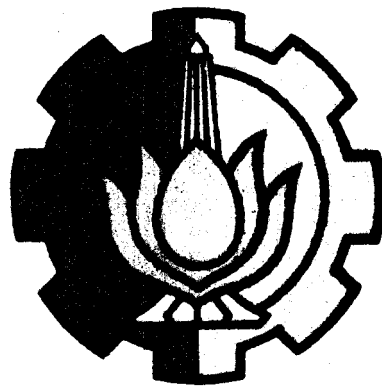


7069/ITS/H/95

PERPUSTAKAAN	
ITS	
Tgl. Terima	29 APR 1994
Terima Dari	TA
No. Agenda Ref.	2013 / B

**STUDI PENERAPAN  
SISTEM TELEPON BERGERAK (STB) CELLULAR  
SEBAGAI  
SISTEM TELEPON FIXED CELLULAR**

**TUGAS AKHIR**



RSE  
621.384.56  
Las  
S-1  
1994

Oleh :

Castyardi

288 220 0939

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1994**

**STUDI PENERAPAN  
SISTEM TELEPON BERGERAK ( STB ) CELLULAR  
SEBAGAI  
SISTEM TELEPON FIXED CELLULAR**


**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**

  
**Dr. Ir. M. Salehudin, M.Eng, Sc.**

**SURABAYA  
PEBRUARI, 1994**

## KATA PENGANTAR

---

Dengan kalimat *alhamdulillah*, segala sanjung puji hanya milik ALLAH , penulis ungkapkan rasa syukur kepada-NYA karena dengan kehendak-NYA pula penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang berjudul :

STUDI PENERAPAN SISTEM TELEPON BERGERAK (STB)  
CELLULAR SEBAGAI SISTEM TELEPON  
FIXED CELLULAR

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi sebagian persyaratan dalam meraih gelar kesarjanaan pada bidang studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya dengan beban studi 6 SKS.

Harapan penulis tidak lain adalah semoga Tugas Akhir ini memberikan sumbangan pemikiran yang bermanfaat dalam rangka ikut memikul tanggung jawab pembangunan umat manusia seluruhnya, khususnya di tanah air Indonesia.

Surabaya, Februari 1994

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

---

Dengan penuh ketulusan dan kerendahan hati, penulis sampaikan terima kasih atas segala budi baiknya, kepada :

1. Dr. Ir. M. Salehudin, M.Eng. Sc., selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan mencurahkan perhatiannya untuk memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ir. Yanto Suryadhana, selaku dosen wali yang telah mendampingi penulis selama masa studi.
3. Ir. M. Aries Purnomo, selaku Koordinator Bidang Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS.
4. Dr. Ir. M. Salehudin, M.Eng. Sc, dalam kapasitasnya sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro FTI- ITS.
5. Pimpinan dan staf karyawan P.T. Elektrindo Nusantara Jakarta, P.T. Rajasa Hasanah Perkasa Jakarta, P.T. Centralindo Panca Sakti Surabaya, P.T. Ratelindo Jakarta , P.T. Telkom Bandung, LEN Bandung, dan lainnya yang tidak bisa disebutkan di sini, atas materi pendukung tugas akhir yang telah diberikan.
6. Rekan-rekan senasib dalam *THE SIX MISSION CELLULAR MEN*, Sofyan, Charis, Zaenal, Rudolf dan Kadek.
7. Rekan-rekan Lab. B-301 yang telah bersaing memacu semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Karyawan JTE ITS yang secara tidak langsung telah banyak membantu penulis selama studi.

9. Seluruh rekan mahasiswa Elektro ITS yang tidak sempat disebutkan satu persatu.

10. Saudaraku seperjuangan-para karkun- Yoyok cs, Yunus cs, Rahmat cs, Dodik Cs, dan penasehat-penasehat lainnya yang setiap saat senantiasa hadir dalam doa demi kesuksesan kita semua.

11. Terakhir kali, khusus kepada kakak-kakak dan saudaraku semua yang telah memberikan dukungan materiil dan moril selama ini, terlebih lagi katur ayahnda dan ibunda tercinta, tak akan dapat terungkap rasa terima kasih ananda atas restu dan doa sucinya sepanjang masa.

Hanya ALLAH SWT yang dapat memberikan balasan yang sempurna atas segala budi baik yang diberikan. Semoga, Amien.

## DAFTAR ISI

	HAL
JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
ABSTRAK.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 LATAR BELAKANG.....	1
I.2 PERMASALAHAN.....	2
I.3 PEMBatasan MASALAH.....	2
I.4 METODOLOGI.....	3
I.5 SISTEMATIKA PEMBAHASAN.....	3
I.6 TUJUAN.....	4
I.7 RELEVANSI.....	4
BAB II TEORI PENUNJANG.....	5
II.1 SISTEM KOMUNIKASI RADIO BERGERAK.....	5
II.2 KONSEP SISTEM TELEPON BERGERAK CELLULAR (STB-C).....	5
II.2.1 BENTUK SEL.....	6
II.2.1.1 Bentuk Sel Ideal.....	6
II.2.1.2 Bentuk Sel Real.....	8
II.2.1.3 Bentuk Sel Fiksi.....	9

II.2.1.3.1 Sel Tereksitasi Dari Tengah.....	10
II.2.1.3.2 Sel Tereksitasi Dari Tepi.....	10
II.2.2 PENGULANGAN FREKUENSI.....	11
II.2.2.1 Pengaturan Kanal Berdekatan.....	12
II.2.2.2 Pemakaian Parameter Pergeseran.....	13
II.2.3 PEMBELAHAN SEL.....	15
II.2.4 INTERFERENSI RADIO PADA SISTEM CELLULAR....	16
II.2.4.1 Interferensi Pengulangan Frekuensi.....	16
II.2.4.2 Interferensi Kanal Berdekatan.....	16
II.2.4.2.1 Interferensi Kanal Bersebelahan....	16
II.2.4.2.2 Interferensi Kanal Tetangga.....	17
II.2.4.3 Interferensi Antar Sistem.....	17
II.2.4.3.1 Dalam Satu Kota.....	17
II.2.4.3.2 Dalam Kota Yang Berdekatan.....	19
II.2.4.4 Interferensi Sisi Jauh-Sisi Dekat.....	20
II.2.4.4.1 Dalam Satu Sistem Sel.....	20
II.2.4.4.2 Dalam Dua Sistem Sel.....	20
II.2.4.5 Interferensi TV UHF.....	22
II.2.4.5.1 Interferensi Ke Penerima TV UHF Dari Pemancar Pelanggan Bergerak... 22	
II.2.4.5.2 Interferensi Ke Penerima Pelanggan Bergerak Dari Pemancar TV UHF.....	25
II.2.4.6 Interferensi Akibat Jarak.....	26
II.2.4.6.1 Lintasan Air.....	26
II.2.4.6.2 Lintasan Darat.....	26
II.2.5 ELEMEN-ELEMEN PENGENDALI STB.....	27
II.2.5.1 Mobile Telephone Switching Office.....	28

II.2.5.1.1 Hubungan MTSO Dengan PSTN.....	28
II.2.5.1.2 Hubungan MTSO Dengan RBS.....	28
II.2.5.2 Radio Base Station (RBS).....	29
II.2.5.3 Mobile Station (MS).....	30
II.3 PERKEMBANGAN STB SELULER.....	32
II.4 MENILAI KELAYAKAN SUATU SISTEM.....	39
II.4.1 UMUM.....	39
II.4.2 EKIVALENSI DAN BUNGA.....	41
II.4.3 INTERNAL RATE OF RETURN (IRR).....	41
BAB III PENERAPAN STB CELLULAR SEBAGAI FIXED CELLULAR...	43
III.1 UMUM.....	43
III.2 KONSEP PENERAPAN STB SELULER SEBAGAI FIXED CELLULAR.....	44
III.2.1 PEMILIHAN SISTEM.....	44
III.2.1.1 Perbandingan Spesifikasi Sistem Telepon Seluler.....	45
III.2.1.2 Spesifikasi Dasar Sistem AMPS.....	47
III.2.1.2.1 Spektrum Frekuensi AMPS.....	47
III.2.1.2.2 Operasi Dasar Pada Sistem AMPS.	49
III.2.2 PENDEKATAN IMPLEMENTASI.....	51
III.2.2.1 Pemanfaatan Perangkat STB Seluler...	51
III.2.2.2 Merancang Sistem FixedCellular Baru.	56
III.2.2.2.1 Jaringan Fixed Cellular Baru...	57
III.2.2.2.2 Integrasi Dengan PSTN.....	65
III.2.3 PROSEDUR PERENCANAAN SISTEM.....	70
III.2.3.1 Penentuan Kapasitas Subscriber.....	71
III.2.3.2 Perencanaan Daerah Pelayanan.....	72



III.2.3.3 Distribusi Trafik.....	72
III.2.3.4 Pemilihan Letak Base Station.....	73
III.2.3.5 Pemilihan Letak Sentral Seluler.....	74
III.2.3.6 Menentukan Daerah Cakupan.....	74
III.2.3.7 Jenis Pelayanan Bagi Pelanggan.....	76
III.2.3.8 Perencanaan Jumlah Pelanggan.....	77
III.3 KARAKTERISTIK SISTEM FIXED CELLULAR.....	81
III.3.1 KARAKTERISTIK DASAR KANAL SUARA.....	81
III.3.1.1 Penampilan Noise Pada Radio Seluler..	82
III.3.1.2 Local Loop Noise Performance.....	84
III.3.2 FASILITAS PELAYANAN.....	85
III.3.3 TEKNIS OPERASIONAL.....	85
III.3.4 KEANDALAN.....	86
III.3.5 KAPASITAS TRAFIK-GRADE OF SERVICE (GOS)..	86
III.3.6 ALOKASI BAND FREKUENSI.....	87
III.3.7 CATU DAYA.....	88
III.3.8 SISTEM MODULASI.....	88
III.3.9 SISTEM FIXED CELLULAR OPTIMAL.....	90
III.4 APLIKASI SISTEM TELEPON FIXED CELLULAR.....	91
III.4.1 FIXED CELLULAR DENGAN FREQUENCY REUSE....	92
III.4.2 "FIXED" CELLULAR MOBILE.....	94
III.4.3 MOVABLE "FIXED" MOBILE.....	94
III.4.4 CELLULAR PAYPHONE.....	95
III.5 PERKEMBANGAN SISTEM TELEPON FIXED CELLULAR....	96
BAB IV TINJAUAN ASPEK TEKNIS DAN EKONOMIS.....	103
IV.1 UMUM.....	103
IV.2 TINJAUAN ASPEK TEKNIS.....	104

IV.2.1 PERBANDINGAN FIXED CELLULAR DENGAN STB SELULER.....	104
IV.2.2 PERBANDINGAN FIXED CELLULAR DENGAN TELEPON KABEL.....	109
IV.3 TINJAUAN ASPEK EKONOMIS.....	114
IV.3.1 KAPITAL COST.....	115
IV.3.1.1 Cost untuk Telepon Kabel.....	115
IV.3.1.2 Cost Untuk STB Cellular.....	117
IV.3.1.2.1 Cost Stasiun Dasar (Base Station).....	117
IV.3.1.2.2 Cost Sentral Penyambungan(Switch).....	118
IV.3.1.2.3 Cost Sistem Transmisi.....	119
IV.3.1.2.4 Cost Sistem Billing.....	121
IV.3.1.2.5 Cost STB Seluler Tipikal.....	122
IV.3.1.3 Cost Untuk Fixed Cellular.....	127
IV.3.2 ANALISA FINANSIAL (FIRR).....	129
IV.3.2.1 FIRR Untuk Telepon Kabel.....	130
IV.3.2.2 FIRR Untuk STB Cellular.....	131
IV.3.2.3 FIRR Untuk Fixed Cellular.....	132
IV.3.3 ANALISA EKONOMIS (EIRR).....	133
IV.3.3.1 EIRR Untuk Telepon Kabel.....	134
IV.3.3.2 EIRR Untuk STB Cellular.....	134
IV.3.3.3 EIRR Untuk Fixed Cellular.....	134
IV.3.4 TINJAUAN TERHADAP PERBANDINGAN ASPEK EKONOMIS.....	135
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	147
V.1 KESIMPULAN.....	147
V.2 SARAN.....	148

DAFTAR PUSTAKA.....	150
LAMPIRAN.....	152
USULAN TUGAS AKHIR.....	160
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	165

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	HAL
2.1 BENTUK SEL SECARA IDEAL.....	7
2.2 BENTUK SEL SECARA REAL.....	8
2.3 BENTUK SEL SECARA FIKSI.....	9
2.4 POLA EKSTIASI SEL.....	10
2.5 PENERAPAN PENGULANGAN FREKUENSI PADA SISTEM SELULER.....	12
2.6 PENGATURAN KANAL BERDEKATAN DALAM SEBUAH CLUSTER.....	13
2.7 PENGGUNAAN PARAMETER PERGESERAN DENGAN $I=3, J=2$ ....	14
2.8 PROSES PEMBELAHAN SEL.....	15
2.9 INTERFERENSI ANTAR SISTEM DALAM SATU KOTA.....	18
2.10 INTERFERENSI ANTAR SISTEM DALAM KOTA YANG BERDEKATAN.....	20
2.11 PENATAAN KANAL FREKUENSI SECARA BERSAMA.....	21
2.12 DAERAH INTERFERENSI BAYANGAN.....	24
2.13 JARINGAN STB.....	27
2.14 DIAGRAM BLOK KOMPONEN DASAR RBS.....	30
2.15 DIAGRAM BLOK KOMPONEN STASIUN MOBIL.....	31
3.1 BAND FREKUENSI SISTEM AMPS.....	47
3.2 ILUSTRASI PROSES PANGGILAN PADA STB (AMPS).....	51
3.3 BLOK DIAGRAM JARINGAN TELEPON FIXED CELLULAR.....	53
3.4.a PENERAPAN FIXED CELLULAR DI HOTEL, PERUMAHAN DAN APARTEMEN.....	57
3.4.b PENERAPAN FIXED CELLULAR DI KAMPUS.....	58

3.5	ILUSTRASI SISTEM FIXED CELLULAR DIGITAL.....	59
3.6	HIRARKI SUB SISTEM DALAM SISTEM FIXED CELLULAR....	60
3.7	ARSITEKTUR O&M PADA BSC.....	63
3.8	SISTEM FIXED CELLULAR TERINTEGRASI DENGAN PSTN....	66
3.9	GRAFIK HUBUNGAN ANTARA JUMLAH KANAL DAN JUMLAH SUBSCRIBER.....	80
3.10	SISTEM FIXED CELLULAR DENGAN FREQUENCY REUSE.....	92
3.11	PENERAPAN FREQUENCY REUSE 4 X.....	93
3.12	UMBRELLA CELL DALAM FIXED CELLULAR.....	98
3.13	BLOK DIAGRAM SISTEM ATUR PAYPHONE.....	99
3.14	KONFIGURASI SISTEM STLR.....	101
4.1	PERBANDINGAN DAERAH CAKUPAN FIXED CELLULAR DAN STB SELULER.....	107
4.2	PERBANDINGAN SISTEM TELEPON KABEL DAN RADIO.....	110
4.3	KEMAMPUAN OVERLAY SISTEM RADIO SELULER.....	113
4.4	COST SISTEM SELULER UNTUK BERBAGAI KAPASITAS SUBSCRIBER.....	122
4.5	HUBUNGAN COST/ACCESS LINE UNTUK SISTEM KABEL DAN RADIO.....	136
4.6	COST PER PELANGGAN TELP. KABEL UNTUK KEPADATAN BERBEDA.....	138
4.7	COST SEBAGAI FUNGSI KEPADATAN UNTUK UKURAN SEL TETAP.....	139
4.8	COST SEBAGAI FUNGSI KEPADATAN UNTUK UKURAN SEL BERUBAH.....	140
4.9	PERBANDINGAN INVESTASI SISTEM KABEL DAN RADIO....	142
4.10	PERBANDINGAN COST SISTEM KABEL DAN RADIO,	

	MELIPUTI KAPITAL COST, MAINTENANCE DAN FAKTOR INFLASI/DEFLASI.....	143
4.11	GRAFIK PERBANDINGAN COST THD JML PELANGGAN.....	145
4.12	GRAFIK PERBANDINGAN COST THD DAERAH CAKUPAN.....	146

DAFTAR TABEL

TABEL	HAL
2.1 PANGSA PASAR SISTEM TELEPON SELULER ANALOG DI DUNIA.....	33
2.2 PERBANDINGAN SISTEM AMPS, TACS, NMT450 & NMT900...	34
2.3 STB SELULER TERPASANG DI DUNIA.....	35
2.4 UNIT TELEPON SELULER TERPASANG DI EROPA & AS.....	37
2.5 PERKEMBANGAN PEMASARAN TELEPON SELULER DI EROPA DAN AS.....	38
3.1 PERBANDINGAN SISTEM SELULER STANDAR AMPS, TACS DAN NMT900.....	46
3.2 SPESIFIKASI DASAR SISTEM AMPS.....	49
3.3 DAERAH CAKUPAN UNTUK KONDISI YANG BERBEDA.....	75
4.1 PERBANDINGAN UNIT MOBIL DAN UNIT FIXED.....	108
4.2 BIAYA KABEL STANDAR PER SALURAN.....	115
4.3 KEBUTUHAN JAM KERJA OPERASI.....	117
4.4 COST BASE STATION.....	118
4.5 COST SWITCH.....	118
4.6 COST LOKASI SWITCH.....	119
4.7 COST TRANSMISI KABEL SEBAGAI FUNGSI DARI JARAK RUTE.....	120
4.8 COST TRANSMISI GELOMBANG MIKRO.....	121
4.9 COST SISTEM BILLING.....	121
4.10 KEBUTUHAN INSTALASI SISTEM SELULER.....	126
4.11 COST UNTUK INSTALASI SELULER TIPIKAL DENGAN ASUMSI 5000 PELANGGAN, 11 BASE STATION DAN	

250 KANAL.....	126
4.12 COST \$ PER DAERAH CAKUPAN UNTUK BASE DENGAN TOWER LEBIH TINGGI DARI 30 METER.....	128
4.13 PERBANDINGAN FIRR DAN EIRR SISTEM TELEPON KABEL, STB SELULER DAN FIXED CELLULAR.....	135
4.14 CONTOH PERBANDINGAN COST THD JML PELANGGAN.....	145
4.15 CONTOH PERBANDINGAN COST THD DAERAH CAKUPAN.....	146



## ABSTRAK

Hadirnya teknologi radio seluler telah melahirkan sistem telepon *Fixed Cellular*, sebagai hasil pengembangan *STB Seluler*. Penerapan *STB Seluler* sebagai *Fixed Cellular* dapat memecahkan masalah pengembangan jaringan telepon di daerah yang padat dengan gedung-gedung dan jalan-jalan permanen.

Tugas Akhir ini membahas sistem telepon *Fixed Cellular*, yang meliputi : konsep penerapan dan perencanaan sistem, implementasi sistem, karakteristik sistem, aplikasi dan perkembangannya. Untuk mengetahui sejauh mana kemungkinan penerapannya sehubungan dengan sistem telepon yang *exist*, maka dibahas pula perbandingan aspek teknis dan ekonomis.

Sistem telepon *Fixed Cellular* menerapkan teknologi seluler sebagaimana pada *STB Seluler*, tetapi dalam hal ini lintasan radio dibuat *tetap (fixed)*. Perangkat infrastruktur seperti *Base Station*, *MTSO* dan *Unit Subscriber* sama seperti pada *STB Seluler*, sedangkan instalasi pada pelanggan dihubungkan dengan media kabel ke *Multi Subscriber Unit (MSU)*. Konfigurasi pelanggan dapat berupa "*Fixed*" *Mobile Cellular*, *Movable "Fixed" Mobile* atau *Cellular Pay phone*. Pelanggan dapat menggunakan pesawat telepon biasa ataupun unit telepon mobil transportable dan handheld. Hubungan jaringan dapat berbentuk terpisah ataupun terintegrasi, baik dengan *PSTN* maupun dengan *MTSO* tergantung kebijaksanaan pelaksana.

Kualitas sinyal *Carrier to Interference* sama dengan telepon tetap sebesar 10 dB, sedangkan *GOS* atau derajat pelayanan dapat diperkecil sampai 1%, daerah cakupan dapat diperluas dengan biaya instalasi dan pulsanya sama dengan telepon biasa sehingga diharapkan dapat dijangkau oleh masyarakat luas yang memerlukan jasa telepon dengan kualitas yang lebih baik.

Dari pembahasan aspek teknis dan ekonomis menggunakan analisa perbandingan *FIRR* dan *EIRR* diperoleh harga lebih besar dari bunga pinjaman ( $\geq 20\%$ ) sehingga dapat dikatakan bahwa sistem ini layak untuk diterapkan dengan memanfaatkan perangkat infrastruktur *STB Seluler* yang sudah ada.

*Fixed Cellular* lebih ekonomis untuk jumlah pelanggan besar ( $\geq 1000$  pelanggan) dan daerah cakupan luas ( $\geq 400 \text{ km}^2$ ) dibandingkan dengan telepon kabel dan *STB Seluler*. Sedangkan untuk jumlah pelanggan dan daerah cakupan kecil, lebih ekonomis menggunakan sistem telepon kabel biasa.

## I.1 LATAR BELAKANG

Sejalan dengan perkembangan dan kemajuan teknologi telekomunikasi, penggunaan Sistem Telepon Bergerak Seluler (STB-C) juga semakin berkembang pesat. STB Seluler telah memberikan sumbangan yang sangat berarti bagi tersedianya jasa pelayanan telekomunikasi yang handal, khususnya bagi pemakai yang membutuhkan hubungan telepon setiap saat dan dimanapun berada.

Prospek yang cerah dari perkembangan STB Seluler ini mendorong adanya upaya peningkatan kualitas dari jasa pelayanan untuk menunjang pengembangan jaringan telepon publik (PSTN) yang telah ada. Dari pemikiran ini lahirlah konsep STB Seluler yang diterapkan sebagai telepon seluler tetap (*fixed cellular*) yang diwujudkan dengan pemasangan terminal-terminal sistem mobile ke dalam instalasi permanen.

Sistem Telepon Seluler Tetap (Fixed Cellular) merupakan salah satu alternatif dalam pemecahan persoalan pengembangan jaringan pada daerah bisnis yang sangat padat bangunan dan jalan-jalan permanen, dimana pengembangan jaringan tidak mudah untuk dilakukan karena tidak praktis dan tidak ekonomis.

## I. 2 PERMASALAHAN

Untuk menerapkan STB Seluler sebagai Fixed Cellular sebagai alternatif pemecahan masalah pengembangan jaringan di daerah dengan kepadatan tinggi, diperlukan perbandingan baik secara teknis maupun ekonomis apakah sistem telepon Fixed Cellular tersebut akan memberikan keunggulan tertentu yang dapat digunakan sebagai perbaikan kualitas layanan telepon yang sudah ada atautkah sebaliknya.

Di samping itu bagaimana implementasi sistem tersebut, apakah sebagai sistem yang terpisah atautkah terintegrasi dengan jaringan telepon yang sudah ada.

## I. 3 PEMBATASAN MASALAH

Pembahasan terhadap masalah-masalah yang ada akan ditekankan terutama pada karakteristik sistem sebagai gambaran terhadap sistem yang masih baru tersebut, dan aspek teknis dari fixed cellular untuk menunjang pengembangan jaringan telepon yang efektif dan efisien. Tinjauan aspek ekonomis akan dikemukakan secara global untuk mendukung ilustrasi kelayakan penerapan fixed cellular pada jaringan telepon.

Sistem telepon yang digunakan sebagai pembanding dalam hal ini adalah sistem telepon kabel dan STB Seluler itu sendiri, sebagai sistem yang akan terlibat dalam penerapannya nanti.

#### I.4 METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahap, sebagai berikut :

- Kajian teoritis mengenai karakteristik sistem dan aspek teknis sistem telepon fixed cellular melalui studi literatur.
- Analisis terhadap permasalahan yang ada dengan membandingkan sistem telepon lain, yang diperoleh dari berbagai sumber.
- Sintesis dari kajian yang dituangkan dalam bentuk laporan konsep implementasi fixed cellular.

#### I.5 SISTEMATIKA PEMBAHASAN

Sistematika pembahasan disusun untuk memudahkan pembahasan agar terarah dan terstruktur, sebagai berikut :

- Bab I : berupa Pendahuluan yang berisi latar belakang, permasalahan, pembatasan masalah, metodologi, sistematika pembahasan, tujuan dan relevansi.
- Bab II : membahas Teori Penunjang tentang STB Seluler.
- Bab III : membahas konsep Penerapan STB Seluler sebagai Fixed Cellular, meliputi perencanaan jaringan, karakteristik sistem, aplikasi dan perkembangan penerapannya saat ini.
- Bab IV : berisi Tinjauan Aspek Teknis dan Ekonomis dari sistem Fixed Cellular.
- Bab V : berisi Kesimpulan dan Saran.

## I.6 TUJUAN

Mendapatkan gambaran aspek-aspek teknis dan ekonomis dari penerapan STB Seluler dalam bentuk Fixed Cellular untuk menunjang pengembangan jaringan telekomunikasi publik (PSTN) dan perbandingannya dengan sistem telepon lainnya.

## I.7 RELEVANSI

Studi penerapan STB Seluler sebagai Fixed Cellular ini diharapkan sebagai langkah awal untuk menunjang perbaikan kualitas sistem dan pelayanan jaringan STB Seluler khususnya dan kualitas pelayanan telepon pada umumnya, di masa yang akan datang.

## II.1 SISTEM KOMUNIKASI RADIO BERGERAK

Sistem komunikasi radio bergerak didefinisikan sebagai suatu hubungan antara dua pelanggan dimana salah satu atau keduanya bergerak atau diam pada suatu lokasi tertentu, dan dihubungkan oleh sebuah terminal tetap yang disebut *base station (stasiun dasar)*.<sup>1)</sup>

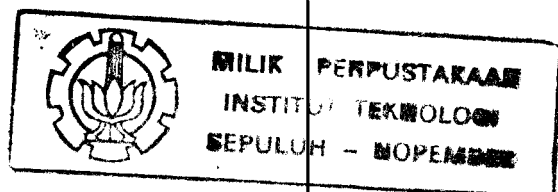
Pelanggan bergerak dapat berupa kendaraan darat, kapal laut, pesawat udara atau hubungan satelit. Sistem Komunikasi Radio Bergerak dapat berupa sistem *radiophone*, sistem *dispatching*, sistem *radio paging*, sistem *radio paket* dan *sistem telepon bergerak seluler*.

Sistem Telepon Bergerak Seluler merupakan sistem telepon yang saat ini banyak diminati pelanggan telepon di dunia, antara lain karena pemakaian sistem *wireless*.

## II.2 KONSEP SISTEM TELEPON BERGERAK CELLULAR (STB-C)

Istilah *seluler* pada STB seluler mengandung pengertian adanya sel-sel dengan radius tertentu yang mencakup suatu area dengan ketentuan operasi yang khusus.

<sup>1)</sup> William C.Y.Lee, "Mobile Communication Engineering", McGraw-Hill Book Co. USA, 1982, hal.1.



Konsep sistem telepon seluler pada dasarnya terdiri dari dua teknik pokok, yaitu teknik pengulangan frekuensi dan teknik pembelahan sel. Dengan dua teknik ini sistem seluler dapat melayani banyak pelanggan dalam sebuah sel tunggal dengan memakai alokasi spektrum sekecil mungkin.

Dengan teknik pembelahan sel kepadatan jumlah pelanggan dapat dilayani secara fleksibel, dimana jumlah pelanggan yang sedikit dapat dilayani dengan sel yang besar sedangkan jumlah pelanggan yang besar dapat dilayani dengan sel yang kecil.

### II.2.1 BENTUK SEL

Sistem seluler didasarkan pada pembagian daerah layanan menjadi sel-sel. Untuk itu bentuk sel sangat mempengaruhi perencanaan daerah liputan suatu sistem seluler. Asumsi bentuk sel yang tepat dapat memudahkan perancangan pola frekuensi yang tepat sehingga akan didapatkan sistem seluler yang ekonomis dan pelayanan yang maksimal.

#### II.2.1.1 Bentuk Sel Ideal

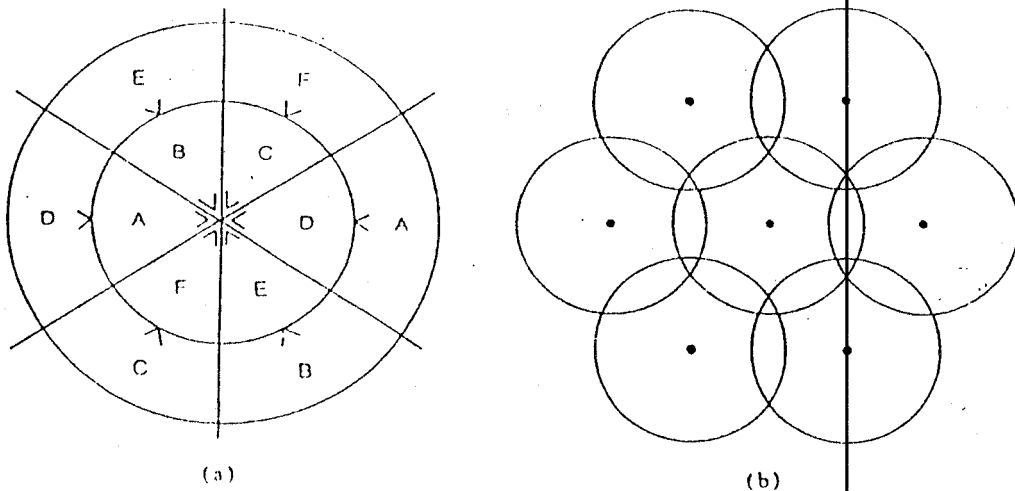
Secara ideal diharapkan adanya pola radiasi antena pada Radio Base Station (RBS) berbentuk lingkaran yang utuh dengan jari-jari  $R$  dimana RBS terletak di tengahnya.

Jenis antena yang dipakai dapat berupa antena *omni*

*directional* (pola radiasinya tersebar ke sekeliling RBS) atau *directional* (pola radiasinya ke suatu arah membentuk sudut tertentu).

Untuk antena *directional* wilayah kerja setiap sel dibagi menjadi beberapa sektor. Umumnya antena ini dipakai untuk daerah-daerah dengan kepadatan trafik yang cukup tinggi.

Gambar 2.1 menunjukkan bentuk sel secara ideal menggunakan antena *directional* dan *omni directional*



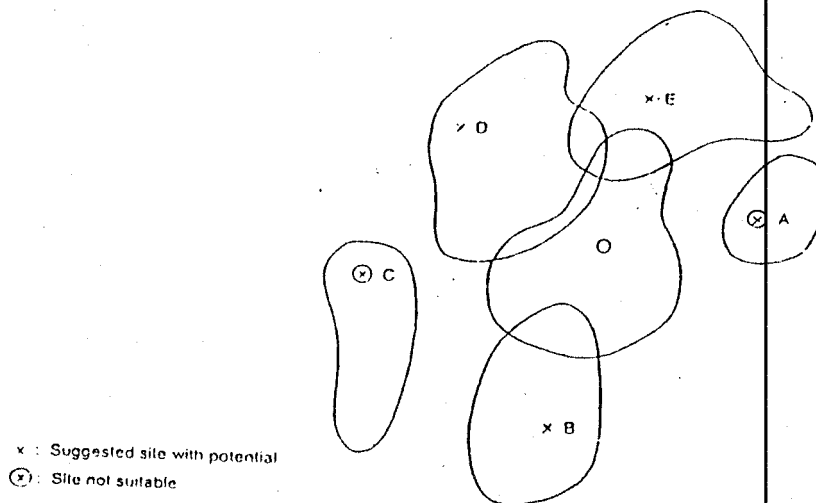
GAMBAR 2.1<sup>2)</sup>  
 BENTUK SEL SECARA IDEAL  
 2.1.A DENGAN ANTENA DIRECTIONAL  
 2.1.B DENGAN ANTENA OMNI DIRECTIONAL

<sup>2)</sup> Neil J. Boucher, "The Cellular Radio Handbook", Quantum Publishing Inc., USA  
 1990, hal. 7-8.



### II.2.1.2 Bentuk Sel Real

Karena bentuk sel ideal pada kenyataannya tidak ada, akibat adanya pengaruh propagasi, redaman lintasan jamak, halangan-halangan yang berupa gedung bertingkat, gunung dan pepohonan, maka perlu dibuat bentuk sel secara real. Hal ini dapat diperoleh dengan survey untuk mengetahui pola radiasi sebenarnya dari pemancaran antena RBS. Dari hasil survey ini diperoleh pola radiasi sesungguhnya untuk menggambarkan bentuk sel yang real. Gambar 2.2 menunjukkan bentuk sel real.

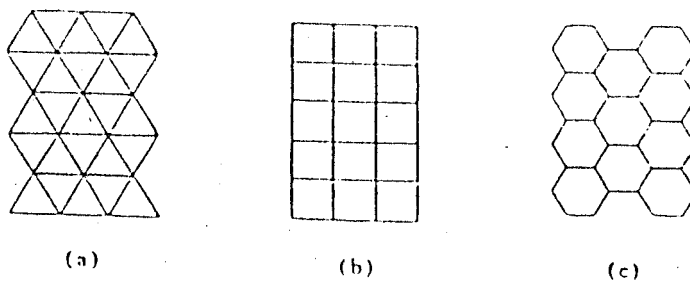


GAMBAR 2.2<sup>3)</sup>  
 BENTUK SEL SECARA REAL

<sup>3</sup> Ibid, hal. 45.

### II.2.1.3 Bentuk Sel Fiksi

Dalam perancangan sel diharapkan diperoleh daerah pelayanan maksimal dengan jumlah sel yang relatif sedikit. Untuk itu dibuat bentuk sel fiktif yang berupa bentuk segitiga samasisi, kubus atau segienam (heksagonal). Dalam hal ini dipilih bentuk segienam, karena mempunyai luas daerah yang mendekati sesungguhnya dengan jumlah sel yang lebih sedikit. Gambar 2.3 menjelaskan hal di atas.



GAMBAR 2.3<sup>4)</sup>  
 BENTUK SEL SECARA FIKSI  
 2.3.A BENTUK SEGITIGA SAMA SISI  
 2.3.B BENTUK KUBUS  
 2.3.C BENTUK SEGIENAM (HEKSAGONAL)

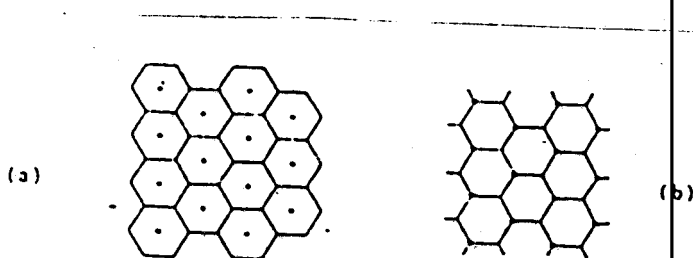
<sup>4)</sup> V.H. Mac Donald, "The Cellular Concept", The Bell Systems Technical Journal  
 Vol. 58 No 1., USA, January 1979, hal. 20.

### II.2.1.3.1 Sel Tereksitasi dari Tengah

Sel tereksitasi dari tengah adalah pemancaran sinyal dari RBS yang dilakukan dari tengah sel. Hal ini dapat dilakukan dengan antena yang mempunyai pola radiasi omnidirectional, yang umumnya dipakai pada waktu pembentukan sel pertama kali.

### II.2.1.3.2 Sel Tereksitasi dari Tepi

Bila kapasitas jumlah pelanggan meningkat sehingga pemakaian sel tereksitasi dari tengah tidak memadai lagi maka digunakan sel tereksitasi dari tepi. Dalam hal ini digunakan antena directional  $120^{\circ}$  atau  $60^{\circ}$ , sehingga dalam satu sel terdapat 3 atau 6 sektor antena. Gambar 2.4 menunjukkan pola eksitasi sel.



GAMBAR 2.4<sup>5)</sup>  
 POLA EKSITASI SEL  
 2.4.A SEL TEREKSITASI DARI TENGAH  
 2.4.B SEL TEREKSITASI DARI TEPI

<sup>5)</sup> Ibid, hal.23.

### 11.2.2 PENGULANGAN FREKUENSI (FREQUENCY REUSE)

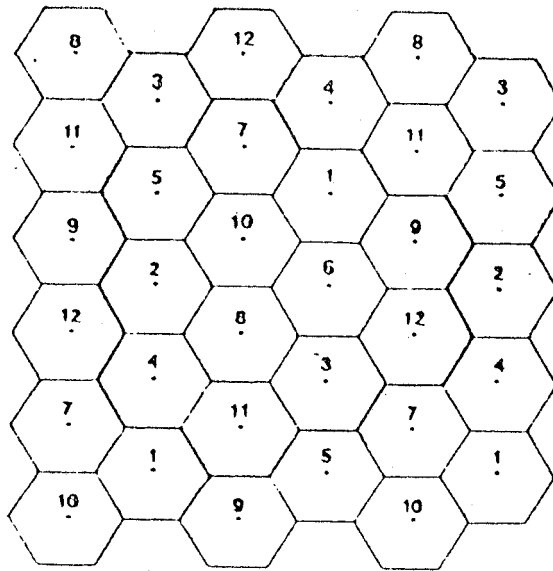
Pengulangan frekuensi didasarkan pada penggunaan kanal radio yang mempunyai frekuensi pembawa yang sama untuk melayani daerah yang berbeda yang terpisah satu sama lain oleh suatu jarak tertentu yang dapat menghilangkan interferensi karena penggunaan kanal bersama.

Permasalahan yang dihadapi dalam penggunaan pengulangan frekuensi adalah besarnya daya yang memadai yang harus dipakai untuk melayani daerah pelayanannya, agar setiap bagian sel dapat terlayani dengan baik. Gambar 2.5 menjelaskan hal tersebut.

Sel yang memakai frekuensi yang sama mempunyai kode huruf depan yang sama pula. Misalnya A1 dan A2.

Setiap frekuensi mewakili satu kanal, sehingga dalam pemilihan jarak dua buah sel yang memakai frekuensi sama harus memperhatikan interferensi akibat adanya pemakaian frekuensi bersama.

Dengan pengulangan frekuensi maka banyaknya pelanggan yang dapat dilayani secara bersama-sama dalam sebuah STB dapat melebihi jumlah frekuensi yang dipakai. Besarnya kelipatan jumlah pelanggan yang dapat terlayani dibandingkan dengan jumlah frekuensi yang dipakai sangat bergantung pada banyaknya sel dalam sebuah STB.

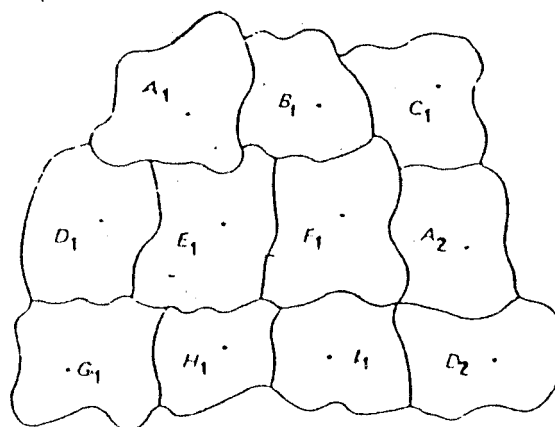


GAMBAR 2.5<sup>a)</sup>  
PENERAPAN PENGULANGAN FREKUENSI PADA SISTEM SELULER

#### II.2.2.1 Pengaturan Kanal Berdekatan

Interferensi antar kanal yang berdekatan harus diperhatikan, meskipun RBS dan penerima unit mobile sudah dilengkapi dengan filter IF untuk meredam adanya sinyal dari kanal berdekatan. Hal ini untuk menghindari keadaan dimana level sinyal penerima dari kanal berdekatan lebih besar daripada kanal yang dituju, akibat unit mobile yang bergerak menjauhi RBS sehingga jarak antara unit mobile dengan RBS yang melayaninya lebih jauh daripada jarak antara unit mobile dengan RBS sel sebelahnya. Untuk itu pengaturan sel dilakukan sedemikian rupa sehingga kanal-kanal yang berdekatan mempunyai letak yang berjauhan dalam sebuah cluster.

<sup>a)</sup> Ibid, hal.17.



GAMBAR 2.6<sup>7)</sup>  
 PENGATURAN KANAL BERDEKATAN DALAM SEBUAH CLUSTER

#### II.2.2.2 Pemakaian Parameter Pergeseran

Dalam pengaturan sel-sel yang mempunyai frekuensi sama agar tidak berdekatan, digunakan parameter pergeseran yaitu  $i$  dan  $j$ , dimana  $i$  dan  $j$  adalah bilangan bulat.

Proses pengaturannya sebagai berikut:

1. Pindahkan sel sepanjang  $i$  ke arah rantai hexagon. Kemudian digeser  $60^\circ$  berlawanan arah jarum jam.
2. Pindahkan sel sepanjang  $j$  ke arah rantai hexagon dengan arah yang baru.

<sup>7)</sup> Ibid, hal. 33.

3. Akhirnya akan terbentuk kelompok baru dengan sel referensi berada di tengah-tengahnya.

Parameter  $i$  dan  $j$  ditentukan oleh faktor interferensi antar kanal bersama, dimana  $i$  dan  $j$  dicari dengan persamaan:

$$N = i^2 + j^2 + ij \quad (2.1)$$

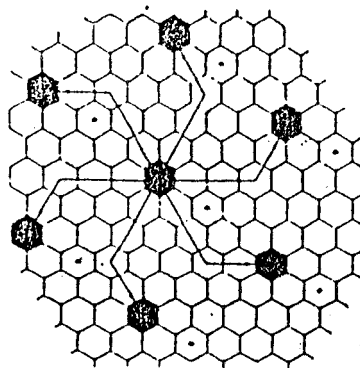
Dimana :  $i$  dan  $j$  adalah parameter pergeseran

$N$  adalah banyaknya kelompok sel

Sedangkan perbandingan antara jarak antar pusat-pusat sel kanal bersama yang saling berdekatan ( $D$ ) dengan jari-jari sel ( $R$ ) adalah:

$$D/R = \sqrt{3N} \quad (2.2)$$

Gambar 2.7 menunjukkan penggunaan parameter pergeseran dengan  $i = 3$  dan  $j = 2$ .



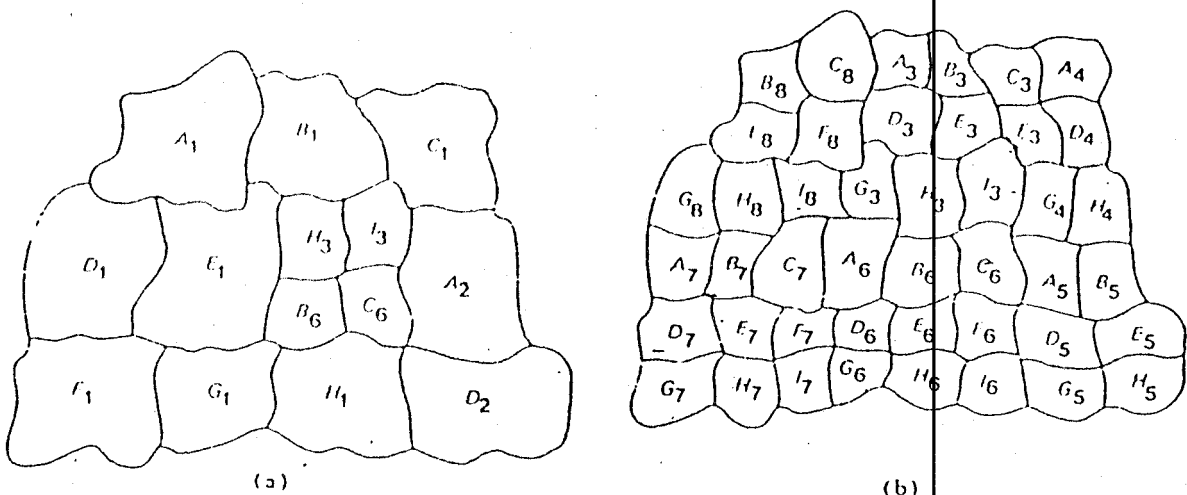
GAMBAR 2.7<sup>a)</sup>  
PENGUNAAN PARAMETER PERGESERAN DENGAN  $i=3$  DAN  $J=2$

a) Ibid, hal. 21.

### II.2.3 PEMBELAHAN SEL

Apabila jumlah pelanggan dalam sebuah sel meningkat dengan pesat sementara kapasitas kanal terbatas, maka dapat digunakan teknik pembelahan sel. Setiap sel dapat dipecah lagi menjadi sel-sel yang lebih kecil sesuai dengan kebutuhan jumlah pelanggan. Gambar 2.8.a dan b menunjukkan bahwa sel A1 terbelah menjadi B8, C8, F8 dan E8.

Juga tampak bahwa masing-masing sel berubah secara mendadak menjadi sel-sel yang lebih kecil. Dalam kenyataan pembelahan sel yang terjadi tergantung pada peningkatan jumlah pelanggan dari masing-masing sel.



GAMBAR 2.8<sup>o)</sup>  
PROSES PEMBELAHAN SEL

<sup>o)</sup> Ibid, hal.18.



Pemakaian frekuensi untuk sel yang besar dapat diberikan pada sel yang kecil sehingga kapasitas sel besar berkurang. demikian seterusnya sampai tugas sel besar dapat digantikan oleh sel kecil.

## II.2.4 INTERFERENSI RADIO PADA SISTEM CELLULAR

### II.2.4.1 Interferensi pengulangan Frekuensi

Pada teknik pengulangan frekuensi terjadi interferensi karena adanya pemakaian frekuensi yang sama pada sel yang berdekatan.

Pada kebanyakan sistem seluler pemakaian pola tujuh sel tidak cukup untuk menghilangkan interferensi akibat pengulangan frekuensi, sedangkan pemakaian pola di atas tujuh sel dapat mengurangi jumlah kanal per sel dan mengurangi efisiensi spektrum frekuensi. Sehingga dianjurkan untuk tetap memakai pola tujuh sel tetapi dengan membagi masing-masing sel menjadi beberapa sektor dengan memakai beberapa antena pengarah.

### II.2.4.2 Interferensi Kanal Berdekatan

Interferensi kanal berdekatan dapat dikurangi dengan penataan kanal yang baik, karakteristik filter yang sesuai, dan penghilangan near-end far-end.

#### II.2.4.2.1 Interferensi Kanal Bersebelahan

Interferensi ini terjadi akibat adanya pelanggan

bergerak yang sedang beroperasi pada sel tetangga yang menyebabkan adanya penggabungan kanal terseleksi pada kanal kombiner. Jarak antara pelanggan tersebut sejauh 21 kanal (630 KHz).

Untuk menghilangkannya dapat dipakai sebuah penerima dengan karakteristik kanal filter berkemiringan 6 dB/oktaf pada band suara dan kemiringan 24 dB/oktaf di luar band suara. Sehingga jika sinyal kanal berikutnya mempunyai besar di atas 24 dB maka interferensi antara sinyal kanal yang sedang beroperasi dengan sinyal kanal yang bersebelahan pada sel tetangga dapat dihilangkan dengan adanya kemiringan yang terjal tersebut.

#### II.2.4.2.2 Interferensi Kanal Tetangga

Interferensi kanal tetangga disebabkan adanya pemancaran secara serentak oleh kanal-kanal pada sebuah sel antena. Untuk menghilangkan intermodulasi antar kanal-kanal tersebut maka diperlukan band isolasi antar kanal tersebut. Besarnya band isolasi sesuai dengan sistem radio non mobile yang lainnya.

#### II.2.4.3 Interferensi Antar Sistem

##### II.2.4.3.1 Dalam Satu Kota

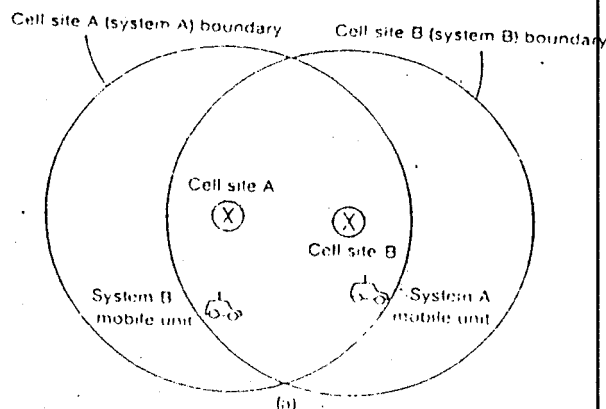
Inteferensi ini terjadi bila dalam satu kota atau suatu MSA (Metropolitan Statistical Area) terdapat dua

buah sistem yang beroperasi bersama-sama. Sehingga jika sistem A berhubungan dengan bergerak mendekati sistem B akan terjadi interferensi kanal berdekatan atau intermodulasi. Akibatnya frekuensi pancar dari pelanggan bergerak A akan menutupi covered band dari penerima B, sehingga mengakibatkan crosstalk pada kedua sistem.

Untuk mengatasinya digunakan cara sebagai berikut :

1. Masing-masing base station dari sistem yang sama diletakkan dalam satu lokasi (co located).

2. Kanal berdekatan ( 5 atau 6 kanal ) yang menyebabkan interferensi antara dua sistem tersebut tidak dipergunakan.



GAMBAR 2.9<sup>10)</sup>  
INTERFERENSI ANTAR SISTEM DALAM SATU KOTA

<sup>10)</sup> William C. Y. Lee, "Mobile Cellular Telecommunication System", McGraw-Hill Book, Singapore, hal. 237.

3. Untuk menjaga agar sinyal dari pelanggan bergerak tidak terlalu kuat terhadap base station sistem lain maka kuat sinyal pelanggan bergerak haruslah  $-55$  dBm di bawah kuat sinyal base station sistem lainnya.

#### II.2.4.3.2 Dalam Kota yang Berdekatan

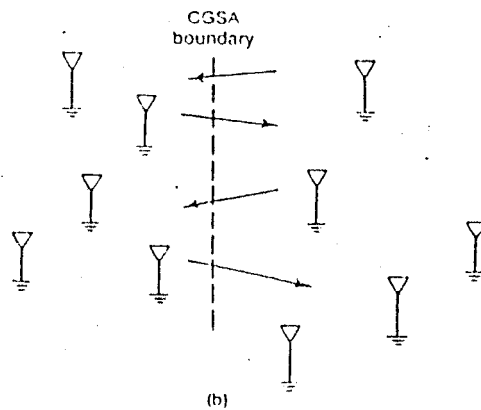
Untuk dua buah sistem dengan frekuensi band yang sama dalam kota yang berdekatan maka diperlukan perencanaan yang matang dalam penentuan ketinggian base station, agar daerah yang dilayani base station tersebut tidak terlalu luas.

Untuk itu dapat dilakukan hal sebagai berikut :

1. Bila kedua sistem tersebut berkapasitas rendah, maka tidak boleh ada kanal frekuensi yang sama yang dipakai kedua sistem tersebut.

2. Bila kedua sistem berkapasitas tinggi maka ketinggian antena base station dikurangi, agar dapat mengurangi interferensi antara dua sistem tersebut.

3. Jika salah satu sistem berkapasitas rendah dan lainnya berkapasitas tinggi maka untuk yang berkapasitas rendah digunakan antena pengarah, sedangkan untuk yang berkapasitas tinggi digunakan antena base station yang lebih tinggi.



GAMBAR 2.10<sup>11)</sup>  
INTERFERENSI ANTAR SISTEM DALAM KOTA YANG BERDEKATAN

#### II.2.4.4 Interferensi Sisi Jauh - Sisi Dekat

##### II.2.4.4.1 Dalam Satu Sistem Sel

Interferensi ini disebabkan oleh adanya perpindahan pelanggan bergerak dalam sebuah sel, sehingga sinyal yang dikirimkan oleh pelanggan bergerak ke base station atau sebaliknya dapat menjadi lebih kuat bila mendekati base station atau dapat menjadi lebih kecil bila menjauhi base station. Untuk mengatasinya dapat digunakan jarak pemisah 5 kanal antara kanal-kanal frekuensi yang digunakan.

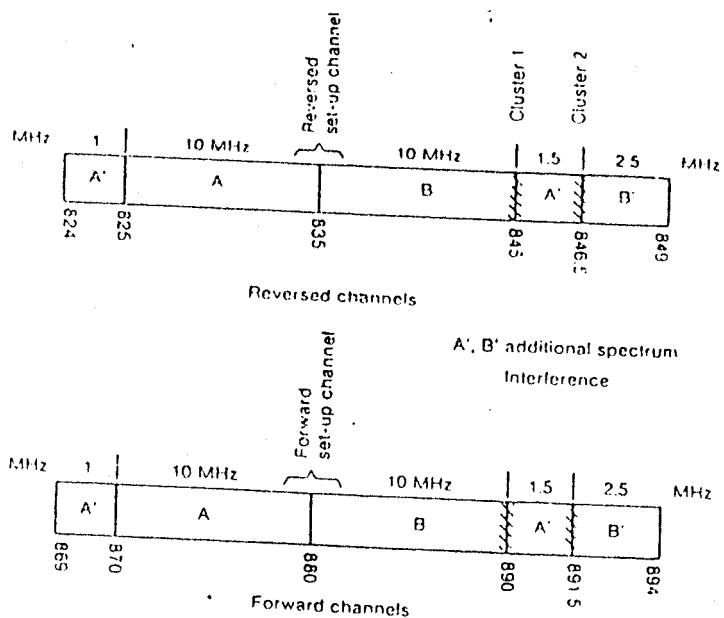
##### II.2.4.4.2 Dalam Dua Sistem Sel

Interferensi ini disebabkan oleh satu pelanggan

<sup>11)</sup> William C.Y.Lee, Loc.cit, hal.237.

bergerak (A) yang jaraknya lebih dekat ke base station lain (base station B, bukan base station induk) dari pada ke base station A sendiri (base station induk), atau sebaliknya.

Untuk mengatasinya maka penataan kanal frekuensi harus dilakukan bersama agar tidak terjadi pemakaian kanal yang saling tumpang tindih antara kedua sel (gambar 2.11).



GAMBAR 2.11<sup>12)</sup>  
 PENATAAN KANAL FREKUENSI SECARA BERSAMA

<sup>12)</sup> Ibid, hal.218.

## II.2.4.5 Interferensi TV UHF

### II.2.4.5.1 Interferensi ke Penerima TV UHF dari Pemancar Pelanggan Bergerak

Interferensi antara penerima TV UHF dan Pemancar Pelanggan Bergerak kemungkinan sangat kecil, karena alokasi frekuensi telepon seluler (800/900 MHz) berbeda dengan TV UHF (600/700 MHz) dan juga level dayanya. Interferensi yang terjadi dimungkinkan bila penataan kanal frekuensi antara keduanya saling tumpang tindih atau bila frekuensi transmisi radio base station berbeda 90 MHz dengan penerima TV, sehingga terjadi daerah interferensi bayangan antara keduanya. Gambar 2.12 menunjukkan daerah interferensi bayangan antara sistem telepon seluler dengan media broadcast.

Terjadinya daerah interferensi bayangan disebabkan oleh dua kasus, yaitu :

#### - Kasus 1

$$\text{Bila } 2f_{tm} - f_{r.tv} = f_{rm}$$

$$\text{dengan } f_{tm} = f_{rm} - 45$$

$$\text{sehingga } f_{tm} = f_{r.tv} + 45 \quad (2.3)$$

dengan :

$$f_{tm} = \text{frekuensi pemancar pelanggan bergerak}$$

$$= f_{rc}$$

$$= \text{frekuensi penerima radio base station}$$

$$= f_{rc} - 45 \text{ MHz}$$

$f_{rm}$  = frekuensi penerima pelanggan bergerak  
 =  $f_{rc}$   
 = frekuensi pemancar radio base station  
 =  $f_{rm} + 45 \text{ MHz}$

$f_{r.tv}$  = frekuensi pemancar TV

$f_{p.tv}$  = frekuensi penerima TV

Kasus 1 terjadi jika  $f_{rm} = 825 - 845 \text{ MHz}$  dan  $f_{r.tv} = 780 - 800 \text{ MHz}$ . Sehingga apabila pemancar pelanggan bergerak mendekati penerima TV maka jarak minimum agar tidak terjadi interferensi adalah menurut rumus :

$$Pr = Pt - 156 - 40 \log r_1 + 20 \log h_1 + 10 \log h_2 + Gt + Gm \quad (2.4)$$

dimana :

$Pr$  = daya yang diterima penerima TV

$Pt$  = daya yang dipancarkan oleh pemancar pelanggan bergerak

$r_1$  = jarak minimum agar tidak terjadi interferensi

$h_1$  = tinggi antenna pemancar pelanggan bergerak

$h_2$  = tinggi antenna penerima TV

$Gt$  = gain antenna penerima TV

$Gm$  = loss yang terjadi

Sehingga bila  $Pr = -63 \text{ dBm}$ ,  $Pt = 37 \text{ dBm}$ ,  $h_1 = 2 \text{ m}$ ,  $h_2 = 10 \text{ m}$ ,  $Gt = 6 \text{ dBm}$  dan  $Gm = 90 \text{ dBm}$  didapat  $r_1 = 4,67 \text{ m}$ . Jadi interferensi akan terjadi bila jarak antara pemancar pelanggan bergerak dan penerima TV adalah lebih kecil atau



sama dengan 4,67 m.

-Kasus 2

Bila  $2f_{rc} - f_{r.TV} = f_{rc}$

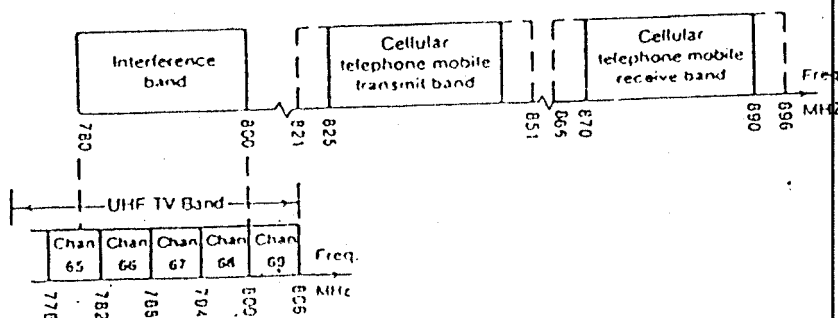
dengan  $f_{rc} = f_{rc} - 45$

sehingga  $f_{rc} = f_{r.TV} + 90$

(2.5)

Kasus 2 terjadi bila  $f_{rc} = 870 - 890$  MHz dan  $f_{r.TV} = 780 - 800$  MHz. Bila lokasi pemancar radio base station berada di dekat lokasi penerima TV, maka jarak minimum agar tidak terjadi interferensi antara keduanya lebih besar atau sama dengan 200 meter.

Interferensi yang terjadi tidak besar, karena pola radiasi antena dan polarisasi gelombang antara pemancar radio base station dan penerima TV berbeda.



GAMBAR 2.12<sup>19)</sup>  
DAERAH INTERFERENSI BAYANGAN

<sup>19)</sup> Ibid, hal.239.

#### II.2.4.5.2 Interferensi ke Penerima Pelanggan Bergerak dari Pemancar TV UHF

Interferensi bayangan yang terjadi antara penerima pelanggan bergerak dengan pemancar TV UHF adalah saling berlawanan dengan interferensi yang terjadi antara pemancar pelanggan bergerak dengan penerima TV UHF.

-Kasus 1

$$\begin{aligned} \text{Bila } 2f_{Tm} - f_{T.V} &= f_{Rm} \\ \text{dengan } 2f_{Tm} &= 2(f_{Rm} - 45) \\ \text{sehingga } f_{T.V} &= 2f_{Tm} - f_{Rm} \\ &= f_{Rm} - 90 \text{ MHz} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Kasus 1 terjadi bila  $f_{Rm} = 870 - 890$  MHz dan  $f_{T.V} = 780 - 800$  MHz. Bila penerima pelanggan bergerak mendekati pemancar TV, maka antara keduanya tidak terjadi daerah interferensi bayangan. Karena pola radiasi antena dan polarisasi gelombang antara keduanya berbeda, maka interferensi yang terjadi tidak besar.

-Kasus 2

$$\begin{aligned} \text{Bila } 2f_{Rc} - f_{T.V} &= f_{Tc} \\ \text{dengan } f_{Rc} &= f_{Tc} - 45 \\ \text{sehingga } f_{Rc} &= 2f_{Rc} - f_{T.V} - 45 \\ &= f_{T.V} + 45 \end{aligned} \quad (2.7)$$

Kasus 2 terjadi bila  $f_{Rc} = 825 - 845$  MHz dan  $f_{T.V} = 780 - 800$  MHz. Bila penerima radio base station berada pada jarak kurang dari 2 km maka akan terjadi

interferensi, tetapi interferensi ini akan semakin berkurang dengan semakin kecilnya jarak antara keduanya. Sehingga disarankan untuk membangun radio base station dekat dengan pemancar TV.

#### II.2.4.6 Interferensi Akibat Jarak

##### II.2.4.6.1 Lintasan Air

Menurut pengamatan para insinyur dari Federal Express yang menerapkan sistem telepon seluler antara Charleston, Carolina Selatan dengan Pantai Daytona, Florida didapat bahwa hubungan komunikasi antara kedua tempat tersebut dapat berlangsung baik sampai jarak 4 km dari garis pantai. Juga didapati bahwa hubungan komunikasi dalam sistem seluler dipengaruhi oleh propagasi troposfir. Untuk mengurangi efek tersebut diterapkan pola antena berbentuk payung.

##### II.2.4.6.2 Lintasan Darat

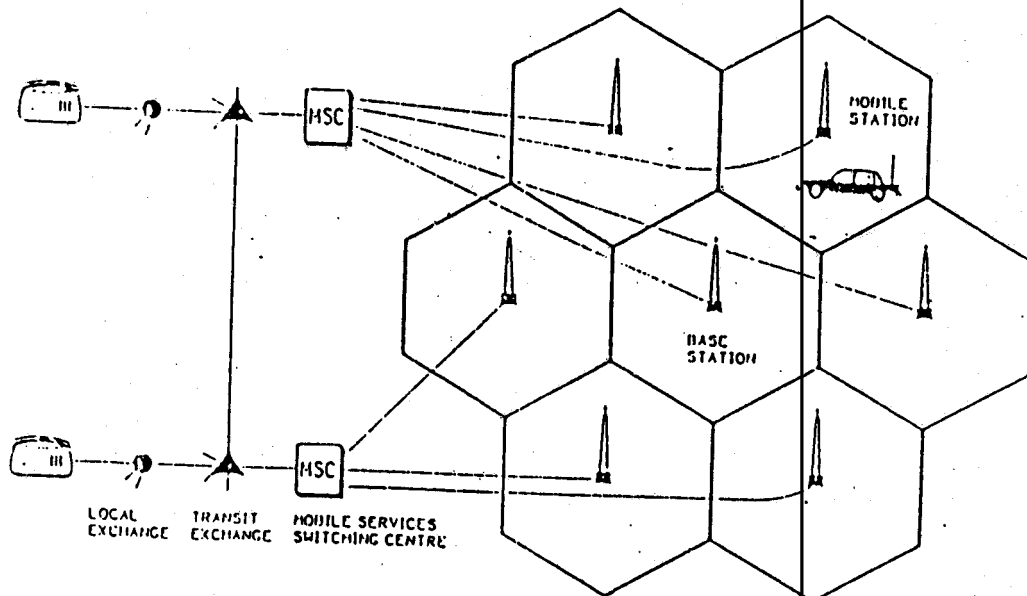
Propagasi troposfir di lintasan darat tidak sama dengan propagasi troposfir lintasan air yang lebih bervariasi dari waktu ke waktu dan berpengaruh sampai jarak 400 km. Para insinyur dari Federal Express sedang berusaha untuk mengatasi masalah tersebut, agar dapat menjangkau daerah yang lebih luas lagi.

### 11.2.5 ELEMEN-ELEMEN PENGENDALI STB

Sistem telepon radio seluler mempunyai komponen utama :

- Public Switched Telephone Office (PSTN)
- Mobile Telephone Switching Office (MTSO/MSC)
- Radio Base Station (RBS)
- Mobile Subscriber Unit (MS)

Secara hirarki, sentral telepon mobil (MTSO) mempunyai kedudukan di atas local exchange (sentral lokal), dengan kata lain sejajar dengan sentral primer, seperti terlihat pada gambar 2.13.



GAMBAR 2.13<sup>14)</sup>  
JARINGAN STB

<sup>14)</sup> Library Survey and System Description, "Ericson Radio System - Module A", Mei 1986, hal.31.

#### 11.2.5.1 Mobile Telephone Switching Office (MTSO)

MTSO mempunyai fungsi utama sebagai pengendali stasiun-stasiun dasar serta sebagai perantara jaringan telepon seluler dengan jaringan telepon kabel. Disamping itu MTSO juga berfungsi sebagai :

- pengatur alokasi frekuensi
- penjaga kesatuan stasiun-stasiun dasar sebagai satu kesatuan sistem yang utuh.

##### 11.2.5.1.1 Hubungan MTSO dengan PSTN

Public Switched Telephone Network (PSTN) disamping memberikan pelayanan pada fixed telephone juga melayani pelanggan mobile telephone. Artinya jika pelanggan telepon radio hendak berhubungan dengan pelanggan telepon radio lain dari sistem yang berbeda harus melalui PSTN. Ini disebabkan karena adanya perbedaan sistem pensinyalan dari dua jenis telepon radio yang berlainan.

Sistem pensinyalan antara MTSO jenis apapun dengan PSTN selalu mengikuti prosedur pensinyalan nasional di mana sistem tersebut berada.

##### 11.2.5.1.2 Hubungan MTSO dengan RBS

Hubungan antara MTSO dan RBS dilakukan dengan

menggunakan Pulse Code Modulation (PCM).

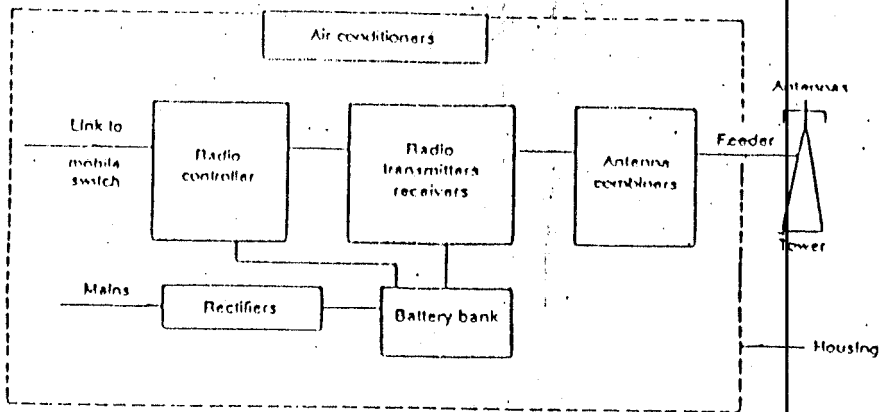
Pensinyalan antara MTSO dengan RBS adalah :

- Individual remote control, yaitu kontrol jarak jauh untuk menyalakan pemancar atau mematikan penerima pada stasiun radio dasar, termasuk mengawasi pensinyalan yang terjadi selama hubungan antara Radio Base Station (RBS) dan Mobile Subscriber (MS).
- Remote control untuk signal strength measurements dan kegiatan pemeliharaan dalam RBS.
- Menerima alarm-alarm dari RBS.

#### II.2.5.2 Radio Base Station (RBS)

Radio Base Station (RBS) yang dihubungkan ke MTSO pada sistem *point to point* menangani percakapan radio dengan Mobile Subscriber Unit (MS). Di samping itu RBS juga mengawasi kualitas hubungan radio dengan *supervisory tone*. Gambar 2.14 menunjukkan komponen-komponen dasar RBS.

Setiap hubungan yang terjadi antara RBS dan MS dikontrol oleh *supervisory signal* (sinyal  $\emptyset$ ) yang ditransmisikan dari RBS ke MS kemudian dikembalikan ke RBS (loop tertutup). Kemudian oleh RBS sinyal tersebut dievaluasi S/N nya, apabila S/N nya turun di bawah nilai yang sudah ditentukan atau hilang sama sekali, maka RBS akan menginformasikan pada MTSO mengenai kualitas hubungan dengan MS tersebut.



GAMBAR 2.14<sup>15)</sup>  
 DIAGRAM BLOK KOMPONEN DASAR RBS

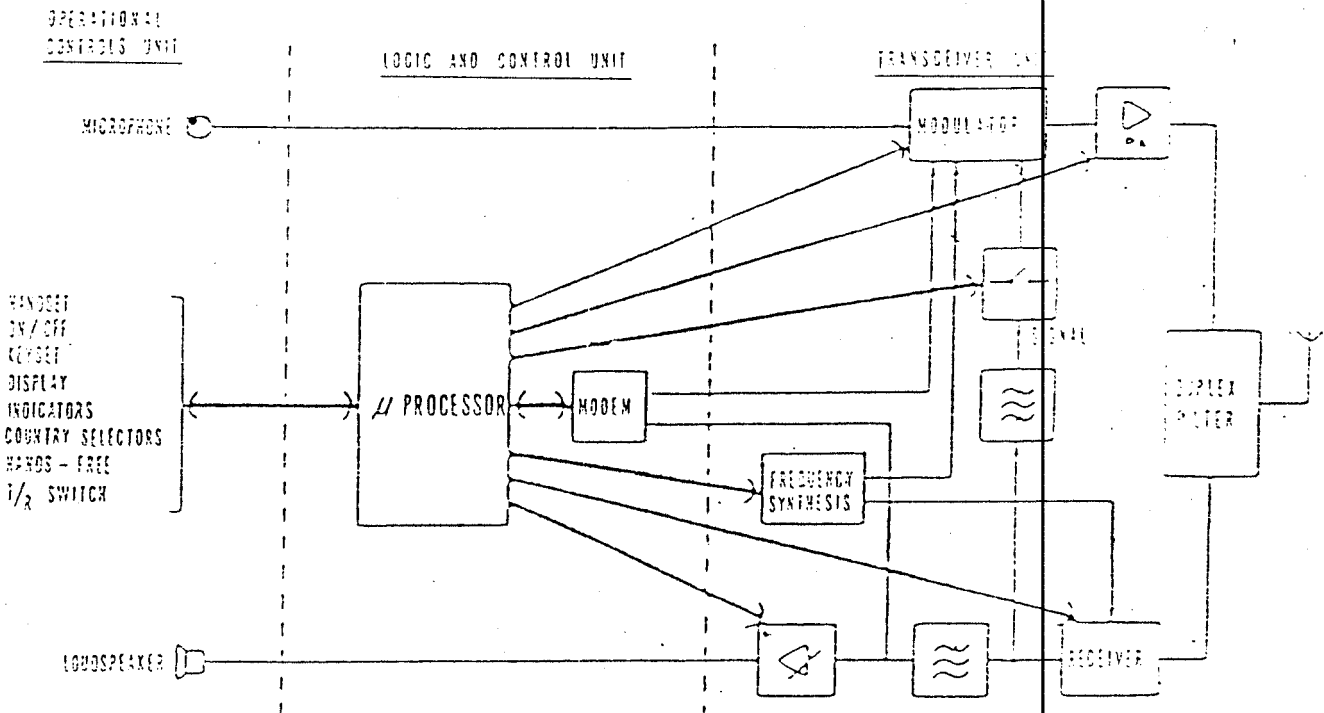
### II.2.5.3 MOBILE STATION (MS)

Pesawat bergerak (mobile) dapat melaksanakan fungsi-fungsi pengendalian dan pensinyalan, selain pengiriman informasi alamat dalam jaringan, dengan bantuan mikroprosesor.

Stasiun Bergerak (Mobile Station) terdiri dari 5 unit utama, seperti ditunjukkan dalam gambar 2.15 yaitu :

- transceiver unit
- logic and control unit
- operation control unit (control head)
- duplex filter
- antena

<sup>15)</sup> Boucher, Neil J., "The Cellular Radio Handbook", Quantum Publishing Inc., USA, 1990, hal.121.



GAMBAR 2.15<sup>16)</sup>  
 DIAGRAM BLOK KOMPONEN STASIUN MOBIL

<sup>16)</sup> Library System, Dp. Cit., hal. 3.5.



### II.3 PERKEMBANGAN STB CELLULAR

STB cellular tengah berkembang dengan pesat di beberapa negara di dunia. Perhitungan terakhir menunjukkan angka 32 negara, yang siap beroperasi. Para operator jaringan telah menemukan bukti pertumbuhan kebutuhan pelayanan telepon cellular saat ini. Dari data yang ada terhitung ada sekitar 2,25 juta pelanggan telepon bergerak cellular di dunia.

Hal ini disebabkan seorang pelanggan telepon berkeinginan untuk mendapatkan kemudahan dalam berkomunikasi saat diperlukan dan di manapun berada bahkan pada saat bergerak (berkendaraan). Kebanyakan pelanggan adalah businessman, dimana mereka sangat memperhitungkan waktu seefisien mungkin. Kebutuhan ini telah terjawab dengan lahirnya STB cellular yang saat ini diandalkan.

Sistem Telepon Bergerak Cellular (STB-C) pertama kali diperkenalkan di Jepang tahun 1976 oleh Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT) dengan menggunakan frekuensi 400 MHz, tetapi tidak untuk umum. Baru pada tahun 1979 NAMTS membuat telepon seluler untuk kepentingan umum dengan kapasitas 400 s.d. 800 pelanggan yang diterapkan pertama kali di kota Tokyo.

Pada tahun 1981 sistem NMT 450 dengan frekuensi 450 MHz berkapasitas 1000 s.d. 2000 pelanggan, diterapkan di Stockholm, Swedia yang dibuat oleh Nordic Mobile Telephone

(NMT). Kemudian menyusul sistem AMPS (Advanced Mobile Phone System) oleh Amerika Serikat (Chicago, 1983), TACS (Total Access Cellular System) oleh Inggris (1985), dan NMT900 (1987) menggunakan frekuensi 800 MHz.

Beberapa negara juga membuat sistem telepon seluler sendiri, misalnya C system oleh Jerman dan RMTS Italia. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.1.

TABEL 2.1<sup>17)</sup>  
PANGSA PASAR SISTEM SELULER ANALOG DI DUNIA

SYSTEM	NAME/COUNTRY	SHARE
AMPS	Advanced Mobile Phone System	57%
NMT450	Nordic Mobile Telephone (450 MHz)	14%
TACS	Total Access Cellular System	15%
NMT900	Nordic Mobile Telephone (900 MHz)	6%
NTT	Japanese NTT 800 MHz & 450 MHz systems	6%
C System	German digital system	2%
RMTS	Italian system	1%
ACS	Comvik system	<1%

<sup>17)</sup> Neil J Boucher, "The Cellular Radio Handbook", Quantum Publishing Inc., USA, 1990, hal.9.

Dari tabel di atas terlihat bahwa sistem AMPS, NMT450, NMT900 dan TACS paling banyak dipakai di dunia dibandingkan dengan sistem-sistem yang lain.

Keempat sistem telepon seluler di atas mempunyai perbedaan-perbedaan antara lain mengenai frekuensi yang dipakai, lebar kanal, kapasitas kanal, sistem cluster, kapasitas pelanggan dan kecepatan transmisinya.

Tabel 2.2 menunjukkan perbandingan antara keempat sistem tersebut secara teknis.

TABEL 2.2<sup>18)</sup>  
PERBANDINGAN SISTEM AMPS, TACS, NMT450 DAN NMT900

SPECIFICATION	AMPS	TACS/ETACS	NMT900	NMT450
TX Band	800 MHz	900 MHz	900 MHz	450-470MHz
Channel separation	30 KHz	25 KHz	25/12.5KHz	25/20 KHz
Duplex separation	45 MHz	45 MHz	45 MHz	10 MHz
Channels	832	920*	1000(1999)	180/225
Modulation type	FM	FM	FM	FM
Peak deviation	±12 KHz	±9.5KHz	±4.7KHz	±4.7KHz
Compander	2:1 Syllabic	2.1 Syllabic	2.1 Syllabic	No
Possible cell plans	4, 7, 12	4, 7, 12	7, 9, 12	7
Control channel modulation	FSK	FSK	FFSK	FFSK
Control channel deviation	±8 KHz	±6.4 KHz	±3.5 KHz	±3.5 KHz
Control channel code	Manchester	Manchester	NRZ	NRZ
Ctrl. chn. capacity (subs)	77,000	62,000	13,000	13,000
Transmission rate	10 Kbit/s	8 Kbit/s	1.2 Kbit/s	1.2 Kbit/s
Competitive operators allowed**	Yes	Yes	No	No
Interexchange handoff	Yes	Yes	Under development	
Diversity	Yes	Yes	Yes	No
Subscribers in service 1988	2.614 M	0.650 M	0.270 M	0.600 M
Voice privacy available	Yes	Yes	No	No
Roaming between different service area	Yes	Yes	Yes	Limited due to different channel spacing and frequencies of operation
* Excludes GSM reserve channels.				
** Due to control channels being exclusively available to each operator.				

18) Ibid, hal.11.

Pada akhir tahun 1984, sejumlah total 350.000 telepon seluler telah beroperasi, yang terdiri dari negara-negara Nordic sebanyak 140.000 dan United States 100.000. Pada akhir 1985 jumlahnya sudah menjadi dua kalinya. Tabel 2.3 menjelaskan hal ini.

TABEL 2.3<sup>19)</sup>  
STB CELLULAR TERPASANG DI DUNIA

Country	Switch	Format	Frequency (MHz)	Channel spacing (kHz)	Start-up	Number of subscribers at end 1984
Australia	NEC	HCATS	500	25	1981	9 000
Austria		NMT	450			
Belgium	Ericsson	NMT	450/900	20		
Canada	Ericsson N.Telecom	AMPS AMPS	800 800	30 30	1985 1985	... ...
People's Republic of China	Ericsson	NMT/ TACS	450/900	25		
Colombia	NEC	HCATS	400	25	1985	1 250
France	Matra	2000 Radiocom				
Fed. Rep. of Germany	Siemens	Net-C a/				
Hong Kong	NEC Motorola Rydux	HCATS AMPS ACS	800 (low) 800 (high) 800 (high)	25 30 ...	1983 1985 ...	2 100 ... ...
Iceland	Ericsson	NMT	450/900	25		
Indonesia		NMT				
Ireland		TACS				
Japan	NEC	HCATS	900	25	1979	35 000
Jordan	NEC	HCATS	800	25	1984	1 500
Kuwait	NEC	HCATS	900	25		
Luxembourg	Ericsson	NMT	450/900	20		
Malaysia	Ericsson	NMT	450	25	1984	20 000

<sup>19)</sup> Economic Commission for Europe, Geneva, "The Communication Industry, Growth and Structural Change", United Nations, New York, 1987, hal. 58-59.

TABEL 2.3  
(LANJUTAN)

Country	Switch	Format	Frequency (MHz)	Channel spacing (kHz)	Start-up	Number of subscribers at end-1984
Mexico City	NEC	HCATS	400	25	1981	2 600
Netherlands	Ericsson	NMT	450/900	20		
Scandinavian countries Denmark Finland Norway Sweden a/	Ericsson	NMT	450	25	1981	140 000
Spain	Ericsson	NMT	450/900	25		
Republic of Korea	Motorola	AMPS	800	30	1984	3 200
Saudi Arabia	Ericsson	NMT	450	25	1981	1 500
Singapore	NEC	HCATS	400	25	1982	6 000
Sri Lanka	Ericsson	NMT	450	25	1982	960
Switzerland		NMT	900			
Taiwan, Province of China	TBA	AMPS	800	30		
Thailand		NMT				
Turkmenistan	Ericsson	NMT	450	25	1985	100
United Kingdom	Motorola	TACS	900	25	1985	7 000
	Ericsson	TACS	900	25	1985	5 000
United States	various	AMPS	800	30	1983	100 000

Tahun 1992 jumlah total di Eropa antara 2,6 dan 3,8 juta unit. Sedangkan di Amerika Serikat sebanyak 4 dan 6 juta, sehingga jumlah total di dunia sekitar 8 sampai 12 juta unit. Tabel 2.4 menunjukkan perkembangan ini, sedangkan perkembangan pemasaran telepon seluler di AS dan Eropa dapat dilihat pada tabel 2.5.

TABEL 2.4<sup>2)</sup>  
UNIT TELEPON SELULER TERPASANG DI EROPA DAN AS

	1985	Forecast a/
		1992
Europe		2 600 - 3 800
- Nordic countries of which Sweden	200 70	200 - 250
- United Kingdom	35	500 - 750
United States	200	4 000 - 6 000
Total world	600	8 000 -12 000

<sup>2)</sup> Ibid, hal.61.

TABEL 2.5<sup>21)</sup>  
 PERKEMBANGAN PEMASARAN TELEPON SELULER DI EROPA DAN AS

Type of equipment	Forecast	
	1990	1995
Wide-area pagers (millions of units)	2.3	4.0
Private mobile radio (millions of units)	3.7	4.5
Cellular radio (millions of units)	1.4	3.0
Market value (billions of US dollars)	1.4	1.6-1.9

Perkembangan selanjutnya melahirkan sistem Pan-European Group Special Mobile (GSM) buatan Perancis menggunakan teknologi digital dan standarisasi untuk dipakai bersama di seluruh daratan Eropa. Sedangkan Amerika Serikat memperbaharui sistem AMPS analognya dengan sistem AMPS digital.

<sup>21)</sup> Ibid, hal. 61.

## II.4 MENILAI KELAYAKAN SUATU SISTEM

### II.4.1 UMUM

Dalam aplikasi suatu proyek teknik akan selalu dihadapkan dengan pertanyaan "Apakah menguntungkan?". Hal ini menunjukkan adanya banyak pilihan di antara desain alternatif prosedur, rencana dan metode. Cara menentukan alternatif yang ada melibatkan jumlah investasi yang berbeda, biaya operasi dan pendapatan yang berbeda pula.

Untuk itu diperlukan prinsip dan teknik tertentu yang berguna sebagai acuan dalam menentukan kelayakan sebuah investasi. Sebagai persoalan pokok ialah bagaimana bisa menilai apakah setiap cara yang dipilih akan terbukti ekonomis untuk jangka panjang jika dibandingkan dengan alternatif-alternatif lain yang mungkin. Inilah yang disebut sebagai sebuah *studi ekonomi-teknik*.

Sebuah studi ekonomi-teknik didefinisikan sebagai suatu perbandingan antara alternatif-alternatif dimana perbedaan di antara alternatif-alternatif tersebut akan dinyatakan dalam bentuk uang dengan melibatkan pertimbangan teknis.<sup>22)</sup>

Konsep dasar yang berkaitan yaitu : *bagaimana menentukan alternatif dan meramalkan akibat-akibatnya, dan*

---

<sup>22)</sup> Komaruddin, E. Drs, Kartasapoetra, G. Drs, "Dasar-dasar Ekonomi Teknik", P. T. Bina Aksara, Jakarta, hal. 4 (terjemahan).



pentingnya kriteria dan prosedur analitis dalam mengambil keputusan tentang Investasi yang diusulkan.

#### II. 4. 2 EKIVALENSI DAN BUNGA

Dalam persoalan investasi jangka panjang perlu untuk mengenal nilai waktu dari mata uang, karena terdapatnya bunga mengakibatkan satu dolar sekarang mungkin berharga lebih besar daripada prospek satu dolar tahun depan atau saat-saat yang akan datang.

Suku bunga didefinisikan sebagai uang yang dibayarkan untuk penggunaan uang yang dipinjam.<sup>23)</sup> Atau dengan kata lain, suku bunga bisa diartikan sebagai pengembalian yang bisa diperoleh dari investasi modal yang produktif. Tingkat suku bunga adalah rasio antara bunga yang dibebankan atau dibayarkan di akhir periode waktu (biasanya satu tahun atau kurang) dengan uang yang dipinjam pada awal periode tersebut. Jadi bila bunga sebesar \$ 6 dibayarkan per tahun untuk pinjaman sebesar \$ 100, maka tingkat suku bunga adalah  $\$ 6 / \$ 100 = 0,06$  per tahun, dinyatakan sebagai tingkat suku bunga 6 %.

#### II. 4. 3 INTERNAL RATE OF RETURN (IRR)

Pengertian IRR (Internal Rate of Return) adalah

---

<sup>23)</sup> *ibid.*, hal. 37.

tingkat suku bunga pengembalian (discount rate) yang menghasilkan nilai *present value* (harga sekarang) dari penerimaan (*revenue*) sama dengan present value dari nilai investasi, atau nilai yang menunjukkan *net present value* (nilai bersih sekarang) sama dengan nol.

Harga IRR dapat dicari dengan rumus :

$$IO = \frac{P_1}{(1+i)^1} + \frac{P_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (2.8)$$

atau,

$$IO = \sum_{t=1}^n \frac{P_t}{(1+i)^t} \quad (2.9)$$

dimana :

IO = Initial Outlays (nilai investasi awal)

$P_t$  = Net cash flow (proceed) pada tahun ke-t

i = tingkat suku bunga pengembalian = IRR

n = lama waktu (periode) umur investasi.

Faktor nilai sekarang pembayaran tunggal (single payment present worth factor) ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$(P/F, i\%, n) = \frac{i}{(1+i)^n} \quad (2.10)$$

dimana : i = tingkat suku bunga per periode bunga = IRR

$n$  = jumlah periode bunga

$P$  = jumlah uang sekarang

$F$  = jumlah uang pada akhir  $n$  periode dari saat sekarang, ekuivalen dengan  $P$  dengan bunga  $i$

Contoh perhitungan IRR dapat dilihat pada lampiran A beserta tabel perhitungannya.

Tingkat kelayakan sistem ditentukan dengan nilai IRR yang lebih besar atau sama dengan bunga bank.

Adapun besarnya bunga pinjaman yang digunakan sebagai acuan adalah :

- World Bank = 7,5 - 8,0 % per tahun
- Asian Development Bank = 6,0 - 6,5 % per tahun
- OECE of Japan = 2,5 % per tahun.

Metoda analisa yang digunakan meliputi analisa keuangan (financial analysis) dan analisa ekonomis (economic analysis). Analisa keuangan menekankan pada aspek keuntungan dalam menentukan kelayakan suatu proyek. Sedangkan pada analisa ekonomis melibatkan juga kondisi perekonomian setempat. Dengan estimasi pembiayaan (cost) dan penerimaan (revenue) maka diperoleh harga FIRR dan EIRR dalam bentuk prosentase tingkat suku bunga dimana harga present value sama dengan nilai investasi awal. Dari harga ini dapat diketahui tingkat kelayakan suatu sistem dengan investasi yang telah ditentukan.

---

### III.1 UMUM

Peningkatan kualitas dari jasa pelayanan telepon merupakan suatu keharusan bagi tersedianya pelayanan telekomunikasi yang memuaskan. Demikian halnya dengan kehadiran Sistem Telepon Bergerak Cellular (STB-C) yang saat ini telah memberikan banyak kemudahan kepada para pelanggan terutama bagi mereka yang memerlukan sarana komunikasi lewat telepon yang harus tersedia setiap saat dan keadaan (*available*).

Perkembangan selanjutnya melahirkan istilah telepon *Fixed Cellular*. Sistem telepon fixed cellular ini memanfaatkan teknologi telepon bergerak seluler untuk diterapkan sebagai telepon tetap (*fixed*). Pada mulanya hal ini akan kelihatan kontradiktif, dimana keunggulan spesifik dari STB yang menawarkan *mobilitas* dan fasilitas *hand off*, akan dikembalikan ke fungsi semula. Tetapi dengan diterapkannya teknologi seluler untuk telepon tetap memberikan karakteristik dan keunggulan tersendiri yang tidak dimiliki sistem telepon lainnya.

Implementasi dari teknologi radio seluler dalam penerapannya sebagai fixed cellular telah memungkinkan

penurunan harga komponen sistem secara perlahan-lahan tapi pasti. Dengan demikian telah terbuka peluang untuk memanfaatkan teknologi telepon bergerak seluler secara ekonomis untuk melayani pelanggan telepon tetap (*fixed subscriber*).

Dalam bab ini akan dibahas konsep perancangan jaringan telepon bergerak seluler yang diterapkan sebagai telepon fixed cellular, karakteristik sistem, aplikasi pelayanan dan sedikit gambaran perkembangannya khususnya di Malaysia dan Indonesia.

### III.2 KONSEP PENERAPAN STB SELULER SEBAGAI FIXED CELLULAR

Pada dasarnya semua sistem telekomunikasi yang menggunakan fasilitas telepon saluran kabel dan telepon bergerak seluler, mempunyai kemampuan untuk difungsikan sebagai fixed cellular, sehingga pada akhirnya seluruh jaringan telepon PSTN dapat digantikan dengan jaringan telepon seluler.

Untuk mengetahui lebih lanjut gambaran sistem fixed cellular, akan dibahas beberapa prinsip dasar dalam merencanakan penerapan sistem tersebut, yang meliputi :

- pemilihan sistem yang akan dipakai,
- pendekatan implementasi
- prosedur perencanaan.

#### III.2.1. PEMILIHAN SISTEM

Pemilihan sistem yang akan dipakai untuk fixed

cellular, didasarkan pada beberapa pertimbangan dengan membandingkan sistem seluler standar yang ada. Di sini akan dipilih sistem AMPS, dengan pertimbangan-pertimbangan yang akan diuraikan berikut ini.

### III.2.1.1 Perbandingan Spesifikasi Sistem Telepon Seluler

Sistem telepon seluler standar yang ada di dunia saat ini sebagaimana telah dikemukakan terdahulu, antara lain : AMPS, TACS, NMT, C-NET, NTT, R-2000 dan RTMS. Tabel 3.1 menunjukkan perbandingan sistem-sistem AMPS, TACS dan NMT900 dengan beberapa parameter yang penting.

- Spasi kanal sebesar 25 kHz merupakan standar yang direkomendasikan oleh CCIR, EIA, FCC, dan CEPT, dalam hal ini diadopsi oleh TACS menggantikan 30 KHz dari AMPS. Hal ini disesuaikan dengan lingkungan radio di Inggris. Dengan spasi kanal yang cukup lebar pada AMPS (30 kHz) memungkinkan peak deviation yang cukup lebar pula (12 kHz) sehingga dapat menghasilkan S/N yang lebih tinggi. Dengan demikian pada level penerimaan yang sama akan dihasilkan coverage area radio yang lebih luas.
- Karena minimum usable C/I pada AMPS lebih kecil maka untuk kualitas suara yang sama, jarak frequency reuse lebih pendek.
- Dengan karakteristik radio seperti di atas memungkinkan kecepatan pengiriman data 10 kbps untuk AMPS. Ini berarti kemampuan akses dari subscriber ke Base Station dan sebaliknya, lebih besar dan cepat.

TABEL 3.1  
PERBANDINGAN SISTEM SELULER STANDAR AMPS, TACS DAN NMT900

PARAMETER	AMPS	TACS/ETACS	NMT900
Band Frek.	800 MHz	900 MHz	900 MHz
Spasi kanal	30 kHz	25 kHz	12.5 kHz
Juml. kanal	666/832	1000/1320	1999
Peak deviation	12 kHz	9.5 kHz	4.7 kHz
Min. Usable C/I	10 dB	10 dB	15 dB
Hand off Break	250 ms	290 ms	1.2 s
Control Ch. BS.	1 of 21 (dedicated)	1 of 21 (dedicated)	variable
Data speed	10 kbps	8 kbps	1.2 kbps
Error Correct.	BCH+THREEOUT FIVE MAJORITY	BCH+THREEOUT FIVE MAJORITY	HAGELBERGER

- Waktu hand off break pada AMPS hanya 250 ms, sehingga memberikan kenyamanan dalam komunikasi, karena waktu hand off break yang lama akan sangat mengganggu.
- Dari perbedaan teknik untuk error correction, untuk AMPS lebih baik.
- Dari karakteristik radio (kanal spacing) yang berbeda, maka sistem NMT dan TACS membutuhkan desain radio yang lebih ketat, akibatnya perangkat subscriber lebih mahal.

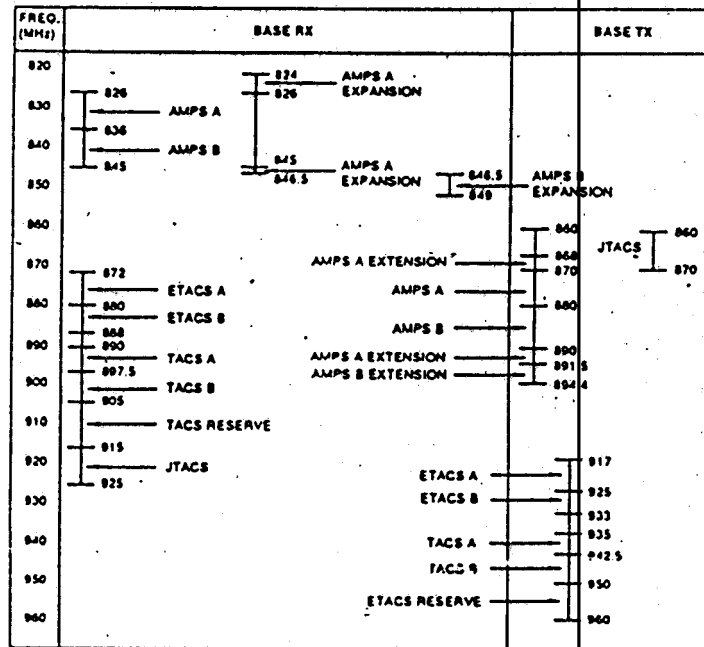
Dengan standar yang berbeda untuk ketiga sistem di atas, secara teknis memang sulit diperdebatkan mana yang lebih unggul, karena kecocokan penerapannya sesuai dengan negara asalnya. Untuk sistem telepon fixed cellular di sini akan dipilih sistem AMPS dengan alasan sistem ini diproduksi secara luas oleh banyak negara, sehingga

memberikan nilai kompetitif yang menguntungkan pemakai.

III.2.1.2 Spesifikasi Dasar Sistem AMPS

III.2.1.2.1 Spektrum Frekuensi AMPS

- Frekuensi kerja sistem ini pada band 800 MHz, yang dialokasikan pada frekuensi 870 - 890 MHz untuk frekuensi transmit, dan 825 - 845 MHz untuk frekuensi receivernya.



GAMBAR 3.1<sup>24)</sup>  
 ALOKASI BAND FREKUENSI SISTEM AMPS

24) Neil J. Boucher, "The Cellular Radio Handbook", Quantum Publishing Inc., USA, 1990, hal.15.



- Spasi antar kanal 30 kHz, sehingga menghasilkan 666 kanal termasuk 21 kanal kontrol.
- Kanal-kanal AMPS dibagi dalam dua sub band, A dan B. Hal ini untuk menyediakan alokasi frekuensi dalam pelaksanaan ekspansi, masing-masing 83 kanal ekspansi.
- Untuk menghasilkan sistem dengan kualitas yang memuaskan digunakan teknik interleaving, dimana tidak boleh ada kanal bersebelahan yang digunakan pada sel yang sama. Cara ini mampu memberikan kapasitas maksimum pada suatu sel yang cukup besar, bergantung pada variasi besarnya distribusi subscriber.
- Untuk jenis pelayanan yang diberikan berupa pelanggan tetap (land subscriber) kapasitas maksimum sebesar 1200 subscriber/sel, dan untuk pelanggan telepon mobil sebesar 3000 subscriber/sel.
- Dari 666 kanal radio yang dialokasikan, sebanyak 21 kanal diantaranya digunakan untuk kanal kontrol antara sentral telepon seluler dengan unit pelanggan, selebihnya digunakan untuk kanal suara.
- Tiap kanal kontrol terdiri dari kanal panggil (paging channel) dan kanal akses (access channel). Melalui kanal inilah semua proses pensinyalan antara sentral dan base station dilakukan, misalnya proses call, locating atau hand off.

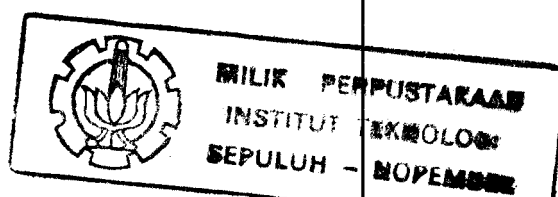
TABEL 3.2  
SPESIFIKASI DASAR SISTEM AMPS

1. Frekuensi	800 MHz band 825-845 (Rx) 870-890 (Tx)
2. Spasi kanal	30 KHz (interleaved)
3. Selisih duplex	45 MHz
4. Jumlah total kanal RF	666 kanal
5. Kanal RF	-kanal kontrol : 21 -kanal suara : 645
6. Kanal kontrol RBS	1 dari 21 kanal (tetap)
7. Daya output RF	-Base stat. : 45 W -Subs. stat. : 3 W
8. Antena Sistem	Tx : Multiplexer max. 16 knl Rx : Multiplexer max. 64 knl
9. Deviasi max.	-suara : $\pm 12$ kHz PM -data : $\pm 8$ kHz FM
10. Sinyal kontrol	sinyal digital, 10 kbps dg error correction code
11. Modulasi data	direct FSK
12. Keandalan kontrol	BCH code (Bit Error Correct.) 3 out of 5 majority decision
13. Kriteria handoff	S/N dari kualitas SAT
14. Handoff break	250 ms
15. Min Usable C/I	8-10 dB
16. Typical Rx sensitivity	-116 dBm untuk 12 dB SINAD, atau -113 dBm untuk 20 dB SINAD

### III.2.1.2.2 Operasi Dasar pada sistem AMPS

#### - Panggilan ke pelanggan telepon seluler

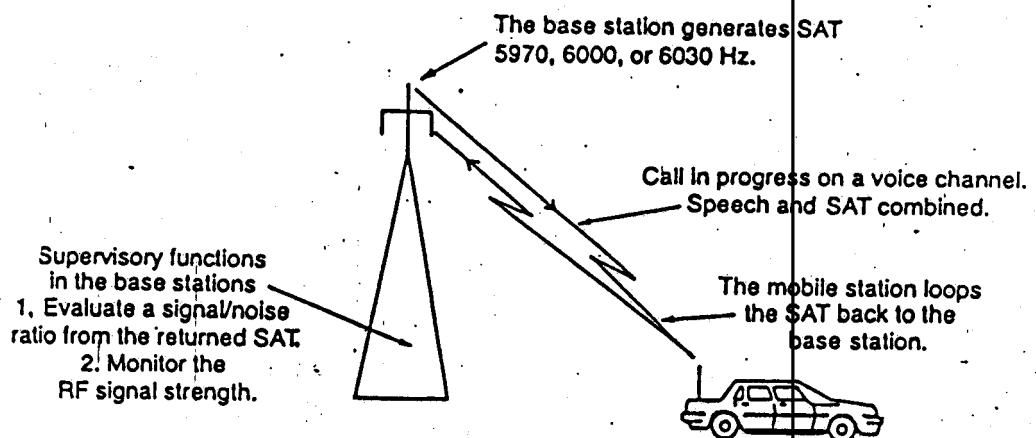
Dalam keadaan standby seluruh jaringan telepon ini akan terkunci pada kanal kontrol. Bila suatu saat sentral mengidentifikasi pesan panggilan (paging order) maka sentral melalui kanal kontrol antara sentral dan base station akan menugaskan seluruh base station yang di



bawah kontrolnya untuk memanggil. Semua base station melakukan panggilan ke masing-masing sel yang dilayani melalui paging channel. Bila unit pelanggan standby maka base station akan memberikan respon melalui access channel untuk menunjuk kanal suara. Base station akan memilih kanal suara yang kosong dan mengirimkan SAT (*Supervisory Audio Tone*). Bila SAT dikembalikan dengan baik berarti kanal siap digunakan. Kemudian base station meneruskan pesan unit pelanggan ke sentral untuk menentukan kanal yang kosong. Bila unit pelanggan telah melakukan off-hook maka kanal akses akan pindah pada kanal-kanal yang kosong tersebut dan pembicaraan siap dilakukan.

- Pelanggan melakukan panggilan

Setelah unit pelanggan memasukkan nomor yang akan dipanggil dan telah menekan tombol 'dialling send key' maka unit pelanggan melalui kanal akses akan melakukan *originating* dari nomor yang dikirim ke base station. Selanjutnya base station memilih kanal suara yang kosong dan meneruskannya ke sentral. Bila sentral telah menemukan nomor tersebut maka sentral akan melakukan penyambungan sesuai dengan kanal yang dipilih base station. Base station akan mengirim SAT ke unit pelanggan kembali. Bila nomor yang dipanggil telah off-hook maka unit pelanggan akan pindah ke kanal suara. Selanjutnya proses pembicaraan berlangsung.



GAMBAR 3.2<sup>25)</sup>  
 ILUSTRASI PROSES PANGGILAN PADA STB (AMPS)

### III.2.2 PENDEKATAN IMPLEMENTASI

#### III.2.2.1 Pemanfaatan Perangkat STB Seluler

Sistem telepon fixed cellular memanfaatkan teknologi seluler yang menggunakan frekuensi radio, sama seperti yang dipakai oleh telepon genggam atau telepon bergerak seluler. Beberapa feature dasar dari sistim

<sup>25)</sup> Ibid, hal.138.

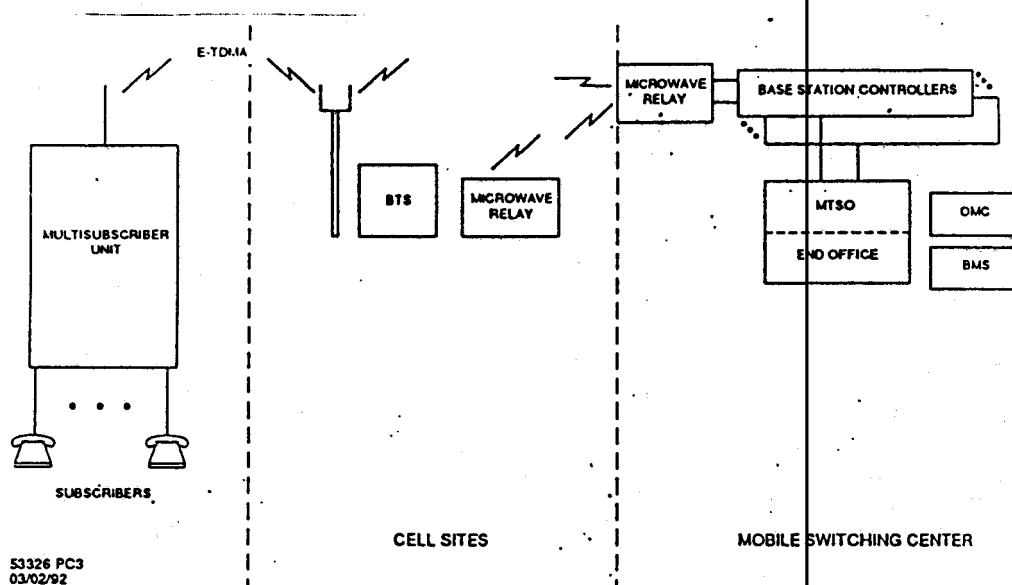
telepon bergerak seluler tidak ada dalam sistem telepon fixed cellular. Misalnya fasilitas *roaming* dan *hand-off*. Hal ini jelas, karena lintasan radio dibuat tetap.

Selanjutnya beberapa sub sistem tertentu dari sistem telepon mobil dimodifikasi untuk penyesuaian dengan sistem telepon tetap. Yang terpenting adalah sub sistem perencanaan penomoran dan pentarifan. Apabila suatu sistem menggabungkan pelanggan telepon bergerak dan tetap, maka sub sistem penomoran dan pentarifan harus dapat digunakan untuk menangani kedua katagori pelanggan tersebut. Jika tidak, maka dapat dilakukan teknik tertentu untuk memungkinkan sebuah sub sistem umum untuk dipakai pada kedua pelanggan telepon bergerak dan tetap tersebut.

Gambar 3.3 menunjukkan blok diagram jaringan telepon fixed cellular.

Dengan tersedianya jaringan telepon seluler, maka pemanfaatan telepon bergerak seluler sebagai sistem telepon fixed cellular merupakan satu alternatif untuk menunjang pengembangan jaringan PSTN di daerah urban dengan kepadatan lalu lintas tinggi, misalnya dalam jaringan MEA (*Multi Exchange Area*).

Pendekatan pertama ini merupakan cara yang lebih praktis, yaitu dengan memanfaatkan perangkat mobil yang sudah ada untuk stasiun-stasiun fixed cellular. Hal ini dapat menghemat ongkos pembuatan perangkat yang baru, dan tidak diperlukan pemakaian spektrum frekuensi baru.



GAMBAR 3.3<sup>26)</sup>  
BLOK DIAGRAM JARINGAN TELEPON FIXED CELLULAR

Ada 2 prinsip dasar yang dapat digunakan, yaitu :

- Pertama, menggunakan unit telepon mobil yang sudah ada untuk dipasang permanen (disebut "*fixed cellular mobile*").
- Pelanggan menggunakan telepon mobil tersebut seperti menggunakan telepon kabel biasa.
- Pesawat telepon mobil konvensional yang dipakai disiapkan dalam bentuk paket-paket yang terdiri dari komponen-komponen elektronik yang berfungsi mengubah handset seluler dan interface pengebelan menjadi satu

26)

\_\_\_\_\_, "Hughes Network Systems", Hughes Aircraft Company, Maret 1992, hal.139.

bentuk kompatibel dengan POT (Plain Old Telephone).

- Diperlukan instalasi dan pemeliharaan tambahan, karena perlu instalasi perangkat mobil dan kabel pada sisi pelanggan.
- Jika menggunakan antena luar, maka diperlukan biaya pemasangan dan pemeliharaan tambahan. Tetapi jangkauan pelayanan dapat diperluas, sehingga dapat mengurangi ketinggian base station, dan mungkin juga jumlahnya. Karena ketinggian base station dan jumlahnya dapat dikurangi, maka biaya infrastruktur menjadi lebih murah.
- Base station menyediakan daerah cakupan secara kontinyu untuk pelanggan tetap, dan tidak untuk pelanggan bergerak, sehingga daerah cakupan telepon bergerak bisa terpotong.
- Ke dua, pelanggan telepon tetap dijadikan seperti pelanggan telepon mobil yang dapat dipindah-pindah (disebut *movable "fixed" mobile*).
- Dalam hal ini pelanggan diberi telepon transportable konvensional atau handheld sehingga biaya akhir akan lebih murah.
- Sistem movable ini mudah dibedakan dari telepon mobil biasa, dan memiliki laju tarif yang berbeda pula. Lagi pula ruang geraknya dibatasi hanya di dalam sel rumah, dimana hal tersebut dapat mencegah pelanggan dari membeli telepon fixed mobile yang murah untuk dijadikan sebagai telepon mobil konvensional.

-Aplikasinya biasanya untuk daerah rural dan untuk operator-operator di daerah metropolitan untuk menyediakan roaming yang masuk daerah tersebut. Hal ini mudah untuk dilaksanakan jika ada satu perusahaan yang melayani daerah rural dan urban sekaligus. Jika ada lebih dari satu perusahaan yang siap, maka dapat digunakan hardware yang sama.

Transceiver pada STB yang diletakkan di setiap pesawat telepon, pada fixed cellular ditempatkan di MSU yang melayani sekelompok pelanggan, kemudian disambungkan ke masing-masing rumah dengan kabel. Pelanggan cukup menggunakan pesawat telepon biasa untuk mengoperasikannya. Kapasitas MSU mencapai 96 sst.

Sentral switching yang digunakan dapat dipilih dari beberapa tipe, misalnya Siemens (Jerman), NEC (Jepang) atau AT&T (Amerika) dengan kapasitas yang besar.

Sistem ini beroperasi pada pita frekuensi AMPS-A yang dialokasikan untuk jaringan telekomunikasi PSTN dan bersifat tetap. Dengan demikian tidak diperlukan pemakaian spektrum frekuensi baru. Pita frekuensi tersebut selebar 10 MHz, yaitu dari 825-835 MHz (penerimaan base station) dan 870-880 MHz (pengiriman base station).

Beberapa faktor perlu diperhatikan dalam memanfaatkan perangkat mobile cellular sebagai fixed cellular.

Pertama, jika stasiun-stasiun tetap telah menjadi



bagian dari sistem mobile, maka pelayanannya dapat lebih ekonomis. Hal ini karena sistem mobile menyediakan basic infrastructure yang dibutuhkan stasiun tetap.

Ke dua, sistem mobile masih terus dirancang untuk menyempurnakan performance sistem, dan hal ini akan mempengaruhi performance sistem fixed. Sebagai contoh, sistem mobile seluler dengan Carrier to Interference Ratio sebesar 18 dB pada satu sel, menyediakan satu level performance yang mungkin untuk level penerimaan sistem mobile, tetapi tidak sesuai untuk level penerimaan pada fixed service (10 dB). Dalam hal ini link radio merupakan bagian dari jaringan telepon dan digunakan disamping kabel agar lebih ekonomis.

Faktor ke tiga adalah bahwa sistem seluler biasanya dioptimalkan untuk pelanggan dengan trafik rendah yaitu 0.02 Erlang, sementara pelanggan telepon tetap antara 0.05 dan 0.09 Erlang.

#### III.2.2.2 Merancang Sistem Fixed Cellular Baru

Dalam hal ini pengoperasiannya dapat dilakukan terpadu dengan sentral-sentral lokal PSTN, tetapi memerlukan spektrum frekuensi baru.

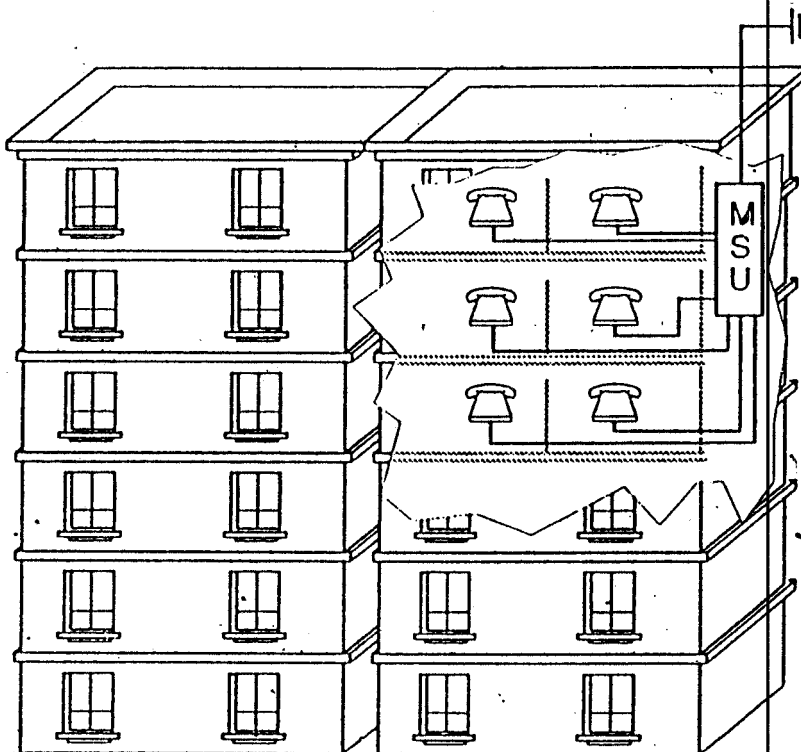
Atau dengan cara ditumpangkan pada jaringan telepon mobil seluler (MTSO) yang sudah ada, sehingga spektrum frekuensi yang sudah ada dapat dimanfaatkan.

Untuk itu diperlukan interface untuk menghubungkan perangkat sistem fixed cellular (yang meliputi base

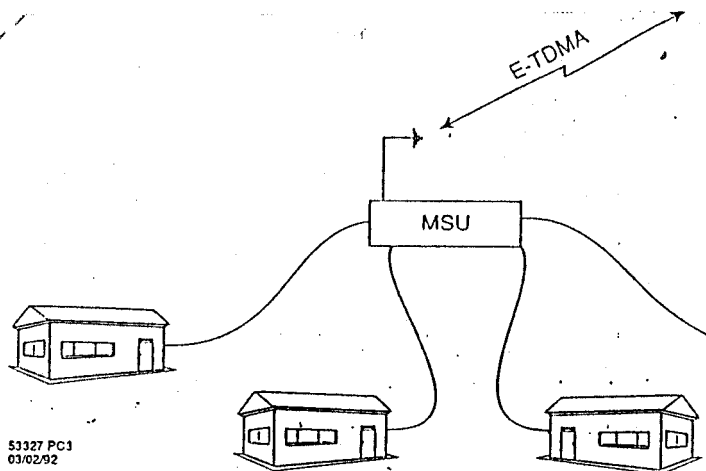
station, sentral switching dan unit pelanggan) ke santral PSTN atau sentral MTSO.

### III.2.2.2.1 Jaringan Fixed Cellular Baru

Penerapan fixed cellular pada apartemen, hotel dan kampus dapat dilihat pada gambar 3.4. Kelompok pelanggan dihubungkan dengan MSU (Multi Subscriber Unit) ke sistem seluler yang digunakan. MSU dapat menampung sampai 96 pelanggan. Unit pelanggan berupa pesawat telepon biasa.



GAMBAR 3.4.(a)  
PENERAPAN FIXED CELLULAR DI HOTEL, PERUMAHAN DAN APARTEMEN



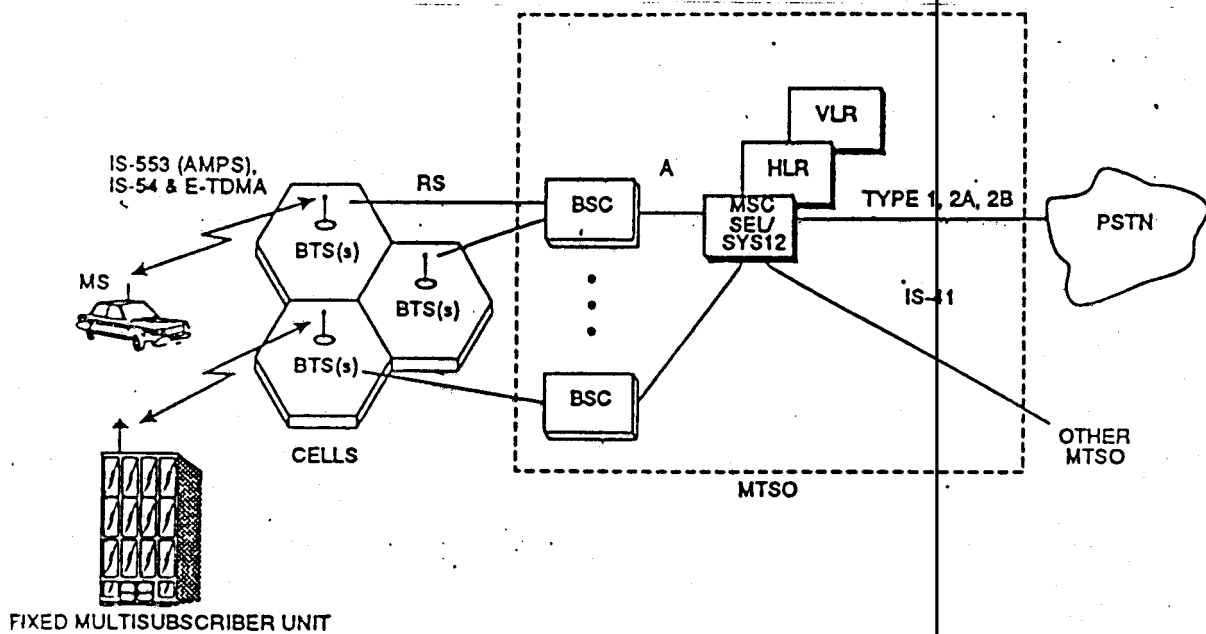
GAMBAR 3.4.(b)<sup>27)</sup>  
PENERAPAN FIXED CELLULAR DI KAMPUS

Fasilitas-fasilitas yang ditawarkan, antara lain :

- .Pelayanan yang fully digital untuk mendukung pelanggan telepon tetap maupun bergerak.
- .Pelanggan tetap dapat berupa telepon dengan media *wired* atau *wireless*.
- .Pelanggan bergerak dapat dilayani dengan teknologi seluler digital mutakhir.
- .Disediakan fasilitas pelayanan untuk keadaan darurat.
- .Dengan teknik akses TDMA dapat dicapai nilai cost dan kualitas pelayanan yang baik.

---

<sup>27)</sup> Ibid, hal.140-141.

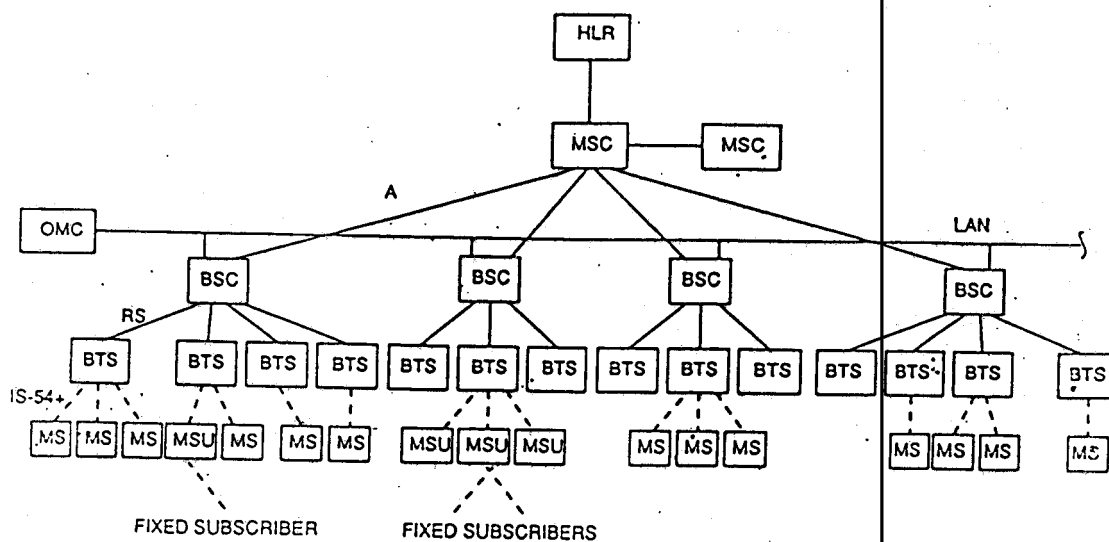


GAMBAR 3.5<sup>28)</sup>  
ILUSTRASI SISTEM FIXED CELLULAR DIGITAL

Sistem fixed cellular digital yang menggunakan teknik akses TDMA dapat memperbaiki performance sistem. Sistem ini terdiri dari sub sistem - sub sistem sebagai berikut :

1. Sub sistem transmisi radio (RS = Radio Sub system).
2. Sub sistem switching (MSC = Mobile Switching Center).
3. Sub sistem operasi dan pemeliharaan (Operation & Maintenance).
4. Sub sistem stasiun dasar (BTS = Base Transmission Station).
5. Sub sistem kontroler base station (BSC = Base Station Controller).

28) Ibid, hal.73.



GAMBAR 3.6<sup>29)</sup>  
HIRARKI SUB SISTEM DALAM SISTEM FIXED CELLULAR

#### Feature sub sistem radio (RS)

- .transceiver berfungsi mode banyak (multi mode)
- .mendukung standar transmisi dan data yang berbeda
- .menggunakan remote control
- .efisiensi frekuensi
- .memiliki kemampuan kapasitas tinggi (dengan TDMA)
- .perlahan-lahan akan berevolusi ke sistem *microcell*.

<sup>29)</sup> Ibid, hal.78.

### Feature sub sistem switching (MSC)

- .fungsi dan kapasitas tinggi
- .mudah untuk pengembangan dan penyesuaian dengan sistem lain (*smooth expansion*)
- .memiliki fungsi-fungsi beraneka ragam
- .disusun dari modul-modul hardware dari berbagai tipe.

### Feature sub sistem operasi dan pemeliharaan

- .operasi dan konfigurasi semua radio terpusat
- .memiliki kemampuan mengisolasi kerusakan
- .menggunakan interface yang andal pada pelanggan
- .data base terdistribusi.

### Feature sub sistem base station (BTS)

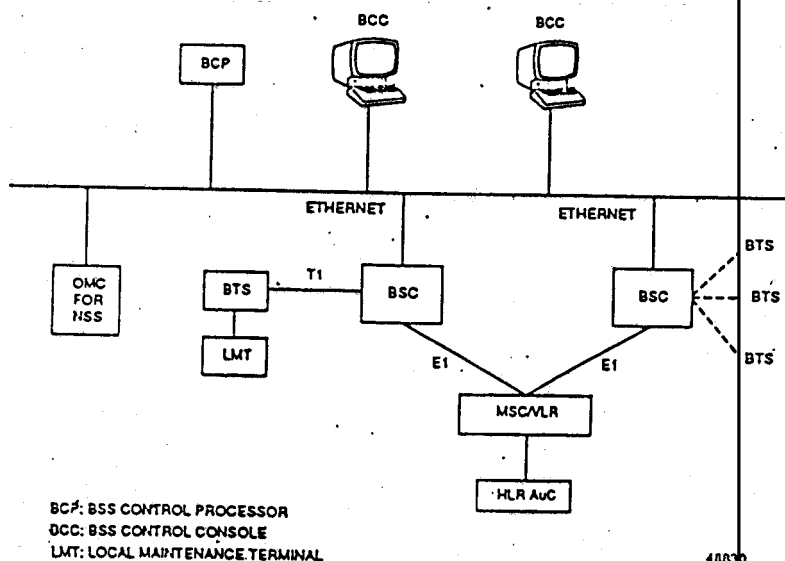
- .menyediakan sebuah sel omni dan sektor tunggal dari pembagian sel dalam sektor-sektor
- .antena penerima pada pelanggan dengan tipe diversity
- .ada pilihan amplifier kanal tunggal atau kanal banyak
- .combiner kanal untuk pengiriman bersifat auto tuning
- .arsitektur transceiver umum sebagai berikut :
  - \* software dikonfigurasi untuk mode transmisi yang berbeda-beda
  - \* pemrosesan pada DSP didasarkan pada mode transmisi
  - \* modul-modul berbentuk susunan blok-blok
  - \* kemampuan multi kanal.

Catatan : masing-masing base station disediakan untuk satu antena pemancar.

- .feature yang diberikan maintenance base station :
  - \* downloading dari seluruh software kontrol dan DSP ke mikroprosesor/DSP untuk mengijinkan fleksibilitas dan pengembangan maksimum di masa mendatang
  - \* monitor dan kontrol menawarkan kontrol terpusat melalui masing-masing kanal yang berupa,
    - level daya
    - alokasi frekuensi
    - mode transmisi
    - isolasi kerusakan
    - in-service/out-of-service/maintenance
    - status/data statistik
  - \* terminal monitor dan kontrol bersifat lokal
  - \* pemilihan multiple loopback untuk isolasi kerusakan
  - \* kontrol redundansi dan alarm otomatis untuk seluruh komponen.

#### Fungsi kontroler base station (BSC)

- .untuk pengkodean suara mode digital
- .menggunakan protokol interface melalui udara (kontrol panggilan)
- .untuk pemrosesan handoff (monitoring kualitas panggilan)
- .merupakan interface antara BTS, MSC dan OMC
- .kapasitas lebih dari 240 panggilan aktif
- .mengisolasi switch dari perubahan dalam mode radio (misalnya analog, digital, microcell).



GAMBAR 3.7<sup>30)</sup>  
ARSITEKTUR O & M PADA BSC

#### Interface operator jaringan

- dibuat untuk menyediakan akses lokal sebaik mungkin untuk remote access dalam operasi terpusat
- interface untuk pelanggan yang bersifat grafikal, yaitu menyediakan interface yang berorientasi *window dan graphics* bagi operator untuk membentuk konfigurasi sistem, memonitor dan mengontrolnya

<sup>30)</sup> Ibid, hal.103.



- interface saluran komando, yaitu interface terminal asinkron untuk komando operator dan digunakan untuk remote dial-in dan terminal maintenance lokal
- perlindungan akses, meliputi nama dan password serta tipe operator.

#### Terminal pemeliharaan lokal

- merupakan software manajemen instalasi untuk menggantikan petugas lapangan dalam instalasi site sel
- mampu mendiagnosa beban ke transceiver
- alarm kedudukan sel ditampilkan di tempat itu juga
- mampu merekam ke dalam BCP
- ditempatkan pada kedudukan sel tersebut.

#### Peta geografis

- menampilkan keadaan geografis dari kedudukan sel
- menawarkan *zooming* (bentuk secara besar/detail)
- menyediakan display kode berwarna dari lokasi sel masing-masing untuk memberitahu operator dalam menyeleksi adanya alarm peralatan, lingkungan dan kerusakan komponen
- operator dapat menampilkan representasi grafis dari kedudukan sel. Selanjutnya akan memilih konfigurasi yang sesuai atau tampilan status BCC secara detail
- pengkodean berwarna didasarkan pada pembebanan trafik dan parameter lain.

### III.2.2.2.2 Integrasi dengan PSTN

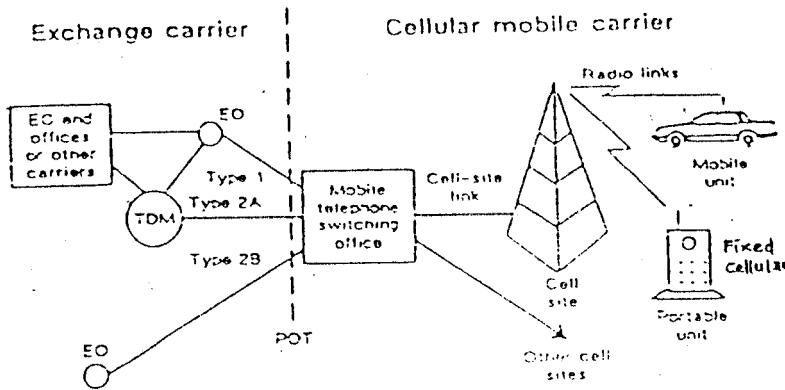
Integrasi di sini dimaksudkan sebagai penggabungan antara sentral telepon seluler dengan sentral telepon pada jaringan PSTN. Kedudukan hubungan ini berada pada tingkat primary trunk exchange.

MTSO memiliki fungsi-fungsi switching dan kontrol untuk sisi PSTN maupun unit pelanggan seluler. Diharapkan adanya beberapa kriteria sebagai berikut :

- >.memiliki fleksibilitas dalam menyesuaikan penomoran dan pentaripan dan program data basenya (man machine communication),
- >.perencanaan yang modular baik software maupun hardware, sehingga optimum dan ekonomis pada tahap awal dan tahap-tahap pengembangan berikutnya.

Integrasi jaringan telepon fixed cellular dengan telepon tetap PSTN dengan interface melalui trunk exchange (sentral tandem) karena untuk memanfaatkan fasilitas yang ada pada sentral tandem dan untuk menangani trafik yang tinggi untuk pelayanan telepon fixed cellular.

Sistem telepon fixed cellular dihubungkan melalui MTSO dengan interface antara MTSO dan sentral tandem. Media yang digunakan adalah trunk 4 kawat seperti yang digunakan pada sentral tandem.



GAMBAR 3.8<sup>31)</sup>  
SISTEM FIXED CELLULAR TERINTEGRASI DENGAN PSTN

#### Sistem Penomoran

Penomoran untuk pesawat pelanggan dalam jaringan STB mempunyai konsep umum yang sama dengan penomoran yang digunakan untuk pelanggan jaringan PSTN. Setiap pesawat pada jaringan STB dicirikan oleh nomor yang terdiri atas 9 digit, sesuai dengan CCITT Rec.E.213.

Dalam menentukan sistem penomoran ada hubungan dengan struktur hardware dari sentral PSTN. Untuk itu sistem penomoran dibuat sefleksibel mungkin, sehingga meskipun ada perubahan pada hardware di trunk sentral tidak akan banyak berpengaruh.

<sup>31)</sup> George Calhoun, "Wireless Access and The Local Telephone Network", Artech House Inc., London, 1992, hal.478.

Pada sistem mobil seluler ada 3 metode penomoran yang dapat dipakai, yaitu :

### 1. Area Unspointed method

OAB - xxxxxxxx (082-4116125)

```

graph TD
    OAB --- OAB_text[OAB - xxxxxxxx]
    OAB_text --- no_STB[no STB]
    OAB_text --- access_code[access code untuk STB]
  
```

- metode ini memiliki kapasitas mencapai 10.000.000
- memungkinkan special charging, baik untuk pelanggan telepon biasa maupun pelanggan STB
- data link antar MTSO untuk remote file access harus ada (mahal)
- banyak modifikasi hardware, routing dan charging pada sentral telepon yang existing
- investasi tinggi
- cocok untuk sistem STB dengan kapasitas langganan besar
- sistem ideal, tapi coin box tidak dapat berhubungan dengan pelanggan STB

### 2. Area Assumed method I

OAB - CD - xxxxx (082-31-41161)

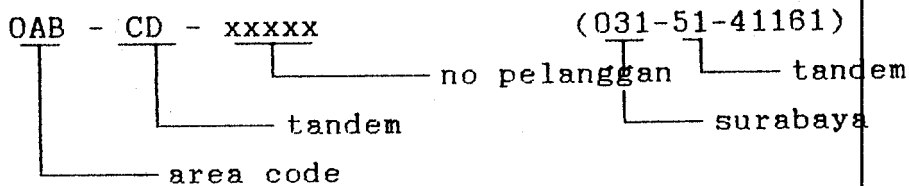
```

graph TD
    OAB --- OAB_text[OAB - CD - xxxxx]
    OAB_text --- no_pelanggan[no pelanggan]
    OAB_text --- area_code[area code]
    OAB_text --- access_code[access code]
    OAB_text --- surabaya[surabaya]
  
```

- kapasitas mencapai 100.000
- harus diketahui kedudukan area pelanggan STB (digit CD)

- special charging
- ada modifikasi untuk routing dan charging pada sentral
- data link untuk MTSO tidak diperlukan (ekonomis)
- cocok untuk kapasitas sedang
- coin box tidak dapat menghubungi STB

### 3. Area Assumed method II



- kapasitas mencapai 100.000
- harus diketahui lokasi pelanggan
- harus diketahui area STB yang hendak dituju
- special charging untuk pelanggan telepon biasa tidak bisa dilakukan
- data link antar MTSO tidak perlu (ekonomis)
- tidak ada modifikasi di sentral telepon
- metode ini lebih ekonomis dibandingkan kedua metode sebelumnya.

### Metoda Pentarifan (CHARGING)

Pada sistem telepon seluler tarif yang harus dibayar oleh pelanggan didasarkan pada jarak, asal panggilan dan juga dihitung berdasarkan lamanya waktu pembicaraan.

Ada dua metoda yang umum dipakai untuk pentarifan telepon STB, yaitu :

### 1. Toll Ticketing Charging

- Metode ini menggunakan sistem LAMA (Local Automatic Message Accounting). Data setiap hubungan direkam pada magnetic tape (data waktu pembicaraan, setting up, clearing, tipe hubungan dan jarak antar pelanggan yang saling berhubungan).
- Memungkinkan pencatatan yang teliti untuk charging maupun data statistik dari trafik setiap panggilan.
- Mahal, tapi fasilitas yang diberikan cukup andal.
- Perlu modifikasi hardware sentral.
- Bila jumlah MTSO lebih dari satu diperlukan link antar MTSO.

### 2. Metoda Pulsa

- Perhitungan didasarkan pada jumlah pulsa selama hubungan, yang dilakukan oleh pulse counter pada sentral telepon biasa yang menghubungkan pelanggan telepon seluler dengan pelanggan telepon tetap atau antar pelanggan telepon seluler itu sendiri.
- Waktu tiap pulsa bergantung jarak dan jumlah pulsa.
- Direkam dalam magnetic tape.
- Sama dengan charging untuk telepon biasa.
- Lebih memudahkan operator karena lebih sederhana, tidak perlu peralatan tambahan.

### III.2.3 PROSEDUR PERENCANAAN SISTEM

Perencanaan sistem telepon fixed cellular sifatnya adalah implementasi awal sistem, sehingga harus hati-hati untuk menghindari masalah-masalah yang timbul pada masa mendatang, terutama untuk menjamin kontinuitas ekspansi pada tahap berikutnya.

Kriteria-kriteria yang harus diperhatikan dalam mengembangkan sistem fixed cellular di masa mendatang :

- .kapasitas pelayanan yang mencukupi kebutuhan
- .efisiensi dalam pemakaian spektrum frekuensi
- .aspek ekonomis sistem (low cost).

Untuk itu prosedur yang harus ditempuh adalah sebagai berikut :

- .perkiraan kapasitas subscriber
- .estimasi distribusi trafik pada daerah pelayanan
- .estimasi jumlah Base Station yang berdasarkan pada usaha untuk mencakup seluruh daerah pelayanan dan menentukan lokasi sel
- .perencanaan coverage area masing-masing sel
- .perhitungan jumlah kanal yang dibutuhkan.

Untuk menjamin jumlah kanal radio yang memadai, maka masing-masing kanal radio ditentukan untuk pelanggan secara permanen.

Apabila nomor kanal radio yang siap pakai (tidak diduduki) terbatas, dapat digunakan dua pendekatan, yaitu dengan menggunakan trunk untuk memilih kanal yang siap pakai (bebas), atau dengan menggunakan kanal set up untuk

inisiasi panggilan untuk ditransfer dan dibawa ke kanal suara yang telah ditentukan.

Pemanfaatan kanal-kanal radio yang terbatas tersebut secara efektif dan efisien, dalam bentuk teknik guna-ulang frekuensi (*frequency reuse*) dan teknik pemantauan kanal-kanal bebas, serta teknik pendudukannya. Fungsi-fungsi kontrolnya sama dengan sistem telepon bergerak seluler.

Konsep pendayagunaan efisiensi kanal frekuensi juga meliputi :

- .pengurangan faktor interferensi antar kanal
- .perbandingan dari sinyal pembawa yang diinginkan dengan interferensinya (*Carrier to Interference Ratio*)
- .pemisahan sel (*cell splitting*).

Selain itu terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan agar sebagian besar nomor pelanggan dapat dilayani dengan kualitas yang baik, yaitu :

- .berapa jumlah pelanggan dapat dilayani dalam jam sibuk
- .berapa jumlah pelanggan yang dapat ditarik dalam sistem ini (*perkiraan demand*)
- .berapa jumlah kanal frekuensi yang dibutuhkan.

**III.2.3.1 Penentuan Kapasitas Subscriber**

Dalam market study beberapa sistem telepon seluler diperoleh gambaran jumlah pelanggan yang cenderung mengikuti grafik  $y = ax + b$ , dimana  $a$  : faktor pertumbuhan dan  $b$  : initial demand. Akan tetapi dapat juga berbentuk



lain tergantung antara lain harga jual sistem, mutu pelayanan, keandalan, dan tarif. Untuk produk yang berbeda mempunyai kapasitas yang berbeda pula.

### III.2.3.2 Perencanaan Daerah Pelayanan

Daerah pelayanan merupakan gabungan dari daerah cakupan beberapa sel yang ada dalam sistem. Secara teoritis telah banyak model kelompok sel yang mempunyai keunggulan-keunggulan tersendiri. Tapi distribusi trafik yang sebenarnya tidak mengikuti kehomogenan pola yang dimodelkan secara teoritis. Jadi bisa dikatakan bahwa pola sel yang direncanakan nantinya akan mengalami improvisasi sesuai dengan distribusi trafik yang diestimasikan. Karena bila hal ini tetap dipaksakan, selain tidak ekonomis juga tidak efisien. Misal, ada satu sel yang kepadatan trafiknya cukup tinggi sementara sel lain dengan trafik yang rendah sekali padahal masing-masing sel tersebut mempunyai kapasitas sama. Selain itu kondisi topografi dan geografi masing-masing lokasi tidak homogen.

### III.2.3.3 Distribusi Trafik

Distribusi trafik didasarkan pada kepadatan populasi penduduk, kepadatan lalu-lintas di jalan raya, atau kebiasaan pemakai telepon pada suatu lokasi. Diperlukan estimasi pada daerah-daerah tersebut.

Daerah dengan kepadatan trafik 0,03 Erl/subs

meliputi :

- .kawasan CBD (Central Bussiness District)
- .kawasan industri
- .kawasan perdagangan.

Daerah dengan kepadatan trafik 0,025 Erl/subs :

- .seluruh daerah selain yang telah tersebut di atas
- .ada kemungkinan dengan kepadatan trafik lebih rendah atau lebih tinggi, tapi karena sebagian besar berada di luar kota yang akan dilayani oleh sel yang mempunyai cakupan lebih luas, maka kepadatan trafik dapat dibuat rata-rata.

#### III.2.3.4 Pemilihan Letak Base Station

Pemilihan didasarkan pada lokasi sentral-sentral telepon PSTN yang ada. Hal ini dimaksudkan untuk memanfaatkan fasilitas yang telah ada di sentral-sentral tersebut, seperti tower, power supply, dan approach link, mengingat untuk lokasi dalam kota bila harus membeli perangkat-perangkat tersebut akan memakan biaya yang sangat mahal.

Pertimbangan lain dalam menentukan lokasi base station adalah berdasarkan pada daerah cakupan yang akan dilayani, yang dalam hal ini tergantung pada pembagian wilayah kota tersebut. Misalnya jika suatu kota yang akan dilayani dibagi menjadi tiga wilayah maka diperlukan tiga base station agar bisa mencakup keseluruhan wilayah.

### III.2.3.5 Pemilihan Letak Sentral Seluler

Seluruh base station disambungkan ke sentral ini dengan menggunakan approach link. Sentral di sini berfungsi sebagai pengontrol utama, penghubung (interface) antara telepon seluler dengan telepon tetap.

Kedudukan sentral setingkat dengan primary trunk center pada hirarki jaringan telepon, sehingga untuk menghasilkan kapasitas maksimum dan probabilitas of loss rendah, sentral tersebut disambungkan ke sentral tandem. Karena sentral seluler dan tandem memerlukan interface, maka akan sangat ekonomis bila letak sentral tersebut dijadikan satu dengan lokasi tandem.

### III.2.3.6 Menentukan Daerah Cakupan (Coverage Area)

Untuk menentukan daerah cakupan masing-masing sel perlu diketahui topografi daerah yang akan dilayani. Ada tiga katagori daerah, sebagai berikut :

- daerah perkotaan (urban area), dibagi menjadi :
  - high density area, yaitu daerah dengan gedung-gedung pencakar langit dalam jumlah dominan. Misalnya, CBD London, Singapura, New York, Sidney, dan lain-lain.
  - medium density area, misalnya CBD Manila, Jakarta, Bangkok, dan lain-lain.
- daerah pinggiran kota (sub urban area), yaitu daerah dimana gedung-gedung dengan ketinggian lebih dari dua lantai, terdapat dalam jumlah yang kecil saja.
- daerah pedesaan (rural area / outer sub urban), yaitu

daerah dengan kondisi campuran antara pemukiman, pertanian dan tanah terbuka (open area).

Distribusi trafik juga perlu dipertimbangkan untuk menentukan daerah cakupan tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan membagi beberapa sel dimana masing-masing sel mempunyai kepadatan trafik sesuai yang ditentukan.

Dari tabel 3.3 daerah cakupan untuk daerah urban dibatasi oleh level penerimaan sinyal sebesar 55 dBuV/m dengan kepadatan tinggi (high density) dan jenis unit pelanggan hand held. Satuan dBuV/m menunjukkan ukuran kerapatan daya pada suatu titik tertentu, yaitu beda potensial yang melewati jarak 1 meter dari ruangan yang diukur ke arah propagasi dan di dalam arah antena yang ditest, didefinisikan sebagai berikut :

$$\text{dBuV/m} = 20 \log \frac{\text{beda potensial melewati 1 meter}}{1 \text{ mikrovolt}}$$

TABEL 3.3<sup>32)</sup>  
DAERAH CAKUPAN UNTUK KONDISI YANG BERBEDA

AREA	RECOMMENDED FIELD STRENGTH
Urban CBD	55* dBuV/m average
Suburban	39 dBuV/m average
Rural	34 dBuV/m average

32) Cellular Radio Group Training Session, "Planning and Design of Cellular Radio Including Rural Applications", International Telecommunication Union, and The Directorate General of Post and Telecommunications, Jakarta, 1988, hal.10.

### III.2.3.7 Jenis Pelayanan bagi Pelanggan

Pelayanan yang diharapkan memiliki keandalan tinggi dengan penerapan teknik-teknik yang menghasilkan sistem accessibility pada saat-saat trafik puncak (peak traffic hours). Pelayanan yang diberikan kepada pelanggan yaitu :

#### 1. Pelayanan telepon bergerak.

Pelayanan ini dapat diberikan kepada kendaraan bergerak pada umumnya yang tercakup dalam zone radio. Feature yang disediakan berupa special number service, automatic call transfer, dan lain-lain. Aspek teknis dan ekonomis dapat dilakukan dengan mempertimbangkan :

- kondisi geografis dan kepadatan trafik (high density traffic sampai low density traffic). Sehingga diperlukan flexibility dalam perencanaan sistem, khususnya untuk pengaturan cell size (dan sentral, bila kepadatan trafik memungkinkan pemakaian lebih dari satu sentral) bagi pusat kota dan zone ekonomi atau CBD (high density traffic), dalam kota dengan trafik yang tidak terlalu tinggi dan luar kota (low density traffic)
- fleksibel dalam perencanaan software sehingga dapat menyesuaikan penerapan kebijaksanaan penomoran dan pentarifan (charging)
- modularity dan expandability (bersifat modular dan mudah untuk pengembangannya)

#### 2. Pelayanan telepon tetap.

Cocok untuk tempat yang termasuk cakupan radio dan

daerah yang belum memiliki jaringan PSTN. Dalam hal ini telepon tetap tidak boleh menjadi unit mobil. Jenis pelayanan ini menyediakan feature antara lain telepon coin, special number service dan automatic call transfer. Optimasi dapat dilakukan dengan menentukan kategori charging yang berbeda antara telepon mobil dengan telepon tetap.

### 3. Pelayanan semi portable.

Dimana pelanggan menggunakan handheld dan unit transportable (shoulder type). Pelayanan pada daerah-daerah yang tercakup oleh zone radio yang ada. Diperlukan pengaturan kategori charging dan fasilitas battery saving.

### III.2.3.8 Perencanaan Jumlah Pelanggan

Kebutuhan jumlah pelanggan menunjukkan suatu ukuran yang akan dipakai untuk menentukan berapa banyak pelanggan yang akan disediakan dalam suatu sistem dan berapa tinggi tingkat kepadatan trafik yang akan dibangkitkan. Hal ini merupakan dasar dari seluruh perencanaan jaringan telepon.

Volume dan distribusi geografis dari kebutuhan trafik dapat dihitung dengan menggunakan data demografi seperti distribusi populasi penduduk, distribusi pemilik mobil, distribusi level pendapatan, distribusi kebutuhan telepon, dan lain-lain. Dari hasil prediksi tersebut dapat dipakai sebagai langkah awal dalam perencanaan saluran untuk suatu daerah dimana telepon seluler belum

ada (virgin).

Jumlah calon pelanggan telepon seluler dapat diperkirakan dari jumlah kebutuhan telepon tetap, yaitu dengan mengambil asumsi 1% dari jumlah kebutuhan telepon tetap adalah calon pelanggan telepon seluler.

Model yang digunakan adalah model lokasi sentral, yaitu suatu model deret waktu baik linier maupun eksponensial yang diterapkan pada masing-masing sentral, sehingga diperoleh jumlah kebutuhan telepon masing-masing sentral pada waktu tertentu. Dalam peramalan ini pendekatan global dilakukan melalui pengembangan model dengan menggunakan variabel-variabel jumlah penduduk, pendapatan perkapita, jumlah pelanggan yang ada dan tarif telepon, sehingga hasil peramalan cukup akurat. Dengan model ini didapat jumlah kebutuhan telepon untuk masing-masing sentral, kemudian dijumlahkan sehingga diperoleh jumlah total kebutuhan telepon seluruh sentral dalam kawasan suatu kota. Untuk telepon fixed cellular ini diambil 1% dari jumlah total tersebut. Untuk mengatasi faktor-faktor yang tidak terduga maka ditambah 30% dari hasil tersebut.

Pada akhirnya peramalan ini hanyalah suatu perkiraan teoritis. Banyak hal yang mempengaruhi keakuratannya seperti data atau informasi yang digunakan, baik internal maupun eksternal. Ketepatan dari perkiraan ini lebih bisa dilihat sebagai hasil pendekatan dari berbagai hal pula, antara lain jasa pemasangan telepon,

pelayanan perusahaan terhadap pelanggan, kemampuan perusahaan dan lain-lain. Faktor lain yang juga berpengaruh ialah perubahan tarif yang sangat tinggi yang sifatnya berupa satu lonjakan. Untuk mengetahuinya diperlukan beberapa pengamatan perilaku konsumen, analisa kepekaan harga permintaan dan sebagainya.

Selain masalah penentuan jumlah pelanggan, perlu dipertimbangkan juga trafik pelanggan. Trafik sebesar 0,01 sampai 0,03 Erlang dipandang cukup memadai baik ditinjau dari segi pelayanan maupun segi ekonomi. Namun trafik rata-rata per subscriber ditentukan oleh kebiasaan dan cara-cara pelanggan dalam menggunakan telepon.

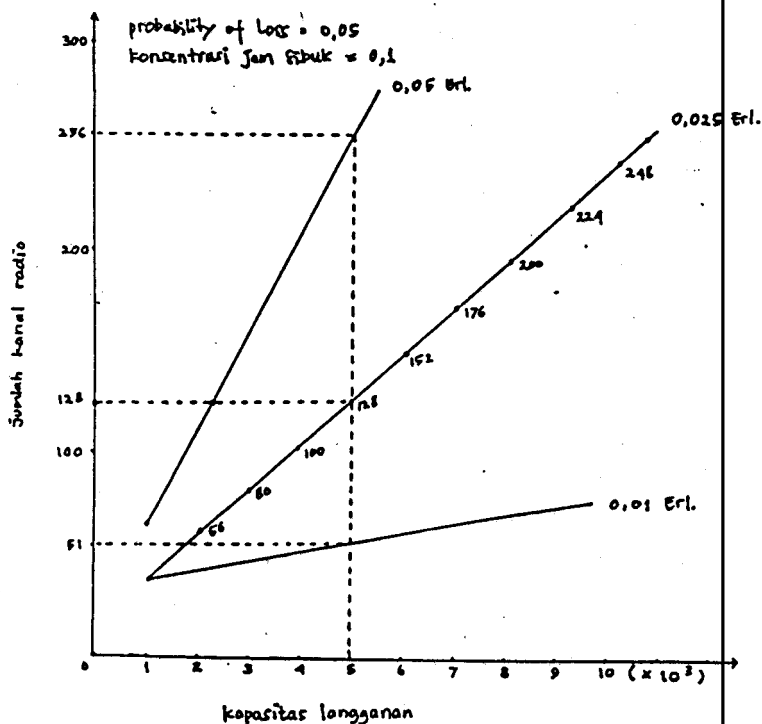
Ada batas-batas tertentu bagi suatu sistem dimana nilai trafik yang diberikan masih memungkinkan kembalinya investasi. Harus dihindarkan adanya desain sistem dengan jumlah pelanggan sedikit tapi trafik tinggi, karena pada sistem telepon seluler berarti akan menaikkan jumlah kanal radio yang tersedia atau mengurangi jumlah langganan.

Bila biaya setiap panggilan tetap sama, maka harga jual yang dibebankan pada calon pelanggan akan tinggi. Untuk alasan inilah perencanaan sistem dan evaluasi ekonomi menentukan bahwa trafik yang cukup optimum adalah sebesar 0,025 Erlang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 3.9 yang menunjukkan hubungan antara jumlah kanal dan jumlah subscriber untuk trafik 0,05 ; 0,025 ; 0,01 Erl.

Dari gambar tersebut trafik/subscriber sebenarnya adalah rendah, tapi dengan jumlah kanal radio yang sama



maka jumlah pelanggan yang dapat dilayani lebih besar, sehingga penggunaan frekuensi makin ekonomis. Contohnya bila sistem mempunyai kanal sebanyak 128 kanal, maka untuk trafik 0,05 ; 0,025 dan 0,01 Erlang, jumlah pelanggan yang mampu dilayani berturut-turut adalah 2480 ; 5000 dan 13.000 (perkiraan yang lebih teliti akan menghasilkan jumlah yang lebih besar karena garis lurus pada grafik adalah hanya pendekatan).



GAMBAR 3.9  
GRAFIK HUBUNGAN ANTARA JUMLAH KANAL DAN JUMLAH SUBSCRIBER

Jika kondisi pelanggan telepon seluler (a) dan (b) serta kondisi sistem (c) diketahui, maka trafik/subscriber dapat dihitung sebagai berikut :

$$a \times b \times c \times 1/60 \text{ Erl.}$$

dimana : a = rata-rata terjadinya panggilan/hari

b = rata-rata lama pembicaraan (menit)

c = tingkat konsentrasi pada jam sibuk

Namun kondisi trafik tidak sama untuk setiap lokasi, sehingga perlu optimasi secara teknis atau dengan pertimbangan ekonomis.

### III.3 KARAKTERISTIK SISTEM FIXED CELLULAR

Karakteristik dasar untuk pemakaian telepon bergerak seluler sebagai fixed cellular meliputi :

- karakteristik dasar kanal suara
- fasilitas pelayanan
- teknis operasional
- keandalan
- kapasitas trafik - GOS
- lebar bidang frekuensi
- catu daya
- sistem modulasi

#### III.3.1 KARAKTERISTIK DASAR KANAL SUARA

Untuk menghasilkan sistem telepon seluler yang baik maka dibutuhkan kanal-kanal kontrol yang digunakan untuk

pensinyalan antara peralatan pelanggan dan sistem radio.

Penggambaran lengkap dari kanal suara meliputi spesifikasi dari parameter-parameter kanal suara seperti berikut :

- gangguan pada rangkaian (circuit noise)
- tanggapan frekuensi (frequency response)
- waktu tunda sampul (envelope delay)
- gangguan impuls (impulse noise)
- stabilitas penguatan (gain stability),

demikian juga seperti impedansi, rugi-rugi balik (return loss), keseimbangan (balance) dan lain-lain pada interface.

Semua parameter di atas adalah penting, tetapi yang akan dikaji di sini hanya gangguan rangkaian (circuit noise).

#### III.3.1.1 Penampilan Noise pada Radio Seluler

Sistem radio seluler bergerak, biasanya tidak mengkhususkan level noise tertentu dalam bentuk absolut. Penampilan kanal dispesifikasikan dalam bentuk *Mean Opinion Scores (MOS)* yang merupakan tingkat kepuasan, yang diekspresikan oleh sekumpulan pemakai untuk sebuah rangkaian yang diberikan.

Untuk aplikasi pelayanan tetap (fixed service), digunakan harga mutlak (absolut) dari parameter-parameter rangkaian, seperti level noise, respons frekuensi, dan sebagainya. Hypothetical Reference Connections (HRC) juga

mengalokasikan noise yang diijinkan untuk berbagai bagian dari sebuah rangkaian yang belum pernah dibangun untuk mobil seluler.

Sistem radio seluler analog menggunakan modulasi FM dan companding. Pada sistem mobil, penampilan sistem (performance) umumnya dipengaruhi oleh fading yang terjadi secara cepat akibat gerakan pelanggan. Pada sistem fixed, lintasan radio pada dasarnya didefinisikan stabil secara komparatif dan terpengaruh sedikit dari fading. Untuk mengatasinya, dapat didesain sesuai dengan prinsip-prinsip operasi dasarnya. Di antaranya dengan menggunakan antena pengarah (directional) untuk stasiun pelanggan, sehingga dapat menaikkan penguatan sistem dan membantu mengurangi efek interferensi.

Berdasarkan laporan, dalam keadaan mantap (tanpa fading, level sinyal yang diterima tinggi, tanpa interferensi) level noise dalam range 1.000 sampai 10.000 pwp ( $10^{-9}$  watt = -60 dBm sampai  $10^{-8}$  watt = -50 dBm) adalah harga rata-rata standar dari radio seluler.

Companding, secara umum digunakan untuk memperbaiki pengaruh noise sampai orde 10 dB atau 20 dB, mengurangi noise rangkaian steady state menjadi 100 sampai 1.000 pwp untuk keadaan yang sama. Terlihat bahwa hanya "keuntungan" 10 dB (perbaikan level pengaruh noise) yang diasumsikan untuk perencanaan tujuan dan pencegahan efek-efek yang mungkin timbul pada penggunaan compandor secara seri untuk suatu jaringan.

### 111.3.1.2 Local Loop Noise Performance

Gambaran adanya performance noise pada local loop dikemukakan untuk sistem analog. Sebagai contoh, HRC mengijinkan antara 100 sampai dengan 500 pwp untuk hubungan ke sentral lokal. Hal ini penting jika sasarannya adalah terwujudnya penyediaan kualitas pelayanan yang baik untuk daerah urban. Sebagai contoh, membuat batas daya noise sebesar 350 pwp untuk saluran sejauh 50 km dan 500 pwp untuk saluran 100 km.

Pada kenyataannya level noise pada umumnya sebesar 4.000 sampai 10.000 pwp, sedangkan pemakaian 1.000 pwp hanya untuk keperluan teoritis. Untuk hubungan trunk pada daerah rural, menggunakan 1.000 pwp (noise rangkaian dalam jaringan nasional), sesuai dengan CCIR Rec.393-1.

Sistem Narrowband FM seperti pada mobil cellular, menawarkan performance yang memungkinkan untuk sejumlah penerapan, namun dibatasi oleh noise inheren sisa dalam sistem tersebut. Oleh karena itu disainnya diperuntukkan bagi daerah dimana noise peralatan sisa dapat diabaikan, karena tidak banyak berpengaruh dibandingkan dengan noise yang disebabkan oleh interferensi dan fading lintasan jamak (multipath fading).

Teknik *wideband* pada sistem TDMA (Time Division Multiple Access) menawarkan performance noise rendah (rata-rata 100 sampai 200 pwp), seperti pada sistem digital yang menggunakan standar PCM (Pulse Code Modulation) dengan pengkodean A & U .

### III.3.2 FASILITAS PELAYANAN

Pelayanan yang diberikan pada dasarnya untuk hubungan telepon kabel biasa. Pada kenyataannya berbagai macam pelayanan tambahan terus dibutuhkan, misalnya untuk daerah rural dan remote area dibutuhkan adanya telepon umum (pay phone), di samping itu juga fasilitas telex, facsimile, dan berbagai macam pelayanan komunikasi data. Hal ini menggambarkan perlunya jangkauan yang lebih luas dalam pelayanan telekomunikasi selanjutnya yang dapat disediakan juga untuk pelanggan-pelanggan hubungan radio lainnya.

### III.3.3 TEKNIS OPERASIONAL

Dalam penyediaan sarana telekomunikasi, lokasi stasiun pelanggan harus diperhatikan. Karena untuk menempatkan terminal pelanggan hanya dimungkinkan pada lokasi yang diijinkan oleh pelanggan tersebut, maka kadang-kadang tidak sesuai dengan persyaratan yang dikehendaki untuk pemasangan antena radio yang terbaik.

Pada dataran berbukit, biasanya perumahan paling banyak dibangun di bagian lembah atau dimana keadaan alam menguntungkan. Hal ini harus diperhitungkan dalam desain sistem, contohnya menyesuaikan peralatan seluler untuk membuat loop rangkaian 1.200 ohm (termasuk pembangunan telepon) ketika digunakan dalam pelayanan fixed.

Ada dua sistem pengoperasian, yaitu yang disebut sistem dengan pelindung dan tanpa pelindung. Pada sistem

tanpa pelindung, dibutuhkan perlindungan penuh terhadap lingkungan sekitarnya, yang meliputi perlindungan terhadap hujan, debu, pasir, atmosfer korosif, serangga, jamur, dan lain-lain. Pengoperasian dilakukan pada kelembaban tinggi dan range temperatur dari  $-35^{\circ}$  sampai  $+55^{\circ}$  harus ditentukan tersendiri.

Sedangkan pada sistem dengan pelindung, tentu saja perlindungan terhadap lingkungan tidak banyak dibutuhkan. Peralatan dapat tetap beroperasi pada temperatur lebar ( $-10^{\circ}$  sampai  $+55^{\circ}$ ) dan kelembaban (5 - 95 %).

#### III.3.4 KEANDALAN

Desain lintasan radio pada fixed service memungkinkan keandalan keseluruhan untuk pelanggan pribadi tidak kurang dari 99% dengan memperhatikan pengaruh propagasi dan peralatan. Hal ini akan menghasilkan Quality of Service (kualitas pelayanan) sebanding dengan pelayanan daerah urban yang menggunakan sistem saluran kabel. Beberapa saluran komunikasi biasanya didesain dengan keandalan yang lebih tinggi untuk pelayanan yang lebih baik.

#### III.3.5 KAPASITAS TRAFIK - GRADE OF SERVICE (G O S)

GOS atau derajat pelayanan adalah probabilitas kegagalan panggilan pada jam sibuk. GOS didesain untuk orde 1%, tetapi kadang-kadang mencapai 5%, sedangkan untuk pelayanan yang lebih baik mempunyai range 0.1 sampai 0.5%.

Dalam hal ini tidak mempengaruhi kualitas jaringan nasional. Harus diperhatikan adanya pertumbuhan jumlah pelanggan dan probabilitas kerugian yang lebih tinggi, sehingga dapat diupayakan untuk menghindari ketidakpuasan pelanggan.

Faktor-faktor yang harus diperhatikan :

- jumlah kanal radio yang dibutuhkan
- jumlah pelanggan yang akan dilayani
- intensitas trafik per pelanggan

Intensitas trafik rata-rata 0,05 hingga 0,09 Erlang per pelanggan untuk pelanggan telepon tetap. Sedangkan untuk telepon seluler rata-rata 0,02 Erlang.

### III.3.6 ALOKASI BAND FREKUENSI

Karena spektrum frekuensi secara alamiah terbatas, maka alokasi band frekuensi yang digunakan pada sistem seluler juga terbatas. Untuk itu sistem fixed cellular ditentukan menggunakan alokasi band frekuensi seperti yang digunakan pada komunikasi daerah rural, dimana permintaan komunikasi bergerak adalah relatif kecil, sementara itu penyediaan pelayanan telekomunikasi melalui fasilitas saluran kawat relatif lebih mahal.

Alokasi band frekuensi yang dipakai di sini sama dengan yang dipakai pada sistem bergerak seluler, yaitu 400 MHz dan 800/900 MHz. Pada dasarnya beberapa alokasi frekuensi tersebut dapat dipakai untuk fixed cellular, tetapi perlu diperhatikan adanya daerah interferensi pada



daerah yang ditentukan untuk pengoperasian sistem ini. Hal ini disebabkan beberapa kriteria pada sistem fixed cellular adalah berlawanan dengan sistem bergerak seluler. Untuk itu diperlukan studi lebih lanjut untuk menentukan alokasi band frekuensi sistem fixed cellular yang tepat.

### III.3.7 CATU DAYA

Untuk daerah urban persoalan catu daya tidak menjadi masalah, karena lokasi fixed cellular nantinya ditumpangkan pada sentral telepon PSTN atau MTSO, sehingga dapat memanfaatkan catu daya yang ada pada sentral tersebut.

Jika sistem fixed cellular akan diterapkan di daerah rural, maka permasalahan yang ada pada beberapa daerah rural ialah tidak tersedianya daya a.c. yang andal sebagaimana di daerah urban atau suburban. Sehingga harus diusahakan penyediaan catu daya yang sesuai untuk daerah rural dengan mengingat sumber daya yang ada. Misalnya dengan mengusahakan catu daya dari tenaga matahari (solar cell) yang cukup memadai untuk kondisi tersebut.

### III.3.8 SISTEM MODULASI

Sistem mobile seluler kebanyakan beroperasi menggunakan modulasi analog, sehingga untuk penerapan sistem fixed cellularpun disesuaikan dengan modulasi sistem mobil. Sementara itu sistem seluler digital tengah dikembangkan dan diharapkan dapat memperbaiki performance.

Selanjutnya akan sangat menarik jika diusahakan untuk mengembangkan kedua sistem modulasi tersebut, yaitu sistem fixed cellular analog dan digital. Di masa mendatang akan dikembangkan sistem telekomunikasi mobil umum untuk masa depan ( *future public land mobile telecommunications systems = FPLMTS* ) untuk diterapkan pada sistem pelayanan tetap.

Pada pengembangan sistem fixed seluler digital, perlu diperhatikan kecenderungan umum dalam dunia telekomunikasi, yaitu tengah dikembangkannya jaringan digital pelayanan terpadu (Integrated Services Digital Network = ISDN), sehingga jaringan fixed cellular tidak akan terlepas dari jaringan ISDN.

Umumnya sistem digital akan memperbaiki performance sistem dibandingkan dengan sistem analog, khususnya pada efisiensi pemakaian spektrum dan toleransi interferensi yang lebih besar.

Sistem ini memakai laju bit rendah pada pengkodean suara untuk mencapai efisiensi spektrum. Ini menyebabkan tambahan *throughput delay* (pada orde 50 ms), yang mana saluran tersebut merupakan bagian dari saluran jarak jauh (long distance) atau panggilan internasional (international call), yang dapat mempengaruhi delay keseluruhan sistem dimana untuk mengatasinya dibutuhkan echo canceller.

Kualitas kanal suara dari sistem, yang menggunakan sistem pengkodean 64 kbit/s PCM atau 32 kbit/s ADPCM hanya

dapat ditentukan menggunakan metode pengesanan CCITT. Sistem dengan bit rate rendah harus dites dari perspektif penurunan performance yang lebih besar yang diakibatkan oleh konversi pada A/D konverter atau pengkodean ulang yang ada pada beberapa jaringan telekomunikasi.

Sistem ISDN sama dalam format akses dasarnya yang mungkin, yaitu 2B+D (yaitu interface standar basic rate yang menggunakan 2 kanal B = 64 kb/s untuk komunikasi data, mode paket dan suara, dan 1 kanal D = 16 kb/s untuk informasi signalling yang menghubungkan peralatan switching dan pelanggan ISDN).

Untuk penerapan fixed service, performance saluran radio untuk hubungan lokal diuji dalam standar CCIR. Juga untuk mempresentasikan performance dan keandalan sistem telepon melalui sistem radio relay digital pada jaringan rural lokal, yang beroperasi pada band ke 8 dan 9.

### III.3.9 SISTEM FIXED CELLULAR OPTIMAL

Setelah mengetahui karakteristik sistem fixed cellular, berikut ini akan dikemukakan spesifikasi dasar dari sistem fixed cellular yang optimal.

Kriteria sistem yang optimal hanya merupakan gambaran teoritis, untuk itu diperlukan studi lanjutan.

Spesifikasi fixed cellular optimal tersebut antara lain :

1. Sistem fixed cellular yang optimal menggunakan teknik TDMA (Time Division Multiple Access).
2. Sistem ini didesain terutama untuk penyediaan

telekomunikasi di daerah rural dan remote area melalui radio dengan level performance tinggi dan kualitas lebih baik atau sama dengan saluran kawat pada daerah urban, tapi dapat menjangkau daerah pelayanan ratusan kilometer.

3. Kebanyakan sistem ini beroperasi dengan band frekuensi gelombang mikro antara 1,427 dan 2,690 GHz.
4. Jenis pelayanannya biasanya disediakan dalam fasilitas tambahan pada telepon kabel (2 saluran), dan di masa mendatang akses dasar dari ISDN 2B+D penuh juga akan disediakan.
5. Penggunaan repeater radio diperlukan pada sistem yang menjangkau ratusan kilometer dan juga disediakan hubungan untuk kelompok pelanggan yang terisolir ke sentral tujuan.
6. Pada umumnya, tiap-tiap sistem didesain untuk melayani kelompok pelanggan dari satu stasiun pelanggan, sehingga menyediakan pelayanan yang lebih ekonomis untuk kelompok pelanggan tersebut.
7. Performance sistem biasanya ditentukan dalam bentuk perincian karakteristik kanal (noise, respon frekuensi, envelope delay, dll). Level noise standar dari orde 100 hingga 200 pwp (-70/-69 dBm) dan lintasan radio didesain untuk menyediakan keandalan dalam orde 99% atau lebih.

#### III.4 APLIKASI SISTEM TELEPON FIXED CELLULAR

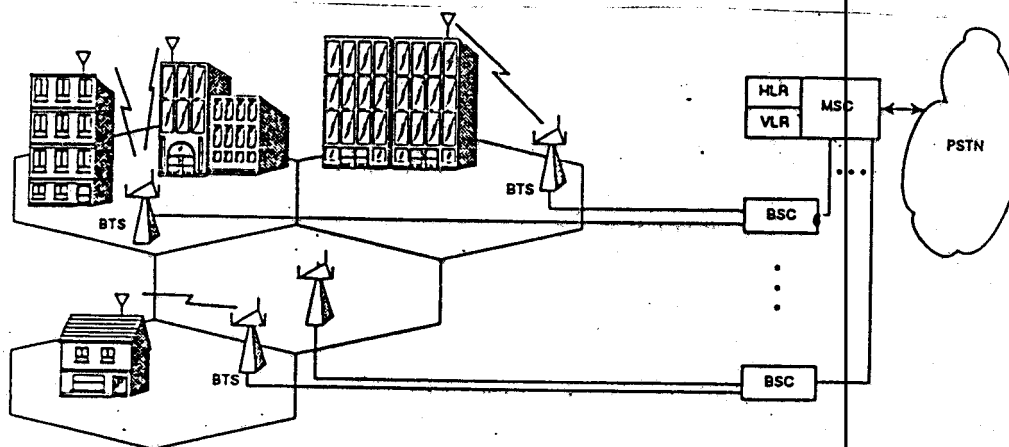
Sistem telepon fixed cellular dapat diaplikasikan

baik untuk jaringan pelanggan tetap maupun jaringan pelanggan bergerak.

Menurut daerah pelayanannya, sistem fixed cellular dapat diterapkan untuk daerah urban maupun daerah rural. Pada daerah urban atau yang padat penduduknya menggunakan teknik *frequency reuse*. Sedangkan untuk daerah rural dapat berupa *fixed cellular mobile*, *moveable fixed mobile*, dan *cellular payphone*.

### III.4.1 FIXED CELLULAR DENGAN FREQUENCY REUSE

Sistem ini menggunakan pemancar ganda dengan daya rendah. Fasilitas switchingnya menggunakan *backhaul* dimana perangkat MS ( Mobil Station ) nya berada di apartemen-apartemen atau gedung-gedung perkantoran.

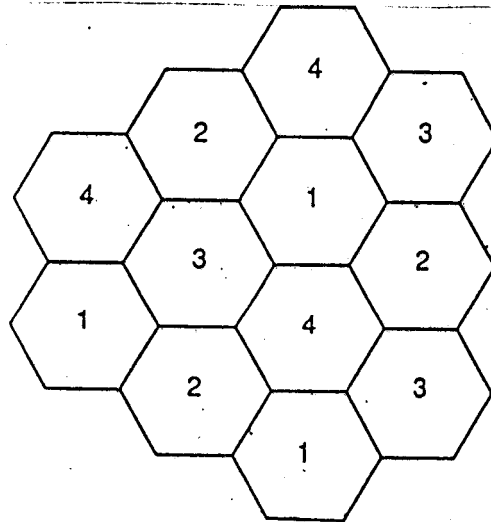


GAMBAR 3.10<sup>33)</sup>  
SISTEM FIXED CELLULAR DENGAN FREQUENCY REUSE

33) \_\_\_\_\_, "Hughes Network System", Hughes Aircraft Company, Mar 1992  
hal. 152.

Sebagai contoh dapat dikemukakan data-data penerapan sistem ini di Amerika. Misalnya diasumsikan lebar band sistem ini dapat menyediakan 395 kanal. Terbagi menjadi 72 grup masing-masing 16 kanal, sehingga jumlah kanal total sama dengan 1.152 kanal. Daerah cakupan dapat ditentukan dengan jumlah sel 12 sel dengan kanal 96 RF. Masing-masing sektor membawa dua grup 16 kanal dengan trafik 0,05 erlang untuk melayani 275.000 pelanggan.

Untuk meningkatkan kemampuan sistem ini digunakan pengulangan 4 kali (4 x reuse). Masing-masing sel menggunakan 1/4 frekuensi (96 kanal), sehingga jumlah kanal tetap 1.152 kanal. Gambar 3.11 memberikan ilustrasi penerapan frequency reuse 4 kali.



GAMBAR 3.11<sup>34)</sup>  
PENERAPAN FREQUENCY REUSE 4X

<sup>34)</sup> Ibid, hal.155.

### III.4.2 "FIXED" CELLULAR MOBILE

Mobil seluler yang didesain untuk instalasi tetap, dan menggunakan pesawat telepon seperti pada telepon konvensional.

Sistem mobil konvensional biasanya dibuat dalam bentuk paket-paket yang mengandung komponen-komponen elektronik sehingga handset seluler dan interface pengebelan menjadi satu bentuk kompatibel dengan POT (Plain Old Telephone). Sehingga pelanggan pada sentral tersebut tidak mengetahui bahwa mereka sebenarnya sedang memakai sistem seluler.

Apabila telepon menggunakan antena luar (eksternal) maka biaya instalasi dan pemeliharaan akan bertambah. Akan tetapi dengan menggunakan antena luar maka jangkauan yang efektif dapat ditingkatkan. Hal ini akan mengurangi biaya infrastruktur base station, yaitu dengan mengurangi ketinggian antena base station dan mungkin juga jumlah base station.

Masalah selanjutnya, pada daerah yang menggunakan antena luar, base station yang menyediakan daerah cakupan tetap secara terus menerus, tidak akan mampu menghasilkan daerah cakupan mobil.

### III.4.3 MOVABLE "FIXED" MOBILE

Pelanggan diberi telepon jinjing konvensional (transportable) atau handheld, sehingga biaya akhir akan lebih rendah.

Hal ini relatif lebih mudah untuk membedakannya dengan telepon mobil biasa, dan memiliki laju tarif yang berbeda. Selain itu juga akan relatif mudah untuk memasang unit movable ke sel rumah. Hal ini dapat mencegah pelanggan dari membeli perangkat "fixed mobile" yang lebih murah untuk digunakan sebagai telepon mobil.

Pada kasus ini, merupakan ide yang bagus untuk menggunakan sistem mobil ini untuk mensubsidi pelanggan di daerah rural. Tetapi tujuan utama perencananya dibuat untuk penyediaan daerah metropolitan dengan fasilitas roaming dari mobile ke daerah tersebut. Untuk itu diperlukan suatu perusahaan yang dapat menyediakan kedua fasilitas tersebut, dan tidak terlalu sulit menyediakan sistem yang sama untuk sentral yang berbeda.

#### III.4.4 CELLULAR PAYPHONE

Cellular payphone (telepon umum seluler) merupakan cara yang praktis untuk menyediakan pelayanan umum pada daerah pinggiran, seperti daerah kepulauan, pegunungan dan jalan-jalan tol (untuk keadaan darurat) dimana sistem seluler siap dipasang.

Unit-unit pelayanan umum yang ada (dilengkapi dengan kabinet-kabinet) dapat menghitung panggilan dari remote site dan melaporkan kembali ketika coin box penuh atau terjadi kerusakan daya. Unit-unit tersebut biasanya mengandung *look up table* (tabel yang tampak) yang memberi kemudahan dalam penghitungan panggilan (kecepatan



panggilan) untuk dibaca dari digit-digit yang diputar.

Telepon-telepon ini, yang menjadi portable, dapat dipindah ke suatu tempat secara cepat untuk keadaan darurat dan memaksa, saat dibutuhkan. Hal ini khususnya jika menggunakan daya dari matahari.

Pulsa-pulsa meter dihasilkan secara lokal sehingga payphone konvensional dapat dipasang pula secara terpadu. Perlu diperhatikan bahwa biasanya payphone menjadi sasaran banyak kerusakan, sehingga jika handset dapat dipasang terpadu dengan unit telepon umum yang telah ada maka pemeliharaannya dapat lebih mudah.

### III.5 PERKEMBANGAN SISTEM TELEPON FIXED CELLULAR

Ada sejumlah perusahaan yang mengkhususkan dalam menangani telepon fixed cellular. Sistem telepon fixed cellular dapat beroperasi dengan cara berdiri sendiri, atau sebagai bagian dari jaringan telepon bergerak. Karena tidak memerlukan pemeliharaan kabel atau kawat telanjang, maka sistem ini relatif lebih murah dibandingkan untuk pemeliharaan jaringan kawat, meskipun pada daerah pantauan (remote area) pemeliharaan unit mobil merupakan masalah tersendiri.

Instalasi telepon fixed cellular pada mulanya kelihatan kontradiksi jika dilihat dari bentuknya dan teknologinya. Di Malaysia dan beberapa negara lain telah diterapkan sistem telepon fixed cellular ini. Untuk melayani daerah remote area dengan menggunakan pay phone,

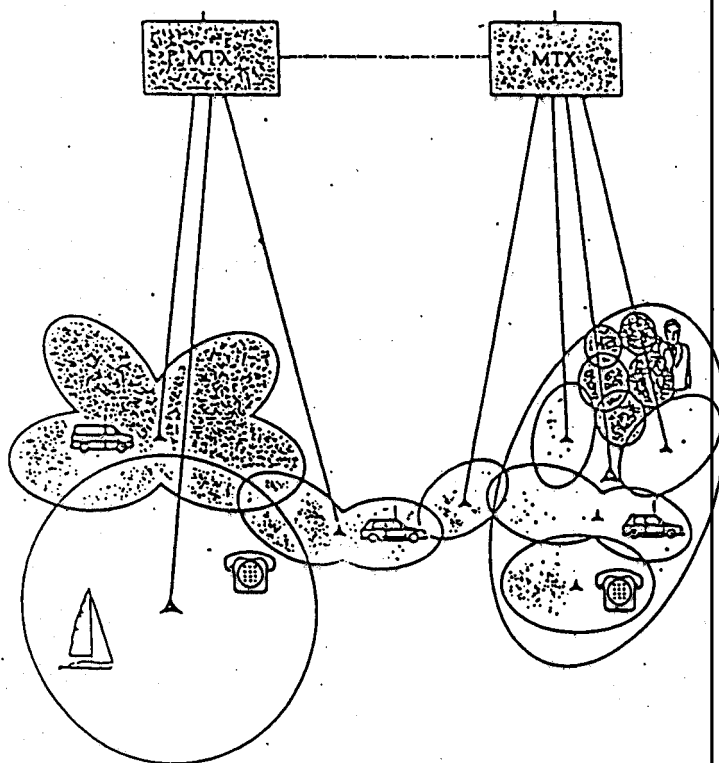
Malaysia memasang sejumlah 500 telepon fixed cellular, sedangkan pelanggan telepon bergerak cellular ada 17.000 pelanggan.

Malaysia menggunakan jaringan ATUR (Automatic Telephone Using Radio) dengan sistem NMT 450, yang memiliki 180 kanal dan jarak kanal 25 kHz. Daerah cakupan normal masing-masing Radio Base Station adalah dalam radius 15-30 km.

Ukuran sel yang dipakai sering disebut *umbrella cells*, yaitu teknik sel yang baik untuk menyediakan daerah cakupan secara cepat melewati sebuah kota, dan membuka daerah rural dalam waktu yang sama. Memang sering terjadi penerimaan black spots dalam sel umbrella, tetapi keuntungan-keuntungan yang diperoleh untuk menyediakan daerah cakupan pada daerah baru lebih penting dari pada terlalu khawatir terhadap terjadinya black spots (lihat gambar 3.12).

Dengan sel umbrella ini maka ada pengembangan jumlah sel-sel kecil konvensional dalam umbrella, sehingga meningkatkan jumlah pelanggan dan level trafik. Sel umbrella seperti ini telah diimplementasikan dari sebuah bukit melewati Kuala Lumpur, dengan sel-sel lebih kecil yang melayani pusat kota.

PTT Malaysia tidak hanya memelopori dalam penggunaan telepon fixed cellular pada pengembangan daerah rural, tetapi telah selangkah lebih maju lagi. Mereka telah memulai program instalasi telepon umum cellular.

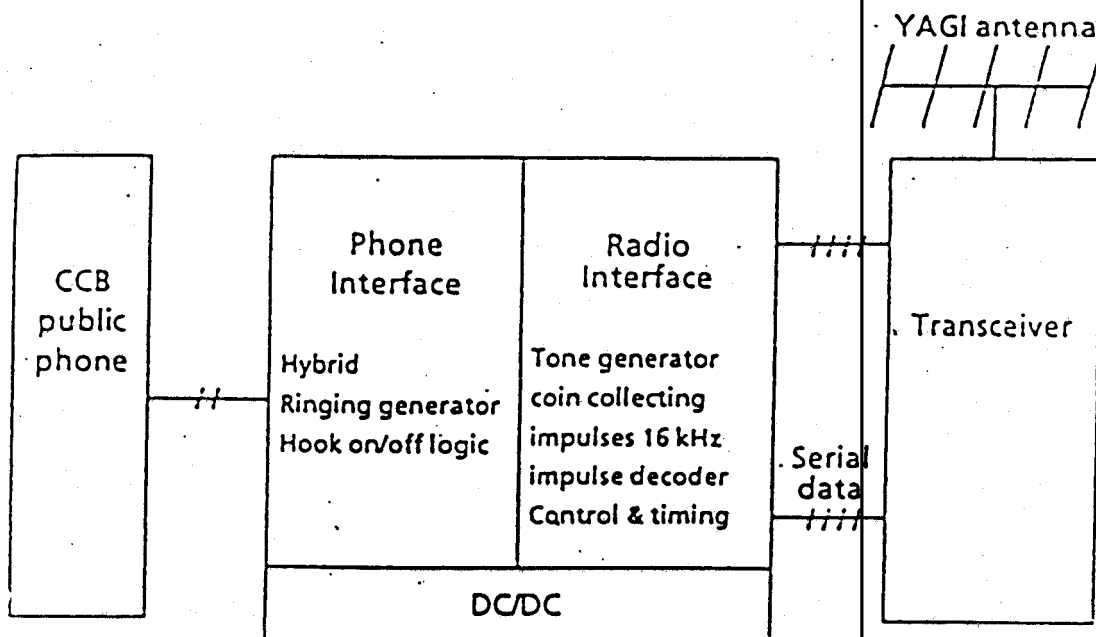


GAMBAR 3.12<sup>35)</sup>  
 UMBRELLA CELL DALAM FIXED CELLULAR

Unit interface radio khusus tengah dikembangkan yang menawarkan standar pay phone untuk dihubungkan ke jaringan seluler ATUR (gambar 3.13).

Pengoperasiannya terutama di daerah dataran berbukit dimana biaya pemasangan saluran transmisi dengan kabel kurang menguntungkan. Di masa mendatang sistem ini menggunakan suplai daya dari panas matahari (solar cell power supply).

35) Cellular Radio Group Training Session, "Planning and Design of Cellular Radio Including Rural Applications", International Telecommunication Union, Jakarta, 1988, hal.312.



GAMBAR 3.13<sup>36)</sup>  
BLOK DIAGRAM SISTEM ATUR PAYPHONE

Malaysia juga menggunakan telepon fixed cellular untuk kepentingan lain. Pada daerah urban, sistem telepon ini digunakan sebagai solusi terhadap masalah umur peralatan yang pendek dari sebuah sentral saluran kabel. Pemakaian lainnya adalah untuk menyediakan pelayanan hubungan langsung internasional untuk pelanggan-pelanggan yang dihubungkan ke sentral-sentral yang tidak menyediakan pelayanan ini.

Penerapan fixed cellular di Indonesia, yang disebut

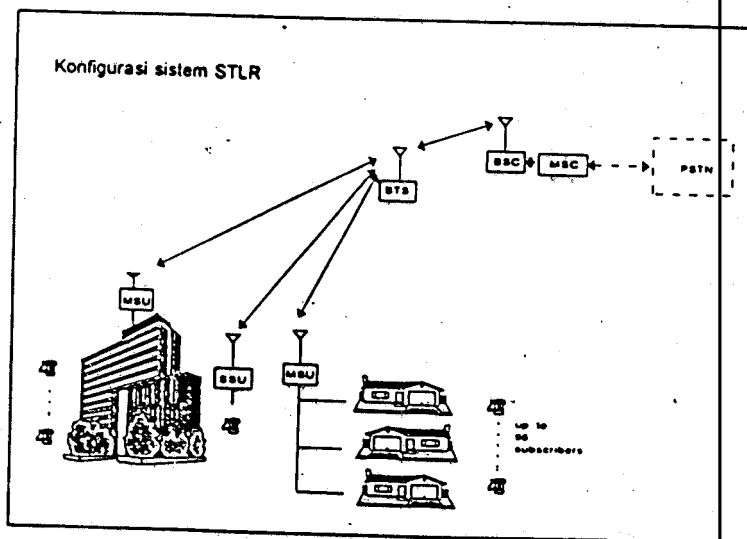
36)

Ibid, hal. 313.

*Sambungan Telepon Lintas Radio (STLR)* saat ini masih merupakan teknologi baru yang tengah dikaji oleh PT.TELKOM bekerja sama dengan PT.BEC (Bakrie Electronics Company). Penelitian yang diberi nama '*Advanced Rural Telephone System (ARTS)*' memasang target *field test* pada semester pertama tahun 1994.

PT.RATELINDO (Radio Telepon Indonesia) sebagai hasil patungan antara kedua perusahaan tersebut, ditunjuk untuk memasarkan sistem STLR, sebanyak 280 ribu satuan sambungan untuk Jakarta dan Bandung (Jawa Barat), dari rencana keseluruhan sebanyak 500 ribu sst untuk melayani delapan kota besar di Indonesia. Untuk itu direncanakan akan digelar jaringan telepon rural sebesar 10 % dari 280 ribu sst dalam waktu 10 tahun dengan biaya investasi sekitar \$1.000 per sst.

Teknologi STLR telah dinyatakan layak oleh BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) sebagai infrastruktur jaringan radio digital seluler berkapasitas tinggi. BPPT menetapkan persyaratan teknis bahwa sistem STLR ini harus menggunakan salah satu dari tiga tipe switching sentral yang ada yaitu Siemens (Jerman), NEC (Jepang) dan AT&T (Amerika). Adapun sistem yang dipakai adalah sistem AMPS (Advanced Mobile Phone System) dengan alokasi lebar frekuensi 10 MHz (825-835 MHz untuk penerimaan base station dan 870-880 MHz untuk pengiriman base station).



GAMBAR 3.14<sup>37)</sup>  
 KONFIGURASI SISTEM STLR

Dari uraian di atas dapat diambil suatu kesimpulan bahwa sistem fixed seluler mampu membuat pelayanan telekomunikasi lebih praktis terutama untuk daerah rural dan pelanggan di negara berkembang. Untuk daerah urban dengan kepadatan trafik yang tinggi, dapat dimanfaatkan sebagai alternatif dalam pengembangan jaringan yang efektif dan efisien.

37)

\_\_\_\_\_, "Majalah Teknologi", P.T. Darma Yasamas Teknindo, No.76, Agustus, 1993, hal.66.

Sistem fixed cellular yang optimal dapat menghasilkan tingkat performance dan pelayanan lebih baik daripada menggunakan sistem mobil seluler. Pada beberapa kasus, untuk keperluan kemudahan dipakai pelayanan telepon 2 saluran untuk pelanggan yang menyebar luas, khususnya jika pelayanan ingin diberikan secara sangat ekonomis dengan sel mobile yang ada. Bagaimanapun, harus diperhatikan bahwa performance yang ditawarkan tersebut dapat mempengaruhi kualitas penerimaan hubungan nasional dan internasional, dan berbagai metode dapat juga tidak memenuhi tujuan yang diinginkan dalam jaringan telekomunikasi.

Sejauh ini pengembangan radio mobile seluler analog pada pelayanan fixed, akan mencapai tujuan yang lebih besar jika diinginkan penyediaan informasi yang memperhitungkan performance jaringan secara keseluruhan.

Untuk evaluasi, dibandingkan performance yang tersedia dan yang dibutuhkan yaitu biaya (cost), umur peralatan (life time), pemeliharaan (maintenance), keandalan (reliability), kemampuan menyesuaikan dengan lingkungan fisik setempat (suitability), penawaran pelayanan (services offered), dll.

Pada bab selanjutnya akan dibahas analisa secara teknis dan ekonomis untuk mengetahui sejauh mana kelayakan penerapan sistem fixed cellular ini dalam pengembangan telekomunikasi di masa mendatang.

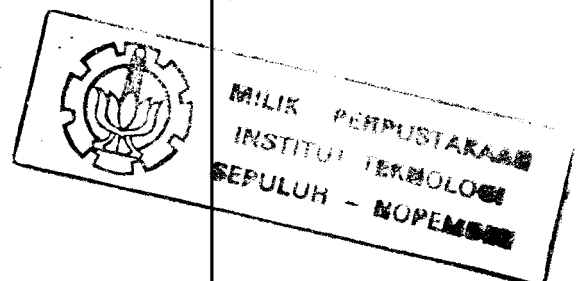
---

#### IV.1 UMUM

Sebelum menerapkan sistem telepon fixed cellular, diperlukan analisa dari aspek teknis dan ekonomis. Aspek teknis yang akan dibahas dalam bab ini pada dasarnya merupakan analisa perbandingan beberapa parameter dan performance sistem fixed cellular sebagai hasil pengembangan teknologi telepon mobil seluler itu sendiri. Di samping itu dibandingkan pula dengan telepon kabel biasa, dimana sistem fixed cellular merupakan salah satu alternatif pemecahan masalah pengembangan jaringan khususnya di daerah dengan kepadatan tinggi.

Kemudian dapat diperkirakan implementasinya, dengan mengetahui aspek keunggulan sistem fixed cellular tersebut dari perbandingan-perbandingan yang telah dilakukan. Implementasi dari fixed cellular dapat berupa sistem yang terpisah ataupun terintegrasi dengan jaringan PSTN maupun STB seluler sebagai sistem yang *overlay*.

Sedangkan perkiraan teoritis dari segi ekonomis dibahas dengan analisa keuangan (finansial) dan ekonomis (*estimasi cost-revenue, FIRR = Financial Internal Rate of Return dan EIRR = Economic Internal Rate of Return*).





Untuk itu diperlukan asumsi-asumsi dasar tentang pembiayaan dari perangkat yang dibutuhkan. Setelah diperoleh estimasi cost dari hasil rancangan sistem, maka dengan FIRR dan EIRR dapat ditentukan kelayakan penerapan sistem tersebut.

#### IV.2 TINJAUAN ASPEK TEKNIS

Sebagai suatu hasil inovasi atau pengembangan teknologi mobil seluler, maka sistem telepon fixed cellular tentunya masih harus mengalami uji komparatif mengenai keunggulan-keunggulan sekaligus kelemahan yang dimilikinya dibandingkan dengan sistem telepon yang sudah ada. Untuk itu perlu ditinjau sejauh mana peranan keberadaan teknologi ini dengan performance yang ditawarkan.

##### IV.2.1 PERBANDINGAN SISTEM TELEPON FIXED CELLULAR DENGAN STB SELULER

Dari pembahasan sebelumnya diperoleh gambaran sistem telepon fixed cellular, yang akan dipilih untuk diterapkan sebagai alternatif peningkatan kualitas pelayanan dan pengembangan jaringan telepon daerah urban.

Beberapa keunggulan sistem telepon fixed cellular diberikan di bawah ini :

1. Biaya sistem radio yang digunakan lebih murah. Hal ini karena unit-unit sistemnya lebih sederhana (dengan kombinasi sistem radio, saluran kawat di dalam rumah

lebih murah. Pelanggan cukup menggunakan pesawat telepon biasa yang disambungkan ke MSU (Multi Station Unit) yang berkapasitas hingga 96 sst melalui saluran kabel.

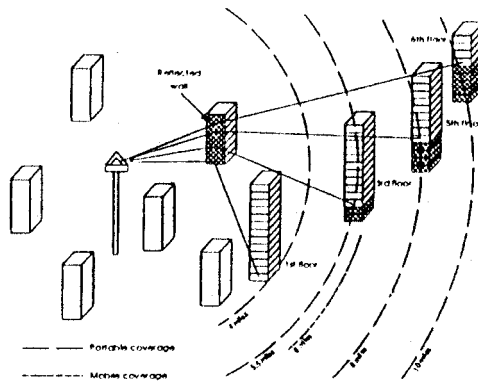
2. Baik sentral PSTN maupun sentral STB (MTSO) dapat digunakan pada fixed cellular. Sentral (switching) yang digunakan mempunyai kapasitas yang tinggi, misalnya untuk EMX 500 yang dikeluarkan oleh Motorola Inc. memiliki 4 super grup atau 1536 port, dapat menampung sampai 30.000 subscriber.
3. Tidak lagi dibutuhkan fasilitas "hand off" seperti pada mobil seluler, karena jaringannya tetap, sehingga dalam merancang sistem ini tidak diperlukan perancangan mekanisasi hand off.
4. Tiap link dapat dirancang lebih teliti, karena lintasan antara pemancar dan penerima tetap. Dengan lintasan yang tetap ini penguatan hanya dipengaruhi tinggi bangunan yang menghalanginya, bukan oleh perubahan ketinggian tanah seperti pada mobil seluler. Sehingga loss yang terjadi disebabkan adanya penetrasi bangunan, sedangkan pada telepon mobil disebabkan oleh refleksi di banyak jalur.
5. Daerah cakupan sel dapat diperluas, karena :
  - pada base station dan pelanggan menggunakan antena tinggi, lintasan dapat LOS (Line Of Sight) sehingga rugi-rugi propagasi seperti pada free space loss.
  - multipath fading tidak lagi dominan.

- multipath fading tidak lagi dominan.
  - menggunakan antena pengarah (directional) khususnya pada sisi pelanggan.
6. Sistem pengontrolan (controller) atau prosesor pada sentral MTSO lebih sederhana, sehingga dapat dipasang di lokasi sel maupun di kompleks pelanggan.
  7. Derajat pelayanan (GOS) lebih baik, yaitu panggilan gagal karena gangguan kanal dapat diperkecil sekitar 1% , bahkan dapat mencapai 0,1 sampai 0,5 % , dan waktu genggam (holding time) lebih lama.
  8. Jam sibuk pada fixed cellular berbeda atau tidak tumpang tindih dengan jam sibuk pada PSTN atau STB.
  9. Hubungan antara Base Station dengan MTSO yang ada bisa dimanfaatkan untuk kanal pelanggan atau link data.
  10. Kebutuhan C/I = 10 dB, sedangkan pada sistem mobil sebesar 18 dB.
  11. Kemampuan penetrasi pelanggan lebih tinggi karena mampu menyediakan fasilitas telepon dalam waktu yang lebih cepat.
  12. Biaya pemasangan dan pulsanya sama besar dengan telepon biasa, sehingga mampu menjangkau masyarakat secara lebih luas.

Tentu saja perbedaan mendasar antara sistem fixed cellular dengan mobile cellular adalah dimensi ruang gerak yang dimiliki mobile cellular tidak dimiliki fixed cellular, sehingga fasilitas handoff dan roaming hanya ada pada mobile cellular.

Pada masa-masa selanjutnya hampir semua rancangan sistem komunikasi akan mengarah ke sistem seluler. Untuk itu sistem fixed cellular merupakan produk ke dua di samping sistem telepon bergerak seluler. Karena sistem ini mudah sekali beradaptasi dengan sistem yang telah ada.

Kondisi daerah cakupan fixed cellular dibanding STB seluler dapat dilihat pada gambar 4.1. Tampak di sini bahwa daerah cakupan fixed cellular meliputi gedung-gedung tinggi dimana penguatan berubah dipengaruhi ketinggian bangunan, sedangkan pada STB seluler dipengaruhi elevasi tanah.



GAMBAR 4.1<sup>40)</sup>  
PERBANDINGAN DAERAH CAKUPAN FIXED CELLULAR DAN STB SELULER

<sup>40)</sup> \_\_\_\_\_, "Majalah Elektron No. 44. Th. XIV", Himpunan Mahasiswa Elektroteknik ITB, Bandung, 1992, hal. 4437.

Rugi-rugi atau loss pada fixed cellular disebabkan oleh adanya penetrasi bangunan, sedangkan pada STB seluler disebabkan banyaknya refleksi di jalur-jalur yang dilalui sistem telepon tersebut.

Masalah yang dihadapi dalam pengoperasian telepon fixed cellular terutama di daerah rural sebagai telepon umum (cellular payphone) adalah tidak tersedianya catu daya yang memadai. Tetapi hal ini dapat diatasi dengan dekembangkannya catu daya dari tenaga matahari (solar cell) di masa mendatang.

Beberapa perbedaan karakteristik dasar dari kedua sistem ini dapat dilihat pada tabel 4.1.

41)

TABEL 4.1  
PERBANDINGAN UNIT MOBIL DAN UNIT FIXED CELLULAR

UNIT MOBILE	UNIT FIXED
-membutuhkan handoff	-tidak
-penguatan berubah terhadap elevasi tanah	-penguatan berubah terhadap tinggi bangunan
-loss oleh refleksi di banyak jalur	-loss karena penetrasi bangunan
-kebutuhan C/I = 18 dB	-kebutuhan C/I = 10 dB
-masalah daya tidak menjadi persoalan utama	-masalah daya merupakan persoalan utama (untuk rural)

41) Ibid, hal. 4437.

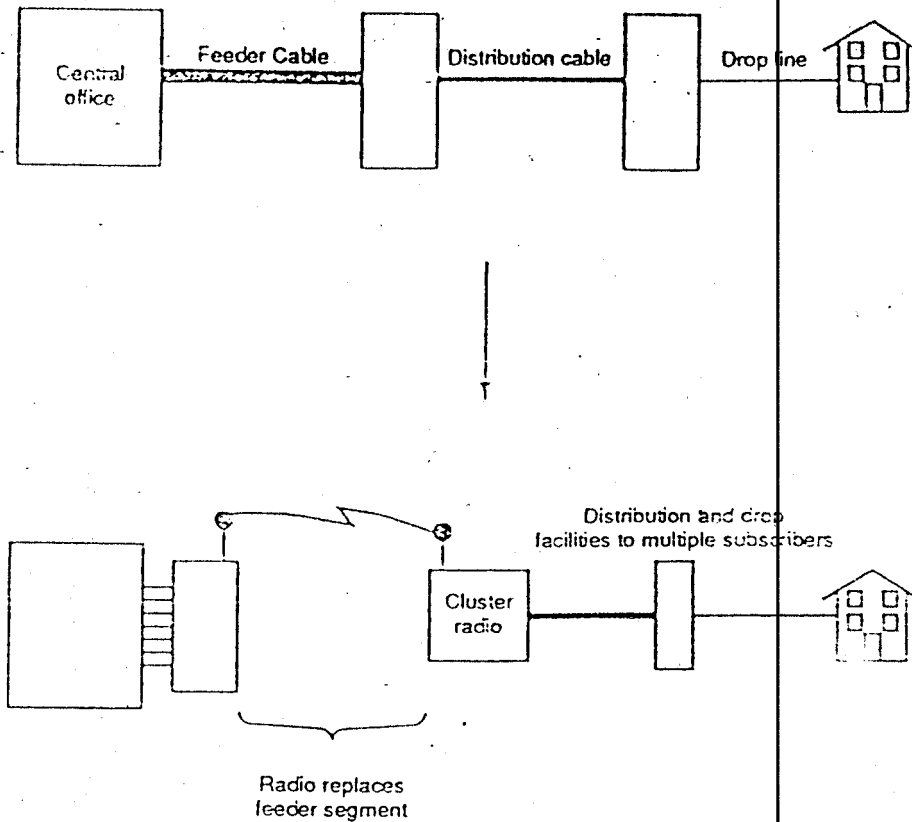
#### IV.2.2 PERBANDINGAN SISTEM TELEPON FIXED CELLULAR DENGAN SISTEM TELEPON KABEL

Perbandingan sistem telepon fixed cellular dengan sistem telepon kabel dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan jaringan, sistem kabel harus memperhatikan komponen biaya kabel per satuan jarak, sehingga diperlukan kecermatan dalam menentukan konfigurasi jaringan kabel. Sementara pada sistem radio seluler hanya menentukan daerah cakupan yang akan dilayani, yang dapat dilakukan secara bebas. Hal ini berarti tidak terlalu menyulitkan operator dalam perencanaan konfigurasi jaringan pelanggan radio seluler.
2. Model rute jaringan kabel ditentukan oleh kepadatan populasi pelanggan dalam bentuk fungsi jumlah pelanggan per kilometer rute, sedangkan telepon seluler tidak terlalu dipengaruhi oleh kepadatan pelanggan, bahkan dapat diabaikan.

Dua faktor di atas, jarak dan kepadatan merupakan perbedaan pokok pada sistem kabel dan radio seluler ditinjau dari segi teknis dan ekonomis. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 4.2 sebagai ilustrasi perbandingan sistem kabel dan radio.

Selain itu terdapat beberapa keunggulan dari aspek spesifikasi sistem fixed cellular yang berbeda dengan telepon kabel, yaitu :



GAMBAR 4.2<sup>42)</sup>  
 PERBANDINGAN SISTEM TELEPON KABEL DAN RADIO

1. Efisiensi lebih besar.

Jaringan radio yang digunakan dapat dioptimalkan untuk distribusi pelanggan yang menyebar dan temporal. Sedangkan pada jaringan kabel tidak efisien dalam hal rute dan dengan konfigurasi jaringan bentuk bintang, dimana membutuhkan biaya investasi besar untuk

<sup>42)</sup> George Calhoun, "Wireless Access and The Local Telephone Network", Artech House Inc., London, 1992, hal.421.

penggalian tanah. Sistem ini juga memberikan keseimbangan antara pembayaran dan fasilitas yang diberikan. Dibanding telepon kabel (100% fasilitas yang diberikan), sistem radio hanya 30 - 90 % untuk biaya fasilitas yang dibayar oleh pelanggan. Kapasitas peralatan mencapai 1 % atau lebih, sedangkan pada telepon kabel mencapai 30 - 70 % untuk porsi yang sama yang dibayarkan jaringan radio.

## 2. Fleksibilitas lebih besar.

Fleksibilitas maksudnya satu kemudahan dimana operator sistem dapat menyesuaikan program investasi dan struktur biayanya untuk penyediaan kebutuhan populasi pelanggan. Sistem radio memiliki biaya lebih rendah untuk peralatan umum awal yang digabungkan ke base station, dan dengan biaya infrastruktur yang lebih rendah disertai kemampuan pengembangan kapasitas sistem.

## 3. Ruang gerak yang bebas di udara, dan perbandingan daerah cakupan radio dengan rute kabel.

Terdapat banyak cara dalam membuka perencanaan mulai dari masalah jenis pemasaran sampai masalah daerah cakupan. Perancang jaringan tidak memerlukan perhatian tentang posisi dan lokasi pelanggan di daerah tersebut, jarak dari pelanggan ke base station, maupun posisi relatif satu pelanggan dengan pelanggan lain.

## 4. Dimensi waktu bebas, umur peralatan ekonomis.

Investasi dapat disesuaikan pada waktu tidak terbatas.

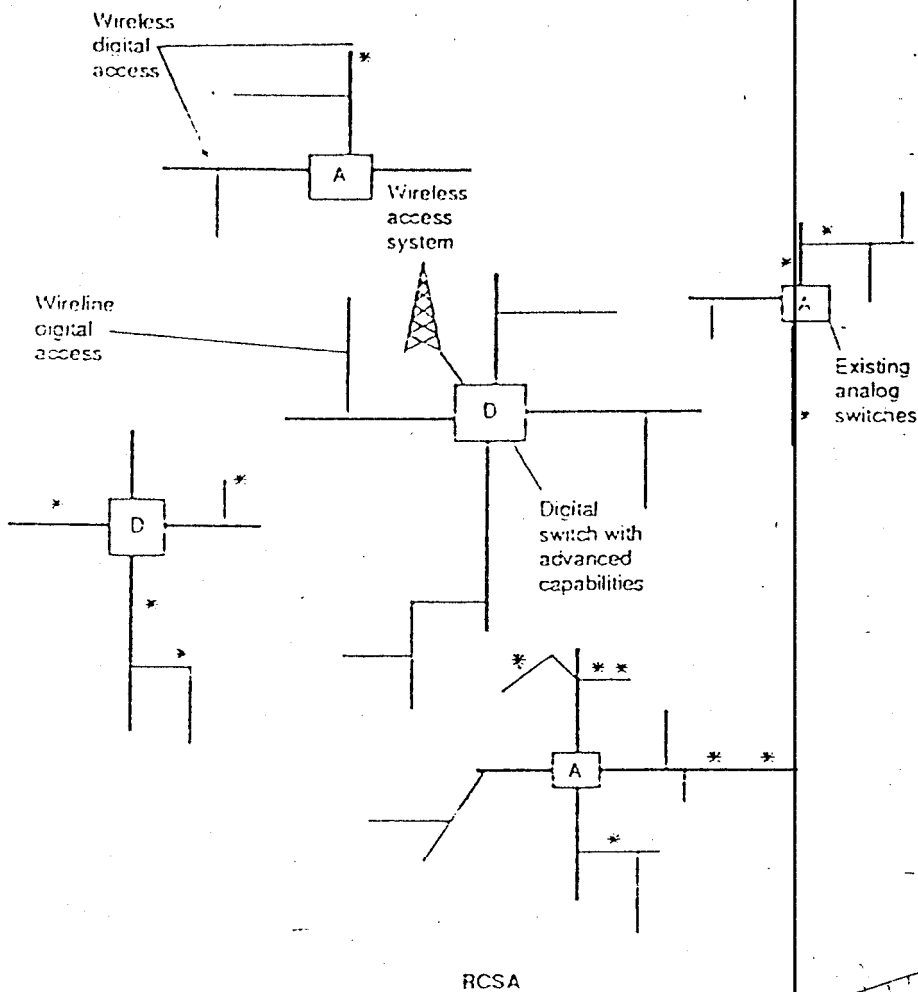


Biaya umur peralatan (termasuk pelayanan di lokasi, pemeliharaan, dan perbaikan) lebih rendah.

5. Fleksibel dalam pengembangan jaringan.

Radio lebih mudah dikembangkan daripada kabel. Pada dasarnya lintasan radio seluler lebih mudah diinstal. Hal ini untuk merencanakan keadaan darurat, mendadak, keadaan memaksa atau kebutuhan cadangan lainnya.

6. Jaringan bersifat redundant, dapat dibuat overlay dengan pelayanan baru untuk melengkapi jaringan kabel yang sudah ada. Sebagai contoh, jika pelayanan digital akan dipasang ke daerah yang telah dilayani oleh switch elektromekanik lama, maka pelayanan ini dapat dibuat available melalui jaringan radio overlay dari switch digital tersebut. Sehingga beberapa pelayanan dapat ditumpangkan ke pelanggan-pelanggan dari pada jika seluruh switch pada daerah tersebut harus digantikan. Contoh ini memberikan gambaran tentang konsep jaringan multiple access yang dapat melayani cadangan untuk pengganti bagi sistem lain. Saat ini sistem telekomunikasi menggunakan redundansi untuk bermacam-macam fasilitas dan lintasan jamak. Dengan demikian akan menarik pelanggan yang membutuhkan keandalan jaringan yang tinggi dan menggunakan kemampuan cadangan untuk lintasan yang vital. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 4.4 sebagai gambaran kemampuan overlay sistem radio seluler.



RCSA  
 GAMBAR 4.3<sup>43)</sup>  
 KEMAMPUAN OVERLAY SISTEM RADIO SELULER

Selain perbedaan pokok dari aspek jaringan, terdapat beberapa hubungan dari spesifikasi dan operasional sistem, diantaranya :

1. Pelayanan sistem fixed cellular dapat lebih ekonomis jika stasiun-stasiun tetap telah menjadi bagian dari sistem seluler. Hal ini disebabkan sistem seluler

<sup>43)</sup> Ibid, hal. 467.

menyediakan basic infrastructure yang dibutuhkan stasiun tetap.

2. Karena sistem mobile masih terus dirancang untuk menyempurnakan performance sistem, maka akan mempengaruhi performance sistem fixed. Sebagai contoh, sistem mobile seluler dengan Carrier to Interference Ratio sebesar 18 dB pada satu sel, adalah level performance yang mungkin untuk level penerimaan sistem mobile, tetapi tidak sesuai untuk level penerimaan pada pelayanan tetap (10 dB). Agar lebih ekonomis maka link radio digunakan sebagai bagian dari jaringan telepon disamping kabel.
3. Sistem seluler biasanya dioptimalkan untuk pelanggan dengan trafik rendah yaitu 0.02 Erlang, sementara pelanggan telepon tetap antara 0.05 dan 0.09 Erlang.

#### IV.3 TINJAUAN ASPEK EKONOMIS

Tinjauan terhadap sistem yang sedang dibahas tidak terlepas dari estimasi atau perkiraan dari aspek ekonomis. Bagaimanapun unggulnya suatu sistem, dalam penerapannya akan dihadapkan pada kenyataan efisiensi biaya baik perangkat, instalasi maupun pengoperasiannya.

Untuk itu akan dibahas tinjauan sistem dari aspek ekonomis, yang meliputi analisa finansial (FIRR) dan analisa ekonomis (EIRR) dengan estimasi cost dan revenue. Dari analisa ini diperoleh hasil perbandingan ekonomis untuk menentukan kelayakan sistem yang akan diterapkan.

Atau paling tidak, akan diperoleh beberapa kriteria untuk dijadikan pertimbangan dalam mengembangkan sistem fixed cellular di masa mendatang.

#### IV.3.1 KAPITAL COST

##### IV.3.1.1 Cost untuk Telepon Kabel

Biaya kabel per saluran merupakan faktor penting yang menentukan dalam perkiraan biaya sistem telepon kabel dimana sebagian besar pembiayaan terkonsentrasikan pada masalah ini. Sebagai contoh diperoleh data Cost kabel seperti terlihat pada tabel 4.2.

TABEL 4.2<sup>44)</sup>  
BIAYA KABEL STANDAR PER SALURAN

<i>Site</i>	<i>Customers</i>	<i>Estimated Cable Cost</i>	<i>Per Line Cost</i>
A	1	\$50.000	\$50.000
B	1	\$50.000	\$50.000
C	1	\$50.000	\$50.000
D	15	\$214.000	\$14.267
E	11	\$99.000	\$9.000
F	30	\$270.000	\$9.000
G	39	\$246.000	\$6.308

<sup>44)</sup> Ibid, hal.108-109.

(lanjutan)

<i>Sic</i>	<i>Customers</i>	<i>Estimated Cable Cost</i>	<i>Per Line Cost</i>
H	357	\$2,215,000	\$6,204
I	216	\$1,300,000	\$6,019
J	237	\$1,302,000	\$5,494
K	214	\$1,035,000	\$4,836
L	280	\$1,300,000	\$4,643
M	126	\$556,000	\$4,413
N	598	\$2,172,000	\$3,632
O	184	\$665,000	\$3,614
P	277	\$963,000	\$3,477
Q	708	\$2,425,000	\$3,429
R	55	\$151,000	\$3,291
S	131	\$403,000	\$3,076
T	190	\$549,000	\$2,889
U	1030	\$2,961,000	\$2,875
V	311	\$866,000	\$2,785
W	285	\$700,000	\$2,456
X	807	\$1,807,000	\$2,239
Y	74	\$154,000	\$2,081
Z	450	\$907,000	\$2,016
AA	508	\$858,000	\$1,689
BB	175	\$293,000	\$1,674
CC	568	\$759,000	\$1,336
DD	403	\$336,000	\$834
Total	8282	\$25,689,900	\$3,102

Dari data di atas rata-rata biaya saluran kabel adalah sebesar \$ 3.100 per saluran, sedangkan untuk sistem radio sebesar \$ 3.300 per saluran.

Untuk sistem telepon kabel diasumsikan dengan biaya jaringan kabel meliputi *feeder cable*, *distribution cable* dan *drop line*. Asumsi biaya untuk 500 pair kabel dengan 500 pelanggan adalah \$ 250.000, sedangkan kabel drop line rata-rata sebesar \$ 600 per pelanggan. Dalam hal ini biaya tambahan untuk kabel-kabel lainnya diabaikan.

#### IV.3.1.2 Cost untuk STB Seluler

Pembiayaan untuk masing-masing unit sistem bergerak seluler diperhitungkan secara teoritis. Sebagai pendekatan, diberikan tabel kebutuhan jam kerja operasi untuk instalasi sistem seluler (tabel 4.3).

TABEL 4.3<sup>45)</sup>  
KEBUTUHAN JAM KERJA OPERASI

INSTALLATION TASK	WORK HOURS
Design radio (site selection and radio-path design) Up to 4 bases 5 to 15 bases 16 or more bases	1000 hrs 300 hrs/base 400 hrs/base
Radio survey (includes survey of rejected sites)	300 hrs/base
Switching design	500 hrs
Installation of bases (includes links and installation design, and commissioning)	1000 hrs/base
Installation of switch (includes installation design and com- missioning)	3000 hrs/switch
Acceptance testing Per base Per switch	40 hrs 400 hrs
Mobile installation in vehicle	4 hrs/unit
Handheld sale (includes paperwork and customer in- struction and validation)	2 hrs/unit
Changeover (i.e. from one vehicle to another)	4 hrs/unit
Maintenance	1 hr/customer

#### IV.3.1.2.1 Cost Stasiun Dasar (Base Station)

Cost untuk base station ditentukan antara lain oleh ketinggian tower, lokasi base station dan daerah cakupannya. Harga tipikal dapat dilihat pada tabel 4.4.

<sup>45)</sup> Neil J. Boucher, "The Cellular Radio Handbook", Quantum Publishing Inc., USA, 1990, hal. 346.

TABEL 4.4<sup>46)</sup>  
COST BASE STATION

ITEM	COST (US\$)
Base station shelter	40,000
Tower/mast	1,000 per metre
Antennas and feeder (each)	2,000
30 metre pole (each)	10,000
Power supply for base stations incl. batteries	50,000
Emergency power plant	30,000
Base station radio equipment	13,000 per channel
Common equipment (incl. base-station controller)	230,000
Site and site work	40,000

#### IV.3.1.2.2 Cost Sentral Penyambungan (Switch)

Software switch berbentuk paket-paket yang berharga mulai dari \$500.000 sampai \$1.000.000 sudah termasuk jaminan masa depan untuk periode tertentu (biasanya satu tahun). Cost untuk switch dapat dilihat pada tabel 4.5.

TABEL 4.5<sup>47)</sup>  
COST SWITCH

MAXIMUM SWITCH SIZE	COST (US\$)
500 lines	300,000
2,000 lines	500,000
10,000 lines	1,000,000
50,000 lines	1,600,000

<sup>46)</sup> Ibid, hal.347.

<sup>47)</sup> Ibid, hal.348

Sedangkan cost untuk lokasi switch yang meliputi ruang operasi peralatan untuk kapasitas pelanggan yang berbeda ditunjukkan pada tabel 4.6.

TABEL 4.6<sup>48)</sup>  
COST LOKASI SWITCH

NUMBER OF SUBSCRIBERS	COST (US\$)
0-5,000	100,000
10,000-20,000	300,000
More than 20,000	500,000

#### IV.3.1.2.3 Cost Sistem Transmisi

Pada dasarnya sistem seluler dihubungkan ke switch dengan kapasitas saluran 2-Mbit, 8-Mbit atau 34-Mbit. Untuk menentukan perhitungan cost per rangkaian dari suatu link transmisi kabel, digunakan metode sebagai berikut :

$$\text{Cost (\$)} = A + B \times L$$

dimana : A = biaya tetap (fixed cost)

B = biaya panjang transmisi

L = panjang transmisi (km)

Hasil selengkapnya seperti pada tabel 4.7.

Untuk sistem transmisi radio digital harga cost dapat ditentukan dengan persamaan :

---

<sup>48)</sup> Ibid, hal. 346



$$\text{Cost (\$)} = C + D \times N$$

dimana : C = biaya tetap (fixed cost)

D = cost per kanal

N = jumlah kanal

TABEL 4.7<sup>40)</sup>  
COST TRANSMISI KABEL SEBAGAI FUNGSI DARI JARAK RUTE

SYSTEM TYPE	\$(A + B \times L)\$ COST COEFFICIENTS IN \$1,000 PER VF CIRCUIT FOR CABLE TYPES					
	CABLE TYPES					
	CPFUT		SQC		SMOF	
	A	B/km	A	B/km	A	B/km
<b>2 Mbits (protected)</b>						
Existing (25 km)	0.19	0.08				
Existing (100 km)	4.63	0.08	0.54	0.08		
New (100 km)					0.55	0.16
<b>2 +2 Mbits</b>						
Existing (25 km)	0.13	0.062				
Existing (100 km)	2.47	0.062	0.27	0.039		
New (100 km)					0.34	0.081
<p>* Costs of cable routes can be modeled as Cost = (A + B x L), where A = fixed costs, B = distance dependent costs, and L = distance.</p> <p>CPFUT = Cellular Polyethylene Insulated Filled Core Unit Twin (cable)            SQC = Single Quad Carrier (cable)            SMOF = Single-Mode Optical Fiber</p>						

Model ini dengan asumsi bahwa tower seluler, catu daya dan lokasi yang ada serta instalasinya digunakan untuk gelombang mikro (tabel 4.8).

<sup>40)</sup> Ibid, hal. 347.

TABEL 4.8<sup>50)</sup>  
COST TRANSMISI GELOMBANG MIKRO

SYSTEM TYPE	C	D
2 Mbits	\$56,000.	\$500/channel
8 + 34 Mbits	\$100,000	\$500/channel
* Microwave systems modeled as cost = (C + D x L), where C = fixed costs and D = additional costs/channel. For hot standby, add 40 percent.		

Sistem pengkawatan memberikan kualitas yang cukup baik untuk link yang existing, tapi untuk link baru yang disediakan melebihi jarak 10 km, maka dengan sistem radio digital (DRS) akan lebih murah.

#### IV.3.1.2.4 Cost Sistem Billing

Tabel 4.9 menunjukkan cost untuk sistem billing tipikal, termasuk komputer dan softwarena.

TABEL 4.9<sup>51)</sup>  
COST SISTEM BILLING (TERMASUK KOMPUTER DAN SOFTWARE)

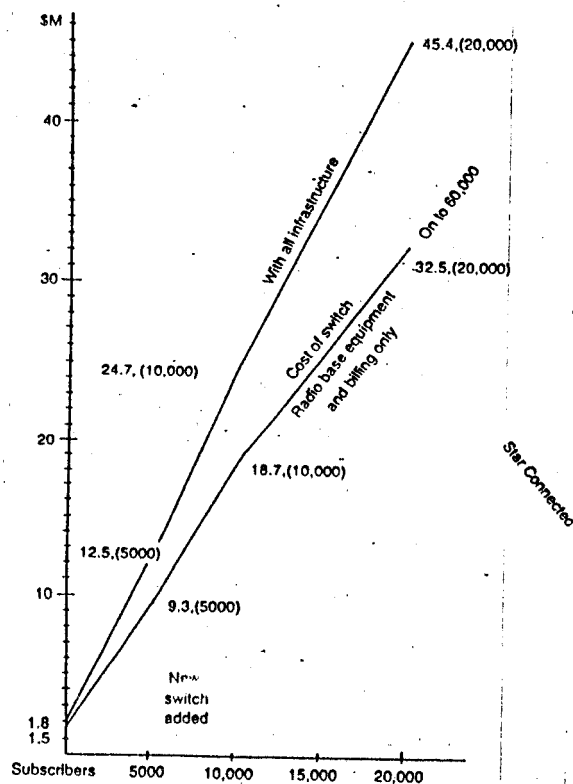
SYSTEM	COST
Simple system for 5000 subscribers, basic billing only	\$ 80,000 + \$ 10,000/year maintenance
Simple system for up to 10,000 subscribers	\$ 120,000 + \$ 50,000/year maintenance
System with on-line billing, direct switch validation for up to 10,000 subscribers	\$ 250,000 + \$ 25,000/year maintenance
Fully expandable system for up to 100,000 subscribers, with full-management information capability	\$ 600,000 + \$ 50,000/year maintenance*
* Add \$120,000 per additional 10,000 subscribers (mainly computer upgrade costs). Budget \$250,000 for test equipment and tools.	

<sup>50)</sup> Ibid, hal. 348.

<sup>51)</sup> Ibid, hal. 348

#### IV.3.1.2.5 Cost STB Seluler Tipikal

Untuk sistem AMPS, jika telah ditentukan asumsi-asumsi tentang perkiraan awal dan kapasitas sentral maka dapat dihitung cost dari sistem seluler tipikal. Gambar 4.4 menunjukkan grafik cost untuk kapasitas subscriber suatu sistem yang mengandung seluruh infrastruktur (lokasi, link, dan tower) dan juga marginal cost untuk peralatan selain infrastruktur tersebut (peralatan seluler khusus yang perlu ditambahkan).



GAMBAR 4.4<sup>52)</sup>

COST SISTEM SELULER UNTUK BERBAGAI KAPASITAS SUBSCRIBER  
 (ASUMSI : SITE DIBAGI DENGAN N=7)

<sup>52)</sup> Ibid, hal. 349.

Sentral pada gambar 4.4 diasumsikan berupa unit dengan kapasitas besar (50.000 saluran) pada 10.000 subscriber. Cost awal dapat meliputi biaya perijinan, lobbying, dan lain-lain. Sedangkan biaya tambahan untuk penambahan jumlah pelanggan baru adalah sebesar \$ 1000. Hal ini dapat dilakukan dengan metode perhitungan pada skala ekonomis dari sistem yang besar. Sebagai contoh, operator saluran kawat dapat dengan mudah menyatakan bahwa biaya tambahan pada 20.000 pelanggan sekitar \$ 1.600 (lihat pangkal grafik pada gambar 4.4 ). Tapi perhitungan ini mengabaikan link, ruang untuk perangkat, dan peralatan pendukung switch. Link di sini tidak diperhatikan karena tidak termasuk cost peralatan.

Dengan data-data di atas, dibuat analisa finansial STB seluler, misalnya untuk melayani sebuah kota dengan satu juta penduduk dengan luas wilayah  $600 \text{ km}^2$ , dan dua wilayah perdagangan (CBD=Central Bussiness District) yang terpisah sejauh 5 km. Masing-masing CBD luasnya  $2 \times 1 \text{ km}$  dan menggunakan band A sistem AMPS.

Asumsikan bahwa biaya untuk lokasi diabaikan (anggaplah sudah dimiliki). Dan semua base menggunakan antena directional, daerah cakupan dibagi menjadi 7 sel, dengan link microwave. Perlu diketahui bahwa sistem ini hanya membutuhkan infrastruktur microwave yang berada antara dua grafik pada gambar 4.4. Infrastruktur yang lain diasumsikan sudah dimiliki.

Asumsi-asumsi :

- biaya switch = \$ 1.6 juta (untuk 50.000 saluran)
- base station = \$ 230.000 dan \$ 13.000/kanal
- jam kerja = \$ 60/jam (laju kontrak)
- laju panggilan = 30 m Erlang/subscriber
- perkiraan permintaan pelanggan awal tahun = 5000

#### Biaya Base Station

Biaya base station dapat ditentukan sebagai berikut :

- pertama, menentukan jumlah minimum kebutuhan base station. Masing-masing CBD membutuhkan satu base (total dua base). Pada area  $600 \text{ km}^2$  (anggap daerah suburban) dibutuhkan  $600/120 = 5$  base.  
Untuk dapat mencakup keseluruhan area dipakai 7 base (5 base untuk area  $600 \text{ km}^2$  dan 2 base untuk dua CBD).
- ke dua, menentukan jumlah kanal yang dibutuhkan untuk trafik. Anggap permintaan pelanggan di masa mendatang sebesar 5000 dan tiap kanal terdiri dari 20 pelanggan. Sehingga diperlukan sebanyak  $5000/20 = 250$  kanal.
- Karena hanya band A yang tersedia, maka diasumsikan masing-masing base memiliki rata-rata 22 kanal (50% dari 44 kanal maksimum) untuk 7 sel. Jumlah base yang dibutuhkan menjadi  $250/22 = 11$  base.
- Sehingga cost dari base station adalah :

$$(11 \times \$ 230.000 + 250 \times \$ 13.000) = \underline{\underline{\$ 5.780.000}}$$

### Biaya Link Base Station

- Asumsikan rata-rata satu link/base = 11. Pada contoh ini semua link menggunakan DRS 2 Mbit, kecuali link utama ke PSTN. Beberapa site memiliki 2 link (lebih banyak daripada 30 kanal yang dibutuhkan beberapa site), sehingga dipakai 15 link.
- Sehingga cost dari link base station adalah :

$$(15 \times \$ 56.000 + 250 \times \$ 500) = \$ \underline{\underline{965.000}}$$

- Untuk link 34 Mbit ke PSTN diperoleh \$ 200.000, sehingga jumlah cost link totalnya = \$ 1.165.000.
- Jam kerja operasi dari instalasi ini ditunjukkan pada tabel 4.10.
- Cost dari jam kerja adalah :

$$\$ 60 \times 21.300 = \$ \underline{\underline{1.278.000}}$$

dengan asumsi \$ 60 per jam kerja operasi.

Hasil perhitungan instalasi selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.10.

Dari gambar 4.4 terlihat cost dari sistem ini antara \$ 9,3 juta dan \$ 12,5 juta, yaitu \$ 10,3 juta. Contoh di atas memberikan gambaran sistem yang ekonomis sesuai dengan standar.

TABEL 4.10<sup>53)</sup>  
KEBUTUHAN INSTALASI SISTEM SELULER

INSTALLATION TASK	WORK HOURS
Radio design	3,000
Survey	3,000
Switch design	500
Installation of bases = 11 x 1,000	11,000
Installation of switch	3,000
Acceptance testing of radio bases = 40 x 10	400
Acceptance testing of switch	400
Total	21,300

TABEL 4.11<sup>54)</sup>  
COST UNTUK INSTALASI SELULER TIPIKAL, DENGAN ASUMSI 5000  
PELANGGAN, 11 BASE STATION DAN 250 KANAL

BUDGET COMPONENT	COST (in millions of dollars)
Work-hours	1,278
Links	1,165
Base stations	5,780
Switch	1,600
Ancillary costs:	
Training	0,100
Tools and test equipment	0,250
Billing system	0,135
For capacity of 5000 subscribers the total cost is	10,308

53) Ibid, hal. 351.

54) Ibid, hal. 351.

Kebutuhan jam kerja operasi total dapat digunakan untuk estimasi. Dengan teknik desain secara detail mungkin terjadi penyimpangan estimasi tersebut, tetapi biasanya hasil prosedur ini realistis dalam bentuk cost dan kebutuhan base station.

#### IV.3.1.3 Cost untuk Fixed Cellular

Untuk sistem fixed cellular dipilih perangkat yang menggunakan unit pelanggan transportable atau handheld karena relatif lebih ekonomis dibandingkan dengan unit bentuk rigidly mounted dan menggunakan antena luar. Dan dapat dipastikan bahwa unit-unit fixed hanya membutuhkan pemeliharaan yang mudah.

Tabel 4.12 menunjukkan perkiraan cost per area cakupan untuk base dengan tower lebih tinggi dari 30 m.

Catatan : biaya (cost) hanya meliputi biaya base station, sedangkan biaya switch dan transmisi tidak disertakan.

Terlihat dari tabel 4.12 bahwa kenaikan cost per kilometer persegi sebanding dengan penurunan ketinggian base station secara cepat. Seperti telah diasumsikan, kepadatan rendah secara merata terjadi sejalan dengan kepadatan site (tower), sehingga cost per pelanggan akan lebih rendah dengan menaikkan ketinggian tower daripada menambah jumlah base.



TABEL 4.12<sup>55)</sup>  
 COST \$ PER DAERAH CAKUPAN UNTUK BASE DENGAN TOWER LEBIH  
 TINGGI DARI 30 M

TOWER HEIGHT (m)	ADDITIONAL COST OF TOWER (\$ 000)	COST OF COMPLETE BASE (\$ 000)	AREA COVERED (km <sup>2</sup> )	AREA COVERED (\$/km <sup>2</sup> )
30	0	970	271	922
50	20	990	498	542
70	40	1010	746	388
100	70	1070	1256	254
150	120	1120	2123	174
200	170	1170	3019	139
300	270	1270	3848	135
450	420	1420	5800	115

Tabel 4.12 juga dapat digunakan untuk mengkonversi secara langsung ke \$ per pelanggan jika kepadatan pelanggan diketahui.

Pada prakteknya pendekatan ini harus disesuaikan dengan realita karakteristik dataran yang ada, yang tidak mungkin mengijinkan menaikkan range dengan menaikkan

---

55) *ibid.*, hal. 441

- Cost dan revenue keduanya diestimasi dengan harga konstan yang telah ada (ditetapkan).
- Nilai tukar mata uang asing yang dipakai adalah \$ 1 =  
= Rp.2.100
- Sistem pentaripan digunakan untuk estimasi revenue
- Perencanaan ini diasumsikan untuk jangka waktu 20 tahun
- Memakai analisa FIRR untuk mengetahui harga taksiran pembiayaan.

Perbandingan sistem fixed cellular dengan STB seluler dan telepon kabel ditentukan dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Estimasi biaya meliputi perangkat jaringan seperti Base Station, Switch dan sistem transmisi untuk sistem seluler, dan jaringan kabel untuk telepon kabel. Biaya unit pelanggan tidak dihitung.
- Daerah cakupan merupakan daerah sub urban dengan luas 600 km<sup>2</sup> dan dua CBD masing-masing seluas 2 x 1 km.
- Menggunakan sistem AMPS
- Perkiraan jumlah pelanggan = 5000 pelanggan
- RBS dengan ketinggian 30 meter
- Perangkat fixed cellular menggunakan jaringan tipe I (dengan unit pelanggan transportable atau handheld), karena lebih cocok untuk daerah dengan kepadatan tinggi.

#### IV.3.2.1 FIRR untuk Telepon Kabel

Untuk telepon kabel dibuat asumsi-asumsi sebagai berikut :

-Untuk melayani 5000 pelanggan dibutuhkan biaya kabel sebesar :  $\$ 250.000 \times 10 = \$ 2.500.000 = \text{Rp.} 5.250.000.000$  (dimana untuk 500 pair kabel =  $\$ 250.000$ ).

-Biaya kabel penghubung (drop wire) dari interface ke masing-masing pelanggan =  $\$ 600 \times 5000 = \$ 3.000.000 = \text{Rp.} 6.300.000.000$ .

Jadi jumlah total biaya investasi =  $\text{Rp.} 11.550.000.000$ .

-Biaya Operasi/Pemeliharaan (O/M) =  $3\% \times \text{investasi} = \text{Rp.} 11.550.000.000 = \text{Rp.} 346.500.000$ .

-Revenue (pulsa) =  $\text{Rp.} 1.050.000 \times 5000 = \text{Rp.} 5.250.000.000$ .

-Profit sebelum pajak =  $\text{Rp.} 5.250.000.000 - \text{Rp.} 346.500.000 = \text{Rp.} 4.903.500.000$ .

-Pajak =  $35\% \times \text{profit} = \text{Rp.} 4.903.500.000 = \text{Rp.} 1.716.225.000$ .

-Profit setelah pajak =  $\text{Rp.} 4.903.500.000 - \text{Rp.} 1.716.225.000 = \text{Rp.} 3.187.275.000$ .

Dengan bantuan tabel Present Worth dan rumus IRR diperoleh :

FIRR sebelum pajak =  $42,03\%$  .

FIRR setelah pajak =  $27,32\%$  .

#### 1V.3.2.2 FIRR untuk STB Cellular

Untuk menghitung FIRR, dalam hal ini meliputi cost base station, termasuk biaya transmisi dan switch.

Spesifikasi yang diperlukan :

-Daerah cakupan :  $600 \text{ km}^2$

-Tinggi tower : 30 meter

-Kapasitas pelanggan : 5000 dengan 250 kanal

- Total investasi = \$ 10.308.000 = Rp.21.646.800.000
  - Biaya Operasi & Maintenance (O & M) = Rp.649.404.000 per tahun.
  - Karena tarip tiap bulan antara \$ 80 sampai \$ 120, maka jika diambil harga \$ 80 = Rp.168.000 diperoleh revenue =  $Rp.168.000 \times 12 \times 5000 = \underline{Rp.10.080.000.000}$ .
  - Profit sebelum dikenai pajak =  $Rp.10.080.000.000 - Rp.649.404.000 = \underline{Rp.9.430.596.000}$ .
  - Pajak per tahun = Rp.3.300.708.600.
  - Profit setelah dikenai pajak = Rp.6.129.887.400.
- Diperoleh :
- FIRR sebelum dikenai pajak = 42,97 %
  - FIRR setelah dikenai pajak = 28,19 %

#### IV. 3. 2. 3 FIRR untuk Fixed Cellular

Untuk spesifikasi yang sama dengan STB seluler akan diestimasikan cost untuk sistem fixed cellular dengan perincian sebagai berikut (berdasarkan tabel 4.12) :

- Daerah cakupan yang diharapkan :  $600 \text{ km}^2 + 25 \text{ km}^2$
- Perkiraan kapasitas pelanggan : 5000 dengan 250 kanal
- Tinggi tower base station : 30 m
- Biaya RBS :  $\$922 \times 271 \text{ km}^2 = \$ 249.862 = \text{Rp.524.710.200}$ .
- Untuk daerah seluas  $625 \text{ km}^2 = 3 \times \text{Rp.524.710.200} = \text{Rp.1.574.130.600}$ .
- Biaya tambahan untuk transmisi, switch dan instalasi lainnya sama dengan STB seluler = \$ 4.528.000 = Rp.9.508.800.000.

- Jadi biaya investasi total = Rp.11.082.930.600.
- Biaya Operation & Maintenance (O&M) = Rp.332.487.918.
- Revenue/tahun = Rp.5.250.000.000.
- Profit sebelum pajak = Rp.4.917.512.082.
- Besarnya pajak = Rp.1.721.129.229.
- Profit setelah pajak menjadi = Rp.3.196.382.853.
- Diperoleh :
- FIRR sebelum pajak = 43,75 %
- FIRR setelah pajak = 28,82 %

#### IV. 3. 3 ANALISA EKONOMIS (EIRR)

Apabila pada analisa finansial difokuskan pada mencari keuntungan maksimum (profitability) untuk sektor pengembangan, maka pada analisa ekonomis ini lebih menekankan usaha untuk menyatakan kelayakan penerapan sistem dengan mempertimbangkan perekonomian nasional.

Kondisi perekonomian, berbagai aturan dalam bisnis, undang-undang pajak, kesempatan investasi, tersedianya keuangan, tingkat bunga dan perkiraan individu mengenai iklim perekonomian di masa mendatang adalah merupakan subyek bagi fluktuasi yang besar setiap saat.

Analisa secara ekonomis diperoleh dengan asumsi yang sama seperti pada analisa finansial, dengan mengalikan biaya Investasi (atau Operation/Maintenance) dengan faktor konversi 0,8 sesuai yang direkomendasikan oleh World Bank untuk sektor konstruksi di Indonesia.

Dalam hal ini estimasi cost pada analisa finansial

diubah ke bentuk cost ekonomis sebagai refleksi sumber daya sesungguhnya. Sedangkan estimasi revenue digunakan sebagai *benefit* yang menyatakan keadaan pembayaran oleh pelanggan untuk penerapan sistem ini.

#### IV. 3. 3.1 EIRR untuk Telepon Kabel

-Biaya O&M =  $0,8 \times \text{Rp.}346.500.000 = \text{Rp.}277.200.000.$

-Benefit =  $\text{Rp.}5.250.000.000.$

-Balance =  $\text{Rp.}4.972.800.000.$

Diperoleh EIRR = 42,59 %

#### IV. 3. 3.2 EIRR untuk STB Seluler

-Biaya O&M =  $\text{Rp.}649.404.000 \times 0,8 = \text{Rp.}519.523.200.$

-Benefit =  $\text{Rp.}10.080.000.000$

-Balance =  $\text{Rp.}9.560.476.800.$

Sehingga diperoleh EIRR : 43,50 %

#### IV. 3. 3.3 EIRR untuk Fixed Cellular

-Biaya O&M =  $\text{Rp.}332.487.918 \times 0,8 = \text{Rp.}265.990.334,4.$

-Benefit =  $\text{Rp.}5.250.000.000$

-Balance =  $\text{Rp.}4.984.009.666.$

Dengan cara yang sama diperoleh : EIRR = 44,21 %

Hasil perhitungan FIRR dan EIRR di atas dapat ditabelkan sebagai berikut : (lihat lampiran B).

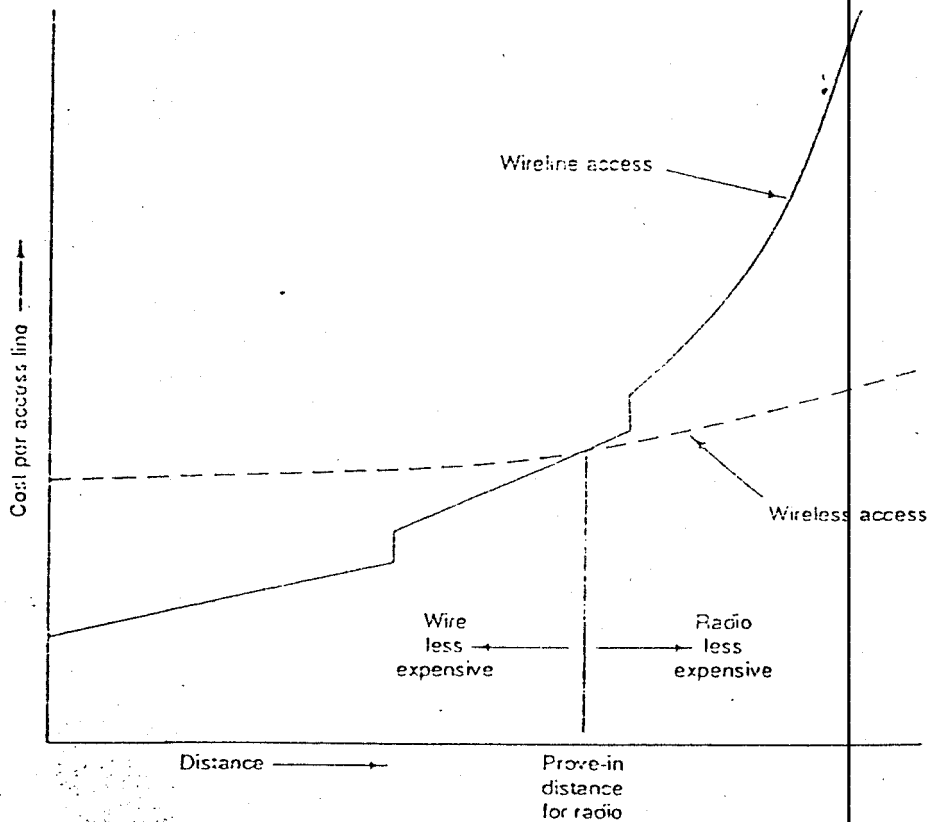
TABEL 4.13  
PERBANDINGAN FIRR DAN EIRR TELEPON KABEL, STB SELULER DAN  
FIXED CELLULAR

(%)	Telp. Kabel		STB Seluler		Fixed Cellular	
	FIRR	EIRR	FIRR	EIRR	FIRR	EIRR
sebelum pajak	42,03	42,59	42,97	43,50	43,75	44,21
setelah pajak	27,32	-	28,19	-	28,82	-

#### IV. 3.4 TINJAUAN TERHADAP PERBANDINGAN ASPEK EKONOMIS

Dari perhitungan aspek ekonomis sistem fixed cellular, STB seluler dan telepon kabel dapat dibuat analisa sebagai berikut :

1. Berdasarkan perhitungan FIRR dan EIRR di atas, dapat diketahui bahwa FIRR untuk fixed cellular (43,75) lebih besar daripada STB (42,97) dan telepon kabel (42,03). Hal ini membuktikan bahwa untuk daerah pelayanan yang sama, dengan jumlah pelanggan 5000 dan luas area 600 km<sup>2</sup>, biaya sistem Fixed Cellular paling murah dari pada sistem lainnya. Tingkat investasi yang akan ditanamkan pada telepon fixed cellular menghasilkan present value besar, berarti menunjukkan keuntungan yang paling besar. Namun untuk daerah cakupan dan jumlah pelanggan yang kecil akan lebih murah menggunakan telepon kabel.
2. Dari gambar 4.5 dapat diketahui pada batas jarak atau range tertentu (titik cut off) biaya sistem radio baru dapat dikatakan murah. Adapun batasan titik ini tidak ada standar yang jelas, tapi kebanyakan analisis tentang

GAMBAR 4.5<sup>56)</sup>

## HUBUNGAN COST/ACCESS LINE UNTUK SISTEM KABEL DAN RADIO

titik ini diacukan ke *radio prove in distance*, artinya suatu range tertentu yang menyatakan harga radio yang lebih murah daripada sistem kabel. Maka untuk bentuk kurva lain akan diperoleh harga titik ini yang berlainan pula. Dari studi yang dilakukan, diperoleh titik cut off pada range antara 15 - 30 kft (4,5 - 9 km) dengan

<sup>56)</sup> George Calhoun, "Wireless Access and The Local Telephone Network", Artech House Inc., London, 1992, hal.430.



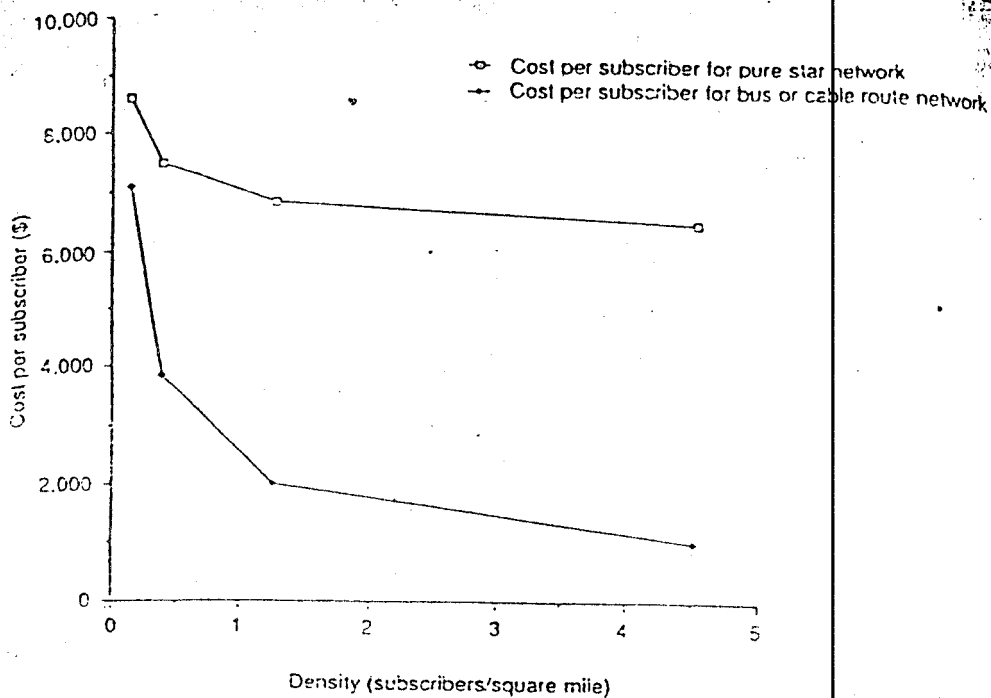
jumlah pemasaran sekitar 1,2 sampai 5,5 juta sambungan pelanggan. Dari studi yang dilakukan oleh Bell Company, dibuat beberapa alternatif berikut :

- titik cut off diasumsikan pada jarak 30 kft (9 km),
- 50 % dari penambahan pelanggan baru dengan jarak 30 kft dilayani dengan sistem radio,
- 3 % dari sambungan yang exist pada jarak 30 kft diperbaiki dengan sistem radio,
- 50 % dari hubungan tunggal (single party) ditangani sistem radio.

Asumsi di atas didasarkan pada studi terhadap kebutuhan 125.000 sambungan telepon tanpa kabel selama 5 tahun. Dari tabel 4.2 dapat diketahui rata-rata biaya kabel adalah \$ 3.100, sedangkan biaya sistem radio \$ 3.300 per saluran.

3. Kepadatan atau konfigurasi jaringan juga mempengaruhi biaya sistem kabel, terutama untuk kelompok sambungan telepon pada rute kabel feeder. Untuk jaringan dengan konfigurasi bus lebih murah karena membutuhkan kabel minimum daripada konfigurasi bintang (star). Jaringan dengan konfigurasi bus memiliki kepadatan 48 mil (76,8 km) kabel, sedangkan jaringan bintang mencapai 93 mil (153 km) kabel. Gambar 4.6 menunjukkan cost untuk kepadatan kabel yang berbeda. Kepadatan meningkat dari 0,14 pelanggan per mil persegi sampai 1,27 pelanggan per mil persegi, untuk konfigurasi bintang turun sekitar 20% per saluran sedangkan untuk konfigurasi bus sekitar 75

%per saluran. Jika kepadatan dinaikkan menjadi 4,52 pelanggan per mil maka biaya jaringan bintang hanya bergeser 5 % , sedangkan jaringan bus mencapai 50 % lebih rendah dari pada \$ 1.000 per saluran. Namun tidak berarti dalam aplikasinya hanya memakai konfigurasi bus saja, karena dengan beberapa alasan misalnya untuk bagian feeder digunakan bus sedangkan pada bagian drop digunakan konfigurasi bintang.

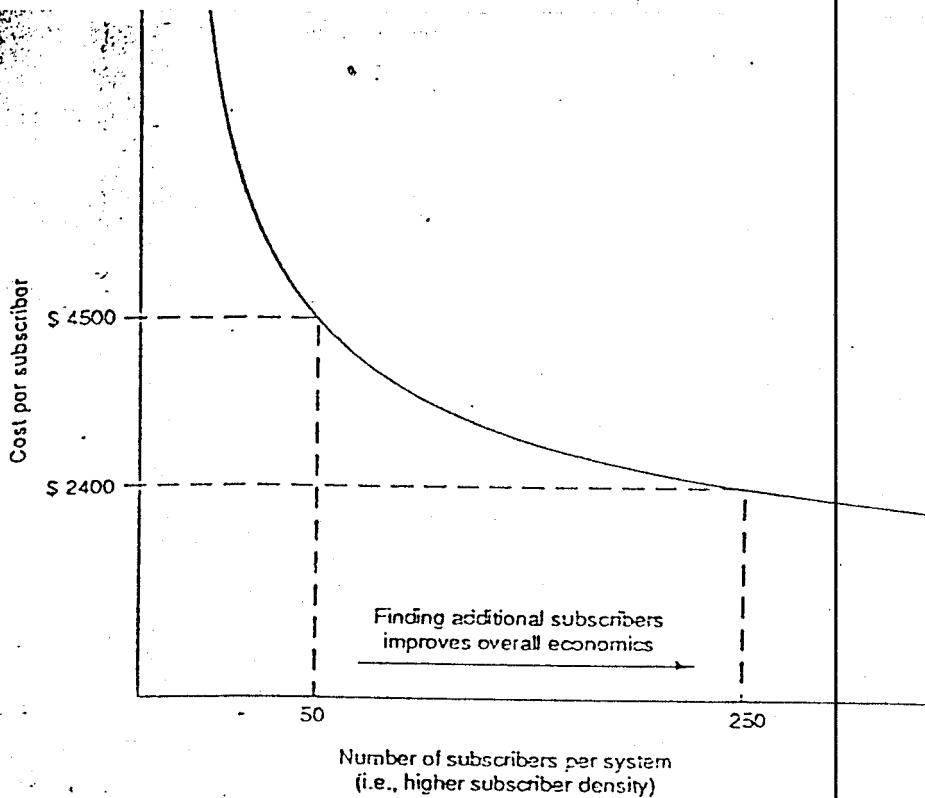


GAMBAR 4.6<sup>57)</sup>

COST PER PELANGGAN TELEPON KABEL UNTUK KEPADATAN BERBEDA

<sup>57)</sup> Ibid, hal. 438.

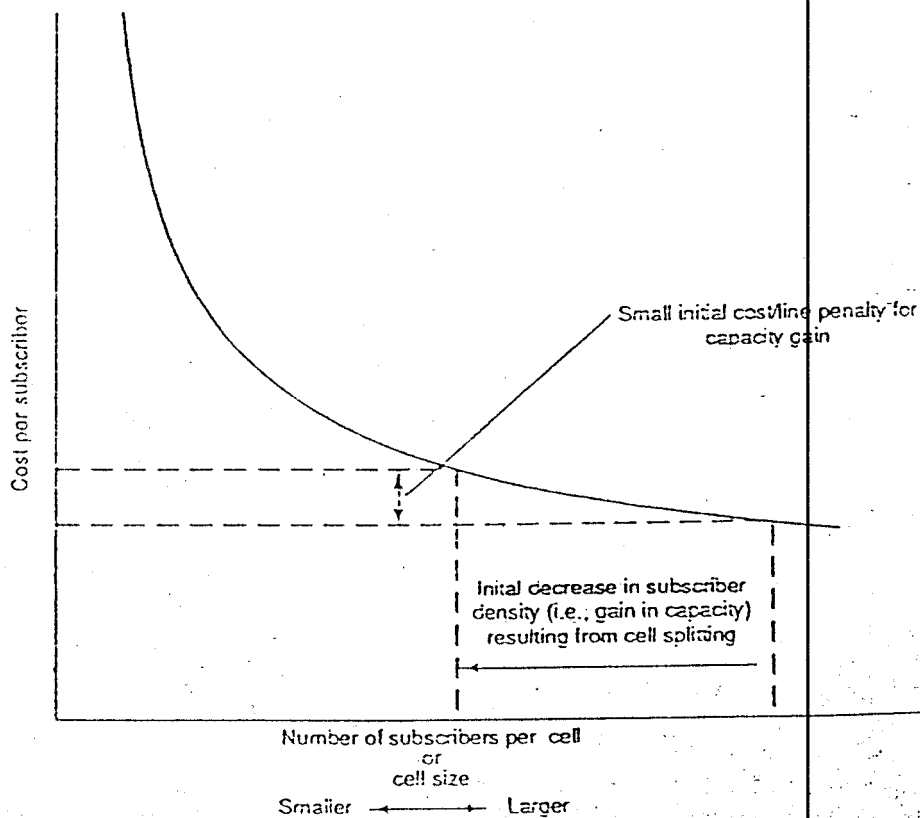
Sedangkan gambar 4.7 adalah hubungan cost per pelanggan sebagai fungsi kepadatan untuk sistem radio. Di sini lebih sederhana, karena karena tidak ada perbedaan konfigurasi seperti pada sistem kabel. Untuk ukuran sel yang tetap, penambahan kepadatan pelanggan dapat menurunkan cost per saluran. Tapi untuk ukuran sel kecil yaitu untuk pelanggan sedikit dengan luas area besar, biaya per saluran akan lebih mahal daripada menggunakan telepon kabel.



GAMBAR 4.7<sup>58)</sup>  
COST SEBAGAI FUNGSI KEPADATAN UNTUK UKURAN SEL TETAP

<sup>58)</sup> Ibid, hal. 440.

Apabila ukuran sel berubah-ubah dengan kepadatan tetap, maka hal ini lebih cocok untuk daerah perencanaan daerah urban, dimana ukuran sel dapat diubah (diperkecil) untuk fasilitas penggunaan ulang frekuensi dan kapasitas sistem lebih besar. Cara ini dapat mengarahkan untuk menambah kapasitas sistem tanpa menambah biaya per saluran. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 4.8.



GAMBAR 4.8<sup>50)</sup>  
COST SEBAGAI FUNGSI KEPADATAN UNTUK UKURAN SEL BERUBAH

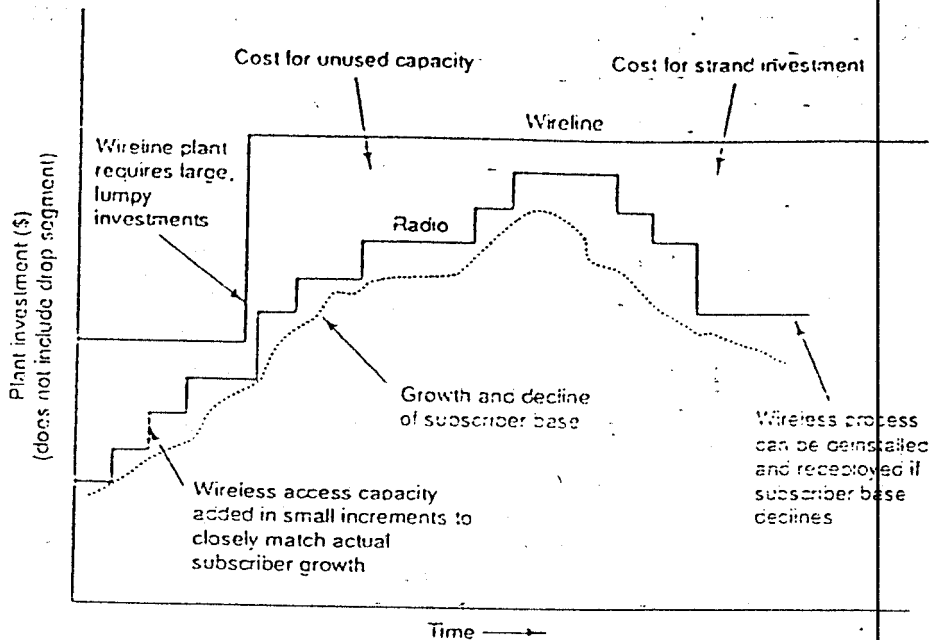
<sup>50)</sup> Ibid, hal. 441.

4. Sedangkan dari harga EIRR dapat disimpulkan bahwa ke tiga sistem tersebut layak untuk diterapkan karena EIRR ( $\geq 20\%$ ) di atas rata-rata bunga pinjaman (2,5 - 8,0 %), yang berarti bahwa tingkat bunga pengembalian minimum dapat terpenuhi.
5. Harga FIRR dan EIRR yang sangat besar tersebut disebabkan oleh perkiraan pembayaran biaya investasi yang dihitung sekaligus untuk tahun pertama, cost peralatan yang dihitung secara kasar dan biaya O&M tiap tahun diasumsikan tetap, dengan revenue yang tetap pula.
6. Secara umum pembiayaan untuk sistem radio seluler untuk melayani daerah cakupan yang luas relatif lebih murah dibandingkan dengan sistem kabel. Pada batas cut off tertentu biaya sistem telepon kabel lebih murah yaitu untuk daerah yang sangat kecil (kurang dari 4,5 km).

Perbandingan biaya investasi sistem radio seluler dengan sistem kabel ditunjukkan secara grafis pada gambar 4.9 berikut ini.

Untuk estimasi lebih detail lagi dapat dibuat perencanaan sebagai berikut :

- Tahun pertama dan ke dua dibangun instalasi sejumlah 50 % dari total jumlah pelanggan.
- Tahun ke tiga sampai ke sepuluh dibangun 80 % dari sisa jumlah pelanggan yang belum ditangani.
- Selebihnya diselesaikan dalam jangka waktu samapai dengan berakhirnya masa investasi 20 tahun.

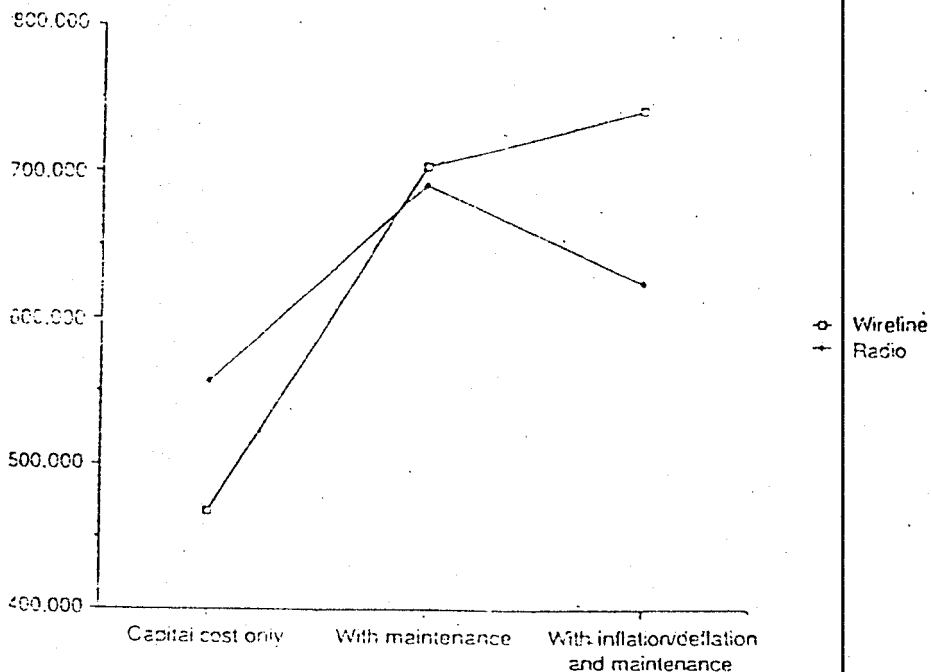


GAMBAR 4.9<sup>66)</sup>  
PERBANDINGAN INVESTASI SISTEM KABEL DAN RADIO

Tentunya pembiayaan yang lebih mendetail meliputi faktor inflasi dan keadaan fluktuasi pasar harus diperhatikan untuk perencanaan yang realistis di masa mendatang (gambar 4.10).

Secara umum dapat dikatakan bahwa sistem radio seluler lebih murah dari pada sistem kabel. Tetapi untuk menyediakan pelayanan sistem tersebut tidaklah mudah.

<sup>66)</sup> Ibid, hal. 465.



GAMBAR 4.10<sup>61)</sup>  
 PERBANDINGAN COST TELEPON KABEL DAN RADIO MELIPUTI KAPITAL  
 (COST, MAINTENANCE DAN FAKTOR INFLASI/DEFLASI)

Instalasi yang sederhana dapat dilakukan untuk daerah yang masih "perawan", seperti di daerah yang luas.

Untuk realisasi yang menghasilkan benefit yang paling ekonomis dapat dilakukan pada kondisi dimana lokasi tersebut direncanakan untuk pengembangan jaringan kabel. Tentunya diperlukan analisa kerja yang terperinci dan supel sesuai dengan kondisi yang ada.

<sup>61)</sup> Ibid, hal. 457.

Untuk mengetahui perbandingan cost antara ketiga sistem yang telah dibahas terhadap jumlah pelanggan dan daerah cakupan diberikan contoh pada tabel 4.14, 4.15 serta gambar 4.11 dan 4.12. Data untuk STB seluler dan Fixed Cellular dan sistem telepon kabel diperoleh dari data pada pembahasan sebelumnya.

Dari tabel dan grafik perbandingan cost terhadap jumlah pelanggan dan daerah cakupan dapat disimpulkan bahwa :

- Untuk jumlah pelanggan kira-kira kurang dari 1000 pelanggan, maka sistem telepon kabel lebih ekonomis.
- Untuk jumlah pelanggan lebih besar dari harga tersebut maka lebih ekonomis menggunakan Fixed Cellular.
- Untuk daerah cakupan kurang dari  $400 \text{ km}^2$ , sistem telepon kabel lebih ekonomis.
- Untuk daerah cakupan lebih dari harga tersebut maka lebih ekonomis sistem Fixed Cellular.

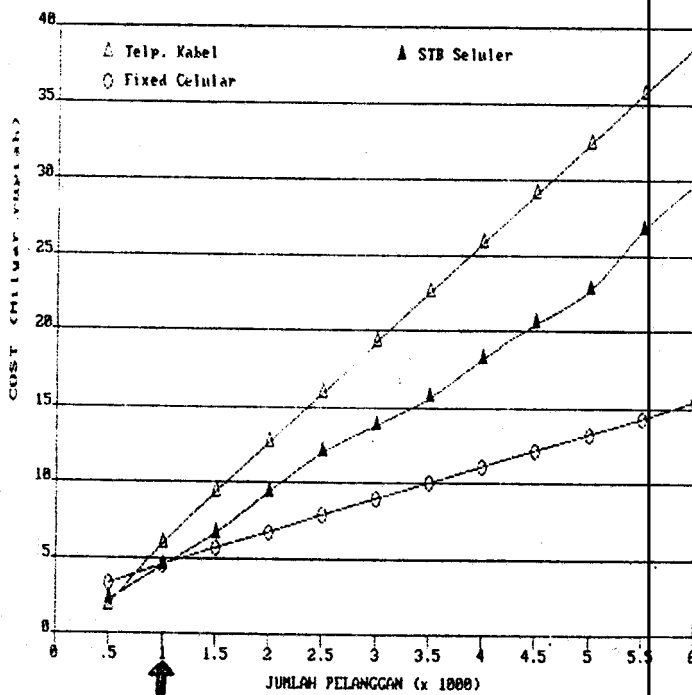
Secara umum dapat dikatakan bahwa sistem fixed cellular lebih ekonomis dari pada sistem kabel dan STB Seluler untuk daerah cakupan yang luas dan jumlah pelanggan besar.

Akhirnya, penerapan Fixed Cellular pada suatu daerah yang membutuhkan pelayanan telepon, juga ditentukan oleh kebijaksanaan masing-masing pelaksana atau negara. Yang jelas, dengan hadirnya Fixed Cellular merupakan salah satu alternatif dalam peningkatan kualitas pelayanan jasa telekomunikasi yang lebih baik.



TABEL 4.14  
 CONTOH PERBANDINGAN COST TERHADAP JUMLAH PELANGGAN

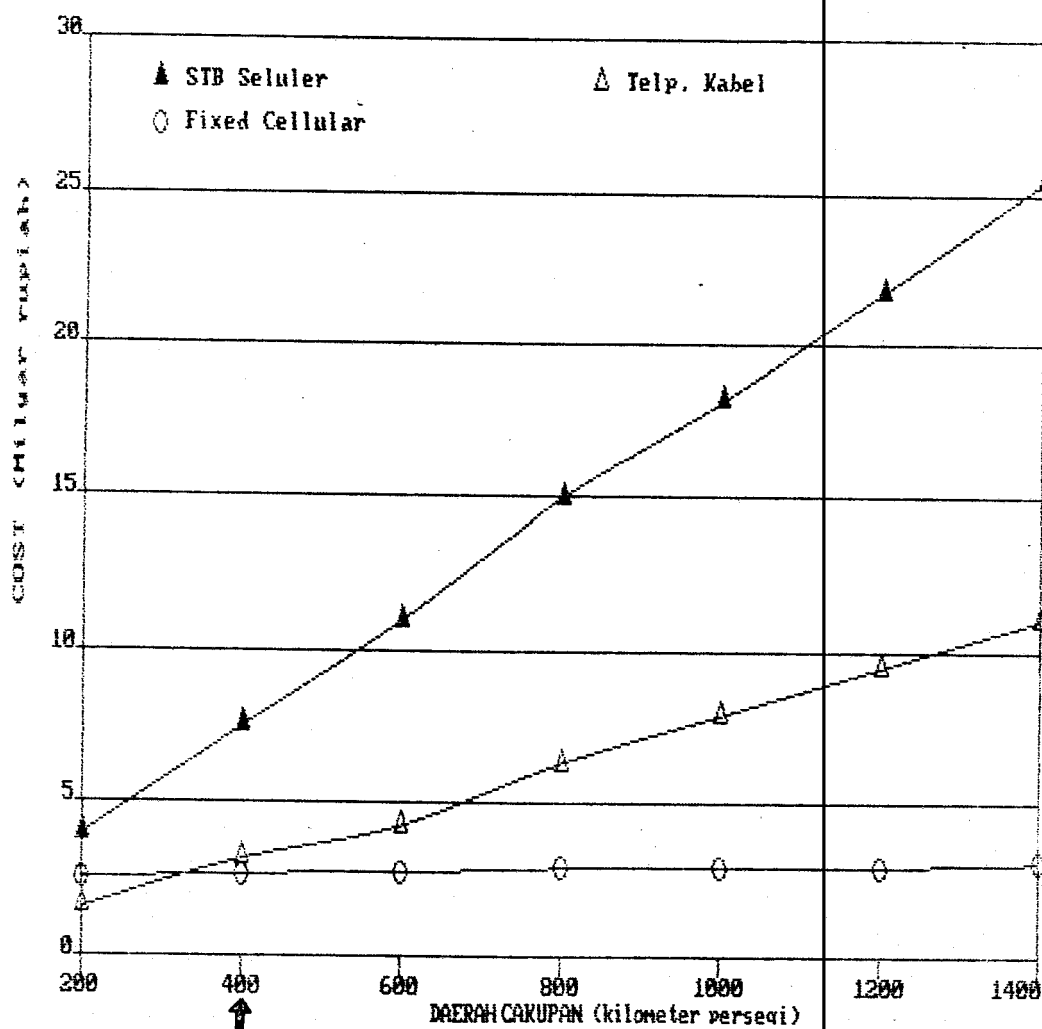
JUMLAH PELANGGAN	C O S T (juta rupiah)		
	TELP. KABEL	STB SELULER	FIXED CELL.
500	1.815	2.215	3.314
1.000	5.892	4.431	4.525
1.500	9.311	6.646	5.675
2.000	12.602	9.345	6.762
2.500	15.893	11.952	7.901
3.000	19.184	13.776	8.972
3.500	22.475	15.599	10.000
4.000	25.765	18.207	11.103
4.500	29.056	20.422	12.174
5.000	32.347	22.638	13.233
5.500	35.638	26.650	14.280
6.000	38.893	29.883	15.475



GAMBAR 4.11  
 GRAFIK PERBANDINGAN COST TERHADAP JUMLAH PELANGGAN

TABEL 4.15  
 CONTOH PERBANDINGAN COST TERHADAP DAERAH CAKUPAN

DRH. CAKUPAN (km <sup>2</sup> )	C O S T (Juta rupiah)		
	TELP. KABEL	STB SELULER	FIXED CELL.
200	1.575	3.979	2.525
400	3.150	7.476	2.672
600	4.725	10.973	2.724
800	6.300	14.952	2.875
1.000	7.875	18.158	2.922
1.200	9.450	21.790	2.924
1.400	11.025	25.423	3.059



GAMBAR 4.12  
 GRAFIK PERBANDINGAN COST TERHADAP DAERAH CAKUPAN

---

### V.1 KESIMPULAN

Secara sederhana dapat diambil beberapa kesimpulan dari pembahasan yang telah dilakukan di atas.

1. Sistem Telepon Fixed Cellular lahir sebagai suatu hasil pengembangan dari STB Cellular yang telah banyak memberikan sumbangan yang berarti bagi tersedianya jasa pelayanan telekomunikasi yang handal.
2. Kehadiran telepon Fixed Cellular akan membantu meningkatkan kualitas jasa pelayanan yang ditawarkan oleh jaringan telepon biasa (PSTN), terutama untuk pengembangan jaringan di daerah dengan kepadatan tinggi dimana terdapat banyak gedung dan jalan yang permanen.
3. Jasa pelayanan yang ditawarkan sistem telepon Fixed Cellular adalah jenis mobile-fixed cellular, moveable fixed cellular, cellular payphone dan fixed cellular dengan frequency reuse. Untuk itu dapat digunakan unit-unit pelanggan telepon jinjing (transportable), telepon genggam (handheld) ataupun telepon mobil dan pesawat telepon biasa yang telah ada.
4. Fixed Cellular, sesuai dengan namanya, menerapkan teknologi seluler seperti halnya pada STB seluler tapi dikonstruksikan untuk pelanggan tetap, sehingga biaya instalasi dan harga pulsanya sama dengan telepon biasa.

5. Fixed Cellular yang optimal diwujudkan dengan memakai teknik akses TDMA dengan frekuensi antara 1,427 sampai 2,690 GHz terutama untuk daerah rural dan remote area.
6. Penggunaan repeater diperlukan terutama untuk menjangkau daerah ratusan kilometer dan untuk menghubungkan daerah yang terisolir.
7. Performance sistem biasanya ditampilkan dalam bentuk perincian karakteristik kanal suara (noise, respons frekuensi, envelope delay dan lain-lain).
8. Level noise standar antara 100 - 200 pwp, dan lintasan radio didesain untuk keandalan tinggi (99%) atau lebih.
9. Implementasi sistem dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan memanfaatkan perangkat STB yang sudah ada atau merancang sistem fixed cellular yang baru. Integrasi dengan PSTN dimungkinkan terutama untuk mengefisienkan jaringan yang sudah ada.
10. Keunggulan sistem ini terutama pada kualitas hubungan yang lebih baik (untuk kualitas suara yang sama, kebutuhan C/I = 10 dB, sedangkan STB Seluler kebutuhan C/I = 18 dB), dan jangkauan lebih luas (15 - 30 km).
11. Dengan analisa secara teknis dan ekonomis dapat dibuktikan bahwa sistem Fixed Cellular layak untuk diterapkan (FIRR sebelum pajak = 43,75 % , dan FIRR setelah pajak = 28,82 % , serta EIRR = 44,21 %  $\geq$  tingkat bunga pinjaman = 8 %). Dan sistem ini lebih ekonomis untuk jumlah pelanggan besar ( $\geq$  1000 pelanggan) dan daerah cakupan luas ( $\geq$  400 km<sup>2</sup>) dibandingkan STB Seluler dan telepon kabel.

#### IV.2 SARAN

1. Untuk mengefisienkan sumber daya yang ada, maka penerapan Fixed Cellular sebaiknya dilakukan dengan memanfaatkan perangkat dan stasiun STB yang sudah ada, dan mengintegrasikannya dengan jaringan telepon tetap (PSTN) dan jaringan STB seluler.
2. Untuk menghilangkan pengaruh interferensi akibat adanya sistem yang berbeda dalam satu wilayah, maka sebaiknya dipilih satu sistem seluler saja. Sistem seluler yang berbeda dapat merugikan para pelanggan karena tidak dapat saling berhubungan.
3. Aplikasi Fixed Cellular sebagai telepon umum merupakan hal yang menarik untuk segera diwujudkan, yaitu di tempat-tempat yang ramai di perkotaan, dan di daerah rural untuk memanfaatkan lintasan radio seluler antara daerah pelayanan satu STB dengan daerah lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

---

1. Cellular Radio Group Training Session, "*Planning and Design of Cellular Radio Including Rural Application*", International Telecommunication Union, Jakarta, 1988.
2. Economic Commission for Europa, Geneva, "*The Communication Industry, Growth and Structural Change*", United Nations, New York, 1987.
3. Fluhr, Z.C. and P.T. Porter, "*Control Architecture*", The Bell System Technical Journal Vol. 58, No. 1, USA, January 1979.
4. G. Calhoun, "*Wireless and The Local Telecommunication Network*", Artech House Inc., London, 1992.
5. International Telecommunication Union, "*Fixed Service Using Radio Relay System*", CCIR International Radio Consultative Comitee, Reports of The CCIR, Annex to Volume IX - Part 1, Geneva, 1990.
6. Komaruddin E, Drs, Kartasapoetro G, Drs, "*Dasar-Dasar Ekonomi Teknik*", PT. Bina Aksara, Jakarta.
7. Library Survey and System Description, "*Ericson Radio System-Module A*", Mei, 1986.
8. Neil J Boucher, "*The Cellular Radio Handbook*", Quantum Publishing Inc. USA, 1990.
9. V.H. Mac. Donald, "*The Celullar Concept*", The Bell System Technical Journal, Vol. 58, No. 1, USA, January, 1979.

10. William C.Y. Lee, "Mobile Communication Design Fundamentals", Howard W. Sams & Co., USA, 1986.
11. William C.Y. Lee, "Mobile Communication Engineering", Mc Graw-Hill Book, Singapore, 1982.
12. William C.Y. Lee, "Mobile Cellular Telecommunication", Mc Graw-Hill Book, Singapore, 1988.
13. —————, "Expansion and Improvement of Regional Telecommunications Network", 1990.
14. —————, "Hughes Network System", Hughes Aircraft Company, Maret, 1982.
15. —————, "Majalah Elektron", Himpunan Mahasiswa Elektroteknik-ITB, No. 44 Th XIV, Bandung, 1992.
16. —————, "Majalah Teknologi", PT. Darma Yasamas Teknindo, No. 76, Agustus, 1993.

## LAMPIRAN A

### CONTOH PERHITUNGAN INTERNAL RATE OF RETURN (IRR)

Perhitungan IRR cukup sulit jika aliran dana (cash flow) tidak mengikuti bentuk-bentuk yang telah ada.

Untuk memudahkan perhitungan dapat dipakai tabel seperti terlihat pada tabel A-1. Aliran dana bersih (Net Cash Flow) untuk masing-masing tahun dimasukkan dalam kolom "CASH FLOW (0% Int. Rate)" yang menunjukkan nilai pemasukan sekarang (PW=Present Worth) sebesar 0% . Masing masing cash flow tersebut dikalikan dengan "FAKTOR" ( $P/F, i\%, N$ ), dan hasilnya dimasukkan ke kolom "PRESENT WORTH". Hasil tersebut merupakan present worth untuk interest rate 10 %, kemudian diulangi berturut-turut untuk 20 % , 40 % , dan 60 % dan seterusnya sesuai keperluan. Total present worth untuk sisi pembayaran (A) dibagi dengan total present worth sisi penerimaan (B) menghasilkan harga rasio "A/B". Maka harga rate of return dicapai pada saat  $A = B$ , atau harga rasio  $A/B = 1$ . Jika salah satu dari harga interest rate tersebut tidak menghasilkan rasio sama dengan satu, maka dapat digunakan metoda INTERPOLASI (gambar A-1).

Sebagai ilustrasi diberikan contoh penghitungan IRR dengan data-data diketahui sebagai berikut :

- Investasi awal = \$ 60,000.
- Investasi tambahan dibutuhkan pada akhir tahun ke dua = \$ 20,000.



- Periode proyek = 10 tahun.
  - Revenue (pendapatan) dan disbursement (pembayaran) diperkirakan untuk harga yang bervariasi.
- Tabel A-2 menunjukkan perhitungan investasi, revenue dan cost untuk contoh di atas.

Net cash flow pada tabel A-2 dapat dipindahkan ke kolom "CASH FLOW (0% Int. Rate) pada tabel A-1. Zero time dicapai pada saat cash flow berharga negatif, yaitu pada akhir tahun 1987. Dari hasil perhitungan pada tabel A-1 diperoleh rasio present worth A/B =

- 0.58 untuk 0%
- 0.96 untuk 10%
- 1.51 untuk 20% .

Maka harga IRR adalah harga di mana rasio tersebut adalah satu. Dalam hal ini digunakan interpolasi untuk mendapatkan harga IRR tersebut.

$$\text{IRR} = i = 10\% + \frac{1.00 - 0.96}{1.51 - 0.96} (20\% - 10\%) = \underline{10.7\%}$$

Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan gambar A-1, yang menunjukkan grafik interpolasi untuk harga-harga di atas. Perlu diperhatikan bahwa untuk mencari harga IRR yang tepat diperlukan tiga titik yang dihubungkan dengan kurva. Agar lebih akurat dapat dibuat grafik yang besar dengan menggunakan metoda INTERPOLASI LINIER.

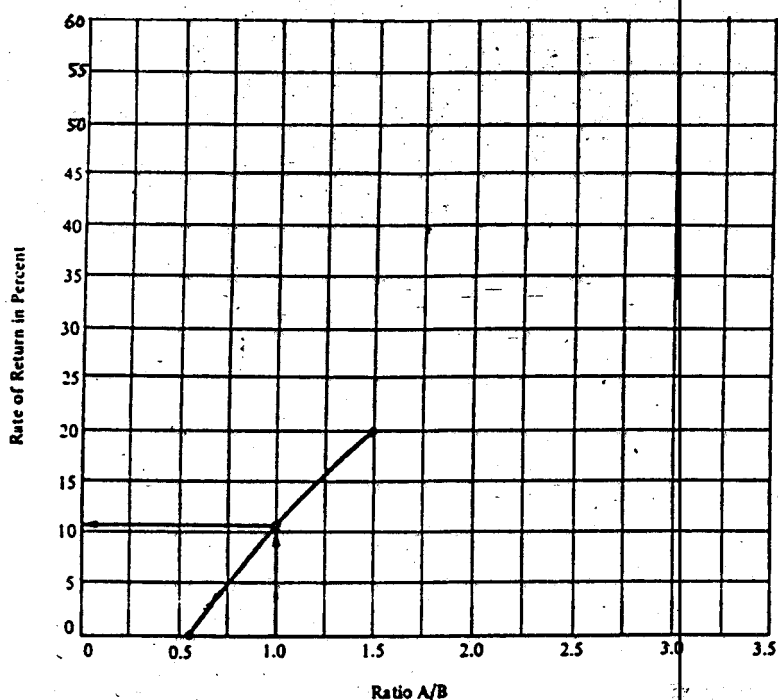
TABEL A-1  
CONTOH PERHITUNGAN INTERNAL RATE OF RETURN

TIMING		CASH FLOW (0% Int. Rate)		10% Int. Rate		20% Int. Rate		40% Int. Rate		60% Int. Rate	
Year	Period	Disbursement	Receipt	Factor	Present Worth	Factor	Present Worth	Factor	Present Worth	Factor	Present Worth
BEFORE											
1982	5th Yr			1.464		2.073		3.842		6.560	
83	4th			1.333		1.728		2.744		4.100	
	3rd	50,000		1.210	572,000	1.440	586,470	1.970	2,500		
84	2nd	5,000		1.100	5,500	1.200	6,000	1.400	1,400		
	1st	12,000		1.000	13,000	1.000	13,000	1.000	1,000		
TOTALS(A)		78,000			90,500		105,400				
AFTER ZERO TIME											
Cal Year	Period		Receipt	Factor	Present Worth	Factor	Present Worth	Factor	Present Worth	Factor	Present Worth
85	1st Yr		178,000	0.909	161,400	0.833	148,100	0.714	126,400	0.624	108,000
86	2nd		21,000	.826	17,300	.694	14,600	.510	10,900	.300	6,300
87	3rd		23,000	.751	17,200	.579	13,200	.464	10,400	.244	6,200
88	4th		23,000	.683	15,700	.482	11,000	.380	8,600	.186	5,200
89	5th		11,000	.621	6,800	.402	4,400	.313	3,300	.235	2,500
90	6th		11,000	.565	6,200	.335	3,900	.255	2,800	.186	1,700
91	7th		5,000	.513	2,500	.279	1,400	.205	1,000	.152	650
92	8th		5,000	.464	2,300	.233	1,200	.175	800	.113	450
	9th		4,000	.424	1,700	.193	800	.148	500	.087	300
	10th			.385		.162		.125		.099	
	11th			.351		.135		.104		.079	
	12th			.318		.112		.084		.066	
	13th			.289		.093		.070		.054	
	14th			.263		.078		.059		.045	
	15th			.239		.065		.050		.038	
	16th			.217		.054		.042		.032	
	17th			.197		.045		.035		.026	
	18th			.180		.038		.030		.022	
	19th			.164		.031		.025		.018	
	20th			.149		.026		.021		.015	
	21st			.135		.022		.017		.012	
	22nd			.123		.018		.014		.010	
	23rd			.112		.015		.011		.008	
	24th			.102		.012		.009		.006	
	25th			.092		.011		.008		.005	
TOTALS(B)		134,000			194,660		270,000				
RATIO A/B		0.58			0.96		1.51				

TABEL A-2

CONTOH INVESTASI, REVENUE DAN COST SUATU PROYEK

End of Year	(A) Investment (-) or Recovery (+) of Capital	(B) Receipts (or Savings) (+)	(C) Disbursements (-)	(D) = (A) + (B) + (C) Net Cash Flow (+) or (-)
1985	-\$60,000	—	—	-\$60,000
1986	—	\$20,000	\$25,000	- 5,000
1987	- 20,000	35,000	25,000	- 13,000
1988	—	48,000	30,000	+ 18,000
1989	—	52,000	30,000	+ 22,000
1990	—	55,000	32,000	+ 23,000
1991	—	55,000	33,000	+ 22,000
1992	—	50,000	32,000	+ 18,000
1993	—	35,000	24,000	+ 11,000
1994	—	25,000	20,000	+ 5,000
1995	+ 20,000	10,000	15,000	+ 15,000



GAMBAR A-1

CONTOH GRAFIK INTERPOLASI RATE OF RETURN

LAMPIRAN B

PERHITUNGAN PW DAN FIRR STB CELLULAR SEBELUM PAJAK

(milyar rupiah)

T H N	Cash flow	10 % Int. Rate		20 % Int. Rate		40 % Int. Rate		60 % Int. Rate	
		Factr	PW	Factr	PW	Factr	PW	Factr	PW
0	21,646	1,000	21,646	1,000	21,646	1,000	21,646	1,000	21,646
A	21,646		21,646		21,646		21,646		21,646
	Receipt								
1	9,430596	0,909	8,5724	0,883	8,3272	0,714	6,7334	0,624	5,8846
2	9,430596	0,826	7,7896	0,649	6,1204	0,510	4,8096	0,300	2,8291
3	9,430596	0,751	7,0823	0,579	5,4603	0,364	3,4327	0,244	2,3010
4	9,430596	0,683	6,4410	0,482	4,5455	0,260	2,4519	0,152	1,4334
5	9,430596	0,621	5,8564	0,402	3,7910	0,186	1,7540	0,095	0,8959
6	9,430596	0,565	5,3282	0,335	3,1592	0,133	1,2542	0,059	0,5564
7	9,430596	0,513	4,8378	0,279	2,6311	0,095	0,8959	0,037	0,3489
8	9,430596	0,466	4,3946	0,233	2,1973	0,067	0,6318	0,023	0,2169
9	9,430596	0,424	3,9985	0,194	1,8295	0,048	0,4526	0,015	0,1414
10	9,430596	0,385	3,6307	0,162	1,5277	0,035	0,3300	0,009	0,0848
11	9,430596	0,351	3,3101	0,135	1,2731	0,024	0,2263	0,006	0,0565
12	9,430596	0,318	2,9989	0,112	1,0562	0,018	0,1697	0,004	0,0377
13	9,430596	0,290	2,7348	0,094	0,8864	0,013	0,1225	0,002	0,0188
14	9,430596	0,263	2,4802	0,078	0,7355	0,009	0,0848	0,001	0,0094
15	9,430596	0,239	2,2539	0,065	0,6129	0,006	0,0565	8 E-4	0,0007
16	9,430596	0,217	2,0464	0,054	0,5092	0,005	0,0471	5 E-4	0,0004
17	9,430596	0,197	1,8578	0,045	0,4243	0,003	0,0282	3 E-4	0,0002
18	9,430596	0,180	1,6975	0,038	0,3583	0,002	0,0188	2 E-4	0,0001
19	9,430596	0,164	1,5466	0,031	0,2923	0,002	0,0188	1 E-4	0,0001
20	9,430596	0,149	1,4051	0,026	0,2451	0,001	0,0094	8 E-5	0,0001
B	1,886E11	8,511	80,263	4,961	46,785	2,495	23,529	1,573	14,834
A/B	0,114768		0,27		0,46		0,92		1,459

KET : PW = PRESENT WORTH

A = HARGA TOTAL DISBURSEMENT (PEMBAYARAN)

B = HARGA TOTAL RECEIPT (PENERIMAAN)

Maka harga Internal Rate (FIRR Sebelum Pajak) :

$$= 40 \% + \frac{1 - 0,92}{1,459 - 0,92} \times (60 \% - 40 \%)$$

$$= \underline{\underline{42,97 \%}}$$

## PERHITUNGAN PW DAN FIRR STB CELLULAR SETELAH PAJAK

(milyar rupiah)

T H N	Cash flow	10 % Int. Rate		20 % Int. Rate		40 % Int. Rate		60 % Int. Rate	
		Factr	PW	Factr	PW	Factr	PW	Factr	PW
0	21,646	1,000	21,646	1,000	21,646	1,000	21,646	1,000	21,646
A	21,646		21,646		21,646		21,646		21,646
	Receipt								
1	6,129887	0,909		0,883	5,4126	0,714	4,3767	0,624	
2	6,129887	0,826		0,649	3,9782	0,510	3,1262	0,300	
3	6,129887	0,751		0,579	3,5492	0,364	2,2312	0,244	
4	6,129887	0,683		0,482	2,9546	0,260	1,5937	0,152	
5	6,129887	0,621		0,402	2,4642	0,186	1,1401	0,095	
6	6,129887	0,565		0,335	2,0535	0,133	0,8152	0,059	
7	6,129887	0,513		0,279	1,7102	0,095	0,5823	0,037	
8	6,129887	0,466		0,233	1,4282	0,067	0,4107	0,023	
9	6,129887	0,424		0,194	1,1891	0,048	0,2942	0,015	
10	6,129887	0,385		0,162	0,9930	0,035	0,2145	0,009	
11	6,129887	0,351		0,135	0,8275	0,024	0,1471	0,006	
12	6,129887	0,318		0,112	0,6865	0,018	0,1103	0,004	
13	6,129887	0,290		0,094	0,5762	0,013	0,0796	0,002	
14	6,129887	0,263		0,078	0,4781	0,009	0,0551	0,001	
15	6,129887	0,239		0,065	0,3984	0,006	0,0367	8 E-4	
16	6,129887	0,217		0,054	3,3101	0,005	0,0306	5 E-4	
17	6,129887	0,197		0,045	0,2758	0,003	0,0183	3 E-4	
18	6,129887	0,180		0,038	0,2329	0,002	0,0122	2 E-4	
19	6,129887	0,164		0,031	0,1900	0,002	0,0122	1 E-4	
20	6,129887	0,149		0,026	0,1593	0,001	0,0061	E-5	
B	122,5977				30,410		15,294		
A/B	0,176567				0,7118		1,4154		

KET : PW = PRESENT WORTH

A = HARGA TOTAL DISBURSEMENT (PEMBAYARAN)

B = HARGA TOTAL RECEIPT (PENERIMAAN)

Maka harga Internal Rate (FIRR Setelah Pajak):

$$= 20 \% + \frac{1,000 - 0,7118}{1,415 - 0,7118} \times (40 \% - 20 \%)$$

$$= 28,19 \%$$

## PERHITUNGAN PW DAN EIRR STB CELLULAR

(milyar rupiah)

T H N	Cash flow	10 % Int. Rate		20 % Int. Rate		40 % Int. Rate		60 % Int. Rate	
		Disbursm	Factr	PW	Factr	PW	Factr	PW	Factr
0	21,646	1,000	21,646	1,000	21,646	1,000	21,646	1,000	21,646
A	21,646		21,646		21,646		21,646		21,646
	Receipt								
1	9,560476	0,909		0,883		0,714	6,8261	0,624	5,9657
2	9,560476	0,826		0,649		0,510	4,8758	0,300	2,8681
3	9,560476	0,751		0,579		0,364	3,4800	0,244	2,3327
4	9,560476	0,683		0,482		0,260	2,4857	0,152	1,4531
5	9,560476	0,621		0,402		0,186	1,7782	0,095	0,9082
6	9,560476	0,565		0,335		0,133	1,2715	0,059	0,5640
7	9,560476	0,513		0,279		0,095	0,9082	0,037	0,3537
8	9,560476	0,466		0,233		0,067	0,6405	0,023	0,2198
9	9,560476	0,424		0,194		0,048	0,4589	0,015	0,1434
10	9,560476	0,385		0,162		0,035	0,3346	0,009	0,0860
11	9,560476	0,351		0,135		0,024	0,2294	0,006	0,0573
12	9,560476	0,318		0,112		0,018	0,1720	0,004	0,0382
13	9,560476	0,290		0,094		0,013	0,1242	0,002	0,0191
14	9,560476	0,263		0,078		0,009	0,0860	0,001	0,0095
15	9,560476	0,239		0,065		0,006	0,0573	8 E-4	0,0076
16	9,560476	0,217		0,054		0,005	0,0478	5 E-4	0,0047
17	9,560476	0,197		0,045		0,003	0,0286	3 E-4	0,0028
18	9,560476	0,180		0,038		0,002	0,0191	2 E-4	0,0019
19	9,560476	0,164		0,031		0,002	0,0191	1 E-4	0,0009
20	9,560476	0,149		0,026		0,001	0,0095	8 E-5	0,0007
B	191,2095						23,853		15,038
A/B	0,113209						0,9074		1,4394

KET : PW = PRESENT WORTH

A = HARGA TOTAL DISBURSEMENT (PEMBAYARAN)

B = HARGA TOTAL RECEIPT (PENERIMAAN)

Maka harga Internal Rate (EIRR):

$$= 40 \% + \frac{1,000 - 0,907}{1,439 - 0,907} \times (60 \% - 40 \%)$$

$$= 43,50 \%$$

T H N	Analisa FIRR STB Cellular (Unit:dalam juta rupiah)					
	C O S T		REVENUE	PROFIT	PAJAK	PROFIT
	Invest.	O/M	pulsa	sblm.pjk.		sdh.pjk.
1	21646,8	0	0	-21646,8	0	-21646,8
2	0	649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
3		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
4		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
5		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
6		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
7		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
8		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
9		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
10		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
11		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
12		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
13		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
14		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
15		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
16		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
17		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
18		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
19		649,404	10080	9430,596	3300,7086	6129,8874
FIRR sblm. pjk. = 42,97 %						
FIRR sdh. pjk. = 28,19 %						

T H N	Analisa EIRR STB Cellular (Unit:dalam juta rupiah)				
	C O S T			BENEFIT	BALANCE
	Investasi	O/M	Total		
1	21646,8	0	21646,8	0	-21646,8
2	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
3	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
4	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
5	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
6	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
7	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
8	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
9	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
10	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
11	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
12	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
13	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
14	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
15	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
16	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
17	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
18	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
19	0	519,5232	519,5232	10080	9560,4768
EIRR STB Cellular = 43,50 %					

21 AUG 1993

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO -ITS

EE 1799 TUGAS AKHIR - 6 SKS

Nama Mahasiswa : LASTYARDI  
 Nomor Pokok : 288 220 0939  
 Bidang Studi : Teknik Telekomunikasi  
 Tugas diberikan : September 1993  
 Tugas diselesaikan : Februari 1994  
 Dosen Pembimbing : Dr.Ir.M.Salehudin, M.Eng.Sc  
 Judul Tugas Akhir : STUDI PENERAPAN SISTEM TELEPON BERGERAK (STB) SELULER SEBAGAI SISTEM TELEPON SELULER TETAP (FIXED CELLULAR)

Uraian Tugas Akhir :  
 Sejalan dengan perkembangan dan kemajuan di bidang teknologi telekomunikasi, maka prospek penggunaan Sistem Telepon Bergerak (STB) di Indonesia menjanjikan harapan yang cerah. STB telah memberikan sumbangan yang sangat berarti bagi berlangsungnya hubungan komunikasi yang handal, terutama bagi pelanggan yang setiap saat memerlukan sarana komunikasi yang mudah dan cepat.

Untuk meningkatkan kualitas dan peranan STB perlu dilakukan pengembangan yang meliputi sistem jaringan maupun pelayanannya. Pada Tugas Akhir ini akan dibahas mengenai studi penerapan STB yang difungsikan sebagai sistem telepon seluler tetap (Fixed Cellular) dengan memanfaatkan jaringan STB yang telah ada dan hubungannya dengan PSTN (Public Switching Telephone Network).

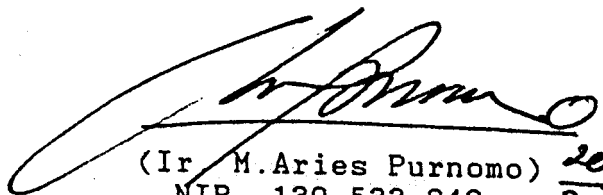
Surabaya, 14 Agustus 1993

Mengetahui

Bidang Studi Teknik Telekomunikasi

Koordinator,

Dosen Pembimbing,

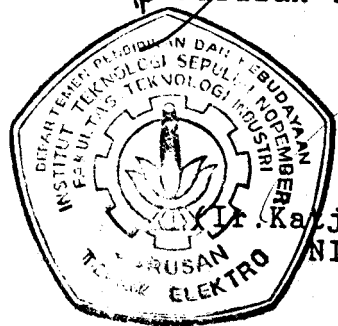


(Ir. M. Aries Purnomo) <sup>20</sup>/<sub>8 '93</sub>  
 NIP. 130 532 040



(Dr. Ir. M. Salehudin, M. Eng. Sc)  
 NIP. 130 532 026

Mengetahui  
 Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS  
 Ketua,



Ir. Kaljuk Astrowulan, MSEE)  
 NIP. 130 687 438



## USULAN TUGAS AKHIR

---

A. JUDUL TUGAS AKHIR : STUDI PENERAPAN SISTEM TELEPON BERGERAK (STB) SELULER SEBAGAI SISTEM TELEPON SELULER TETAP (FIXED CELLULAR)

B. RUANG LINGKUP : - Sistem Komunikasi  
- Teknik Switching dan Telefoni  
- Sistem Transmisi Telekomunikasi  
- Radio Cellular

C. LATAR BELAKANG : - Pembangunan yang tengah berlangsung pesat di Indonesia tidak terlepas dari peranan jasa telekomunikasi. Sistem komunikasi yang handal dan ekonomis dituntut untuk senantiasa dikembangkan.

- Sistem Telepon Bergerak merupakan salah satu indikasi semakin majunya pertelekomunikasian di Indonesia dan semakin besarnya kebutuhan masyarakat akan jasa komunikasi yang cepat, mudah dan ekonomis.

- Untuk meningkatkan kualitas penerapan STB di Indonesia perlu dilakukan pengkajian dan perencanaan yang terarah dan terpadu. Salah satu bentuk pengembangan STB

ini ialah dengan menerapkan STB sebagai Sistem Seluler Tetap (Fixed Cellular) dengan memperhatikan jaringan komunikasi yang sudah ada, seperti pada jaringan komunikasi MEA (Multi Exchange Area).

- Penerapan STB seluler sebagai Sistem Seluler Tetap (Fixed Cellular) menawarkan banyak kemudahan antara lain biaya radio seluler yang relatif lebih rendah, tidak ada multipath fading, jaringannya mudah untuk direkayasa dan memungkinkan adanya link data menggunakan kanal radio serta jangkauan yang lebih luas (40 mil).

D.PENELAAHAN STUDI : Untuk memberikan nilai tambah pada sistem telepon bergerak yang dikehendaki, akan dikaji beberapa alternatif untuk instalasi radio seluler pada sistem telepon tetap, sebagai berikut:

- Untuk menjamin nomor kanal yang memadai maka masing-masing kanal radio ditentukan untuk masing-masing pelanggan pada tempat yang permanen.
- Apabila nomor kanal yang tersedia

terbatas, maka dapat diatasi dengan menggunakan trunk untuk pemilihan kanal, dan dengan kanal set-up untuk inisiasi panggilan. Kemudian ditransfer ke kanal yang telah ditentukan. Kanal radio yang terbatas tersebut dapat digunakan kembali (reused).

- Fungsi-fungsi kontrolnya sama dengan sistem seluler bergerak.

Implementasi dari konsep tersebut dapat diwujudkan dengan beberapa alternatif berikut,

- pertama, penggunaan perangkat seluler bergerak untuk stasiun seluler tetap, sehingga dapat lebih menghemat biaya pembuatan, dibandingkan jika dibuat perangkat radio seluler tetap yang baru.
- ke dua, dengan membuat sistem jaringan seluler tetap, dengan dua kemungkinan yaitu dengan mengintegrasikannya dengan kantor telepon lokal, atau dengan jaringan seluler bergerak yang sudah ada.

Selanjutnya dapat direncanakan untuk mengembangkannya dengan memadukan sistem-sistem komunikasi lain,

sehingga jangkauan pelayanannya lebih luas lagi, meliputi daerah urban dan daerah rural di seluruh Indonesia.

**E. TUJUAN** : Memperoleh data dan mengkaji Sistem Telepon Bergerak (STB) yang ada, serta pengembangannya di Indonesia.

**F. LANGKAH-LANGKAH** : 1. Studi literatur  
2. Pengumpulan data  
3. Pembahasan  
4. Penyusunan buku

**G. RELEVANSI** : Studi penerapan STB sebagai Fixed Cellular ini diharapkan sebagai langkah awal untuk menunjang pengembangan STB di masa yang akan datang.

**H. JADWAL KEGIATAN** : Diharapkan seluruh kegiatan selesai dalam jangka waktu enam bulan, dengan jadwal sebagai berikut:

No	Kegiatan	bulan ke					
		I	II	III	IV	V	VI
1	Studi literatur	///	///	///			
2	Pengumpulan data		///	///	///		
3	Pembahasan			///	///	///	
4	Penyusunan buku					///	///

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

---



Penyusun bernama LASTYARDI, dilahirkan di Purbalingga, pada tanggal 23 Maret 1970 dari ayah bernama SOEWARYO dan ibu bernama LEGINEM. Penyusun adalah anak terakhir dari 11 bersaudara.

### RIWAYAT PENDIDIKAN :

1. SDN Kalimanah Wetan I (1976 - 1982)
2. SMP I Kalimanah (1982 - 1985)
3. SMA N Purbalingga (1985 - 1988)
4. Masuk jurusan Teknik Elektro FTI-ITS tahun 1988, dan saat ini tengah menyelesaikan studi di bidang studi Teknik Telekomunikasi.