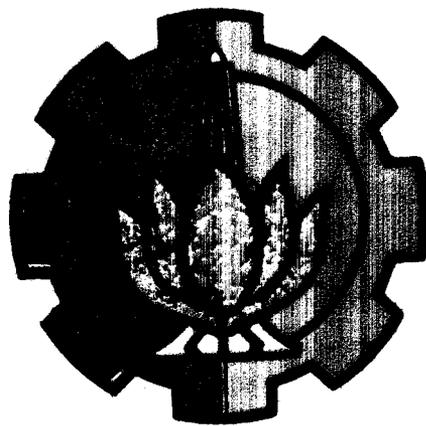


5458 / TC / H / 03 ✓

# TEKNIK NAVIGASI LAUT DENGAN BANTUAN INMARSAT



PSE  
623.893  
Sap  
t-1  
1992

OLEH:

I. G. A. WIDYA SAPUTRA

*NRP. 2882200919*

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1992

# **TEKNIK NAVIGASI LAUT DENGAN BANTUAN INMARSAT**

## **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.)**

**S U R A B A Y A  
AGUSTUS, 1992**

## ABSTRAK

Tugas akhir ini akan membahas tentang sistem navigasi kapal/laut dengan memanfaatkan sistem navigasi satelit yang meliputi sistem INMARSAT dan Global Positioning System (GPS). Kedua sistem tersebut diperlukan untuk memberikan sistem komunikasi maupun sistem navigasi secara global, dalam rangka mendukung Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS).

Global Positioning System (GPS) sebenarnya merupakan sistem yang terpisah dengan INMARSAT, namun untuk keperluan navigasi pada saat ini sistem tersebut dimanfaatkan oleh INMARSAT, karena pada dasarnya satelit-satelit INMARSAT tidak dapat digunakan secara langsung untuk penentuan posisi kapal.

Kesempurnaan kedua sistem tersebut terletak pada pemanfaatannya untuk koreksi data/informasi posisi GPS oleh INMARSAT-C, sehingga diperoleh ketepatan yang lebih baik (Differential GPS), maupun dengan penggabungan kedua sistem dalam satu interface sehingga diperoleh sistem navigasi dan komunikasi secara global pada satu peralatan penerima.

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT dengan terselesaikannya tugas akhir dengan judul :

" TEKNIK NAVIGASI LAUT DENGAN BANTUAN INMARSAT "

Tugas akhir dengan beban kredit 6 SKS ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik elektro pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas akhir ini merupakan tambahan informasi yang diharapkan dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Agustus 1992

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh kesungguhan hati atas selesainya tugas akhir ini, maka penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Hang Suharto, M.Sc., selaku dosen pembimbing.
2. Bapak Ir. Wirawan, selaku dosen wali.
3. Bapak Ir. M. Aries Purnomo, selaku Koordinator Bidang Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS.
4. Bapak Ir. Katjuk Astrowulan, MSEE., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS.
5. Bapak Ir. Venny Zano, selaku Manager Pendidikan Dan Latihan PT. INDOSAT di Jakarta.
6. Bapak Ir. Sukur M. Maldy, Asisten Manager Penelitian PT. INDOSAT, selaku pembimbing.
7. Bapak Ir. A. Tonny Budiono, dari Direktorat Jendral Perhubungan Laut Jakarta, selaku pembimbing.
8. Bapak Dewata, yang telah banyak membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.
9. Rekan-rekan mahasiswa yang banyak mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT akan membalas segala budi baik yang telah diberikan untuk mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

## DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Sistematika.....	4
1.6 Metodologi.....	5
1.7 Relevansi.....	5
<b>BAB II SISTEM DAN TEORI UMUM NAVIGASI LAUT.....</b>	<b>6</b>
2.1 Teori Umum Navigasi Laut/Kapal.....	6
2.1.1 Definisi Navigasi Laut.....	6
2.1.2 Faktor-faktor Pendukung Navigasi Laut.....	7
2.1.2.1 Peralatan-peralatan Navigasi.....	7
2.1.2.2 Rambu-rambu Pelayaran.....	8
2.1.2.3 Kemampuan Navigator.....	9
2.2 Navigasi Laut Menuju Ke GMDSS.....	11

2.2.1	Radio Telekomunikasi Berdasarkan So-	
	las 1974.....	12
2.2.2	Peralatan Fasilitas Telekomunikasi	
	GMDSS.....	14
2.2.2.1	Peralatan Yang Dibutuhkan Untuk Da-	
	erah A1.....	14
2.2.2.2	Fasilitas Yang Dibutuhkan Untuk Da-	
	erah A2.....	14
2.2.2.3	Fasilitas Yang Dibutuhkan Untuk Da-	
	erah A3.....	15
2.2.2.4	Fasilitas Yang Dibutuhkan Untuk Da-	
	erah A4.....	16
2.2.3	Peralatan Pada Sistem Navigasi Sate-	
	lit.....	16
2.3	Dasar-dasar Sistem Satelit.....	19
2.3.1	Macam-macam Orbit Satelit.....	19
2.3.2	Teori Dasar Satelit Komunikasi Geosta	
	sioner.....	20
2.3.2.1	Terminologi Komunikasi Satelit.....	20
2.3.2.2	Satelit Geostasioner Dan Daerah	
	Lingkupannya.....	21
2.3.2.3	Multi-path Fading.....	23
2.3.2.4	Parameter-parameter Komunikasi Sate	
	lit.....	25
2.3.2.4.1	Sinyal Strength Dan Signal To	
	Noise Ratio.....	25

2.3.2.4.2	Carrier To Noise Ratio (C/N)r....	28
2.3.2.4.3	Figure of Merit (G/T).....	30
2.3.2.5	Sifat-sifat Komunikasi Satelit Geo- stasioner.....	31
2.3.2.5.1	Keunggulan-keunggulan Satelit Geo stasioner.....	31
2.3.2.5.2	Kesulitan Dari Komunikasi Satelit Geostasioner.....	31
2.3.2.6	Sifat Sistem Komunikasi Satelit Ma ritim.....	35
2.4	Sistem Spread Spectrum.....	37
2.4.1	Definisi.....	37
2.4.1.1	Spektrum.....	37
2.4.1.2	Spread Spectrum.....	38
2.4.2	Teknik Spread Spectrum.....	40
2.4.2.1	Sistem Direct Sequence.....	40
2.4.2.2	Frequency Hopping.....	44
2.4.2.3	Time Hopping.....	48
2.4.3	Pengkodean Sistem Spread Spectrum....	49
2.4.3.1	Deretan Kode Maksimum.....	49
2.4.3.2	Konfigurasi Generator Kode Linier..	52
2.4.4	Navigasi Dengan Sistem Spread Spec- trum.....	53
2.4.4.1	Teknik Ranging.....	53
2.4.4.2	Direction Finding.....	54

**BAB III SISTEM KOMUNIKASI DAN NAVIGASI DENGAN INMAR-**

<b>SAT.....</b>	<b>58</b>
3.1 Sistem Inmarsat-C.....	58
3.1.1 Space Segment.....	58
3.1.2 Network Coordination Station.....	62
3.1.3 Land Earth Station (LES).....	63
3.1.4 Mobile Earth Station (MES).....	65
3.2 Tipe Kanal Pada Sistem Inmarsat-C.....	66
3.2.1. NCS Common Channel.....	67
3.2.2 LES TDM Channel.....	68
3.2.3 Message Channel.....	69
3.2.4 Signalling Channel.....	69
3.2.5 NCS-NCS Signalling Channel.....	70
3.2.6 NCS-LES Signalling Link.....	70
3.2.7 LES Channel Assignment.....	71
3.3 Pelayaran Inmarsat-C.....	71
3.3.1 Store And Forward Message Transfer...	72
3.3.1.1 To Mobile Message Transfer.....	72
3.3.1.2 From Mobile Message Transfer.....	73
3.3.2 Distress Alerting.....	73
3.3.3 Enhanced Group Calls.....	74
3.4 Parameter-parameter Sistem.....	75
3.4.1 Karakteristik Kanal.....	75
3.4.1.1 Link Budget.....	75
3.4.1.2 Karakteristik Fading.....	80

3.4.1.3	Offset Frekuensi.....	82
3.4.1.4	Karakteristik Sistem Pemrosesan Si- nyal.....	84
3.4.1.4.1	Sifat-sifat Pemrosesan Sinyal....	84
3.4.1.4.2	Pengaruh Pemrosesan Sinyal.....	85
3.4.2	System Performance Objective.....	85
3.4.2.1	Quality Objective Untuk Link For- ward.....	85
3.4.2.2	Quality Objective Untuk Kanal Messa <u>g</u> e MES.....	87
3.4.2.3	Quality Objective Untuk Kanal Pensi <u>n</u> nyalan.....	88
3.5	Protokol Untuk Message Service.....	90
3.5.1	Konsep Kontrol.....	90
3.5.1.1	Bulletin Board.....	90
3.5.1.2	Registrasi.....	90
3.5.1.3	Binding.....	91
3.5.2	Struktur Kanal.....	94
3.5.2.1	Struktur Frame.....	94
3.5.2.1.1	Kanal-kanal TDM.....	94
3.5.2.1.2	Message Channel.....	100
3.5.2.1.3	Signalling Channel.....	101
3.5.3	Prosedur Penyempurnaan Hubungan.....	105
3.5.3.1	To-Mobile Message Transfer.....	105
3.5.3.2	From-Mobile Message Transfer.....	107

3.6	Pelayanan Data Point-to-Multipoint IN-MARSAT.....	109
3.6.1	Sistem P-MP.....	111
3.6.2	Kebutuhan Peralatan.....	112
3.6.2.1	Rangkaian Terrestrial.....	112
3.6.2.2	Modem Satelit.....	112
3.6.2.3	Penerima Data.....	114
3.6.2.4	Space Segment.....	114
3.7	Position Reporting Service.....	116
3.7.1	Data Reporting.....	117
3.7.1.1	Slot Logical Channel.....	118
3.7.1.2	Slot Logical Channel Assignment....	118
3.7.2	Polling.....	119
3.7.3	Format Paket Data Reporting.....	121
<b>BAB IV</b>	<b>GLOBAL POSITIONING SYSTEM.....</b>	<b>124</b>
4.1	Prinsip Teknik Navigasi Dengan GPS.....	124
4.1.1	Prinsip Segitiga Dasar.....	124
4.1.2	Pengukuran Kedua.....	126
4.1.3	Persamaan-persamaan Dasar.....	128
4.1.4	Perhitungan Ketepatan.....	134
4.1.5	Fungsi Sinyal Doppler.....	137
4.2	Global Positioning System (GPS).....	141
4.2.1	Cara Kerja GPS.....	142
4.2.2	Dasar Pengukuran Jarak Satelit.....	143
4.2.3	Pengukuran Jarak Kapal Dari Satelit..	144

4.2.3.1	Mengetahui Kapan Sinyal Meninggal- kan Satelit.....	145
4.2.3.2	Kode Pseudo-random.....	146
4.2.4	Mendapatkan Timing Yang Sempurna.....	149
4.2.4.1	Perhitungan Trigonometri.....	150
4.2.4.2	Eliminasi Clock Offset.....	150
4.2.4.3	Pengukuran Dengan Tiga Dimensi.....	154
4.2.4.4	Pengaruh Empat Pengukuran Terhadap Perancangan Penerima.....	154
4.2.5	Menentukan Letak Satelit.....	156
4.2.5.1	Pengaruh Ketinggian Satelit.....	156
4.2.5.2	Delay Ionosferik Dan Atmosferik....	158
4.2.6	Penerima GPS.....	159
4.2.6.1	Penyederhanaan Rangkaian Deteksi...	162
4.2.6.2	Eliminasi NCO.....	163
4.2.6.3	Adopsi Gate-array Untuk Generator PRN.....	163
4.2.7	Ketepatan Sistem GPS.....	164
4.3	Implementasi Gabungan Navigasi Dan Ko- munikasi Global.....	167
4.3.1	Integrasi Sistem Navigasi Dan Komuni- kasi.....	167
4.3.2	Jalur Pemrosesan Sinyal Pada Perang- kat Keras.....	169
4.3.3	Pengaruh Keterlibatan Transputer.....	169
4.3.4	Demodulasi Dan De-spreading GPS.....	171

4.3.5 Perhitungan Posisi.....	175
BAB V PENUTUP.....	176
DAFTAR PUSTAKA.....	178
LAMPIRAN A.....	
LAMPIRAN B.....	
LAMPIRAN C.....	
LEMBAR PENGESAHAN USULAN TUGAS AKHIR.....	
USULAN TUGAS AKHIR.....	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2-1 SISTEM NAVIGASI KAPAL LAUT.....	10
2-2 JADWAL PROYEK GMDSS SAMPAI 1999.....	12
2-3 SKEMA DIAGRAM SISTEM NAVIGASI SATELIT.....	18
2-4 LETAK SATELIT GEOSTASIONER.....	22
2-5 MULTIPATH FADING.....	24
2-6 SINYAL RESULTAN KARENA PERBEDAAN FASE.....	25
2-7 BLOK DIAGRAM SISTEM PENERIMA KOMUNIKASI SATELIT	29
2-8 INTERFERENSI MATAHARI.....	33
2-9 BLOCKING.....	35
2-10 SPEKTRUM SINYAL DIRECT SEQUENCE.....	39
2-11 SPEKTRUM SINYAL FREQUENCY HOPPING.....	39
2-12 MODULATOR DIRECT SEQUENCE (BIPHASE).....	41
2-13 SISTEM LINK KOMUNIKASI DIRECT SEQUENCE.....	43
2-14 SISTEM TRANSMISI FREQUENCY HOPPING.....	45
2-15 SPEKTRUM SINYAL FREQUENCY HOPPING IDEAL.....	45
2-16 GRAFIK KECEPATAN KESALAHAN.....	47
2-17 SISTEM TIME HOPPING.....	48
2-18 KONFIGURASI GENERATOR KODE LINIER DAN NONLINIER	50
2-19 R U N.....	51
2-20 AUTOKORELASI DAN CROSS-KORELASI.....	52
2-21 GENERATOR DERETAN KODE.....	53
2-22 SISTEM RANGING DENGAN DIRECT SEQUENCE.....	55
2-23 POLA ANTENA DUAL CARDIODA.....	56

2-24	DIRECTION FINDER DENGAN DIRECT SEQUENCE.....	57
3-1	SKEMA JARINGAN INMARSAT-C.....	58
3-2	BLOK DIAGRAM LES INMARSAT-C.....	64
3-3	BLOK DIAGRAM MES INMARSAT-C.....	66
3-4	KANAL-KANAL INMARSAT-C.....	91
3-5	SINYAL DAN KANAL INMARSAT-C.....	92
3-6	HUBUNGAN TIMING ANTARKANAL.....	93
3-7	TDM FRAME INFORMATION FIELD.....	96
3-8	PROSES TDM SCRAMBLING.....	97
3-9	GENERATOR SCRAMBLING.....	98
3-10	PENGGODE.....	98
3-11	INTERLEAVE MATRIX.....	99
3-12	FORWARD LINK SERIAL TDM TRANSMISSION.....	99
3-13	FORMAT FIF MESSAGE CHANNEL.....	102
3-14	FORMAT DATA SERIAL MESSAGE CHANNEL.....	103
3-15	FORMAT FRAME SIGNALLING CHANNEL.....	104
3-16	PROSES SCRAMBLING SIGNALLING CHANNEL.....	105
3-17	TO-MOBILE MESSAGE TRANSFER.....	107
3-18	FROM-MOBILE MESSAGE TRANSFER (1).....	108
3-19	FROM-MOBILE MESSAGE TRANSFER (2).....	108
3-20	KONFIGURASI PERALATAN P-MP.....	110
3-21	PERALATAN MES UNTUK POSITION REPORTING.....	116
3-22	MODEL MES.....	117
3-23	FORMAT PAKET UMUM.....	122
3-24	FORMAT PAKET UNTUK LAND MOBILE.....	122
3-25	FORMAT UNTUK MARITIME MOBILE.....	123

4-1	SEGITIGA DASAR.....	125
4-2	PELIPUTAN DUA SATELIT.....	127
4-3	GEOMETRI SISTEM.....	128
4-4	BIDANG KOORDINAT.....	129
4-5	JARAK PENGUKURAN TERHADAP BUJUR DAN LINTANG.....	130
4-6	KISI-KISI BUMI.....	133
4-7	GEOMETRI DOPPLER.....	138
4-8	PERHITUNGAN JARAK.....	141
4-9	KONFIGURASI SATELIT NAVSTAR GPS.....	143
4-10	SINKRONISASI SATELIT DAN RECEIVER.....	146
4-11	KODE PSEUDO-RANDOM.....	147
4-12	GENERATOR KODE GOLD.....	147
4-13	ILLUSTRASI PEMBANGKITAN KODE GOLD.....	148
4-14	DIAGRAM ALUR UNTUK PEMBANGKIT KODE GOLD.....	149
4-15	POSISI DENGAN CLOCK SEMPURNA.....	151
4-16	POSISI DENGAN CLOCK TAK SEMPURNA.....	152
4-17	PENENTUAN POSISI DENGAN TIGA SATELIT.....	152
4-18	TRACKING SATELIT.....	157
4-19	BLOK DIAGRAM PENERIMA GPS.....	161
4-20	KONFIGURASI DETEKTOR TIAP KANAL.....	163
4-21	LEVEL KETEPATAN GPS.....	165
4-22	ERROR DENGAN DIFFERENTIAL GPS.....	166
4-23	SPEKTRUM INMARSAT-C/GPS.....	167
4-24	ARSITEKTUR TRANSPUTER.....	169
4-25	ARSITEKTUR TIME MULTIPLEXED.....	171
4-26	INPUT CAPTURE HARDWARE.....	172

4-27	ALGORITMA TRACKING GPS (DOWN CONVERT	CODE	
	TRACK).....		173
4-28	ALGORITMA TRACKING GPS (CARRIER TRACKER).....		174
4-29	ALGORITMA DATA GPS.....		174

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
II-1	MACAM ORBIT SATELIT..... 19
III-1	TEMPAT KEDUDUKAN DAN STATUS SATELIT..... 60
III-2	KARAKTERISTIK TRANSPONDER SATELIT INMARSAT.... 61
III-2a	LINK BUDGET UNTUK FORWARD LINK (80% TIME)..... 76
III-2b	LINK BUDGET UNTUK FORWARD LINK (99% TIME)..... 77
III-3a	LINK BUDGET UNTUK RETURN LINK (80% TIME)..... 78
III-3b	LINK BUDGET UNTUK RETURN LINK (99% TIME)..... 79
III-4a	RUGI-RUGI ACAK..... 81
III-4b	RUGI-RUGI KUMULATIF..... 82
III-5	PENGARUH ERROR FREKUENSI SISTEM..... 83
III-6	PROBABILITAS ERROR LINK FORWARD..... 86
III-7	PROBABILITAS ERROR LINK FORWARD KUMULATIF..... 86
III-8	MES MESSAGE CHANNEL..... 87
III-9	FROM-MOBILE MESSAGE CHANNEL..... 88
III-10	QUALITY OBJECTIVE..... 89
III-11	KARAKTERISTIK MODULATOR..... 113
III-12	KEBUTUHAN SPACE SEGMENT..... 114
III-13	LINK BUDGET..... 115
IV-1	TIPE-TIPE RECEIVER..... 162
IV-2	URE BUDGET..... 165

# BAB I

## PENDAHULUAN

---

### 1.1 Latar Belakang

Saat ini pembangunan sedang dilaksanakan dengan giat-giatnya di segala bidang, termasuk salah satunya adalah dalam bidang perhubungan, baik perhubungan darat, laut, dan udara. Seiring dengan perkembangan teknologi elektronika dan telekomunikasi yang makin pesat, maka teknologi tersebut diusahakan untuk ikut mendukung suksesnya pembangunan di segala bidang, termasuk juga di bidang perhubungan.

Pada tugas akhir ini dipelajari tentang teknik navigasi laut dengan memanfaatkan bantuan satelit, yakni dengan sistem satelit INMARSAT, yang merupakan sistem komunikasi maritim global dan didukung oleh Global Positioning System (GPS). Dengan peralatan dan teknologi yang semakin canggih, maka navigasi kapal harus semakin dapat dijamin keselamatannya. Hal ini merupakan awal dari pelaksanaan ketentuan International Maritime Organization tentang Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS), yang telah mulai berjalan sejak 1 Februari 1992 dan harus terealisasi secara penuh pada 1 Februari 1999.

GMDSS merupakan suatu program untuk melengkapi kapal dengan peralatan dukung komunikasi dan navigasi untuk menjamin keselamatan di laut. Sedangkan penggunaan sistem satelit INMARSAT merupakan salah satu bagian pendukung penting dari GMDSS. Bahkan penggunaan sistem satelit INMARSAT tersebut merupakan komponen baru yang harus ada selain peralatan komunikasi dan navigasi sesuai dengan Konvensi Solas pada tahun 1974.

Dari kebutuhan akan keselamatan pelayaran tersebut, maka kiranya sistem navigasi laut/kapal harus didukung dengan peralatan yang benar-benar akurat, dalam arti dapat memberikan informasi yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan. Dan untuk mendukung peralatan-peralatan navigasi yang sudah ada, diperlukan juga bantuan *Sistem Navigasi Satelit*, yang didasarkan pada sistem global, dalam hal ini sistem komunikasi global dan sistem navigasi global, yang dapat diusahakan untuk menjangkau seluruh dunia.

## 1.2 Permasalahan

Untuk menjamin keselamatan pelayaran, maka diperlukan peralatan navigasi yang memadai, baik digunakan untuk penentuan posisi kapal, penentuan arah sesuai dengan rambu-rambu yang ada, keperluan komunikasi kapal, maupun untuk penanggulangan sistem marabahaya/distress.

Untuk keperluan penentuan posisi kapal selain menggunakan peralatan seperti LORAN, DECCA dan OMEGA, maka

lebih baik bila dibantu dengan peralatan navigasi satelit. Hal ini disebabkan peralatan navigasi seperti LORAN, DECCA dan OMEGA tersebut mempunyai kemampuan yang sangat terbatas, dalam arti daya pancarnya yang terbatas.

Sistem navigasi satelit dapat juga dimanfaatkan untuk mengetahui situasi di sekitar kapal, dalam hal ini fungsi sistem tersebut akan mendukung sistem radar navigasi yang dipergunakan oleh kapal.

Sistem navigasi satelit yang dipergunakan terdiri dari sistem INMARSAT yang saat ini telah memanfaatkan kemampuan penentuan posisi dari NAVSTAR Global Positioning System.

Dengan menggunakan kedua sistem tersebut dapat diperoleh sistem komunikasi dan sistem navigasi secara global sesuai yang diharapkan dalam Global Maritime Distress And Safety System.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Sistem yang ada pada satelit INMARSAT adalah sangat luas, dan terdiri dari beberapa generasi dan tipe.

Pada tugas akhir ini pembahasan akan dibatasi pada sistem dan teknik navigasi dan komunikasi dengan INMARSAT, terutama sistem INMARSAT-C, yang didukung dengan Global Positioning System (GPS) untuk penentuan posisi, termasuk pelayanan reporting data GPS ke pemakai melalui satelit INMARSAT.

#### 1.4 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui sistem maupun teknik-teknik navigasi, dalam arti luas baik menyangkut penentuan posisi kapal maupun untuk penyiaran maupun penerimaan informasi kenavigasian dengan jaringan komunikasi dalam suatu blok *Sistem Navigasi Satelit* yang didukung oleh satelit INMARSAT dan GPS NAVSTAR.

#### 1.5 Sistematika

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun terdiri dari beberapa bab, dimana bab I merupakan pendahuluan, tentang latar belakang permasalahan, pembatasan masalah, serta tujuan yang akan dicapai dalam penyusunan tugas akhir. Bab II berisi tentang sistem maupun teori navigasi laut/kapal secara umum. Bab III berisi tentang teknik dan sistem navigasi dan komunikasi dengan satelit INMARSAT, yang ditekankan pada sistem INMARSAT-C yang saat ini baru berkembang untuk dimanfaatkan pada kapal-kapal, termasuk juga pelayanan reporting data sistem GPS ke stasiun bumi (LES dan MES) melalui satelit INMARSAT dan penggunaan INMARSAT untuk *Differential GPS*, yaitu sistem perbaikan informasi posisi dari GPS. Bab IV membahas secara tersendiri sistem dan teknik navigasi untuk penentuan posisi kapal dengan sistem GPS NAVSTAR sebagai pendukung dari sistem INMARSAT. Bab V

berisi kesimpulan-kesimpulan tentang teknik navigasi laut dengan bantuan atau peranan dari INMARSAT sesuai dengan pembahasan pada tugas akhir ini.

### 1.6 Metodologi

Metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Studi Literatur, tentang teknik-teknik navigasi baik secara umum maupun dengan menggunakan satelit.
2. Pengumpulan data, yakni data-data tentang pemakaian ataupun teknik-teknik yang dipakai dalam navigasi laut dengan satelit.
3. Pembahasan masalah, dengan membahas teknik-teknik navigasi laut/kapal dalam blok *Sistem Navigasi Satelit*, yaitu sistem INMARSAT dengan dukungan GPS.
4. Pengambilan kesimpulan.
5. Penulisan naskah tugas akhir.

### 1.7 Relevansi

Dengan mengetahui teknik dan sistem pada pemanfaatan satelit INMARSAT, maka diharapkan akan menjadikan pertimbangan kearah pengembangan sistem tersebut terutama untuk pemanfaatannya pada perairan di Indonesia, dalam rangka realisasi GMDSS.

## BAB II

### SISTEM DAN TEORI UMUM NAVIGASI LAUT

---

Pada bab ini dibahas mengenai teori-teori yang mendukung dalam teknik navigasi, khususnya yang menyangkut sistem komunikasi dengan satelit geostasioner INMARSAT dan dasar-dasar teknik navigasi dari Global Positioning System.

#### 2.1. Teori Umum Navigasi Laut/Kapal

Untuk mempelajari teknik-teknik navigasi laut yang akan dibahas dalam pembahasan tugas akhir ini, maka harus dipelajari definisi maupun sistem navigasi laut secara umum.

##### 2.1.1 Definisi Navigasi Laut

Navigasi laut/kapal adalah suatu proses untuk membawa kapal atau melayarkan kapal dari suatu tempat ke tempat tujuan, dengan pengertian yang lebih sempit adalah dari pelabuhan yang satu ke pelabuhan tujuan, dengan aman dan efisien.

Dari definisi di atas perlu digarisbawahi bahwa pengertian *aman* adalah dapat menjamin keselamatan pelayaran kapal sesuai dengan rambu-rambu yang ada, dan

pengertian *efisien* adalah dengan jarak yang sependek-pendeknya kapal dapat berlayar sesuai dengan waktu yang ditentukan atau dengan waktu yang sependek-pendeknya juga.

### 2.1.2 Faktor-faktor Pendukung Navigasi Laut

Sesuai dengan definisi dari navigasi laut yang telah dikemukakan, maka untuk mencapai target navigasi yang baik, haruslah didukung oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Peralatan-peralatan navigasi, baik peralatan mekanik maupun peralatan elektronik pada kapal.
2. Rambu-rambu pelayaran.
3. Kemampuan seorang navigator.

#### 2.1.2.1 Peralatan-peralatan Navigasi

Dari definisi navigasi yang diberikan di atas, maka untuk keperluan navigasi laut/kapal secara umum dapat dibagi menjadi tiga bagian yang saling mendukung, yaitu :

1. Peralatan navigasi untuk menentukan posisi kapal, diantaranya adalah sistem LORAN, sistem DECCA, sistem OMEGA, dan satelit navigasi (TRANSIT dan NAVSTAR) dengan sistem GPS dan NNSS.
2. Penggunaan gelombang radio untuk mengetahui situasi di sekitar kapal, seperti dengan RADAR navigasi, dan sistem GPS/NNSS.

3. Peralatan menggunakan gelombang radio untuk penyiaran dan penerimaan informasi kenavigasian melalui jaringan telekomunikasi yang disediakan oleh INMARSAT, maupun dengan radio komunikasi SSB.

Dari ketiga pembagian peralatan navigasi dalam kapal tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa kegiatan navigasi secara lengkap harus meliputi ketiga bagian diatas, yaitu penentuan posisi kapal, pemantauan situasi di sekitar kapal, maupun penyampaian informasi navigasi dengan jaringan telekomunikasi.

Dari ketiga pembagian di atas, maka untuk navigasi yang dibantu dengan blok *Sistem Navigasi Satelit*, akan terdiri dari pemakaian teknik Global Positioning System (GPS) untuk penentuan posisi dan pemantauan daerah sekitar kapal (dibantu oleh RADAR), dan penyampaian informasi kenavigasian dengan pemanfaatan fasilitas-fasilitas dari INMARSAT.

#### 2.1.2.2 Rambu-rambu Pelayaran

Untuk membimbing kapal menuju ke tempat tujuan, maka harus diberikan rambu-rambu baik secara elektronik maupun secara non elektronik.

Peralatan-peralatan perambuan yang diperlukan oleh seorang navigator akan dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

1. Petunjuk
2. Peringatan
3. Larangan

Sedangkan secara praktis peralatan-peralatan tersebut berupa lampu-lampu ataupun pancaran gelombang elektromagnetik untuk diproses pada peralatan navigasi di kapal.

#### 2.1.2.3 Kemampuan Navigator

Selain kedua faktor pendukung di atas, maka hal yang lebih penting adalah kemampuan navigasi yang dimiliki oleh seorang navigator.

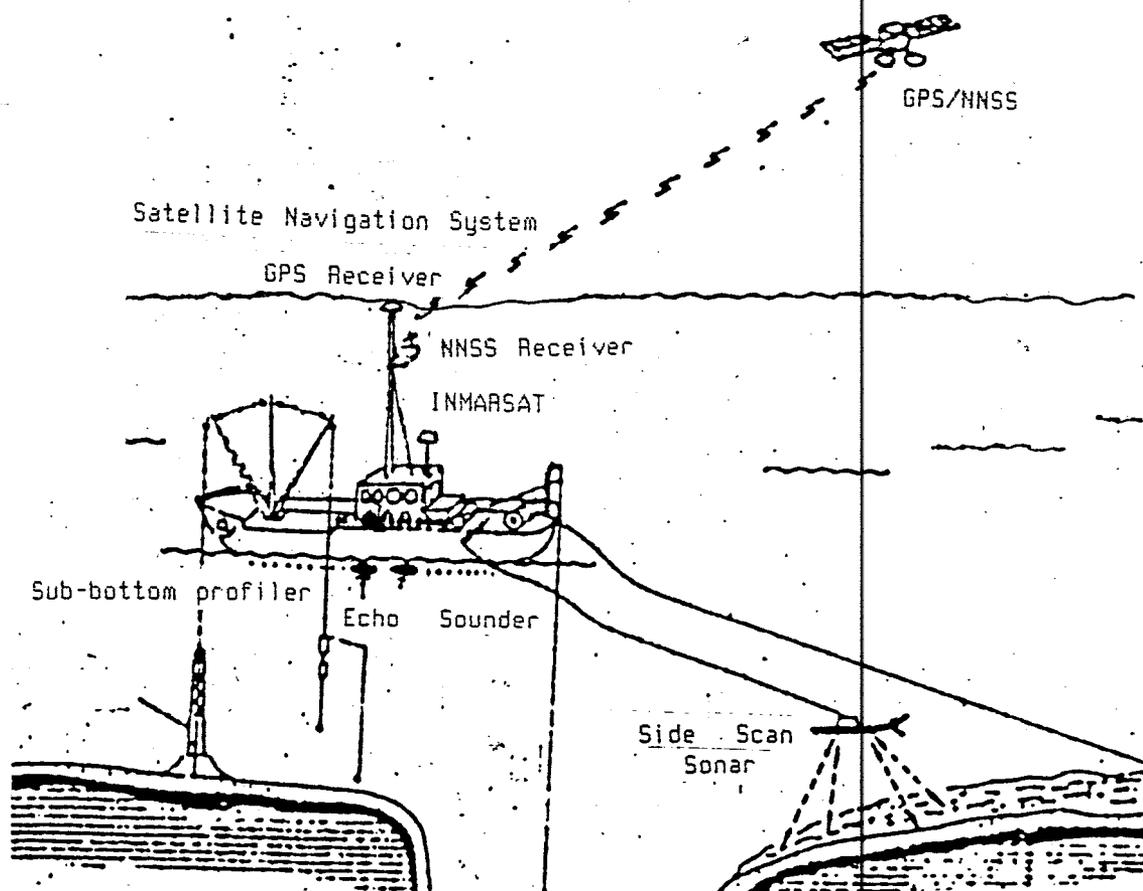
Untuk melakukan pelayaran dengan baik, maka seorang navigator harus menguasai hal-hal sebagai berikut :

1. Kondisi perairan yang akan dilayari.

Untuk mengetahui kondisi perairan tersebut maka seorang navigator harus mempersiapkan atau dilengkapi dengan :

- a. Peta laut, yang menyangkut dalamnya laut maupun obstacle/bidang pantul yang ada di jalur yang akan dilalui.
- b. Harus mendapatkan informasi navigasi yang meliputi kondisi meteorologi, maupun EGC (Enhance Group Call).
- c. Rambu-rambu navigasi, berupa petunjuk, peringatan, dan larangan.

2. Harus mengetahui posisi kapal setiap saat, setepat mungkin, atau paling tidak mengetahui posisi duga kapal.
3. Harus mengetahui situasi di sekitar kapal sejauh jarak aman sesuai dengan kecepatannya, misalnya memanfaatkan RADAR dan GPS Navigator.
4. Harus mengetahui sifat olah gerak kapal, seperti radius putar, maupun kelincahan kapal.



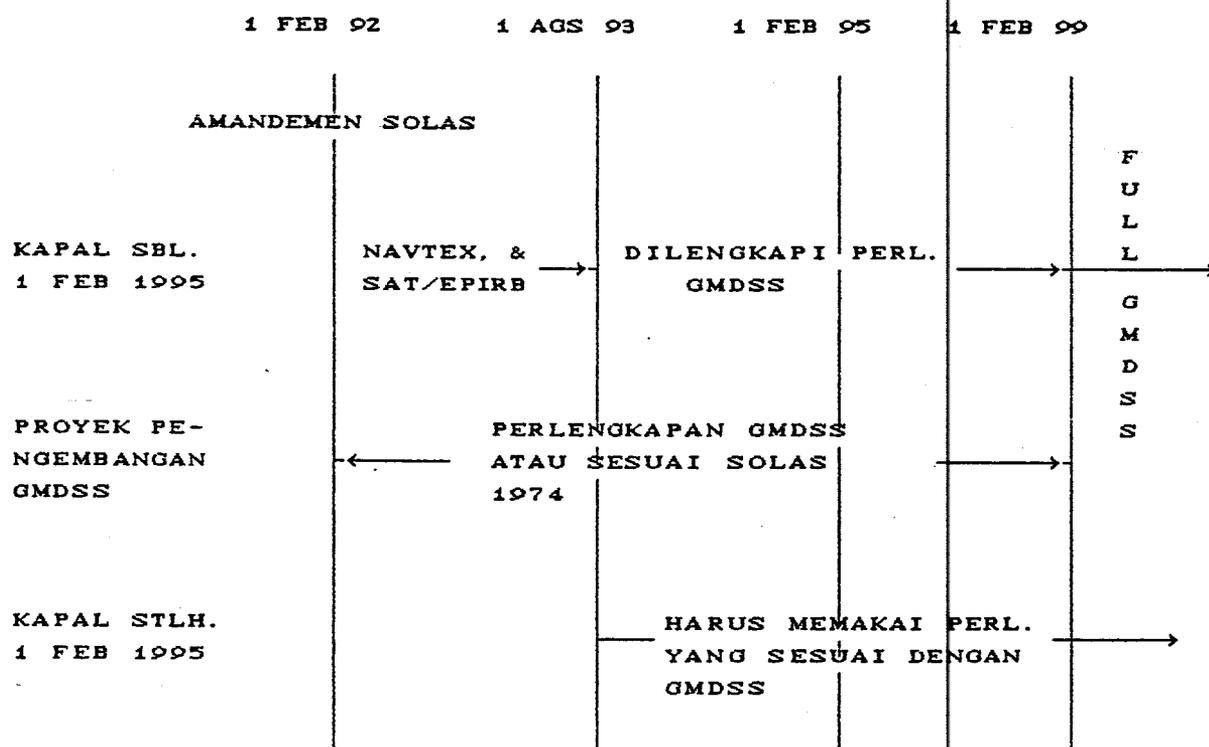
GAMBAR 2-1  
SISTEM NAVIGASI KAPAL LAUT

## 2.2 Navigasi Laut Menuju Ke GMDSS

Sejak 1 Februari 1992 ditetapkan suatu sistem baru untuk keselamatan dan panggilan bahaya di laut, disebut dengan Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS). Sistem GMDSS ditetapkan sebagai pengganti dari prinsip Chapter IV Solas Convention tahun 1974, dalam penyelamatan, peraturan-peraturan, dan kebutuhan peralatan Radio Telekomunikasi dan Navigasi.

GMDSS memberikan beberapa keuntungan secara ekonomi maupun secara operasional dibandingkan dengan sistem konvensional, sebab seluruh pendukung GMDSS dirancang untuk bekerja secara otomatis dan dapat dioperasikan dengan mudah, bahkan nantinya tidak diperlukan lagi operator maupun radio officer dalam sistem tersebut.

Aplikasi dari GMDSS diterapkan secara bertahap dan dimulai sejak 1 Februari 1992, dan diusahakan untuk berakhir 1 Februari 1999 dimana pada saat itu semua jenis kapal harus dilengkapi dengan peralatan GMDSS tanpa kecuali. Jadwal proyek menuju ke GMDSS 1999 secara lengkap dapat ditunjukkan diagram gambar 2-2.



GAMBAR 2-2  
JADWAL PROYEK GMDSS SAMPAI 1999

### 2.2.1 Radio Telekomunikasi Berdasarkan Solas 1974

Ketentuan fasilitas radio telekomunikasi yang dirancang sesuai dengan Solas Convention 1974 terdiri dari dua subsistem, yaitu :

- a. Sistem Morse Telegraph dengan frekuensi panggilan bahaya 500 kHz harus disediakan pada :
  1. Seluruh ukuran kapal penumpang
  2. Seluruh kapal barang dengan tonase 300 ton sampai

1600 ton, atau di atasnya.

b. Sistem Radio Telephone dengan frekuensi panggilan bahaya 2182 kHz dan 156,80 MHz harus tersedia pada :

1. Semua kapal barang dengan bobot tonase 300 ton sampai 1600 ton.

2. Semua kapal dengan bobot tonase 100 m<sup>3</sup> sampai 850 m<sup>3</sup> didasarkan pada SK DJPL No DKP 44/1/13 tanggal 9 Agustus 1983 (Non Solas Convention).

Kedua fasilitas tersebut masih tetap digunakan sampai 1 Februari 1999. Peralatan lain yang mendukung kedua peralatan tersebut adalah :

1. VHF Emergency Position Indicating Radio Beacon (EPIRB) berdasarkan SK DPJL tahun 1983
2. Perangkat Lifeboat Radio portabel
3. Instalasi Radio Telephone VHF
4. Instalasi Main Radio Telegraph (Pemancar dan Penerima)
5. Instalasi Radio Telegraph cadangan (Pemancar dan Penerima)
6. Peralatan Keying dan penerima alarm otomatis
7. Radio Direction Finder (RDF)
8. Radio Telephone SSB (Pemancar)
9. Pembangkit sinyal alarm dua nada dan Watch Keeping Receiver
10. Komunikasi Two Way

## 2.2.2 Peralatan Fasilitas Telekomunikasi GMDSS

Fasilitas Radio Telekomunikasi yang dibutuhkan pada kapal sesuai ketentuan GMDSS tidak didasarkan pada berat bruto dari kapal, namun didasarkan pada daerah laut yang dilalui yaitu terbagi atas daerah A1, A2, A3, dan A4.

### 2.2.2.1 Peralatan Yang Dibutuhkan Untuk Daerah A1

Daerah A1 merupakan suatu daerah dalam lingkup radio telephone dari paling sedikit satu stasiun bumi pantai VHF, yang mempunyai continue DSC alerting. Peralatan yang harus ada pada kapal yang melewati daerah A1 adalah :

1. Stasiun Radio VHF ditambah DSC
2. Penerima NAVTEX yang dapat dioperasikan dari daerah pemancar NAVTEX. Harus ada setelah Agustus 1993
3. EPIRB Satellite yang dioperasikan pada frekuensi 406 MHz melalui satelit COSPAS-SARSAT, sebagai pendukung dari EPIRB VHF. Harus ada setelah Agustus 1993
4. EPIRB VHF, sebagai alternatif dari EPIRB Satellite.
5. Radar Transponder 9 GHz. Harus ada setelah Februari 1995.
6. Radio portabel Two Way. (Februari 1995)

### 2.2.2.2 Fasilitas Yang Dibutuhkan Untuk Daerah A2

Daerah A2 merupakan daerah termasuk daerah A1, dalam

lingkupan radio telephone dari paling sedikit satu stasiun bumi MF dengan continue DSC alerting. Peralatan yang harus ada pada kapal yang berada dalam daerah A2 adalah :

1. Stasiun radio VHF ditambah DSC
2. Stasiun radio telephone MF ditambah DSC
3. Penerima NAVTEX, harus ada setelah 1 Agustus 1993
4. EPIRB Satellite dengan frekuensi 406 MHz, harus ada setelah Februari 1993
5. Radar Transponder 9 GHz. (Februari 1995)
6. Radio Telephone VHF portable two way, (1 Februari 1995)

#### 2.2.2.3 Fasilitas Yang Dibutuhkan Pada Daerah A3

Daerah A3 merupakan suatu daerah, termasuk daerah A1 dan A2, dalam lingkupan satelit geostasioner Inmarsat dengan continue DSC alerting. Peralatan yang harus ada pada kapal yang berada pada daerah A3 adalah :

1. Stasiun Radio VHF ditambah DSC.
2. Stasiun Radio Telephone MF ditambah DSC, dengan alternatif peralatan nomor 3.
3. Radio Telephone MF/HF yang dapat berhubungan dengan suara dan DSC dan sistem cetak langsung NBDP (Narrow Band Direct Printing), sebagai alternative untuk stasiun Inmarsat standar A atau standar C.
4. Penerima NAVTEX. (1 Agustus 1993).
5. Stasiun Bumi Kapal INMARSAT (SES INMARSAT) standar A

atau standar C, sebagai alternatif nomor 3.

6. EPIRB Satellite dengan frekuensi 406 MHz melalui satelit COSPAS-SARSAT. (1 Agustus 1993)
7. Radar Transponder 9 GHz. (1 Februari 1995).
8. Radio Telephone VHF portabel two way (1 Februari 1995).

#### 2.2.2.4 Fasilitas Yang Dibutuhkan Untuk Daerah A4

Daerah A4 merupakan daerah di luar daerah A1, A2, dan A3. Peralatan yang harus ada pada kapal yang melewati daerah A4 adalah :

1. Stasiun Radio Telephone VHF ditambah DSC.
2. Stasiun Radio Telephone MF/VHF yang dapat berhubungan langsung, DSC, dan NBDP.
3. Penerima NAVTEX, (1 Agustus 1993)
4. EPIRB Satellite dengan frekuensi 406 MHz melalui satelit COSPAS-SARSAT (1 Agustus 1993).
5. Radar Transponder 9 GHz (1 Februari 1995).
6. Radio Telephone VHF Two Way (1 Februari 1995).

Diagram selengkapnya dari peralatan pada sistem GMDSS dapat dilihat pada lampiran.

#### 2.2.3 Peralatan Pada Sistem Navigasi Satelit

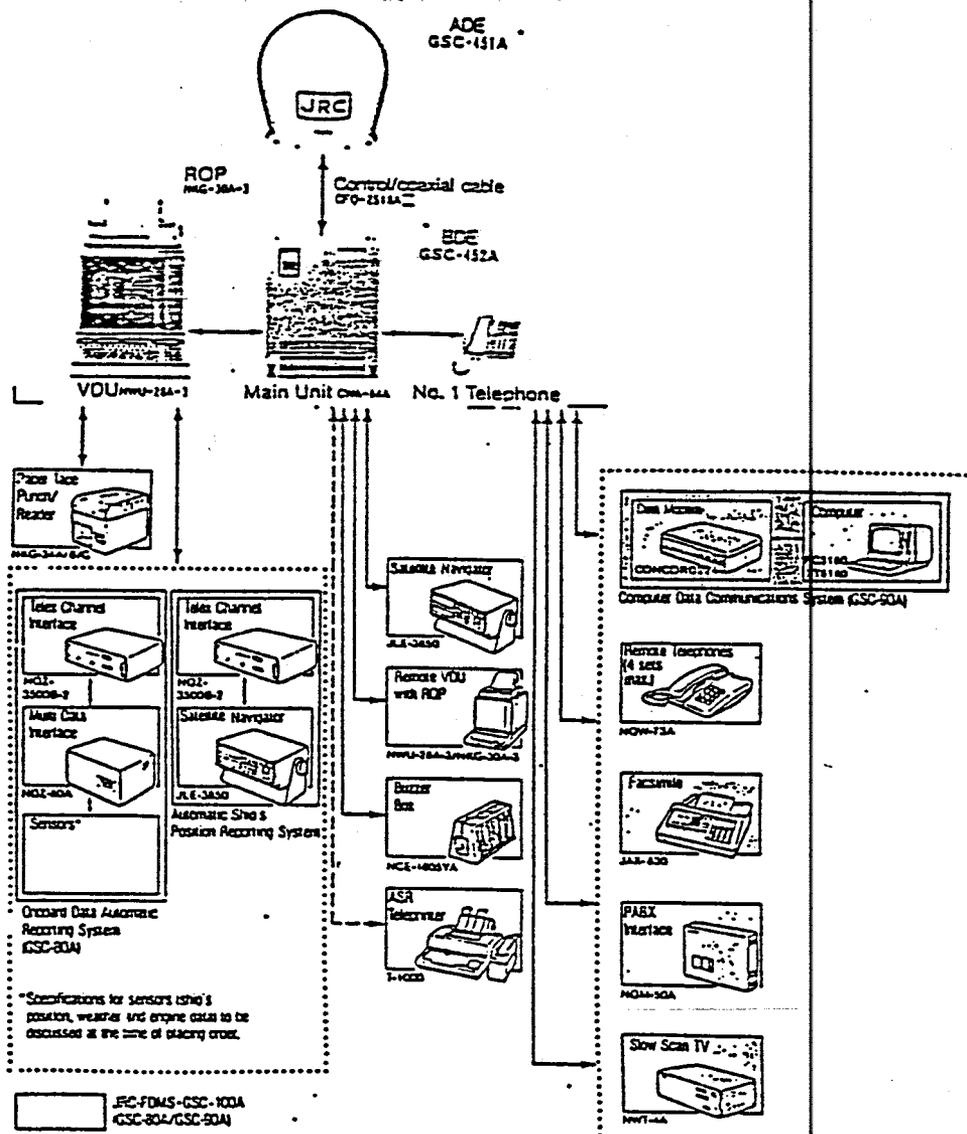
Pada tugas akhir ini akan dibahas sistem dan teknik yang digunakan pada sistem navigasi satelit dengan Inmarsat dan dibantu oleh satelit GPS NAVSTAR

maupun TRANSIT sebagai salah satu komponen pendukung dari GMDSS yang telah dijelaskan di atas.

Bila dilihat pada gambar 2-1 maka peralatan Sistem Navigasi Satelit akan meliputi :

1. GPS Navigator/Receiver untuk penentuan posisi, yang akan berhubungan dengan satelit GPS (NAVSTAR)
2. NNSS Navigator/Receiver untuk penentuan posisi, yang akan berhubungan dengan satelit NNSS (TRANSIT)
3. Peralatan untuk penyampaian informasi navigasi yang akan berhubungan dengan stasiun bumi pantai, maupun dengan stasiun pada kapal lain, dengan fasilitas dari satelit INMARSAT.
4. EPIRB Satellite dengan frekuensi 406 MHz yang melalui satelit COSPAS-SARSAT.

Skema diagram dari peralatan-peralatan pada Sistem Navigasi Satelit ditunjukkan pada gambar 2-3.



GAMBAR 2-3 <sup>1)</sup>

SKEMA DIAGRAM SISTEM NAVIGASI SATELIT

<sup>1)</sup> Japan Radio Co., 'JRC Port Telecom Facilities', Japan Radio Company, Tokyo, 1988

## 2.3 Dasar-dasar Sistem Satelit

### 2.3.1 Macam-macam Orbit Satelit

Bentuk dan besar lintasan satelit ditentukan oleh keadaan permulaan yang harus ditentukan sebelumnya berdasarkan obyektif peluncuran sebuah satelit.

Syarat yang diperlukan supaya sebuah satelit mencapai tujuan dan lintasannya ialah kecepatan, arah, dan ketinggian dari muka bumi. Bila syarat tersebut dipenuhi, maka sebuah satelit akan mulai meluncur dalam lintasannya dan keadaan selanjutnya ditentukan berdasarkan hukum gaya yang berlaku.

Menurut tingginya dari permukaan bumi, orbit lingkaran dapat dibedakan menjadi :<sup>2)</sup>

TABEL II-1. MACAM ORBIT SATELIT

NAMA	TINGGI ORBIT h (km)	PERIODA (jam)
Orbit Rendah	1000 - 5000	2 - 4
Orbit Menengah	5000 - 20000	4 - 12
Orbit Sinkron	± 36000	24
Orbit Subsinkron	± 20000	12
	± 14000	6
	± 10500	6

<sup>2)</sup> Suryanto, Adi, Ir., 'Handout Sistem Komunikasi Satelit', Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya

Selain itu orbit-orbit juga dibedakan di dalam bidang mana orbit-orbit tersebut terletak. Orbit bisa terletak pada :

- Bidang Ekuator (Orbit Ekuator)
- Bidang Kutub (Orbit Polar)
- Bidang yang membentuk sudut dengan bidang ekuator (Orbit Intermediate)

### 2.3.2 Teori Dasar Satelit Komunikasi Geostasioner

#### 2.3.2.1 Terminologi Komunikasi Satelit

Segi-segi teknik dan definisi dari komunikasi satelit diterangkan dalam peraturan-peraturan pada World Administrative Radio Conference (WARC), dan disetujui oleh International Telecommunication Union (ITU).

Menurut aturan-aturan yang ditetapkan oleh ITU, komunikasi radio yang memanfaatkan ruang angkasa sebagai media transmisi disebut dengan 'space radio communications'. Space radio communications diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok, yaitu :

1. Komunikasi antara space station dengan stasiun bumi
2. Komunikasi antar space station
3. Komunikasi antar stasiun bumi melalui space station

Dari ketiga kelompok tersebut, kelompok yang terakhir disebut dengan 'komunikasi satelit'. Secara khusus komunikasi dengan menggunakan satelit geostasioner

disebut dengan komunikasi satelit geostasioner. Sistem komunikasi satelit geostasioner disediakan oleh INTELSAT (International Telecommunication Satellite) dan INMARSAT (International Maritime Satellite Organization).

#### 2.3.2.2. Satelit Geostasioner Dan Daerah Lingkupannya

Suatu satelit disebut dengan satelit geostasioner bila jaraknya konstan terhadap suatu titik di bumi. Hal ini berarti bahwa satelit tersebut tersinkronisasi dengan gerakan rotasi bumi.

Waktu (T) yang dibutuhkan suatu satelit untuk bergerak mengelilingi bumi, sesuai dengan hukum Kepler adalah :<sup>3)</sup>

$$T = 84.4 (1 + h/R)^{3/2} \quad (2-1)$$

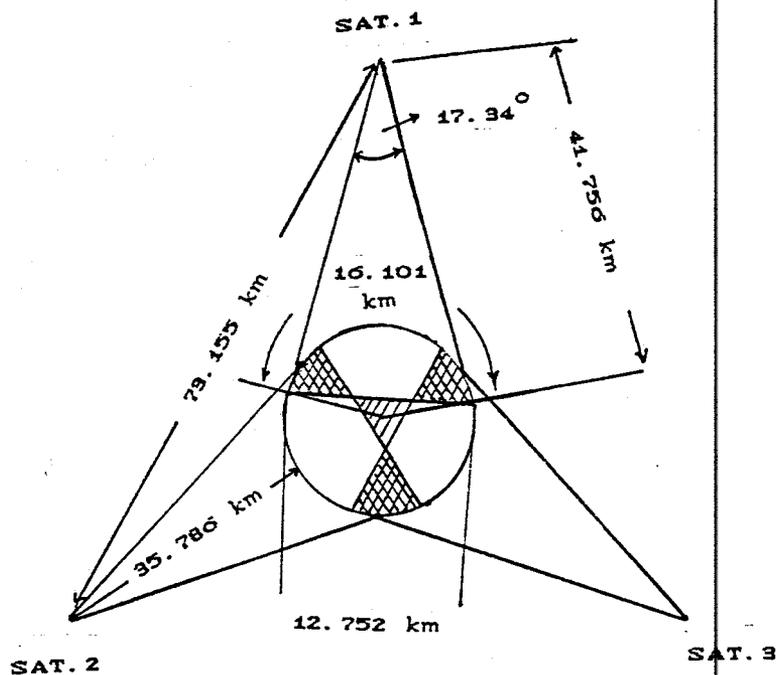
dimana : T = Waktu yang diperlukan oleh suatu satelit untuk mengelilingi bumi ( *menit* )

h = Ketinggian satelit diatas katulistiwa,  
(35.786 km)

R = Jari-jari bumi, 6.376 km

---

<sup>3)</sup> JRC Training Center, 'What Is Inmarsat', Japan Radio Company, Tokyo, 1986, hal.7



GAMBAR 2-4  
LETAK SATELIT GEOSTASIONER

Keterangan :

-  Daerah Overlap
-  Daerah Tak Terlingkup (Daerah kutub)

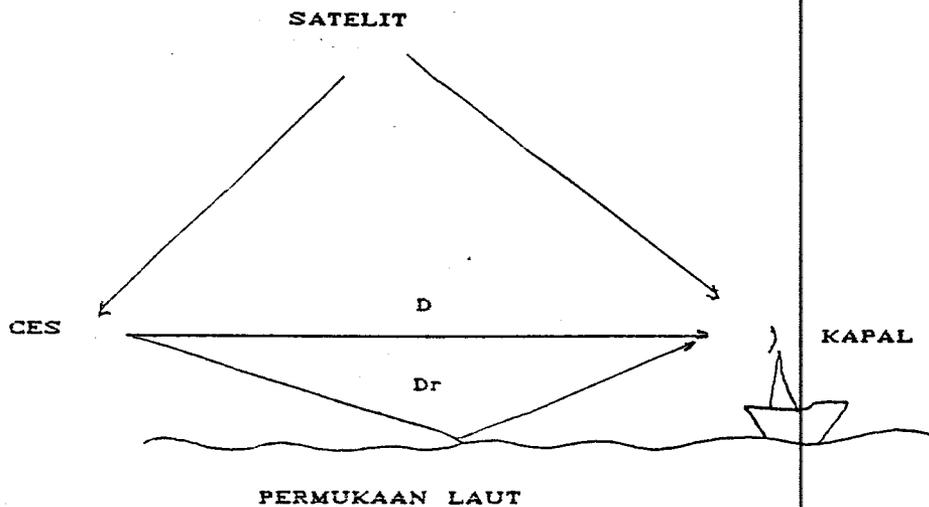
Suatu satelit geostasioner akan mempunyai periode revolusi 24 jam, atau tepatnya 23 jam 56 menit 4 detik. Karena itu ketinggian satelit yang diperlukan di atas bumi harus 35.800 km dengan kecepatan revolusi 3.1 km/detik seperti ditunjukkan pada gambar 2-4.

Jika tiga satelit geostasioner ditempatkan pada orbit yang masing-masing terpisah  $120^\circ$ , maka ketiga

satelit tersebut dapat melingkupi hampir seluruh bagian permukaan bumi, kecuali daerah kutub. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-4, lokasi relatif antara satelit geostasioner dan bumi, maka setiap satelit secara teoritis dapat melingkupi permukaan bumi dari garis lintang  $81^{\circ}\text{LU}$ , sampai  $81^{\circ}\text{LS}$ . Meskipun demikian kualitas komunikasi akan menurun pada daerah dengan jarak sudut elevasi dari  $0^{\circ}$  sampai  $5^{\circ}$  terhadap satelit. Penurunan ini disebabkan kenaikan kedua noise permukaan dan multi-path fading. Karena itu INTELSAT dan organisasi lain seperti MARISAT dan INMARSAT menentukan bahwa sudut elevasi antena efektif minimum untuk stasiun bumi kapal sebesar  $+5^{\circ}$ . Sedangkan menurut penelitian dari sistem MARISAT, komunikasi telex dimungkinkan untuk dilakukan pada daerah di bawah  $5^{\circ}$  dari garis katulistiwa.

#### 2.3.2.3. Multi-path Fading

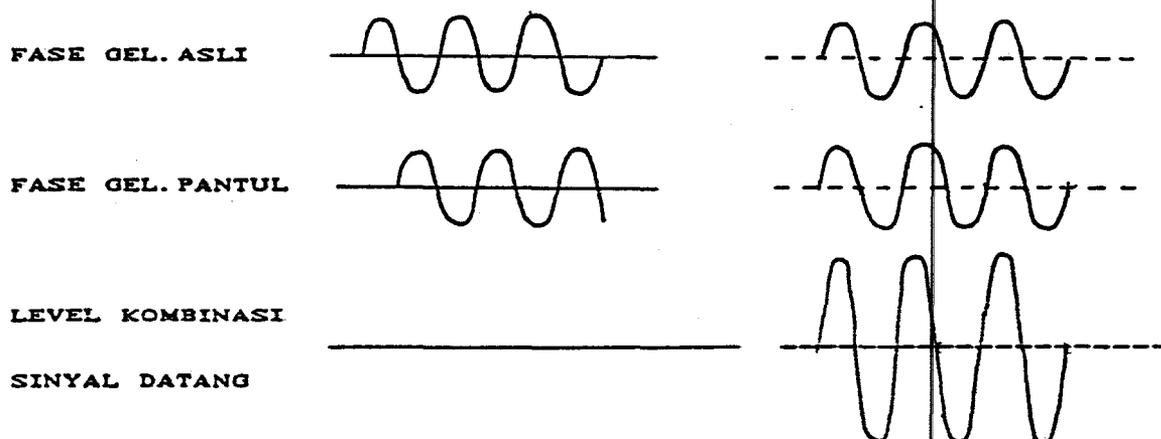
Multi-path fading merupakan faktor utama penurunan reliabilitas dari komunikasi pada daerah dengan sudut elevasi antena yang rendah/kecil. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-5, suatu gelombang yang langsung dari CES (direct wave) dan suatu gelombang pantul pada permukaan laut masuk ke antena dengan sudut tertentu dimana sudut elevasi antena adalah rendah. Karena itu tidak banyak perbedaan antara intensitas sinyal pada kedua



GAMBAR 2-5  
MULTIPATH FADING

gelombang. Jika dalam kondisi ini perbedaan fase yang disebabkan oleh perbedaan jarak propagasi kedua gelombang,  $D$  dan  $Dr$ , adalah  $180^\circ$  (identik dengan setengah panjang gelombang), maka nilai resultan dari kedua kombinasi sinyal adalah nol. Jika perbedaan fase adalah  $360^\circ$  (identik dengan satu panjang gelombang) maka nilai resultan akan merupakan penjumlahan dari kedua sinyal dan akan menjadi lebih besar amplitudonya. Hal ini ditunjukkan pada gambar 2-6.

Perbedaan fase selalu bervariasi menurut pergerakan/perpindahan kapal, sehingga menyebabkan komunikasi yang tidak stabil.



GAMBAR 2-6  
SINYAL RESULTAN KARENA PERBEDAAN FASE

#### 2.3.2.4 Parameter-parameter Komunikasi Satelit

##### 2.3.2.4.1 Signal Strength Dan Signal To Noise Ratio

Sistem komunikasi satelit selalu menggunakan suatu penguat (amplifier) dalam satelitnya. Hal ini dimaksudkan untuk memperkuat sinyal yang diterima yang kemudian harus dikirimkan kembali ke stasiun bumi yang lain.

#### 1. Daya yang diterima ( $P_r$ )

Jika suatu sinyal RF dipancarkan dari suatu antena pemancar dan diterima oleh suatu antena penerima setelah berjalan melalui atmosfer, maka daya RF yang

diterima oleh antena adalah :<sup>4)</sup>

$$\begin{aligned}
 P_r &= \frac{P_t \cdot G_t \cdot A_t \cdot \eta}{4 \pi d^2} \\
 &= (P_t \cdot G_t) G_r \left( \frac{\lambda}{4 \pi d} \right)^2
 \end{aligned}
 \tag{2-2}$$

dimana :

- P<sub>t</sub> : Daya yang dipancarkan
- G<sub>t</sub> : Gain antena pemancar
- d : Jarak propagasi
- A<sub>r</sub> : Daerah aperture antena penerima
- G<sub>r</sub> : Gain antena penerima
- η : Efisiensi antena penerima
- λ : Panjang gelombang sinyal RF

## 2. Rugi propagasi dalam ruang bebas (L<sub>p</sub>)

Rugi propagasi dalam ruang bebas (L<sub>p</sub>) dinyatakan dengan persamaan :<sup>5)</sup>

$$L_p = (4 \pi d / \lambda)^2 \tag{2-3}$$

dimana :

---

<sup>4)</sup> Ibid, hal.10

<sup>5)</sup> Ibid.

$d$  : Jarak propagasi

$\lambda$  : Panjang gelombang sinyal RF

Karena dalam hal ini  $d$  terlalu besar dalam komunikasi satelit, maka  $L_p$  juga besar.

### 3. Equivalent Isotropically Radiated Power (EIRP)

Perkalian dari  $P_t$  dan  $G_t$  disebut dengan Equivalent Isotropically Radiated Power (EIRP). EIRP merupakan satuan untuk menggambarkan daya efektif yang dipancarkan dari suatu antena pemancar menuju arah tertentu.

$$\text{EIRP} = P_t \cdot G_t \quad (2-4)$$

dimana  $P_t$  adalah daya input antena.

EIRP didapatkan dari persamaan di bawah ini:<sup>6)</sup>

$$\text{EIRP (dBW)} = (P_t - L_f) + G_t \quad (2-5)$$

dimana :

$P_t$  = Daya output power amplifier (dBW)

$L_f$  = Rugi feeder (dB)

$G_t$  = Gain antena (dB)

Pada kenyataannya kemampuan satelit juga dibatasi oleh volume dan berat satelit. Dan sesuai dengan keadaan di atas, maka sistem satelit geostasioner yang

---

<sup>6)</sup> Ibid.

digunakan untuk komunikasi dengan kapasitas besar membutuhkan suatu antena dengan gain tinggi untuk memperkuat sinyal yang diterima lemah.

#### 2.3.2.4.2 Carrier To Noise Ratio (C/N<sub>D</sub>)

Daya noise yang dikonversi ke suatu level input antena dinyatakan dengan,  $P_n$  :

$$P_n = k T_s B \quad (2-6)$$

dimana :

$k$  = Konstanta Boltzmann's ( $1,38 \cdot 10^{-23}$  J/K)

$T_s$  = Temperatur ekuivalen ( K )

$B$  = Bandwidth frekuensi ( Hz )

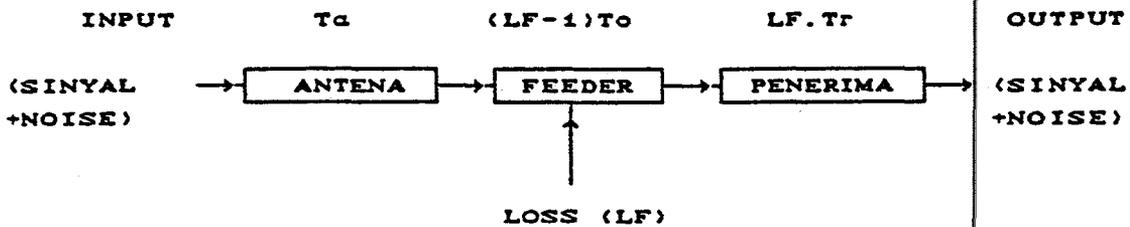
Untuk perhitungan daya sinyal yang diterima, maka dapat dilihat pada blok diagram sistem penerima komunikasi satelit, pada gambar 2-7.

Dari blok diagram sistem penerima tersebut, maka temperatur ekuivalen pada sistem penerima adalah,  $T_s$  :

$$T_s = T_a + (LF - 1) T_o + LP \cdot T_r \quad (2-7)$$

---

<sup>7)</sup> Ibid, hal.12



GAMBAR 2-7<sup>B)</sup>  
BLOK DIAGRAM SISTEM PENERIMA KOMUNIKASI

dimana :

- Ta = Temperatur derau input ekivalen antena
- LF = Rugi dari sistem feeder, lebih dari satu (>1)
- To = Temperatur derau dari sistem feeder
- Tr = Temperatur derau penerima

Dalam hal ini Ta terdiri dari seluruh noise eksternal yang diterima pada antena seperti noise ruang, noise atmosfer, noise karena hujan, dan noise ground yang dibawa melalui side lobe dari pengarah antena. Sesuai dengan penelitian dari IMO (International Maritime Organization), maka INMARSAT menetapkan nilai Ta adalah 80° K. Dan dari berbagai macam noise tersebut, ground noise dan noise atmosfer akan naik dengan cepat pada sudut elevasi kecil/rendah. Dan faktor inilah yang menyebabkan

---

<sup>B)</sup> Ibid.

dibataskannya sudut elevasi minimum dari sistem komunikasi satelit menjadi  $5^\circ$  dari katulistiwa (sudut elevasi  $\geq 5^\circ$ ).

Suku yang kedua,  $(LF - 1)T_o$ , dalam persamaan untuk  $T_s$ , maka TF menyatakan noise input ekuivalen yang akan ada pada sistem feeder. Diasumsikan bahwa :

$$T_o = 290^\circ \text{ K (Temperatur ruang)}$$

$$LF = \text{mendekati } 1$$

Noise input ekuivalen TL dinyatakan dengan :

$$TL = 66.7 \times (LF) \quad K \quad (2-8)$$

Carrier to noise ratio  $(C/N)_r$  pada sistem penerima dinyatakan sebagai berikut :<sup>9)</sup>

$$\begin{aligned} (C/N)_r &= P_r/P_n \\ &= [(P_t \cdot G_t / (k \cdot B))] (G_r / T_s) (\lambda / 4\pi d)^2 \end{aligned} \quad (2-9)$$

#### 2.3.2.4.3 Figure of Merit $(G/T)$ <sup>10)</sup>

Bila sistem penerima beroperasi pada cuaca yang baik tanpa interferensi radio, nilai dari  $G/T$  akan memberikan penampilan yang optimum pada sistem penerima.  $G/T$  disebut dengan Figure of Merit (db/K), dan dipengaruhi oleh gain penerimaan antena dan temperatur derau sistem penerima. Sehingga untuk suatu harga tertentu terdapat berbagai kombinasi antena dan penguat derau rendah.

---

<sup>9)</sup> Ibid, hal.13

<sup>10)</sup> Suryanto, Adi, Ir., op.cit, hal.101

### 2.3.2.5 Sifat-sifat Komunikasi Satelit Geostasioner

#### 2.3.2.5.1 Keunggulan-keunggulan Satelit Geostasioner

Dengan orbit yang cukup tinggi sehingga mempunyai daerah lingkupan yang lebar, serta dengan menggunakan daya dan penguatan yang cukup besar, maka terdapat beberapa keunggulan dari sistem komunikasi satelit geostasioner, yaitu :

1. Kemampuan Multiple Access
2. Daerah Lingkup yang lebar/luas
3. Kemampuan komunikasi dengan band lebar dan kualitas tinggi
4. Cocok untuk komunikasi bergerak
5. Ekonomis

#### 2.3.2.5.2 Kesulitan Dari Komunikasi Satelit Geostasioner

Terdapat beberapa kesulitan dari penggunaan satelit geostasioner untuk komunikasi, yaitu :

##### 1. Pengaruh Waktu Tunda Pada Komunikasi

Rangkaian telepon dengan jarak yang jauh biasanya mempunyai konverter two-wire/four wire pada peralatan terminal. Konverter-konverter yang tidak match umumnya akan menyebabkan terjadinya echo. Pengaruh echo akan menaikkan waktu tunda.

Satelit geostasioner berada 35.800 km dari permukaan bumi terdekat dan lebih dari 40.000 km dari titik terjauh

dari daerah pelayanan satelit, dan gelombang radio akan merambat dalam 530 mdetik ( $= 40.000 \text{ km} \times \frac{4}{300.000} \text{ km}$ ) untuk sampai kembali ke stasiun bumi yang lain pada komunikasi antar stasiun bumi lewat satelit.

Untuk pembicaraan melalui telepon, waktu tunda adalah sangat berpengaruh. Karena alasan ini maka echo supressor selalu digunakan dalam rangkaian komunikasi satelit untuk memberikan peredaman yang diperlukan. Walaupun demikian pengaruh echo akan tetap tampak pada percakapan, meskipun echo tersebut dapat ditekan atau dieliminir. Karena itu hubungan dari rangkaian komunikasi jarak jauh antara pemakai di kapal dan di darat pada lingkupan satelit maritim dicoba untuk menghindari penggunaan link satelit dua kali untuk menurunkan waktu tunda.

## 2. Pengaruh Dari Gerhana Matahari

Satelit geostasioner masuk ke suatu daerah dekat dengan bumi pada tengah malam sepanjang vernal dan autumnal equinoxes. Dari penelitian oleh INMARSAT maka diperoleh bahwa :

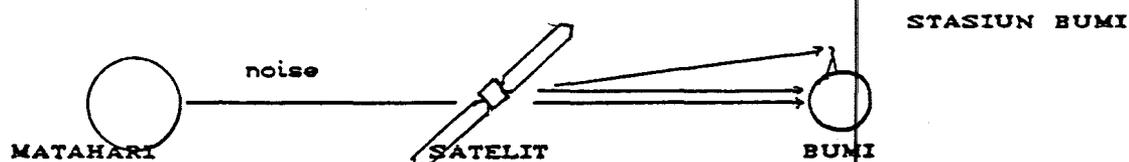
- Gerhana matahari maksimum, dalam satu hari adalah selama 69 menit.
- Periode waktu gerhana adalah sekitar 45 hari dalam satu tahun.

Selama perioda waktu tersebut, tidak ada daya yang dibangkitkan dalam panel surya dari power supply satelit. Untuk mengatasi hal tersebut digunakan baterai kimia, yaitu baterai Nickel-cadmium (Ni-/Cd) untuk memberikan supply daya ke satelit.

### 3. Interferensi Matahari

Interferensi matahari muncul pada waktu vernal dan autumnal equinoxes setiap tahun. Hal ini disebabkan ketika matahari berada paling dekat dengan satelit geostasioner, maka matahari, satelit dan bumi berada dalam satu garis lurus seperti ditunjukkan pada gambar 2-8.

Lama waktu interferensi tersebut terjadi hanya selama beberapa detik sampai beberapa menit setiap hari, dengan perioda waktu lima hari dalam setiap equinox (dua kali setahun). Selama perioda waktu tersebut, noise matahari yang memasuki receiver mengakibatkan reduksi dari signal to noise ratio. Noise matahari tersebut akan



GAMBAR 2-8  
INTERFERENSI MATAHARI

berinterferensi dengan sinyal RF pada propagasi antara dua stasiun bumi melalui satelit dan akan menggagalkan komunikasi. Fenomena ini disebut dengan 'Sun Interference'. Hal ini hanya dapat dihindari dengan menjalankan satelit cadangan yang mempunyai orbit yang berbeda. Namun karena pengaruh dari interferensi matahari maksimum hanya beberapa menit saja dalam satu tahun, maka pengaruh tersebut dapat diabaikan dalam praktis.

#### 4. Blocking

Sistem komunikasi satelit geostasioner menggunakan gelombang mikro antara SES (stasiun bumi) dan satelit. Sesuai dengan sifatnya, maka gelombang mikro akan mempunyai propagasi lurus dan tanpa difraksi seperti HF dan UHF. Jika terdapat halangan pada lintasan propagasi, maka gelombang mikro akan ditahan (diblok) dan komunikasi tidak dapat berlangsung.

Beberapa macam blocking digambarkan pada gambar 2-9. Harus dilakukan perencanaan yang tepat untuk menempatkan lokasi antena sehingga dapat menghindari blocking, yakni dengan menempatkan antena lebih tinggi dari benda-benda yang menghalangi. Pemasangan antena yang terlalu tinggi juga tidak dianjurkan, karena akan mempunyai vibrasi yang lebih banyak dan menyebabkan tingginya noise temperatur. Oleh sebab itu lokasi dari Above-Deck-Equipment (ADE)

harus ditentukan sehingga vibrasi dan temperatur tidak melebihi dari toleransi yang dispesifikasikan pada installation manual.

### 2.3.2.6 Sifat Dari Sistem Komunikasi Satelit Maritim

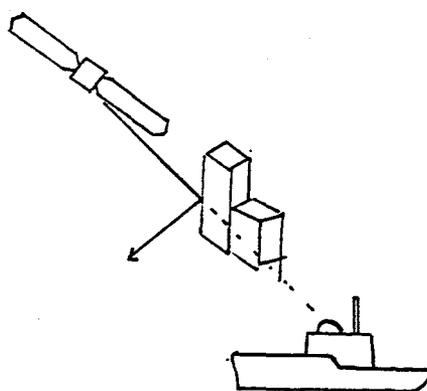
Sistem komunikasi satelit maritim terdiri dari bagian-bagian :

1. Space segment
2. Stasiun bumi kapal (Ship Earth Station/SES)
3. Stasiun bumi pantai(Coast Earth Station/SES)

Setiap space segment terdiri dari satu satelit geostasioner dan fasilitas-fasilitas di darat untuk tracking dan pengontrolan satelit.

Menurut definisi dari Radio Communication Rules, maka :

- Link komunikasi antara SES dan satelit merupakan 'Maritime mobile-satellite service'.



GAMBAR 2-9  
BLOCKING

- Link komunikasi antara CES dan satelit merupakan 'Fixed Satellite service'.

Sistem komunikasi satelit maritim dapat dilakukan sebagai kombinasi dari kedua pelayanan tersebut.

#### Frequency Band

- Maritime mobile service : 1.5 GHz dan 1.6 GHz (L-band).

Digunakan pada link antara SES dan satelit.

- Fixed satellite service : 4 GHz dan 6 GHz.

Digunakan pada link antara CES dan satelit.

Pada perencanaan sistem satelit maritim yang harus diperhatikan adalah :

1. Rugi-rugi propagasi ruang bebas dan peredaman karena hujan, dimana pada L-band akan lebih rendah daripada C-band.
2. Ship-borne antenna dibatasi oleh ukurannya dan faktor penampilan receiver.
3. Jika sudut elevasi satelit adalah kecil/rendah, maka pantulan gelombang RF pada permukaan laut akan mempengaruhi komunikasi.

Sifat-sifat operasi dari sistem satelit maritim adalah trafik dari setiap SES adalah sporadik. Karena itu digunakan sistem Demand Assignment. Dalam sistem ini CES menandai kanal satelit untuk setiap permintaan dari SES atau pelanggan di darat. Selain itu setiap SES harus

dilengkapi dengan peralatan untuk menjaga pengarahannya antenna di satelit supaya berada pada arah yang benar terhadap kapal.

## 2.4 Sistem Spread Spectrum

Sistem navigasi maupun komunikasi yang digunakan pada pelayanan maritim didasari dengan aplikasi dari teknik spread spectrum.

### 2.4.1 Definisi

#### 2.4.1.1 Spektrum

Sebelum mendefinisikan sistem spread spectrum, maka harus diketahui terlebih dahulu pengertian *spektrum*. Suatu spektrum merupakan pernyataan sinyal dalam kawasan frekuensi, dalam hal ini sinyal yang dimaksud adalah sinyal termodulasi. Untuk menjadikan sinyal yang dinyatakan dalam kawasan waktu menjadi dalam kawasan frekuensi, maka digunakan Transformasi Fourier. Hubungan antara kawasan waktu dan kawasan frekuensi dinyatakan dengan persamaan integral :<sup>11)</sup>

$$F(f) = \int f(t) \exp(-j\omega t) dt \quad (2-10)$$

---

<sup>11)</sup> Dixon, Robert, D., 'Spread Spectrum Systems' John Wiley & Sons, New York, Second Edition, 1984, hal.2

yang mengubah fungsi waktu menjadi fungsi frekuensi, dan

$$f(t) = \int F(f) \exp j\omega t df \quad (2-11)$$

yang merupakan operasi inversnya.

#### 2.4.1.2 Spread Spectrum

Suatu sistem spread spectrum merupakan suatu sistem dimana sinyal yang ditransmisikan sangat diperlebar melebihi band frekuensi informasi, sehingga kenyataannya sangat melebihi bandwidth minimum dari yang dibutuhkan untuk mengirimkan informasi.<sup>12)</sup>

Sedangkan untuk spread spectrum, mengambil suatu sinyal informasi dengan bandwidth hanya beberapa kilohertz, dan mendistribusikannya melebihi band frekuensi minimum, bahkan sampai beberapa megahertz.

Tiga teknik yang umum pada metoda pensinyalan spread spectrum adalah :<sup>13)</sup>

- a. Pemodulasian dari suatu carrier oleh suatu deretan kode digital yang mempunyai kecepatan bit lebih tinggi

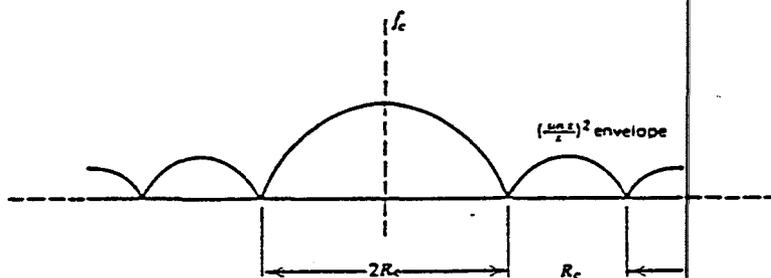
---

<sup>12)</sup> Ibid, hal.4

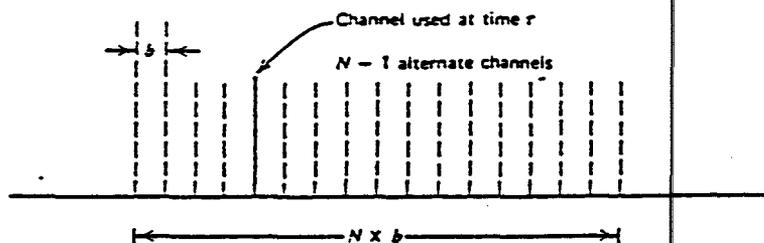
<sup>13)</sup> Ibid.

daripada bandwidth sinyal informasi. Sistem tersebut adalah sistem termodulasi dengan 'direct sequence'. Hal ini ditunjukkan pada gambar 2-10.

- b. Pergeseran frekuensi carrier naik secara diskrit dalam bentuk yang dipengaruhi oleh deretan kode tersebut. Hal ini disebut dengan 'frequency hopping'. Pemancar akan melompat dari frekuensi ke frekuensi yang telah ditentukan oleh deretan kode pemodulasi. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2-11.
- c. Pulsa FM atau modulasi 'chirp' dikeluarkan dari band tersebut selama adanya interval pulsa.



GAMBAR 2-10  
SPEKTRUM SINYAL DIRECT SEQUENCE



GAMBAR 2-11  
SPEKTRUM SINYAL FREQUENCY HOPPING

Dasar dari teknologi spread spectrum adalah kapasitas kanal. Menurut C.E. Shannon :<sup>14)</sup>

$$C = B \log_2 \left[ 1 + \frac{S}{N} \right] \quad (2-12)$$

dimana  $C$  = kapasitas kanal (bit/detik)

$B$  = bandwidth (Hz)

$N$  = daya noise

$S$  = daya sinyal

Persamaan tersebut menunjukkan hubungan antara kemampuan suatu kanal untuk mentransfer informasi bebas error, dibandingkan dengan signal to noise ratio yang ada pada kanal, dan bandwidth yang digunakan untuk memancarkan sinyal informasi.

Sistem spread spektrum akan mempunyai dua kriteria :

1. Bandwidth transmisi lebih besar dari bandwidth atau kecepatan informasi yang ditransmisikan.
2. Informasi yang dikirimkan dipakai untuk menentukan bandwidth RF termodulasi yang dihasilkan.

## 2.4.2 Teknik Spread Spectrum

### 2.4.2.1. Sistem Direct Sequence

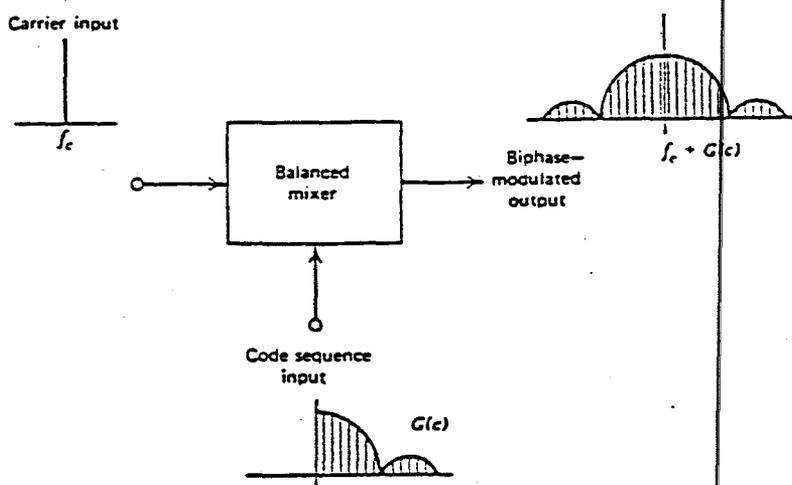
Modulasi dengan direct sequence merupakan

<sup>14)</sup> Shanmugam, Sam. K., 'Digital And Analog Systems, John Wiley & Sons, New York, 1979, hal.175

pemodulasian carrier dengan suatu deretan kode secara langsung. Umumnya format pemodulasinya berupa AM (pulsa), FM, atau bentuk-bentuk modulasi amplitudo atau modulasi sudut yang lain.

Modulasi direct sequence (biphase) ditunjukkan pada gambar 2-12. Suatu balance mixer yang mempunyai input deretan kode dan suatu carrier RF beroperasi sebagai modulator biphase.

Meskipun bentuk-bentuk modulasi lain seperti PAM dapat digunakan, namun modulasi balance adalah lebih umum digunakan dalam sistem direct sequence, karena :



GAMBAR 2-12<sup>15)</sup>  
MODULATOR DIRECT SEQUENCE (BIPHASE)

<sup>15)</sup> Dixon, Robert, C., op.cit, hal.17

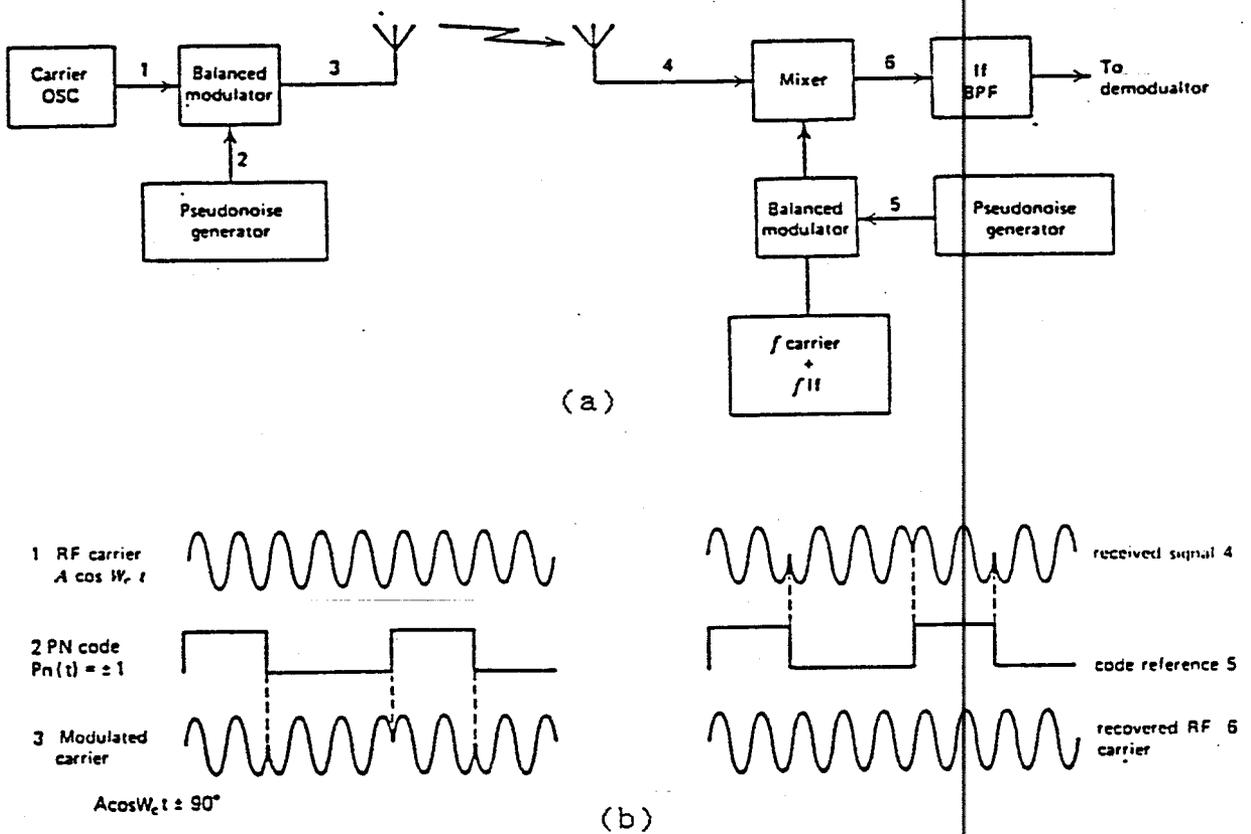
- a. Suppressed carrier yang dihasilkan sulit dideteksi. Suatu sistem penerima yang konvensional tidak dapat mendeteksi carrier karena berada di bawah level noise yang disebabkan oleh modulasi kode.
- b. Membutuhkan daya yang lebih besar untuk pengiriman informasi, karena daya yang ada pada pemancar hanya digunakan untuk mengirimkan sinyal dari penghasil kode.
- c. Sinyal memiliki level envelope yang konstan sehingga efisiensi daya yang ditransmisikan adalah maksimum untuk bandwidth yang digunakan.

Gambar 2-13 menunjukkan diagram blok keseluruhan sistem direct sequence, termasuk bentuk-bentuk sinyalnya.

Blok diagram link komunikasi tersebut mirip dengan link komunikasi AM atau FM. Gelombang pembawa (carrier) tidak selalu dimodulasi oleh informasi baseband. Informasi baseband didigitalkan dan ditambahkan ke deretan kode. Diasumsikan bahwa gelombang pembawa RF telah dimodulasikan sebelum modulasi kode sebab hal ini akan memudahkan proses modulasi-demodulasinya.

Setelah diperkuat sinyal yang diterima dikalikan dengan suatu kode referensi dan dengan mengasumsikan bahwa kode dari pemancar dan penerima adalah sinkron, maka invers gelombang pembawa yang dipancarkan akan dipisahkan dan gelombang pembawa yang asli akan diperoleh.

Sinyal-sinyal yang tidak sinkron dengan referensi kode pada penerima diperlebar bandwidthnya sehingga sama dengan bandwidthnya ditambah dengan bandwidth referensi penerima.



GAMBAR 2-13 16)

SISTEM LINK KOMUNIKASI DIRECT SEQUENCE

(a) DIAGRAM BLOK SISTEM DIRECT SEQUENCE

(b) BENTUK-BENTUK SINYAL PADA DIAGRAM BLOK

16) Ibid, hal.18

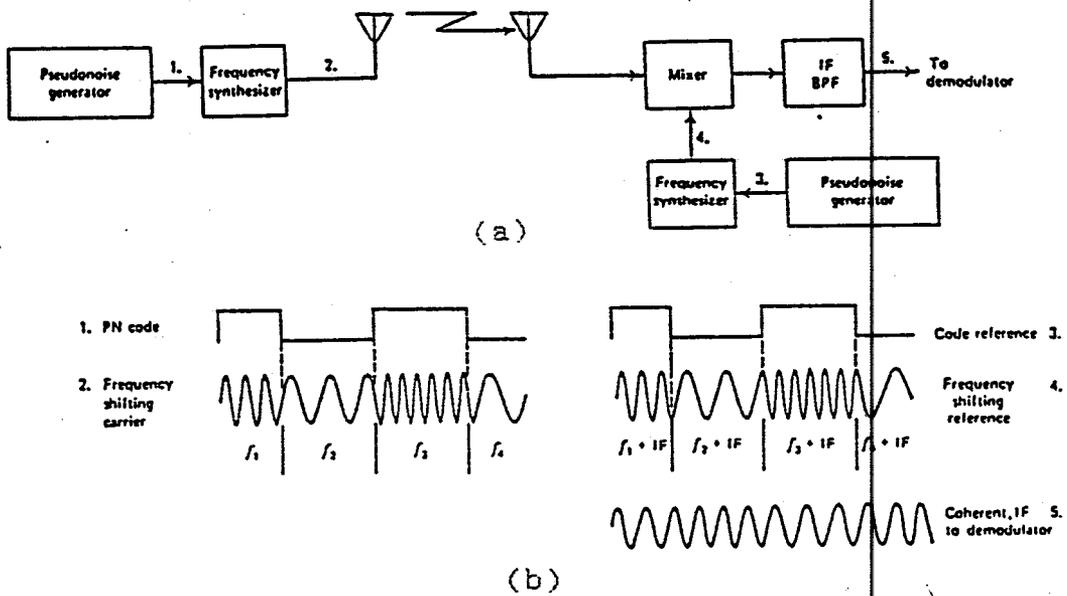
Karena itu bandpass filter dapat menapis hampir seluruh daya dari sinyal yang tidak sinkron tersebut. Sedangkan sinyal input yang sinkron dengan referensi penerima akan dapat diterima.

Bandwidth RF pada sistem direct sequence berpengaruh secara langsung terhadap kemampuan sistem. Misalnya, jika bandwidth RF 20 MHz, maka gain proses akan dibatasi pada 20 MHz. Bandwidth RF ini akan berpengaruh terhadap gain proses pada sistem direct sequence.

#### 2.4.2.2 Frequency Hopping

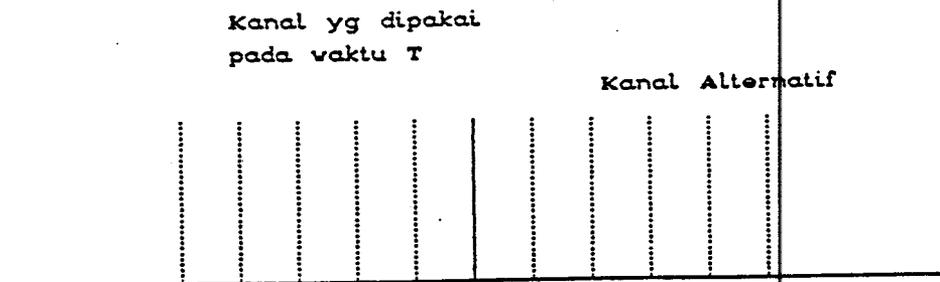
Sistem frequency hopping atau "frequency hopper" terdiri dari suatu pembangkit kode dan suatu synthesizer frekuensi yang akan memberikan tanggapan kepada output dari pembangkit kode. Secara ideal, output frequency hopper merupakan frekuensi tunggal. Namun secara praktis sistem tersebut harus didukung oleh suatu spektrum output yang merupakan komposit dari frekuensi yang diinginkan, sideband, dan frekuensi spurious.

Gambar 2-14. merupakan diagram blok dari suatu sistem transmisi frequency hopping. Spektrum sinyal dari sistem frequency hopper ditunjukkan pada gambar 2-15.



GAMBAR 2-14 <sup>17)</sup>

SISTEM TRANSMISI FREQUENCY HOPPING  
 (a) DIAGRAM BLOK SISTEM FREQUENCY HOPPING  
 (b) BENTUK-BENTUK SINYAL PADA DIAGRAM BLOK



GAMBAR 2-15 <sup>18)</sup>

SPEKTRUM SINYAL FREQUENCY HOPPING IDEAL

17) Ibid. hal. 30

18) Ibid. hal. 31

Gain proses untuk sistem frequency hopping adalah sama dengan sistem direct sequence, yaitu :<sup>19)</sup>

$$G_p = \frac{BW_{RF}}{R_{info}} \quad (2-13)$$

Untuk penentuan kecepatan frequency hopping harus menggunakan parameter :

- a. Tipe dan kecepatan informasi yang dikirimkan.
- b. Redundansi yang digunakan.
- c. Jarak ke interferer terdekat.

Informasi pada frequency hopping biasanya dikirimkan dalam bentuk sinyal digital.

Untuk penentuan kecepatan kesalahan untuk sistem frequency hopping, dengan mengasumsikan memakai FSK biner, dapat dinyatakan dengan persamaan :<sup>20)</sup>

$$P_e = \sum_{x=r}^c \binom{c}{x} p^x q^{c-x} \quad (2-14)$$

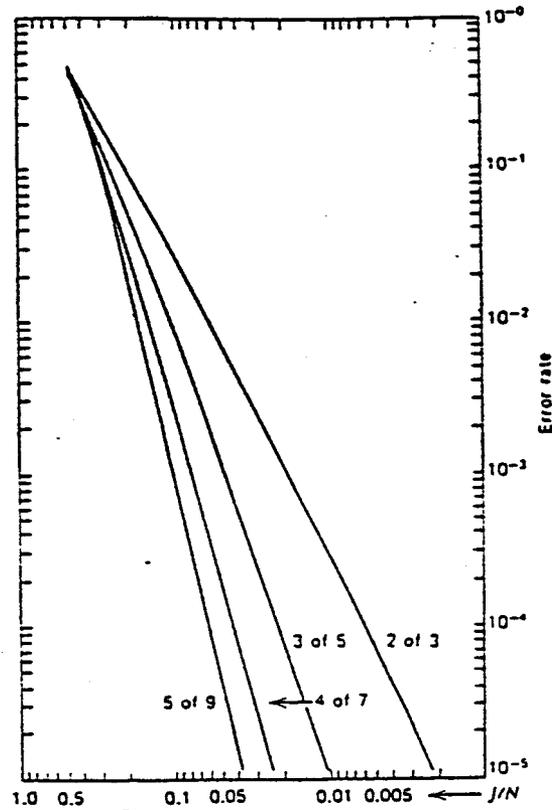
dimana  $p$  = probabilitas kesalahan single trial =  $J/N$

$J$  = jumlah kanal yang terganggu

---

<sup>19)</sup> Ibid.

<sup>20)</sup> Ibid. hal.35



GAMBAR 2-16 <sup>21)</sup>

GRAFIK KECEPATAN KESALAHAN

$N$  = jumlah kanal yang memungkinkan

$q$  = probabilitas tanpa error untuk single trial =

$$1 - p$$

$c$  = jumlah chip

$r$  = jumlah chip yang salah penyebab kesalahan bit

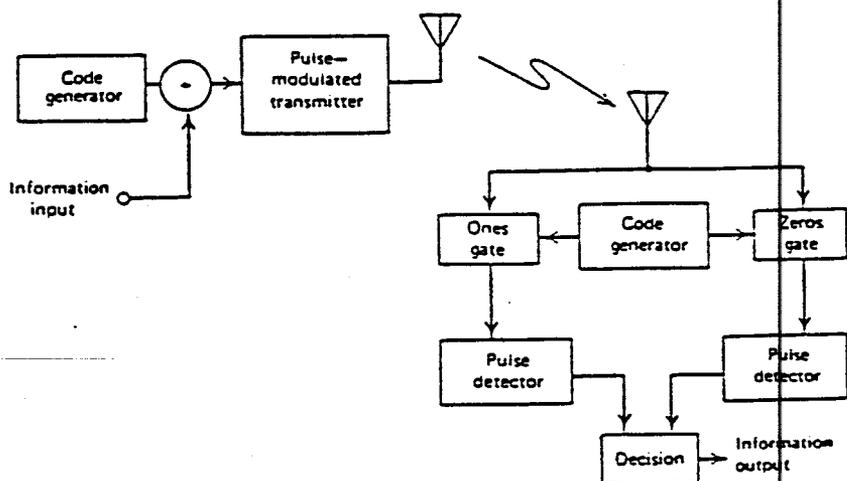
Gambar 2-16. menunjukkan hubungan antara kanal yang terganggu dengan kecepatan kesalahan.

<sup>21)</sup> Ibid, hal.37

### 2.4.2.3 Time Hopping

Pada time hopping deretan kode digunakan sebagai pengaktif pemancar. Pemancar akan 'on' atau 'off' tergantung pada deretan pseudorandom. Diagram blok dari sistem time hopping ditunjukkan pada gambar 2-17.

Time hopping digunakan untuk mereduksi interferensi antar sistem dalam time division multiplexing.



GAMBAR 2-17<sup>22)</sup>  
SISTEM TIME HOPPING

<sup>22)</sup> Ibid, hal.43

Sistem-sistem yang diterangkan di atas dapat digabungkan untuk mendapatkan suatu sistem yang lebih baik. Sistem-sistem gabungan yang biasanya digunakan antara lain :

1. Modulasi Frequency Hopped-Direct Sequence
2. Time-Frequency Hopping
3. Time Hopping-Direct Sequence

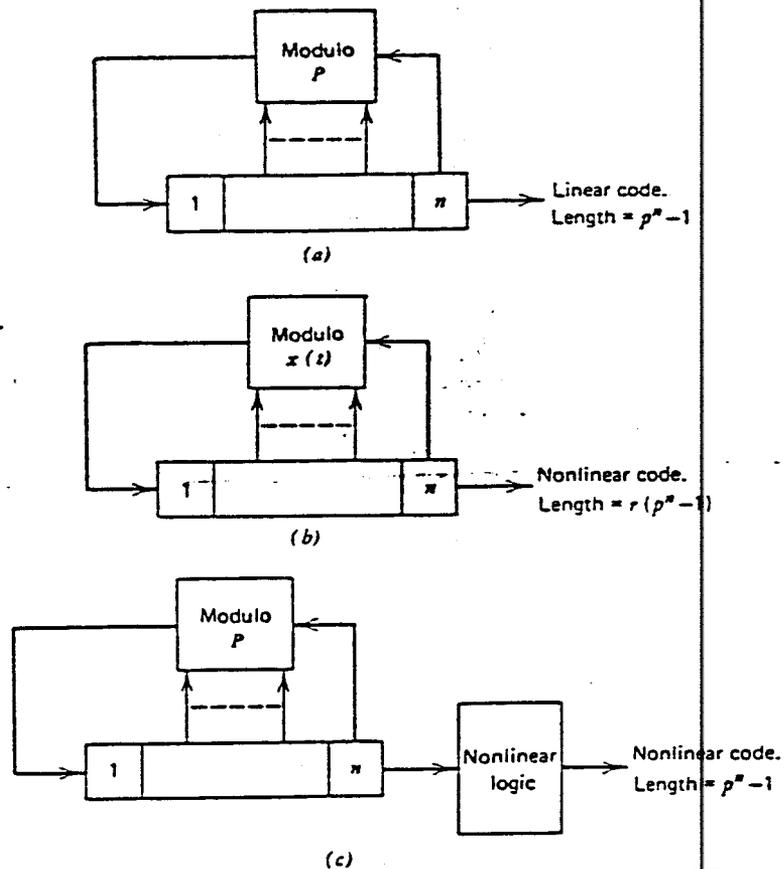
#### 2.4.3. Pengkodean Sistem Spread Spectrum

Pada bagian ini akan diberikan gambaran mengenai pengkodean pada sistem spread spectrum untuk navigasi maupun untuk komunikasi. Pengkodean pada sistem spread spectrum berlaku sebagai noiselike carrier untuk sinyal informasi.

Kode-kode tersebut berupa kode yang acak dan dibangkitkan pada suatu generator, seperti ditunjukkan pada gambar 2-18.

##### 2.4.3.1 Deretan Kode Maksimum

Kode maksimum didefinisikan sebagai kode terpanjang yang dibangkitkan oleh suatu shift register atau elemen tunda. Shift register pada pembangkit kode tersebut merupakan register yang bekerja sesuai dengan alur logika yang telah diprogram, dengan umpan balik ke input semula.



GAMBAR 2-18  
KONFIGURASI GENERATOR KODE LINIER DAN NONLINIER

Sifat-sifat dari deretan kode maksimum adalah :

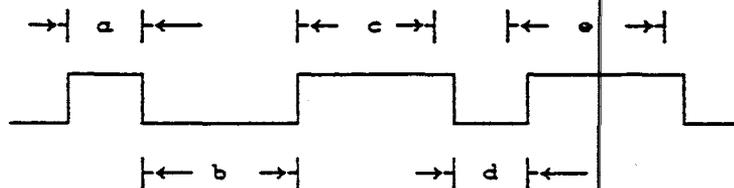
1. Jumlah 'satu' pada suatu deret sama dengan jumlah 'nol' dalam chip.
2. Distribusi statistik 'satu' dan 'nol' adalah sama.
3. Autokorelasi dari suatu kode linier maksimal untuk semua phase shift adalah -1.

4. Penambahan dengan modulus-2 dari suatu kode linier maksimum akan menghasilkan replika dengan fase yang berbeda dengan aslinya.
5. Setiap keadaan yang mungkin, n-tuple, dari suatu generator n-tingkat adalah tetap selama pembangkitan kode secara lengkap.

Beberapa hal yang perlu dipelajari pada deretan kode maksimum adalah :<sup>23)</sup>

#### 1. Run Length Distribution

Run merupakan deretan grup yang terdiri dari 'satu' dan 'nol' secara berturutan. Gambaran suatu run ditunjukkan pada gambar 2-19.



GAMBAR 2-19

R U N

#### Keterangan :

- a = Run dengan panjang satu 'satu'
- b = Run dengan panjang dua 'nol'

<sup>23)</sup> Ibid, hal. 60

- c = Run dengan panjang dua 'nol'
- d = Run dengan panjang satu 'zero'
- e = Run dengan panjang dua 'satu'

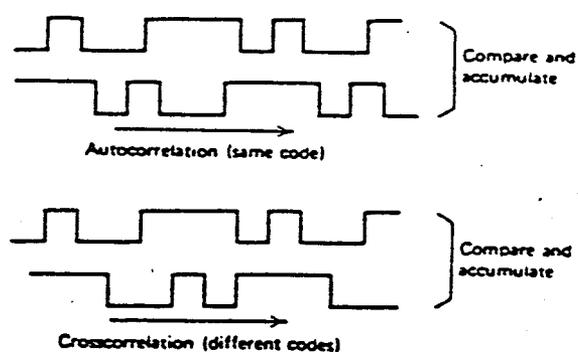
## 2. Autokorelasi

Autokorelasi yang dimaksud adalah derajat hubungan antara suatu kode dengan replikanya dengan pergeseran fase tertentu.

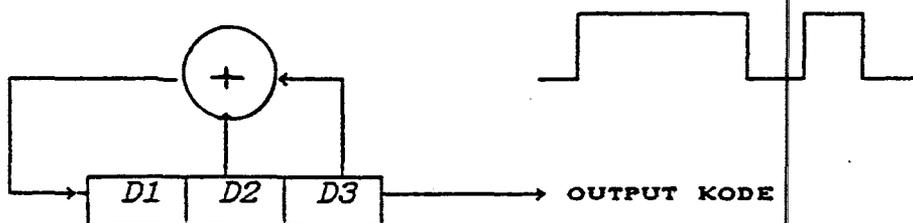
### 2.4.3.2 Konfigurasi Generator Kode Linier

Suatu generator deretan kode linier dapat dibuat dari suatu set elemen tunda yang dihubungkan dengan elemen linier dan lintasan umpan balik.

Gambar 2-20 menunjukkan autokorelasi dan cross-korelasi pada pembangkitan kode Gold. Autokorelasi tersebut menunjukkan derajat hubungan antara kode dan turunannya. Sedangkan cross-korelasi mengukur kecocokan dari dua kode yang berbeda.



GAMBAR 2-20  
AUTOKORELASI DAN CROSS-KORELASI



GAMBAR 2-21  
GENERATOR DERETAN KODE

Gambar 2-21 menunjukkan bentuk umum dari generator linier. Output dari elemen tunda terakhir  $D_n$  dan suatu tingkat intermediate  $D_j$  dikombinasikan dalam penjumlahan dengan modulus-2 dan diumpanbalikkan ke input dari elemen tunda pertama.

#### 2.4.4 Navigasi Dengan Sistem Spread Spectrum

##### 2.4.4.1 Teknik Ranging

Sistem modulasi dan demodulasi yang dipakai pada teknik ranging dengan direct sequence sama dengan sistem yang dipakai pada sistem komunikasi dengan spread spectrum, termasuk juga pengkodean pada proses pemodulasian gelombang pembawa. Baseband dan kanal informasi tidak dipengaruhi oleh operasi ranging. Sehingga kedua operasi tersebut dapat dilakukan secara bersamaan. Hal ini akan mendukung pengoperasian report data navigasi dengan sistem komunikasi pada sistem INMARSAT.

Gambar 2-22 menunjukkan operasi dari sistem ranging

dengan spread spectrum. Gambar 2-22(a) merupakan sistem simplex dan gambar 2-22(b) merupakan sistem duplex.

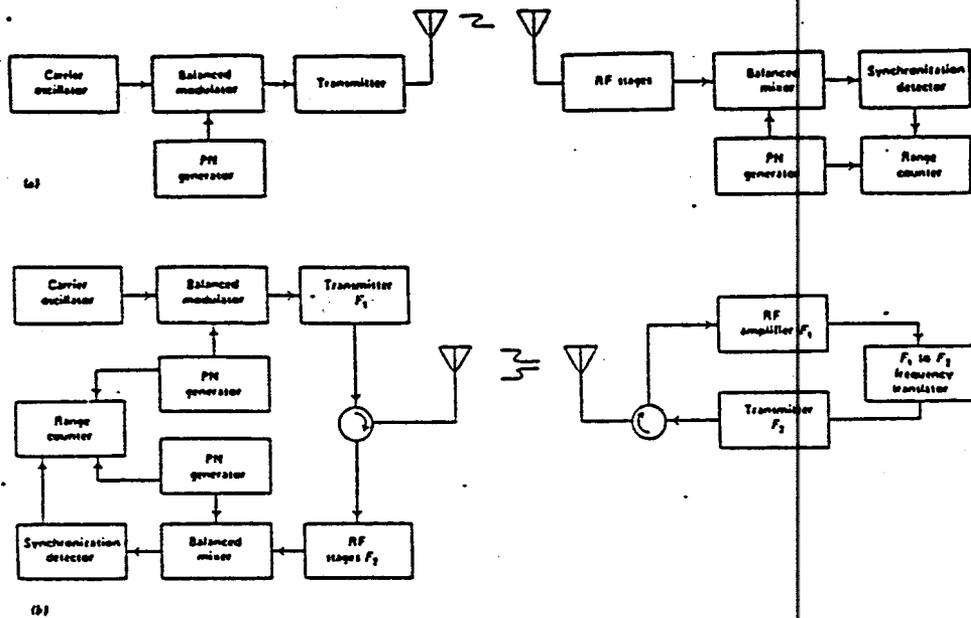
Pada penerima sinyal yang diterima dibandingkan dengan sinyal yang dikirimkan pemancar dan diukur waktu tundanya. Sistem tersebut menggunakan suatu pembangkit deretan kode yang acak.

Terminal yang memerlukan pengukuran ranging akan mengirimkan suatu deretan kode yang dianggap cukup waktu sampai penerima akan mensinkronisasi sinyal yang diterimanya.

Sistem ini tidak dibahas secara mendetail karena lebih banyak ditekankan pada sistem ranging (RADAR).

#### 2.4.4.2. Direction Finding

Untuk melengkapi teknik ranging maka harus dibantu dengan pengarahan yang tepat. Untuk keperluan itu maka diperlukan suatu antena khusus. Gambar 2-23 menunjukkan suatu pola antena yang digunakan untuk penentu arah. Semua tipe antena disusun dan kemudian diputar sampai stasiun pemancar diterima pada garis tengah pola antena. Pada titik tersebut sinyal yang diterima oleh kedua antena adalah sama.

GAMBAR 2-22 <sup>24)</sup>

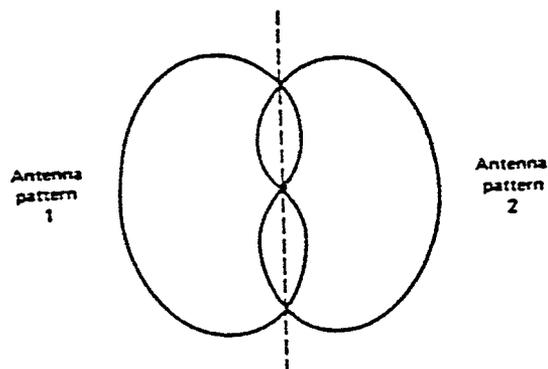
## SISTEM RANGING DENGAN DIRECT SEQUENCE

(a) HALF DUPLEX ; (b) FULL DUPLEX

Dua kesulitan dari dua pola antena penentu arah tersebut adalah :

1. Sensitivitas yang jelek.
2. Karena sinyal yang diterima sama, ada kemungkinan antena menghadap pada arah yang berlawanan  $180^\circ$ .

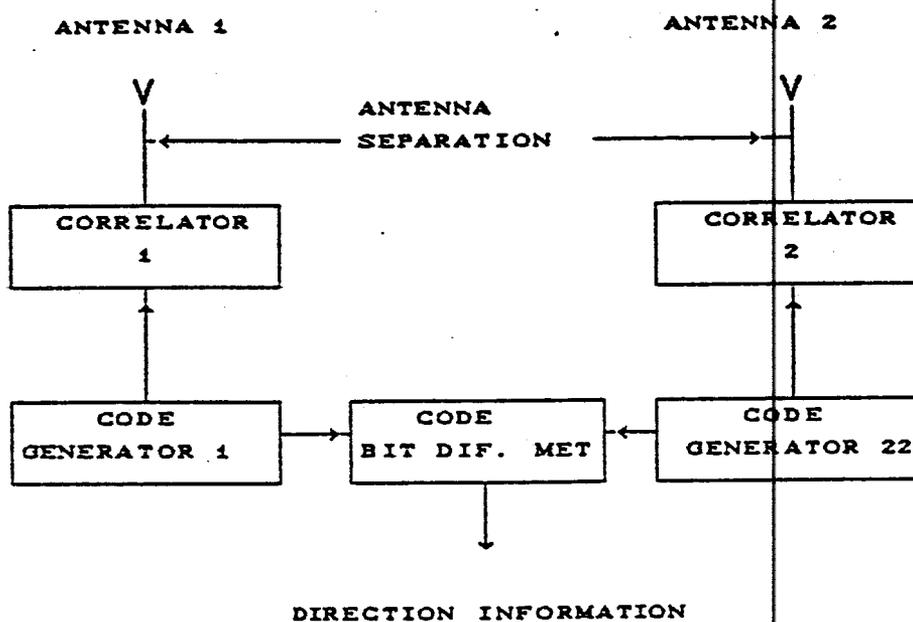
<sup>24)</sup> Ibid, hal.293



GAMBAR 2-23

## POLA ANTENA DUAL CARDIODA

Gambar 2-24. menunjukkan dua penerima direct sequence direction finder. Sinyal yang muncul pada antena 1 menyebabkan suatu deretan kode pada antena 1 dan disinkronisasi dengan code modulasi sinyal. Sinyal pada antena 2 yang terpisah dengan jarak  $s$  juga menghasilkan deretan kode kedua. Keduanya disinkronisasi dengan sinyal yang datang.



GAMBAR 2-24<sup>25)</sup>  
DIRECTION FINDER DENGAN DIRECT SEQUENCE

---

<sup>25)</sup> Ibid, hal. 308

## BAB III

### SISTEM KOMUNIKASI DAN NAVIGASI DENGAN INMARSAT

---

Pada pembahasan sistem komunikasi dan navigasi Inmarsat akan ditekankan dari sistem Inmarsat-C yang saat ini sangat umum digunakan untuk keperluan mobile, karena perangkatnya yang lebih ringkas.

#### 3.1 Sistem Inmarsat-C

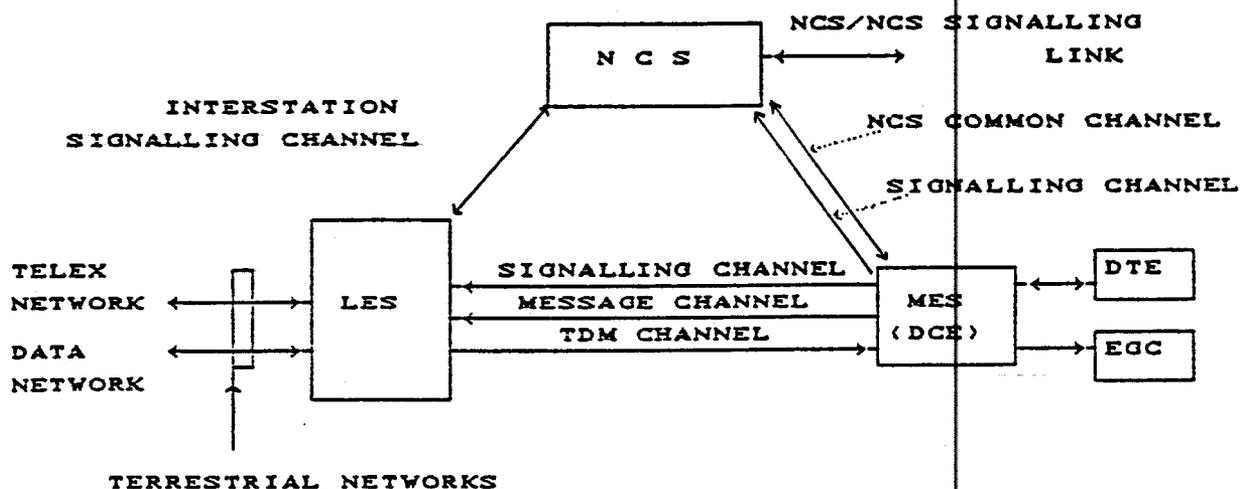
Sistem Inmarsat-C terdiri dari empat elemen utama untuk tiap-tiap ocean region, yaitu :

- a. Space Segment (termasuk Network Control Centre).
- b. Network Coordination Station (NCS).
- c. Land Earth Station (LES).
- d. Mobile maritim, dengan Ship Earth Station (SES), atau lebih umum disebut dengan Mobile Earth Station (MES).

Elemen-elemen tersebut secara skematik ditunjukkan pada gambar 3-1, beserta link data yang diperlukan.

##### 3.1.1 Space Segment

Space segment terdiri dari satelit-satelit dan peralatan-peralatan pendukung stasiun bumi. Satelit-satelit Inmarsat digunakan untuk melingkupi secara global keseluruhan permukaan bumi kecuali daerah kutub, yang tidak dapat dilihat oleh satelit-satelit geostasioner.



GAMBAR 3-1 <sup>26)</sup>  
SKEMA JARINGAN INMARSAT-C

Untuk melingkupi seluruh permukaan bumi tersebut secara global, maka seluruh permukaan bumi dibagi menjadi empat ocean region, yaitu :

- a. Atlantic Ocean Region - Barat (AOR-W)
- b. Atlantic Ocean Region - Timur (AOR-E)
- c. Indian Ocean Region (IOR)
- d. Pacific Ocean Region (POR)

<sup>26)</sup> Inmarsat, 'Inmarsat-C SDM Release Description', INMARSAT, London, 1992, hal.1-4

Untuk keperluan tersebut maka digunakan empat satelit yang beroperasi dan beberapa satelit cadangan. Tempat kedudukan dan status satelit-satelit tersebut selengkapnya dapat dilihat pada tabel III-1.

Return link budget dibatasi oleh EIRP MES. Gain transponder satelit yang rendah untuk satelit generasi pertama merupakan reduksi C/No keseluruhan, yaitu sekitar 3 dB. Namun hal ini akan diatasi dengan penurunan setengah kecepatan transmisi. Keseluruhan format dan coding tetap.

TABEL III-1. TEMPAT KEDUDUKAN DAN STATUS SATELIT

Ocean Reg.	Satelit	Lokasi	Tgl. Luncur	Status
AOR-West	Marecs-B2	55.5°W	9 Nov. 1984	Operasi
AOR-East	INM2-F2	15.5°W	8 Maret 1991	Operasi
	Intelsat V-MCS B	18.5°W	19 Mei 1983	Cadangan
	Marisat-F1	106.0°W	19 Feb. 1976	Cadangan
IOR	INM2-F1	64.5°E	30 Okt. 1990	Operasi
	Intelsat V-MCS A	66.0°E	28 Sept. 1982	Cadangan
	Marisat-F2	72.6°E	14 Okt. 1976	Cadangan
POR	Intelsat V-MCS D	180.1°E	4 Maret 1984	Operasi
	Marisat-F3	182.5°E	9 Juni 1976	Cadangan

Tabel III-2 menunjukkan karakteristik transponder satelit INMARSAT. Sesuai dengan macam penggunaan transponder yang ada pada tiap-tiap satelit, maka karakteristik tersebut meliputi karakteristik untuk repeater C-to-L dan repeater L-to-C.

TABEL III-2. KARAKTERISTIK TRANSPONDER SATELIT INMARSAT <sup>27)</sup>

Karakteristik	Marecs	Intelsat-V MCS	Inmarsat 2nd Gen.
DC Power (W)	723	297	1200
Eclipse capability	Full	Full	Full
Repeater C-to-L			
Receive Band (MHz)	6420-6425	6417.5-6425	6425-6441
Transmit Band (MHz)	1537.5-1542.5	1535-1542.5	1530-1546
Receive G/T (dBK)	-15	-12.1	-14
L-band EIRP (dBW)	34.5	33.0	39
C-band antenna			
Receive Polarization	RHC	RHC	RHC
L-band antenna			
Transmit Polarization	RHC	RHC	RHC
Kapasitas	60	35	125
(Standar-A voice ch.)	(80)5	(50)5	(250)5
Repeater L-to-C			
Receive band (MHz)	1638.5-1644	1636.5-1644	1626.5-1647.5
Transmit band (MHz)	4194.5-4200	4192.5-4200	3600-3621
Receive G/T (dBK)	-11.2	-13.0	-12.5
C-band EIRP (dBW)	16.5	20.0	24
L-band antenna			
Receive Polarization	RHC	RHC	RHC
Transmit Polarization	LHC	LHC	LHC
Kapasitas	90	120	250
(Standar-A voice ch.)			

<sup>27)</sup> Ibid. hal. 2-4

Keterangan :

RHC : Right Hand Circular Polarization

LHC : Left Hand Circular Polarization

Half speed transmission secara otomatis digunakan pada seluruh transmisi dari MES ke LES ketika satelit generasi pertama digunakan, berdasarkan pada informasi yang disediakan ke MES melalui NCS bulletin board yang dikirimkan pada NCS common channel.

### 3.1.2 Network Coordination Station

Tiap-tiap ocean region dilayani oleh sebuah Network Coordination Station (NCS) yang mengatur alokasi dari sumber sentral seperti trafik dan kanal pensinyalan.

NCS mengontrol seluruh akses dari MES. Tiap MES yang aktif pada suatu ocean region didaftarkan ke jaringan, dimana seluruh register tiap-tiap MES telah dicatat pada LES. Ketika suatu LES menerima panggilan untuk suatu MES dari pelanggan terrestrial, LES akan mengecek apakah MES dalam keadaan ada (present) sebelum kemudian menyalurkannya. Lokasi dari tiap MES dipantau sehingga jika suatu panggilan diterima untuk MES yang telah berpindah tempat pada ocean region yang lain, maka panggilan itu akan dibatalkan.

NCS mengirimkan suatu common channel yang digunakan untuk panggilan-panggilan yang bersifat pengumuman yang

berada di LES, yaitu untuk memancarkan berita-berita Enhance Group Call (EGC), dan pada berbagai tingkat untuk protokol pensinyalan, serta pelayanan yang lain. Bila MES tidak terlibat didalam message transfer, maka secara otomatis akan menuju ke NCS common channel. Suatu kanal pensinyalan digabungkan ke NCS common channel dimana NCS menerima informasi dari MES-MES.

Fungsi dari NCS Inmarsat dapat dibagi menjadi empat kategori :

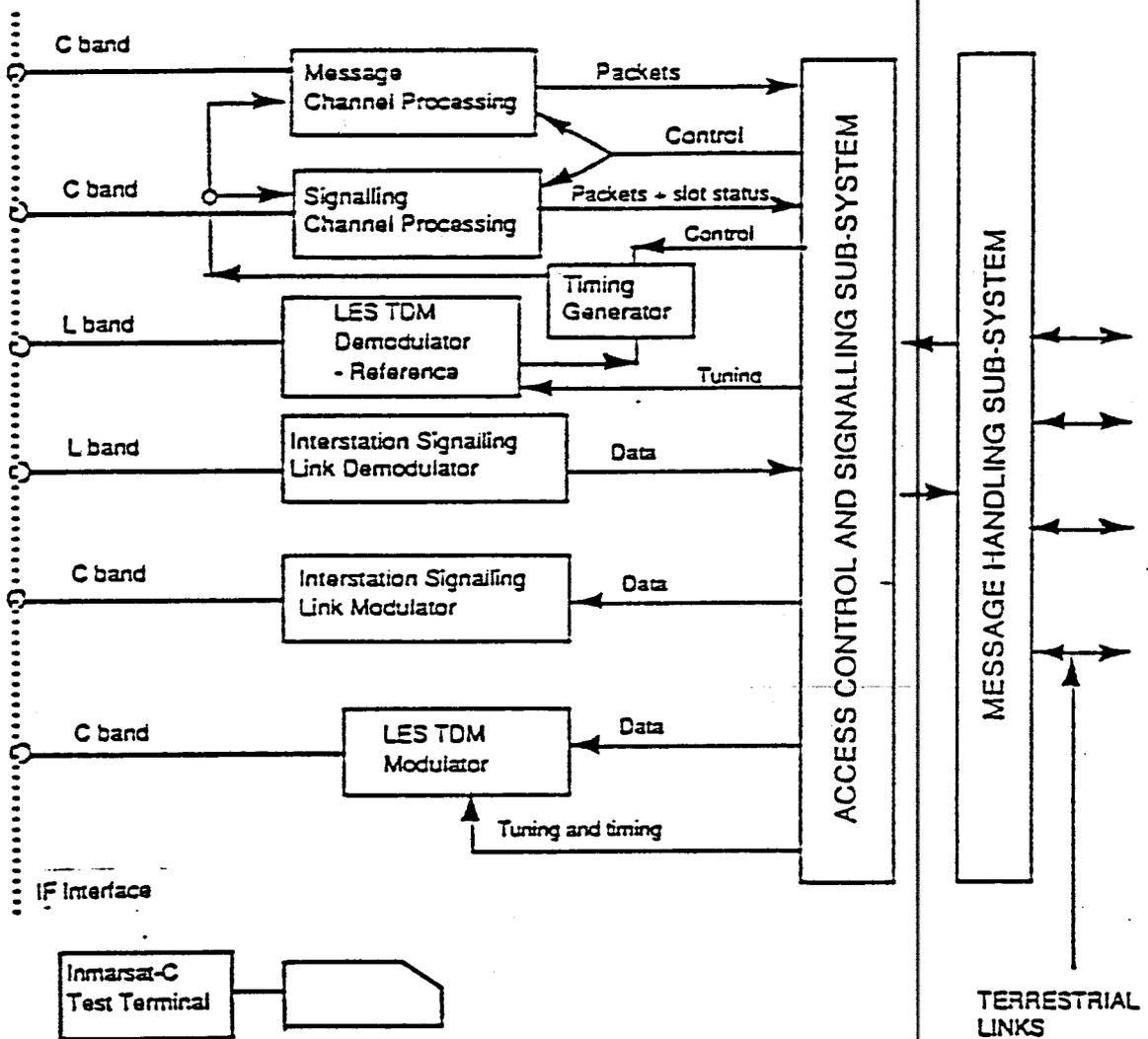
- a. Fungsi-fungsi komunikasi, yang terdiri dari NCS common channel yang membawa informasi jaringan, paket-paket signalling, dan berita-berita EGC. NCS menerima signalling channel yang membawa paket-paket signalling, distress alert, dan report data.
- b. Mengatur resource dalam sistem secara otomatis
- c. Memantau dan fungsi pengaturan resource, dimana NCS akan memantau pemanfaatan jaringan seperti mengontrol alokasi kanal dan menyimpan database untuk informasi MES.
- d. Pengumpulan informasi call record.  
NCS menerima record-record panggilan tersebut dari seluruh LES pada tiap ocean region.

### 3.1.3 Land Earth Station (LES)

Setiap LES berfungsi sebagai gerbang antara jaringan terrestrial dan MES dalam daerah cakupan satelit. LES juga

digunakan untuk transfer panggilan dari satu mobile ke mobile yang lain. Semua LES menyediakan pelayanan teleks, distress alerting maritim, fasilitas penanganan berita EGC dengan menggunakan interface ke jaringan terestrial.

Gambar 3-2 menunjukkan diagram blok LES Inmarsat-C.



GAMBAR 3-2<sup>28)</sup>  
BLOK DIAGRAM LES INMARSAT-C

<sup>28)</sup> Ibid, hal. 2-6

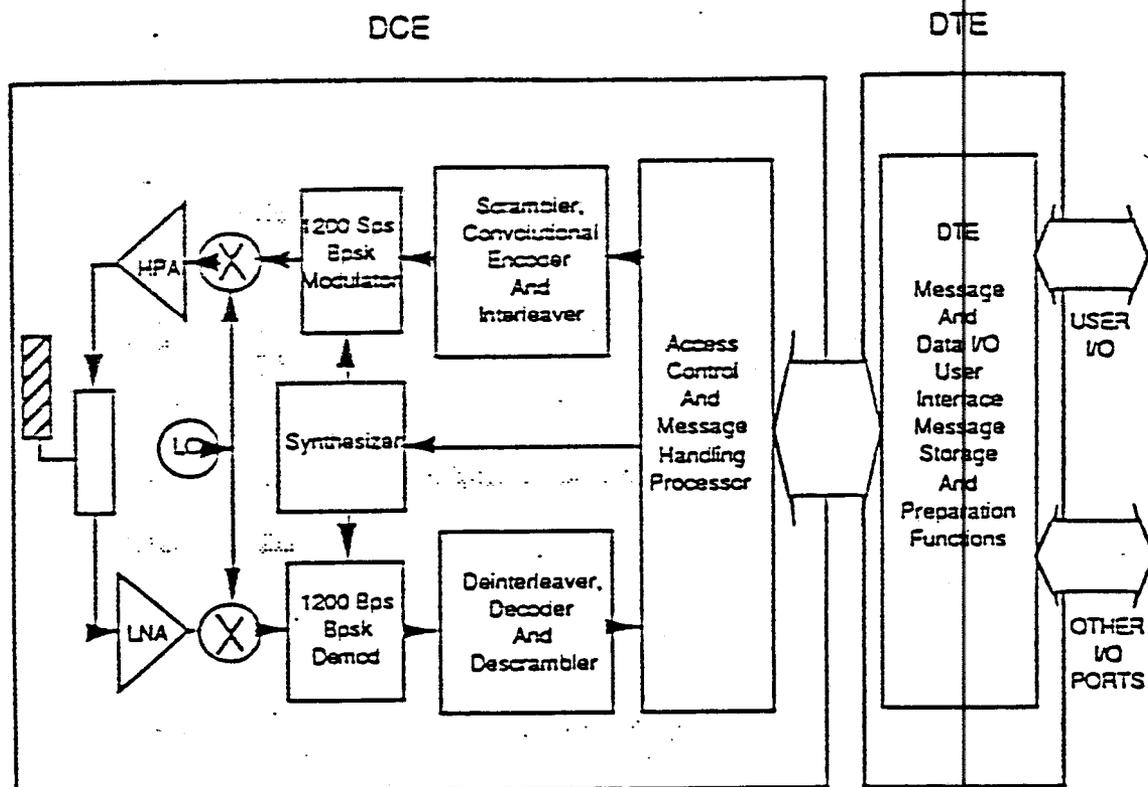
### 3.1.4 Mobile Earth Station (MES)

Sistem Inmarsat-C banyak digunakan pada saat ini karena peralatan terminal mobile yang relatif lebih murah. Gain antena dari MES akan menyebabkan dapat digunakannya non-stabilized antenna dan digunakan error correction coding untuk memperkecil kebutuhan EIRP dari MES.

Gambar 3-3 menunjukkan diagram blok dari MES Inmarsat-C. Tiap-tiap MES terdiri dari suatu Data Circuit Terminating Equipment (DCE) yang berfungsi sebagai interface ke jaringan satelit dan suatu Data Terminal Equipment (DTE) seperti personal computer atau intelligent black box. DTE dapat menyediakan suatu interface yang akan mengumpulkan informasi, sebagai contoh suatu sistem monitoring atau peralatan lokasi posisi yang dapat ditransfer ke DCE atau memungkinkan user dapat memasukkan informasi secara manual. Informasi yang diterima diproses oleh DTE dan dapat ditampilkan dan dicetak.

MES Inmarsat-C mempunyai beberapa karakteristik utama, yaitu :

- a. Minimum G/T ( $5^\circ$ )      -23 dB/K
- b. Minimum EIRP ( $5^\circ$ )      12 dBW
- c. Gain antena              Tidak dispesifikasikan dengan jelas , namun untuk aplikasi maritim, minimum EIRP dan G/T diukur di bawah elevasi  $15^\circ$ .



GAMBAR 3-3<sup>29)</sup>  
BLOK DIAGRAM MES INMARSAT-C

### 3.2 Tipe Kanal Pada Sistem Inmarsat-C

Karakteristik umum pada kanal-kanal Inmarsat-C adalah :<sup>30)</sup>

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| a. Modulasi            | BPSK 1200 simbol/detik |
| b. Kecepatan informasi | 600 bit/detik          |

<sup>29)</sup> Ibid, hal.2-7

<sup>30)</sup> Ibid, hal.2-8

c. FEC coding :

- forward : 1/2 rate convolutional encoding dengan interleaving
- return : 1/2 rate convolutional encoding dengan interleaving untuk MES message channel.

d. Satelit generasi pertama, kecepatan transmisi return channel adalah 300 bit/detik untuk keseluruhan pelayanan.

e. Bandwidth operasi :

- Tx : 1626.5 - 1646.5 MHz
- Rx : 1530 - 1545 MHz
- dengan step 5 kHz

### 3.2.1 NCS Common Channel

NCS common channel merupakan kanal TDM yang dipancarkan secara kontinyu oleh NCS. Semua MES yang tercatat pada suatu bagian ocean region harus diarahkan ke NCS common channel bila tidak ada perjanjian pada transfer message. Fungsi-fungsi yang disediakan oleh kanal ini adalah :

- a. To-Mobile message announcement
- b. From-Mobile message confirmation
- c. Polling command
- d. Timing Reference untuk semua MES
- e. Pengiriman berita EGC
- f. Informasi lokasi jaringan dari mobile

Kanal tersebut beroperasi pada 1200 simbol per detik dengan panjang frame tetap 8,64 detik sehingga menghasilkan 10.000 frame per hari. Untuk memperkecil kesalahan data karena interferensi, informasi dikodekan dengan setengah kecepatan konvolusi dan digunakan dengan basis frame. Karena itu kecepatan data adalah 600 bit/detik.

Seluruh berita dan informasi signalling dikirimkan dalam paket-paket 639 byte per frame. Paket pertama dalam tiap frame merupakan bulletin board yang berisikan parameter operasional dari suatu bagian ocean region. Bulletin board tersebut disertai dengan sejumlah paket-paket kanal signalling yang digunakan untuk mentransfer informasi mengenai kegunaan MES dari kanal signaling yang tergabung.

### 3.2.2 LES TDM Channel

Tiap-tiap LES mengirimkan sedikitnya satu kanal TDM. Kanal-kanal tersebut mempunyai struktur yang sama dengan NCS common channel dan membawa call set up signalling, berita-berita ke Mobile, acknowledgement dan call clear down signalling. Untuk mengurangi penerimaan error free, maka digunakan ARQ pada MES.

Suatu LES dapat beroperasi lebih dari satu kanal TDM dan setiap kanal dapat berfungsi sebagai demand assigned.

### 3.2.3 Message Channel

Message channel digunakan MES untuk mentransfer store dan forward message ke suatu LES. suatu kanal signalling digunakan selama fase call set up dari transfer, namun message itu sendiri dikirimkan pada suatu message channel assigned oleh suatu LES.

Akses ke kanal dialokasikan pada suatu basis TDMA. Tujuan LES mengalokasikan suatu waktu mulai transmisi ke tiap MES adalah menunggu untuk pengiriman. Informasi yang dikirimkan diformat menjadi paket-paket. Tiap paket berisi 127 byte, dan ditempatkan ke suatu frame. Suatu frame dapat berisi satu sampai lima paket. Pada NCS common channel informasi dinaikkan, dan dikodekan dengan kecepatan  $1/2$  kecepatan transmisi, dimana kecepatan transmisi untuk satelit generasi pertama adalah 600 simbol/detik, dan untuk satelit generasi kedua adalah 1200 simbol per detik.

### 3.2.4 Signalling Channel

Signalling channel digunakan MES untuk mengirimkan slotted ALOHA dan menyediakan mode akses. Jika lebih dari satu MES memancar pada slot yang sama, maka berakibat pada 'collision' pada penerimaan LES maupun NCS. Untuk memperkecil waktu kosong sebelum MES mengetahui bahwa transmisinya gagal, paket signalling channel descriptor dikirimkan pada tiap frame pada TDM menerangkan status

dari seluruh slot yang bergabung dengan signalling channel tersebut.

Slot timing didasarkan pada frame TDM yang panjangnya 8,64 detik, dan tiap slot dapat membawa suatu paket 120 bit. Untuk satelit generasi pertama setiap frame dibagi menjadi 14 slot dan kecepatan transmisi 600 simbol per detik. Frame-frame yang digunakan pada satelit generasi kedua mempunyai 28 slot dengan kecepatan transmisi 1200 simbol per detik.

Kanal tersebut dapat digunakan untuk pelayanan reporting data, ketika suatu informasi dapat dikirimkan melalui link.

Pada mode ini tidak disediakan ARQ, namun MES akan memantau paket-paket deskriptor signalling channel.

### 3.2.5 NCS-NCS Signalling Channel

Kanal ini merupakan hubungan data inter-regional antara tiap NCS yang memungkinkan NCS untuk bertukar informasi dalam satu daerah lingkupan satelit.

Link menggunakan kanal data dial up voice band otomatis melalui PSTN dan beroperasi pada 600 bit per detik dengan modem full duplex sesuai CCITT V.22. Prosedur link layer X.25 digunakan untuk pertukaran informasi antar NCS.

### 3.2.6 NCS-LES Signalling Link

Tiap-tiap LES yang menawarkan pelayanan Inmarsat-C

mempunyai suatu link signalling antarstasiun ke NCS. Semua inisial pensinyalan dari suatu LES melalui yang link ini menuju NCS untuk transmisi melalui NCS common channel. Penyampaian berita-berita EGC ke NCS juga melalui link ini. Distress Alert yang diterima pada NCS disampaikan melalui link ini menuju LES.

### 3.2.7 LES Channel Assignments

LES Channel assignment dibuat oleh NCS karena permintaan dari LES. Permintaan tersebut dapat dibuat pada start up dari stasiun atau pada permintaan trafik jika sistem tersebut sedang bekerja dalam mode demand assignment. Tiap-tiap assignment berisi kanal-kanal :

- a. Satu kanal TDM
- b. Satu atau lebih kanal pensinyalan
- c. Satu atau lebih kanal message.

### 3.3 Pelayanan Inmarsat-C

Pada sistem Inmarsat-C terdapat dua kategori pelayanan yang memungkinkan, yaitu :

- a. Store and forward message transfer, yang melibatkan pemformatan berita-berita secara lengkap pada LES atau MES sebelum ditransmisikan melalui kanal satelit.
- b. End to end service, yang membutuhkan rangkaian permanen atau semi permanen yang disempurnakan dari MES ke fasilitas terestrial untuk panjangnya panggilan.

### 3.3.1. Store And Forward Message Transfer

#### 3.3.1.1. To Mobile Message Transfer

Bila suatu LES menerima berita dari jaringan terestrial, pertama kali harus menyempurnakan hubungan dengan MES untuk menerima panggilan tersebut. Ada tiga tingkatan yang dilakukan, yaitu :

- a. Pengecekan registrasi ocean region dan penerimaan berita
- b. Panggilan melalui NCS Common Channel
- c. Penyempurnaan kanal logik

Prosedur tersebut dimulai ketika LES menerima suatu panggilan dari jaringan terestrial. LES mengecek apakah MES dapat menerima panggilan dan tercatat pada ocean region tersebut. Jika semua pengecekan telah dilakukan, maka berita tersebut diterima dan disimpan. Namun demikian LES dapat menolak panggilan maupun mentransfernya ke ocean region yang benar jika diperlukan.

LES meminta pada NCS untuk menyampaikan panggilan ke MES. NCS mengirimkan informasi tersebut ketika MES dalam keadaan idle. Informasi tersebut akan memberitahu MES bahwa suatu berita telah menunggu, dan disimpan pada LES, sehingga harus diarahkan ke frekuensi To-Mobile TDM . MES mengatur frekuensi tersebut dan disesuaikan dengan kanal TDM dan menerima bulletin board LES dan paket-paket deskriptor kanal pensinyalan.

Berita-berita tersebut dikirimkan dalam bentuk

paket-paket. Jika seluruh paket tersebut telah ditransfer, maka LES meminta acknowledgement dan MES menanggapi dengan memberikan data-data error. Paket-paket tersebut ditransmisikan kembali dan LES meminta lagi acknowledgement. Proses tersebut diulangi sampai MES menerima semua paket dengan benar.

### 3.3.1.2 From Mobile Message Transfer

Jika MES ingin membangun suatu panggilan maka pertama kali diarahkan ke frekuensi TDM sesuai LES yang dibutuhkan. MES akan meminta suatu assignment dengan menggunakan kanal signalling yang ada. Jika LES tidak segera memberikan tanggapan dalam demand assigned mode maka LES akan memberitahu bahwa panggilan tersebut belum bisa diputuskan bisa atau tidak. Jika kanal telah memungkinkan, maka LES akan meminta panggilan kembali mirip yang digunakan pada To-Mobile message. Pada penerimaan announcement, MES akan tune dan sinkronisasi ke frekuensi TDM yang diberikan pada paket tersebut.

Jika transmisi telah lengkap, maka LES akan mengirimkan acknowledgement, dan paket-paket dengan error akan di-retransmisi, seperti pada To-Mobile message transfer.

### 3.3.2 Distress Alerting

Distress Alerting ini hanya dipakai pada pelayanan maritim. Melalui sistem komunikasi Inmarsat-C, distress

alert diterima dari MES diprioritaskan daripada pesan lainnya. Walaupun MES sedang mengangani suatu panggilan, jika ada distress alert maka akan dihentikan dan distress alert akan dikirimkan. Suatu distress alert berisikan informasi dan identitas dari MES, termasuk posisi dari MES. Hal ini juga dapat dimasukkan secara manual oleh operator atau bisa didapatkan dari sistem navigasi, dalam hal ini dari transfer data Global Positioning System.

### 3.3.3 Enhanced Group Calls

Enhanced Group Calls merupakan pelayanan untuk mengumumkan pesan-pesan secara broadcast ke MES tertentu pada daerah yang telah ditentukan. Semua LES dilengkapi dengan sistem pelayanan EGC.

Penyampaian informasi EGC terdiri dua macam, yaitu untuk penerimaan informasi keselamatan maritim (SafetyNET<sup>TM</sup>), dan untuk trafik komersial (FleetNET<sup>TM</sup>).

Untuk membangun suatu pesan EGC maka penyedia informasi akan mengirimkan pesan-pesan dan informasi alamat melalui jaringan terestrial ke suatu LES. Ada empat metoda pengalamatan, yaitu :

- a. General Broadcast Addressing untuk seluruh broadcast kapal dan pesan sistem Inmarsat.
- b. EGC Network ID (ENID) addressing untuk penyiaran pesan-pesan ke grup atau kapal dengan common ENID.
- c. Individual addressing untuk pengiriman pesan-pesan ke MES tunggal.

d. Area addressing menggunakan circular, rectangular atau pre-defined geographical address.

### 3.4 Parameter-parameter Sistem

#### 3.4.1 Karakteristik Kanal

Yang dimaksud dengan 'kanal' disini adalah sesuatu yang mengarahkan paket-paket informasi untuk dikirimkan dan penerimaan paket-paket. Karena itu dengan adanya efek noise Gaussian dan fading, efek dari pemrosesan sinyal yang terdapat dalam struktur kanal harus juga diperhitungkan.

##### 3.4.1.1 Link Budget

Analisa link Inmarsat-C berbeda dengan analisa dari link satelit yang lain disebabkan oleh sifat ARQ dari sistem. Pada sistem yang lain terdapat level ambang dari C/No (pada demodulator receiver) yang merupakan kualitas pelayanan dan dianggap sebagai batas dari kemampuan penerimaan. Prosentase waktu yang melebihi batas ini adalah dimungkinkan. Hal ini tidak sesuai dengan Inmarsat-C sebab variasi pada C/No tidak mempengaruhi kualitas dari message yang diterima. Pada Inmarsat-C, level C/No hanya mempengaruhi jumlah dari re-transmisi, dan menyebabkan penundaan message dan kapasitas sistem.

Karena itu distribusi dari C/No sepanjang populasi dari MES diperbolehkan, dan hal ini akan terjadi pada keadaan praktis. Prosentasi kecil dari MES pada daerah

cakupan akan mempunyai nilai C/No yang lebih rendah, sehingga dapat dilakukan pengulangan paket yang lebih tinggi oleh MES. Link budget untuk level 80 % dan 99% time ditunjukkan pada tabel III-2 dan tabel III-3.

TABEL III-2.a. LINK BUDGET UNTUK FORWARD LINK (80% TIME)<sup>31)</sup>

Forward Link : 80 % of Time			
		1st Gen.	2nd Gen.
LES EIRP	(dBW)	61.4	61.0
Path Loss	(dB)	200.9	200.9
Absorption Loss	(dB)	0.4	0.4
Satellite G/T	(dB/K)	-15.0	-14.0
Mean Uplink C/No	(dBHz)	73.7	74.3
Mean Satellite C/No	(dBHz)	55.8	55.8
Satellite mean EIRP	(dBW)	21.4	21.0
Path Loss	(dB)	188.5	188.5
Absorption Loss	(dB)	0.4	0.4
MES G/T	(dB/K)	-23.0	-23.0
Mean Downlink C/No	(dBHz)	38.1	37.7
Nominal Unfaded C/No	(dBHz)	38.0	37.6
Interference Loss	(dB)	0.5	0.5
Total RSS random loss	(dB)	1.2	0.8
Overall C/No	(dBHz)	36.3	36.3
Required C/No	(dBHz)	35.5	35.5
Margin	(dB)	0.8	0.8

<sup>31)</sup> Ibid, hal.3-5

TABEL III-2.b. LINK BUDGET UNTUK FORWARD LINK (99% TIME) <sup>32)</sup>

Forward Link : 99 % of Time			
		1st Gen.	2nd Gen.
LES EIRP	(dBW)	61.4	61.0
Path Loss	(dB)	200.9	200.9
Absorption Loss	(dB)	0.4	0.4
Satellite G/T	(dB/K)	-15.0	-14.0
Mean Uplink C/No	(dBHz)	73.7	74.3
Mean Satellite C/Io	(dBHz)	55.8	55.8
Satellite mean EIRP	(dBW)	21.4	21.0
Path Loss	(dB)	188.5	188.5
Absorption Loss	(dB)	0.4	0.4
MES G/T	(dB/K)	-23.0	-23.0
Mean Downlink C/No	(dBHz)	38.1	37.7
Nominal Unfaded C/No	(dBHz)	38.0	37.6
Interference Loss	(dB)	0.5	0.5
Total RSS random loss	(dB)	2.2	1.6
Overall C/No	(dBHz)	35.4	35.5
Required C/No	(dBHz)	34.5	34.5
Margin	(dB)	0.9	1.0

<sup>32)</sup> Ibid.

TABEL III-3.a. LINK BUDGET UNTUK RETURN LINK (80% TIME) <sup>33)</sup>

Return Link : 80 % of Time				
		MCS	MARECS	2nd Gen.
MES EIRP	(dBW)	12.0	12.0	12.0
Path Loss	(dB)	189.0	189.0	189.0
Absorption Loss	(dB)	0.4	0.4	0.4
Satellite G/T	(dB/K)	-13.0	-11.0	-12.5
Mean Uplink C/No	(dBHz)	38.2	40.2	38.7
Mean Satellite C/Io	(dBHz)	49.0	49.0	45.8
Transponder Gain	(dB)	150.9	150.9	158.0
Satellite mean EIRP	(dBW)	-26.5	-26.5	-19.4
Path Loss	(dB)	197.2	197.2	195.9
Absorption Loss	(dB)	0.5	0.5	0.5
LES G/T	(dB/K)	32.0	32.0	30.7
Mean Downlink C/No	(dBHz)	36.4	36.4	43.5
Nominal Unfaded C/No	(dBHz)	34.1	34.7	36.8
Interference Loss	(dB)	0.5	0.5	0.5
Total RSS random loss	(dB)	1.0	1.0	0.6
Overall C/No	(dBHz)	32.5	33.2	35.7
Required C/No	(dBHz)	32.5	32.5	35.5
Margin	(dB)	+0.0	+0.7	+0.2

---

<sup>33)</sup> Ibid, hal.3-6

TABEL III-3.b. LINK BUDGET UNTUK RETURN LINK (99% TIME) <sup>34)</sup>

Return Link : 99 % of Time				
		MCS	MARECS	2nd Gen.
MES EIRP	(dBW)	12.0	12.0	12.0
Path Loss	(dB)	189.1	189.1	189.1
Absorption Loss	(dB)	0.4	0.4	0.4
Satellite G/T	(dB/K)	-13.0	-11.0	-12.5
Mean Uplink C/No	(dBHz)	38.1	40.2	38.6
Mean Satellite C/I <sub>o</sub>	(dBHz)	49.0	49.0	45.8
Transponder Gain	(dB)	150.9	150.9	158.0
Satellite mean EIRP	(dBW)	-26.5	-26.5	-19.4
Path Loss	(dB)	197.2	197.2	195.9
Absorption Loss	(dB)	0.5	0.5	0.5
LES G/T	(dB/K)	32.0	32.0	30.7
Mean Downlink C/No	(dBHz)	36.4	36.4	43.5
Nominal Unfaded C/No	(dBHz)	34.0	34.7	36.8
Interference Loss	(dB)	0.5	0.5	0.5
Total RSS random loss	(dB)	1.8	1.8	1.2
Overall C/No	(dBHz)	31.7	32.4	35.1
Required C/No	(dBHz)	31.5	31.5	34.5
Margin	(dB)	+0.2	+0.9	+0.6

Meskipun menggunakan antenna dengan penampilan yang baik dan dengan sudut elevasi rendah, namun masih terdapat kerugian yang muncul pada sudut elevasi 5° dari antenna MES. Sebab dari kerugian tersebut adalah :

---

<sup>34)</sup> Ibid.

- a. Dengan MES dan LES pada elevasi  $5^\circ$
- b. Nilai minimum untuk G/T dan EIRP
- c. Pembebanan transponder

Variasi kebutuhan link seperti rugi polarisasi, pengaruh hujan, penurunan noise, dikombinasi dengan penambahan nilai rata-rata dan mengambil nilai RMS dari deviasi untuk menghasilkan nilai 80 % dan 99 %. Nilai untuk rugi-rugi acak diberikan pada tabel III-4.

#### 3.4.1.2 Karakteristik Fading

Karakteristik kanal didominasi oleh fading. Fenomena multipath sangat berpengaruh pada lingkungan maritim. Fenomena tersebut mengalami kenaikan karena pantulan dari sinyal-sinyal yang dipancarkan maupun yang diterima dari segala arah pada permukaan laut yang sampai ke kapal. Program-program pengukuran dan simulasi komputer berdasarkan Report CCIR 762-1 telah menunjukkan bahwa fading dapat dimodel dengan teori Rician Fading. Dimana fading tersebut dapat dimodelkan sebagai satu sinyal direct carrier (langsung) dan yang lainnya adalah sinyal turunannya namun mempunyai variasi fase dan karakteristik amplitudo yang lebih rendah menurut distribusi Reyleigh.

Model kanal dikarakterisasikan dengan rasio dari daya rata-rata dalam sinyal direct terhadap daya rata-rata pada sinyal pantul dan dengan karakteristik filter dari proses pembatasan band (band limiting).

TABEL III-4.a. RUGI-RUGI ACAK <sup>35)</sup>

	First Generation		Second Generation	
	Mean (dB)	Sigma (dB)	Mean (dB)	Sigma (dB)
<b>Forward Link</b>				
<u>Ground ke Satelit</u>				
Variasi EIRP LES	0.00	0.42	0.00	0.42
Rainfall Loss	0.00	0.27	0.00	0.27
Polarisation Loss	0.23	0.07	0.07	0.03
<u>Satelit ke MES</u>				
Polarisation Loss	0.24	0.38	0.06	0.19
Wet Random Loss	0.09	0.09	0.09	0.09
Noise Temp. Degrad.	0.09	0.09	0.09	0.09
<b>Return Link</b>				
<u>MES ke Satelit</u>				
Polarisation Loss	0.24	0.38	0.06	0.19
Wet Random Loss	0.09	0.09	0.09	0.09
<u>Satelit ke Ground</u>				
Polarisation Loss	0.23	0.07	0.07	0.03
Rainfall Loss	0.00	0.14	0.00	0.14
Noise Temp. Degrad.	0.00	0.32	0.00	0.32

---

<sup>35)</sup> Ibid, hal.3-7

TABEL III.4.b. RUGI-RUGI KUMULATIF <sup>36)</sup>

	mean	mean
<u>Forward Link</u>		
80 % availability	1.20	0.78
99 % availability	2.15	1.60
<u>Return Link</u>		
80 % availability	1.01	0.57
99 % availability	1.79	1.18

Untuk hal pola antena dari Inmarsat-C dengan sudut elevasi rendah, maka rasio daya telah diukur sebagai 7 dB dan karakteristik filternya dinyatakan dengan :  
 $F(f) = \text{Butterworth orde dua dengan frekuensi cut off (3dB)}$   
pada 0.7 Hz.

#### 3.4.1.3 Offset Frekuensi

Sistem satelit juga berpengaruh terhadap frekuensi offset, sesuai dengan pergeseran Doppler dan oscilator LES. Tabel III-5. menunjukkan pengaruh error frekuensi sistem karena frekuensi Doppler.

---

<sup>36)</sup> Ibid.

TABEL III-5. PENGARUH ERROR FREKUENSI SISTEM <sup>37)</sup>

Uncertainty Source	Uncertainty (Hz)
<u>Ground ke MES (C ke L)</u>	
1. Error mod. LES dan upconverter	100
2. AFC pilot (C-L)	100
3. Kompensasi AFC	100
4. Residual Satelit Doppler	516
5. MES L-band Doppler (RX)	154
6. MES short term Doppler (RX)	50
<u>Total Uncertainty pada MES (L-band)</u>	
7. Worst case (100 %)	1020
8. RSS	568
9. Design Objective (>99%)	850
<u>MES ke Ground dg. TDM reference</u>	
10. Compounded forward link error	816
11. MES L-band Doppler (TX)	318
12. MES short term Doppler (TX)	103
13. Akurasi frekuensi MES TX	150
14. Residual Satelit Doppler	420
15. AFC pilot (L-C)	100
16. Kompensasi AFC	100
<u>Total Uncertainty pd. input LES-demod.</u>	
17. Worst case (100 %)	2007
18. RSS	792
19. Design Objective (>99%)	1450

<sup>37)</sup> Ibid. hal. 3-8

### 3.4.1.4 Karakteristik Sistem Pemrosesan Sinyal

#### 3.4.1.4.1 Sifat-sifat Pemrosesan Sinyal

Karena gain antenna MES yang rendah, maka link forward dan return adalah energy limited. Hal ini dapat dilihat pada link budget. Half-rate convolutional encoding digunakan untuk memberikan Forward Error Correction yang dapat disediakan dalam region dari gain coding 5 dB pada link yang unfaded (CCIR Report 921).

Bit informasi yang melalui encoder hanya berpengaruh pada suatu grup yang terdiri dari 14 simbol. Jika bandwidth cukup sempit, maka keempat belas simbol tersebut akan mengalami fading yang sama. Untuk mengatasi hal itu, simbol-simbol tersebut disusun dalam suatu blok sebelum ditransmisikan. Simbol-simbol tersebut kemudian dikirimkan dengan orde yang berbeda. Proses tersebut disebut 'interleaving'. Efek dari proses tersebut adalah penyebaran transmisi simbol-simbol tersebut dengan bit data yang diberikan melalui panjang waktu yang lebih dari panjang fading.

Proses tersebut hanya berlaku untuk kanal-kanal TDM dengan mode forward, dan kanal message MES quasi-continuous. Karena burst terlalu pendek, maka interleaving tersebut tidak dipakai.

Setiap paket yang dikirimkan pada kanal-kanal Inmarsat-C berisi 16 bit checksum field. Dengan proses

de-interleaving, decoding dan operasi unscrambling, penerima akan menghitung checksum untuk tiap paket.

#### 3.4.1.4.2 Pengaruh Pemrosesan Sinyal

Pendeknya informasi yang dikirimkan akan mempengaruhi kemampuan decoding maksimum. Hal ini merupakan sifat dari dekoder konvolusional. Implementasi algoritma decoder yang berbeda akan memberikan variasi karakteristik burst error.

#### 3.4.2. System Performance Objective

Yang dimaksud System Performance Objective di sini adalah kemampuan kanal satelit setelah dilakukan koreksi error decoding dan sebelum menuju ke sistem ARQ.

##### 3.4.2.1. Quality Objective Untuk Link Forward

NCS common channel dan LES TDM memiliki parameter transmisi dan karakteristik error yang sama.

PEP(L) didefinisikan sebagai Packet Error Probability dari paket yang berisikan L-byte. Tabel III-6. memberikan target penampilan untuk beberapa harga C/No melalui kanal sesungguhnya dengan  $C/M = 7$  dB tanpa rugi-rugi sinkronisasi. Probabilitas error paket dihitung dari nilai pada tabel III-6. ditambah dengan  $2x$  PEP(1). Probabilitas rugi-rugi frame tidak lebih dari  $2x$  PEP(1).

TABEL III-6. PROBABILITAS ERROR LINK FORWARD <sup>38)</sup>

C/No	PEP(128) Msg. Pkt	PEP(40) Bul. Brd.	PEP(20) Ctrl. Pkt	PEP(10) Ctrl. Pkt	PEP(1) Charac.
34.0	0.080	0.025	0.013	0.007	0.0012
34.5	0.040	0.013	0.007	0.003	0.0006
35.0	0.020	0.006	0.003	0.002	0.0003
35.5	0.012	0.004	0.002	0.001	0.0002
36.0	0.004	0.002	0.0008	0.0004	0.0001

Tabel III-7 menunjukkan probabilitas error link forward kumulatif dengan penambahan rugi sinkronisasi.

Dari link budget pada tabel III-2 diperoleh C/No lebih besar dari 35.5 dBHz untuk 80 % waktu, C/No lebih besar dari 34.5 dBHz untuk 99 % waktu (pada tabel III-7).

TABEL III-7. PROBABILITAS ERROR LINK FORWARD KUMULATIF <sup>39)</sup>

C/No	PEP(128) Msg. Pkt	PEP(40) Bul. Brd.	PEP(20) Ctrl. Pkt	PEP(10) Ctrl. Pkt	PEP(1) Charac.
34.0	0.080	0.027	0.016	0.009	0.0038
34.5	0.040	0.014	0.008	0.005	0.0019
35.0	0.020	0.007	0.004	0.002	0.0009
35.5	0.012	0.004	0.002	0.0014	0.0006
36.0	0.004	0.002	0.001	0.0005	0.0002

<sup>38)</sup> Ibid, hal.3-9

<sup>39)</sup> Ibid.

### 3.4.2.2. Quality Objective Untuk Kanal Message MES

Kanal message MES berisikan hanya paket-paket message dengan ukuran blok interleaver yang bervariasi. Ukuran blok ditentukan dengan parameter  $N$ , dan untuk  $N = 4$ , maka ukuran blok sesuai dengan tabel III-7, PEP(128).

Tabel III-8 menunjukkan probabilitas kesalahan paket dengan penurunan  $N$  pada MES message channel. Sedangkan tabel III-9 menunjukkan probabilitas kesalahan paket dengan penurunan  $N$  pada From-Mobile message channel.

TABEL III-8. MES MESSAGE CHANNEL <sup>40)</sup>

C/No dBHz	Probability of Packet Error PEP(128); 1200 symbols/s				
	N=0	N=1	N=2	N=3	N=4
34.0					0.080
34.5					0.040
35					0.020
35.5	0.030	0.020	0.015	0.013	0.012
36	0.020	0.008	0.006	0.005	0.004
36.5	0.010	0.004	0.003	0.003	0.003

<sup>40)</sup> Ibid, hal.3-10

TABEL III-9. FROM-MOBILE MESSAGE CHANNEL <sup>41)</sup>

C/No dBHz	Probability of Packet Error PEP(128); 600 symbols/s				
	N=0	N=1	N=2	N=3	N=4
31.0			0.080	0.080	0.080
31.5			0.040	0.040	0.040
32			0.020	0.020	0.020
32.5	0.020	0.013	0.012	0.012	0.012
33	0.008	0.005	0.004	0.004	0.004
33.5	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003

### 3.4.2.3 Quality Objective Untuk Kanal Pensinyalan

Kanal ini bekerja pada suatu basis dan akses slotted ALOHA. Ada empat hasil yang bisa diperoleh dari suatu transmisi :

- a. Paket diterima dengan benar.
- b. Paket tidak diterima dengan benar, dengan kesalahan ditunjukkan.
- c. Paket mengalami kesalahan dengan kesalahan tersebut ditunjukkan.
- d. Paket mengalami kesalahan, namun paket paling kuat didekodekan dan tanpa petunjuk kesalahan. Pada kasus ini kedua MES harus memastikan bahwa burst telah

---

<sup>41)</sup> Ibid, hal.3-11

diterima dengan benar.

Quality Objective diberikan pada tabel III-10.

TABEL III-10. QUALITY OBJECTIVE <sup>42)</sup>

	First Gen. (300 bit/s)	Second Gen. (600 bit/s)
Packet Error Prob.	0.10	0.05
Prob. of Collision	0.15	0.20
Prob. Collision Undetected	0.01	0.01

Catatan : C/M = 7 dB

Generasi pertama : C/No = 32.5 dBHz

Generasi selanjutnya : C/No = 35.5 dBHz

### 3.5 Protokol Untuk Message Service

#### 3.5.1 Konsep Kontrol

Bagian ini akan menjelaskan konsep-konsep kontrol pada kontrol akses dan sistem pensinyalan. Gambar 3-4 menunjukkan kanal-kanal yang digunakan oleh Inmarsat-C. Sedangkan gambar 3-5 menunjukkan jenis-jenis sinyal yang melalui kanal dari Inmarsat-C. Tiap-tiap LES dapat mengirimkan TDM-carriernya sendiri. Sedangkan NCS akan mengirimkan juga carriernya sendiri, pada NCS common channel. NCS common channel merupakan sumber terpusat dari

---

<sup>42)</sup> *ibid.*

sistem tersebut, yang membawa pensinyalan Inmarsat-C dan pesan-pesan Enhanced Group Call (EGC)

Suatu MES akan berhubungan dengan LES dan NCS melalui kanal-kanal pensinyalan. LES berhubungan dengan NCS menggunakan link Interstation Signalling, yang juga merupakan link untuk menghubungkan antar NCS.

#### 3.5.1.1 Bulletin Board

Suatu NCS common channel berisi sebuah bulletin board pada tiap-tiap frame. Bulletin board tersebut berisi parameter-parameter operasional stasis dari NCS common channel tersebut.

#### 3.5.1.2 Registrasi

Tiap-tiap MES dicatat pada suatu ocean region, kemudian terminalnya diregistrasikan pada sistem tersebut. Hal ini akan mempermudah LES untuk mengecek ada atau tidaknya MES pada ocean region operasional sebelum menerima pesan-pesan dari pemanggil terestrial. Karena NCS dapat mengirimkan lebih dari satu common channel, maka pencatatan MES-MES digabungkan dengan suatu common channel khusus. Dalam hal ini, NCS dapat mengirimkan informasi pensinyalan pada NCS common channel yang digunakan oleh suatu MES.

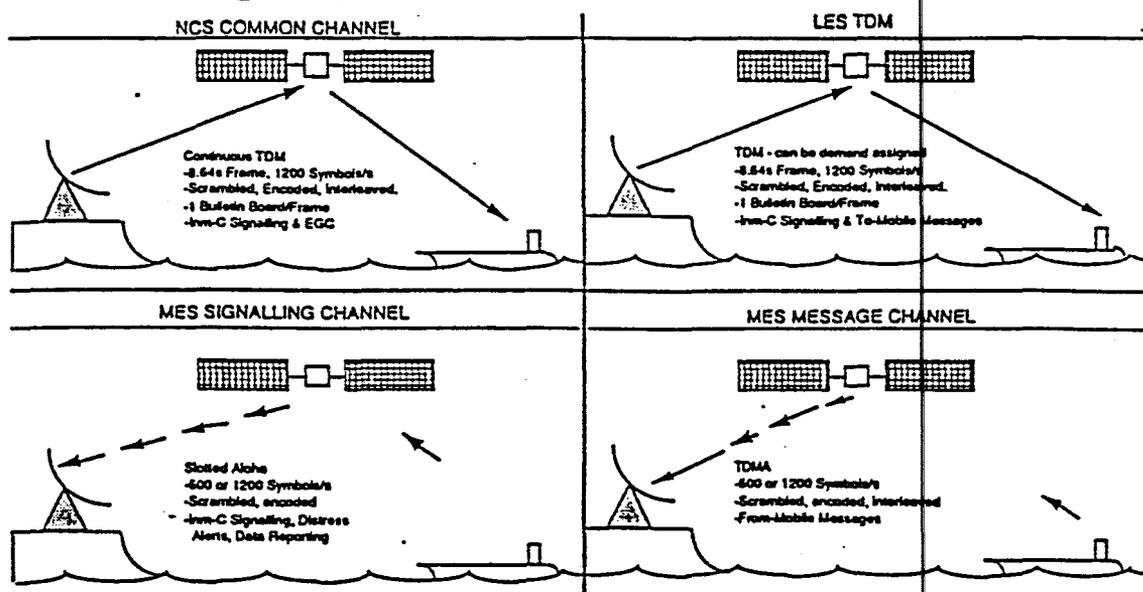
#### 3.5.1.3 Binding

Transfer pesan pada sistem Inmarsat-C akan melalui prosedur binding sebelum paket-paket informasi ditransfer.

Prosedur binding meliputi :

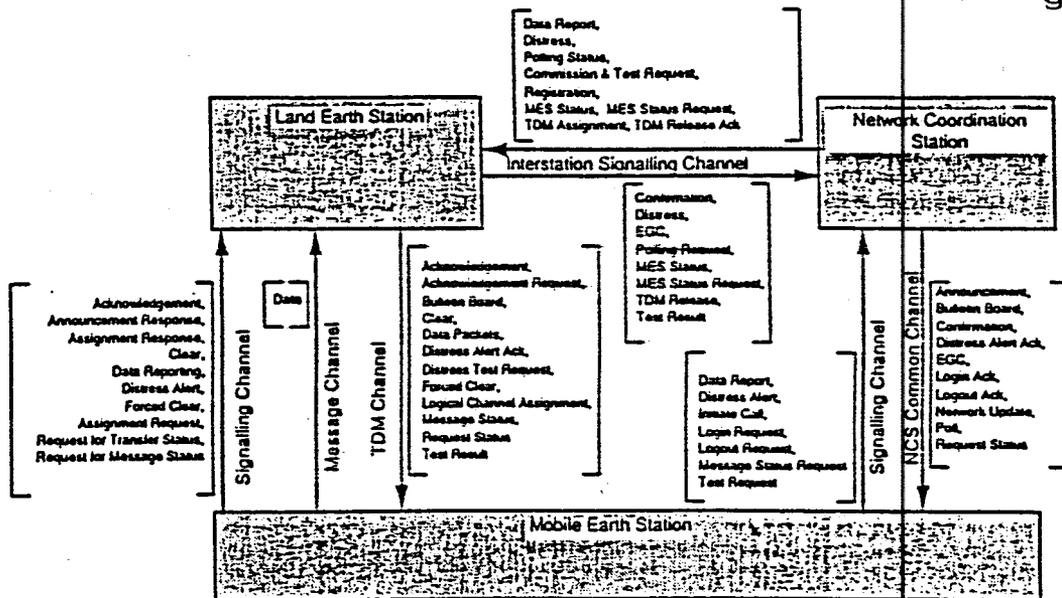
- a. Konfirmasi dari kemampuan kedua ujung link dengan menggunakan sinyal-sinyal acknowledgement.
- b. Keterangan panjang pesan yang ditransfer dalam paket-paket sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.
- c. Jumlah kanal logik yang digunakan untuk transfer suatu referensi pesan.

Untuk transfer pesan, suatu kanal logik untuk tiap hubungan yang terpisah disediakan oleh LES. Kanal-kanal logik digunakan untuk merekuksi protokol dengan penyediaan suatu referensi unik terhadap transfer on-going. Nomor kanal logik dapat digunakan jika tidak ada bahaya bila hal tersebut digunakan.



GAMBAR 3-4 <sup>43)</sup>  
KANAL-KANAL INMARSAT-C

<sup>43)</sup> Ibid, hal. 4-7



GAMBAR 3-5 44)

## SINYAL DAN KANAL INMARSAT-C

Referensi pesan unik dialokasikan ke semua From-Mobile, To-Mobile, dan pesan-pesan EGC yang ditransfer melalui sistem tersebut.

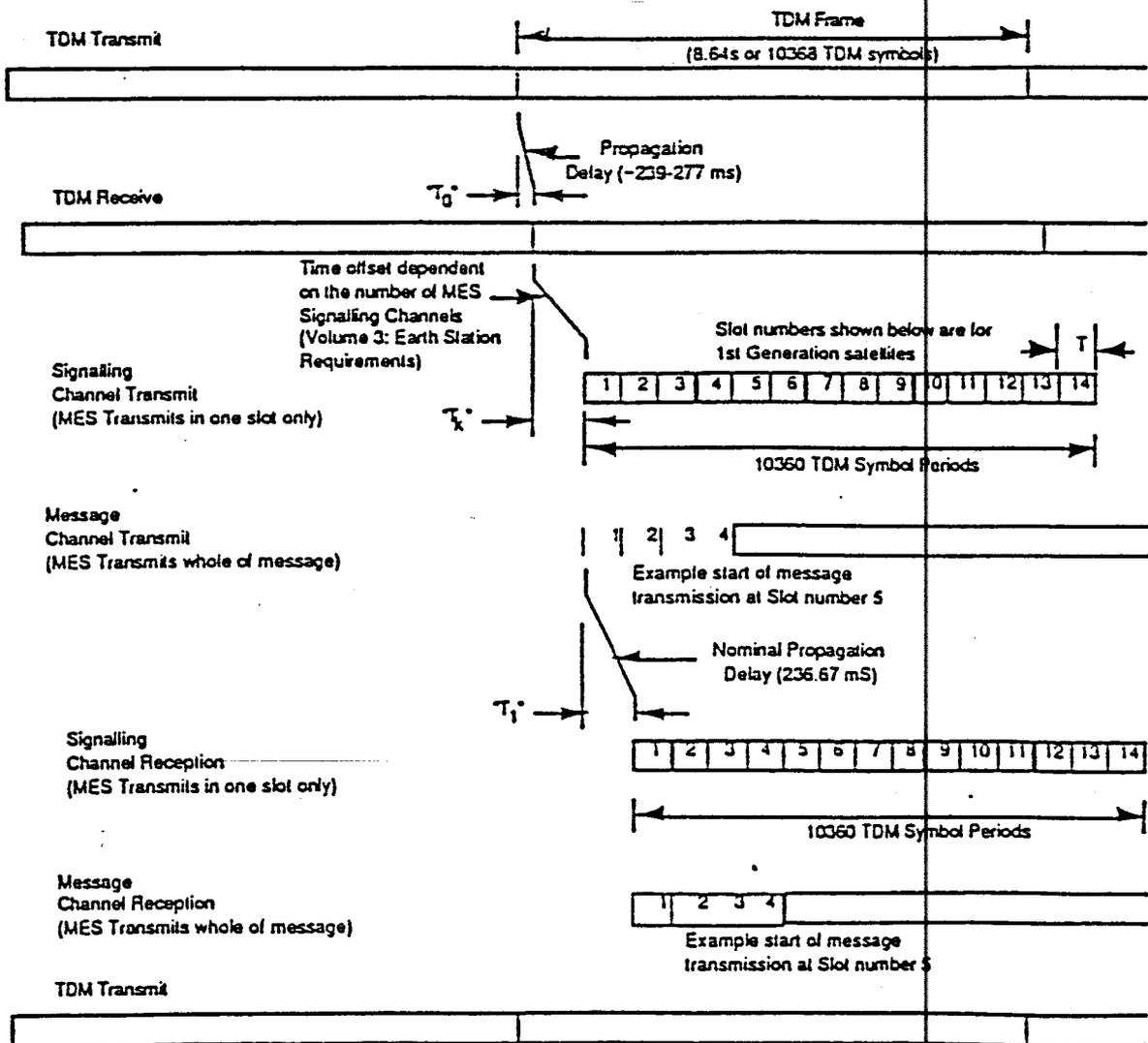
## 3.5.2 Struktur Kanal

Bagian ini akan menerangkan struktur tiap-tiap kanal termasuk mekanisme scrambling, encoding, interleaving. Gambar 3-6 menunjukkan bahwa antara kanal-kanal tertentu ada hubungan pre-determined timing.

Jika data dikodekan secara konvolusional, maka bentuk 'bit' digunakan untuk data tak terkode (un-encoded), dan bentuk 'simbol' digunakan untuk data terkode (enkoded).

44) Ibid, hal.4-9

Bit-bit dalam suatu byte diberi nomor dari 1 (least significant) sampai 8 (most significant), dan dikirimkan berurutan dari bit 1 sampai bit 8.



GAMBAR 3-6 <sup>45)</sup>  
HUBUNGAN TIMING ANTARKANAL

<sup>45)</sup> Ibid, hal.4-10

### 3.5.2.1 Struktur Frame

#### 3.5.2.1.1 Kanal-kanal TDM

Kanal-kanal TDM didasarkan pada panjang tetap frame yaitu 10368 simbol dan ditransmisikan pada kecepatan 1200 simbol/detik sehingga memberikan waktu frame 8.64 detik. Tiap frame membawa susunan informasi 639 byte. Struktur umum dari data di dalam susunan tersebut bagaimana pengkonversian ke 10368 simbol frame ditunjukkan pada gambar 3-7. sampai 3-12.

Susunan informasi tersebut berupa paket-paket yang berderetan satu-sama lain. Bila terjadi overlapping paket, maka akan dilakukan re-package dan membaginya menjadi dua paket. Paket pertama dari susunan informasi tersebut berupa paket bulletin board. Paket tersebut diikuti oleh satu atau lebih paket-paket deskriptor kanal pensinyalan yang menentukan kanal pensinyalan yang tergabung dengan To-Mobile TDM. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3-7.

Gambar 3-8 menunjukkan proses scrambling. Susunan informasi yang terdiri dari 639 byte dan flush byte dipakai pada proses scrambling tersebut.

Blok tersebut dibagi menjadi 160 grup, dan tiap grup berisi empat byte yang berurutan. Data scrambled block dikonversikan ke suatu deretan bit secara seri. Pada gambar 3-8 bit-bit disusun secara seri dan diawali dengan bit nomor 1 sampai bit ke-8 dari byte ke-1, 1 sampai 8

dari byte ke-2, dan seterusnya, dan diakhiri dengan bit ke-8 dari byte ke-640.

Deretan bit tersebut kemudian dilewatkan melalui half-rate convolutional encoder seperti ditunjukkan pada gambar 3-10. Total simbol yang melewati pengkode tersebut adalah  $640 \times 8 \times 2 = 10240$  simbol. Setelah melalui pengkode, bit tersebut menuju ke interleave matrix. Keadaan awal dari pengkode identik seperti yang ditunjukkan pada signalling channel.

Interleave matrix ditunjukkan pada gambar 3-11 dan dua kolom pertama adalah identik dan secara permanen berisi dua pola word yang unik.

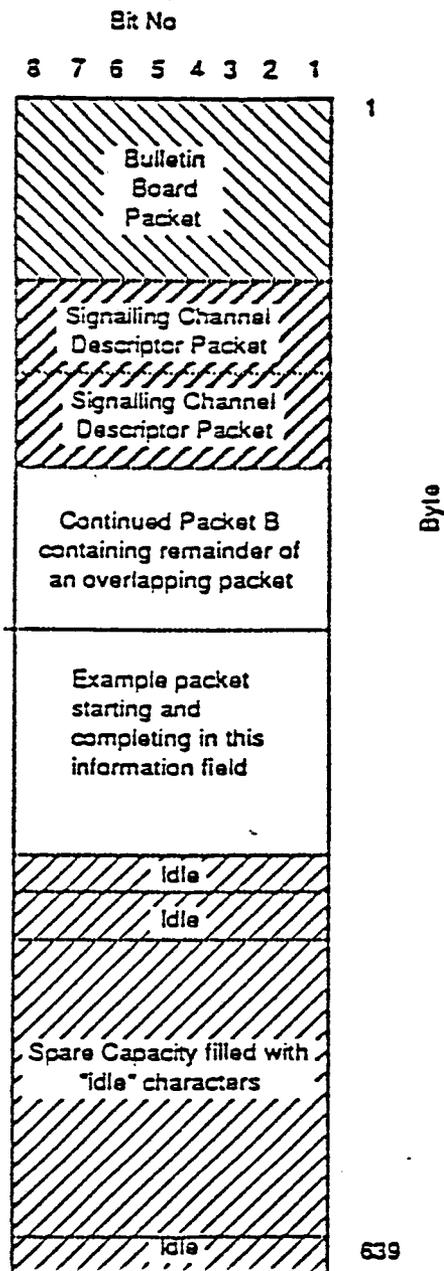
Kolom-kolom tersebut tidak dikirimkan dalam orde sequensial, namun dikirimkan menurut deretan permutasi sebagai berikut :

- jika kolom-kolom pada blok interleave dijumlahkan dari  $i=0$  sampai  $i=63$  dengan orde pengiriman dari  $j=0$  sampai  $j=69$ .
- $i$  dan  $j$  dihubungkan dengan pernyataan :

$$i = (j*39) \text{ modulo } 64$$

$$j = (i*23) \text{ modulo } 64$$

Proses tersebut ditunjukkan pada gambar 3-12.



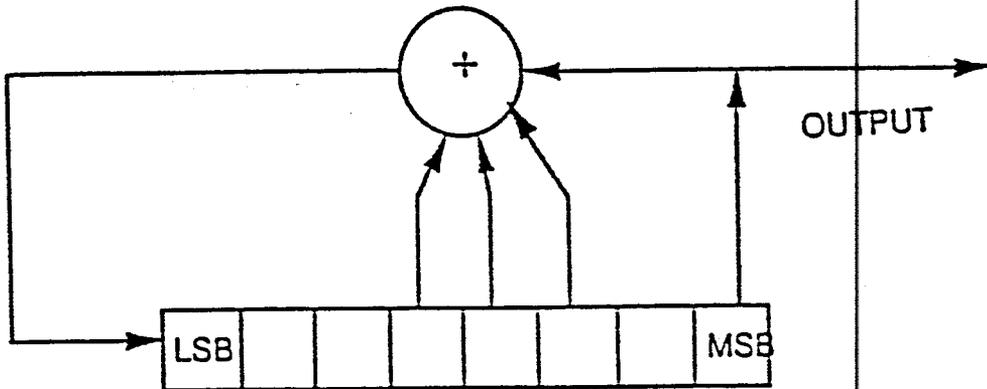
GAMBAR 3-7 <sup>46)</sup>  
 TDM FRAME INFORMATION FIELD

<sup>46)</sup> Ibid, hal.4-12

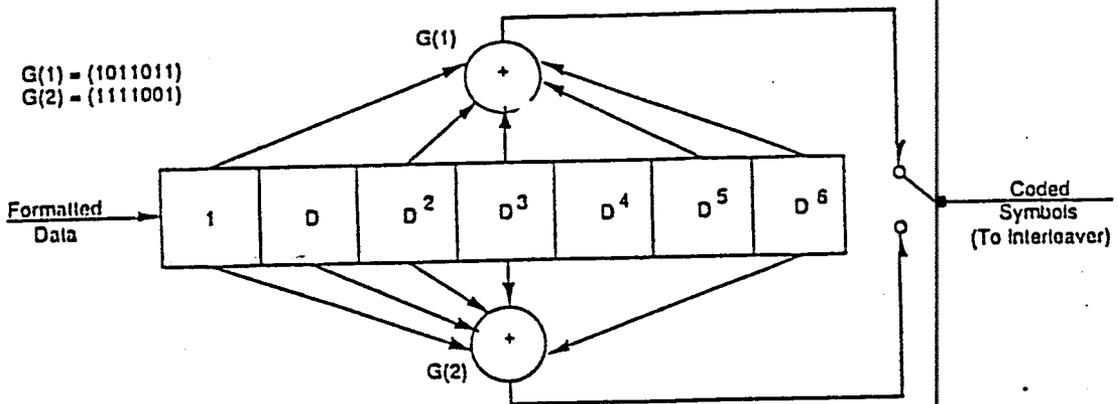
Bit No	Byte	Group	Pseudo-random Sequence
8 7 6 5 4 3 2 1			
	1		
	2		
	3	0	0
	4		
	5		
	6		
	7	1	0
	8		
	9		
Information Field + 1 Byte to flush the convolutional encoder		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
		6	0
		7	1
		8	0
		9	0
		10	0
		11	1
		.	.
	.	.	
	.	.	
	153	1	
	154	0	
	155	0	
	156	1	
	157	1	
	158	1	
	637		
	638		
	639	159	0
Flush = 0	640		

GAMBAR 3-8  
PROSES TDM SCRAMBLING

47) Ibid. hal. 4-13



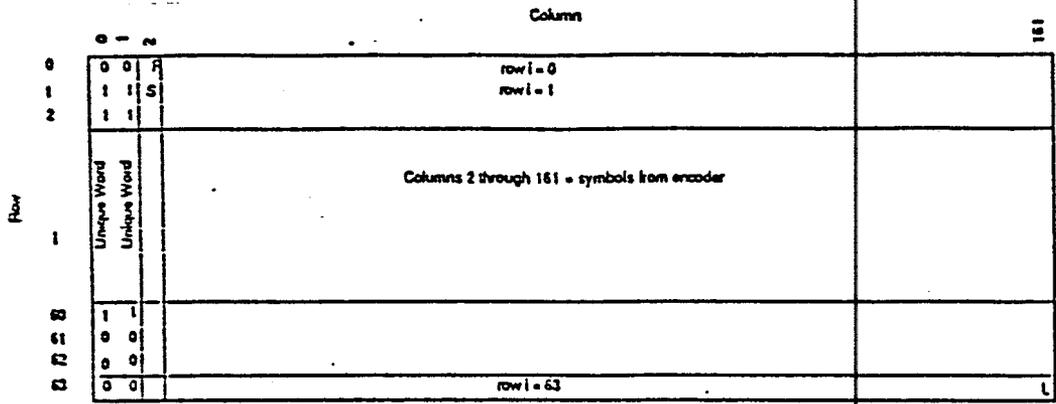
GAMBAR 3-9<sup>48)</sup>  
GENERATOR SCRAMBLING



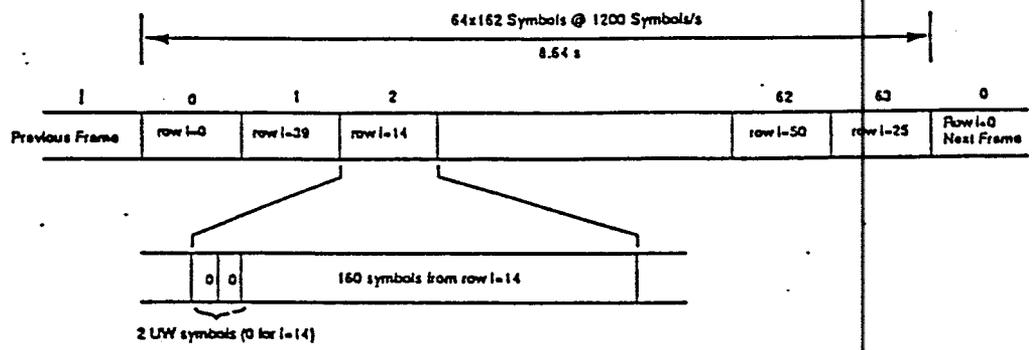
GAMBAR 3-10<sup>49)</sup>  
PENGKODE

48) Ibid. hal. 4-14

49) Ibid. hal. 4-15



GAMBAR 3-11<sup>50)</sup>  
INTERLEAVE MATRIX



GAMBAR 3-12<sup>51)</sup>  
FORWARD LINK SERIAL TDM TRANSMISSION

50) Ibid. hal. 4-16

51) Ibid. hal. 4-17

### 3.5.2.1.2 Message Channel

MES message channel sangat mirip dengan TDM channel dan dalam beberapa hal referensi yang dipakai adalah sama. Perbedaan pokok dari kedua kanal tersebut adalah :

- message channel bersifat kuasi-kontinyu dan memerlukan preamble untuk membantu akuisisi.
- panjang frame antar pesan bervariasi.
- kecepatan transmisi 1200 simbol/detik atau 600 simbol/detik sesuai dengan transponder satelit yang digunakan.

Parameter 'N' yang digunakan pada pembahasan ini merupakan ukuran blok pesan atau juga merupakan ukuran frame transmisi, sesuai dengan :

$$\text{Panjang frame transmisi} = 128 + 2048 \times (N+1) \text{ simbol}$$

dimana  $N = 0$  sampai 4.

Tiap-tiap frame akan membawa  $(N+1)$  paket pesan MES yang terdiri dari 127 byte panjang paket. Gambar 3-13 menunjukkan penyusunan  $(N+1)$  pada suatu blok prior untuk pengubahan ke suatu frame dari simbol untuk ditransmisikan. Tiap-tiap paket mempunyai suatu 'zero' byte yang berisikan 8 flush bit. Karena itu panjang blok adalah  $(N+1) \times 128$  dan selalu diakhiri pada suatu flush byte.

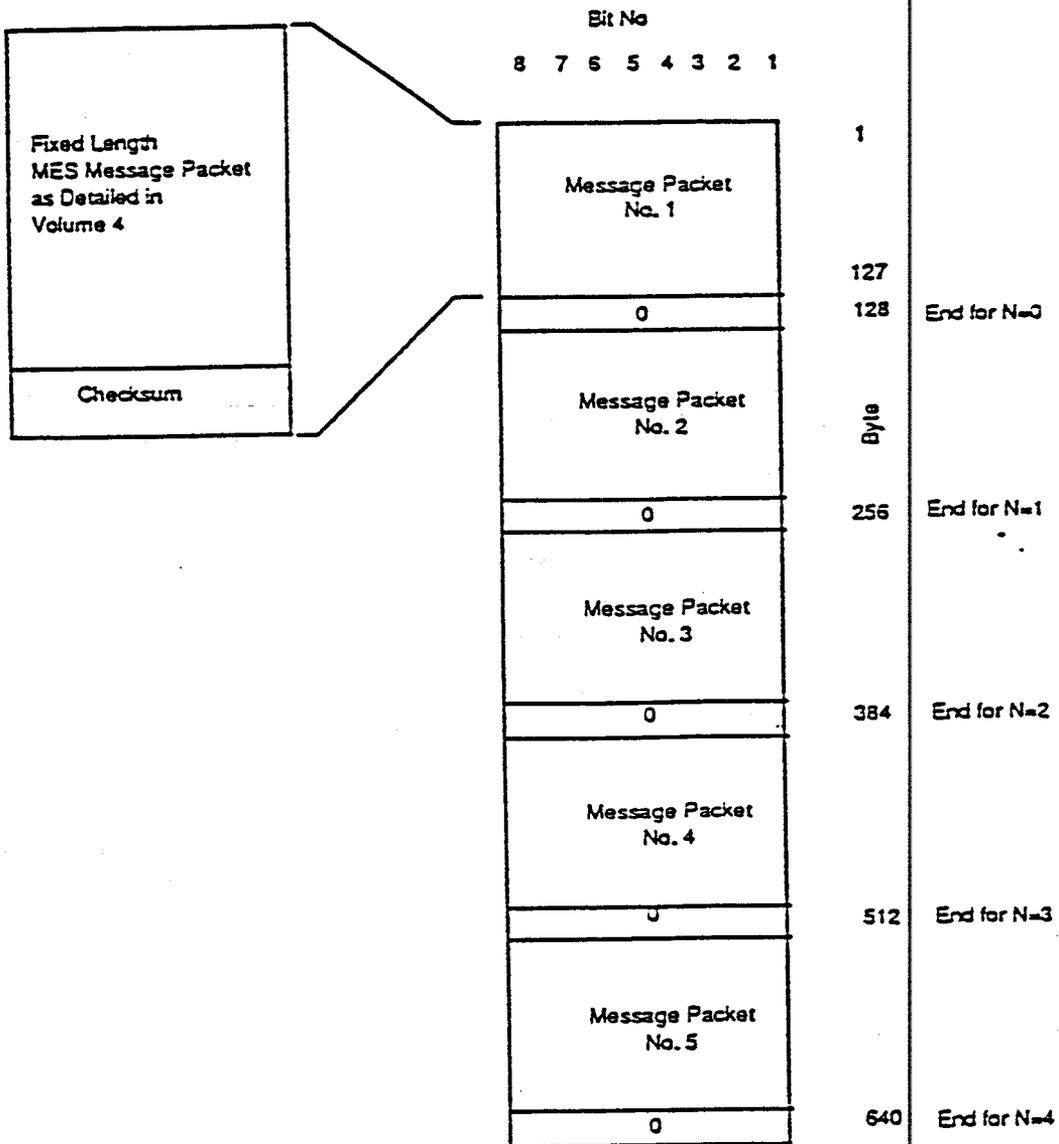
Blok tersebut kemudian discramble, seperti terlihat pada gambar 3-8, untuk  $N = 4$ .

### 3.5.2.1.3 Signalling Channel

Signalling channel mempunyai panjang frame 8.64 detik. Tiap frame dibagi menjadi 14 slot untuk satelit generasi pertama, dan 28 slot untuk satelit generasi kedua. Struktur slot tersebut ditunjukkan pada gambar 3-15. Timing dari suatu transmisi MES dalam suatu slot diambil dari kanal To-Mobile TDM yang diterima.

Slot-slot diakses oleh suatu MES dengan menggunakan suatu sistem hybrid slotted ALOHA.

Gambar 3-16 menunjukkan suatu paket signalling yang selalu mempunyai panjang 15 byte. Jika panjang paket kurang dari 15 byte, maka kekurangannya ditambahkan dengan nol.



GAMBAR 3-13 <sup>52)</sup>  
 FORMAT FIF MESSAGE CHANNEL

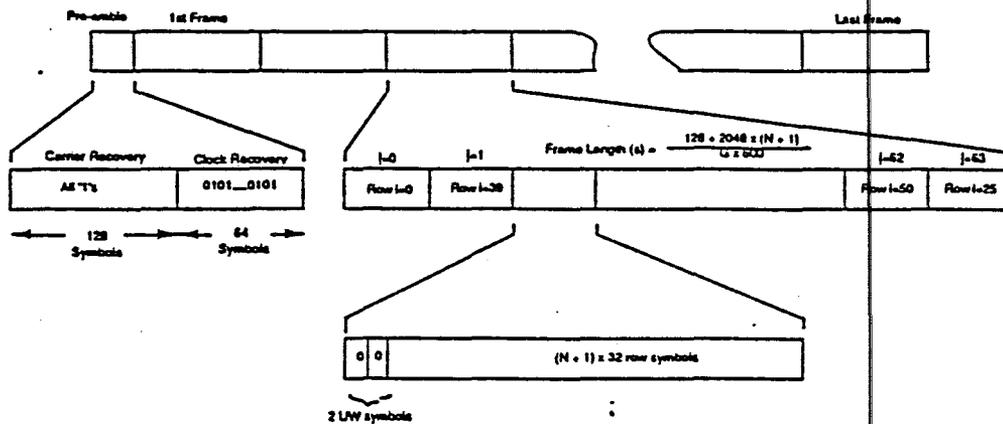
<sup>52)</sup> ibid. hal. 4-20

Pada format data serial message channel seperti ditunjukkan gambar 3-14 dapat dilihat bahwa preamble frame akan berisikan carrier recovery yang terdiri dari 128 simbol dan clock recovery yang terdiri dari 64 simbol.

Frame-frame selanjutnya mempunyai panjang frame menurut ketentuan :

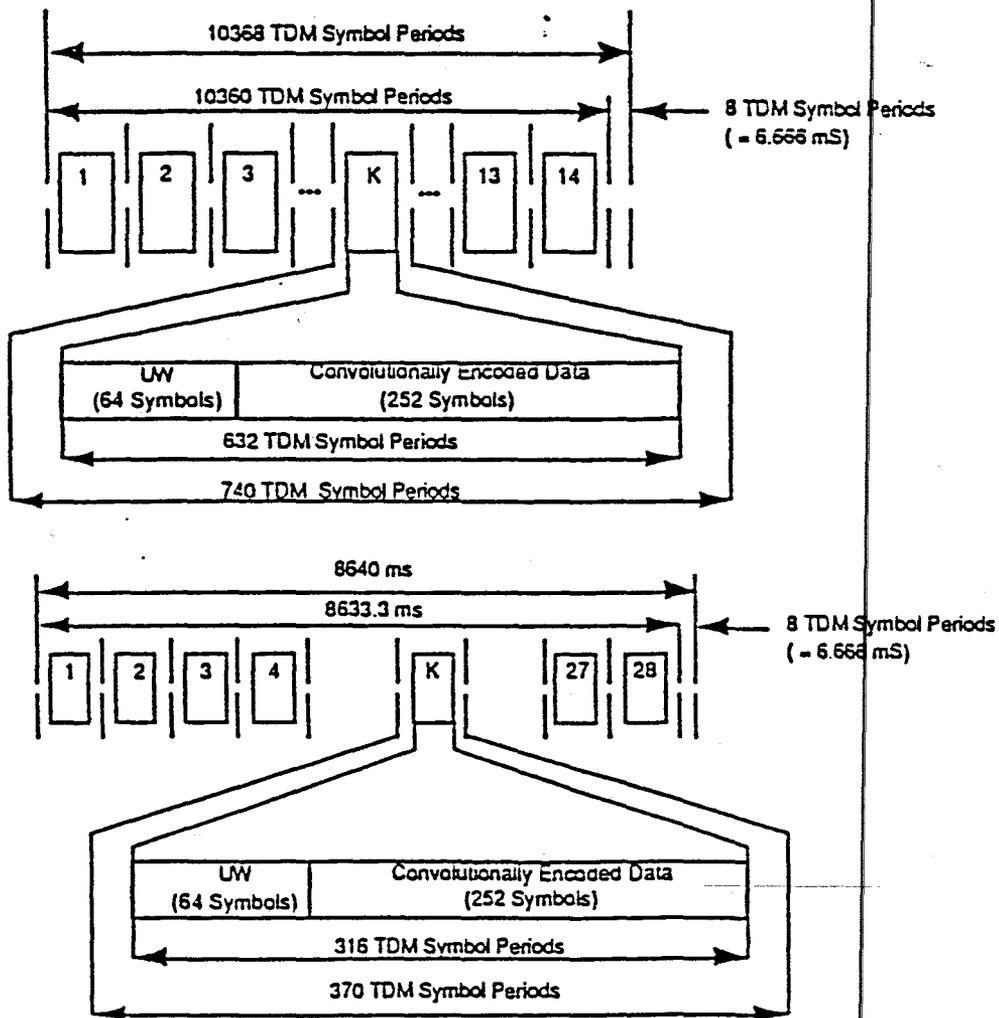
$$\text{Panjang frame} = \frac{128 + 2048 \times (N+1)}{G \times 600}$$

di mana : G = 1 untuk satelit generasi pertama  
 G = 2 untuk satelit generasi kedua



GAMBAR 3-14 <sup>53)</sup>  
 FORMAT DATA SERIAL MESSAGE CHANNEL

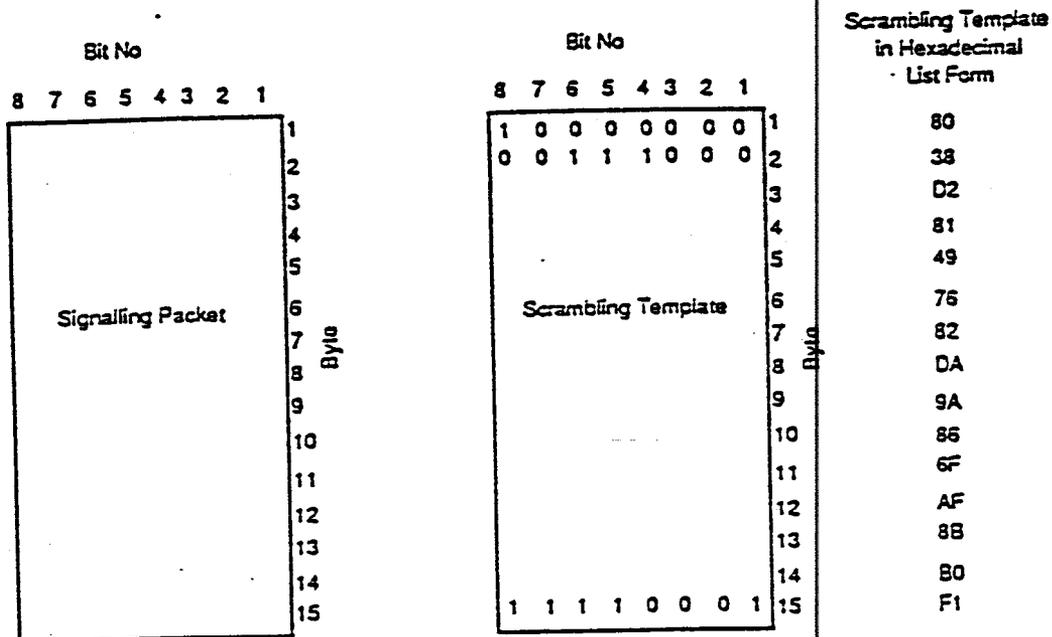
<sup>53)</sup> Ibid, hal.4-21



GAMBAR 3-15 <sup>54)</sup>

FORMAT FRAME SIGNALLING CHANNEL

<sup>54)</sup> Ibid. hal. 4-22



GAMBAR 3-16<sup>55)</sup>  
 PROSES SCRAMBLING SIGNALLING CHANNEL

3.5.3 Prosedur Penyempurnaan Hubungan

Pada bagian ini diterangkan prosedur yang digunakan oleh Inmarsat-C untuk menyempurnakan hubungan antara suatu LES dan MES.

3.5.3.1 To-Mobile Message Transfer

Penyempurnaan hubungan yang disediakan untuk suatu panggilan To-Mobile ada tiga tingkatan. Pertama, pengecekan pada level jaringan untuk ada atau tidaknya MES

<sup>55)</sup> Ibid. hal.4-23

di ocean region sebelum menyetujui pesan dari terrestrial. Kedua, panggilan yang berupa pengumuman ke MES melalui NCS. Ketiga, penyempurnaan kanal logik. Prosedur tersebut ditunjukkan pada gambar 3-17.

#### 1. Persetujuan pengiriman pesan dari terrestrial

Proses ini dimulai ketika suatu LES menerima panggilan dari jaringan terrestrial ke suatu MES Inmarsat-C. Nomor dari MES ITU tersebut akan dicek apakah siap untuk menerima panggilan. Hal ini dilihat pada daftar pada LES apakah MES tersebut berada pada ocean region tersebut. Keadaan bisa tidaknya panggilan diterima tergantung juga pada MES.

#### 2. Announcement.

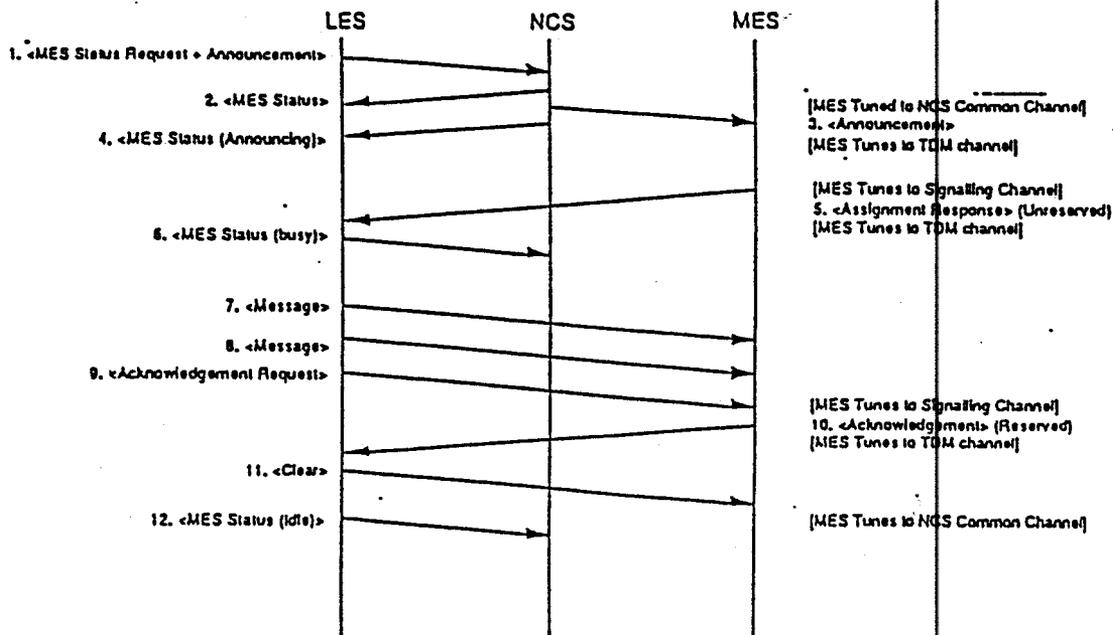
Setelah keseluruhan pesan diterima, maka LES akan meminta NCS untuk mengumumkan panggilan ke MES melalui suatu panggilan status MES. Status dari MES dapat berupa :

- a. Tidak pada ocean region, atau non-operasional.
- b. Pada ocean region dan idle.
- c. Pada ocean region namun sibuk.

Bila MES pada ocean region namun sibuk, maka announcement tersebut akan melakukan antrian.

#### 3. Penyempurnaan kanal logik

Setelah menerima announcement, MES akan melihat apakah pesan tersebut menunggu, agar dilakukan tune frekuensi TDM. Kemudian MES tune dan sinkronisasi ke kanal TDM.

GAMBAR 3-17<sup>56)</sup>

## TO-MOBILE MESSAGE TRANSFER

## 3.5.3.2 From-Mobile Message Transfer

Untuk penyempurnaan panggilan yang digunakan untuk From-Mobile, maka dilakukan dua tingkatan, seperti pada gambar 3-18 dan gambar 3-19.

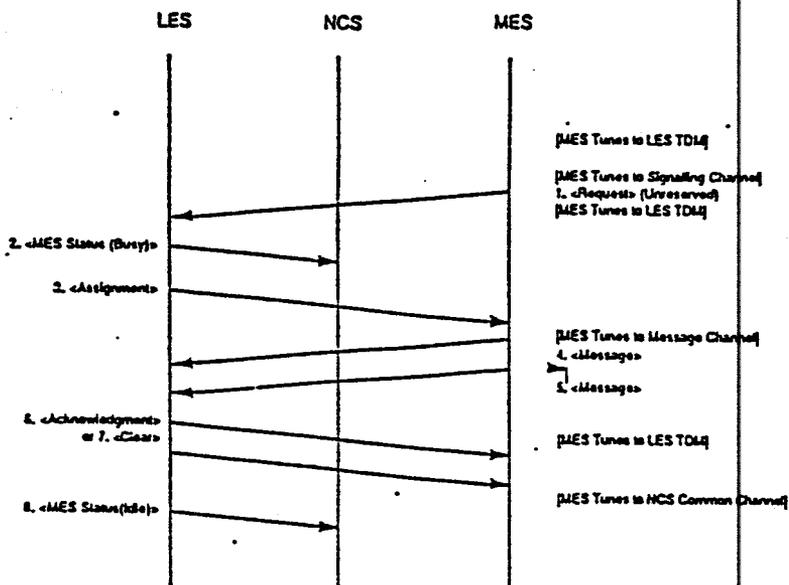
## 1. Permintaan panggilan

Untuk memulai proses ini, maka MES akan tune ke frekuensi TDM untuk LES yang dibutuhkan. Setelah sinkronisasi dengan TDM, MES akan mengirimkan permintaan assignment pada suatu signalling channel.

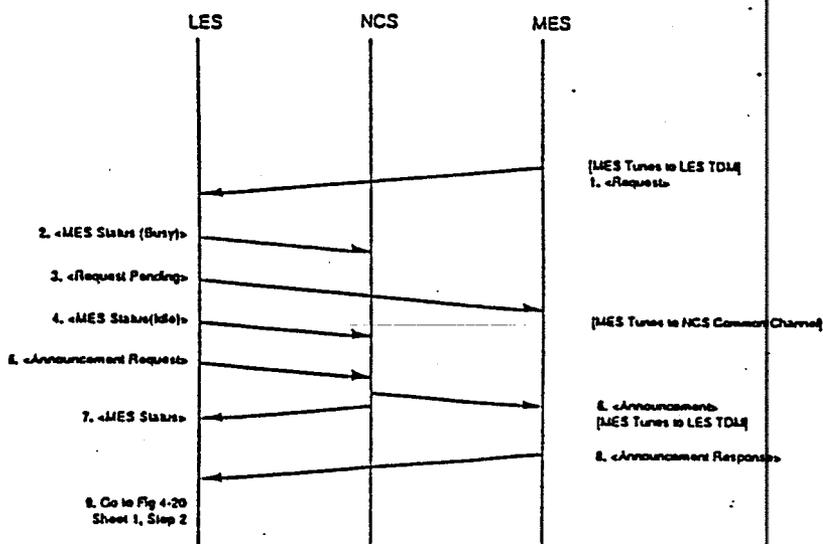
## 2. Penyempurnaan kanal logik

Prosedurnya sama dengan To-Mobile message transfer.

<sup>56)</sup> Ibid, hal.4-37



GAMBAR 3-18<sup>57)</sup>  
 FROM-MOBILE MESSAGE TRANSFER (1)



GAMBAR 3-19<sup>58)</sup>  
 FROM-MOBILE MESSAGE TRANSFER (2)

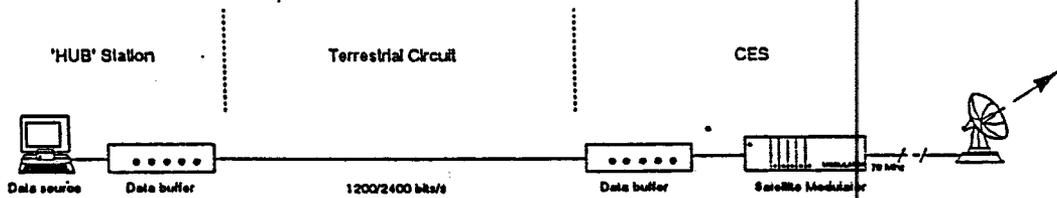
57) Ibid. hal. 4-38

58) Ibid. hal. 4-39

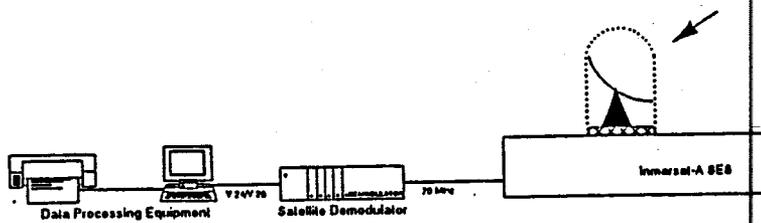
### 3.6 Pelayanan Data Point-to-Multipoint INMARSAT

Pelayanan Data Point-to-Multipoint (P-MP) merupakan suatu sistem untuk pengiriman data ke terminal bergerak (mobile) pada kapal maupun kendaraan maritim lainnya, dengan menggunakan kanal-kanal satelit pada satelit-satelit INMARSAT. Stasiun bumi kapal (SES) Inmarsat-A, Inmarsat-B, bahkan Inmarsat-C dapat digunakan untuk menerima sinyal-sinyal radio tersebut.

Fungsi dari pelayanan ini adalah pengiriman data differential GPS (Global Positioning System), yang telah diproses pada stasiun 'hub' user, menuju kapal-kapal untuk memperbaiki kualitas ketepatan posisi kapal. Untuk tujuan ini, data dari stasiun-stasiun dengan letak yang tetap pada seluruh permukaan bumi diproses pada suatu stasiun 'hub'. Koreksi GPS atau data DGPS kemudian dipancarkan ke penerima mobile, sehingga dapat menerima informasi posisi yang benar-benar tepat. Dengan sistem tersebut maka ketepatan penerima dengan pengukuran dua dimensi (2D) yang biasanya 100 meter RMS dengan menggunakan GPS Standard Positioning System (SPS) dapat diperbaiki untuk mendapatkan ketepatan menjadi 10 meter RMS. Konfigurasi dari peralatan pelayanan P-MP INMARSAT ditunjukkan pada gambar 3-20.a dan 3-20.b.



(a)



(b)

GAMBAR 3-20 <sup>59)</sup>

KONFIGURASI PERALATAN P-MP, (a) PENYALURAN DATA KE CES  
DAN UPLINK KE SATELIT, (b) KONFIGURASI PERALATAN KAPAL

<sup>59)</sup> Inmarsat, 'INMARSAT Point-to-Multipoint Data Service, System Definition', INMARSAT, London, 1990, hal.1-7

Data masukan diberikan oleh user ke suatu CES Inmarsat, kemudian dari CES data tersebut diuplink ke satelit INMARSAT dengan menggunakan peralatan khusus yang diinstalasikan pada Stasiun bumi tersebut dan diterima oleh pemakai pada masing-masing demodulator penerima.

### 3.6.1 Sistem P-MP

Data yang diberikan ke CES dilewatkan rangkaian terestrial dengan kecepatan data mencapai 2400 bit/detik. Modulator satelit yang dipakai memancarkan sinyal termodulasi BPSK ke satelit dengan kecepatan data antara 600 bit/detik sampai 2400 bit/detik. Hal ini tergantung dari kebutuhan user. Format dari sinyal yang dipancarkan sesuai dengan spesifikasi 'signal-in-space' Inmarsat-C.

Data yang diterima pada rangkaian terestrial mencapai 2400 bit/detik dan dibuffer untuk transmisi keluar dari satelit pada kecepatan bit yang lebih rendah. Sebagai contoh, modulator satelit dapat mengontrol aliran data pada rangkaian terestrial dengan jalan 'start' atau 'stop' message yang dikirim kembali ke stasiun 'hub'.

Data yang diterima pada suatu SES Inmarsat-A disesuaikan dengan IF dan kemudian dilewatkan demodulator. Tiap-tiap pelayanan menggunakan frekuensi kanal yang cocok untuk rangkaian terpasang, sesuai dengan alokasi dari INMARSAT. Alokasi bandwidth akan tergantung pada kebutuhan kecepatan bit dari user.

### 3.6.2. Kebutuhan Peralatan

Tiap-tiap rangkaian data terdiri dari suatu stasiun 'hub' yang membangkitkan data, rangkaian terestrial ke CES, modem pada satelit, space segment INMARSAT, dan penerima data.

#### 3.6.2.1 Rangkaian Terestrial

Suatu rangkaian terestrial akan disediakan untuk setiap pelayanan data antara stasiun 'hub' dan CES. Tiap-tiap rangkaian terpasang akan beroperasi pada kecepatan transmisi 2400 bit/detik atau 1200 bit/detik, sinkronus maupun asinkronus.

Suatu sistem kontrol aliran data dapat diterapkan pada modulator satelit. Contohnya, transmisi data dari stasiun 'hub' sepanjang jalur terpasang dapat dikontrol oleh 'On' atau 'Off' dari message dari masukan modulator satelit.

#### 3.6.2.2 Modem Satelit

Modulator satelit yang digunakan untuk pelayanan P-MP data harus didasarkan pada spesifikasi Inmarsat-C, dan dapat melakukan tiga kecepatan data user yang nominal, yaitu 600 bit/detik, 1200 bit/detik, dan 2400 bit/detik, termasuk interleaving Unique Word, dimana tiap data akan dialokasikan dengan pemisahan 128 bit Unique Word.

Modem harus dirancang untuk memudahkan informasi dikirimkan melalui satelit, termasuk teknik interleaving

blok Inmarsat-C.

Karakteristik dari sinyal keluaran dari modulator satelit ditunjukkan pada tabel III-11.

Spesifikasi tersebut sesuai dengan spesifikasi 'signal-in-space' Inmarsat-C untuk kecepatan data user 600 bit/detik.

Disamping pengkodean dan modulasi, modulator satelit juga dapat mengontrol aliran data pada rangkaian terestrial ke CES.

TABEL III-11. KARAKTERISTIK MODULATOR <sup>50)</sup>

Modulation	Filtered BPSK		
Filter	40 % Square-Root Raise Cosine		
Channel Coding	Half Rate FEC (Inmarsat-C)		
Scrambling	Convolutional Encoding		
Ambiguity Resolution	Unique Word Polarity		
Frame Unique Word	128 bit		
Symbol Rate (symbol/s)	1200	2400	4800
User Data Rate (bit/s)	600	1200	2400
Symbol Rate Stability	$\pm 20 \cdot 10^{-6}$	$\pm 20 \cdot 10^{-6}$	$\pm 20 \cdot 10^{-6}$
Interleave Matrix (bit)	64x162	64x162	64x162
Frame Duration (second)	8.64	4.32	2.16
Assigned Bandwidth (kHz)	2.5	5.0	7.5

<sup>50)</sup> Ibid, hal.1-4

### 3.6.2.3 Penerima Data

Terminal user terdiri dari suatu SES Inmarsat-A (dengan G/T minimum = -4 dB/K) diinterfacekan dengan IF ke demodulator. Data juga dapat diterima oleh SES Inmarsat-B. Interface demodulator/DCE tersebut didefinisikan pada CCITT V.24/V.28.

### 3.6.2.4 Space Segment

Kebutuhan bandwidth dan daya satelit untuk penerimaan data pada SES Inmarsat-A ditunjukkan pada tabel III-12. Sedangkan link budget untuk transmisi shore-to-ship dengan 600, 1200, dan 2400 bit/detik, pada MCS-B atau MARECS untuk 99 % dari waktu ditunjukkan pada tabel III-13.

TABEL III-12. KEBUTUHAN SPACE SEGMENT <sup>61)</sup>

Symbol Rate (symbol/s)	1200	2400	4800
User Data Rate (bit/s)	600	1200	2400
Assigned Bandwidth (kHz)	2.5	5	7.5
L-band EIRP (5°) (dBW)	≤ 4	≤ 6	≤ 9
User Data BER	<10 <sup>-5</sup>	<10 <sup>-5</sup>	<10 <sup>-5</sup>

<sup>61)</sup> Ibid. hal.1-5

TABEL III-13. LINK BUDGET <sup>62)</sup>

Data Rate (bit/s)	600	1200	24 0
LES EIRP (dBW)	44	46	49
Path Loss (dB)	200.9	200.9	200.9
Absorption Loss (dB)	0.4	0.4	0.4
Satellite G/T (dB/K)	-14	-14	-14
Mean Uplink C/No (dBHz)	57.3	59.3	62.3
Satellite EIRP (dBW)	4	6	9
Path Loss (dB)	188.5	188.5	188.5
Absorption Loss (dB)	0.4	0.4	0.4
SES G/T (dB/K)	-4	-4	-4
Mean Downlink C/No (dBHz)	39.7	41.7	44.7
Nominal Unfaded C/No (dBHz)	39.6	41.6	44.6
Interference Loss (dB)	0.7	0.7	0.7
Total RSS random loss (dB)	2.2	2.2	2.2
Overall C/No (dBHz)	36.7	38.7	41.7
Required Eb/No (dB)	4.5	4.5	4.5
Implementation Margin (dB)	1.5	1.5	1.5
Required C/No (dBHz)	33.7	36.8	39.8
Margin (dB)	3.0	1.9	1.9

---

<sup>62)</sup> Ibid, hal.1-6

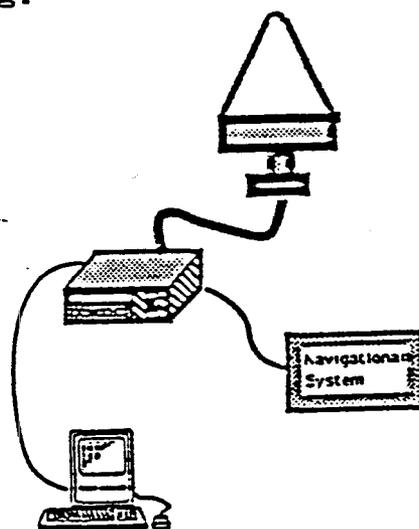
### 3.7. Position Reporting Service

Bagian ini akan menjelaskan pelayanan laporan posisi yang digunakan untuk Maritime Mobile, dan juga untuk Land Mobile pada umumnya.

Position Reporting System memberikan laporan penentuan lokasi dari suatu terminal mobile dan mengembalikan informasi tersebut ke suatu Base Station yang membutuhkannya. Dengan menggunakan protokol Polling, Base Station dapat meminta stasiun bergerak untuk mengirimkan informasi yang diperlukan.

Seperti yang telah dijelaskan di bagian 3-6 (Point-to-Multipoint Data Service) maka posisi dari suatu MES ditentukan dengan sistem navigasi onboard seperti GPS, GLONASS, Loran-C, Omega, NNSS.

Gambar 3-21 menunjukkan peralatan yang dipakai untuk Position Reporting.

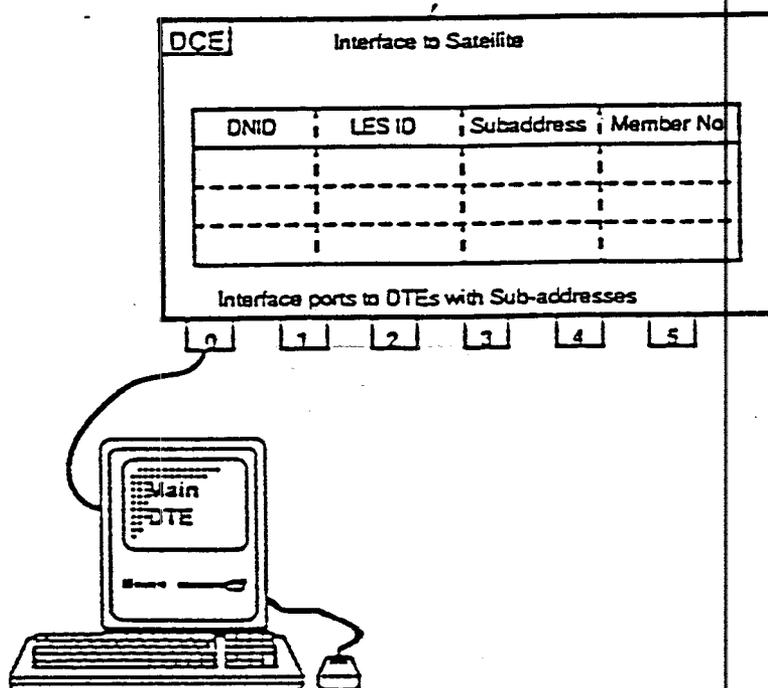


GAMBAR 3-21  
PERALATAN MES UNTUK POSITION REPORTING

### 3.7.1 Data Reporting

Position Reporting Service didasarkan pada Data Reporting atau Pre-assigned Data Reporting Protocol, dimana laporan data dikirimkan oleh MES ke LES dan disempurnakan oleh Base Station.

Untuk keperluan Data Reporting Service, maka suatu MES mempunyai suatu DCE yang disatu sisi dilengkapi dengan protokol satelit untuk berhubungan dengan LES, dan sisi yang lain mempunyai sejumlah port beralamat yang berhubungan dengan peralatan pendukung DCE. Model dari MES ditunjukkan pada gambar 3-22.



GAMBAR 3-22 <sup>63)</sup>  
MODEL MES

<sup>63)</sup> Inmarsat, 'Inmarsat-C SDM Release 2.0', op.cit, hal.5-2

### 3.7.1.1. Slot Logical Channel

Hubungan From-Mobile antara MES dan suatu LES disebut dengan suatu 'slot logical channel'. Suatu slot logical channel menyediakan kanal signalling MES untuk suatu MES pada suatu basis interval yang tetap. Hal-hal yang harus diperhatikan adalah :

#### 1. Panjang laporan

Suatu laporan berisikan 1 sampai 4 paket-paket kanal yang terdiri dari 44 byte data user. Suatu slot logical channel dapat menyediakan maksimum empat multislot berurutan untuk setiap laporan.

#### 2. Interval laporan

Interval laporan diberikan dalam bentuk frame-frame. Ada 10000 frame dalam 24 jam dengan panjang setiap frame adalah 8,64 detik. Interval antar laporan dapat diatur untuk mendapatkan data reporting dari tiap-tiap 10 frame sampai 63000 frame.

#### 3. Panjang Assignment, dapat berisikan satu sampai 63000 laporan.

### 3.7.1.2. Slot Logical Channel Assignment

Metoda pre-programed yang diterangkan di bawah ini dirancang untuk grup-grup user yang banyak dan mempunyai kebutuhan data reporting yang tetap. Dalam hal ini MES tidak perlu dicatat ke dalam ocean region dan hanya membutuhkan kemampuan data reporting.

Slot logical channel dapat dipre-program ke MES dari user dengan menggunakan Individual Poll. Parameter yang dipre-program adalah :

1. Identitas jaringan data
2. Nomor frame awal
3. Nomor slot
4. Jumlah paket-paket tiap laporan
5. Interval reporting
6. Panjang assignment

Pengalokasian slot logical channel ditangani oleh operator LES. Setelah assignment diprogram ke MES, maka suatu grup poll dikirimkan melalui NCS common channel untuk mengawali reporting data. Grup poll tersebut berisikan kode frekuensi TDM satelit dan code frekuensi kanal signalling satelit. LES harus dapat menjamin bahwa keadaan slot adalah 'reserved'. Pada penerimaan grup poll, suatu MES akan menyimpan kanal TDM dan signalling yang diberikan selama panjangnya assignment. Suatu MES yang menerima individual poll harus mengasumsikan informasi Start Frame dan Slot berdasarkan kemunculan dari nomor frame dan slot selanjutnya.

### 3.7.2 Polling

Protokol polling memperbolehkan suatu terrestrial untuk mengawali beberapa kegiatan dengan suatu MES atau grup MES. Kegiatan tersebut dapat berupa transfer data oleh MES ke terrestrial user, dimana transfer data tersebut

dilakukan dengan Data Reporting, Pre-assigned Data Reporting, atau normal From-Mobile message transfer.

Permintaan polling yang dikirim ke MES dapat berisikan teks atau data yang disiapkan oleh terrestrial user. Polling terdiri dari tiga tipe, yaitu :

#### 1. Individually Directed Polling.

Individually Directed Polling berdasarkan proses pengiriman suatu perintah polling eksplisit ke satu MES. Suatu perintah poll dari suatu terrestrial user dapat berisikan sejumlah perintah-perintah individually directed poll. MES dan pemberi perintah polling diregistrasikan pada LES. Setelah rangkaian terrestrial dihubungkan, user akan membuka daftar identitas MES untuk mendapatkan perintah individually directed polling. Jika perlu LES akan menyempurnakan file keluaran dari polling yang merupakan tanggapan dari polling. Selama penerimaan individual poll, NCS mengirimkan suatu individual poll pada NCS common channel jika MES dalam keadaan idle. Jika MES dalam keadaan sibuk, maka poll tersebut diantrikan.

#### 2. Group Directed Polling

Pada group directed polling, suatu perintah polling tunggal dipancarkan pada NCS common channel. MES akan memberikan tanggapan bila dalam keadaan idle. Setelah terrestrial user meminta suatu grup poll, LES mengirimkan suatu grup poll ke NCS. Tidak dibutuhkan

status checking, dan NCS akan memancarkan suatu grup poll pada NCS common channel dengan parameter paket yang sama dengan grup poll dari LES.

### 3. Area Directed Polling

Area Directed Polling secara fungsional sama dengan group directed polling, dengan perkecualian bahwa hanya MES tertentu yang sesuai dengan identitas jaringan data yang sama yang akan dituju.

#### 3.7.3. Format Paket Data Reporting

Format dari paket yang dikirimkan pada Data Reporting terdiri dari tiga bentuk :

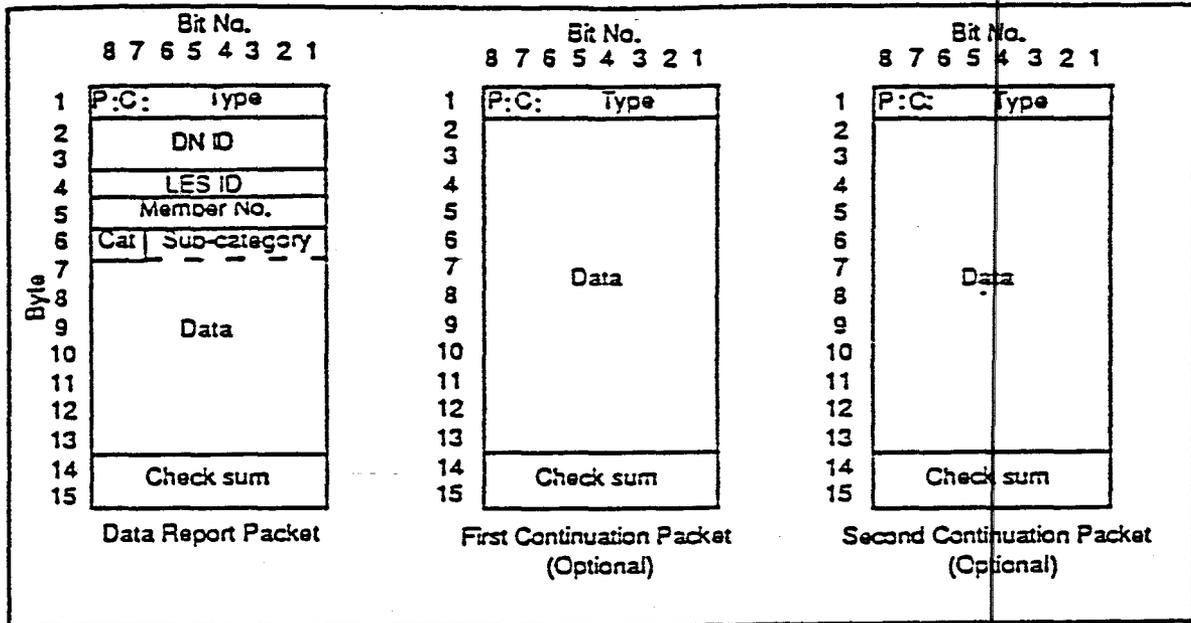
1. Format Paket Umum, ditunjukkan pada gambar 3-23.<sup>64)</sup>
2. Format Untuk Land Mobile, gambar 3-24.<sup>65)</sup>
3. Format Untuk Posisi Kapal/Maritim, gambar 3-25.<sup>66)</sup>

---

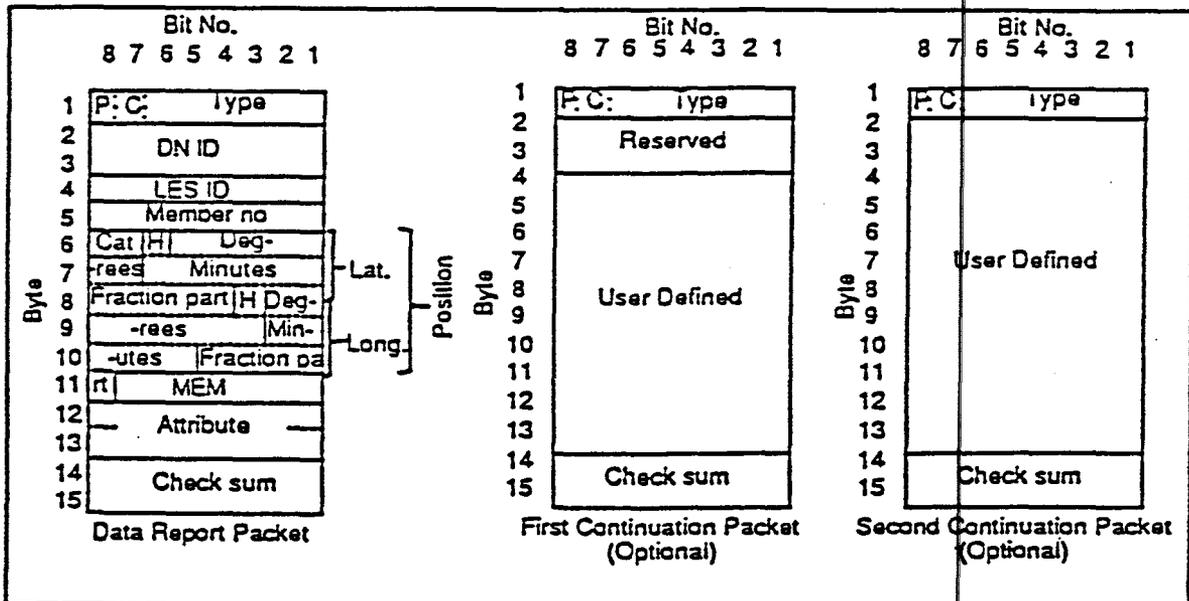
<sup>64)</sup> Inmarsat, 'Inmarsat-C SDM, Position Reporting Service', INMARSAT, London, 1992, hal.2

<sup>65)</sup> Ibid, hal.4

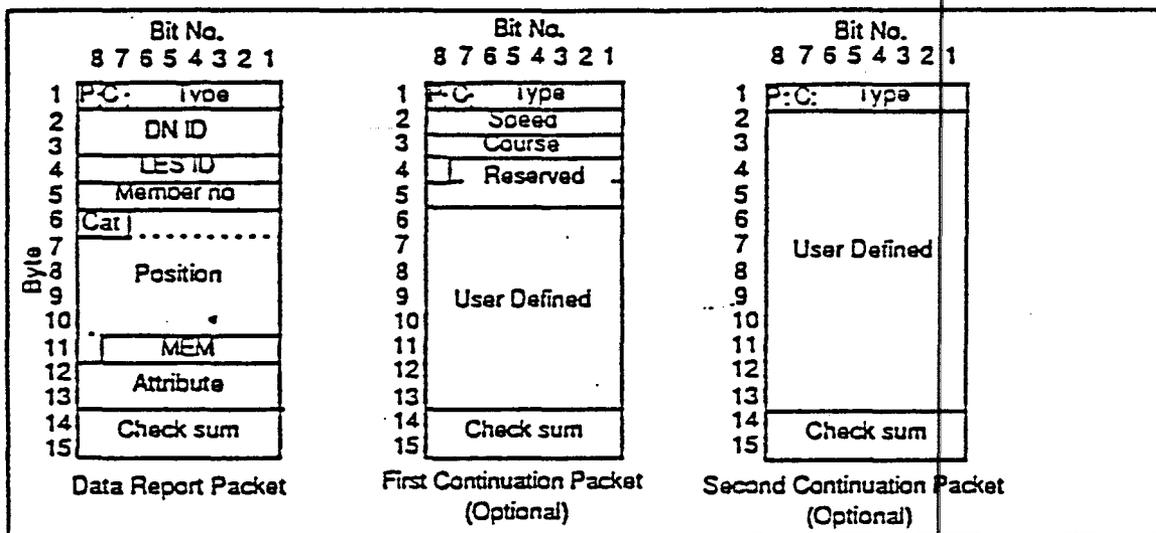
<sup>66)</sup> Ibid, hal.7



GAMBAR 3-23  
FORMAT PAKET UMUM



GAMBAR 3-24  
FORMAT PAKET UNTUK LAND MOBILE



GAMBAR 3-25  
FORMAT UNTUK MARITIME MOBILE

## BAB IV

### GLOBAL POSITIONING SYSTEM

---

Untuk mendukung sistem Inmarsat, terutama pada point-to-multipoint service, dan position reporting, maka harus didukung dengan peralatan satelit navigasi.

Sistem satelit navigasi yang saat ini sangat mendukung terutama untuk penentuan posisi adalah Transit NNSS, Navstar GPS, dan GLONASS. Ketiga sistem satelit tersebut dua yang pertama dikembangkan oleh Amerika Serikat dan GLONASS dikembangkan oleh Uni Sovyet.

Ketiga sistem tersebut memiliki komposisi yang berbeda, namun memiliki prinsip dasar yang sama. Pada tugas akhir ini akan ditekankan pada sistem GPS karena lebih umum digunakan dalam hubungannya dengan Inmarsat-C.

#### 4.1 Prinsip Teknik Navigasi Dengan GPS

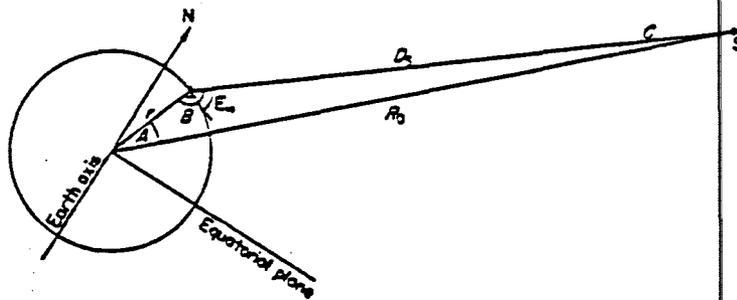
##### 4.1.1 Prinsip Segitiga Dasar

Prinsip yang mendasari sistem navigasi dengan bantuan satelit adalah dengan prinsip segitiga. Pada prinsip yang terdiri tiga komponen, yaitu pusat bumi, kapal dan satelit tersebut, yang diperlukan adalah data jarak dari pusat bumi, dengan bantuan dari satelit bumi buatan, penentuan posisinya (atau proyeksi dari posisinya) di permukaan bumi. Untuk menentukan pada suatu titik di

permukaan bumi, perlu menentukan posisi dari kapal pada suatu kurva yang akan memotong lingkaran kecil yang diperoleh dari pengukuran pertama.

Dua aspek dasar yang harus dipertimbangkan adalah teknik pengukuran yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan dasar segitiga dan metoda yang mana kedua teknik dapat dikombinasikan untuk mendapatkan posisi yang tepat.

Dari gambar 4-1 terlihat bahwa dengan  $r$ , merupakan jarak dari kapal ke pusat bumi, dan  $R_0$ , merupakan jari-jari orbital dari satelit, dan keduanya diketahui, maka penyelesaian segitiga dasar membutuhkan penentuan salah satu dari tiga sudut atau dari  $D_s$ , yang merupakan jarak kapal ke satelit. Secara praktis, sudut  $A$  adalah tidak diukur secara langsung dan akan nampak lebih mudah untuk mengukur  $B$  dalam bentuk elevasi sudut,  $E_H$  antara line of sight dan bidang horison jika  $B = E_H + 90^\circ$ .



GAMBAR 4-1  
SEGITIGA DASAR

Ada empat teknik yang memungkinkan untuk penyelesaian segitiga tersebut, yaitu:

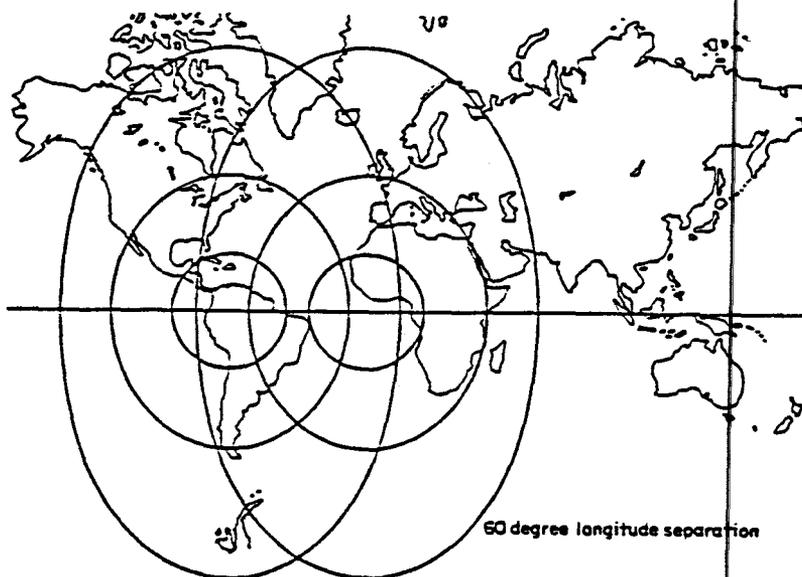
1. Pengukuran  $D_s$  oleh kapal
2. Pengukuran  $D_s$  oleh satelit
3. Pengukuran  $C$  oleh satelit
4. Pengukuran  $E_H$  oleh kapal

Jika pengukuran dari salah satu kuantitas tersebut saling mempengaruhi, termasuk sudut  $A$ , maka semuanya secara matematis adalah ekuivalen. Meskipun demikian secara praktis fungsi dari masing-masing metoda adalah berbeda. Pengukuran (3) dan (4) membutuhkan suatu sudut referensi yang stabil dan akurat pada satelit dan kapal dan pengukuran (2) membutuhkan sejumlah pemroses data yang akan digunakan pada satelit untuk mengidentifikasi perbedaan sinyal dari kapal menggunakan sistem tersebut. Metoda (1) membutuhkan pemancar pada tiap-tiap kapal, namun jika kapal tersebut dilengkapi dengan peralatan untuk sistem komunikasi satelit, maka kemampuan untuk pengukuran  $D_s$  disederhanakan dengan pengiriman message ke kapal itu sendiri melalui satelit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa segitiga dasar sangat cocok bila diselesaikan dengan pengukuran  $D_s$  oleh kapal.

#### 4.1.2 Pengukuran Kedua

Setelah mempunyai hasil penyelesaian dari segitiga dasar, maka perlu untuk membuat pengukuran kedua untuk

memberikan perpotongan/iris pada Lingkaran Kecil yang diterangkan dengan nilai konstan  $A$ . Hal ini dapat dilakukan dengan membuat pengukuran dari salah satu faktor, kapal atau satelit, sudut inklinasi dari bidang segitiga dasar ke sumbu bumi. Namun untuk kasus yang lain masalah-masalah praktis juga akan muncul, terutama untuk pengukuran (3) dan (4). Meskipun demikian jika satelit lain dipakai dan ditempatkan dengan sudut pisah yang telah ditentukan dari satelit yang pertama, pengukuran jarak ke satelit kedua akan menghasilkan Lingkaran Kecil yang lain, dan dengan perpotongan tersebut maka posisi dapat ditentukan. Prinsip tersebut dapat dilihat pada gambar 4-2.<sup>67)</sup>

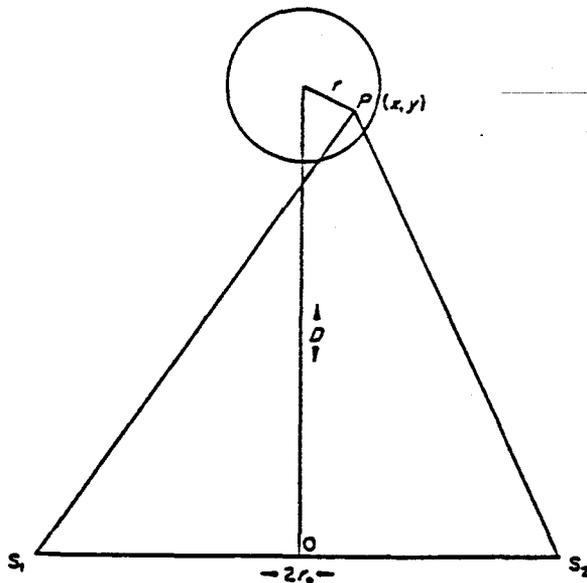


GAMBAR 4-2  
PELIPUTAN DUA SATELIT

<sup>67)</sup> Beck, G. E., 'NAVIGATION SYSTEMS, A Survey of Modern Electronic Aids', Van Nostrand Reinhold, London, 1971, hal. 329

### 4.1.3 Persamaan-persamaan Dasar

Cara untuk menentukan posisi dari suatu kapal dengan menggunakan dua satelit akan diterangkan dengan referensi dari gambar 4-3, gambar 4-4, dan gambar 4-5. Gambar-gambar tersebut merupakan pandangan pada bumi sepanjang sumbu kutub, dan menunjukkan bahwa dua satelit  $S_1$  dan  $S_2$  dalam bidang ekuatorial. Garis  $S_1 S_2$  antara satelit-satelit tersebut ditetapkan sebagai base line, dan  $O$ , titik tengah dari base line tersebut diambil sebagai pusat dari sistem koordinat kartesian dengan sumbu  $x$  berada sepanjang base line dan sumbu  $y$  berada di sebelah kanan dan tegak lurus sumbu  $x$ . Bidang dari sistem koordinat tersebut lewat pada posisi  $P$  dari kapal.

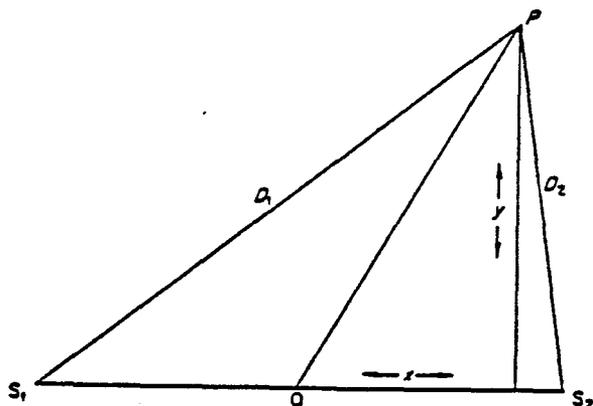


GAMBAR 4-3  
GEOMETRI SISTEM

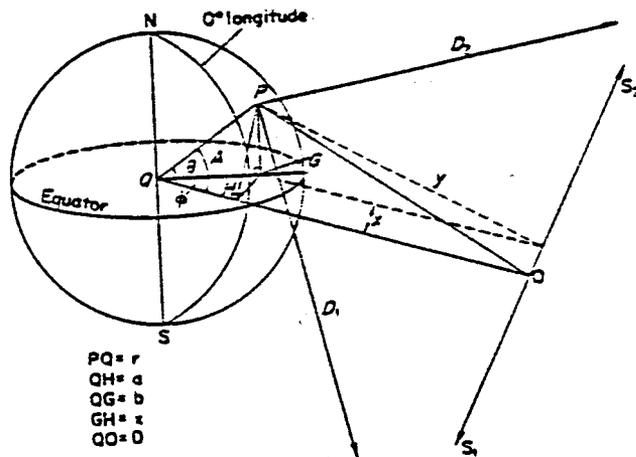
Jarak dari  $O$  ke pusat bumi adalah  $D$ . Panjang base-line  $S_1S_2$  adalah  $2r_0$  dan jarak dari pusat bumi ke kapal  $P$  adalah  $r$ . Untuk suatu kapal yang bergerak pada permukaan bumi,  $r$  merupakan jari-jari bumi.

Gambar 4-4 merupakan suatu diagram dalam bidang koordinat yang menunjukkan titik-titik  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $O$  dan  $P$ , dan menggambarkan koordinat  $x$  dan  $y$  dari titik  $P$  pada sistem koordinat tersebut.

Gambar 4-5 merupakan diagram perspektif yang menunjukkan bumi dengan titik  $P$  dan  $O$ . Meridian yang melewati titik pada ekuator di bawah  $O$  merupakan meridian dari perbedaan jarak  $\phi$  dari titik  $P$  yang ditentukan. Jarak dari titik  $P$  ditunjukkan dengan sudut  $\theta$ .



GAMBAR 4-4  
BIDANG KOORDINAT



GAMBAR 4-5

## JARAK PENGUKURAN TERHADAP BUJUR DAN LINTANG

Dari P suatu garis tegak lurus diletakkan ke suatu titik G pada bidang ekuatorial. Dari G suatu garis tegak lurus digambarkan ke titik H pada garis antara O dan pusat bumi Q. Sudut antara PQ dan HQ ditunjukkan dengan A.

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa :

$$a = r \cos A \quad (4-1)$$

$$b = \frac{a}{\cos \phi} \quad (4-2)$$

$$\tan \phi = \frac{x}{a} = \frac{x}{r \cos A} \quad (4-3)$$

$$\cos \theta = \frac{b}{x} = \frac{\cos A}{\cos \phi} \quad (4-4)$$

$$\cos A = \frac{D^2 + r^2 - (x^2 + y^2)}{2 r D} \quad (4-5)$$

Berdasarkan gambar 4-4, di mana  $PS_1 = D_1$ , dan  $PS_2 = D_2$  :

$$D_1^2 = y^2 + (r_0 + x)^2 = y^2 + r_0^2 + 2r_0x + x^2 \quad (4-6)$$

$$D_2^2 = y^2 + (r_0 - x)^2 = y^2 + r_0^2 - 2r_0x + x^2 \quad (4-7)$$

sehingga :

$$x = \frac{D_1^2 - D_2^2}{4 r_0} \quad (4-8)$$

$$x^2 + y^2 = \frac{D_1^2 - D_2^2}{2} - r_0^2 \quad (4-9)$$

Bila dituliskan :

$$\Sigma \equiv \frac{D_1^2 + D_2^2}{2} \quad (4-10)$$

$$\Delta \equiv \frac{D_1^2 - D_2^2}{2} \quad (4-11)$$

dan dengan substitusi (4-8) dan (4-9) ke persamaan (4-3) dan (4-5), diperoleh :

$$\tan \phi = \frac{\Delta D}{r_o(D^2 + r_o^2 + r^2 - \Sigma)} \quad (4-12)$$

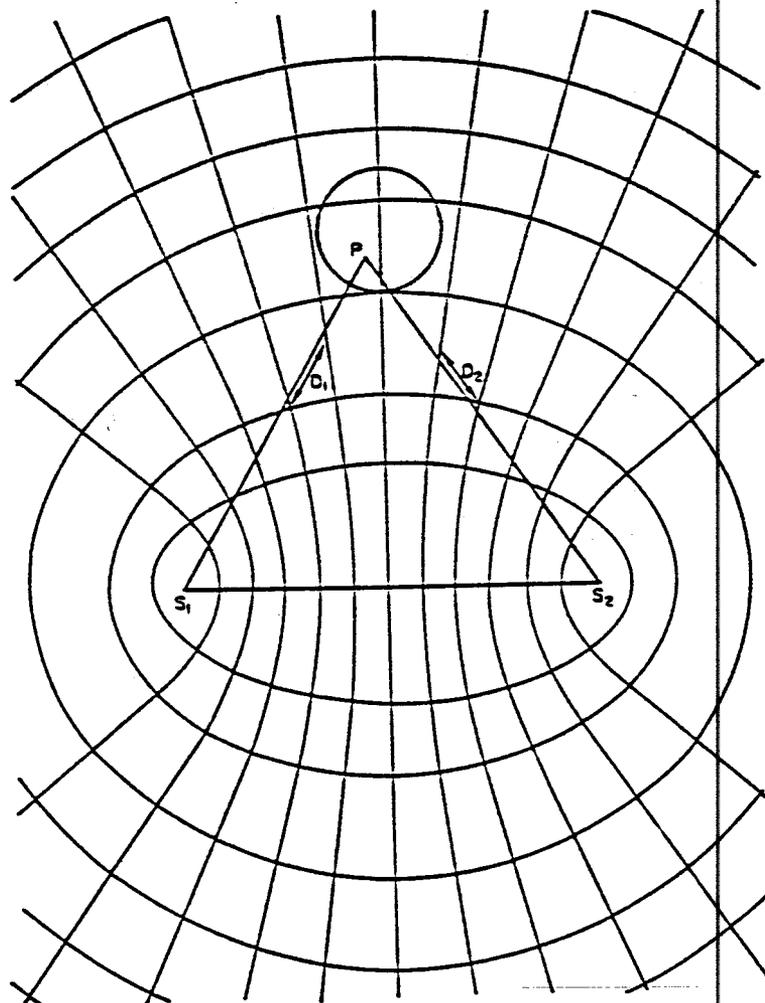
dan dari persamaan (4-4), maka :

$$\cos \theta = \frac{1}{2r} \left\{ \frac{\Delta^2}{r_o^2} + \frac{(D^2 + r_o^2 + r^2 - \Sigma)^2}{D^2} \right\} \quad (4-13)$$

Garis lintang dan bujur suatu observer merupakan fungsi kuadrat dari jaraknya ke satelit-satelit, jika diketahui jaraknya dari pusat bumi, maka posisinya dapat ditentukan dengan salah satu metoda berikut ini :

- a. Metoda 1 : Pengukuran  $D1$  dan  $D2$
- b. Metoda 2 : Pengukuran  $D1$  atau  $D2$  dan  $(D1 - D2)$
- c. Metoda 3 : Pengukuran  $D1$  atau  $D2$  dan  $(D1 + D2)$
- d. Metoda 4 : Pengukuran  $(D1 + D2)$  dan  $(D1 - D2)$

Lintasan dari penjumlahan jarak konstan  $(D1 + D2)$  dan selisih jarak  $(D1 - D2)$  berhubungan dengan garis-garis orthogonal yang elipsoid dan hiperboloid. Gambar 4-6 merupakan gambaran untuk sepasang satelit yang terpisah dengan jarak  $60^\circ$  garis bujur.



GAMBAR 4-6  
KISI-KISI BUMI

Pernyataan yang lebih sederhana dan informatif untuk  $\theta$  dan  $\phi$  dapat dituliskan dengan :

$$M \equiv \cos A \quad (4-14)$$

$$N \equiv \frac{\Delta}{2rr_0} \quad (4-15)$$

sehingga :

$$\tan \phi = \frac{N}{M} \quad (4-16)$$

$$\cos \theta = \sqrt{M^2 + N^2} \quad (4-17)$$

Dapat dilihat bahwa  $M$  merupakan fungsi penjumlahan sedangkan  $N$  merupakan fungsi selisih dari kuadrat  $D1$  dan  $D2$ .

#### 4.1.4 Perhitungan Ketepatan

Dengan mensubstitusi (4-9) ke (4-5) dan menggunakan (4-10) serta penurunan persamaan, diperoleh :

$$-\sin A \, dA = -\frac{d\Sigma}{dD} \quad (4-18)$$

$$r \, A = \frac{d\Sigma}{2D \sin A} \quad (4-19)$$

Bila  $r \, dA = ds$ , di mana  $ds$  merupakan busur elementer pada permukaan bumi dalam arah kumpulan garis dari posisi observer P dan titik tengah, O, dari base-line, dan bidang yang berisikan garis dan pusat bumi. Jika O merupakan pusat dari sistem koordinat dalam persamaan (4-5), maka persamaan (4-19) merupakan dasar untuk mendapatkan ketepatan sistem.

Penurunan persamaan (4-10) akan memberikan :

$$d\Sigma = D1 \, \delta D1 + D2 \, \delta D2 \quad (4-20)$$

di mana  $\delta D1$  dan  $\delta D2$  merupakan error total terdiri dari

error propagasi dan error instrumentasi pada arah lintasan  $S_1$  dan  $S_2$ . Secara praktis diasumsikan bahwa :

$$\delta D_1 = \delta D_2 = \rho \quad (4-21)$$

sehingga :

$$ds = \rho \frac{D_1 + D_2}{2D \sin A} \quad (4-22)$$

dengan mengasumsikan bahwa  $\rho$  dan  $D$  konstan untuk sistem praktis.

Obyek utama dari sistem praktis adalah error posisi pada garis lintang dan garis bujur sebagai fungsi dari error jarak. Pertama, dengan menurunkan persamaan (4-17) :

$$d(\cos^2 \theta) = 2M dM + 2N dN \quad (4-23)$$

karena itu :

$$-2 \sin \theta \cos \theta d\theta = 2 \cos A (dM + \tan \theta dN) \quad (4-24)$$

jika :

$$dM = \frac{d\Sigma}{2rD} = \frac{(D_1 + D_2)\rho}{2rD} \quad (4-25)$$

demikian pula :

$$dN = \frac{d\Delta}{2rr_0} = \frac{(D_1 - D_2)\rho}{2rr_0} \quad (4-26)$$

$$d\theta = \frac{\cos \phi}{\sin \theta} \left[ \frac{(D1+D2)\rho}{2rr_0} - \frac{(D1-D2)\rho}{2rr_0} \tan \phi \right] \quad (4-27)$$

dan error posisi pada bidang lintang,  $ds_\theta$ , diberikan dengan :

$$rd_\theta = ds_\theta = \frac{\rho \cos \phi}{2 \sin \theta} \left[ \frac{(D1+D2)}{D} - \frac{(D1-D2)}{r_0} \tan \phi \right], \quad (4-28)$$

Dengan penurunan persamaan (16) :

$$d(\tan \phi) = \frac{dN}{M} - \frac{NdM}{M^2} \quad (4-29)$$

$$\therefore \sec^2 \phi d\phi = \frac{1}{\cos^2 \phi} [dN - dM \tan \phi], \quad (4-30)$$

$$d\phi = \frac{\cos \phi}{\cos^2 \phi} \left[ \frac{(D1-D2)\rho}{2rr_0} + \frac{(D1+D2)\rho}{D} \tan \phi \right], \quad (4-31)$$

dan error posisi dalam bidang bujur,  $ds_\phi$ , dinyatakan dengan :

$$rd_\phi = ds_\phi = \frac{\rho \cos \phi}{2 \cos \theta} \left[ \frac{(D1-D2)}{r_0} + \frac{(D1+d2)}{D} \tan \phi \right], \quad (4-32)$$

Semua persamaan di atas berlaku secara umum, dan tidak dibatasi oleh konfigurasi sistem atau jari-jari orbit satelit. Persamaan (4-28) dan (4-32) dipergunakan untuk pengukuran error termasuk error eliptik ( $D1+D2$ ) dan error hiperbolik ( $D1-D2$ ).

Untuk kasus satelit stasioner yang terpisah dengan jarak  $60^\circ$  garis bujur, maka diperoleh :

$$0 < \frac{D1 - D2}{r_0} < 0,2 \quad \text{dan} \quad \frac{D1 + D2}{D} = 2$$

Karena itu :

$$ds_{\theta} = \frac{\rho \cos \phi}{\sin \theta} \quad (4-33)$$

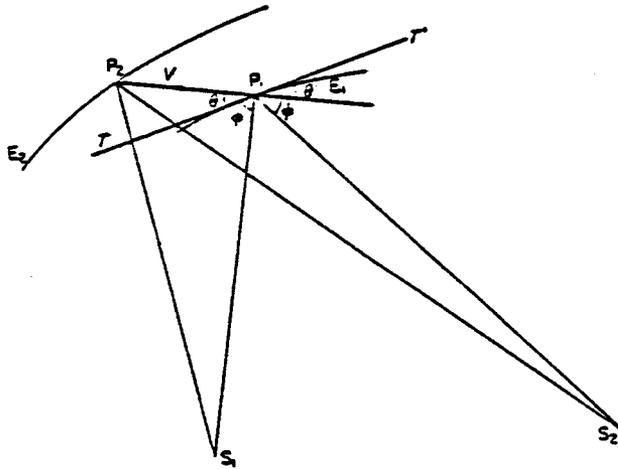
$$ds_{\phi} = \rho \frac{\sin \phi}{\cos \theta} \quad (4-34)$$

Persamaan (4-33) dan (4-34) menerangkan bahwa untuk konfigurasi dimana  $\phi_{\max} = 30^{\circ}$ , dan  $\theta_{\max} = 80^{\circ}$ , maka error posisi adalah dominan pada bidang lintang dan merupakan fungsi dari garis lintang, dan bahwa error garis bujur mempunyai maksimum 30. Yang perlu diperhatikan adalah bahwa meskipun error posisi maksimum naik dengan cepat di dekat ekuator, maka informasi garis bujurnya masih bisa dianggap tepat.

#### 4.1.5. Fungsi Sinyal Doppler

Adanya sinyal-sinyal Doppler harus diperhitungkan karena pergerakan dari observer (kapal). Untuk konfigurasi dalam dasar navigasi ini diasumsikan bahwa satelit adalah stasioner. Konfigurasinya dapat dilihat pada gambar 4-7, dimana ditunjukkan bahwa jarak orbit satelit ke pusat bumi adalah konstan.

Satu dari satelit tersebut membawa transponder-transponder interogasi, dan keduanya membawa oscilator yang stabil dengan akurasi tertentu.



GAMBAR 4-7  
GEOMETRI DOPPLER

Jika frekuensi dasar yang dipancarkan oleh dua pemancar dalam satelit dinyatakan dengan  $F$ , maka sinyal yang diterima oleh kapal akan menjadi  $F+f_1$  dan  $F+f_2$ , di mana  $f_1$  dan  $f_2$  merupakan pergeseran Doppler yang disebabkan oleh pergerakan relatif kapal terhadap  $S_1$  dan  $S_2$ .

di mana :

$P_1$  adalah posisi kapal pada waktu  $t = 0$

$E_1$  adalah lintasan elipsoid yang melalui  $P_1$

$P_2$  adalah posisi kapal setelah waktu  $t$

$E_2$  adalah lintasan elipsoid yang melalui  $P_2$

$TT'$  adalah tangen  $E_1$

$V$  adalah kecepatan sesaat kapal

$\theta$  adalah sudut sesaat yang dibuat oleh vektor

kecepatan dengan  $TT'$

$$\phi = TP_1S_1 = TP_2S_2$$

Komponen frekuensi yang diterima dari  $S_1$

$$= F + \frac{VF}{c} \cos(\phi + \theta) \quad (4-35)$$

Komponen frekuensi yang diterima dari  $S_2$

$$= F - \frac{VF}{c} \cos(\phi + \theta) \quad (4-36)$$

dimana  $c$  adalah kecepatan cahaya.

Penjumlahan dan selisih dari komponen-komponen tersebut dapat diperoleh pada peralatan mixing di kapal yang memberikan :

$$f_s = 2F - \frac{2VF}{c} \sin\theta \sin\phi \quad (4-37)$$

$$f_a = \frac{2VF}{c} \cos\theta \cos\phi \quad (4-38)$$

$f_s$  merupakan komponen normal, dan  $f_a$  merupakan komponen tangensial terhadap busur yang melewati P. Karena bentuk hiperbola dari selisih lintasan pada  $S_1$  dan  $S_2$  adalah ortogonal terhadap elips, maka  $f_s$  dan  $f_a$  akan memberikan keterangan langsung dari komponen kecepatan sesaat sepanjang hiperbola dan elips tersebut melalui posisi kapal. Karena teknik tersebut tergantung pada peralatan oscilator di satelit, maka perpindahan dari observer pada arah normal terhadap hiperbola dapat dengan mudah ditentukan dari perbandingan fase. Dari gambar 4-8 dapat dilihat bahwa :

$$\delta D1 = \delta n \sin \phi \quad (4-39)$$

Hubungan simetris untuk jarak fokus, dan dengan memperhatikan sifat ellips :

$$D1 + D2 = 2a \quad (4-40)$$

dimana  $a$  merupakan sumbu pendek dari elips,

$$\delta D1 + \delta D2 = \delta a = \delta n \sin \phi \quad (4-41)$$

Dari gambar 4-8 tampak bahwa jika  $\delta s$  merupakan jarak incremental sepanjang vektor kecepatan kapal, maka :

$$\delta n = \delta s \sin \theta \quad (4-42)$$

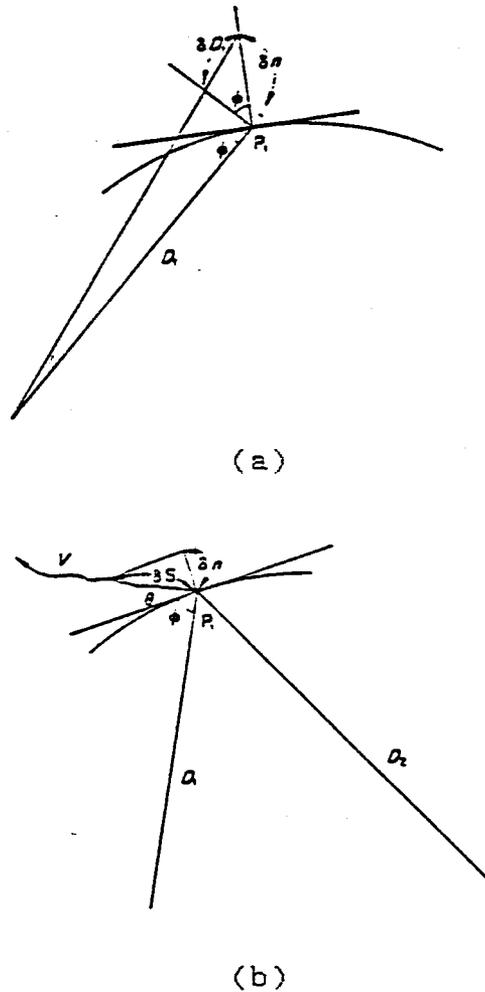
$$\therefore \delta a = \delta s \sin \theta \sin \phi \quad (4-43)$$

dan jika  $V = ds/dt$ , dapat diperoleh persamaan integral :

$$\int_0^t V \sin \theta \sin \phi dt = \int_{\infty}^{a_t} da = (D1 + D2)_t - (D1 + D2)_0 \quad (4-44)$$

Integrasi dari  $f_s$  digabungkan dengan informasi perbandingan fase  $(D1 - D2)$  memberikan  $D1$  dan  $D2$  secara terpisah, sehingga garis lintang dan garis bujur posisi kapal dapat ditentukan.

Argumen di atas didasarkan pada pergerakan dua dimensi pada bidang yang berisi kapal dan dua satelit, dan dengan mengabaikan efek pergerakan kapal mengelilingi bumi.



GAMBAR 4-8. PERHITUNGAN JARAK

(a) JARAK PENGAMAT KE SATELIT; (b) PENENTUAN POSISI

#### 4.2 Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System (GPS) merupakan suatu sistem penentuan posisi dengan bantuan satelit secara global. Sistem ini dapat digunakan untuk mengetahui posisi seseorang baik di darat, laut maupun di udara.

Sistem ini dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat. Satelit yang dipakai sekarang ini sebanyak 21 satelit dengan tambahan 3 satelit sebagai

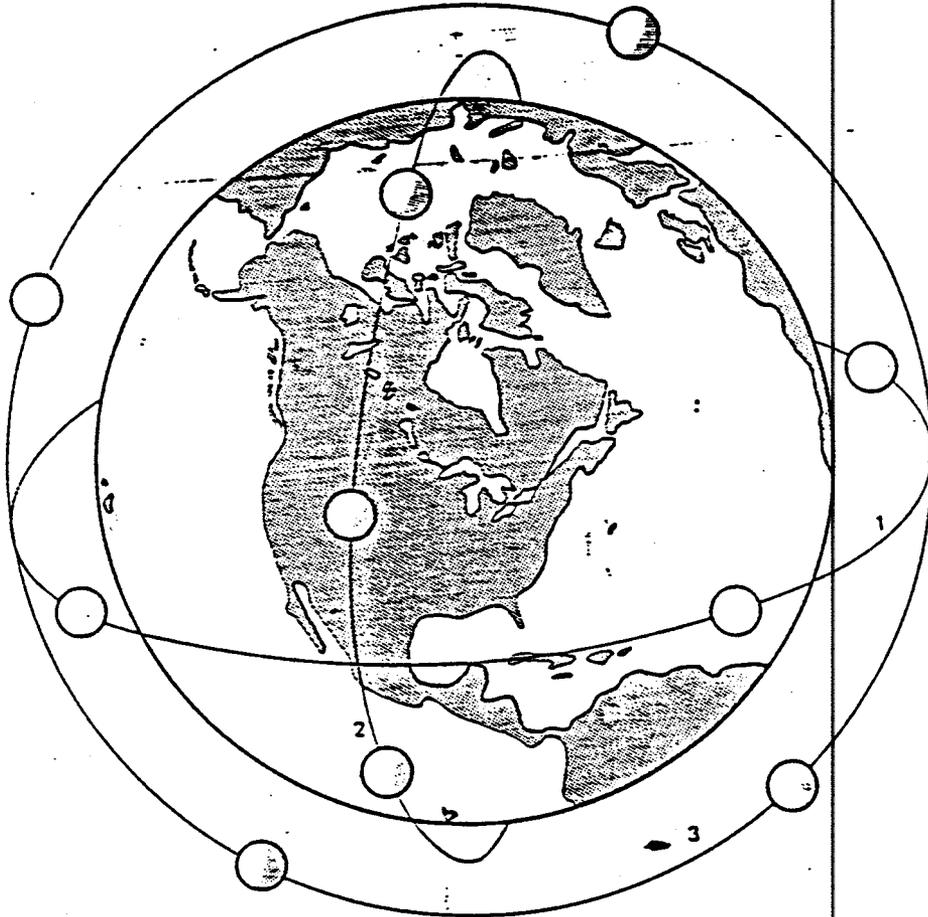
cadangan, dan dengan orbit yang sangat tinggi. Bahkan karena ketinggiannya tersebut, maka bisa disebut sebagai 'bintang buatan', sebagai pengganti dari navigasi tradisional yakni dengan bintang.

Sistem ini mempunyai teknologi ketepatan penentuan posisi yang cukup tinggi (sampai beberapa meter) dan dapat menentukan posisi dimanapun di seluruh dunia karena penempatan satelit secara global. Dalam pengembangan selanjutnya dan untuk ketelitian yang lebih akurat, maka dipergunakan mode differensial yang akan memberikan kesalahan pengukuran sampai sentimeter. Konfigurasi sistem satelit Navstar GPS dapat dilihat pada gambar 4-9.

#### 4.2.1 Cara Kerja GPS

Prinsip dasar dari GPS secara umum adalah sangat sederhana, meskipun sistem tersebut menggunakan peralatan dengan teknologi tinggi. Untuk memahami sistem kerja dari GPS ada lima konsep dasar, yaitu :

1. Dasar sistem adalah triangulasi satelit
2. GPS mengukur jarak dengan menggunakan waktu perjalanan dari sinyal radio yang dikirim
3. Untuk pengukuran waktu perjalanan, GPS memerlukan clock yang sangat akurat.
4. Dicari jarak ke satelit, dan juga letak satelit di angkasa
5. Diambil delay dari perjalanan sinyal GPS melalui ionosfer dan atmosfer bumi



GAMBAR 4-9  
KONFIGURASI SATELIT NAVSTAR GPS

#### 4.2.2 Dasar Pengukuran Jarak Satelit

Prinsip kerja GPS adalah didasarkan pada pengukuran jarak satelit. Hal ini berarti bahwa posisi kapal di bumi digambarkan dengan pengukuran jarak kapal dari sejumlah satelit di angkasa. Satelit-satelit tersebut akan berfungsi sebagai titik referensi bagi pengamat.

Konsep dasar di belakang cara kerja dari GPS adalah sangat sederhana. Jika pengamat berada pada jarak tertentu dari satelit A, misal 11.000 mil. Hal ini akan menunjukkan bahwa pengamat berada dalam suatu bola imajiner yang

berpusat pada satelit dan berjari-jari 11.000 mil. Kemudian, jika pada waktu yang sama pengamat juga berada pada 12.000 mil dari satelit yang lain, misalnya satelit B, maka pengamat juga berada pada bola imajiner dengan pusat satelit B. Sehingga dapat disimpulkan pengamat berada pada interseksi antara kedua bola imajiner tersebut.

Semakin banyak interseksi dari masing-masing satelit, maka informasi posisi yang diberikan akan semakin akurat. Untuk tiga satelit yang melingkupi, maka akan terdapat interseksi dua titik perpotongan. Hal ini berarti dengan pengukuran jarak dari tiga satelit kita bisa mendapatkan hanya dua titik potong.

Untuk menentukan titik yang benar dari kedua titik tersebut maka harus dibuat pengukuran keempat dari satelit yang lain. Atau biasanya titik yang benar adalah yang paling dekat dengan bumi.

#### 4.2.3 Pengukuran Jarak Kapal Dari Satelit

Karena GPS didasarkan pada jarak dari posisi kapal ke satelit, maka dibutuhkan suatu cara untuk menggambarkan seberapa jauh posisi kita dari satelit-satelit tersebut.

Sistem GPS bekerja dengan perhitungan lama waktu yang diperlukan oleh suatu sinyal radio dari satelit yang sampai ke pengamat (kapal) dan kemudian menghitung jarak dari waktu tempuh itu. Gelombang radio mempunyai kecepatan

sama dengan cahaya, yakni  $c = 300.000 \text{ km/detik}$ , atau  $c = 186.000 \text{ mil/detik}$ . Maka jika saat pengiriman sinyal radio dari satelit tersebut dan saat receiver menerimanya diketahui, maka kita tahu seberapa lama sinyal tersebut sampai ke kapal. Dengan demikian jarak yang ditempuhnya diperoleh dengan :

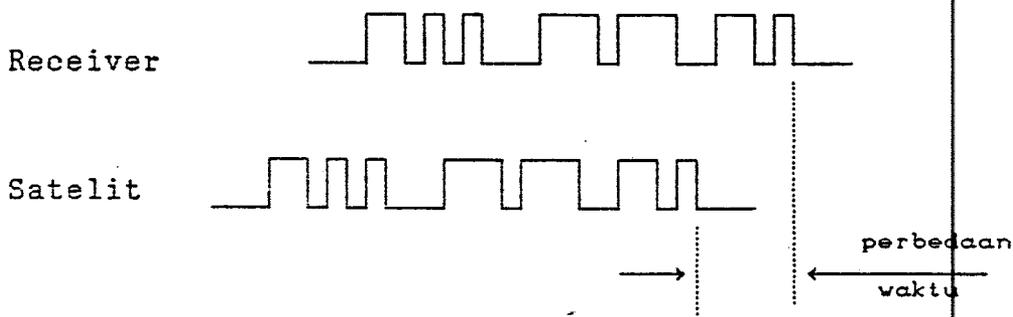
$$\text{Jarak} = c \times \text{waktu tempuh}$$

dimana :  $c = 300.000 \text{ km/detik}$

Karena sinyal tersebut berjalan dengan sangat cepat, maka clock yang diperlukan haruslah benar-benar presisi. Ketepatan pewaktuan akan ditentukan oleh clock elektronik tersebut.

#### 4.2.3.1 Mengetahui Kapan Sinyal Meninggalkan Satelit

Untuk mengetahui waktu tempuh dari sinyal radio dari satelit ke kapal, maka harus diketahui juga kapan sinyal meninggalkan satelit. Untuk mengetahui hal tersebut, maka sistem GPS menggunakan ide sinkronisasi satelit dan penerima dengan pembangkitan kode yang sama pada waktu yang sama. Kemudian yang harus dilakukan adalah menerima kode-kode dari suatu satelit dan kemudian melihat kembali kapan receiver kita membangkitkan kode yang sama. Perbedaan waktu tersebut merupakan waktu yang ditempuh sinyal untuk sampai ke bumi (kapal), seperti yang ditunjukkan pada gambar 4-10.



GAMBAR 4-10  
SINKRONISASI SATELIT DAN RECEIVER

#### 4.2.3.2. Kode Pseudo-random

Pada sistem GPS, satelit dan penerima membangkitkan suatu kode digital yang sangat kompleks. Kode-kode tersebut dibuat untuk tujuan perbandingan yang lebih mudah antara sinyal yang dikirim receiver dan sinyal yang diterima receiver dari satelit.

Sinyal-sinyal tersebut haruslah sama dan ditentukan tidak terlalu acak, selanjutnya disebut dengan deretan kode yang 'pseudo-random'. Bentuk kode tersebut ditunjukkan pada gambar 3-11.

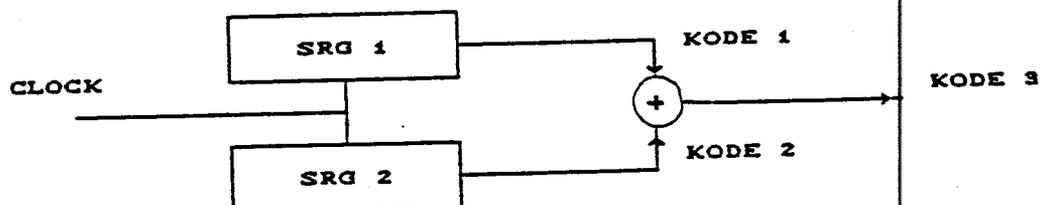
Konsep kode pseudo-random adalah sangat esoterik, namun sistem tersebut sangat diperlukan dalam kegiatan satelit GPS. Bahkan dapat dikatakan bahwa pseudo-random merupakan peralatan dasar dari sistem GPS.

Kode pseudo-random dapat dikirimkan hanya dengan daya yang rendah, juga dengan antena yang relatif pendek.



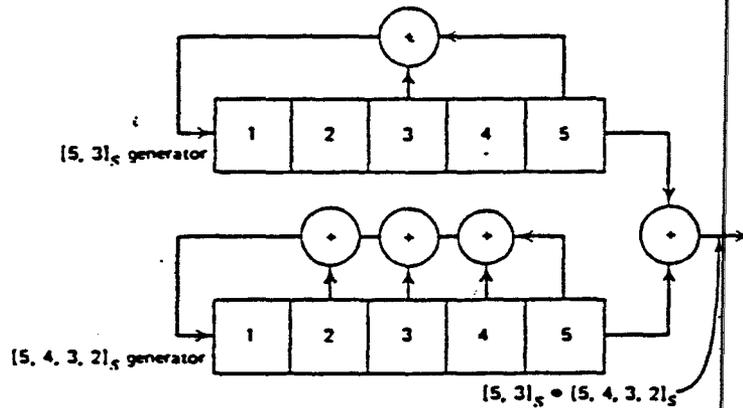
GAMBAR 4-11  
KODE PSEUDO-RANDOM

Untuk lebih mengenal sistem generator kode yang dikirimkan pada GPS, maka dapat dilihat konfigurasi generator deretan kode Gold pada gambar 4-12. Pada gambar tersebut kode Gold dibangkitkan oleh penambahan modulus-2 dari sepasang deretan linier maksimum. Deretan kode tersebut ditambahkan chip by chip oleh clock penyinkron. Panjang kode tersebut adalah sama. Contoh dari pembangkitan kode terlihat pada gambar 4-13.<sup>68)</sup>



GAMBAR 4-12  
GENERATOR KODE GOLD

<sup>68)</sup> Dixon, Robert, C., op.cit. hal.80

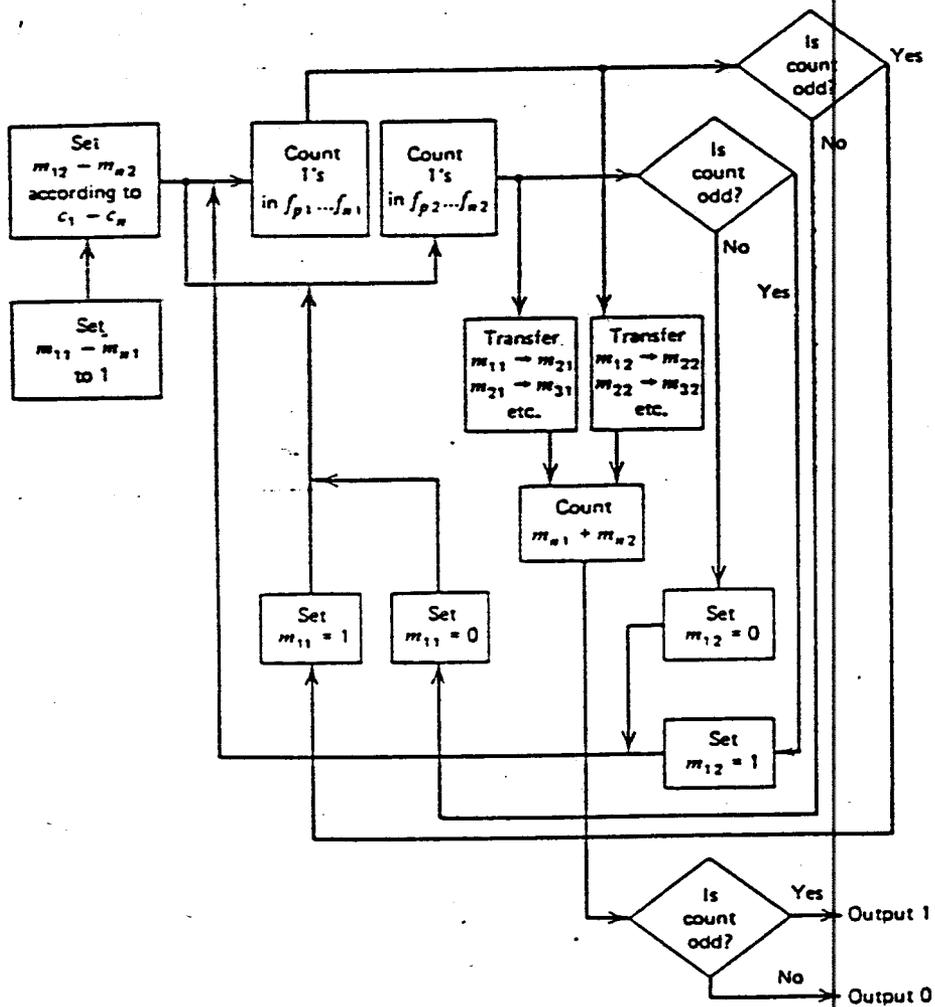


GAMBAR 4-13  
ILLUSTRASI PEMBANGKITAN KODE GOLD

Seperti yang dijelaskan pada sistem spread spektrum (bab II), maka kode yang dibangkitkan dan yang diterima pada penerima adalah sama dan hanya dihitung perbedaan waktu atau delay yang merupakan perbedaan fase kedua sinyal.

Untuk menggambarkan pembangkitan kode Gold secara praktis, misalnya pada suatu komputer, maka dapat dilihat diagram alur pembangkitannya pada gambar 4-14.<sup>69)</sup>

<sup>69)</sup> Ibid, hal.98



GAMBAR 4-14  
DIAGRAM ALUR PEMBANGKIT KODE GOLD

#### 4.2.4 Mendapatkan Timing Yang Sempurna

Diketahui bahwa cahaya merambat dengan kecepatan 300.000 km/detik. Jika satelit dan penerima diatur dengan sinkronisasi  $1/100$  dalam satu detik, maka pengukuran jarak untuk waktu tersebut adalah 3000 km. Dengan demikian harus dipastikan bahwa satelit dan receiver benar-benar

membangkitkan kode-kodenya dalam waktu yang sama. Untuk keperluan ini satelit memiliki clock-clock atomik.

Clock-clock atomik tersebut tidak bekerja dengan energi atom. Nama tersebut diambil karena clock-clock tersebut menggunakan osilasi dari atom partikular sebagai metronomnya. Dan informasi yang diberikan oleh clock-clock atomik tersebut adalah sangat tepat dan stabil.

#### 4.2.4.1 Perhitungan Trigonometri

Untuk mendapatkan clock yang akurat pada penerima kita, maka harus dilakukan pengukuran jarak satelit tambahan. Suatu pengukuran jarak tambahan akan memberikan sinkronisasi tambahan untuk penerima.

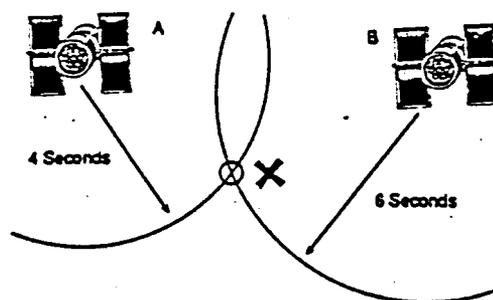
Secara teoritis hanya diperlukan tiga pengukuran posisi pada suatu titik dengan sistem tiga dimensi, namun dengan tambahan satu pengukuran lagi akan menghasilkan eliminasi dari timing offset (timing offset adalah konstan). Untuk memahami pengukuran tiga dimensi dari sistem GPS, maka dapat dilihat dari pengukuran dua dimensi berikut ini.

#### 4.2.4.2 Eliminasi Clock Offset

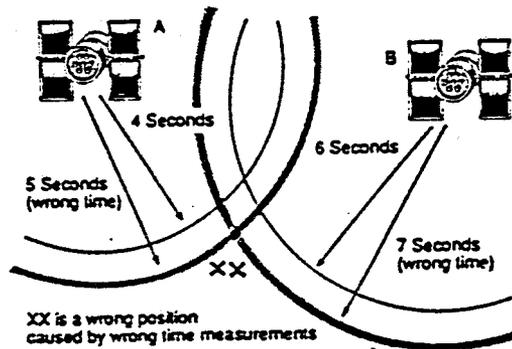
Prinsip eliminasi dari clock offset dapat digambarkan dengan menganggap bahwa clock dari penerima tidaklah sesempurna clock atomik, sehingga sinkronisasi yang dilakukan tidaklah sempurna. Dengan kata lain kerja dari sinkronisasinya lebih lambat.

Umumnya untuk pengukuran jarak ke satelit lebih sering digunakan satuan waktu daripada dengan menggunakan satuan jarak seperti kilometer atau mil. Hal ini akan memudahkan untuk perhitungan kesalahan clock untuk perhitungan posisi.

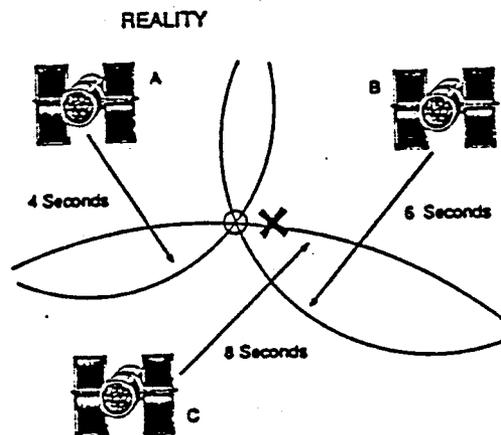
Misalkan pengamat berada pada dua detik dari satelit A dan enam detik dari satelit B. Dalam dua dimensi, dua jarak pengukuran tersebut akan cukup untuk memberikan informasi tentang posisi pengamat. (Pada gambar 4-15 ditunjukkan dengan 'X'). Titik X tersebut dapat ditentukan sebagai posisi pengamat jika clock bekerja dengan baik. Namun bila digunakan clock receiver yang tidak sempurna akan terdapat jarak yang lebih jauh (lama). Misalkan jarak dari satelit A adalah lima detik dan jarak dari satelit B adalah tujuh detik. Hal ini akan mengakibatkan dua lingkaran yang akan saling berpotongan pada suatu titik yang berbeda, 'XX', yang merupakan posisi yang diperoleh disebabkan receiver yang tidak sempurna (gambar 4-16).



GAMBAR 4-15  
POSISI DENGAN CLOCK SEMPURNA



GAMBAR 4-16  
 POSISI DENGAN CLOCK TAK SEMPURNA



GAMBAR 4-17  
 PENENTUAN POSISI DENGAN TIGA SATELIT

Untuk pengukuran yang lebih tepat, maka dilakukan penambahan pengukuran dalam perhitungan. Seperti contoh diatas, misalkan satelit C berada pada delapan detik dari posisi pengamat sesungguhnya, dapat digambarkan pada gambar 4-17. Ketiga lingkaran akan berpotongan pada titik 'X' sebab ketiganya menunjukkan jaraknya terhadap satelit.

Garis yang tebal akan menunjukkan 'pseudo-ranges' yang ditimbulkan karena clock yang lambat. 'Pseudo-range' digunakan dalam lingkaran GPS untuk menunjukkan jarak kesalahan. Dapat diperhatikan pada gambar tersebut bahwa jaraknya tidak benar-benar tepat dari ketiga satelit. Sedangkan komputer dalam penerima GPS diprogram sedemikian rupa hingga bila menemui pengukuran yang tidak bertemu pada satu titik akan menunjukkan error. Kesalahan ini diasumsikan sebagai kesalahan internal clock.

Kemudian komputer mulai mengurangi atau menambah waktu, dengan sejumlah waktu yang sama dari keseluruhan pengukuran. Hal ini akan mengatur waktu dari keseluruhan pengukuran sampai mendapatkan hasil bahwa keseluruhan jaraknya akan melalui atau berpotongan pada satu titik. Pada intinya, berarti bahwa dengan pengurangan satu detik dari ketiga pengukuran akan menyebabkan ketiga lingkaran berpotongan pada satu titik. Dan dari asumsi tersebut berarti bahwa clocknya lebih lambat satu detik.

Namun pada kenyataannya tidak diberikan informasi yang benar-benar tepat. Maka komputer akan menggunakan penjumlahan aljabar untuk mengatasinya, dengan menghitung clock offsetnya. Namun dengan ide yang sama yakni, dengan penambahan satu pengukuran lagi akan dapat menghindari kesalahan clock offset.

#### 4.2.4.3. Pengukuran Dengan Tiga Dimensi

Untuk memberikan informasi posisi dengan tiga dimensi (pada umumnya diperlukan untuk darat, dan udara) maka dibutuhkan pengukuran dengan empat satelit. Dalam sistem GPS yang mempunyai 21 satelit, dalam tiap tempat dan tiap waktu bisa terlihat paling sedikit empat satelit yang melingkupi. Namun pada suatu ketika bisa juga terdapat kurang dari empat pesawat yang tampak.

Selama waktu tersebut GPS tidak dapat memberikan informasi posisi dengan baik. Untuk mengatasi hal ini maka receiver GPS yang ada digabungkan dengan peralatan navigasi yang lain seperti LORAN. Kombinasi keduanya akan memberikan 'near GPS' yang akan memberikan ketepatan yang lebih baik.

#### 4.2.4.4 Pengaruh Empat Pengukuran Terhadap Perancangan Penerima

Jika diinginkan pengukuran posisi real-time maka dibutuhkan suatu penerima yang sekurang-kurangnya memiliki empat kanal. Dengan demikian pengukuran akan menggunakan satu kanal untuk satu satelit. Sekarang ini dalam berbagai aplikasi tidak dibutuhkan ketepatan yang seketika. Untuk itu bisa digunakan penerima dengan single-channel. Suatu single channel receiver harus berturut-turut melakukan empat pengukuran yang terpisah sebelum menentukan posisi yang diinginkan. Waktu operasi yang diperlukan adalah

sekitar 2 sampai 30 detik. Keburukan dari penerima jenis ini adalah tidak dapat dengan baik memantau kecepatan yang merupakan salah satu keunikan GPS. Selain itu pergerakan dari penerima pada waktu pengukuran dapat mempengaruhi ketepatan pengukuran. Kejelekan lain dari single-channel receiver akan nampak ketika satelit-satelit mengirimkan 'system condition messages'. Pengiriman sinyal-sinyal tersebut akan diinterupsi setiap waktu ditemuinya satelit yang lain.

Oleh karena itu yang lebih populer adalah penggunaan penerima dua kanal. Satu kanal akan melakukan perhitungan pengukuran ketika kanal yang lain menyempurnakan pengiriman sinyal radio pada satelit yang lain, yang sedang diukur. Ketika kanal yang pertama telah menyelesaikan pengukuran waktu, maka kanal tersebut dapat langsung aktif terhadap satelit yang lain tanpa menghabiskan waktu untuk deteksi sinyal. Kanal yang lain yang lazim disebut 'housekeeping'-channel, akan menuju ke satelit berikutnya dan memulai lock-on seperti prosedur yang pertama.

Keuntungan dari penerima dengan dua kanal adalah dapat diprogram untuk tracking lebih dari empat satelit sehingga bila satu satelit dalam keadaan 'blocked', maka satelit yang lain dapat secara langsung menggantikannya tanpa interupsi dalam proses navigasi.

#### 4.2.5 Menentukan Letak Satelit

##### 4.2.5.1. Pengaruh Ketinggian Satelit

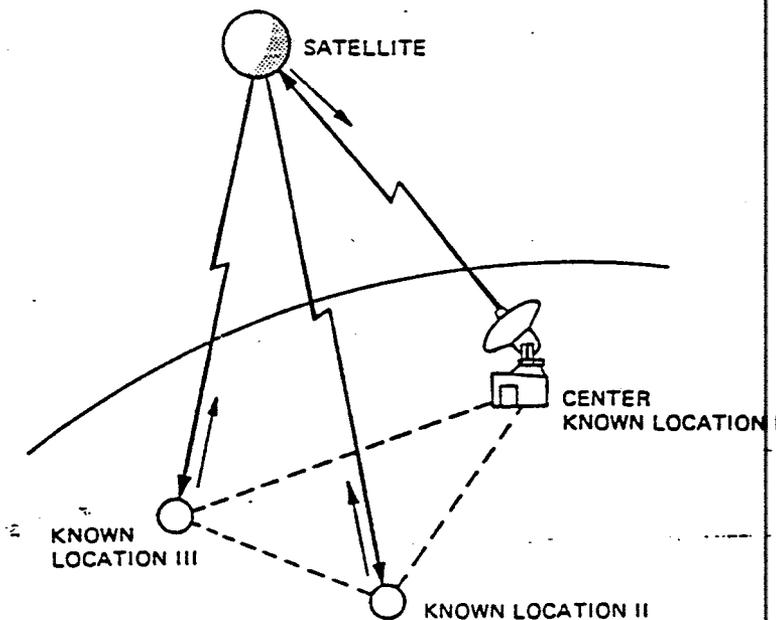
Satelit-satelit pada sistem GPS menempati orbit pada ketinggian sekitar 11.000 mil. Hal ini dimaksudkan dengan ketinggian tersebut akan sedikit sekali mendapat pengaruh dari atmosfer, sehingga satelit tersebut akan benar-benar berada pada orbitnya.

Satelit-satelit GPS tidak terletak dengan orbit geo sinkronus seperti satelit-satelit yang lain (misal; Palapa). Satelit-satelit tersebut akan mengelilingi planet bumi setiap duabelas jam, sehingga dengan demikian tiap satelit akan melalui suatu titik tertentu di bumi selama dua kali dalam sehari. Titik pantau yang diambil dalam hal ini adalah Departemen Pertahanan Amerika Serikat sebagai pemilik GPS/Navstar. Dengan demikian posisi satelit meliputi ketinggian, posisi dan kecepatannya langsung dapat dimonitor di titik tersebut. Timbulnya kesalahan pengukuran, 'ephemeris error', disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari dan juga adanya tekanan dari radiasi matahari pada satelit.

Bila posisi satelit telah dihitung oleh Departemen Pertahanan maka informasi tersebut akan dikirimkan lagi ke satelit untuk digunakan menentukan posisi kapal. Dan yang perlu diingat adalah bahwa satelit tidak hanya mengirimkan suatu kode pseudo-random untuk proses pewaktu (timing), namun juga mengirimkan suatu 'data message' tentang lokasi

orbital dan kelaikan sistem dari satelit. Semua penerima GPS akan menggunakan informasi tersebut selama diprogram dalam memorinya.

Untuk menentukan letak satelit maka harus dilakukan tracking dengan menggunakan peralatan pada user. Rangkaian dari peralatan tersebut sudah terintegrasi pada penerima GPS, namun dapat dilihat teknik penentuan lokasi satelit adalah pada gambar 4-18. Untuk keperluan penentuan orbit tersebut diperlukan paling tidak dua lokasi yang diketahui, yaitu lokasi dari stasiun bumi pantai (LES).



GAMBAR 4-18<sup>70)</sup>  
TRACKING SATELIT

70) Blackband, W. T., 'Advanced Navigational Techniques,  
AGARD Conference Proceedings Number Twenty-eight,  
Technivision Services, Slough, 1970, hal.212

Techniques,  
Twenty-eight,

#### 4.2.5.2 Delay Ionosferik Dan Atmosferik

Selain tergantung kepada clock penerima, ketepatan pengukuran pada sistem GPS juga dipengaruhi oleh keadaan ionosfer. Pada ionosfer terdapat berbagai partikel yang akan menyebabkan terjadinya delay pada pemancaran gelombang elektromagnetik. Partikel-partikel pada ionosfer bergerak juga dengan kecepatan cahaya seperti kecepatan sinyal radio GPS.

Ketika sinyal radio melalui suatu medium penghalang, seperti pada ionosfer, maka sinyal tersebut akan berjalan lebih lambat. Hal ini akan menyebabkan kesalahan pengukuran, karena telah diasumsikan bahwa sinyal tersebut berjalan dengan konstan.

Ada beberapa cara untuk mengecilkan kesalahan yang disebabkan oleh perbedaan kecepatan sinyal tersebut. Pertama, dapat diperkirakan rata-rata variasi kecepatan sinyal dalam satu hari, dengan keadaan ionosfer rata-rata dan kemudian menggunakan faktor koreksi untuk keseluruhan pengukuran.

Kedua, dengan mengukur variasi kecepatan sinyal dengan melihat kecepatan relatif dari dua sinyal yang berbeda. Jika dilakukan perbandingan waktu kedatangan dua bagian dari sinyal GPS, yang mempunyai frekuensi yang berbeda, dapat disimpulkan perlambatan apakah yang telah terjadi. Untuk mengatasi kesalahan tersebut, maka

digunakan koreksi kesalahan dengan menggunakan penerima GPS dengan 'frekuensi dual'.

Setelah sinyal GPS melalui ionosfer, kemudian memasuki daerah atmosfer bumi. Pada atmosfer bumi yang paling berpengaruh adalah uap-uap air. Kesalahan yang ditimbulkan hampir sama dengan ionosfer, namun kesalahan ini sangat sulit diatasi.

#### 4.2.6 Penerima GPS

Suatu penerima GPS untuk kapal harus dirancang dengan sifat-sifat khusus yang meliputi :

1. Keandalan untuk kecepatan kapal yang tinggi
2. Minimisasi interval dari kegiatan diluar pengukuran
3. Bentuknya kecil

Untuk menghasilkan tracking yang cocok, maka penerima GPS menggunakan sistem penerima dengan empat kanal sehingga dapat menerima sinyal-sinyal yang berbeda dari tiga atau empat satelit dan secara simultan mendemodulasikannya untuk memperkirakan posisi kapal. Minimisasi dari interval kegiatan yang di luar pengukuran adalah memperkecil perioda selama pengukuran lokasi dilakukan. Hal ini akan dilakukan pada sistem kontrol penerima GPS. Ketika suatu satelit bergerak ke suatu bagian orbit yang dapat diterima oleh penerima GPS, salah satu kanal akan mengeksekusi dua operasi sekuensial sampai data Ephemeris satelit diterima. Satu dari dua operasi

tersebut adalah pengukuran lokasi yang merupakan tujuan utama dari GPS, dan yang lain adalah menerima data dari satelit. Dengan mempersiapkan data Ephemeris dari satelit, pengukuran posisi diatasi dengan cepat, dalam kasus satu dari empat satelit tersebut diterima.

Karena berkembangnya teknologi rangkaian terpadu secara pesat, maka penerima GPS akan berukuran semakin kecil dan akan menjadi semakin murah. Hal ini berarti setiap orang akan dapat menentukan posisi dimana ia berada secara tepat dengan memiliki penerima GPS secara pribadi. Namun demikian aplikasi dari GPS sangat terbatas. Biasanya digunakan untuk memandu perjalanan kapal sampai ke tujuan dan juga untuk keadaan darurat kapal. Sistem ini menentukan posisi dengan menggunakan sistem tiga dimensi meliputi bujur, lintang, dan ketinggian di atas laut. Oleh karena itu juga dapat digunakan untuk kapal udara walaupun dengan ketepatan yang kurang karena kecepatannya yang tinggi.

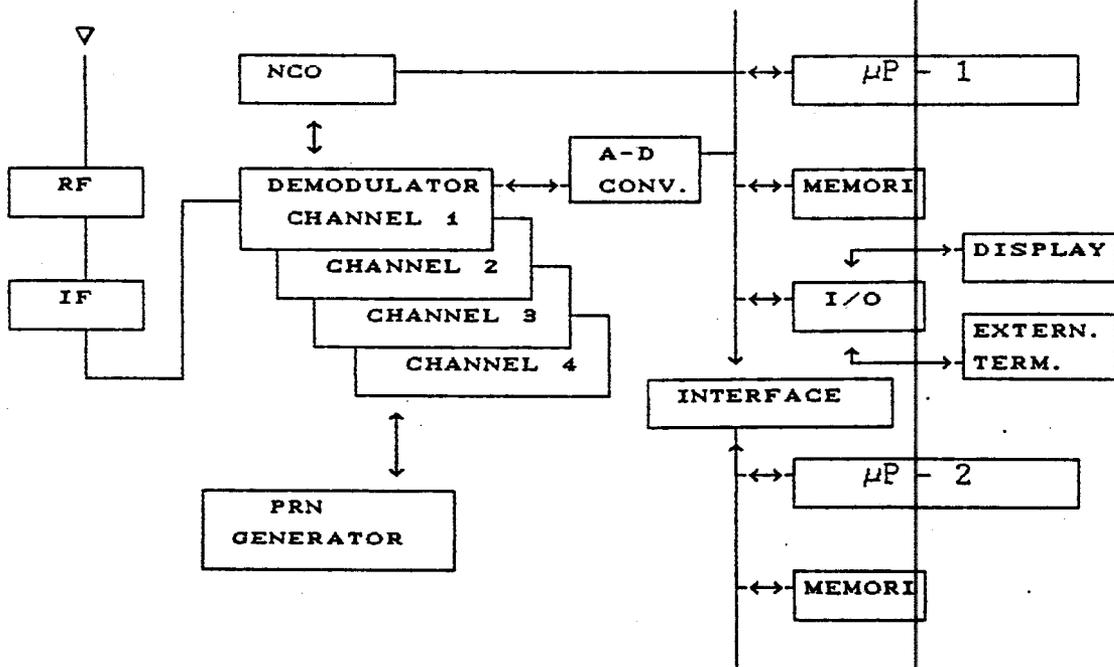
Perangkat keras dari penerima GPS disederhanakan bentuknya dengan menggunakan komponen :

1. Penyederhanaan dari rangkaian detektor
2. Eliminasi NCO (Numerically Controlled Oscillator) dalam generator kode PRN (Pseudo Random Noise)
3. Adopsi gate-array untuk generator kode PRN dan NCO dengan deteksi carrier

Gambar 4-19 menunjukkan suatu diagram blok dari

penerima GPS yang dibuat dengan sinyal RF (1,575 GHz) dari satelit diterima pada antena. Sinyal-sinyal RF dikonversikan ke sinyal IF (Intermediate Frequency) (4,09 MHz). Kemudian sinyal-sinyal tersebut didemodulasi secara simultan untuk mengukur waktu tempuh pseudo-random dari keempat satelit.

Fungsi dari pengontrol operasional adalah menerima data dari satelit, seperti data Ephemeris dan Almanak, dan mengontrol detektor dan peralatan I/O. Selain itu juga untuk estimasi lokasi kapal dengan menggunakan pseudo ranges dari keempat satelit. Dua fungsi tersebut diimplementasikan dalam mikroprosesor 16 bit.



GAMBAR 4-19  
BLOK DIAGRAM PENERIMA GPS

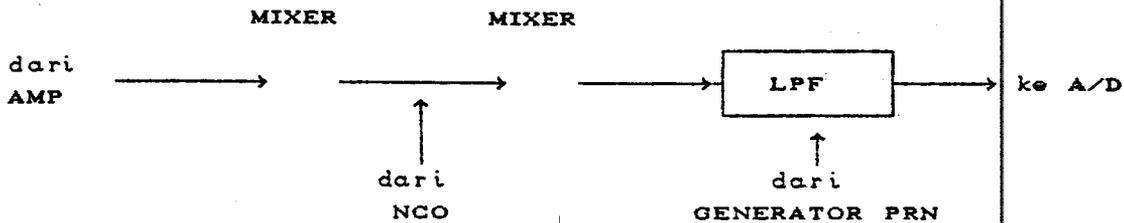
Data-data penerima GPS yang dipergunakan saat ini terdiri dari berbagai tipe, seperti pada tabel IV-1, yang masing-masing tipe bisa menggunakan 1 kanal atau lebih dan menggunakan frekuensi L1 (1575,42 MHz) dan L2 (1227 MHz).

TABEL IV-1. TIPE-TIPE RECEIVER

TIPE	JML KANAL	BAND FREK.	KETERANGAN
Multikanal	4 - 5	L <sub>1</sub> dan L <sub>2</sub>	Pengukuran dilakukan di satelit Pengukuran kontinyu
Sequential	1 - 2	L <sub>1</sub> dan L <sub>2</sub>	Pengukuran dilakukan pada 1 satelit, pada waktu tertentu Waktu pengukuran tiap satelit : 0,25 - 7 det Limited Dynamics Capability
Multiplex	1 - 2 / lebih	L <sub>1</sub> dan L <sub>2</sub>	Pengukuran dilakukan di satelit Pengukuran disampel 4 mdet dari 20 mdet

#### 4.2.6.1 Penyederhanaan Rangkaian Deteksi

Empat detektor kanal digunakan pada penerima GPS. Tiap-tiap detektor kanal terdiri dari dua mixer, seperti ditunjukkan pada gambar 4-20. Kode dan carrier PRN yang dibuat di penerima GPS dicampur dengan sinyal-sinyal dari



GAMBAR 4-20  
KONFIGURASI DETEKTOR TIAP KANAL

satelit, perbedaan fase antara kode PRN dan sinyal-sinyal satelit dideteksi, demikian pula perbedaan fase dari carrier dan sinyal-sinyal satelit.

Hasil ukuran dari rangkaian sistem penerima, dengan menggunakan sistem penerima empat kanal akan semakin kecil seperti satu atau dua kanal.

#### 4.2.6.2 Eliminasi NCO

Sinyal clock dengan frekuensi tetap digunakan sebagai pengganti dari NCO. Tracking sinyal dari satelit-satelit dilakukan dengan pengontrolan level output dari detektor dengan perangkat lunak.

#### 4.2.6.3 Adopsi Gate-array Untuk Generator PRN

Generator kode PRN dan carrier dari NCO yang digunakan untuk empat kanal demodulator diletakkan dalam satu susunan gerbang (one gate-array).

#### 4.2.7. Ketepatan Sistem GPS

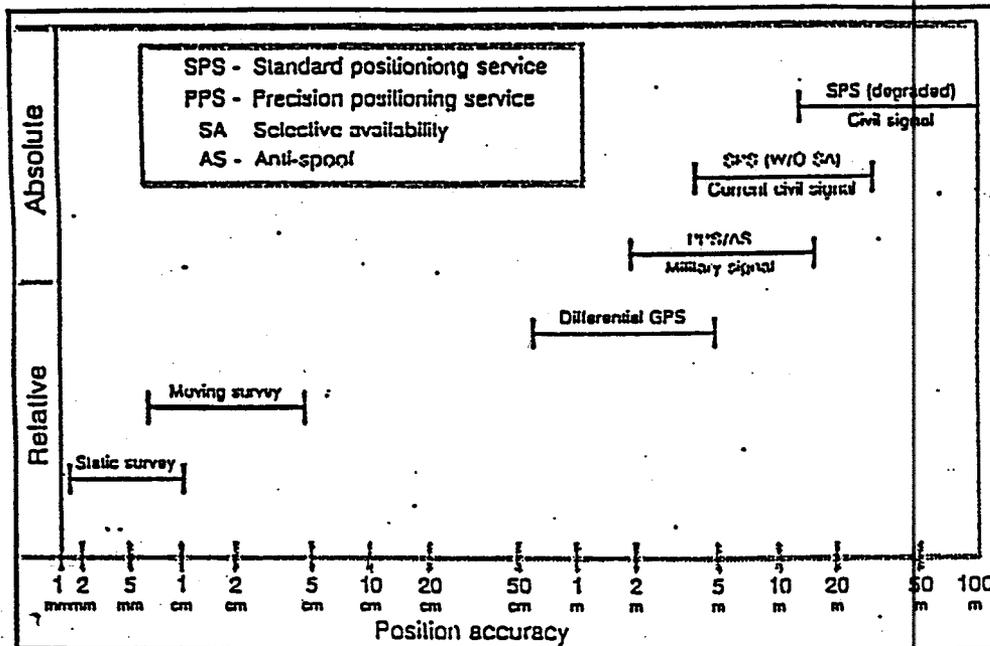
Seperti dijelaskan pada dasar sistem navigasi dengan GPS pada subbab di atas, maka suatu sistem GPS dalam memberikan informasi posisi kapal akan memberikan tingkat-tingkat ketepatan tertentu. Adanya tingkat-tingkat ketepatan informasi GPS tersebut tergantung dari pemakaian dari penerimanya.

Sesuai dengan sifat pemakaiannya, maka level ketepatan GPS dibedakan oleh :

- a. Survey statis
- b. Survey bergerak
- c. Differential GPS
- d. Precision Positioning Service, untuk militer
- e. Standar Positioning Sistem, untuk keperluan sederhana

Data dari level akurasi GPS tersebut ditunjukkan pada gambar 4-21, diambil dari data NAVSAR Marine, tanggal 11 September 1990, menurut standar peralatan penerima Navstar XR4-G.

Kesalahan penentuan posisi oleh GPS disebabkan oleh kesalahan penentuan jarak dari pemakai (user) ke satelit GPS. Kesalahan itu disebut dengan User Range Error (URE). Sumber-sumber yang dapat menghasilkan kesalahan tersebut adalah Clock Satelit, Ionosfer, Troposfer, User set, selektifitas penerima

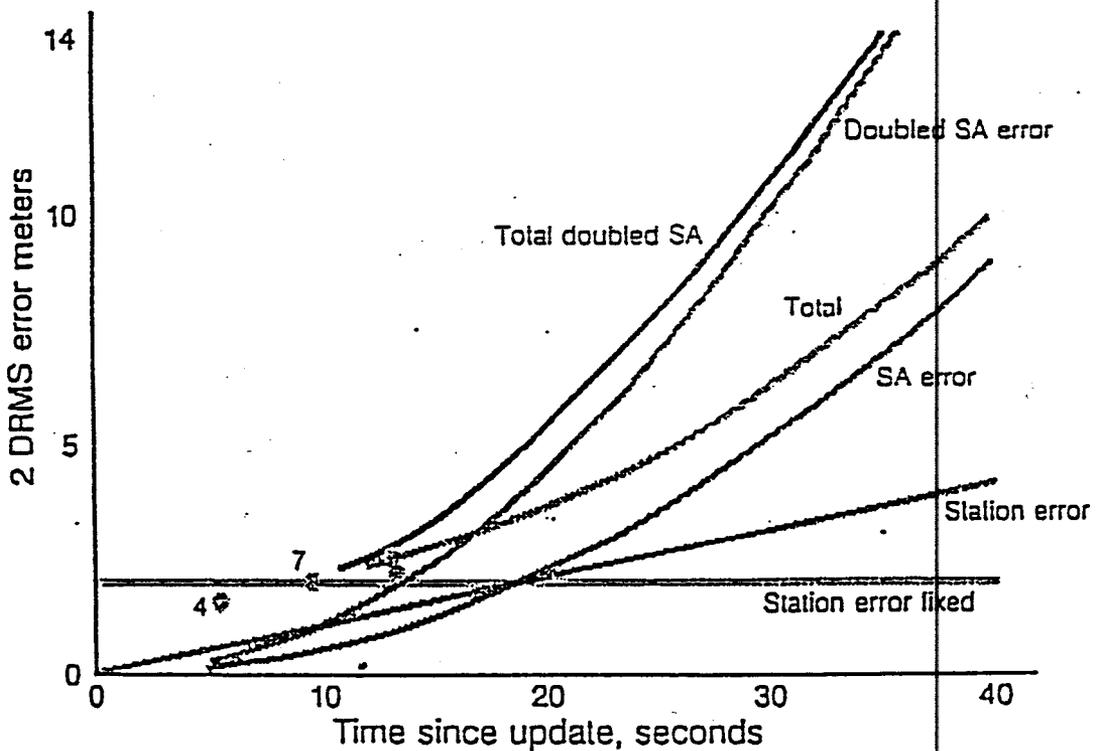


GAMBAR 4-21  
LEVEL KETEPATAN GPS

Dari sumber-sumber error di atas dapat diberikan klasifikasi pengaruh dari masing-masing sumber terhadap pengukuran. Hal ini dapat dilihat pada tabel IV-2.

TABEL IV-2. URE BUDGET

	P-Code	C/A Code	C/A Code Differential
Space	3.5	3.5	0
Control	4.3	4.3	0
<u>User Equipment</u>			
Ionosphere	2.3	5.0 - 10.0	1.0
Troposphere	2.0	2.0	
Receiver Noise	0.24	2.4	2.4
Multipath	1.2	1.2	1.2
Other	0.5	0.5	0.5



GAMBAR 4-22

## ERROR DENGAN DIFFERENTIAL GPS

Dengan data pada URE budget tersebut dapat diperoleh dua mode tingkat pengukuran kesalahan yakni dengan menggunakan mode Differential dan tanpa mode Differential. Bila menggunakan mode Differential maka kesalahan yang timbul dari sistem standar GPS akan dikurangi sehingga diperoleh ketepatan posisi yang lebih baik. Ketepatan tersebut akan lebih diperbaiki lagi bila dipergunakan mode Selective Availability (SA). Grafik kenaikan error tersebut ditunjukkan pada gambar 4-22.

### 4.3 Implementasi Gabungan Navigasi Dan Komunikasi Global

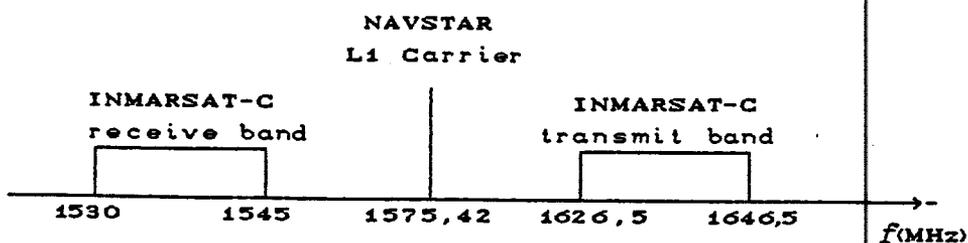
#### 4.3.1 Integrasi Sistem Navigasi Dan Komunikasi

Untuk menyediakan fasilitas gabungan antara sistem komunikasi dan navigasi secara langsung, maka harus diintegrasikan antara terminal Inmarsat-C dan penerima GPS, sehingga berada dalam satu unit penerima.

Pelayanan dari Inmarsat-C memberikan suatu fasilitas penyimpan data dengan kecepatan rendah secara global. Walaupun Inmarsat-C menyediakan fasilitas laporan posisi, namun parameter posisi tersebut harus disuplay dari luar untuk dimasukkan ke sistem Inmarsat-C. Karena itu suatu diperlukan integrasi yang menyediakan data navigasi pada terminal bergerak/kapal seperti comms/GPS, atau comms/GLONASS.

Spektrum dari kanal penerima dan pemancar Inmarsat-C dan carrier L<sub>1</sub> Navstar GPS ditunjukkan pada gambar 4-23.

Hal yang penting sebagai sebab dari integrasi kedua sistem tersebut adalah ketidakmampuan satelit *geostasioner*



GAMBAR 4-23

SPEKTRUM INMARSAT-C/GPS

seperti Inmarsat untuk memberikan informasi posisi tiga dimensi, termasuk ketepatan posisi dekat ekuator ataupun kutub. Hal ini karena satelit geostasioner yang ada, yaitu satelit Inmarsat tidak dapat diterima secara bersamaan dalam satu tempat dalam satu waktu. Sedangkan yang diperlukan untuk penentuan posisi adalah penerimaan sinyal satelit secara langsung dari empat atau tiga satelit pada suatu tempat observer dalam waktu yang bersamaan.

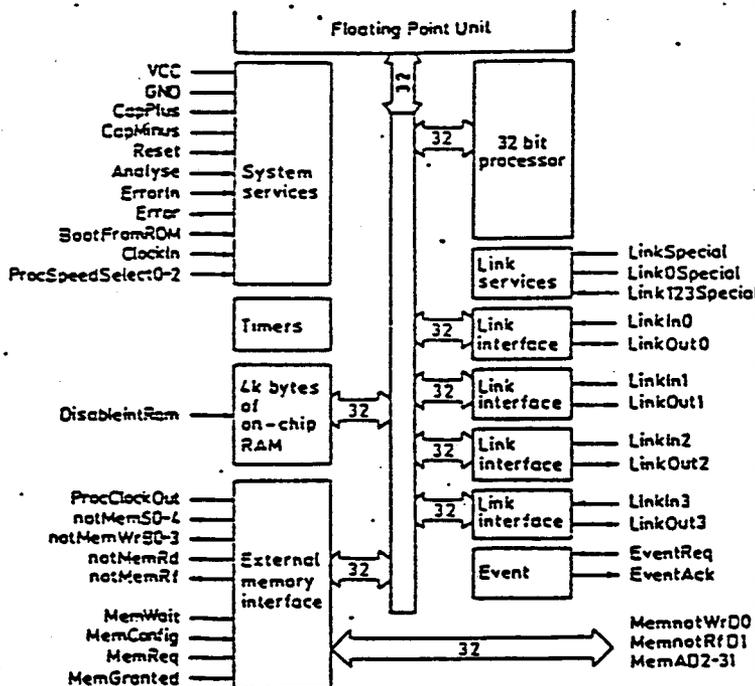
Dari spektrum tersebut dapat dilihat bahwa seluruh satelit dipancarkan dalam frekuensi yang sama dengan menggunakan teknik spread spectrum. Untuk memperlebar spektrum yang sebenarnya hanya 100 Hz, maka sinyal tersebut dikalikan dengan suatu deretan kode yang disebut dengan kode Gold. Kecepatan kode tersebut adalah 1,023 MHz, dengan kerapatan daya yang sangat rendah yaitu -163 dBW.

#### 4.4.2 Jalur Pemrosesan Sinyal Pada Perangkat Keras

Perangkat keras untuk tracking sinyal merupakan bagian terbesar dari sistem penerima terintegrasi. Sistem penerima terintegrasi tersebut dilengkapi dengan pembangkit kode-kode satelit, narrow filter, dan phase locked loop (PLL), dengan offset dari generator kode dan frekuensi PLL diatur secara empiris sampai sinyal diterima pada penerima terintegrasi.

#### 4.4.3 Pengaruh Keterlibatan Transputer

Transputer merupakan prosesor yang digunakan untuk keperluan kecepatan proses sangat tinggi (very high speed), dengan menggunakan hubungan serial antar chip yang dapat mentransfer dengan 1,8 Mbyte per detik pada setiap 8 link (4 in, dan 4 out). Hubungan tersebut diatur secara otomatis oleh prosesor dengan pedoman 1  $\mu$ s untuk tiap-tiap pesan, tidak tergantung dari panjang pesan. Hal yang lebih penting adalah kecepatan pemrosesan, sehingga diperlukan operator matematik seperti ADD dan XOR untuk pemrosesan sinyal tersebut. Untuk keperluan kecepatan proses yang tinggi tersebut transputer menggunakan RAM statis 4 Kbyte pada chip, seperti ditunjukkan pada gambar 4-24.

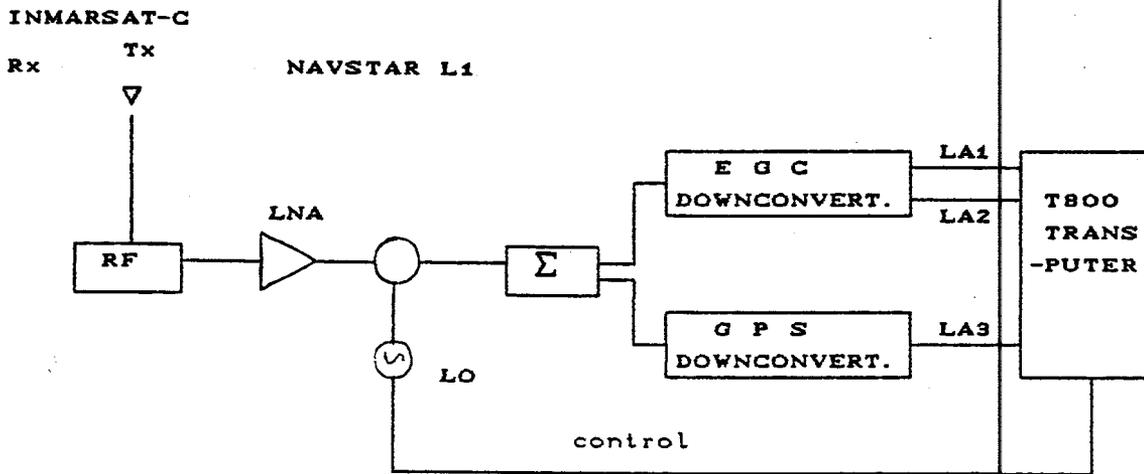


GAMBAR 4-24

ARSITEKTUR TRANSPUTER

Sifat utama dari transputer adalah pengaturan perangkat keras sedemikian hingga dapat menangani berbagai kegiatan dalam waktu yang sama. Hal ini diperlukan karena harus menerima sinyal-sinyal dari satelit secara bersamaan. Prosesor tersebut akan menangani hampir keseluruhan kegiatan pada CPU terutama dalam pengaturan waktu untuk interaksi pada CPU khususnya, dan pada keseluruhan perangkat keras pada umumnya.

Untuk keperluan integrasi tersebut dapat dilakukan modifikasi dari penerima Inmarsat-C, sehingga dapat menerima transmisi kode C/A 1575,42 MHz dari satelit Navstar. Modifikasi yang diperlukan adalah dengan menggunakan penambahan dua filter L-band dan melengkapi dengan suatu strip IF paralel untuk membangkitkan keluaran IF 1,5 MHz. Proses penerimaan sinyal GPS pada penerima tersebut dapat dilihat pada gambar 4-26 dan gambar 4-27. Digunakan dua strip IF dan dua CPU tersebut adalah untuk pengaturan komunikasi dan penerimaan GPS secara simultan. Hal ini ditunjukkan pada gambar 4-25.



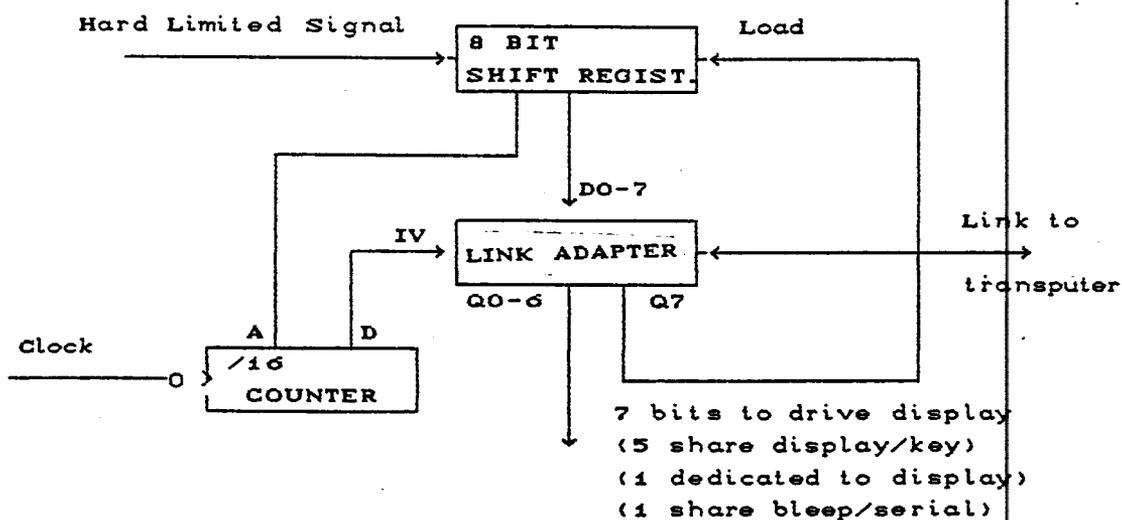
GAMBAR 4-25

## ARSITEKTUR TIME MULTIPLEXED

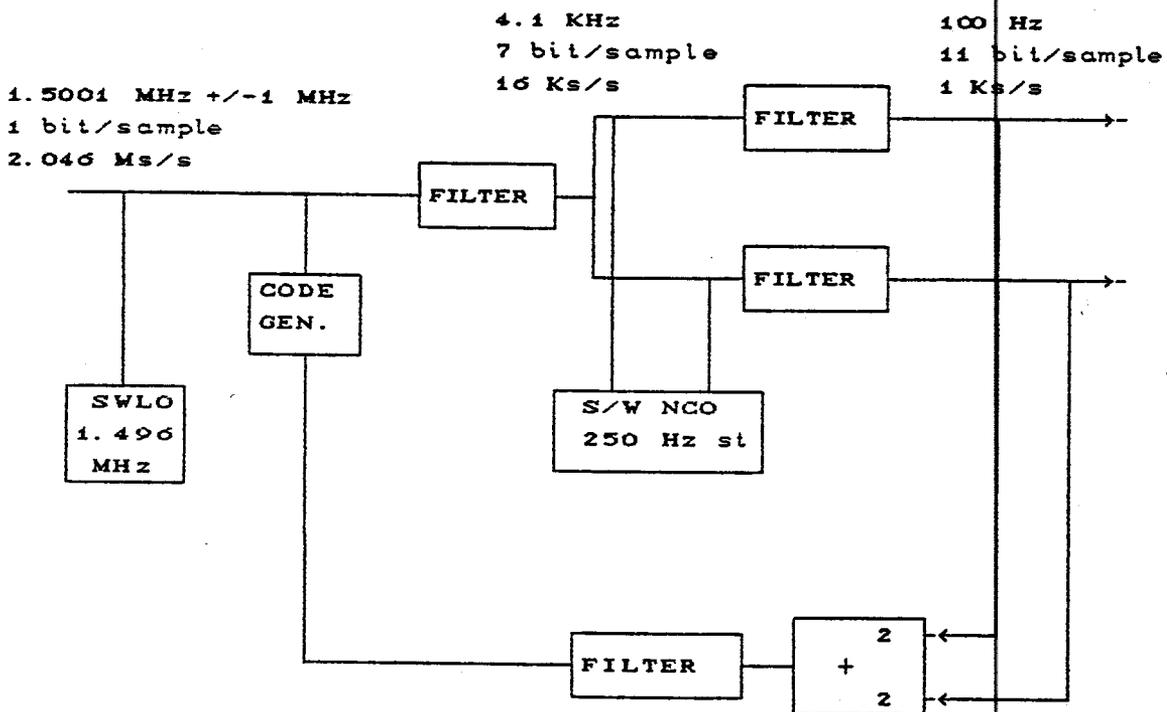
## 4.4.4. Demodulasi Dan De-spreading GPS

Deretan sinyal GPS disampel pada frekuensi 2,046 MHz, dimana dalam satu byte paket terdapat 8 bit tersampel. Sinyal tersebut harus dibaca pada prosesor, dikalikan oleh locally generated code, difilter, dan dideteksi. Jalan paling mudah untuk melakukan dua hal yang terakhir adalah dengan down convert ke frekuensi yang lebih rendah dan dengan menggunakan low pass filter, kemudian membentuk suatu FFT (fast Fourier transform) jika frekuensi tidak diketahui, atau dengan menggunakan suatu synchronous down conversion jika frekuensi telah ditentukan. Dengan demikian tidak diperlukan lagi AGC (Automatic Gain Control).

Kemudian clock disesuaikan dengan shift register pembangkit kode dan ketika suatu byte diterima, maka akan dialirkan ke link transputer dengan menggunakan suatu link adapter, dan ditambah dengan dua chip TTL, seperti terlihat pada gambar 4-26. Karena link digabungkan ke suatu DMA (Direct Memory Access) secara otomatis pada transputer, maka tidak diperhitungkan waktu proses dari CPU. Satu bit yang tersampel pada 2,046 MHz akan di-despread dan di-downconverter ke suatu frekuensi 4 kHz dengan menggunakan instruksi transputer XOR dan BITCOUNT untuk menanganinya tiap 32 bit, dan secara otomatis akan difilter dengan LPF dengan frekuensi cut off 8 kHz, seperti ditunjukkan pada gambar 4-27.



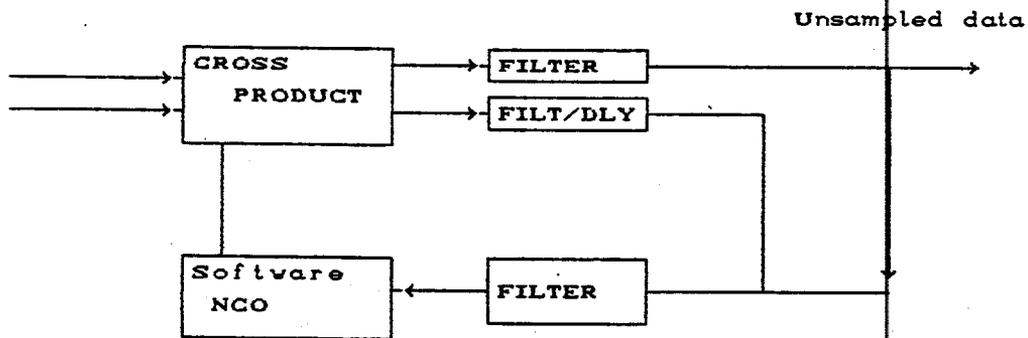
GAMBAR 4-26  
INPUT CAPTURE HARDWARE



GAMBAR 4-27  
ALGORITMA TRACKING GPS  
(DOWN CONVERT, CODE TRACK)

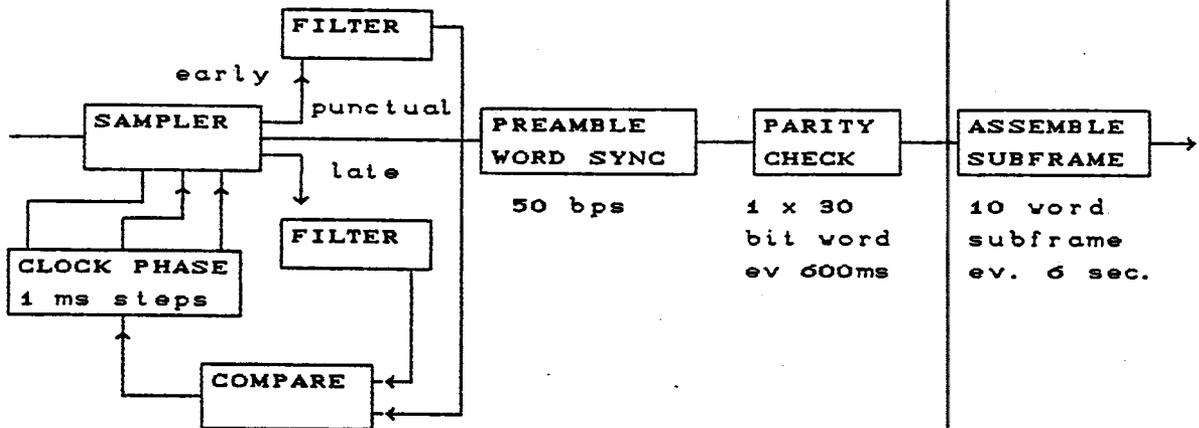
Proses tersebut akan menghasilkan 7 bit sampel setiap 64 mikrodetik. Kumpulan dari 16 kelompok bit tersebut dalam satu milidetik akan di-downconverter lagi pada I dan Q, dan menghasilkan 11 bit pasang sampel dengan kecepatan 1 kHz. Proses tersebut ditunjukkan pada gambar 4-27. Data mentah tersebut akan difilter pada suatu match filter 20 ms, dan suatu early/punctual/late sampler membangkitkan bit pensinkron, yang kemudian ditrack lebih baik dengan menggunakan tracker drift cycles, seperti

ditunjukkan pada gambar 4-28. Setelah data tersampel tersebut dikeluarkan pada output algoritma tracking GPS, maka data tersebut akan difilter dan disinkronisasi seperti ditunjukkan gambar 4-29.



GAMBAR 4-28

ALGORITMA TRACKING GPS (CARRIER TRACKER)



GAMBAR 4-29

ALGORITMA DATA GPS

#### 4.4.5 Perhitungan Posisi

Dari penjelasan di atas telah diperoleh gambaran tentang suatu sistem yang dapat menerima dan melakukan track sinyal dari lima satelit secara kontinyu. Selanjutnya dilakukan perhitungan posisi satelit pada CPU dengan menggunakan persamaan sederhana yaitu :

$$(\text{Jarak})^2 = (X-X_i)^2 + (Y-Y_i)^2 + (Z-Z_i)^2 \quad (4-45)$$

untuk  $i = 1$  sampai dengan 4, dimana jarak yang dimaksud adalah antara penerima dengan satelit, dengan mengasumsikan tidak ada delay propagasi dari clock penerima. XYZ adalah posisi user.  $XYZ_i$  adalah posisi dari satelit ke  $i$ .

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa terminal Inmarsat-C dapat digabungkan dengan terminal GPS untuk mendapatkan data yang lebih lengkap untuk komunikasi sekaligus navigasi. Hal ini terutama ditujukan untuk koreksi yang lebih baik untuk sistem Differential GPS, karena semua peralatan berada pada satu terminal.

## BAB V

### PENUTUP

---

#### 5.1 Kesimpulan

Dari uraian dan pembahasan pada tugas akhir ini dapatlah disimpulkan bahwa :

1. Pemakaian/pemanfaatan satelit-satelit Inmarsat telah mendukung tersedianya Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS), yang oleh International Maritime Organization (IMO) ditetapkan harus terealisasi sampai dengan Februari 1999.
2. Dasar dari sistem navigasi satelit, dalam hal ini yang dipakai oleh sistem GPS Navstar dan sistem Inmarsat adalah sistem/teknik spread spectrum. Fungsi utama Global Positioning System (GPS) adalah untuk penentuan posisi kendaraan bergerak (land mobile, aeronautical, dan maritim) pada umumnya yang dimanfaatkan secara khusus untuk keperluan maritim.
3. Untuk penentuan posisi dengan GPS maka prinsip pengukurannya adalah dengan pengiriman kode pseudo-random ke satu user yang diberikan oleh tiga satelit secara serentak.
4. Sampai pada Inmarsat generasi kedua yang dapat dilakukan adalah pelayanan komunikasi, reporting data,

transfer data. Sistem Inmarsat tidak dapat dipakai untuk penentuan posisi kapal secara langsung karena jarak satelit yang terlalu jauh dari bumi dan untuk satu titik tertentu hanya bisa dilingkupi maksimum oleh dua satelit secara bersamaan.

5. Untuk memperbaiki informasi posisi oleh GPS maka dapat dimanfaatkan bantuan dari satelit-satelit Inmarsat yang akan berfungsi sebagai korektor ke semua penerima GPS yang ada dilingkupannya (Differential GPS).
6. Untuk memperoleh sistem navigasi dan komunikasi secara global maka dapat dilakukan dengan penggabungan antara Inmarsat-C dan GPS dalam satu interface.

## 5.2 Saran

Dari yang telah diuraikan di atas maka dapatlah diperhatikan beberapa hal, yaitu :

1. Karena ketepatannya yang sangat baik, maka yang saat ini bisa diterapkan secara praktis adalah dengan Differential GPS yakni dengan memberikan koreksi ke penerima GPS.
2. Untuk informasi kebutuhan navigasi laut/kapal yang akan datang dapatlah dimanfaatkan adanya sistem satelit Inmarsat generasi ketiga, yang menyediakan band khusus untuk navigasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Beck, G.E., *NAVIGATION SYSTEMS - A Survey of Modern Electronic Aids*, Van Nostrand Reinhold, London, 1971.
- Blacband, W.T., *Advanced Navigational Techniques - AGARD Conference Proceeding Number Twenty-Eight*, Technivision Services, Slough, 1970.
- Dixon, Robert, C., *Spread Spectrum Systems*, John Wiley & Sons, Second Edition, New York, 1984.
- Hurn, Jeff, *GPS - A Guide to the Next Utility*, Trimble Navigation, Sunnyvale, 1989.
- Inmarsat, *Inmarsat-C System Definition Manual Release 2.0*, INMARSAT, London, 1992.
- Inmarsat, *INMARSAT Point-to-Multipoint Data Service-System Definition*, INMARSAT, London, 1990.
- Inmarsat, *Inmarsat-C System Definition Manual-Position Reporting Service*, INMARSAT, London, 1990.
- Japan Radio Co., *JRC Port Telecom Facilities*, Japan Radio Company, Tokyo, 1988.
- JRC Training Center, *What Is Inmarsat*, Japan Radio Company, Tokyo, 1986.

Shanmugam, Sam, K., *Digital And Analog Communication Systems*, John Wiley & Sons, New York, 1979.

Suryanto, Adi, Ir., *Handout Sistem Komunikasi Satelit*, Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya.

# COMMUNICATIONS TRANSMISSION BAND CHANNELISATION



1828.5	1830.5	1831.5	1834.5	1838.5	1840.0	1843.0	1845.5	1848.5	1849.5	1852.5	1856.5	1860.5
	1530.0	1533.0	1537.0	1538.5	1541.5	1544.0	1545.0	1548.0	1551.0	1555.0	1559.0	
Maritime one way	Land / Mar	Maritime	Maritime	Maritime	Maritime	Maritime	Aero	Aero	Aero	Land		
G	S S	S S S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S
4.0	1.2 1.4	1.2 1.4 .5 1.3		1.2 1.4 .75 1.55			1.2 1.4	1.2 1.4	2.3 1.3	2.3 1.3		
U	L1	M1 M2		M4 M3			A1 A2	A3		L2		
	Y	Y Y		Y Y			Y Y	Y		Y		
	8425.0	8428.0	8430.0	8432.0	8433.5	8438.5	8439.0	8440.0	8443.0	8448.0	8450.0	8454.0
	3600.0	3603.0	3605.0	3607.0	3608.5	3611.5	3614.0	3615.0	3618.0	3621.0	3625.0	3629.0

1831.5	1834.5	1838.5	1843.0	1845.5	1848.5	1849.5	1852.5	1856.5	1860.5
1530.0	1533.0	1537.0	1541.5	1544.0	1545.0	1548.0	1551.0	1555.0	1559.0
Land / Mar	Maritime	Maritime	Maritime Sid A	Maritime	SAR	Aero	Aero	Aero	Land
S S	S S S S	S S	0	S S	S S	S S	S S	S S	S S
.35 1.4	.45 .75 1.05 1.08 .54		4.5	1.2 .9 .8	.55 1.4 .45 .54	2.05	.75 2.85	.75 2.85	
L1	M1 M2		G1	M3 G2	A1 A2	A3		L2	
X	X X		X	X X	X X	X	X	X	X
	8428.0	8430.0	8432.0	8438.5	8439.0	8440.0	8443.0	8448.0	8450.0
	3600.0	3603.0	3605.0	3607.0	3611.5	3614.0	3615.0	3618.0	3621.0

G = Global Beam  
 S = Switchable to any Spot Beam or the Global Beam  
 X (C Band) = RHCP Up, LHCP Down  
 Y (C Band) = LHCP Up, RHCP Down

Frequencies and Bandwidths in MHz  
 All guardbands are 200 kHz with  
 exception of Transmission Band G1  
 which is 350 kHz



# JRC INMARSAT EGC EQUIPMENT

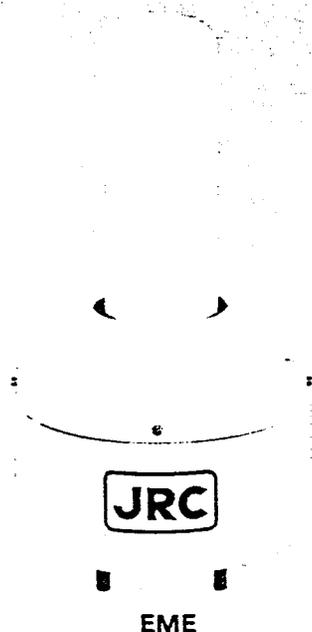
## EGC RECEIVER JHR-6A

## EGC DECODER NMB-165A

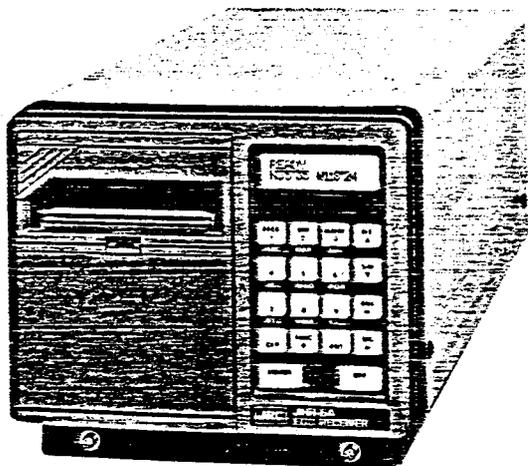


*Designed in compliance with the carriage requirements for the GMDSS to enter into force on February 1, 1992.*

### *Reception Of General Safety Information Through INMARSAT Satellite*



EME



IME  
EGC RECEIVER JHR-6A

The IMO GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System) requirements incorporates equipment to receive marine safety information transmitted over the Enhanced Group Call (EGC) system via INMARSAT satellite.

The JHR-6A EGC Receiver and the NMB-165A EGC Decoder are designed to pick up marine safety information offered by SAFETYNET service and commercial communications by FLEETNET service.

The JHR-6A is a stand-alone system consisting of Externally Mounted Equipment (EME) and Internally Mounted Equipment (IME). EGC data messages can be received by only this receiver anywhere in the INMARSAT global coverage.

The NMB-165A consists of only the IME designed to connect to INMARSAT standard-A ship earth stations. The decoder can receive EGC data messages through the common use of the antenna and the RF unit of the INMARSAT SES.



*Japan Radio Co., Ltd.*

## STANDARD FUNCTIONS

Capable of receiving a single call broadcast to all ships or a group of ships in any selected fleet or geographical area, or a specialized call to ships in the vicinity of a distress alert.

Capable of receiving a selected service.

Repeated reception of a message until its error is completely corrected.

Printout of a SAFETYNET message and its receiving date/hours.

Connectable to JRC and other navigation equipment with MEAO183 protocol or JRC protocol.

Monitoring of the receiver's operational status on the LCD display.

All operations are controlled from the keypad on the front panel.

Small printer is incorporated.

Buzzer is incorporated to give alarms including message coming.

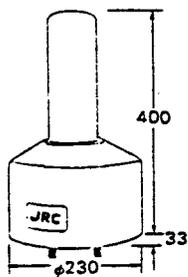
Easy trouble-shooting by self-diagnostic facility.

## OPTIONAL FUNCTIONS

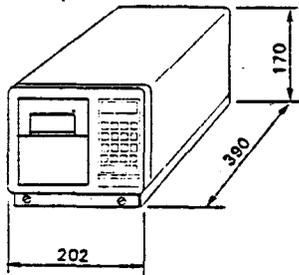
An external printer can be connected.

An external buzzer can be connected to give alarms such as message incoming to the bridge and remote cabins.

## DIMENSIONS



EME  
Weight: Approx. 6kg



IME  
Weight: Approx. 7kg

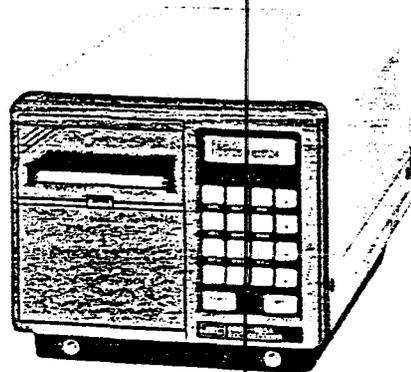
### EGC RECEIVER JHR-6A

## SPECIFICATIONS

### ●JHR-6A EGC RECEIVER

Frequency band:	1530.0 - 1545.0 MHz
Antenna pattern:	Hemisphere
Polarization:	Right-hand circular
G/T:	-23 dB/K min (at 5° elevation angle)
Modulation*:	1200 symbols/sec. BPSK
Coding*	Interleaved, convolutional code (R=1/2, K=7)
Data rate*:	600 bps
Primary power*:	24 VDC + 35% or -20%
	100/110/220 VAC ± 10% (option)
Environmental conditions	
Temperature:	-35° to +55°C (EME) 0° to +45°C (IME)*
Humidity:	Up to 95% at 40°C*
Vibrations:	2.54 mm peak amplitude 2 to 10 Hz (EME) 2 to 15.8 Hz (IME)* 1.0g peak acceleration 10 to 100 Hz (EME) 15.8 to 100 Hz (IME)*

The specifications with \*marks apply also to the NMB-165A DECODER.



EGC DECODER NMB-165A

For further information, contact



Since 1915

*Japan Radio Co., Ltd.*

Main Office: Akasaka Twin Tower(Main),  
17-22, Akasaka 2-chome,  
Minato-ku, Tokyo 107, JAPAN  
Telephone: Tokyo (03) 584-8789, 8836  
Facsimile: Tokyo (03) 584-8795, 8878  
Telex: 2425420 JRCTOK J  
Cable: JAPANRADIO TOKYO

Overseas Branches: London, New York  
Liaison Offices: Jakarta, Bangkok, Manila, New Delhi,  
Seattle, Rio de Janeiro, Copenhagen,  
Rotterdam, Las Palmas, 7EM

# HF/MF/VHF COAST STATIONS

According to the Radio Regulations (RR1-4,1-5), a coast station is a land station in the maritime mobile service and its purpose of operation is to provide ship stations with radio communications service. In particular, the highest priority is given to all telecommunications concerning safety at sea.

## APPLICABLE REGULATIONS

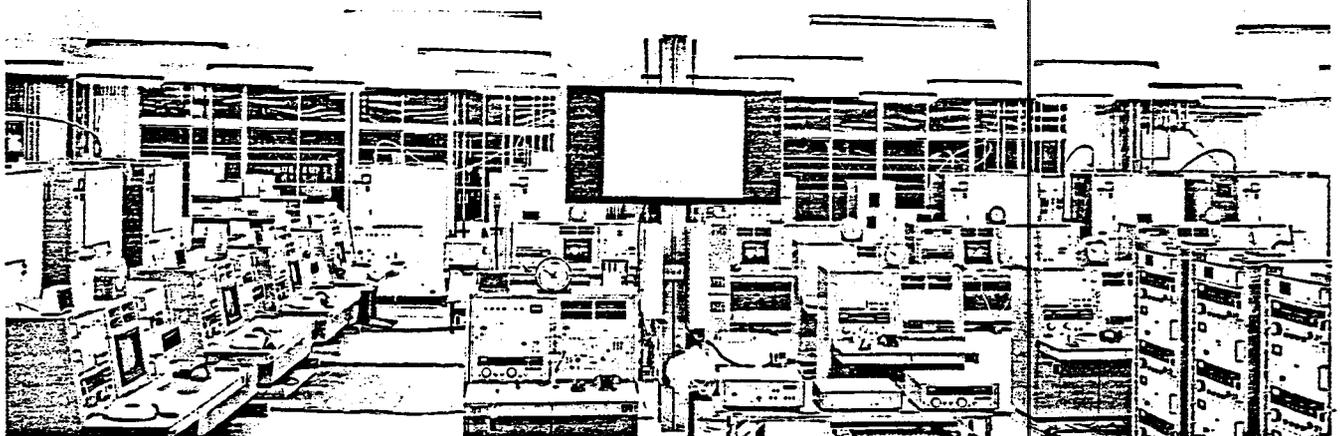
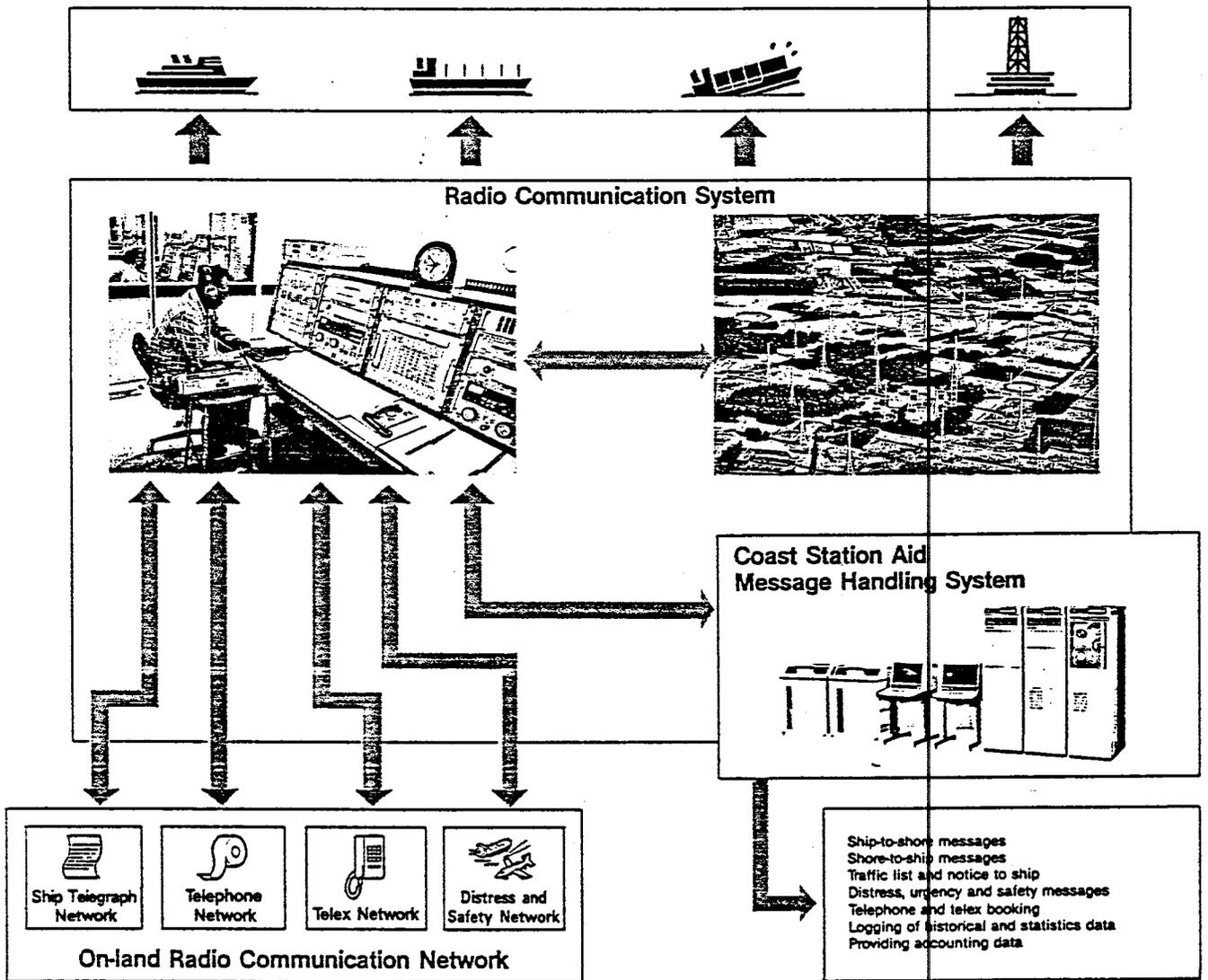
JRC coast station equipment is designed to fully meet applicable international standards for maritime telecommunications, such as the Radio Regulations, CCIR recommendations and SOLAS.

## MAJOR SERVICES OF COAST STATIONS

- Maritime safety telecommunications

service—safety at sea, port operation, sea pollution, etc.

- Public telecommunications service between ship and shore—telephone, telegraph and direct printing telegraph.
- Private telecommunications service between ships and shipowners—telephone, telegraph and direct printing telegraph.



Large-scaled Coast Station Equipment

- Broadcasting service—meteorological and navigational warnings and forecasts, governmental notices by telegraph, voice and facsimile.

### MAJOR FEATURES OF JRC SYSTEMS

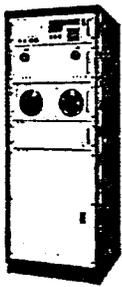
- Experienced system engineering with a full range of MF/HF/VHF radio equipment.

- Optimum system configurations based on necessary services, traffic per day, and communications ranges.
- A full scope of work from feasibility study to commissioning and operation/maintenance training.
- Hook-up of new functions and systems with existing systems.
- Supply of a Coast Station Aid Message Handling System for processing and

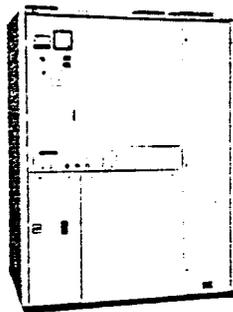
management of communications and navigational information.

- Supply of a NAVTEX broadcasting system and other equipment for the GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System).\*
  - Simple operation and high reliability ensured by microcomputer-based radio and control equipment.
- \*to be implemented on August 1, 1991.

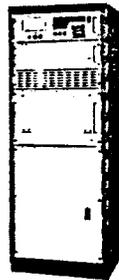
## JRC TYPICAL HF/MF/VHF COAST STATION EQUIPMENT



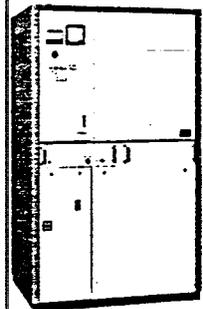
HF 1kW Transmitter



HF 10kW Transmitter



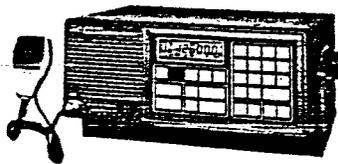
MF 1kW Transmitter



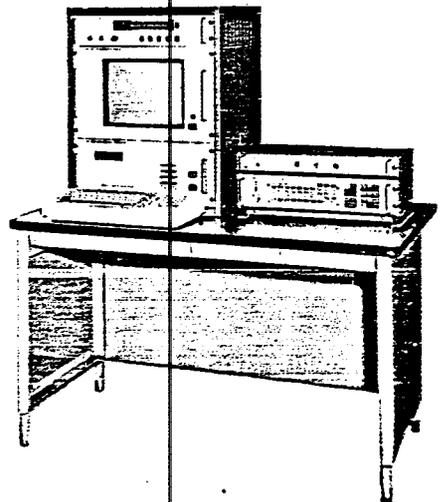
MF 5kW Transmitter



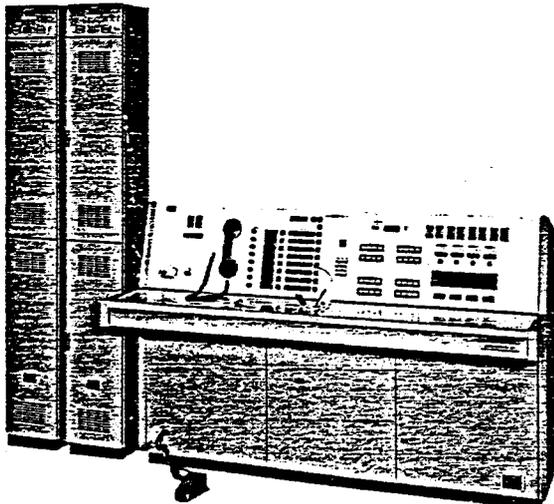
Receiver



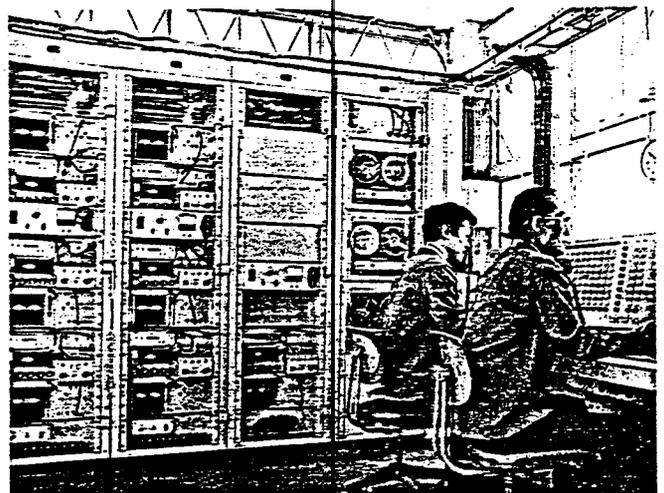
SSB Radiotelephone



NAVTEX Broadcasting Terminal System



VHF Radiotelephone and Operator's Console



VHF Coast Station

# VESSEL TRAFFIC SYSTEM

The JRC Vessel Traffic System (VTS) is designed to detect the movements of vessels sailing in port within a sea range of 24 nautical miles from a control center or tower equipped with radar, and to process the navigational and other information of the vessels tracked by the radar for display of the vessel information on a daylight, color graphic CRT monitor, in order for the

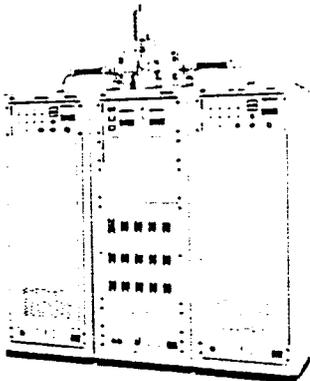
controller to manage the vessels in port by VHF communications.

## SURVEILLANCE RADAR SUBSYSTEM

- X-band pulsed radar equipment installed in a control center (or tower)
- Three functions
  - Traffic area surveillance
  - Automatic tracking of vessels within the traffic area
  - Identification of vessels in conjunction with VHF radio



Radar Antenna



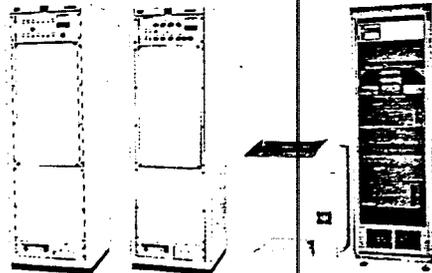
Transmitter/Receiver



Bright Display

## DATA PROCESSING SUBSYSTEM

- Processing of tracking information of vessels to display the movements of the vessels and a program-generated coastline map on a color graphic screen
- The position, course, speed and other data of each vessel digitally displayed on the same screen
- Use of at least two (2) sets of high-resolution, daylight raster-scan color CRT monitor



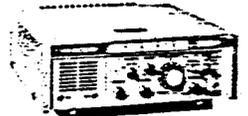
Video Processor    Scan Converter    I/O Typewriter    Data Processor

## VHF/MF RADIOTELEPHONE SUBSYSTEM

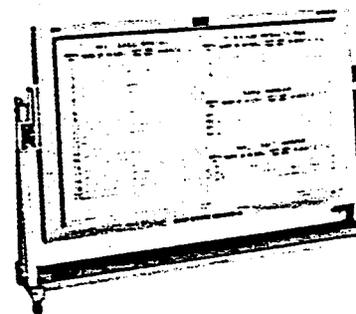
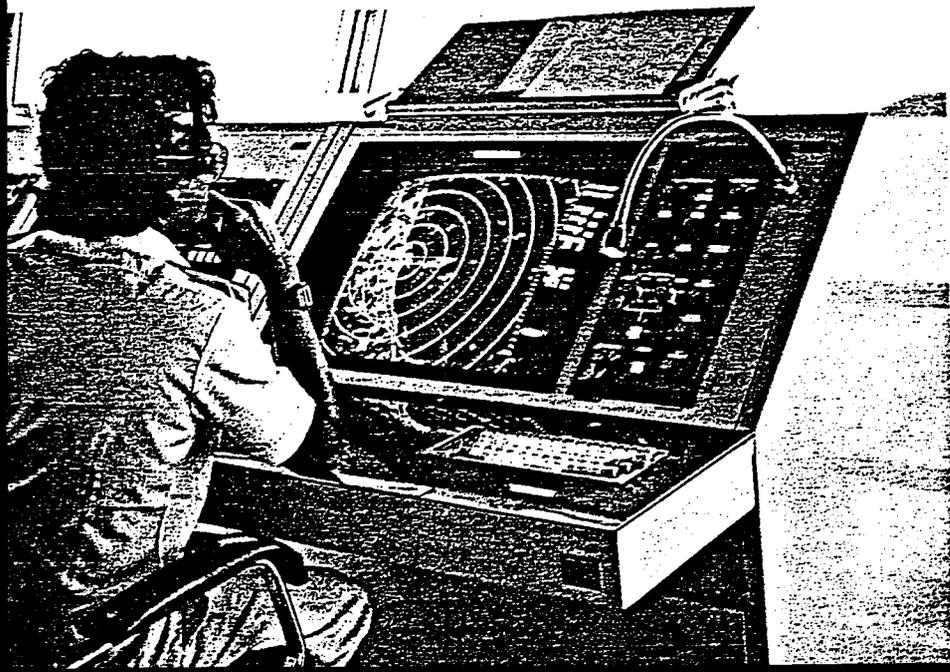
- Two international 150MHz-band radiotelephones
- 2MHz-band SSB radiotelephone equipment
- Communications between the port controllers and ship officers through VHF and MF links

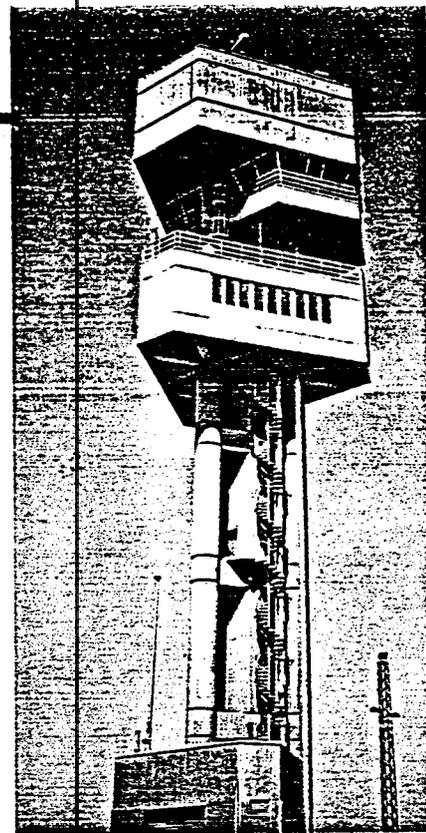
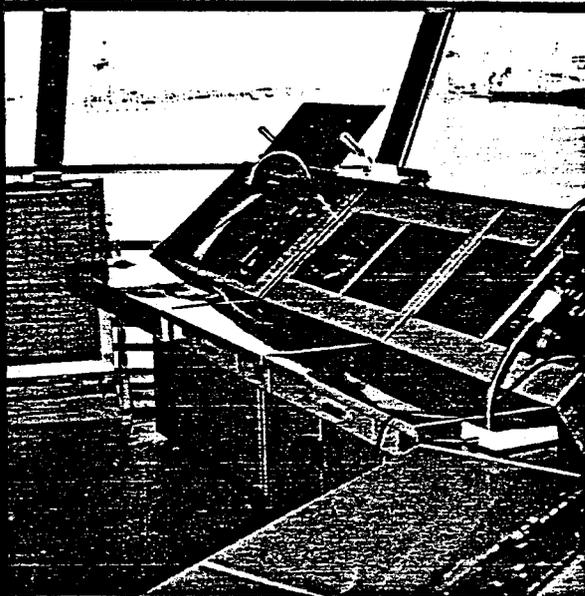


VHF Radiotelephone



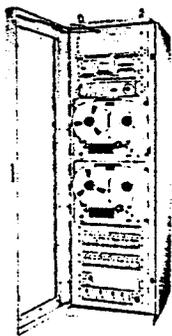
MF Radiotelephone





**4-COMMUNICATIONS CHANNEL LONG-TIME VOICE ORDER SUBSYSTEM**

Recording of calls between the control room and vessels through VHF and MF



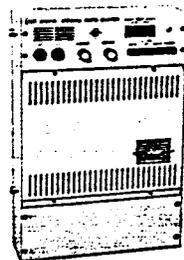
Voice Recorder

**AUTO-ALARM RECEIVER**

- Continuous watch on radiotelephone alarms by the 500kHz and 2182kHz Auto-Alarm Receivers
- Automatic generation of audible alarms by receiving an international distress signal of 500kHz or a radiotelephone two-tone (2200Hz and 1300Hz) alarm signal respectively.



500kHz Auto Alarm Receiver



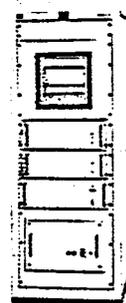
2182kHz Auto Alarm Receiver



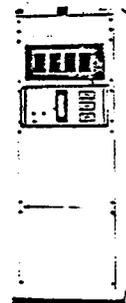
Transmissometer

**METEOROLOGICAL INFORMATION SUBSYSTEM**

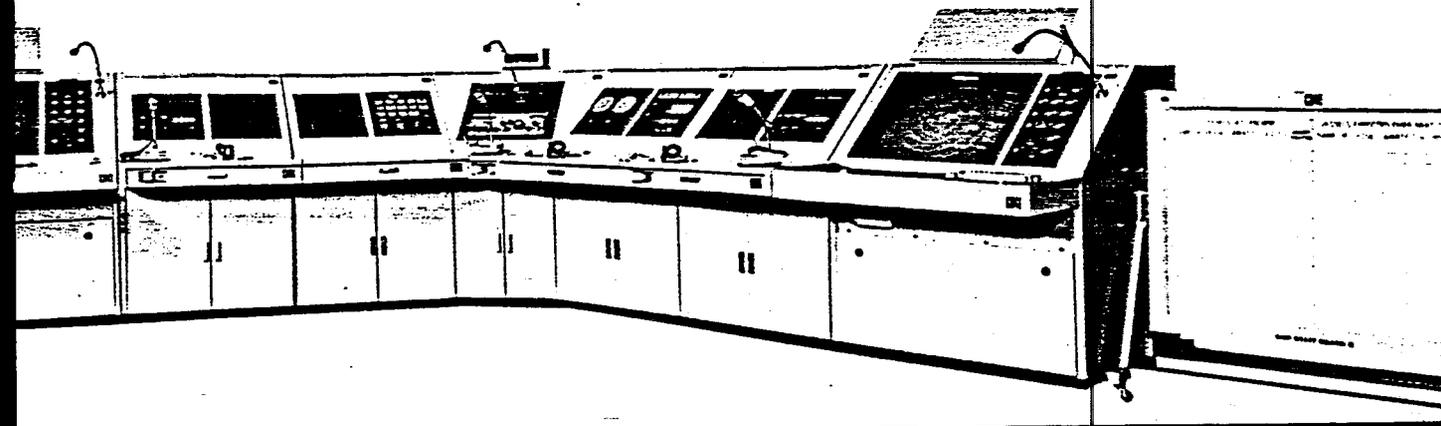
- Meteorological data—atmospheric pressure, air temperature, humidity, winds, visibility and tide levels
- Display of the data on large liquid-crystal digital display panels in the control room and in the port master's building.



Recorder Panel



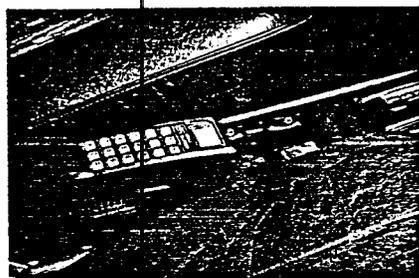
Display Panel



# AUTOMATIC MOBILE TELEPHONE SYSTEM

port areas, there is a demand for automobile telephone service available from automobile to automobile, between offices and automobiles. JRC can provide an automatic mobile telephone system (AMTS) for such mobile communication service intended for public or private groups engaged in port activities.

JRC AMTS is designed to provide automatic dialling telephone communications from automobile to automobile, and between automobiles and landline or international telephone subscribers. The AMTS is available in various system configurations to meet different requirements of customers.



## NETWORK CONCEPT

- Fully automatic telephone service—between landline telephone subscribers and mobile subscribers, and between mobile subscribers, including connection to international networks.
- A Mobile Control Station (MCS)—installed at the center of the entire system to control all system operations and to interface the system with any existing landline telephone network.
- Two or more Mobile Base Stations (MBS's)—installed to cover the entire service area, each covering a radio zone of about 2 to 30km radius depending upon its propagation conditions.
- Operation in 400MHz or 800MHz band with 25 or 35kHz channel spacing respectively and a maximum subscriber capacity of 500 to 15,000 mobile subscribers per service area.

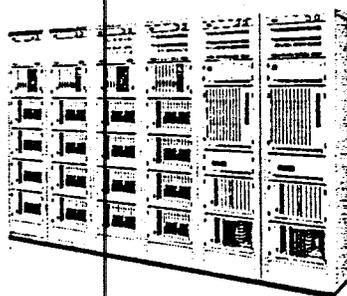
## SYSTEM FEATURES

- Digital TDMA system
- Multi-access channel control
- Modular design and microcomputer control
- Various functions—Hand-off operation; Roaming service; VIP priority service; Various subscriber facilities—call forward, call waiting and repertory dial
- Simple MSS operations—Preset dial; Dial number display; Abbreviated dials; and Nighttime keypad illumination
- Easy system maintenance

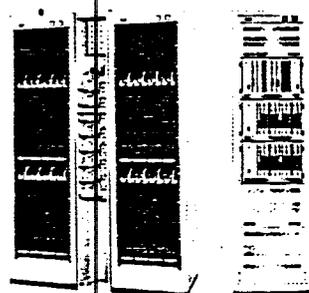
## BASIC SYSTEM CONFIGURATION

- **Mobile Control Station (MCS)**
  - PCM time-division mobile telephone exchange with stored program control, consisting of—
  - Exchange subsystem with dual central processor system;
  - Maintenance subsystem;
  - Local automatic message accounting (LAMA) subsystem; and
  - Charge processing subsystem (option).
- **Mobile Base Station (MBS)**
  - Transceiver equipment—8 transceiver units
  - Antenna multiplexer 4/8/16 channels for transmitters 8/16/64 channels for receivers
  - Radio control equipment—for up to 64 channels with 2400bps data modems
- **Mobile Subscriber Station (MSS)**
  - Functional module design
  - Transmitter, receiver and antenna duplexer
  - 128 RF channels (400MHz) 666/1,000 channels (800MHz)
  - Various convenient functions

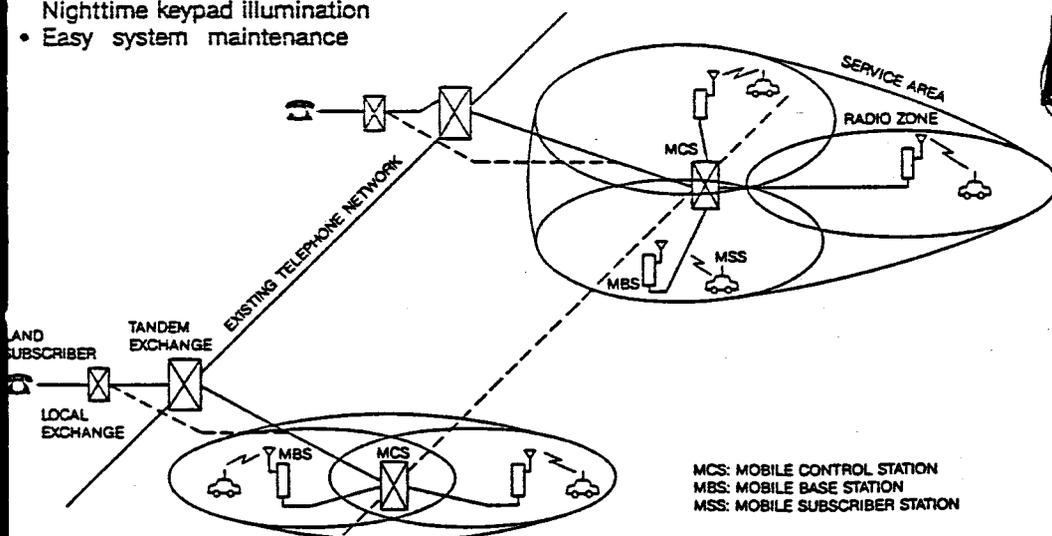
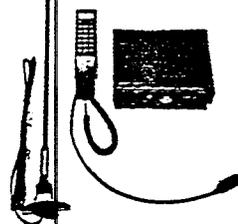
MOBILE CONTROL STATION (MCS)



MOBILE BASE STATION (MBS)



MOBILE SUBSCRIBER STATION (MSS)



MCS: MOBILE CONTROL STATION  
MBS: MOBILE BASE STATION  
MSS: MOBILE SUBSCRIBER STATION

# SHIPBOARD ELECTRONICS EQUIPMENT

JRC is the most popular name in the world market for marine electronics equipment. Available from JRC is a full range of shipboard communications and navigation equipment from INMARSAT ship earth stations, radio consoles and total navigation systems for merchant ships and large fishing vessels to small VHF and SSB radiotelephones and compact radars as

well as satellite and Loran C navigators for fishing boats and pleasure boats.

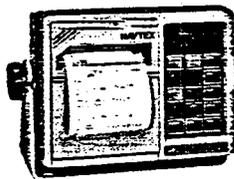
JRC marine electronics equipment is designed for high performance, high reliability, simple operation and ease of installation and maintenance using the most up-to-date technology of electronics and microcomputer control and based on JRC's field-proven

experience.

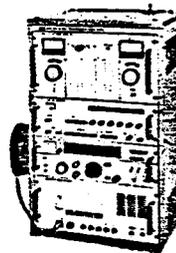
All the shipboard communications and navigation equipment available from JRC is also designed to fully meet applicable international regulations such as ITU Radio Regulations, SOLAS standards, and CCIR/CCITT recommendations.



INMARSAT Ship Earth Station



NAVTEX Receiver



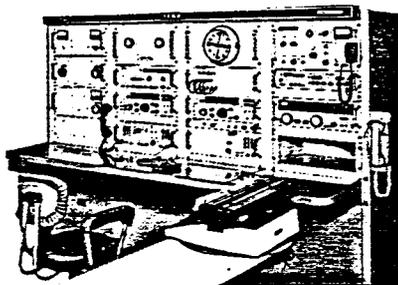
SSB Radiotelephone



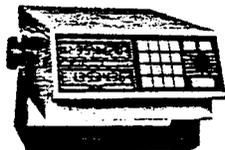
VHF Radiotelephone



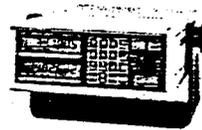
Watch Receiver



Radio Console with MF/HF transmitters and receivers



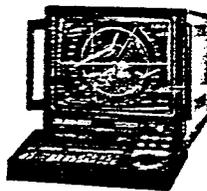
Satellite Navigator



Loran-C Navigator



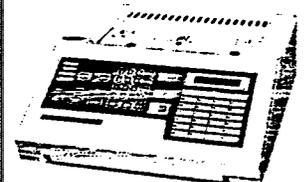
GPS Navigator



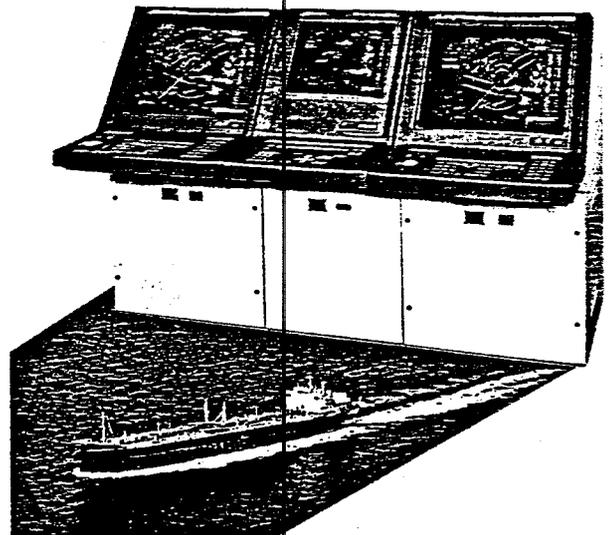
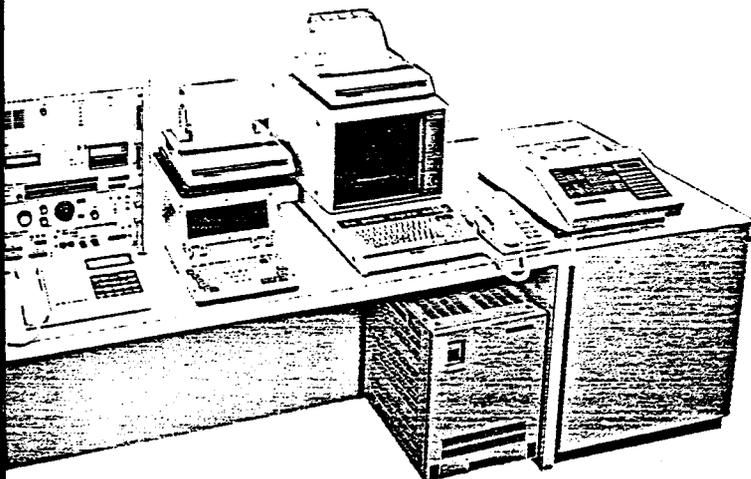
Multifunction Color Radar



LCD Radar



Facsimile Transceiver



Full range of communications equipment for the GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System) to be implemented after August 1, 1991.

Total Navigation System with ARPA and Color Graphic Monitors.

# BERTHING AID EQUIPMENT

The JRC Berthing Aid Equipment is designed for automatic measurement and display of the range and speed of a large ship approaching to a wharf in order to support its efficient and safe berthing maneuver.

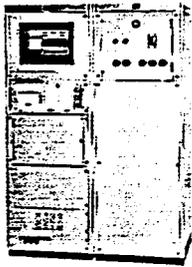
The range and speed data are indicated on a large display board installed on the wharf, and on a portable indicator carried by the pilot.

## FEATURES

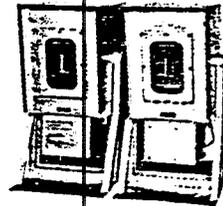
- FM-CW measurement using a doppler radar working on millimeter radio waves (13.5—14.0GHz)
- No affection of bubbles and muddy streams due to ship's propeller
- Transmitting and receiving sensors installed on the wharf, ensuring ease of installation and adjustment
- Minimized errors of ship's approach speed

## CONFIGURATION

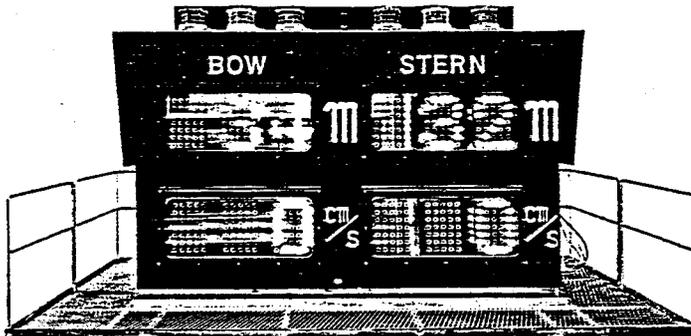
- Control Unit
- Sensors—waterproof, pressurized-enclosed for bow and stern
- Display Board—waterproof, pressurized-enclosed
- Portable Indicator—Intrinsically safe
- Air Pressure Controller—explosionproof
- Air Compressor—explosionproof
- Data Printer—mounted on the Control Unit rack
- Data Transmitter—mounted on the Control Unit rack



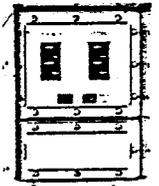
Control Unit Power Controller



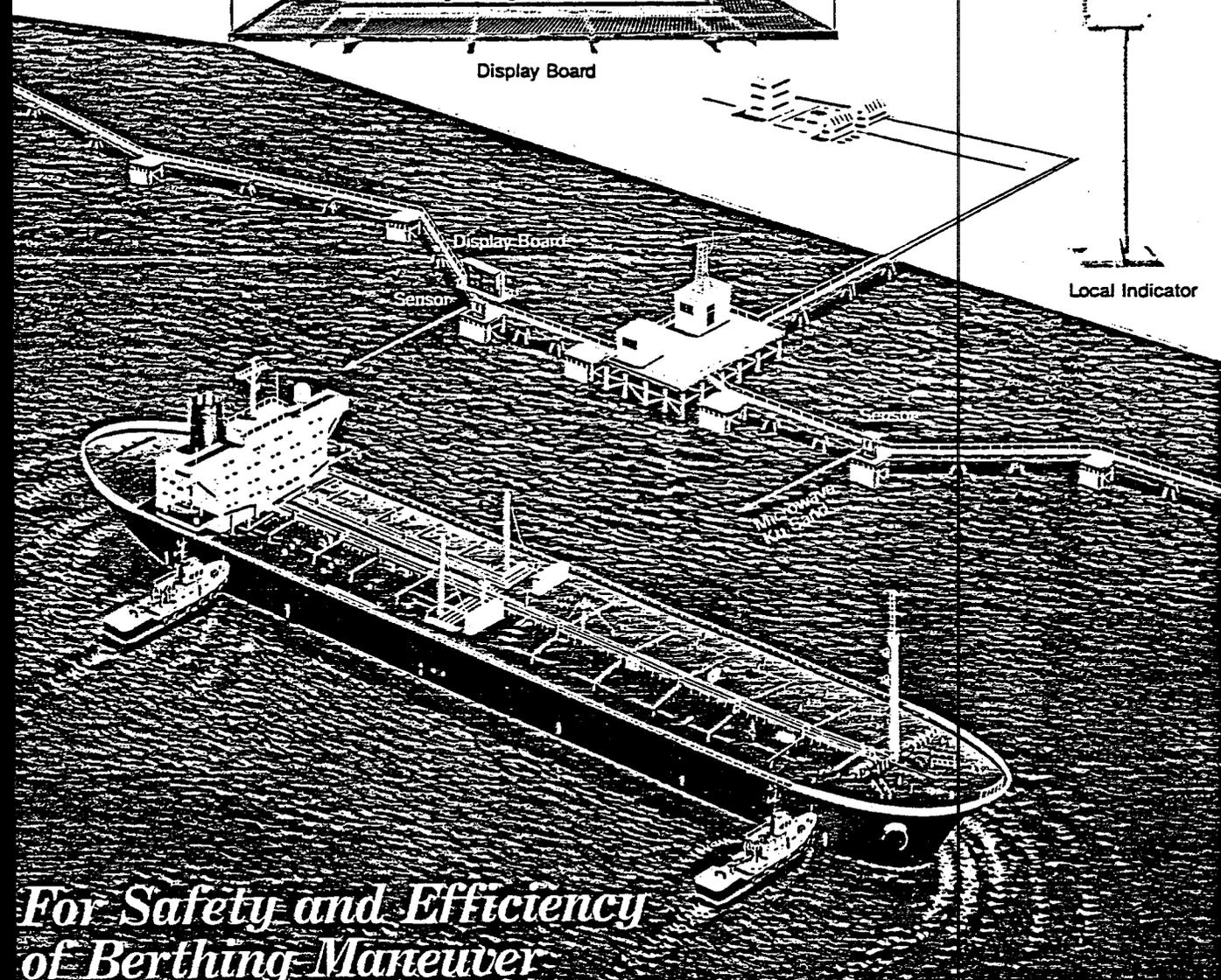
Bow Sensor Stern Sensor



Display Board



Local Indicator



*For Safety and Efficiency of Berthing Maneuver*

# CONTAINER-YARD RADIO DATA TRANSMISSION SYSTEM

In a computerized container-yard, it is necessary to transmit data concerning movements of containers between each transtainer and the central control station. To provide data transmissions in such a container-yard operation, a radio communication system is available from JRC which uses a 400MHz radio link operating at a low output power of 10mW. The radio data transmission system can economical-

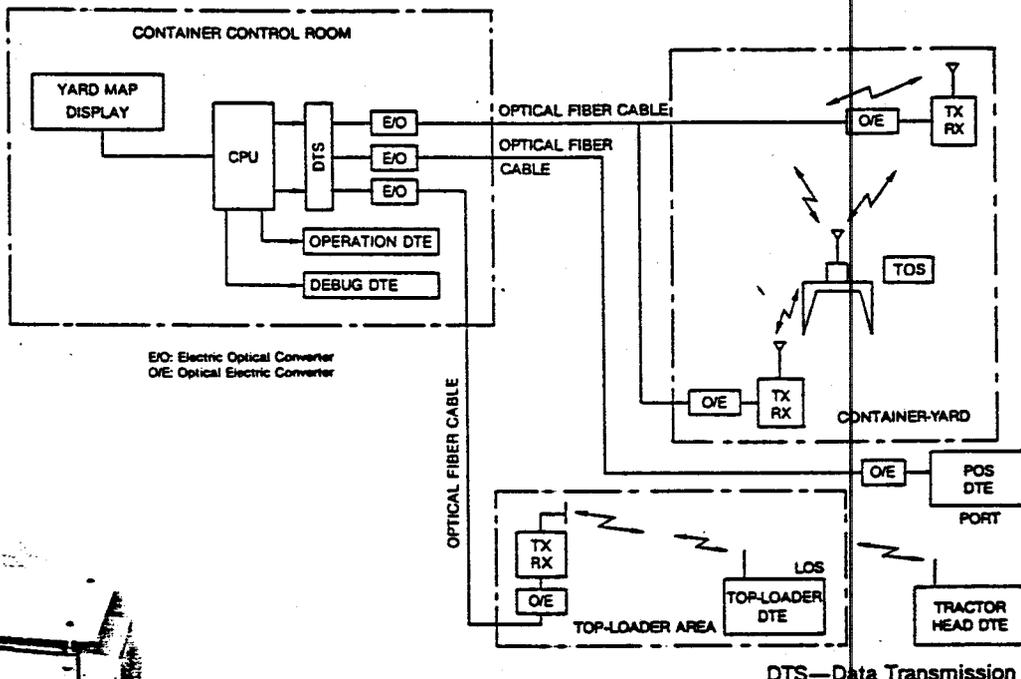
ly set up without giving radio interference to its environment.

## FEATURES

- Easy, economical setup of private radio links
- Weather-proof, outdoor type base and transtainer stations
- Radio service area of 250 to 300m radius
- Use of one radio frequency channel in semi-duplex mode
- Identification codes for all transtainer

stations

- Polling and selective calling for data communications from base to transtainer stations
- Packet data transmissions for shorter data (40 bytes) and ARQ transmissions for longer data
- Carrier Sense Multiple Access (CSMA) system for avoidance of radio disturbance from other radio equipment
- RS-232C interface with data terminal equipment

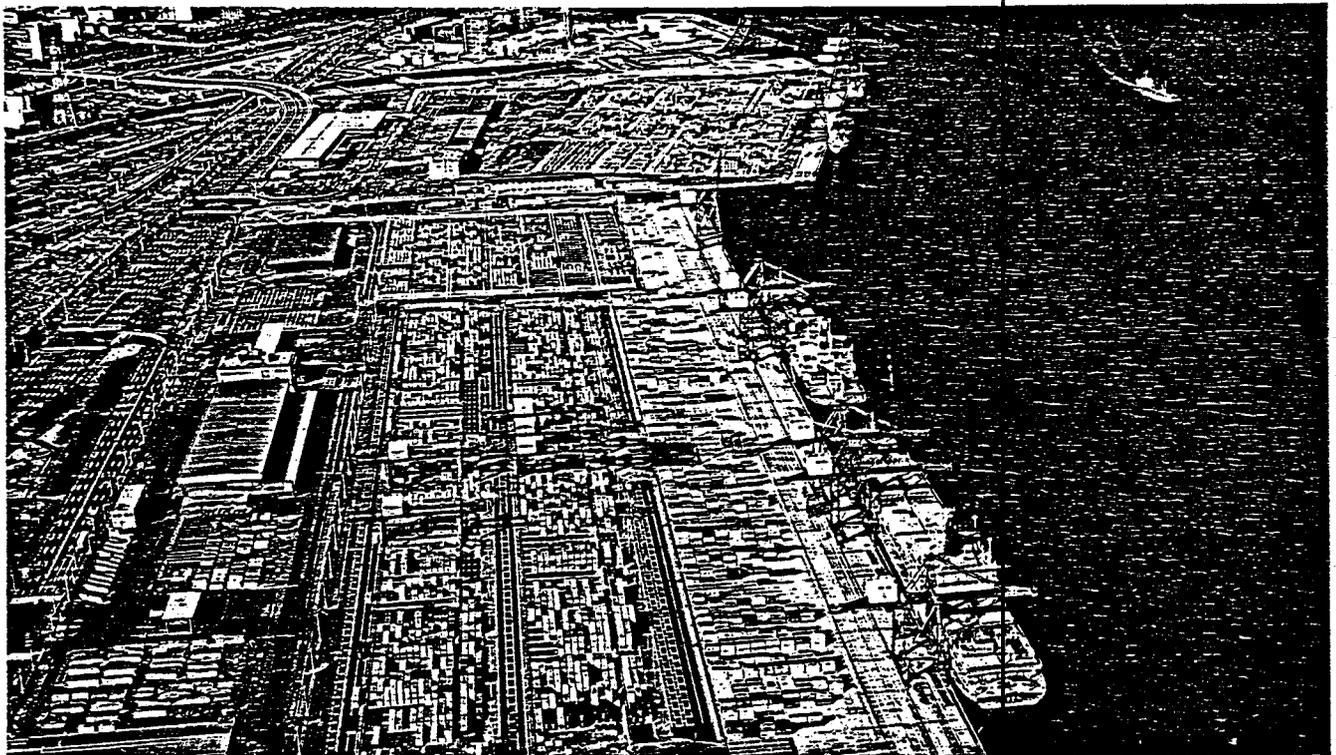


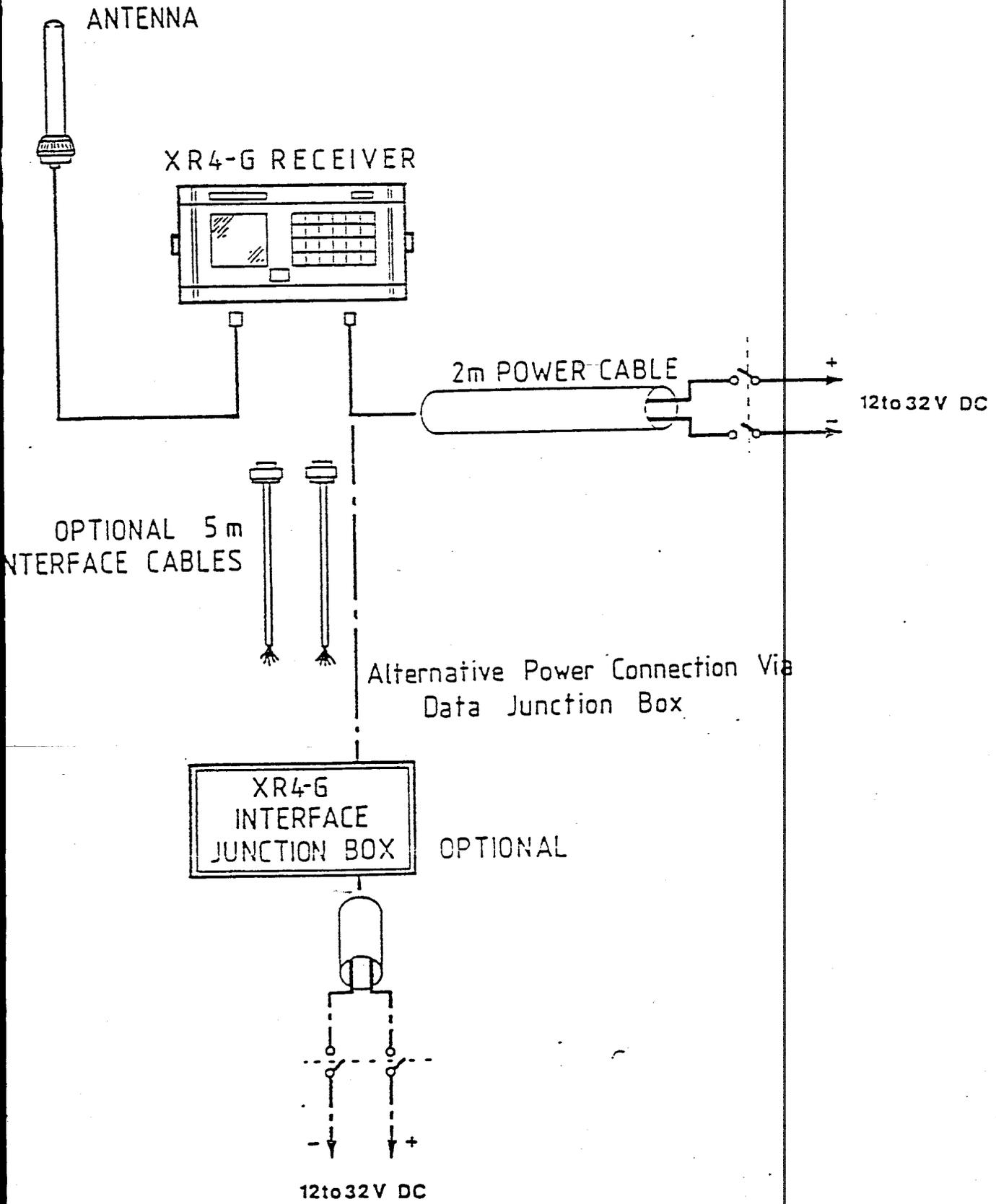
E/O: Electric Optical Converter  
O/E: Optical Electric Converter

DTS—Data Transmission System  
TOS—Transtainer Operation System  
POS—Port Crane Operation System  
LOS—Top-Lifter Operation System

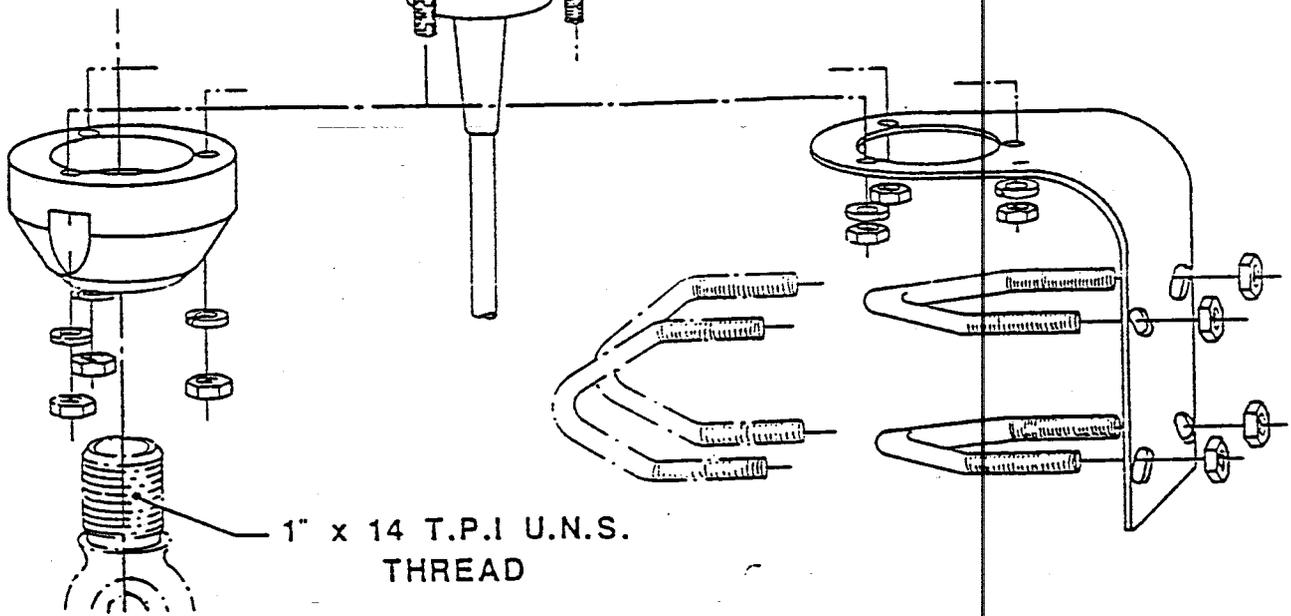
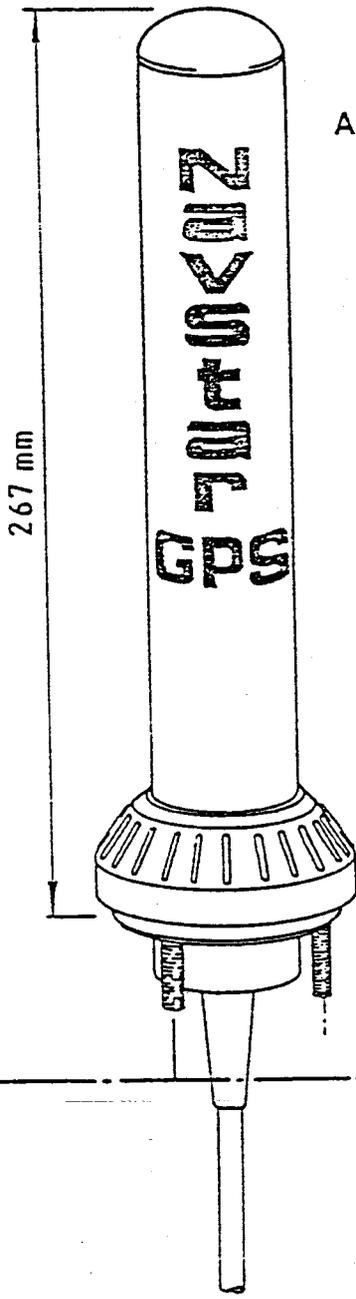


Radio Modem for Data transmission

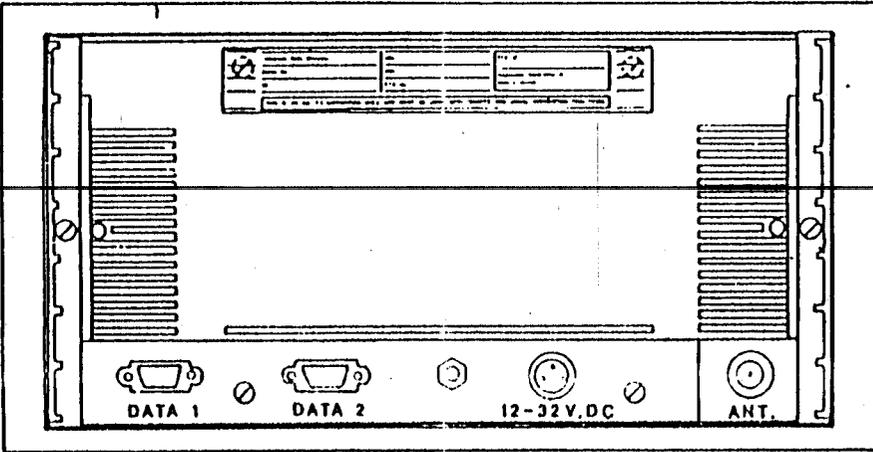
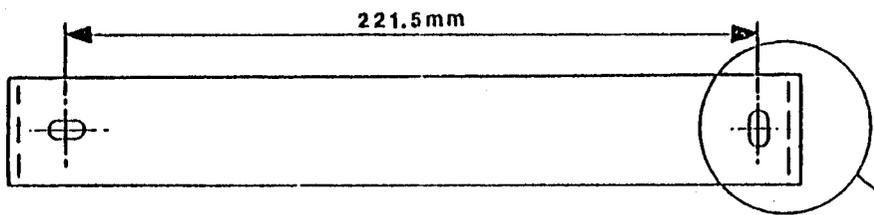
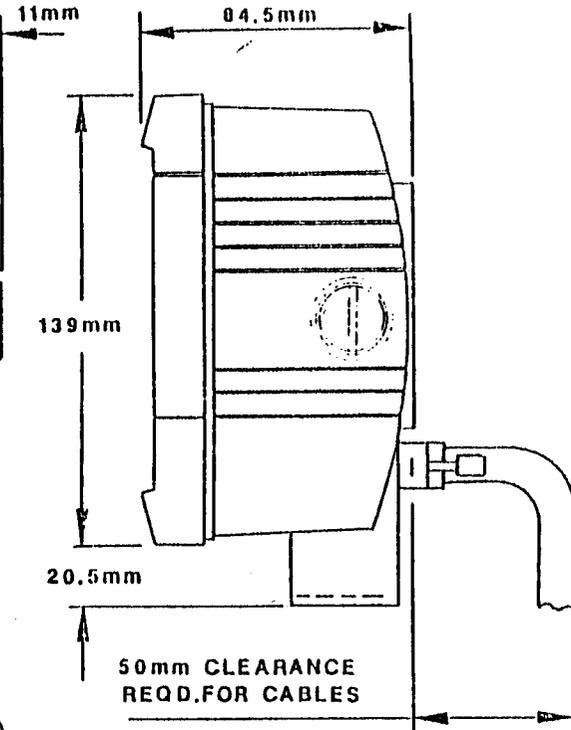
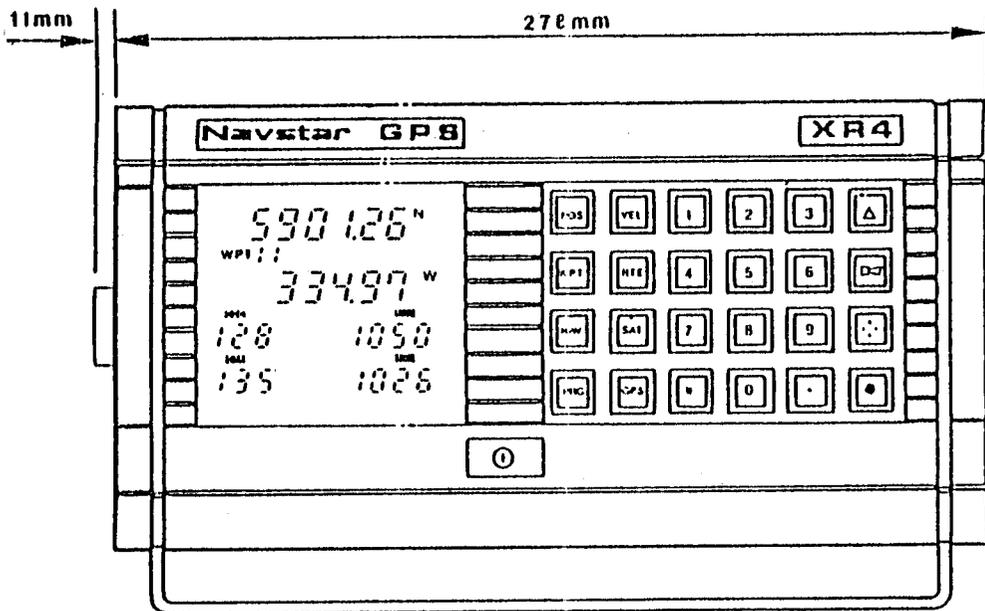




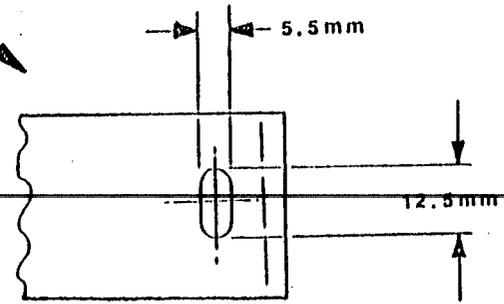
ANTENNA MUST NOT BE PAINTED, COATED,  
OR COVERED IN ANY WAY.



ALTERNATIVE  
MOUNTING METHOD



PORT 3      PORT 3  
 PORT 1      PORT 2



HOLE SAME AT BOTH ENDS

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO ITS

EE 1799 TUGAS AKHIR - 6 SKS

Nama Mahasiswa : I G. A. Widya Saputra  
Nomor Pokok : 2882200919  
Bidang Studi : Teknik Telekomunikasi  
Tugas Diberikan : 28 Februari 1992  
Tugas Diselesaikan : 28 Agustus 1992  
Dosen Pembimbing : Ir. Hang Suharto, M.Sc.

JUDUL TUGAS AKHIR :  
TEKNIK NAVIGASI LAUT DENGAN BANTUAN INMARSAT

Uraian Tugas Akhir :

Pada Tugas Akhir ini akan dibahas tentang teknik navigasi laut dengan bantuan satelit INMARSAT.

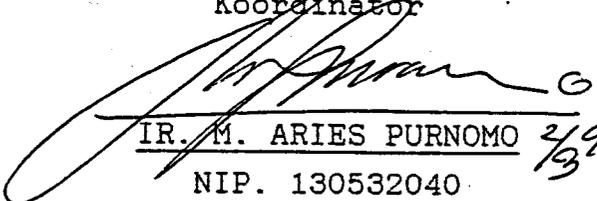
Satelit INMARSAT dalam pengoperasiannya diusahakan dapat melingkupi seluruh permukaan bumi sehingga dapat digunakan untuk membantu kegiatan navigasi maupun hubungan komunikasi di laut.

Dengan hadirnya satelit INMARSAT diharapkan akan dapat lebih membantu kelancaran dan menjamin keselamatan pelayaran, selain dengan bantuan peralatan navigasi elektronik yang lain.

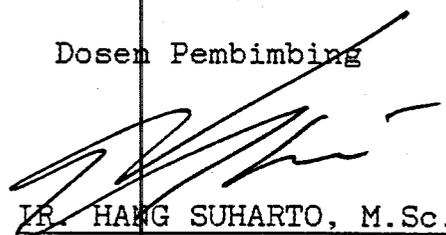
Surabaya, 28 Februari 1992

Menyetujui :  
BIDANG STUDI TEKNIK TELEKOMUNIKASI  
Koordinator

Dosen Pembimbing

  
IR. M. ARIES PURNOMO 2/92

NIP. 130532040

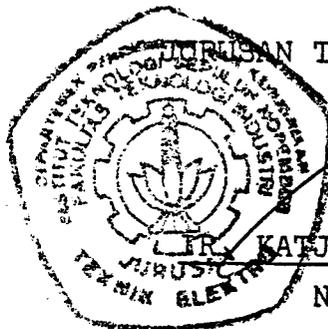
  
IR. HANG SUHARTO, M.Sc.

NIP. 130520753

Mengetahui :

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FTI ITS

Ketua



  
IR. KATJUK ASTROWULAN, MSEE.

NIP. 130687438

## USULAN TUGAS AKHIR

- A. JUDUL : TEKNIK NAVIGASI LAUT DENGAN BANTUAN INMARSAT
- B. RUANG LINGKUP : - SISTEM KOMUNIKASI  
- SISTEM KOMUNIKASI SATELIT  
- TEKNIK RADAR DAN NAVIGASI
- C. LATAR BELAKANG : Saat ini pembangunan di segala bidang berkembang dengan sangat pesat, sejalan dengan berkembangnya teknologi. Demikian pula di bidang perhubungan baik darat, laut, dan udara. Semua kegiatan perhubungan, termasuk pelayaran untuk perhubungan laut perlu dijamin keselamatannya. Oleh karena itu untuk suatu pelayaran diperlukan sarana-sarana yang mendukung, yakni peralatan navigasi yang lengkap dan tepat. Salah satunya adalah dengan menggunakan bantuan satelit INMARSAT, yang akan

memberikan informasi mengenai daerah di sekitar kapal yang sedang berlayar. Dengan demikian kapal tersebut dapat menempuh jalur yang sudah ditentukan dengan benar.

#### D. PENELAAHAN STUDI

: Satelit yang digunakan oleh INMARSAT merupakan satelit geostasioner yang diusahakan dapat melingkupi seluruh dunia, dan perlu dipelajari cara penyampaian informasi dari satelit dan cara penerimaan informasi tersebut, seperti pemberian isyarat marabahaya, dan informasi tentang keadaan suatu daerah yang dilewati oleh kapal.

#### E. TUJUAN

: Mempelajari teknik navigasi laut dengan memanfaatkan bantuan satelit INMARSAT, aspek keuntungan dan kerugiannya.

#### F. LANGKAH-LANGKAH

- : - Studi Literatur
- Pengumpulan data
- Pembahasan Masalah

- Kesimpulan

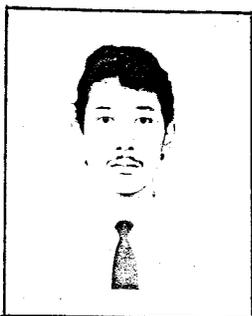
- Penulisan naskah tugas akhir

G. JADWAL KERJA : Seluruh proses penyusunan Tugas Akhir ini diharapkan dapat diselesaikan dalam waktu 6 (enam) bulan dengan jadwal sebagai berikut :

KEGIATAN	BULAN					
	1	2	3	4	5	6
Studi Literatur	████████████████					
Pengumpulan data		████████████████				
Pembahasan masalah			████████████████			
Kesimpulan					████████	
Penulisan naskah tugas akhir				████████████████		

H. RELEVANSI : Diharapkan dengan menggunakan satelit INMARSAT, navigasi laut akan lebih terjamin, dan informasi yang diberikan akan lebih akurat.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : I Gusti Agung Widya Saputra

Tempat/Tg.Lahir : Blora/15 Oktober 1969

Alamat : Jl. Dr. Sutomo V/21 Blora  
Jl. Teknik Pemukiman D-4 Surabaya

Agama : Islam

Suku : Jawa

Kebangsaan : Indonesia

Status : Belum kawin

Nama ayah : I Gusti Made Raka

Pekerjaan ayah : Guru SMEA Kristen Blora

Nama ibu : Soeharti

Pekerjaan ibu : Karyawati Pengadilan Negeri Blora

Alamat orang tua : Jl. Dr. Sutomo V/21 Blora

Riwayat pendidikan :

- SD Tempelan Blora, tamat 1982
- SMP 1 Blora, tamat 1985
- SMAK St. Albertus Malang, tamat 1988
- Teknik Elektro FTI-ITS, tahun 1988 sampai sekarang

Pengalaman kerja praktek :

- Kerja Praktek I, pada PT. Philips Development Corporation Surabaya, Juli - Agustus 1991
- Kerja Praktek II, pada Perum Angkasa Pura I Bandara Juanda Surabaya, September - Oktober 1991

Lain-lain : --