1</sup> Ericsson GH388

<sup>2</sup> Qualcomm's Globalstar/ GSM

<sup>3</sup> Using compression techniques

<sup>4</sup> Ovum estimates

<sup>5</sup> From the Carphone Warehouse in the UK

<sup>6</sup> Ovum estimates.

#### C4.5 Fixed terminals

The constraints faced when developing fixed phones are considerably less. Size is not an issue; battery life is not an issue (because solar panels or mains power can be used). Fixed terminals can use higher gain antennas than mobile phones, because their location can be optimised.

##### *Phone booths*

Power is supplied by solar panels and wind generators if a mains supply is not available. Phones use pre-paid cards or credit cards. Inmarsat-M phone booths cost about \$15,000. Phone booths tend to be located in post offices and business offices (some of which will want to become local service providers). This not only provides security for the phone, but also passes the responsibility of owning and maintaining the phone on to the service provider. The MSS operator will supply the provider with debit cards.

##### *PBX units*

Most of the MSS systems will be offering units that operate and function like a cordless PBX. These will be deployed in remote villages or hotels and will support many channels. These PBX units will function like base stations, with the handsets being small and lightweight cordless phones. The range of the phones is limited to a few hundred metres.

Figure C4.6 Where it would be cheaper to use MSS than cellular for a UK Vodafone subscriber

Call destination	Where it would be cheaper to use MSS than cellular
UK	Latvia, Qatar and Thailand
US	Estonia, Gibraltar, Kuwait, Latvia, Morocco and Qatar
Australia	Bahrain, Belgium, Estonia, France, Germany, Gibraltar, Hungary, Ireland, Italy, Kuwait, Latvia, Luxembourg, Morocco, The Netherlands, Qatar and Spain

Although this switching between systems is automatic and seamless for the user, the user must be informed when the call is being routed over the MSS system, because the price of the call will be different. The subscriber will be informed of this by a symbol appearing on the terminal's display. Phones will attempt to use the terrestrial cellular first, before using the MSS system.

However, there will be occasions when MSS is cheaper than local cellular. For example, for Vodafone subscribers in some of the 35 countries in which they are able to roam, it would be cheaper to use an MSS system (assuming a flat rate of \$3 per minute for MSS) than the GSM network. Figure C4.6 shows in which countries this would be the case.

#### C4.4 Differences between handheld MSS phones and cellular phones

If MSS is being marketed as an extension to cellular service, then the MSS phone must be similar to a cellular phone. However, as shown in Figure C4.7, there will be significant differences, particularly with the first generation of MSS phones.

- The MSS phones will be bigger, heavier and more expensive than cellular phones. Perhaps the most important difference will be in the battery life. The vast distances that MSS phones will have to transmit to communicate with satellites will greatly reduce their talktime capabilities from about 275 minutes to about 45. Most research shows that subscribers would be happier with cheaper, lighter terminals with longer battery life. MSS terminals will be seen as being a step in the wrong direction by many existing cellular subscribers.

An important difference is that MSS handheld phones have not been designed to operate indoors. The phones need line of sight with the satellites, so the RF signal cannot handle much blockage, for example, in the form of foliage or buildings. Cellular phones can function indoors and most international business travellers want to be able to use their phones in offices, as well as outside.



Figure C4.7 How cellular terminals compare with MSS phones

Features	Cellular <sup>1</sup>	MSS <sup>2</sup> dual mode
Weight (g)	228	350
Dimensions (mm)	120 x 40 x 20	190 x 60 x 30
Antenna		
type	Extendible	Folding
size (mm)	40 (maximum)	100
Battery life		
talktime (minutes)	275	48
standby (hours)	80	5
Vocoder (kbit/s)	13	4.8
Data rates (kbit/s)	19.2 <sup>3</sup>	7.2
Average power output (W)	0.125	0.5 <sup>4</sup>
Price		
wholesale (\$)	400 <sup>5</sup>	750
retail (\$)	150 <sup>6</sup>	750

<sup>1</sup> Ericsson GH388

<sup>2</sup> Qualcomm's Globalstar/ GSM

<sup>3</sup> Using compression techniques

<sup>4</sup> Ovum estimates

<sup>5</sup> From the Carphone Warehouse in the UK

<sup>6</sup> Ovum estimates.

#### C4.5 Fixed terminals

The constraints faced when developing fixed phones are considerably less. Size is not an issue; battery life is not an issue (because solar panels or mains power can be used). Fixed terminals can use higher gain antennas than mobile phones, because their location can be optimised.

##### *Phone booths*

Power is supplied by solar panels and wind generators if a mains supply is not available. Phones use pre-paid cards or credit cards. Inmarsat-M phone booths cost about \$15,000. Phone booths tend to be located in post offices and business offices (some of which will want to become local service providers). This not only provides security for the phone, but also passes the responsibility of owning and maintaining the phone on to the service provider. The MSS operator will supply the provider with debit cards.

##### *PBX units*

Most of the MSS systems will be offering units that operate and function like a cordless PBX. These will be deployed in remote villages or hotels and will support many channels. These PBX units will function like base stations, with the handsets being small and lightweight cordless phones. The range of the phones is limited to a few hundred metres.

Currently, PBX units have been built and operated with Inmarsat services. Companies such as Pay-Satphone have manufactured PBX units for use in hotels in developing countries, at a cost of between \$7,000 and \$10,000. These units are one channel systems and operate with pre-paid or credit cards. The owner of the system acts as a service provider of Inmarsat services, and is charged for satellite capacity at wholesale rates, but charges end users at retail tariffs.

TABLE 2(b)  
TRANSPONDER INTERMODULATION e.i.p. DENSITY LIMITS  
 (INTELSAT K, VII, VIIA, VIII and VIIIA)

Uplink	Downlink Xponder Impacted by Intermod Products	Transponder up/down Frequency (GHz)	Satellite	Beam Edge Limit (dBW/4 kHz)
Any	EU or NA	14/11 or 14/12	K	-16.5
Any	SA	14/11 or 14/12	K	-18.5
Any	NA + SA (1)	14/11 or 14/12	K	-20.8
Any	C-Spot	6/4	VII/VIIA	-26.7/-27.8 (4), (5)
C-Spot	Hemi	6/4	VII/VIIA	-28.0 (4)
Any	Global	6/4	VII/VIIA	-37.0 (4), (6)
Global-Hemi	Global	6/4	VIII	-32.0 (4)
Global	Hemi	6/4	VII/VIIA	-34.0 (4), (7)
Hemi-Zone	Hemi-Zone	6/4	VII/VIIA	-37.0 (4), (11)
Any	Hemi-Zone	6/4 or 14/4	VIII	-30.0 (2), (4), (11)
Any	Hemi	6/4 or 14/4	VIIIA	-24.0 (13)
Any Spot	Hemi-Zone	14/4	VII/VIIA	-33.0 (4)
Any Spot	Spot 1	14/11 or 14/12	VII	-18.6 (2),(3),(4)
Any Spot	Spot 2	14/11 or 14/12	VII	-19.5 (2),(3), (4)
Any Spot	Enhanced Spot 2	14/11 or 14/12	VII	-20.8 (2), (4)
Any Spot	Spot 3	14/11 or 14/12	VII	-18.0 (2), (3), (4)
Hemi-Zone	Spot 1	6/11 or 6/12	VII	-16.6 (2), (3), (4)
Hemi-Zone	Spot 2	6/11 or 6/12	VII	-17.5 (2), (3), (4)
Hemi-Zone	Enhanced Spot 2	6/11 or 6/12	VII	-17.9 (2),(4)
Hemi-Zone	Spot 3	6/11 or 6/12	VII	-16.0 (2),(3), (4)
Any Spot	Spot 1/1X	14/11 or 14/12	VIIA	-16.0 (2),(4), (8),(10)
Any Spot	Spot 2/2X	14/11 or 14/12	VIIA	-16.0 (2), (4), (8),(10)
Any Spot	Spot 3	14/11 or 14/12	VIIA	-20.0 (2), (4), (8),(9), (10)
Any spot	Enhanced Spot 2	14/11 or 14/12	VIIA	-17.8 (2), (4), (8),(10)
Any Spot	Any Spot	14/11 or 14/12	VIII	-17.0 (2), (10)
Hemi/Zone	Spot 1/1X	6/11 or 6/12	VIIA	-14.5 (2), (4), (8),(10)
Hemi/Zone	Spot 2/2X	6/11 or 6/12	VIIA	-14.5 (2), (4), (8),(10)
Hemi/Zone	Spot 3	6/11 or 6/12	VIIA	-18.5 (2), (4), (8),(9),(10)
Hemi/Zone	Enhanced Spot 2	6/11 or 6/12	VIIA	-16.3 (2), (4), (8),(10)
Hemi/Zone	Any Spot	6/11 or 6/12	VIII	-14.5 (2)
Any	Spot 1	6/12 or 14/12	VIIIA(805)	-13.3
Any	Spot 1	6/12 or 14/12	VIIIA(806)	-15.0 (14)
Spot 3	Global	14/4	VIIA	-28.0 (4)
Spot 3	C-Spot	14/4	VIIA	-24.0 (4)
Any Spot	Global	14/4	VIII	-26.0 (4)
Global	Any Spot	6/11 or 6/12	VIII	-8.6 (2),(12)

30 MAR 1998

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO ITS**

**EL 1799 TUGAS AKHIR - 6 SKS**

Nama Mahasiswa : Muhammad Taufik  
Nomor Pokok : 2295 109 025  
Bidang Studi : Teknik Telekomunikasi  
Tugas Diberikan : Maret 1998  
Dosen Pembimbing : Ir. Hang Suharto, M.Sc.  
Judul Tugas Akhir : **STUDI TEKNIK OPERASI STASIUN BUMI  
SATELIT ICO (SAN-ICO)**

**Uraian Tugas Akhir**

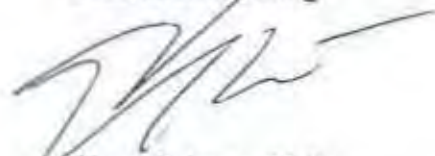
Dewasa ini perkembangan teknologi telekomunikasi semakin mengarah pada sistem komunikasi global yang tidak terbatas pada cakupan daerah tertentu. Sistem komunikasi global saat ini telah berkembang dengan beragam teknologi yang dipakai. Teknologi terbaru yang akan datang adalah sistem komunikasi global dengan menggunakan *Satellite Access Node - Intermediate Circular Orbital* (SAN-ICO) yang berada pada orbit menengah dengan ketinggian kurang lebih 10.000 kilometer.

Indonesia mendapat kepercayaan dari pusat operasi SAN-ICO yang berlokasi di U.K. melalui PT. Indosat untuk mengoperasikan Stasiun Bumi ICO yang merupakan satu diantara 12 stasiun yang direncanakan. Adapun lokasinya di Desa Banyuurip Gresik, yang sekarang masih dalam tahap pembangunan, dan direncanakan akan beroperasi pada awal tahun 2000. Permasalahan yang ada adalah bagaimana teknik operasi dari Stasiun Bumi ICO sehingga terjadi komunikasi yang kontinyu, mengingat satelit ICO mempunyai kecepatan gerak relatif lebih tinggi dari rotasi bumi.

Dalam Tugas Akhir ini akan dipelajari Teknik Stasiun Bumi Satelit ICO (SAN-ICO), serta memperoleh gambaran parameter yang diperlukan.

Surabaya, Maret 1998

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing



Ir. Hang Suharto, M.Sc.

NIP. 130 520 753

Mengetahui,  
Bidang Studi Teknik Telekomunikasi  
Koordinator



Ir. M. Aries Purnomo

NIP. 130532040

23/98



## USULAN TUGAS AKHIR

A. JUDUL TUGAS AKHIR: **STUDI TEKNIK OPERASI STASIUN BUMI SATELIT ICO (SAN-ICO)**

B. RUANG LINGKUP

- Sistem Komunikasi Satelit
- Sistem Komunikasi Gelombang Mikro
- Teknik Jaringan dan Pengukuran Sistem Komunikasi
- Sistem Komunikasi Bergerak

### I. Latar Belakang Masalah

Sarana telekomunikasi merupakan sarana yang sangat penting bagi segala hal seperti politik, ekonomi, sosial budaya, dan pertahanan keamanan. Khususnya bagi Indonesia yang wilayahnya terdiri dari pulau-pulau, satu sama lain terpisah oleh lautan, serta daratan umumnya mempunyai kontur yang bervariasi, lembah, pegunungan, dan perairan (sungai, danau) mempunyai tingkat kesulitan tersendiri untuk membangun jaringan telekomunikasi secara menyeluruh. Sehingga sarana-sarana telekomunikasi yang dipakai haruslah disesuaikan dengan kondisi geografis tersebut.

Sarana-sarana tersebut adalah sistem komunikasi satelit, sistem komunikasi kabel, dan sistem komunikasi terestrial gelombang mikro. Dari ketiga sarana tersebut masing-masing tidak dapat dipisahkan, saling melengkapi dalam sistem jaringan global. Penggunaannya bergantung pada situasi dan kondisi tertentu. Dengan kondisi geografis yang beragam tersebut, perlu perhitungan yang tepat dan cermat sarana komunikasi yang sesuai, untuk mencapai nilai efisiensi yang tinggi.

Perkembangan teknologi telekomunikasi dewasa ini mengarah kepada sistem komunikasi bergerak (*mobile communication*) dengan tentunya tidak meninggalkan

sistem komunikasi tetap (*fixed telephone*). Sistem komunikasi bergerak yang sekarang banyak beroperasi relatif cukup baik namun mempunyai kelemahan yaitu masih terbatas pada cakupan daerah tertentu. Cakupan daerah ini bergantung pada banyaknya stasiun pengulang yang ditempatkan (*RBS, radio base station*). Makin banyak RBS makin luas pula cakupan areanya dan makin mahal investasinya.

Dengan adanya kelemahan tersebut akan muncul teknologi baru yaitu teknologi komunikasi global dengan sistem *Satellite Access Node – Intermediate Circular Orbital* (SAN-ICO). Teknologi ini menawarkan sistem komunikasi global yang tidak terbatas pada cakupan area tertentu, karena setiap daerah sudah dapat dicakup oleh sejumlah satelit (12 satelit, 10 operasional dan 2 cadangan) yang berada di orbit menengah (~10.000km). Satelit, selain berfungsi sebagai media transmisi juga berfungsi sebagai sentral penyambungan telepon (*telephone switching*).

Dalam penulisan ini akan dibahas Operasi Teknik Stasiun Bumi, *satellite access node-intermediate circular orbital* (SAN-ICO). Pemilihan materi ini karena merupakan piranti sistem komunikasi masa depan yang masih dalam tahap pembangunan dan direncanakan mulai beroperasi pada awal tahun 2000.

Indonesia, dalam hal ini PT. Indosat mendapat kepercayaan dari pusat operasi di U.K. sebagai salah satu dari dua belas Stasiun Bumi ICO. Adapun lokasinya adalah di Desa Banyuurip, Kecamatan Ujungpangkah, Kabupaten Gresik.

## **II. Perumusan dan Batasan Masalah**

Perumusan masalah didasari oleh belum adanya ketentuan parameter teknik yang akan digunakan saat beroperasinya. Hal-hal tersebut adalah sebagai berikut :

- Parameter teknik operasi stasiun bumi satelit ICO.
- Sinkronisasi antar stasiun bumi dan satelit, serta sistem jaringan operasinya.
- Link budget yang diperlukan dalam sistem transmisi stasiun bumi.

### III. Ruang Lingkup

- Sistem Komunikasi Satelit.
- Sistem Komunikasi Gelombang Mikro.
- Teknik Jaringan dan Pengukuran Sistem Komunikasi.
- Sistem Komunikasi Bergerak.

### IV. Penelaahan Studi

- Membahas sistem operasi stasiun bumi ICO (SAN-ICO).
- Membahas parameter satelit ICO.
- Membahas link budget dan teknik transmisi.
- Membahas sistem jaringan dan sinkronisasi antar stasiun bumi dan satelit.

### V. Tujuan

- Mengetahui parameter teknik stasiun bumi ICO.
- Mengetahui parameter dan konstelasi satelit ICO.
- Mengetahui prinsip kerja stasiun bumi satelit ICO.
- Mengetahui link budget dan teknik transmisinya.
- Mengetahui sistem jaringan operasi.
- Melatih diri pribadi dalam merencanakan suatu jaringan komunikasi.
- Meningkatkan wawasan teknologi telekomunikasi.

### VI. Langkah-Langkah

- Bimbingan dari dosen pembimbing.
- Studi literatur mengenai sistem komunikasi satelit.

- Mengumpulkan data-data teknik satelit dan stasiun bumi ICO.
- Melakukan pembahasan pokok masalah.
- Melakukan penulisan makalah Tugas Akhir.
- Melaksanakan seminar Tugas Akhir.

#### VII. Jadwal Kegiatan

<i>KEGIATAN</i>	<i>BULAN I</i>	<i>BULAN II</i>	<i>BULAN III</i>	<i>BULAN IV</i>	<i>BULAN V</i>
Bimbingan	XX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
Studi literatur	XX	XXXX	XXXX		
Pengumpulan Data		XXXX	XXXX	XX	
Pembahasan Pokok		XX	XXXX	XXXX	XX
Penulisan Makalah TA			XXXX	XXXX	XXXX

#### VIII. Relevansi

Dengan adanya pembahasan mengenai teknologi komunikasi global, dapat dikaitkan dengan hal-hal sebagai berikut :

- Sebagai bahan kajian pengembangan jaringan telekomunikasi di Indonesia mengingat persaingan pelayanan telekomunikasi di masa datang akan semakin ketat dan semarak.
- Sebagai media untuk meningkatkan wawasan teknologi telekomunikasi baik untuk diri pribadi, para mahasiswa Jurusan Teknik Telekomunikasi serta semua orang yang membaca tulisan Tugas Akhir ini.

#### IX. Referensi

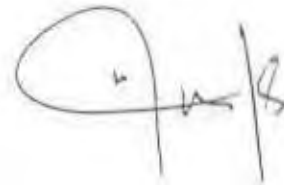
- Robert Grover Brown, Line, Waves, And Antennas, John Wiley and Sons, 1973.
- Pratt & Bostian, Satellite Communication, Wiley & Sons Inc., 1981.



- R. E. Collin, Antennas and Radiowave Propagation, McGraw-Hill, 1985.
- Robert G. Winch, Telecommunication Transmission System, McGraw-Hill, 1993.
- Intelsat, Earth Station Technology, Intelsat, 1995.
- Alex Nourouzi, Adrian May ; LEOs, MEOs, GEOs, Ovum Report, 1996.
- SAN-ICO Magazine, Internet, 1998.

Surabaya, Maret 1998

Mahasiswa,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Muhammad Taufik', with a large loop at the beginning and a vertical stroke at the end.

Muhammad Taufik

2295.109.025

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### I. DATA PRIBADI

- Nama : MUHAMMAD TAUFIK
- Tempat / Tanggal Lahir : Jakarta / 15 Maret 1968
- Warga Negara : Indonesia
- Status Perkawinan : Menikah
- Alamat : Perumahan Gunung Anyar Harapan Blok ZG/18A Surabaya

### II. DATA PENDIDIKAN

- 1975 – 1981 : SD Negeri Balong Gede 49 Bandung (Berijazah, 1981)
- 1981 – 1984 : SMP Pasundan I Bandung (Berijazah, 1984)
- 1984 – 1987 : SMA Negeri 7 Bandung (Berijazah, 1987)
- 1987 – 1990 : Politeknik – Institut Teknologi Bandung (ITB) Teknik Elektro / Telekomunikasi (Berijazah, 1990)
- 1995 – 1998 : Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya FTI/Teknik Elektro/Teknik Telekomunikasi

### III. PENGALAMAN KERJA

- 1991 – 1992 : Intelsat TTC&M di PT. Indosat, Indonesia
- 1993 – 1994 : Staf Teknik Operasi Stasiun Bumi Jatiluhur (PT. Indosat)
- 1994 : Pengawasan Proyek Stasiun Bumi Standard-A PT. Indosat (Banyuurip)
- 1994 – Sekarang : Staf Teknik Operasi dan Pemeliharaan Stasiun Bumi dan Kabel Laut PT. Indosat Surabaya

### IV. PELATIHAN YANG PERNAH DIKUTI

1. Sistem Komunikasi Satelit
2. Sistem Komunikasi Jaringan dan Sentral
3. Intelsat Earth Station Standard-A
4. Transportable E/S Technology
5. VSAT Technology
6. Fiber Optic Submarine Cable Technology
7. Lain-lain