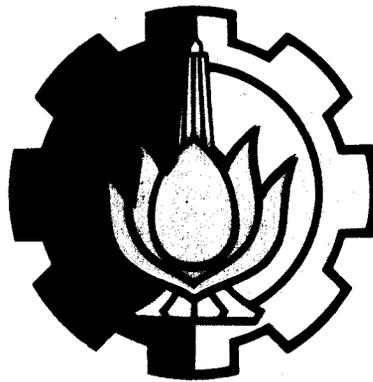


6610/ITS/A/94 ✓

PERPUS SAJIN	
I 111	
Tgl. Terbit	29 APR 1994
Terima dari	TA
No. Agenda Prp.	2014 / B

STUDI TENTANG TRANSCEIVER UNTUK ISDN U-INTERFACE

RSE
621.385
Tri
S-1
1994



Oleh :

Jri Rahajoeningroem
2882200932

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

STUDI TENTANG TRANSCEIVER UNTUK ISDN U-INTERFACE

TUGAS AKHIR

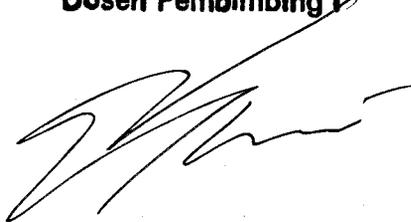
Diajukan Guna memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Elektro

Pada

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

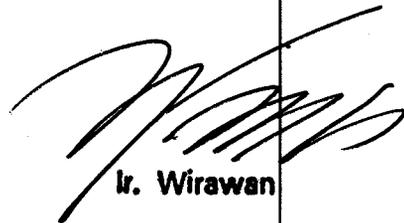
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Ir. Hang Suharto, MSc.

Dosen Pembimbing II



Ir. Wirawan

SURABAYA
Pebruari 1994

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah, berkat rahmat dan karunia Allah SWT, akhirnya penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul :

STUDI TENTANG TRANSCEIVER UNTUK ISDN U-INTERFACE

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi salah satu persyaratan akademis yang harus ditempuh mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya untuk memperoleh gelar sarjana.

Diharapkan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukannya.

Surabaya, Januari 1994

Penyusun

iii



UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Hang Suharto, MSc selaku dosen pembimbing I.
2. Bapak Ir. Wirawan selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan saran selama penyusunan Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Yanto Suryadhana selaku dosen wali yang telah memberikan nasihat selama penyusun menyelesaikan studi.
4. Bapak Ir. M. Aries Purnomo, selaku Koordinator Bidang Studi Teknik Telekomunikasi.
5. Bapak DR. Ir. Moch. Salehudin, M. Eng, Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS
6. Bapak, Ibu serta tak lupa Mas Apit yang telah memberikan dorongan moril dan materiil.
7. Bapak dan Ibu M. Yoesri yang telah mencurahkan perhatian dan kasih sayang.
8. Segenap rekan-rekan Lab. B 301 dan semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu kelancaran penyusunan Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT membalas semua amal yang telah diberikan.

ABSTRAK

ISDN atau Jaringan Digital Pelayanan Terpadu merupakan tujuan akhir bentuk jaringan telekomunikasi di mana pembangunan telekomunikasi nasional Indonesia diarahkan menuju bentuk tersebut. Untuk menunjang ke arah terciptanya ISDN ini diperlukan suatu sistem transmisi digital antara pelanggan dengan sentral lokal yang mampu mendukung proses pertukaran informasi antar pelanggan.

Untuk menyelenggarakan hubungan secara digital, pemakai ISDN menggunakan suatu interface yang telah distandardisasi agar dapat dihubungkan pada terminal unit yang berbeda dan digunakan protokol tertentu untuk hubungan ke jaringan sehingga dapat berfungsi untuk berbagai pelayanan. Pelanggan dihubungkan secara fisik dan digital ke sentral lokal di mana transmisi antara keduanya full duplex.

Dalam tugas akhir ini dibahas sistem transmisi digital pada U-interface, yaitu interface yang menghubungkan secara fisik dan digital antara pelanggan dan sentral lokal. Pembahasan dilakukan melalui studi literatur berbagai rekomendasi CCITT, buku-buku dan makalah telekomunikasi yang berkaitan dengan transceiver untuk ISDN U-interface.

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa persiapan link fisik dalam memenuhi kebutuhan rancangan basic access adalah transmisi full duplex pada 144 kbps, sinkronisasi word dan frame serta prosedur pengaktifan/pe-nonaktif-an. Dari beberapa metode yang telah dikembangkan untuk merealisasikan transmisi full duplex, metode Echo Cancellation dianggap paling handal dibandingkan dengan metode Frequency Division Multiplexing dan Time Compression Multiplexing. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam desain transceiver adalah pemilihan metode transmisi yang tepat, desain equalisasi, dan pemilihan kode saluran yang sesuai.

DAFTAR ISI

	HALAMAN
JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 LATAR BELAKANG	I-1
I.2 PERMASALAHAN DAN PEMBATASAN MASALAH	I-1
I.3 METODOLOGI	I-2
I.4 SISTEMATIKA PEMBAHASAN	I-3
I.5 TUJUAN	I-4
I.6 RELEVANSI	I-4
BAB II INTEGRATED SERVICES DIGITAL NETWORK	
II.1 UMUM	II- 1
II.2 REKOMENDASI CCITT MENGENAI ISDN	II- 2
II.3 ARSITEKTUR JARINGAN ISDN	II- 3
II.4 PELAYANAN ISDN	II- 5

II.5	STRUKTUR INTERFACE DAN JENIS KANAL	II- 6
II.6	KONFIGURASI REFERENSI	II- 9
II.6.1	PERALATAN PELANGGAN ISDN	II-13
II.6.2	NETWORK TERMINATION CNTD	II-14
II.6.3	INTERFACE U	II-15
 BAB III SISTEM TRANSMISI DIGITAL PADA JARINGAN		
PELANGGAN MENUJU ISDN		
III.1	UMUM	III- 1
III.2	SISTEM TRANSMISI PELAYANAN ISDN	III- 1
III.2.1	BATASAN SISTEM TRANSMISI DIGITAL	III- 2
III.2.2	SIRKUIT SALURAN ISDN	III- 4
III.2.3	HIRARKI STRUKTUR INTERFACE-I	III- 8
III.3	PERSYARATAN TRANSMISI JARINGAN KABEL	III-11
III.3.1	KARAKTERISTIK KABEL DALAM DESAIN SISTEM TRANSMISI DIGITAL	III-12
III.3.2	ALOKASI REDAMAN DALAM JARINGAN KABEL	III-18
III.3.3	PERHITUNGAN PANJANG MAKSIMUM KABEL LOKAL	III-19
III.3.3.1	PERHITUNGAN DENGAN FEEDING LOSS	III-19
III.3.3.2	PERHITUNGAN TANPA FEEDING LOSS	III-22
III.4	TRANSMISI SINYAL DIGITAL 144 KBPS PADA DSL (DIGITAL SUBSCRIBER LINE)	III-24
III.4.1	INTERWORKING PADA JARINGAN ISDN	III-26
III.4.2	FUNGSI-FUNGSI YANG DIBUTUHKAN UNTUK	

PERENCANAAN BASIC ACCESS	III-28
III.4.3 FORMAT PENYANDIAN	III-32
III.4.4 HUBUNGAN FREKUENSI DENGAN KECEPATAN INFORMASI	III-26
III.5 KUALITAS TRANSMISI SINYAL DIGITAL	III-37
III.5.1 HUBUNGAN BER DAN SNR	III-37
III.5.2 GANGGUAN TRANSMISI DIGITAL PADA DSL .	III-43
III.5.2.1 REDAMAN	III-43
III.5.2.2 CAKAP SILANG (CROSSTALK)	III-45
III.5.2.3 INTERFERENSI	III-47
III.5.2.4 INTERFERENSI ANTARSIMBOL	III-48
III.5.2.5 THERMAL NOISE	III-49
III.5.2.6 ECHO	III-50
 BAB IV TRANSCEIVER UNTUK ISDN U-INTERFACE	
IV.1 UMUM	IV- 1
IV.2 SIRKUIT INTERFACE U	IV- 2
IV.2.1 TRANSMISI FULL DUPLEX PADA 144 KEPS	IV- 3
IV.2.2 SINKRONISASI WORD DAN FRAME	IV- 6
IV.2.3 PENGAKTIFAN/PENONAKTIFAN	IV- 7
IV.3 LINGKUNGAN UNTUK TRANSCEIVER U-INTERFACE	IV- 9
IV.4 METODE-METODE YANG DIGUNAKAN UNTUK MEREALISA- SIKAN TRANSMISI FULL DUPLEX	IV-12
IV.4.1 FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING (FDMD) ..	IV-13
IV.4.2 TIME COMPRESSION MULTIPLEXING (TCMD)	IV-13

IV. 4. 3	ECHO CANCELLATION (EC)	IV-16
IV. 4. 4	PERBANDINGAN ANTARA METODE FDM, TCM DAN EC	IV-19
IV. 5	PENGGUNAAN METODE EC UNTUK REALISASI TRANSMISI FULL DUPLEX	IV-20
IV. 6	PENKODEAN SALURAN	IV-21
IV. 7	ECHO CANCELLATION TIDAK LINEAR	IV-26
IV. 7. 1	PAIRED MEMORY EC	IV-26
IV. 7. 2	MEMORY COMPENSATION EC	IV-32
IV. 7. 3	VOLTERRA EC	IV-34
IV. 7. 4	MENGHINDARI ECHO CANCELLATION TIDAK LINEAR	IV-35
IV. 8	EKUALISASI	IV-36
IV. 8. 1	MACAM-MACAM EQUALIZER	IV-37
IV. 8. 2	DESAIN EKUALISASI	IV-38
IV. 9	TIMING RECOVERY	IV-42
IV. 9. 1	LOOP TIMING	IV-44
IV. 9. 2	TIMING RECOVERY PHASE LOCKED LOOP (PLL)	IV-46
IV. 10	PEMELIHARAAN INTERFACE SALURAN PELANGGAN ...	IV-48
IV. 10. 1	SISTEM PENGAWASAN PELANGGAN	IV-48
IV. 10. 2	SISTEM TEST SALURAN PELANGGAN	IV-50
IV. 11	PEMANFAATAN TEKNOLOGI VLSI UNTUK SISTEM TRANSMISI PADA INTERFACE U	IV-52
IV. 12	PERBANDINGAN SISTEM TRANSMISI JARINGAN LOKAL DI BERBAGAI NEGARA	IV-55

IV.12.1	DI USA	IV-56
IV.12.2	DI LUAR USA	IV-56
BAB V PENUTUP		
V.1	KESIMPULAN	V-1
V.2	SARAN	V-2
DAFTAR PUSTAKA		

D A F T A R G A M B A R

GAMBAR		HALAMAN
2. 1	ARSI TEKTUR ISDN	II- 4
2. 2	KONFIGURASI REFERENSI	II-10
2. 3	PERALATAN PELANGGAN ISDN	II-13
3. 1	BATAS SEKSI DIGITAL DAN SISTEM TRANSMISI DIGITAL	III- 3
3. 2	MODEL FISIK DLL	III- 5
3. 3	LEVEL-LEVEL PROTOKOL YANG DIUSULKAN DI DALAM MODEL OSI	III- 6
3. 4	KONFIGURASI SIRKUIT SALURAN ISDN	III- 7
3. 5	HIRARKI STRUKTUR INTERFACE I	III- 9
3. 6	MACAM-MACAM REDAMAN KABEL DARI BERBAGAI UKURAN	III-12
3. 7	KOEFISIEN FASE KABEL-KABEL TEMBAGA	III-13
3. 8	MACAM-MACAM IMPEDANSI KARAKTERISTIK KABEL UNTUK BERBAGAI UKURAN KABEL	III-15
3. 9	(a) KURVA NEXT TERHADAP FREKUENSI	III-17
3. 9	(b) KURVA FEXT TERHADAP FREKUENSI	III-17
3.10	PRESENTASI KUMULATIF DARI PENGUKURAN IMPULSE NOISE UNTUK THRESHOLD TERTENTU DI BAWAH 99 %	III-18
3.11	KURVA JARAK KABEL MAKSIMUM TERHADAP REDAMAN JARAK KABEL	III-22
3.12	TITIK REFERENSI UNTUK INTERWORKING	III-28

3.13	FUNGSI-FUNGSI SISTEM TRANSMISI ANTARA LI	DAN	
	NT1		III-31
3.14	PENYANDIAN AMI, HDB3, 4B/3T DAN 2B1Q		III-34
3.15	DISTRIBUSI AMPLITUDO CACAT SINYAL		III-38
3.16	DISTRIBUSI AMPLITUDO CACAT SINYAL TERNARY ...		III-40
3.17	HUBUNGAN SNR DAN BER BEBERAPA FORMAT KODE ...		III-44
3.18	CROSSTALK NEXT DAN FEXT		III-46
3.19	(a) KEMIRINGAN BENTUK PULSA		III-49
3.19	(b) INTERFERENSI INTERSIMBOL RELATIF		III-49
4. 1	BLOK DIAGRAM SIRKUIT INTERFACE U		IV-3
4. 2	MODE HYBRID DAN ECHO YANG DIHASILKAN SALURAN		
	DENGAN FUNGSI LINEAR		IV- 4
4. 3	KONFIGURASI SIRKUIT KABEL UTAMA DAN SATU		
	BRIDGE TAP		IV-10
4. 4	LOSS BRIDGE TAP		IV-11
4. 5	TEKNIK TRANSMISI FULL DUPLEX DENGAN METODE FDM		IV-13
4. 6	BLOK DIAGRAM METODE FDM		IV-14
4. 7	TEKNIK TRANSMISI FULL DUPLEX DENGAN METODE TCM		IV-15
4. 8	BLOK DIAGRAM METODE TCM		IV-16
4. 9	TEKNIK TRANSMISI FULL DUPLEX DENGAN METODE EC		IV-17
4.10	BLOK DIAGRAM METODE EC		IV-18
4.11	BLOK DIAGRAM TRANSCEIVER EC PADA SALAH SATU		
	UJUNG		IV-20
4.12	KODE SALURAN AMI		IV-25
4.13	PENYISIPAN EC UNTUK MENDAPATKAN LAJU SAMPLING		
	OUTPUT EMPAT KALI LAJU SAMPLING INPUT		IV-28

4.14	STRUKTUR-STRUKTUR EC	IV-31
4.15	MEMORY COMPENSATION EC	IV-33
4.16	VOLTERRA EC	IV-34
4.17	IMPLEMENTASI EC YANG MENGABAIKAN KETIDAK- LINEARAN D/A CONVERTER	IV-36
4.18	MACAM-MACAM EQUALIZER	IV-39
4.19	SUMBER TIMING PADA TRANSCEIVER LT DAN NT UNTUK NT LOOP TIMED	IV-45
4.20	BLOK DIAGRAM SIRKUIT VLSI DARI LT KE NT1	IV-54

DAFTAR TABEL

TABEL	HALAMAN
3-1 HASIL PERHITUNGAN PANJANG MAKSIMUM KABEL LOKAL DENGAN FEEDING LOSS	III-21
3-2 HASIL PERHITUNGAN PANJANG MAKSIMUM KABEL LOKAL TANPA FEEDING LOSS	III-24
3-3 PENGKODEAN 4B/3T DENGAN 2 MODE	III-35
3-4 PENYANDIAN 2B1Q	III-35
3-5 FREKUENSI PENYALURAN UNTUK SINYAL-SINYAL DIGITAL DENGAN FORMAT BIPOLAR NRZ, AMI/HDB3 DAN 4B/3T	III-37
3-6 PERBANDINGAN SNR DARI KODE BIPOLAR, TERNARY, 4B/3T DAN 2B1Q	III-43
4-1 PERBANDINGAN ANTARA METODE FDM, TCM DAN EC ..	IV-19

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Kemajuan sarana telekomunikasi dari waktu ke waktu semakin meningkat seiring dengan perkembangan peradaban manusia dewasa ini. Prospek kedudukan telekomunikasi menjadi sangat penting dan merupakan suatu kebutuhan yang tidak dapat ditinggalkan oleh masyarakat modern. Dengan sarana telekomunikasi yang semakin canggih akan sangat memudahkan hubungan antar manusia di mana saja mereka berada, sehingga akan memperkecil ruang dan waktu.

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang kemajuan telekomunikasinya menunjukkan arah yang positif ditinjau dari segi-segi penambahan kapasitas, variasi jenis pelayanan, peningkatan kualitas dan jenis teknologi maju yang digunakan.

Integrated Services Digital Network (ISDN) yang juga dikenal dengan sebutan Jaringan Digital Pelayanan Terpadu (JDPT) adalah suatu konsep teknik pemaduan berbagai jenis pelayanan jasa telekomunikasi (telepon, telex, data, video, telefax, dan lain-lain) dalam suatu jaringan digital. ISDN merupakan tujuan akhir bentuk

jaringan telekomunikasi di mana pembangunan telekomunikasi nasional Indonesia diarahkan menuju bentuk tersebut.

Proses pencapaian ISDN adalah merupakan proses evolusi yang akan melalui tahapan Jaringan Digital Terpadu (IDN = Integrated Digital Network). Untuk menunjang terciptanya ISDN ini, diperlukan penerapan teknologi digital secara intensif pada elemen-elemen sentral maupun transmisi yang mampu mendukung proses pertukaran informasi antar pelanggan.

Bagian terpenting dari evolusi IDN dan ISDN tidak hanya bagian transmisi dan switching yang digital, tetapi jaringan pelanggan juga harus digital. Dewasa ini hubungan jaringan antara sentral dan pelanggan masih secara analog sehingga dalam proses pencapaian menuju ISDN diperlukan suatu proses evolusi melalui beberapa tahap. Proses digitalisasi jaringan analog yang sudah ada adalah langkah awal dari proses evolusi ini. Jaringan pelanggan menuju sentral pada sistem telepon saat ini menggunakan sepasang kabel (twisted cable) harus mampu menyalurkan data digital secara full duplex.

I.2 PERMASALAHAN DAN PEMBATASAN MASALAH

Pencapaian ISDN harus melalui proses digitalisasi jaringan telepon yang meliputi sistem penyambungan dan

transmisinya. Mengingat sistem telepon yang ada di Indonesia sudah menggunakan sistem switching digital, akan tetapi masih analog pada bagian pelanggan dan transmisi dari pelanggan, maka perlu dikaji kelayakan sistem transmisi tersebut dalam menyalurkan kode-kode digital.

Dalam tugas akhir ini akan dipelajari transmisi digital pada Interface U, yaitu interface yang menghubungkan secara fisik dan digital antara pelanggan dan sentral lokal. Pembahasan hanya terbatas pada sistem transmisi digital antara pelanggan dan sentral lokal, yang dalam hal ini menyatakan saluran kabel metalik.

I.3 METODOLOGI

Penyusunan tugas akhir ini dilakukan dengan studi literatur berbagai rekomendasi CCITT, buku dan makalah telekomunikasi yang berkaitan dengan transceiver untuk ISDN U-Interface sebagai penunjang analisa dan pembahasan untuk mendapatkan kesimpulan.

I.4 SISTEMATIKA PEMBAHASAN

Sistematika pembahasan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Bab I : merupakan pendahuluan, yang memuat dasar

pemikiran dan batasan tugas akhir.

- Bab II : merupakan teori penunjang, berisi tentang ISDN yang memaparkan arsitektur, struktur interface sampai dengan konfigurasi referensi dari ISDN.
- Bab III : memuat tentang sistem transmisi digital pada jaringan pelanggan menuju ISDN.
- Bab IV : merupakan pembahasan tentang transceiver untuk ISDN U-Interface.
- Bab V : berisi kesimpulan dan saran yang merupakan penutup tugas akhir ini.

I.5 TUJUAN

Mempelajari transmisi digital pada U-Interface dan penerapannya di dalam Integrated Services Digital Network.

I.6 RELEVANSI

Hasil studi ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan atau masukan dalam rencana pengembangan sistem telekomunikasi di Indonesia menuju ISDN.

BAB II

INTEGRATED SERVICES DIGITAL NETWORK

II.1 UMUM

Sampai pertengahan tahun 1970, pelayanan jasa telekomunikasi terbatas hanya pada suara dan tulisan. Dalam perkembangannya, teknologi telekomunikasi dituntut untuk mampu memenuhi permintaan pelanggan yang semakin meningkat, baik segi kuantitas maupun kualitasnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, kemudian diperkenalkan suatu jaringan yang disebut ISDN.

ISDN adalah suatu jaringan telekomunikasi yang bekerja dengan teknik digital. Dari pengertian ini jelas bahwa langkah pertama menuju ISDN adalah digitalisasi. Hasil dari proses digital adalah apa yang dikenal dengan sebutan IDN (*Integrated Digital Network*). Proses digitalisasi mencakup tiga elemen jaringan telekomunikasi yaitu sentral (switching), transmisi dan terminal langganan. Jelas bahwa digitalisasi akan merupakan suatu evolusi karena jaringan analog yang ada tidak mungkin sekaligus diganti dengan jaringan digital. Langkah berikutnya adalah standardisasi, yakni melakukan segala aspek penerapan ISDN, dari segi pemakai maupun pengelola

baik untuk hubungan domestik maupun internasional.

II.2 REKOMENDASI CCITT MENGENAI ISDN

Standard untuk ISDN pertama kali diperkenalkan oleh CCITT Study Group XVIII (Rec. G.702/1972) yang kemudian dikembangkan lagi menjadi suatu rekomendasi baru (Rec. G.705/1980 dan Rec. I.120/1984). Oleh SG XVIII ISDN didefinisikan :

Suatu jaringan yang dikembangkan dari IDN telepon yang menggunakan hubungan digital antar pelanggan untuk menyelenggarakan pelayanan yang luas, meliputi pelayanan suara dan non suara, di mana pelanggan dapat menggunakan suatu peralatan interface standard yang dapat berfungsi untuk berbagai pelayanan.

Rec. G.705 dan I.120 hanya memuat dasar ISDN secara umum untuk dikembangkan lebih lanjut, yang berisi antara lain:

- ISDN dikembangkan dari IDN telepon
- pelayanan baru harus kompatibel dengan rate 64 kbps
- perubahan jaringan yang ada ke ISDN memerlukan waktu 1 - 2 dekade
- dalam masa transisi harus dimungkinkan

interworking dengan jaringan non ISDN

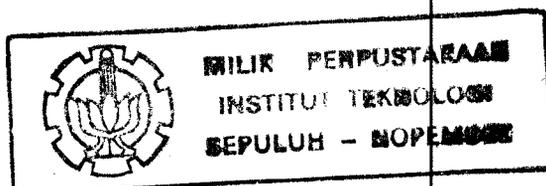
- ISDN dikembangkan dalam jaringan yang intelligence
- dapat diterapkan baik pada circuit switching maupun paket switching

ISDN atau Jaringan Digital Pelayanan Terpadu merupakan tujuan akhir bentuk jaringan telekomunikasi di mana setiap jaringan yang ada sekarang ini diarahkan menuju bentuk tersebut.

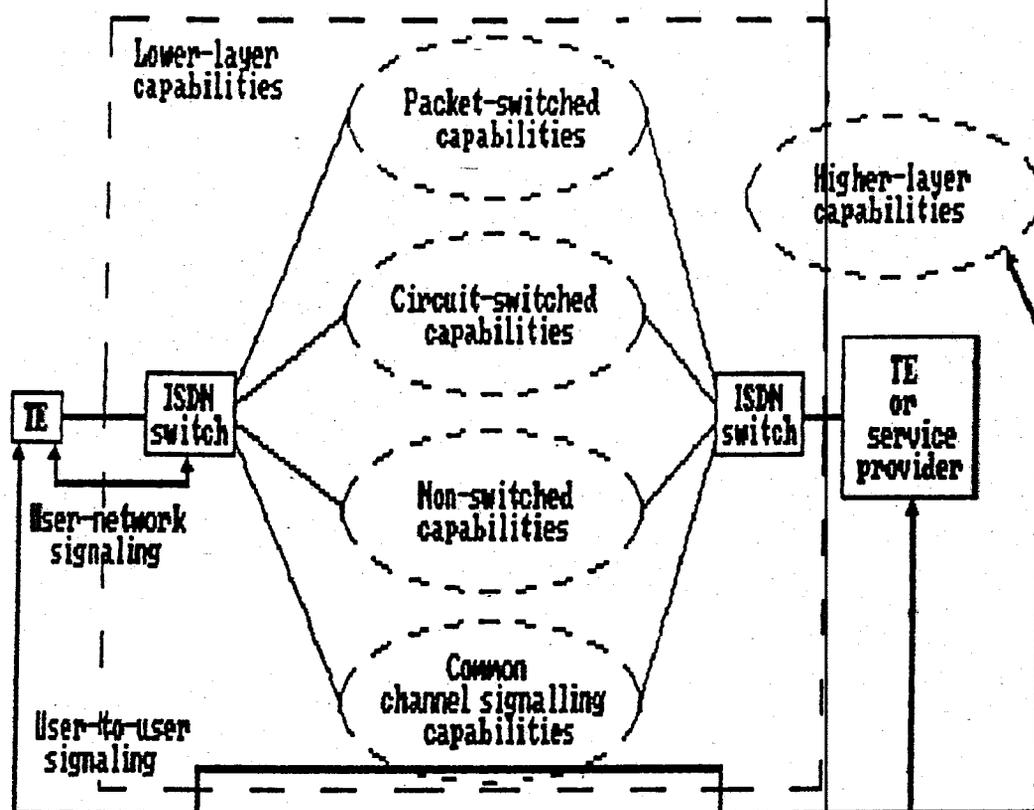
ISDN mampu mendukung berbagai jenis pelayanan telekomunikasi seperti suara, teks, data, video atau image service, narrowband atau wideband. ISDN berdasar pada model 7 lapisan OSI (*Open System Interconnection*), yang dibedakan menjadi lapisan bawah (lapisan fisik, link, data, jaringan) yang dapat melakukan proses, dan lapisan tinggi (lapisan transport, session, presentasi dan aplikasi) yang menyampaikan hasil proses dalam saluran transparan, dengan persetujuan dari konsep penawaran bearer services oleh jaringan dan teleservices yang distandardisasi oleh fungsi-fungsi terminal dalam keempat lapisan tertinggi.

II.3 ARSITEKTUR JARINGAN ISDN

CCITT telah menentukan arsitektur dari ISDN yaitu



pada Rec I.310. Tampak pada gambar 2.1 bahwa ISDN memberikan interface yang baru untuk pelayanan lainnya. Interface tersebut telah distandardisasi sehingga dapat dihubungkan pada terminal unit yang berbeda dan digunakan protokol tertentu untuk hubungan ke jaringan. Pelanggan dihubungkan secara fisik ke sentral lokal ISDN di mana transmisi antara keduanya full duplex. Sentral



GAMBAR 2.1¹⁾

ARSITEKTUR ISDN

1) Stallings William, ISDN AN INTRODUCTION, Macmillan Publishing, New York, 1990, Hal 171

lokal ISDN dihubungkan ke berbagai jaringan digital yang ada, di samping digunakannya *Common Channel Signalling* untuk manajemen jaringan dan panggilan.

II.4 PELAYANAN ISDN

Pelayanan yang diberikan oleh ISDN merupakan kemampuan hubungan telekomunikasi bagi pelanggan baik suara maupun data melalui jaringan digital menurut standard protokol tertentu. CCITT telah menetapkan Rec. I.200 bagi kemampuan pelayanan ISDN yang meliputi klasifikasi dan metode dari ISDN. Tiga macam tipe pelayanan ISDN yaitu :

1. Bearer Service

Pelayanan ini menyediakan kemampuan untuk transfer informasi antar pelanggan secara real-time dan tanpa terjadi perubahan informasi. Pelayanan ini hanya menyangkut fungsi protokol lapisan bawah, sedangkan pelanggan dapat memilih standard protokol untuk lapisan lainnya di mana ISDN tidak menjamin kompatibilitas lapisan tersebut. Pelayanan ini meliputi :

a. circuit mode

b. packet mode

- melalui virtual circuit

- melalui kanal D (connectionless) untuk telemetri

maupun tele-alarm

- sebagai user signalling untuk kontrol pensinyalan antar pelanggan

2. Teleservices

Teleservices menyediakan pelayanan penuh hubungan telekomunikasi dan fungsi jaringan dengan menggunakan pesawat terminal. Dengan demikian teleservices menyangkut keseluruhan lapisan untuk mengirim, menyimpan dan memproses informasi. Pelayanan ini antara lain : telepon, teletex, telefax, telex, videotex maupun kombinasinya (*mixed mode*).

3. Supplementary Services

Pelayanan ini merupakan pengembangan dari bearer services dan teleservices yang dioperasikan bersamaan dengan kedua pelayanan tersebut dan lebih fleksibel karena tidak tergantung pada mode switching yang digunakan. Pelayanan ini meliputi *tele-conference*, *tele-bussiness* maupun *user-to-user signalling*.

II.5 STRUKTUR INTERFACE DAN JENIS KANAL

Untuk transmisi antar sentral lokal dan pelanggan pada ISDN digunakan beberapa kanal secara bersama-sama.

Kanal-kanal tersebut ditentukan berdasarkan kebutuhan dari pelanggan. Macam-macam kanal pada ISDN yang telah ditetapkan antara lain :

- Kanal B

Kanal ini digunakan untuk menyalurkan suara, data maupun keduanya dengan bit rate 64 kbps maupun data digital berbit rate lebih rendah yang telah diubah menjadi 64 kbps melalui multiplexing maupun bit stuffing. Kanal ini dapat digunakan pada hubungan circuit switching, paket switching maupun leased line.

- Kanal D

Kanal ini berfungsi untuk menyalurkan sinyal signalling (CCS) untuk mengontrol pembentukan hubungan pada mode sirkit maupun digunakan untuk telemetri, tele-alarm dan low speed data (videotex) pada mode paket dengan bit rate 64 kbps atau 16 kbps.

- Kanal E

Kanal ini mempunyai kecepatan 64 kbps dengan tujuan utama menyalurkan informasi sinyal bagi circuit switching. Kanal ini hanya dipakai pada

struktur kanal kecepatan primer.

- Kanal H

Merupakan kanal untuk penyaluran data dengan bit rate yang lebih tinggi di mana pelanggan menggunakan kanal pada high-speed trunk atau kanal TDM, sehingga dapat digunakan untuk fast facsimile, video high-speed data maupun data termultipleks. Kanal ini terdiri dari 2 jenis untuk mode circuit switching dengan masing-masing mempunyai kecepatan transmisi sebagai berikut :

- kanal H0 = 384 kbps
- kanal H1 = 1536 kbps (Amerika Utara)
= 1920 kbps (Eropa)

Dari kanal-kanal tersebut kemudian dikelompokkan membentuk struktur dasar interface yang digunakan untuk jaringan ISDN antara lain :

a. Struktur Interface Dasar (2B + D)

Bagi pemakai ISDN disediakan struktur interface dasar (*basic access*) yang terdiri dari 2 kanal B dan 1 kanal D atau 2B + D dengan total kecepatan transmisi 144 kbps, di mana B adalah 64 kbps dan D adalah 16 kbps. Struktur basic access 2B + D ini harus ada secara fisik

pada interface pemakai jaringan, meskipun kanal B tidak sepenuhnya dipakai. Dua kanal B ini adalah berdiri sendiri-sendiri sehingga dapat dipergunakan untuk jenis pelayanan yang berbeda. Interface ini dapat melayani untuk hubungan suara dan data melalui terminal tunggal maupun multi-terminal.

b. Struktur Interface Kecepatan Primer (nB +D)

Untuk PABX besar atau menengah dipergunakan kecepatan primer yang terdiri dari 23B atau 30B (tergantung pada tingkatan kecepatan primer digital nasionalnya) yaitu 1544 kbps atau 2048 kbps dan sebuah kanal D pada 64 kbps. Semua ini ditunjang oleh sistem multipleks kecepatan primer (PCM 24 atau PCM 30) seperti yang didefinisikan oleh rekomendasi CCITT serie G.

II.6 KONFIGURASI REFERENSI

Konfigurasi saluran pelanggan ISDN sesuai rekomendasi CCITT merupakan suatu konsep yang digunakan untuk mengidentifikasikan berbagai bentuk susunan akses pelanggan yang mungkin ke ISDN.

Untuk mendefinisikan konfigurasi referensi tersebut dikenal 2 konsep pendekatan yaitu :

1. Pengelompokan Fungsi (*Functional Grouping*), yaitu

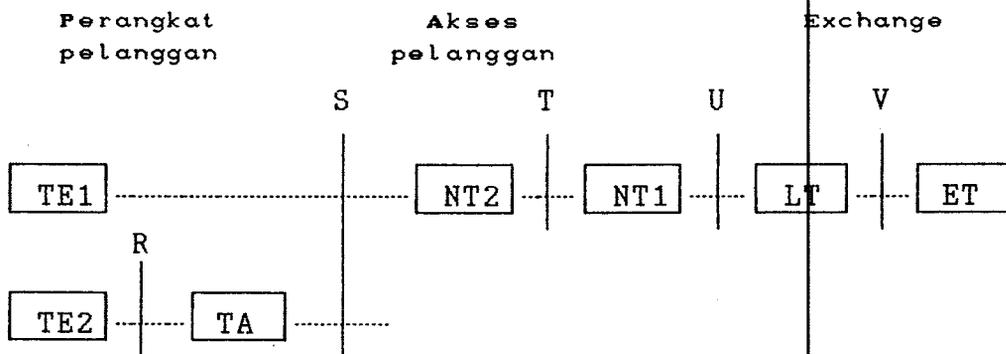
sekumpulan fungsi terbatas dan tertentu dari peralatan fisik atau kombinasinya yang terdiri dari :

- Network Termination 1 (NT1)

NT1 meliputi fungsi-fungsi dari lapisan 1 OSI sebagai pemisah antara pelanggan dan jaringan, di samping untuk fungsi test-loop dan monitor unjuk kerja. NT1 menggunakan kanal tertentu yang dapat digunakan untuk multi-peralatan (multi-drop).

- Network Termination 2 (NT2)

NT2 meliputi fungsi-fungsi dari 3 lapisan terendah dari OSI yang dapat digunakan sebagai switching maupun konsentrator (PABX atau LAN).



GAMBAR 2.2²⁾

KONFIGURASI REFERENSI

2)

Ibid, Hal 252

- Terminal Equipment 1 (TE1)
yaitu peralatan yang telah menggunakan interface standard bagi ISDN (misalnya : telepon digital, digital fax dan integrated voice / data terminal)

- Terminal Equipment 2 (TE2)
yaitu peralatan non-ISDN yang tidak kompatibel tetapi dapat dihubungkan dengan ISDN melalui terminal adaptor (TA), misalnya : peralatan dengan RS-232 atau X.25

- Terminal Adaptor (TA)
yaitu terminal untuk mengubah informasi data dari TE2 sehingga kompatibel dengan ISDN

- Exchange Terminal (ET)
adalah bagian dari sentral lokal dan biasanya digabung menjadi satu unit

- Line Terminal (LT)
merupakan bagian terminasi dari sistem transmisi digital yang terdiri dari fungsi pemancar dan penerima

2. Titik Referensi (*Reference Point*), yang merupakan titik-titik konseptual yang misahkan fungsi-fungsi group. Dalam susunan suatu akses, titik referensi merupakan interface fisik antara dua peralatan, atau juga bisa tidak merupakan interface fisik. Titik-titik referensi tersebut yaitu :

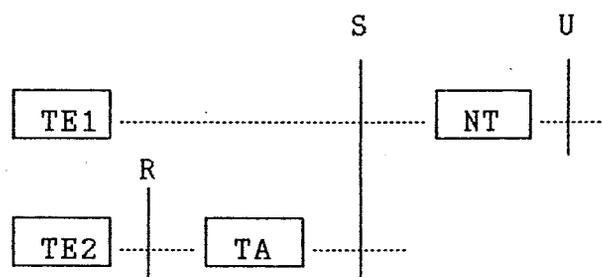
- Titik referensi R (Rate)
yaitu interface antara peralatan non-ISDN (TE2) dan TA yaitu terminal berdasarkan rekomendasi V dan X
- Titik referensi S (System)
yaitu interface antara peralatan ISDN dan untuk memisahkan fungsi terminal dan jaringan
- Titik referensi T (Terminal)
yaitu interface terendah dari ISDN dipandang dari pelanggan (user)
- Titik referensi U (User)
yaitu interface yang berupa saluran yang dapat digunakan untuk transmisi secara full duplex, dan Titik referensi ini tidak direkomendasi CCITT.

II.6.1 PERALATAN PELANGGAN ISDN

Gambar di bawah menunjukkan susunan dasar dari peralatan pelanggan ISDN. NT (Network Termination) merupakan penghubung ke interface S pada satu sisi dan ke saluran pelanggan (interface U) di mana saluran dari sentral digital dihubungkan pada sisi lain.

Terminal dengan standard ISDN (TE1) langsung dihubungkan ke interface S. Sedangkan terminal seperti telepon analog dan terminal data dengan mode circuit atau paket switching harus dimodifikasi untuk operasi ISDN melalui terminal penyesuai (TA).

Karena ISDN dapat menampung lebih dari satu jasa telekomunikasi maka pelanggan mendapat susunan perkawatan



GAMBAR 2.3³⁾

PERALATAN PELANGGAN ISDN

3)

Loc cit

tertentu sehingga memungkinkan :

- a. Sambungan lebih dari sebuah terminal yang berbeda seperti suara, text, data, faksimile atau video ke sebuah saluran pelanggan.
- b. Pengoperasian secara bersamaan dari berbagai terminal.
- c. Panggilan selektif dari sebuah terminal untuk pelayanan yang diperlukan.
- d. Transmisi pada jarak cukup jauh dengan redaman sebesar 6 dB pada interface S dan 40 dB pada interface U.

II.6.2 NETWORK TERMINATION (NT)

Network termination terdiri dari dua bagian yaitu NT1 dan NT2 yang dipisahkan oleh titik referensi T. NT1 mengerjakan fungsi dari lapis 1 (fisik). NT1 berfungsi sebagai :

- saluran transmisi
- power transfer
- timing
- multiplexing lapis 1

NT2 melakukan fungsi lapis 2 dan 3, juga mengontrol terminal pelanggan yang dihubungkan melalui beberapa macam bus (titik referensi S). PABX, Local Area Network dan pengontrol terminal adalah contoh peralatan atau kombinasi

peralatan yang melengkapi fungsi NT2. Fungsi NT2 meliputi :

- pemegang protokol lapis 2 dan 3
- multiplexing lapis 2 dan 3
- switching
- concentrator
- maintenance function
- interface termination dan fungsi lapis 1 yang lain

Ada kemungkinan hanya beberapa fungsi NT2 yang ada (misalnya hanya untuk lapis 2) atau tidak ada sama sekali. Dalam keadaan demikian network termination dikatakan bersifat '*transparan*'.

Maksud pemisahan NT1 dan NT2 adalah agar dimungkinkan pengembangan implementasi dari masing-masing alat tetapi tidak tertutup kemungkinan NT1 dan NT2 tergabung secara fisik dalam satu unit peralatan.

II.6.3 INTERFACE U

CCITT telah merekomendasikan data sebesar 144 kbps pada saluran pelanggan yang menggunakan fasilitas pelayanan ISDN. Basic access tersebut terdiri dari 2 kanal 64 kbps untuk transmisi suara dan data, kemudian sebuah kanal 16 kbps untuk sinyal dan data kecepatan rendah

ataupun telemetry. Pada saluran juga ditambahkan kanal pembantu untuk keperluan sinkronisasi dan informasi pemeliharaan.

Saluran digital pelanggan ini terutama untuk komunikasi suara dan data berkecepatan lebih tinggi dan luas penampilannya dibandingkan saluran analog saat ini.

Seperti yang telah dijelaskan di depan bahwa basic access pada saluran pelanggan harus beroperasi secara full duplex, maka beberapa teknik telah dikembangkan untuk merealisasi kebutuhan tersebut. Pada saat ini terdapat 3 metode yang harus diperhatikan, yaitu :

- frequency division multiplexing (pemisahan frekuensi)
- time compressed multiplexing (metode pingpong)
- echo canceller (penghilang pantulan)

Metode pemisahan frekuensi dilakukan dengan memberikan hubungan dari pelanggan ke sentral pada frekuensi yang berbeda dan untuk arah yang sebaliknya, secara bersamaan dapat dilakukan transmisi dua arah. Kerugiannya adalah lebar bidang frekuensi yang ganda sehingga redaman kabel dan redaman karena cakap silang (crosstalk) harus diberikan syarat-syarat yang lebih tinggi.

Metode pingpong didasarkan pada pembagian waktu

(*time sharing*) pada saluran dua kawat antara pelanggan dan sentral. Pendekatan ini membutuhkan penyangga (*buffer*) pada tiap sisi untuk memungkinkan operasi dengan mengirimkan secara bergantian sederetan bit atau burst, di mana dari satu arah hanya tersedia setengah dari waktu transmisi.

Pada teknik penghilang pantulan transmisi data digital dilakukan pada dua arah secara bersamaan. Bagian pemancar dan penerima dihubungkan ke saluran transmisi melalui rangkaian hybrid yang akan menyalurkan sinyal dari kedua saluran secara bersama-sama. Echo timbul karena adanya pantulan sinyal yang ditransmisikan dari pelanggan maupun dari terminal lawan. Sinyal echo yang dibangkitkan oleh sinyal synthesizer berdasarkan data yang ditransmisikan dan dikurangkan pada sinyal data yang diterima sehingga didapatkan data yang diinginkan.

Metode penghilang pantulan mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan kedua metode yang lain, yaitu sehubungan dengan panjang saluran, kekebalan terhadap derau dan lebar bidang yang kecil. Kerugian dari teknik penghilang pantulan adalah memerlukan peralatan yang rumit dan canggih seperti VLSI.

Seperti yang telah disebutkan pada bagian terdahulu bahwa untuk interface U oleh CCITT tidak direkomendasikan

spesifikasinya. Untuk mengatasi hal tersebut, maka secara tidak langsung ditambahkan fungsi-fungsi penting melalui rekomendasi interface V dan interface T, sehingga dapat dipenuhi penampilan yang diperlukan dari jaringan saluran pelanggan.

BAB III

SISTEM TRANSMISI DIGITAL

PADA JARINGAN PELANGGAN MENUJU ISDN

III.1 UMUM

Proses pencapaian ISDN adalah merupakan proses evolusi yang akan dicapai secara perlahan-lahan dan bertahap melalui tahap IDN. Meninjau kondisi jaringan lokal yang ada di Indonesia sekarang ini masih merupakan jaringan analog, maka ditempuh interworking jaringan analog dan digital sebagai usaha menuju ISDN. Untuk itu dilakukan evolusi terhadap parameter-parameter yang harus dipertimbangkan untuk menuju transisi tersebut.

Konsep ISDN secara mendasar adalah penggabungan bermacam-macam pelayanan dalam suatu jaringan. Oleh karena itu pada penerapan jaringan ISDN perlu dipakai User-Network Interface yang merupakan interface antara jaringan pelanggan dan jaringan ISDN, di mana standar/pedoman tersebut telah dibahas pada CCITT.

III.2 SISTEM TRANSMISI PELAYANAN ISDN

Transmisi untuk pelayanan ISDN merupakan sistem PCM yang digabungkan dengan sistem TDM, dan dikenal dengan

nama PCM/TDM atau biasa disebut PCM saja.

Dalam sistem TDM beberapa sinyal informasi analog maupun digital akan diproses melalui sebuah saluran secara bersama-sama dengan membaginya ke dalam time slot-time slot. Sedangkan pada PCM modulasi sinyal analog ditransmisikan dengan mode digital tertentu.

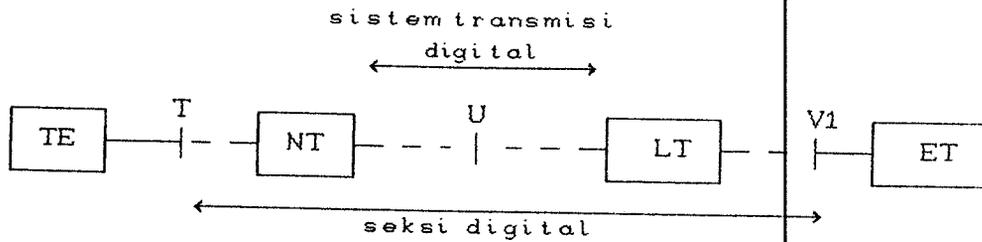
Untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital pada bagian pemancar dilakukan tiga tahap pemrosesan yaitu proses sampling, kuantisasi dan pengkodean. Pada bagian penerima dilakukan proses sebaliknya.

III.2.1 BATASAN SISTEM TRANSMISI DIGITAL

Batasan sistem transmisi digital dalam kaitannya dengan seksi digital sesuai dengan CCITT Rec. G.961 dapat dilihat pada gambar 3.1.

Adapun bagian-bagiannya dapat dijelaskan sebagai berikut :

- *Terminal Equipment (TE)* merupakan peralatan pelanggan (user), yang berupa pesawat telepon atau sejenisnya.
- *Network Termination (NT)* merupakan kelompok fungsional pada sisi jaringan yang berfungsi sebagai interface user dan jaringan.
- *Line Termination (LT)* merupakan bagian terminasi dari



TE : Terminal Equipment T : titik referensi Terminal
 NT : Network Termination V1 : titik referensi V1
 LT : Line Termination U : titik referensi User
 ET : Exchange Termination

GAMBAR 3.1⁴⁾

BATAS SEKSI DIGITAL DAN SISTEM TRANSMISI DIGITAL

sistem transmisi digital yang terdiri dari fungsi pemancar dan penerima.

- Exchange Termination (ET) merupakan suatu terminasi ke sentral lokal yang berupa konsentrator.
- Titik referensi T (Terminal) adalah interface terendah dari ISDN dipandang dari sisi pelanggan.
- Titik referensi V1 adalah interface digital pada sisi jaringan seksi digital dasar untuk sebuah akses dasar.
- Seksi digital adalah keseluruhan transmisi digital dari sinyal digital pada kecepatan tertentu antara 2 titik referensi.

4)

-----, CCITT blue book, Volume III, Rec. G. 961, Geneva, 1989, Hal 154

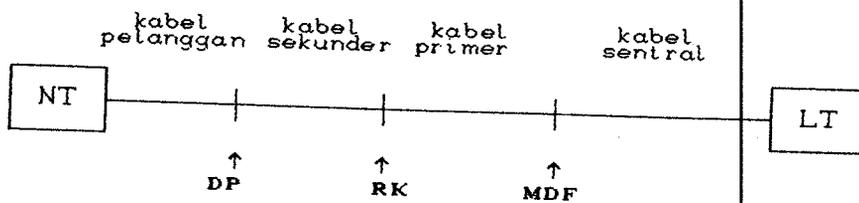
- *Sistem transmisi digital* merupakan bagian dari seksi digital, yang dalam hal ini menyatakan saluran kabel metalik.

Jaringan kabel lokal yang ada diharapkan dapat menyalurkan sinyal digital pada kedua arah antara LT dan NT secara simultan. Untuk itu harus dipenuhi persyaratan minimum ISDN, yaitu tidak ada loading coil, tidak ada kabel terbuka pada Jaringan Lokal Digital (*Digital Local Line* atau *DLL*) dan apabila ada bridge tap, panjang totalnya harus dibatasi. Model fisik DLL sesuai dengan CCITT Rec. G.961 ditunjukkan pada gambar 3.2.

III.2.2 SIRKUIT SALURAN ISDN

Modul-modul pelanggan ISDN dihubungkan dengan interface pada satu sisi dengan saluran-saluran pelanggan digital dan pada sisi yang lain melalui elemen terminal-terminalnya ke jaringan penyambungan digital. Modul ini mendukung hubungan dari sekelompok saluran-saluran pelanggan ISDN basic acces. Modul pelanggan ISDN mampu memproses *packet switched data* dan *circuit switched data*. Data paket kecepatan rendah dan pensinyalan dapat dibawa oleh kanal D 16 kbps, sedang data paket kecepatan tinggi menggunakan 2 kanal B 64 kbps.

Arsitektur sirkuit saluran ISDN mirip dengan

GAMBAR 3.2⁵⁾

MODEL FISIK DLL

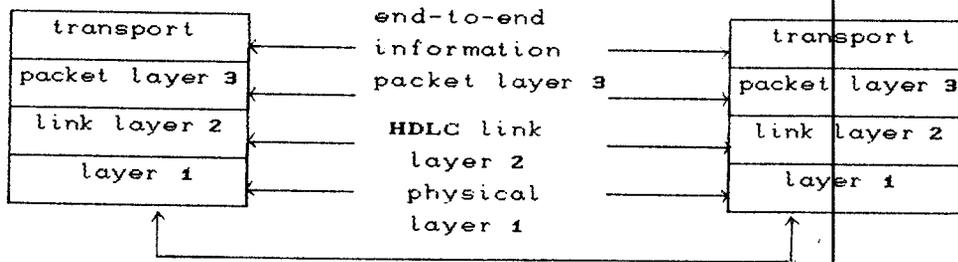
model OSI untuk jaringan komunikasi. Model ini mendefinisikan level-level interface komunikasi secara bertingkat di mana protokol-protokol bersesuaian dengan lapisan-lapisan tiap-tiap sisi hubungan yang secara jelas didefinisikan pada gambar 3.3.

Level paling rendah atau layer 1 disebut level fisik mempunyai mana karakteristik fisik dan elektrik. Level ini membutuhkan link fisik terhadap data yang akan ditransportasikan. UIC (*U-Interface Circuit*) mendukung fungsi-fungsi layer 1 di dalam ISDN.

Layer 2 (link level) berkaitan dengan keberadaan *error free link* (link bebas error) yang memenuhi spesifikasi ke tujuan yang tepat melalui link fisik. Protokol-protokol layer 2 didasarkan pada protokol-protokol HDLC sama dengan protokol-protokol CCITT

5)

Ibid, Hal 157



GAMBAR 3.3⁶⁾

LEVEL-LEVEL PROTOKOL YANG DIUSULKAN DI DALAM MODEL OSI

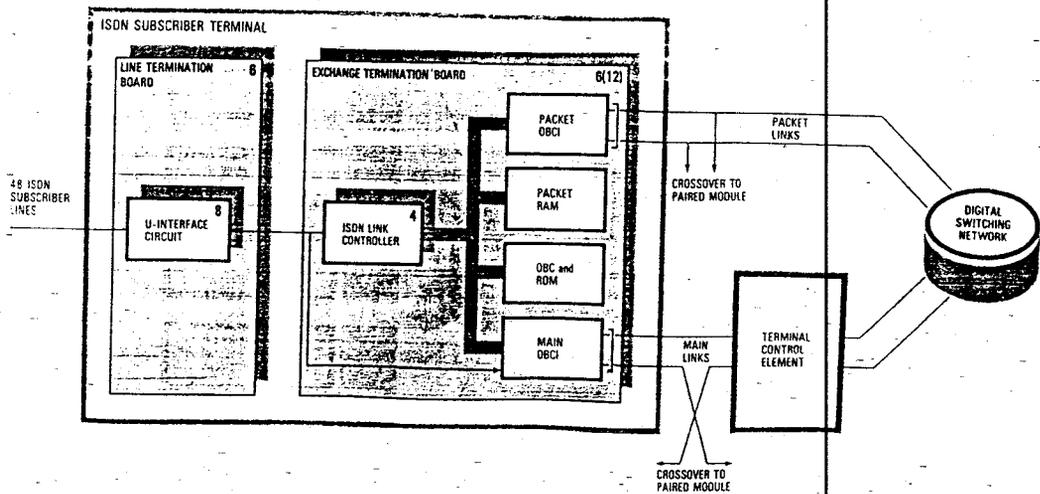
X.25 untuk sistem-sistem paket switching dan CCITT nomor 7 Common Channel Signalling untuk pertukaran signaling.

Link yang handal yang sudah disiapkan yang didukung oleh layer 1 dan 2, level paket atau level kontrol jaringan (layer 3) digunakan untuk set up atau menyiapkan panggilan. Fungsi layer 2 dan 3 disediakan oleh ILC (*ISDN Link Controller*) OBCI (*On Board Controller Interface*) dan OBC (*On Board Controller*).

Konfigurasi sirkuit saluran ISDN yang merupakan bagian dari modul pelanggan ISDN ditunjukkan pada gambar 3.4. Sirkuit saluran merealisasikan interface antara U-interface dan jaringan penyambungan digital secara langsung. Satu modul sirkuit saluran mendukung 8 basic

6)

Dierckx, Taeymans, *ISDN LINE CIRCUIT*, Electrical Communication, Vol 59, No 1/2, 1985, Hal 106

GAMBAR 3.4⁷⁾

KONFIGURASI SIRKUIT SALURAN ISDN

access di mana satu kelompok pelanggan ISDN terdiri dari 6 modul sirkuit saluran yang memberikan hubungan total sebesar 48 basic access.

Modul sirkuit saluran terdiri dari 6 blok fungsional yaitu :

- Line Termination atau sirkuit U-interface yang mendukung hubungan layer 1, merealisasikan hubungan 2/4 wire dari saluran-saluran pelanggan juga sinkronisasi bit dan frame
- controller board yang mendukung fungsi-fungsi kontrol lapisan 2 dan lapisan 3 'packet switched data' serta pensinyalan

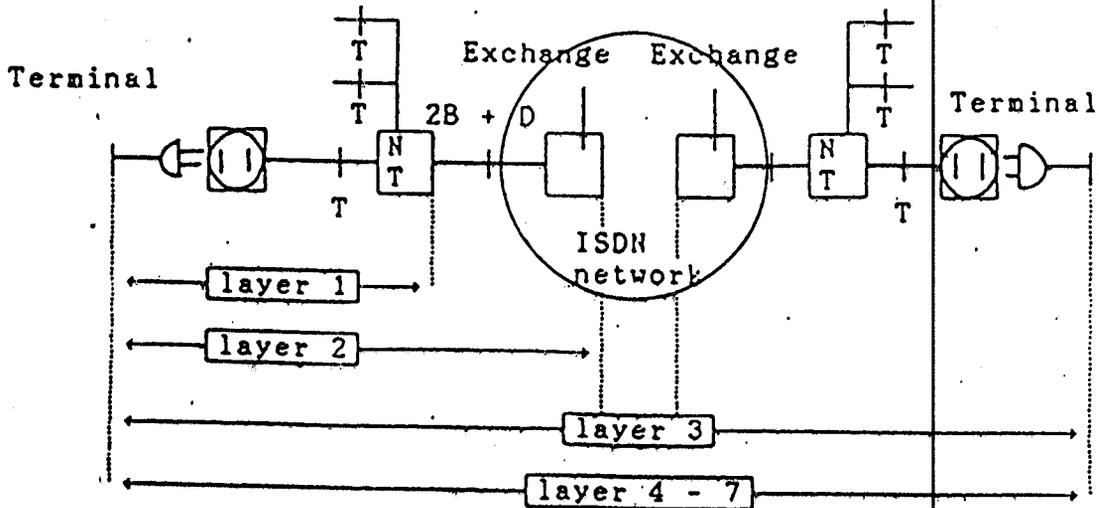
7)

Loc cit

- OBC adalah mikroprosesor 16 bit komersial
- Main OBCI mendukung penyambungan kabel-kabel dari dan ke elemen kontrol terminal
- Paket OBCI digunakan untuk data paket switching secara langsung dari dan ke jaringan penyambungan digital
- Controller link ISDN mendukung fungsi kontrol HDLC, dan bersama dengan OBC dan packet RAM, merealisasikan fungsi-fungsi layer 2 dan layer 3
- Packet RAM menyimpan paket yang diterima dan paket yang akan ditransmisikan dan menginterfacekan OBC, OBCI dan ILC di bawah kontrol OBC

III.2.3 HIRARKI STRUKTUR INTERFACE-I

Dalam jaringan telekomunikasi konvensional, beberapa user-network interface berperan sebagai interface analog untuk telepon dan interface seri-X untuk komunikasi data. Pada sisi yang lain interface seri-I dipertimbangkan untuk memiliki kemampuan dan penggunaan komunikasi suara dan data. Dalam usaha merealisasikan kemampuan tersebut, interface seri-I menggunakan model OSI dengan 7 layer (pelapisan), di mana hal tersebut dapat disesuaikan dengan peningkatan pelayanan-pelayanan yang baru. Di antara 7 layer tersebut, jaringan mengambil layer 1, 2, dan 3 untuk penyediaan bearer service. Layer 1



GAMBAR 3.5⁸⁾

HIRARKI STRUKTUR INTERFACE-I

meliputi media elektrik dan fisik, di antaranya konfigurasi pemasangan kabel, pengiriman, penerimaan bentuk gelombang pulsa, hal tersebut menggunakan kedua kanal B dan D. Karena itu layer 1 mengatur kondisi interface di antara TE dan NT.

Layer 2 dan 3 adalah untuk menentukan peralatan-peralatan kontrol antara terminal dan jaringan.

8)

Asia ISDN Council (AIC), ISDN BASE TECHNOLOGY, Guide Book, 14 May 1991, Hal 4-8

Layer 2 memiliki fungsi untuk menyampaikan informasi pada layer 3 dan hal tersebut juga meliputi fungsi sinkronisasi flag layer 2, kontrol informasi, alamat informasi dan sebagainya. Oleh karena itu layer 2 dan 3 mengatur interface antara TE dan jaringan. Komunikasi end-to-end yang ditentukan oleh layer 1 sampai 7 ditunjukkan dalam gambar 3.5.

Jika lapisan bawah (layer 1-3) berhubungan dengan fungsi-fungsi yang diperlukan untuk transfer informasi antara 2 terminal, maka lapisan atas (layer 4-7) berhubungan dengan fungsi-fungsi khusus untuk penerapan yang disediakan untuk pelanggan (teleteks, faksimile, videoteks, dan lain-lain). Fungsi-fungsi ini dilakukan oleh peralatan pada terminal, dan juga bisa oleh jaringan.

Secara lengkap, ketujuh lapisan tersebut masing-masing adalah :

- Lapisan 1 (*physical layer*), berhubungan langsung dengan saluran fisik yang digunakan untuk transmisi, berupa peralatan elektrik dan mekanik.
- Lapisan 2 (*data link layer*), berhubungan dengan pengiriman informasi pada saluran komunikasi dan mendeteksi kesalahan yang terjadi serta memperbaikinya bila memungkinkan.
- Lapisan 3 (*network layer*), berfungsi untuk meyakinkan

- data yang datang dari lapisan pengiriman, dikirim melalui sambungan yang benar.
- Lapisan 4 (*transport layer*), memberikan pelayanan transport untuk lapisan session dan lapisan-lapisan lain di atasnya.
 - Lapisan 5 (*session layer*), berfungsi untuk menciptakan, mempertahankan dan memutus sambungan logik (jalan komunikasi) untuk mengirim data antar proses-proses aplikasi.
 - Lapisan 6 (*presentation layer*), berfungsi untuk mengkonversikan data yang ditawarkan oleh lapisan aplikasi ke dalam bentuk format yang secara umum dapat diterapkan untuk mengirim data.
 - Lapisan 7 (*application layer*), berhubungan dengan pemrosesan informasi agar dapat dimengerti oleh suatu proses aplikasi.

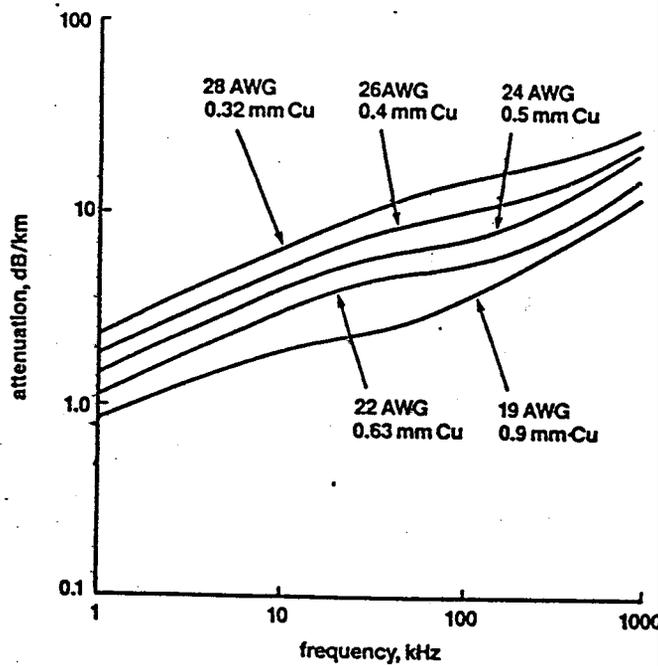
III.3 PERSYARATAN TRANSMISI JARINGAN KABEL

Persyaratan transmisi diperlukan untuk menjamin sinyal yang dikirim atau diterima dalam proses komunikasi, baik berupa sinyal analog maupun digital. Pada hirarki jaringan telepon yang melibatkan PBX, sentral lokal (LED), *Remote Switching Unit* (RSU) dengan atau tanpa sentral yang lebih tinggi (*Primary Central* atau PC), transmisi

ditentukan oleh jarak, tipe sentral dan jumlah trafik.

III.3.1 KARAKTERISTIK KABEL DALAM DESAIN SISTEM TRANSMISI DIGITAL

Karakteristik-karakteristik yang penting untuk diperhatikan dalam desain sistem transmisi digital adalah sebagai berikut :



GAMBAR 3.6⁹⁾

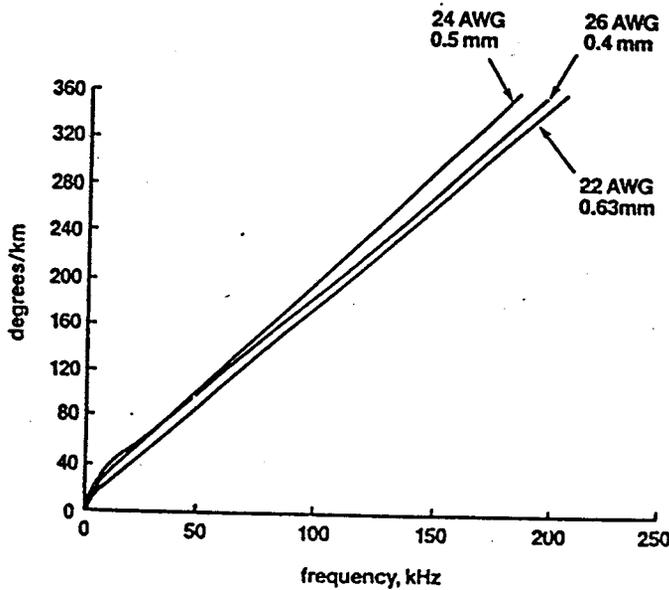
MACAM-MACAM REDAMAN KABEL DARI BERBAGAI UKURAN

⁹⁾

Griffiths M John, ISDN EXPLAINED, Worldwide Network and Application Technology, Hal 40

a. Redaman

Beberapa kurva redaman terhadap frekuensi untuk konduktor gauge dalam jaringan lokal diplot pada gambar 3.6. Pada frekuensi-frekuensi di bawah 10 kHz dan di atas 100 kHz redaman bervariasi dengan akar kuadrat frekuensi, yang ini berarti terdapat pengurangan kemiringan redaman. Redaman akan berkurang dengan bertambahnya konduktor gauge



GAMBAR 3.7¹⁰⁾

KOEFISIEN FASE KABEL-KABEL TEMBAGA

¹⁰⁾

Loc cit

b. Fase

Karakteristik-karakteristik fase dari bermacam-macam-kabel gauge ditunjukkan pada gambar 3.7. Semua kabel menunjukkan karakteristik fase linier dengan fase konstan di atas 10 kHz, akan tetapi tidak linier pada frekuensi di bawahnya.

c. Impedansi karakteristik

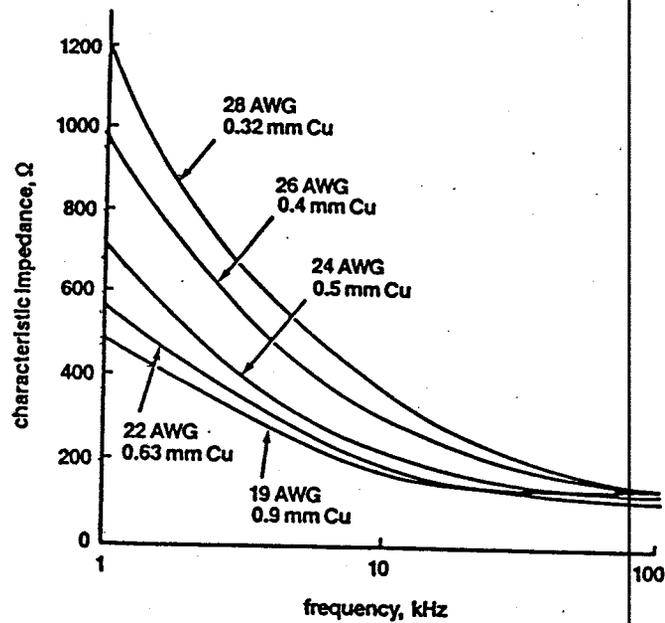
Penyesuaian impedansi karakteristik dari bermacam-macam tipe kabel ditunjukkan pada gambar 3.8. Pada frekuensi yang lebih tinggi akan mendekati harga resistif konstan, tetapi pada frekuensi yang lebih rendah bervariasi sesuai frekuensi dan dari kabel ke kabel. Fase impedansi karakteristik juga bervariasi sesuai frekuensi pada frekuensi rendah tetapi pada frekuensi tinggi mendekati nol.

d. Crosstalk

Dua penyebab terjadinya crosstalk adalah :

1. Hubungan kapasitif :

Pada proses pembuatan kabel, dielektrik beban isolasi yang dipakai tidak homogen sehingga timbul ketidakseimbangan kapasitansi.

GAMBAR 3.8¹¹⁾

MACAM-MACAM IMPEDANSI KARAKTERISTIK KABEL
UNTUK BERBAGAI UKURAN KABEL

2. Hubungan magnetis :

Diakibatkan oleh susunan urat kabel yang tidak simetris. Pengaruh ini dapat dikurangi dengan penyilangan urat kabel, dan balancing capasitor.

Tegangan crosstalk selalu terasa pada kedua ujung

¹¹⁾

Ibid, Hal 41

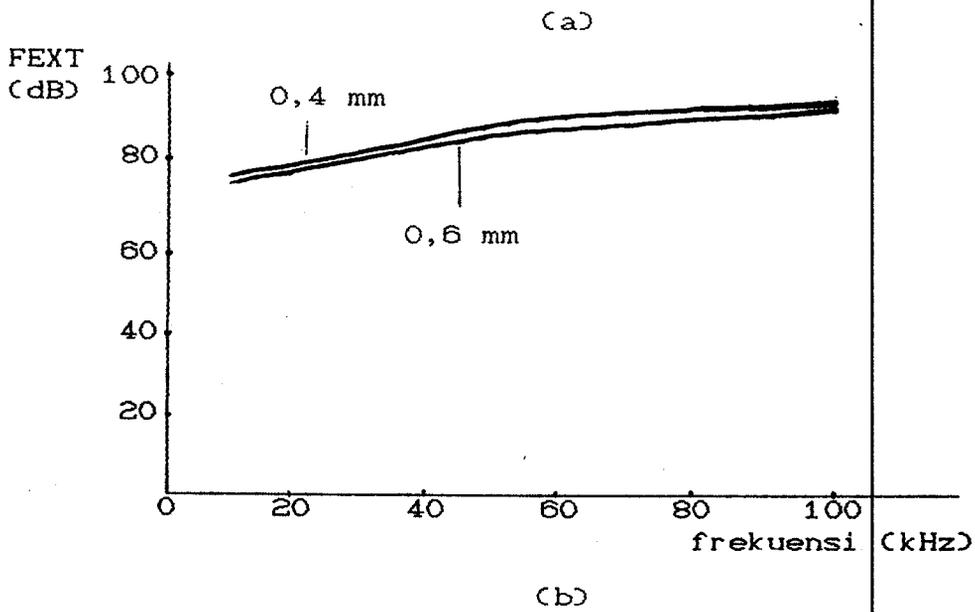
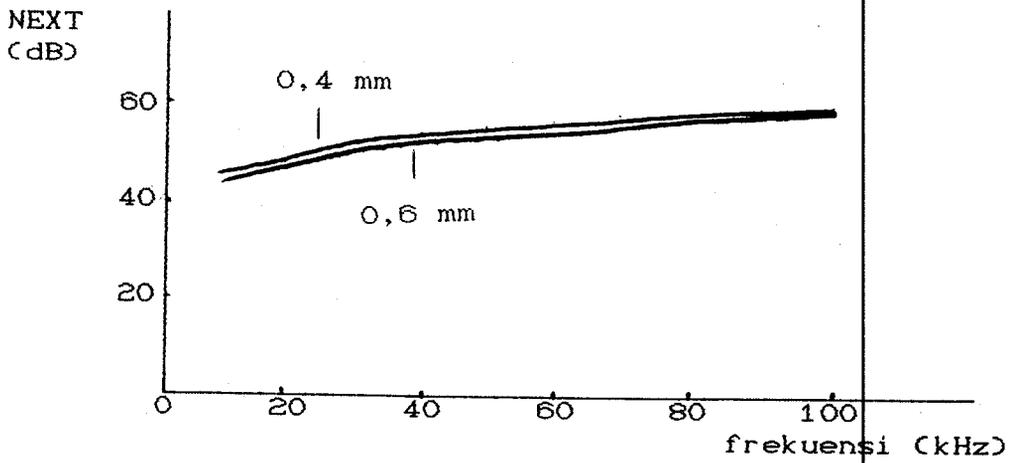
saluran yang terinduksi. Dalam kaitannya dengan lokasi pengirim (generator), tegangan yang timbul pada ujung dekat dari saluran yang terinduksi disebut NEXT (*Near End Cross Talk*), sedang pada ujung jauh disebut FEXT (*Far End Cross Talk*).

Kurva NEXT terhadap frekuensi untuk kabel dua kawat dengan berbagai diameter dapat dilihat pada gambar 3.9(a), sedang kurva FEXT terhadap frekuensi untuk panjang kabel 1 km pada gambar 3.9(b)

e..Noise Impuls dan noise random

Noise impuls yang timbul akibat penyambungan elektronik dalam kabel yang berdekatan dan interferensi elektromagnetik dari sistem elektrik yang berdekatan dengan saluran-saluran power adalah jenis yang paling banyak ditemukan pada jaringan lokal.

Beberapa pengukuran telah dilakukan di Inggris, gambar 3.10 menunjukkan hasil yang dicapai pada salah satu sentral lokal. Gambar tersebut menunjukkan presentasi kumulatif dari pengukuran untuk threshold tertentu yang tidak melebihi 99% untuk detik selama periode pengukuran mendekati 10 menit.



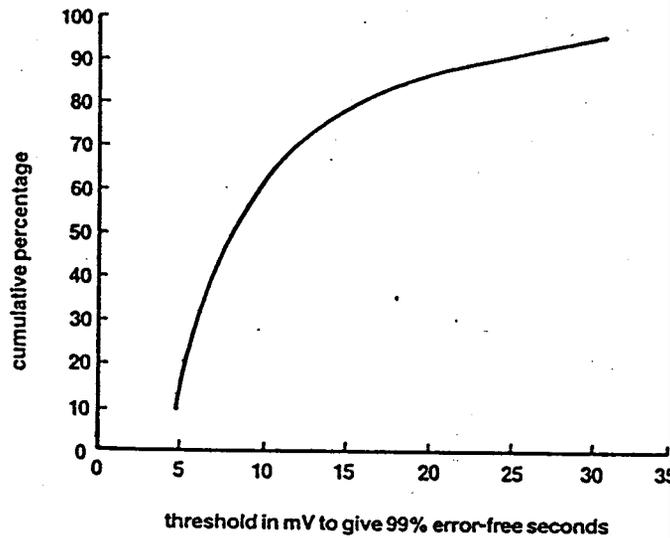
GAMBAR 3.9¹²⁾

(a) KURVA NEXT TERHADAP FREKUENSI

(b) KURVA FEXT TERHADAP FREKUENSI

12)

Perumtel, PENELITIAN KUALITAS JARINGAN LOKAL UNTUK PENYALURAN SINYAL ISDN (144 KBPS), 1987, Hal 48



GAMBAR 3.10¹³⁾

PRESENTASI KUMULATIF DARI PENGUKURAN IMPULSE NOISE
UNTUK THRESHOLD TERTENTU DI BAWAH 99%

III.3.2 ALOKASI REDAMAN PADA JARINGAN KABEL

Alokasi redaman merupakan distribusi lokasi redaman di antara rangkaian sirkit. Alokasi redaman untuk berbagai bagian pada hubungan telepon, mulai dari internasional, nasional maupun lokal diturunkan dari Reference Equivalent dalam rekomendasi CCITT G.111 dan G.121.

¹³⁾

Griffiths M. John, op cit, Hal 42

Alokasi redaman pada jaringan lokal menunjukkan besarnya loss saluran pelanggan yang diijinkan atau jarak maksimum antara sentral ke pelanggan pada diameter kabel tertentu. Persyaratan signalling ditentukan oleh tahanan loop saluran dan pesawat telepon. Untuk pesawat telepon dengan jaringan lokal dikombinasikan dengan *feeding bridge*, didapat harga maksimum SCREL (*sending lokal corrected reference equivalent*) dan RCREL (*receiving local corrected reference equivalent*) sesuai Rec. CCITT E.171 berikut :

SCREL = 15,5 dB (untuk mikrofon karbon = 14,5 dB)

RCREL = 4,5 dB

Usaha mencegah penurunan kualitas transmisi dilakukan dengan membatasi harga maksimum side tone melalui STRE (*side tone reference equivalent*) sebesar minimum 10 dB agar dicapai persyaratan S/N.

III.3.3 PERHITUNGAN PANJANG MAKSIMUM KABEL LOKAL

Panjang kabel lokal yang diijinkan tanpa mengurangi kualitas transmisi sinyal dapat dihitung melalui 2 metode, yaitu dengan atau tanpa perhitungan adanya *feeding loss*.

III.3.3.1 Perhitungan dengan Feeding Loss

Besar redaman jaringan kabel lokal tanpa beban (non-loaded) ditentukan berdasarkan rumus :¹⁴⁾

$$A_d \text{ (Np/km)} = \sqrt{0,5 \omega R_o C_o} \quad (3-1)$$

di mana :

A_d = redaman semu saluran

ω = $2 \pi f$

f = frekuensi (800 Hz)

R_o = tahanan loop, yang tergantung diameter (Ω/km)

C_o = kapasitansi bersama (50 nF/km)

1 Np = 8,686 dB

Redaman karena tegangan catu diperoleh dengan menghitung feeding loss pada tegangan catu 48 V dengan tahanan loop $2 \times 400 \Omega$ atau tegangan 60 V dan tahanan loop $2 \times 500 \Omega$. Redamannya sebesar 0,5 Np (4,343 dB). Jadi untuk tahanan loop R_o didapat :

$$A(R_o) = R_o/1000 \times 4,3 \text{ dB} \quad (3-2)$$

Redaman jaringan kabel lokal adalah penjumlahan redaman saluran pada frekuensi f Hz dan redaman karena tegangan pencatuan, seperti ditunjukkan rumus berikut :

$$A_{L(d)} = A_d + A(R_o) \text{ dB/km} \quad (3-3)$$

Harga SRE_L (sending reference equivalent) dengan

¹⁴⁾

Suhirnan, Imam, TRANSMISI SALURAN FISIK DAN STRUKTUR JARINGAN KABEL, Pusdiklat PT TELKOM Bandung, 1992, Hal 37

redaman mikrofon karbon adalah 11,3 dB. Karena redaman mikrofon karbon adalah 0,1 Np atau 0,868 dB, maka SRE tanpa redaman mikrofon = 11,3 - 0,868 = 10,432 dB. Jadi jarak transmisi maksimum yang diijinkan adalah :

$$L(d) = \frac{10,432}{A_{L(d)}} \text{ km} \quad (3-4)$$

Tabel 3-1 memperlihatkan hasil perhitungan di atas, yang secara grafis digambarkan pada gambar 3.11, untuk diameter konduktor 0,4 mm.

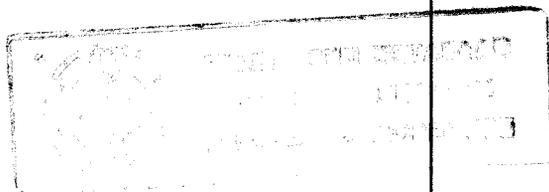
TABEL 3-1¹⁵⁾

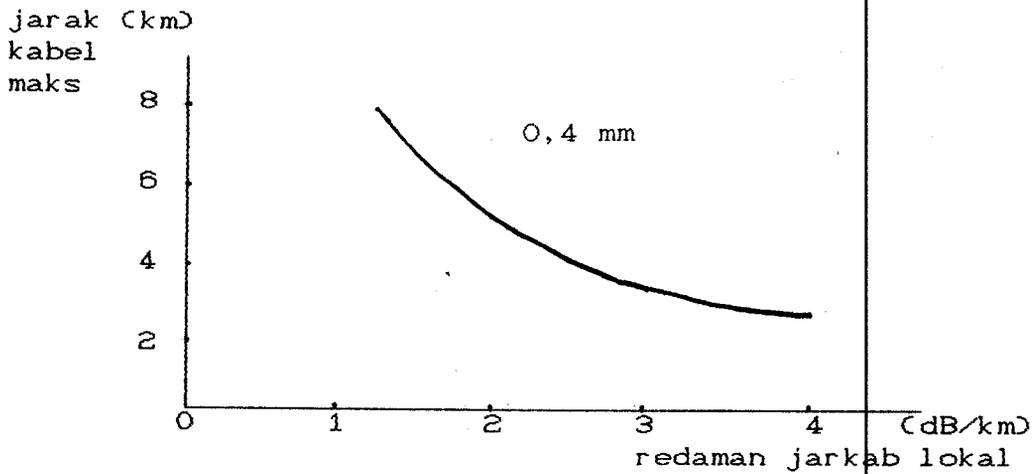
HASIL PERHITUNGAN PANJANG MAKSIMUM KABEL LOKAL
DENGAN FEEDING LOSS

Diameter konduktor (mm)	Tahanan loop (Ohm/km)	Redaman semu saluran (dB/km)	Redaman jar kab lokal (dB/km)	Jarak kab maks (km)
0,4	300	1,69	2,98	3,5
0,6	130	1,11	1,67	6,2
0,8	73	0,87	1,18	8,7

15)

Ibid, Hal 39





GAMBAR 3.11

KURVA JARAK KABEL MAKSIMUM TERHADAP REDAMAN
 JARINGAN KABEL LOKAL

III.3.3.2 Perhitungan tanpa Feeding Loss

Perhitungan ini diperoleh dengan mengoreksi harga SRE_L untuk mendapat SCREL melalui persamaan berikut :¹⁶⁾

$$SCREL (dB) = 0,0082 (SREL)^2 + 1,148 (SREL) + 0,48 \quad (3-5)$$

SCREL didapatkan dengan memperhitungkan redaman pesawat telepon, redaman saluran pelanggan dan redaman PBX-nya melalui persamaan berikut :¹⁷⁾

¹⁶⁾ Ibid, Hal 40

¹⁷⁾ Loc cit

$$\text{SCREL} = \text{SCRET}(r) + Y_d + \text{APBX} \quad \text{dB} \quad (3-6)$$

$$\text{SCRET}(r) = \text{SCRE}_0 + \text{SCRE}_m(r) \quad \text{dB} \quad (3-7)$$

di mana :

$\text{SCRET}(r)$ = SCRE pesawat telepon yang telah dicatu
dan dipengaruhi tahanan loop r

Y_d = redaman saluran pelanggan
= $A_d \times$ konstanta jenis konduktor

APBX = redaman sisipan antara saluran dengan
pesawat bila dipakai PBX ($\cong 1$ dB)

SCRE_0 = SCRE pesawat tanpa feeding loss (= 4 dB)

$\text{SCRE}_m(r)$ = variabel SCRE, akibat sensitivitas
microphone yang dipengaruhi tahanan loop
= $4,4 \times R_0/1000$ dB/km

Harga panjang maksimum kabel diperoleh melalui
substitusi harga persamaan-persamaan berikut :

$$\text{SCREL} = \text{SCRE}_0 + \text{SCRE}_m(r) + Y_d \quad \text{dB} \quad (3-8)$$

$$Y_d = \text{SCREL} - \text{SCRE}_m(r) - \text{SCRE}_0 \quad (3-9)$$

$$A_d \times K_d \times L = \text{SCREL} - \text{SCRE}_m(r) - \text{SCRE}_0 \quad (3-10)$$

Panjang maksimum kabel yang diijinkan pada metode ini
adalah :

$$L = \frac{\text{SCREL} - \text{SCRE}_m(r) - \text{SCRE}_0}{A_d \times K_d} \quad \text{km} \quad (3-11)$$

Hasil dari perhitungan di atas ditunjukkan pada

TABEL 3-2¹⁸⁾

HASIL PERHITUNGAN PANJANG MAKSIMUM KABEL LOKAL
TANPA FEEDING LOSS

Diameter konduktor (mm)	Tahanan loop (Ohm/km)	Redaman semu saluran (dB/km)	Redaman jar kab lokal (dB/km)	Jarak kab maks (km)
0,4	300	2,13	3,45	3,0
0,6	130	1,25	1,82	5,7
0,8	73	0,96	1,24	8,4

tabel 3-2. Dari sini dapat disimpulkan bahwa harga panjang saluran yang diperoleh melalui perhitungan dengan feeding loss lebih besar dibanding tanpa memperhitungkan feeding loss, karena tanpa feeding loss harga redaman total jaringan lebih besar.

III.4 TRANSMISI SINYAL DIGITAL 144 KBPS PADA DSL (DIGITAL SUBSCRIBER LINE)

Implementasi ISDN yang merupakan suatu proses evolusi harus dapat berhubungan dengan sistem yang telah ada selama masa transisi. Oleh karena itu aspek terpenting yang meliputi karakteristik operasional dan fisik pada

18)

Ibid, Hal 43

perencanaan jaringan harus diperhatikan. Aplikasi teknologi DSL yang bertujuan merealisasi basic access interface dan operasi perencanaan jaringan ke pelanggan merupakan suatu teknologi yang digunakan untuk menuju ISDN. DSL menyediakan kemampuan transmisi dengan kualitas yang tinggi untuk setiap pelanggan ISDN basic access dengan menggunakan jaringan telepon dua kawat. Sinyal DSL berkecepatan total 160 kbps terdiri dari 144 kbps untuk data pelanggan (2B + D) dalam tiap tujuan, 4 kbps untuk pengeluaran tambahan membantu pengoperasian jaringan, 12 kbps untuk fungsi framing dan timing.

Ada tiga hal yang perlu diperhatikan pada standard pelaksanaan DSL secara obyektif untuk memperkecil perubahan-perubahan yang akan terjadi pada proses pelaksanaan, yaitu :

1. Perkembangan DSL tidak memerlukan perencanaan tambahan yang cukup besar pada kondisi yang telah ada sekarang.
2. Sinyal DSL tidak akan berinterferensi dengan pelayanan yang diperoleh dari sinyal lain di sepasang kabel yang berdekatan.
3. DSL memiliki kemungkinan yang lebih besar, di mana sekarang ini DSL memerlukan gulungan kabel tanpa beban, tetapi perkembangan secara ekonomi pada pemasangan jaringan yang menguntungkan penggunaan *Digital Loop*

Carrier (DLC) untuk jaringan-jaringan yang lebih panjang, di mana digunakan pada gulungan kabel berbeban yang sesuai untuk transmisi suara.

Untuk mengembangkan sistem transmisi full duplex yang dapat diaplikasikan, ada 2 hal yang penting, yang berkaitan erat dengan kinerja transmisi pada saluran pelanggan :

1. Karakteristik di dalam daerah frekuensi dan daerah waktu, termasuk di dalamnya impedansi saluran, NEXT dan FEXT serta redaman saluran.
2. Pola/perilakunya di dalam batas-batas perhitungan noise per unit waktu pada band transmisi, noise pulsa dan noise burst pada saluran (yang terjadi secara bersamaan atau pada waktu yang berbeda) yang disebabkan oleh dialing, ringing, meter pulsing atau oleh transmisi data/telex (atau kombinasi dari itu semua) pada saluran-saluran yang berdekatan.

III.4.1 INTERWORKING JARINGAN PADA ISDN

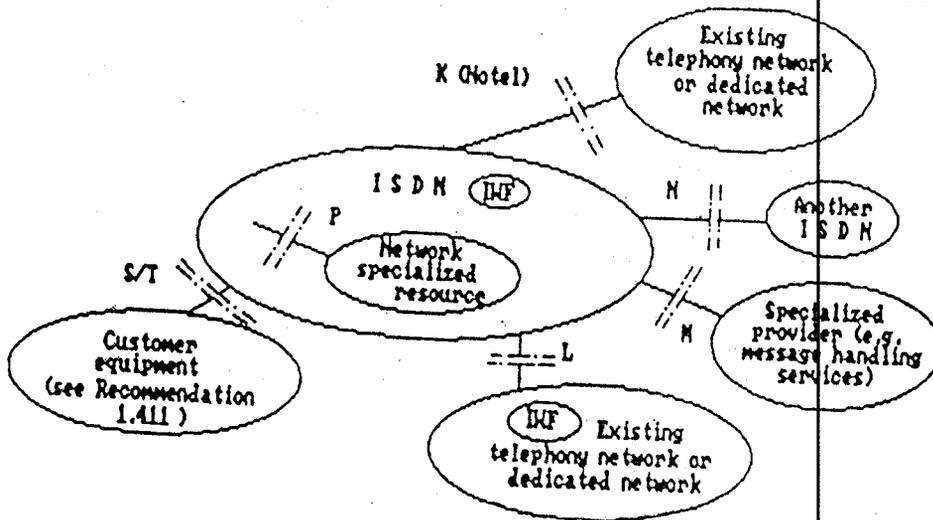
Bila kualitas dari transmisi data dan suara lewat saluran analog tergantung pada redaman saluran, distorsi,

noise dan rugi-rugi kabel di dalam band suara, maka kualitas dari saluran digital akan tergantung pada bit error rate dari saluran pada keseluruhan band transmisi (yang sangat jauh berbeda dengan band suara). Sejah ini harus diingat bahwa sistem transmisi analog dan digital harus dapat berjalan bersama-sama di dalam fisik kabel yang sama untuk periode transisi yang cukup lama

Pada perkembangannya ISDN tidak mungkin digunakan secara terpisah dari jaringan lain ataupun langsung menggantikan jaringan yang telah ada. Untuk itu diperlukan interworking antara ISDN dan jaringan non-ISDN. Agar dapat dilakukan interworking maka pada ISDN dilengkapi dengan fungsi tambahan yaitu *Interworking Function (IWF)*.

CCITT telah menentukan standardisasi untuk interworking pada ISDN dengan menambah titik referensi baru sebagai standard interface untuk interworking (pada gambar 3.12), antara lain :

- Titik referensi K merupakan interface ISDN dengan jaringan telepon atau non-ISDN dengan IWF pada ISDN sehingga interworking dilakukan oleh jaringan ISDN.
- Titik referensi L merupakan interface yang sama dengan titik referensi K, hanya IWF terletak pada jaringan telepon.
- Titik referensi M merupakan interface khusus untuk



GAMBAR 3.12¹⁹⁾

TITIK REFERENSI UNTUK INTERWORKING

jaringan ISDN.

- Titik referensi P merupakan interface khusus untuk pelayanan tambahan dalam sistem ISDN.

III.4.2 FUNGSI-FUNGSI YANG DIBUTUHKAN UNTUK PERENCANAAN BASIC ACCESS

Berdasarkan terminologi ISDN dari CCITT, blok-blok fungsional yang menterminasikan saluran pelanggan adalah LT yang dilokasikan ke sisi sentral dan NT1 pada ujung pelanggan dari saluran; keduanya dihubungkan ke saluran pelanggan 2-wire pada U-interface. Sistem-sistem transmisi

19)

Stalling, William, op cit, Hal 269

itu sendiri diterminasikan oleh V-interface pada sisi pelanggan dan oleh T-interface pada sisi terminasi jaringan. Kebutuhan utama sistem transmisi untuk aplikasi-aplikasi saluran pelanggan adalah untuk memaksimalkan penggunaan kabel lokal tanpa mengurangi kinerja sistem

Masalah yang dipecahkan oleh perencanaan sistem berhubungan erat dengan pencapaian kinerja transmisi yang diinginkan di dalam jaringan lokal. Masalah-masalah utama tersebut adalah sebagai berikut :

- Perbedaan yang besar pada panjang saluran

Meskipun panjang saluran tidak bervariasi banyak di Eropa, desain sistem seharusnya memungkinkan untuk jaringan-jaringan di mana terdapat perbedaan yang dipertimbangkan, seperti di Amerika Serikat. Selama transisi ke ISDN, penggunaan saluran-saluran yang panjang pada sentral-sentral ISDN harus dimungkinkan.

- Variasi-variasi pada ukuran dan susunan kabel

Macam-macam kabel, diameter-diameter saluran dan diameter dari bagian-bagian yang diuntai harus memenuhi aturan administrasi. Pada umumnya diameter yang digunakan adalah 0,4, 0,5, 0,6 dan 0,8 mm.

- Crosstalk pada saluran-saluran yang berdekatan yang

membawa sinyal digital 144 kbps, juga antara saluran-saluran yang membawa sinyal campuran analog dan digital, yang terjadi selama transisi yang panjang menuju jaringan digital penuh.

- Kerugian dari data konvensional, telex atau sinyal-sinyal telemetri yang ditransmisikan di dalam bundel yang sama.
- Kerugian dari saluran pelanggan digital dari transmisi broadcast pada saluran pelanggan yang sama.
- Kerugian dari saluran pelanggan digital oleh kabel-kabel power yang besar, interferensi radio dan radiasi elektromagnetik.

Gambar 3.13 menyimpulkan fungsi-fungsi yang dibutuhkan untuk memenuhi perencanaan basic access.

1. Prosedur pengaktifan dan penonaktifan

Dengan prosedur ini pemakaian daya pada peralatan dapat dikurangi dengan membuat sistem pada metode power down pada saat tidak digunakan.

2. Sinkronisasi bit dan frame

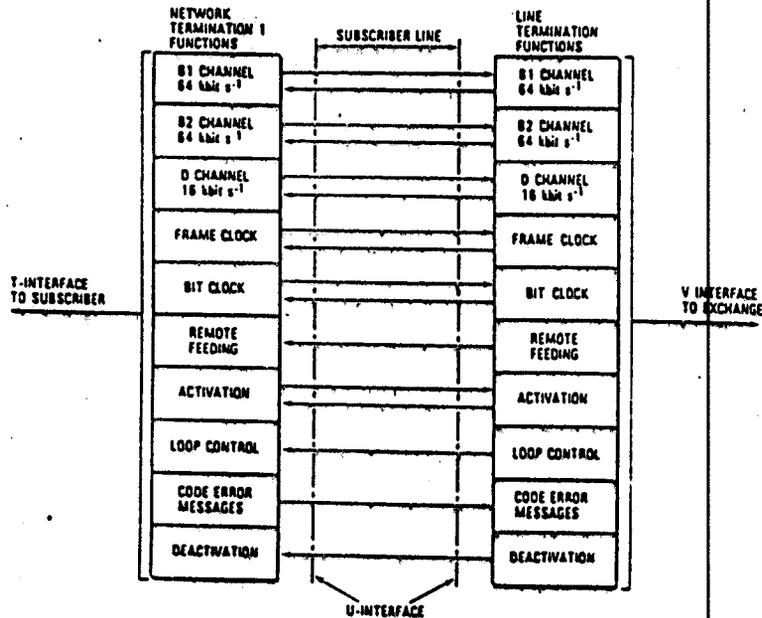
Sinkronisasi bit dilakukan supaya pengambilan sampling tepat pada waktunya sehingga diperoleh rasio sinyal derau (S/N) maksimal. Sinkronisasi frame diperlukan untuk mendeteksi urutan simbol dalam frame.

3. Pemberian daya

Jika suber daya lokal (pelanggan) padam, dimungkinkan untuk mencatu daya yang diperlukan telepon dari sentral.

4. Pemeliharaan basic access dengan mengirimkan perintah khusus yang dibangkitkan dari sentral.

5. Mentransmisikan basic access, yaitu 2 kanal B dan 1 kanal D dengan total kecepatan transmisi 144 kbps.



GAMBAR 3.13²⁰⁾

FUNGSI-FUNGSI SISTEM TRANSMISI ANTARA LT DAN NT1

20)

Gasser L, Renz W. H., 144 KBPS SUBSCRIBER LOOPS, Electrical Communication, Vol 59, No 1/2, 1985, Hal 128

III.5.3 FORMAT PENYANDIAN

Pada dasarnya sinyal digital mempunyai bentuk suatu deretan pulsa-pulsa biner 'on' dan 'off' yang biasa disebut sinyal biner unipolar. Untuk penyaluran melalui saluran urat kabel yang biasa digunakan pada saluran telepon lokal, sinyal unipolar tersebut tidak dapat dipergunakan karena tidak dapat melalui pengkopelan transformator. Untuk mengatasi hal tersebut, dibentuk suatu format penyandian dengan tujuan agar diperoleh pengiriman daya sinyal yang minimal, efisiensi penyaluran yang optimal dan komponen DC sama dengan nol agar dapat disalurkan melalui pengkopelan transformator dan kondensator antara tingkat-tingkat penguatan. Beberapa kode format yang dipergunakan di samping format penyandian lainnya yaitu :

1. AMI dan HDB3
2. 4B/3T
3. 2B1Q

1. AMI dan HDB3

AMI dan HDB3 merupakan kode yang saat ini paling banyak digunakan pada komunikasi digital khususnya untuk transmisi PCM. Pada AMI (*Alternate Mark Inversion*) digit "1" dinyatakan dalam bentuk tegangan pulsa positif atau

negatif yang kemunculannya secara bergantian, dan digit "0" apabila tidak ada tegangan. Kelemahan pada penyandian AMI adalah terjadinya kesalahan informasi apabila ada sederetan kode "0" yang panjang. Untuk mengatasi hal tersebut, digunakan kode HDBn (*High Density Bipolar*) yang membatasi kode "0" sampai n buah. Kode yang sering dipakai adalah HDB3, dengan maksimum 3 buah kode "0". Jadi pada setiap kode "0" yang keempat dimunculkan suatu pulsa yang polaritasnya sama dengan pulsa sebelumnya. Dengan demikian jumlah "0" yang muncul secara berurutan tidak pernah lebih besar dari 3.

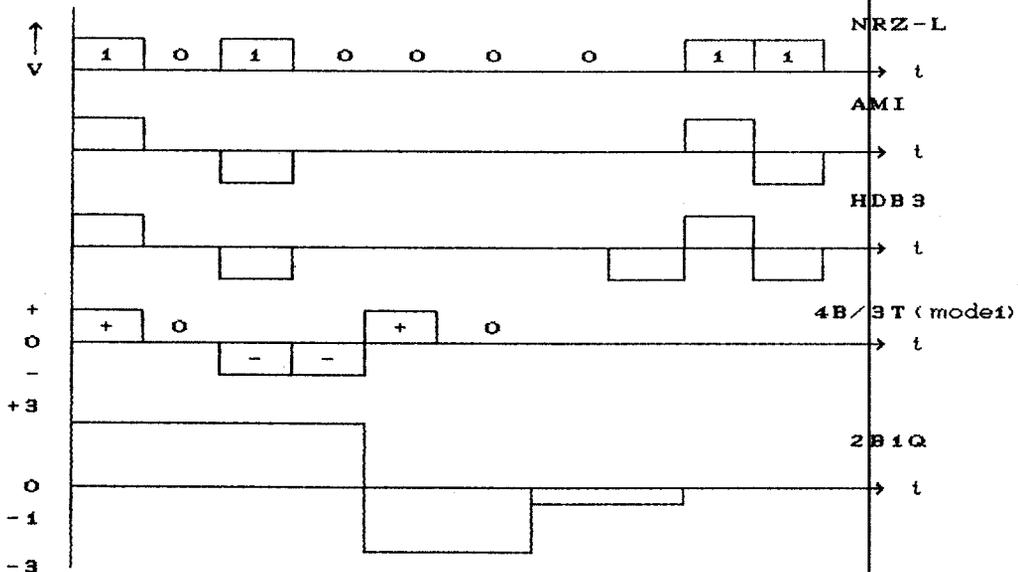
2. 4B/3T

Format penyandian 4B/3T berbeda dengan kedua format sebelumnya, karena penyandian ini didasarkan pada kelompok informasi (4 bit). Metode pengkodean ini juga disebut pengkodean blok. Sinyal digital dibagi-bagi dalam blok-blok yang terdiri dari 4 bit dan setiap blok dikode dengan 3 simbol terner menurut suatu tabel kode atau algoritma. Untuk $2^4 = 16$ kata biner tersedia $3^3 = 27$ kata terner. Pemilihan sebuah kata terner dari setiap kata biner didasarkan atas penyeimbangan dari sinyal yang dikode dari mode 1 atau mode 2 (tabel 3-3). Akibatnya kecepatan simbol (baud) menjadi $3/4$ kali kecepatan

transmisi. (kbps), sehingga penyaluran informasinya lebih tinggi dibandingkan dengan kode yang lain.

3. 2B1Q

2B1Q (2 Binary 1 Quartenary) adalah kode PAM dengan 4 level. Aliran bit data yang digunakan dari 2 kanal B (64 kbps) dan kanal D (16 kbps) discrambling lalu dikodekan. Setiap pasangan bit yang discrambling dalam urutan data



GAMBAR 3.14²¹⁾

PENYANDIAN AMI, HDB3, 4B/3T DAN 2B1Q

²¹⁾

Ekkelenkamp. H., ASPEK-ASPEK TRANSMISI DARI SISTEM KOMUNIKASI DIGITAL, Nipostel, Jakarta, 1985, Hal 37

TABEL 3-3²²⁾

PENGKODEAN 4B/3T DENGAN 2 MODE

Kata BINER masuk	kata TERNER keluar	
	mode 1 DVS = -0,1,2	mode 2 DVS = 0,-1,-2
0 0 0 0	0 - +	0 - +
0 0 0 1	- + 0	- + 0
0 0 1 0	- 0 +	- 0 +
0 0 1 1	+ - +	- + -
0 1 0 0	0 + +	0 - +
0 1 0 1	0 + 0	0 - 0
0 1 1 0	0 0 +	0 0 +
0 1 1 1	- + +	+ - +
1 0 0 0	0 + -	0 - +
1 0 0 1	+ - 0	- + 0
1 0 1 0	+ 0 -	- 0 +
1 0 1 1	+ 0 0	- 0 0
1 1 0 0	+ 0 +	- 0 +
1 1 0 1	+ + 0	- - 0
1 1 1 0	+ + -	- - +
1 1 1 1	+ + +	- - -

biner diubah ke simbol quaternary di output dari transmitter dengan interface sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3-4. Keempat tanda dalam harga simbol quaternary sebanding dengan tinggi pulsa.

Kode saluran 2B1Q digunakan sebagai standard dasar basic access ISDN di Amerika Utara, karena kode ini mempunyai kecepatan bit yang besar. Kode 2B1Q memiliki bandwidth 50 kHz dan kecepatan informasi 160 kbps.

22)

Ibid, Hal 25

TABEL 3-4²³⁾

PENYANDIAN 2B1Q

Bit pertama (Sign)	Bit kedua (Magnitude)	Quartenary (Quad)	Symbol
1	0	+3	
1	1	+1	
0	1	-1	
0	0	-3	

III.4.4 HUBUNGAN FREKUENSI DENGAN KECEPATAN INFORMASI

Transmisi suatu sinyal digital dilakukan pada frekuensi Nyquist, sebesar $1/2$ kecepatan informasinya (bit/s) agar tidak terjadi aliasing. Pada beberapa format penyandian, kecepatan penyaluran tidak sama dengan kecepatan informasinya, sehingga frekuensi pada jenis format tersebut berbeda-beda untuk jumlah informasi yang sama. Berikut ini akan ditunjukkan perhitungan frekuensi untuk beberapa format penyandian yang banyak digunakan. Sinyal biner dalam format AMI maupun HDB3 diubah menjadi 3 level, kecepatan penyalurannya masih sama dengan kecepatan informasinya sehingga frekuensi penyaluran sama dengan $1/2$ dari kecepatan informasinya. Untuk informasi yang

²³⁾

Huang, T. Darwin, Valenti, Cralg, **SUBSCRIBER LINES : ISDN BASIC ACCESS STANDARD**, Proceeding of The IEEE, Vol 79, No 2, February 1991, Hal 138

TABEL 3-5²⁴⁾

FREKUENSI PENYALURAN UNTUK SINYAL-SINYAL DIGITAL
DENGAN FORMAT BIPOLAR NRZ, AMI/HDB3 DAN 4B/3T

Format	Kecepatan informasi (kbps)	Kecepatan transmisi (baud)	Frekuensi (kHz)
NRZ	160	160	80
AMI/HDB3	160	160	80
4B/3T	160	120	60

berkecepatan 160 kbps, frekuensi untuk format AMI/HDB3 dan 4B/3T dapat dilihat pada tabel 3-5.

III.5 KUALITAS TRANSMISI SINYAL DIGITAL

III.5.1 HUBUNGAN BER DAN SNR

Kemampuan jaringan lokal untuk akses dasar ISDN ditunjukkan oleh BER (*Bit Error Rate*) yang besarnya tergantung dari harga SNR (*Signal to Noise Ratio*) pada ujung terima untuk setiap format kode yang dipakai. Dalam hal ini diasumsikan kemungkinan terjadinya noise/derau mengikuti distribusi Gaussian.

a. BER VS SNR UNTUK KODE BIPOLAR

Distribusi amplitudo cacat sinyal mengikuti

²⁴⁾

Perumtel, op cit, Hal 5

distribusi deraunya, yang untuk kode bipolar/biner dinyatakan oleh gambar 3.15

Pada kode bipolar terjadi 2 probabilitas terjadinya kesalahan, yaitu :

1. $P(-E/+E)$: probabilitas kesalahan dari +E yang diartikan -E, terletak pada daerah arsir 0 ke +E.
2. $P(+E/-E)$: probabilitas kesalahan dari -E yang diartikan +E, terletak pada daerah arsir 0 menuju -E.

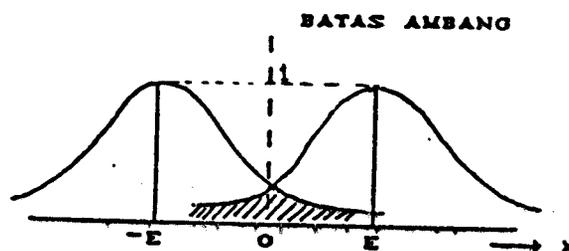
$P(E)$: probabilitas terjadinya "1"

$P(-E)$: probabilitas terjadinya "0"

$$P(E) = P(-E) = 0.5$$

Harga BER adalah :

$$BER = P(E) \cdot P(-E/+E) + P(-E) \cdot P(+E/-E)$$



GAMBAR 3.15²⁵⁾

DISTRIBUSI AMPLITUDO CACAT SINYAL

25)

$$\begin{aligned}
 &= 0.5 [p(-E/+E) + p(+E/-E)] \\
 &= p(-E/+E) = p(+E/-E)
 \end{aligned}$$

Luas daerah yang diarsir adalah :

$$p(-E/+E) = \int_0^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \delta} e^{-(x-E)^2/2\delta^2} dx \tag{3-12}$$

$$= \int_{-E/\delta}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2} du \tag{3-13}$$

Substitusi persamaan tersebut ke dalam fungsi kesalahan komplementer (error function complementary - erfc) akan menghasilkan :

$$BER = 0.5 \operatorname{erfc} \left[\frac{E}{\delta\sqrt{2}} \right] \tag{3-14}$$

di mana :

$$\operatorname{erfc} x = \frac{1}{\sqrt{2\pi} x} \int_x^{\infty} e^{-y^2} dy \tag{3-15}$$

$$y = u/\delta\sqrt{2}$$

$$x = E/\delta\sqrt{2}$$

Apabila daya sinyal $S = E^2/2$ sedangkan daya derau $N = \delta^2/2$ maka diperoleh :

$$BER = 0.5 \operatorname{erfc} \sqrt{S/2N} \tag{3-16}$$

$$= 0.5 [1 - \operatorname{erf} \sqrt{S/2N}] \tag{3-17}$$

Dengan tabel error function didapat hubungan BER dan SNR,

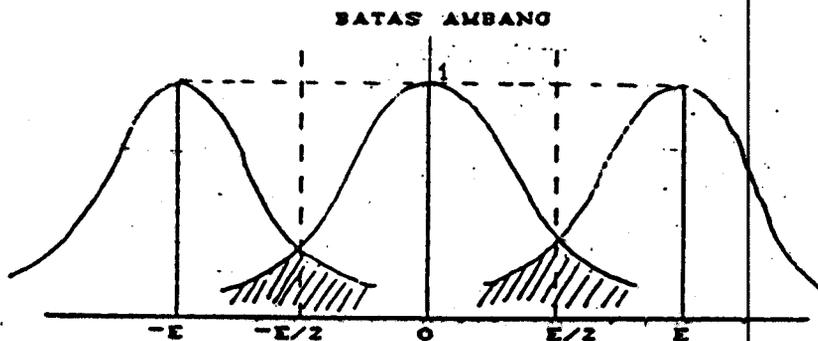
yang dapat didekati dengan persamaan :

$$\text{SNR (dB)} = 4,65 + 11,42 \log x \quad (3-18)$$

b. BER VS SNR UNTUK KODE TERNER (AMI/HDB3)

Pada kode terner terdapat 3 kondisi (+E, 0, -E) dengan batas ambang kesalahannya terletak pada tegangan +0.5E dan -0.5E. Kurva pada gambar 3.16 menunjukkan 4 probabilitas terjadinya kesalahan, yaitu :

1. $P(O/+E)$: probabilitas kesalahan +E diartikan 0 berupa daerah arsir +0.5E menuju $-\infty$
2. $P(+E/0)$: probabilitas kesalahan 0 diartikan +E berupa daerah arsir E/2 menuju ∞
3. $P(-E/0)$: probabilitas kesalahan 0 diartikan -E berupa daerah arsir -E menuju $-\infty$



GAMBAR 3.16²⁶⁾

DISTRIBUSI AMPLITUDO CACAT SINYAL TERNARY

²⁶⁾

Ibid, Hal 164

4. $P(C/-E)$: probabilitas kesalahan $-E$ diartikan 0
berupa daerah arsir $-0.5E$ menuju ∞

dengan $P(C+E) = P(C-E) = 0.5 \times 0.5 = 0.25$

Kemungkinan terjadinya kesalahan total adalah :

$$\begin{aligned} \text{BER} &= P(C+E) \cdot P(C/+E) + P(C-E) \cdot P(C/-E) + P(C0) \cdot P(C-E/0) \\ &\quad + P(C0) \cdot P(C+E/0) \\ &= 0.25 [P(C/+E) + P(C/-E)] + 0.5 [P(C-E/0) + P(C+E/0)] \\ &= 0.75 [P(C/+E) + P(C/-E)] \\ &= 0.75 [P(C-E/0) + P(C+E/0)] \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti sebelumnya diperoleh hasil substitusi ke error function sebagai berikut :

$$\text{BER} = 0.75 \operatorname{erfc} \sqrt{S/8N} \quad (3-19)$$

$$= 0.75 \left[1 - \operatorname{erf} \sqrt{S/8N} \right] \quad (3-20)$$

pendekatan dari persamaan itu adalah :

$$\text{SNR (dB)} = 7,4 + 12 \log x \quad (3-21)$$

c. BER VS SNR UNTUK KODE 4B/3T

Pada penyandian 4B/3T terdapat 3 kemungkinan level tegangan yang sama besar, yaitu $P(C+E) = P(C-E) = P(C0) = 1/3$. Jadi kemungkinan terjadinya kesalahan rata-rata adalah :

$$\begin{aligned} \text{BER} &= 1/3 [P(C/+E) + P(C/-E)] + 1/3 [P(C-E/0) + P(C+E/0)] \\ &= 2/3 \operatorname{erfc} \sqrt{S/8N} \quad (3-22) \end{aligned}$$

$$= 2/3 [1 - \text{erf} \sqrt{S/8N}] \quad (3-23)$$

Sehingga secara pendekatan dapat dituliskan :

$$\text{SNR (dB)} = 7.3 + 12 \log x \quad (3-24)$$

d. BER VS SNR UNTUK KODE 2B1Q

Pada penyandian 2B1Q terdapat 4 kemungkinan level tegangan yang sama besar yaitu $P(+3E) = P(-3E) = P(+E) = P(-E) = 1/4$. Jadi kemungkinan terjadinya kesalahan rata-rata adalah :

$$\begin{aligned} \text{BER} &= P(+3E) P(e^{-+3E}) + P(-E) P(e^{-+3E}) \\ &= 2 (1 - 1/4) \text{erfc} (E/\delta) \end{aligned} \quad (3-25)$$

Jika $N = \delta^2/2$ dan $S = \frac{E^2(4^2 - 1)}{3}$, maka

$$\text{BER} = 3/2 [1 - \text{erfc} \sqrt{S/10N}] \quad (3-26)$$

Perbandingan SNR untuk beberapa harga BER dengan kode penyandian Bipolar, Ternary 4B/3T dan 2B1Q ditunjukkan pada tabel 3-6.

III.5.2 GANGGUAN TRANSMISI PADA JARINGAN LOKAL

Sinyal digital yang dikirimkan melalui saluran transmisi mengalami beberapa gangguan yang umumnya berupa

TABEL 3-6²⁷⁾

PERBANDINGAN SNR DARI KODE BIPOLAR, TERNARY, 4B/3T
DAN 2B1Q

BER (10^{-x})	SNR (dB)				
	Unipolar	Bipolar	AMI/HDB3	4B/3T	2B1Q
10^{-4}	17,53	11,53	14,62	14,52	17,63
10^{-5}	18,63	12,63	15,79	15,69	20,06
10^{-6}	19,54	13,54	16,74	16,64	20,92
10^{-7}	20,30	14,30	17,54	17,44	21,64
10^{-8}	20,96	14,96	18,24	18,14	22,26

derau sehingga mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima,
di antaranya adalah :

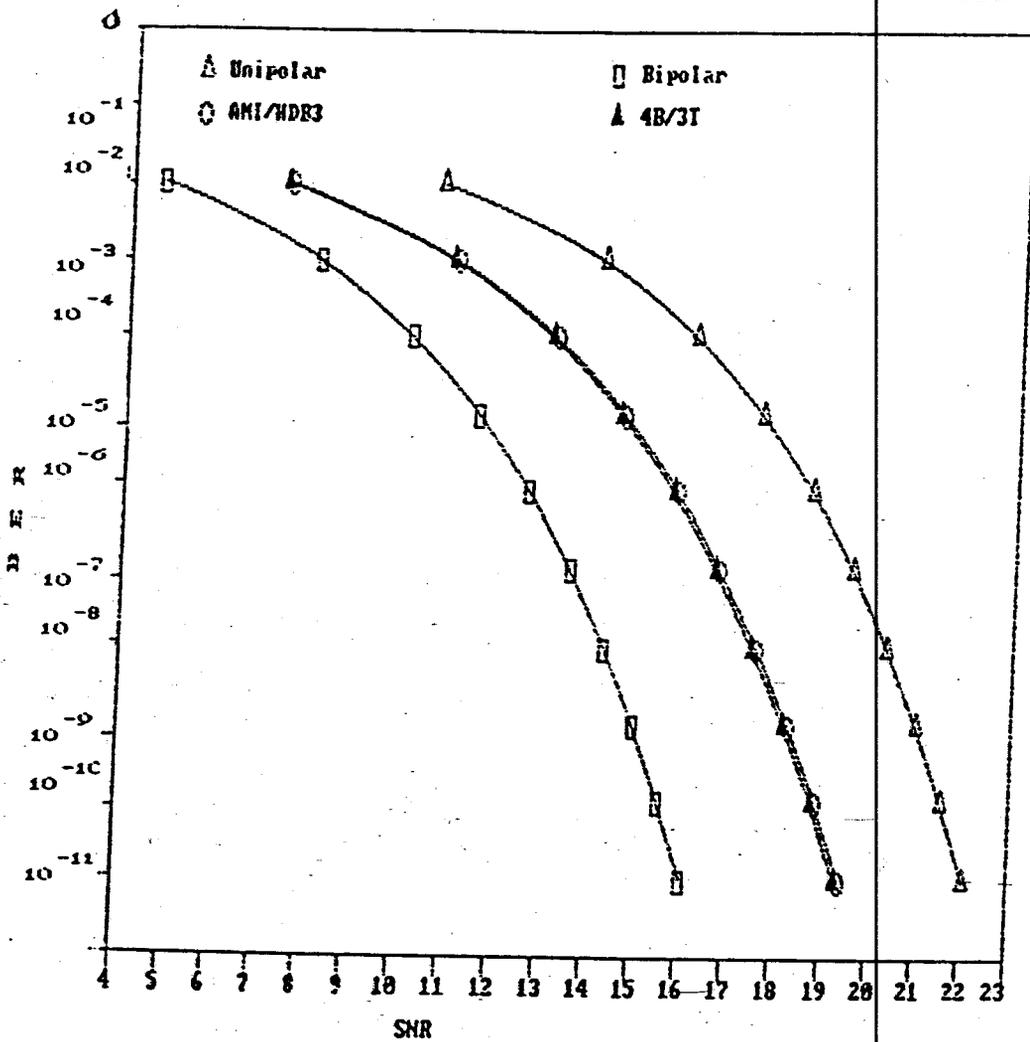
- a. Redaman
- b. Cakap silang (crosstalk)
- c. Interferensi
- d. Interferensi Intersimbol
- e. Thermal noise
- f. Echo

III.5.2.1 Redaman

Dalam menentukan besarnya daya sinyal yang diterima
perlu diketahui besarnya redaman saluran itu sendiri.
Secara umum besar redaman saluran kabel dua kawat per

²⁷⁾

Perumtel, op cit, Hal 10



GAMBAR 3.17²⁸⁾

HUBUNGAN SNR DAN BER BEBERAPA FORMAT KODE

satuan panjang adalah :²⁹⁾

$$\alpha = R/2 \sqrt{C/L} \cdot G/2 \sqrt{L/C}$$

(3-27)

²⁸⁾

Ibid, Hal 11

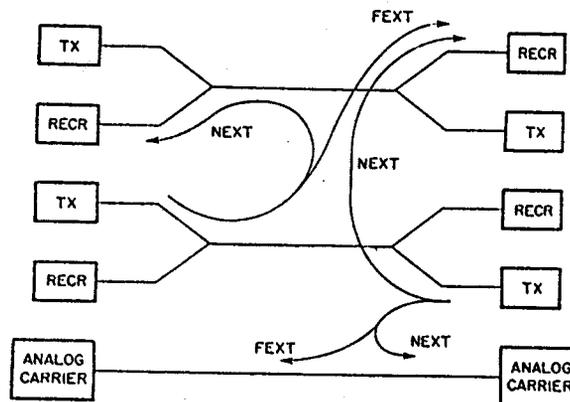
²⁹⁾

Ibid, Hal 16

Dari persamaan tersebut di atas dapat dilihat bahwa redaman tergantung dari harga tahanan kawat R, mutual kapasitansi C, induktansi kabel L dan konduktansi isolasi kabel G.

III.5.2.2 Cakap Silang (Crosstalk)

Crosstalk merupakan induksi dalam penyaluran sinyal yang terjadi pada saluran telekomunikasi. Ada dua macam crosstalk yaitu NEXT (*Near End Crosstalk*) dan FEXT (*Far End Crosstalk*). Gambar 3.18 menunjukkan jenis-jenis crosstalk yang dimaksud.



GAMBAR 3.18³⁰⁾

CROSSTALK NEXT DAN FEXT

³⁰⁾ Messerschmitt G. David, DESIGN ISSUES IN THE ISDN U-INTERFACE TRANSCEIVER, IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Vol Sac-4 No. 8, November 1986, Hal 1248

Besarnya NEXT dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :³¹⁾

$$\text{NEXT (dB)} = 10 \log K_n + 15 \log f \quad (3-28)$$

di mana NEXT dihitung dalam dB, frekuensi f dalam Hz yang besarnya tergantung dari kecepatan penyaluran sinyal dan format yang dipergunakan dan K_n adalah konstanta NEXT yang tergantung dari jenis kabel.

$$K_n = \frac{4\pi^2}{2(K_1 + K_2)} \left(\frac{C Z_0}{8} + \frac{L}{Z_0} \right) \quad (3-29)$$

K_1 = konstanta redaman kabel 1

K_2 = konstanta redaman kabel 2

C = kapasitansi bersama (F)

L = Induktansi kabel

Z_0 = Karakteristik impedansi

$$= \sqrt{L/C}$$

Besar FEXT yang terjadi di samping tergantung dari frekuensi dan jenis kabel yang dipergunakan, juga tergantung pada panjang saluran. Besarnya FEXT dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut :³²⁾

$$\text{FEXT (dB)} = 10 \log K_f + 20 \log f + 10 \log l \quad (3-30)$$

³¹⁾

Perumtel, op cit, Hal 20

³²⁾

Ibid, Hal 21

di mana panjang saluran l dalam meter, frekuensi f dalam Hz yang besarnya tergantung dari kecepatan penyaluran dan format yang dipergunakan dan K_f adalah konstanta FEXT yang tergantung dari jenis kabel.

$$K_f = 4\pi^2 \left(\frac{L}{Z_0} - \frac{C Z_0}{8} \right) \quad (3-31)$$

III.5.2.3 Interferensi

Karena adanya induksi saluran listrik akan terjadi tiga macam gangguan yaitu tegangan induksi pada kondisi normal, tegangan induksi pada keadaan kesalahan dan derau induksi harmonis. Karena tegangan induksi baik pada kondisi normal maupun kondisi kesalahan frekuensinya adalah 50 Hz, maka pada frekuensi 60 kHz ke atas tegangan ini tidak akan berpengaruh sehingga hanya derau induksi saja yang berpengaruh. Derau yang terjadi besarnya tergantung dari jarak antara saluran telekomunikasi dengan saluran listrik, panjang paralel kedua saluran tersebut, konduktivitas tanah, sistem instalasinya dan besaran-besaran saluran listriknya. Karena perhitungannya sangat kompleks, besarnya derau induksi cukup ditetapkan harga minimum yang diperbolehkan. Berdasarkan ketentuan CCITT besarnya derau induksi adalah 1 mV atau dalam daya sama dengan 10 mW.

III.5.2.4 Interferensi Antarsymbol

Akibat adanya antarsymbol, bagian yang terbuka dari sinyal yang diterima akan mengecil karena adanya sinyal antarsymbol. Di samping timbulnya derau, antarsymbol juga mengakibatkan mengecilnya tegangan sinyal yang diterima. Daya sinyal yang diterima karena adanya interferensi antarsymbol adalah :³³⁾

$$S = \delta \cdot E \cdot \psi_1 (1 - 2\psi_2) \quad (3-32)$$

di mana :

E : amplitudo tegangan sinyal yang diterima

δ : perbandingan periode pulsa

ψ_1 : kemiringan bentuk pulsa, yang tergantung periode pulsa t/T (lihat gambar 3.19a)

ψ_2 : interferensi antarsymbol relatif, yang tergantung t/T dan β (lihat gambar 3.19b)

Harga ψ_2 harus lebih kecil dari 0.5 agar diperoleh S yang positif. Secara praktis digunakan harga parameter sebagai berikut :

$$\beta = 1.0$$

$$\delta = 0.35 \text{ sehingga didapatkan } \psi_1 = 0.85 \text{ dan } \psi_2 = 0.4$$

sehingga didapatkan daya sinyal sebesar :

$$S = 0.2 E \cdot 0.94 (1 - 2 \times 0.34)$$

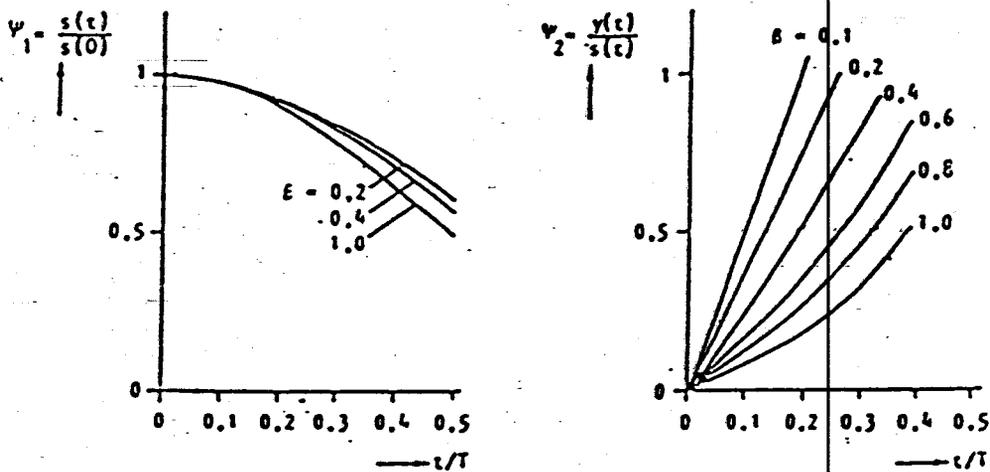
$$= 0.06016 E$$

³³⁾ Ibid, Hal 26

Karena itu penurunan daya akibat interferensi intersimbol mencapai 12.2 dB.

III.5.2.5 Thermal Noise

Thermal noise timbul pada penerima, seperti misalnya pada peralatan perata (equalizer). Daya derau akibat adanya thermal noise adalah :³⁴⁾



(a)

(b)

GAMBAR 3.19³⁵⁾

(a) KEMIRINGAN BENTUK PULSA

(b) INTERFERENSI ANTARSIMBOL RELATIF

³⁴⁾ Ibid, Hal 23

³⁵⁾ Ibid, Hal 26

$$N_i = \frac{2 K. T. R_o. Fek. \alpha. f_n}{\Gamma(\alpha, \beta, \delta)} \quad (3-33)$$

di mana ;

K : konstanta Boltzman ($1,39.10^{-23}$)

T : temperatur kamar ($290^{\circ}K$)

Fek : faktor derau ekivalen

α : redaman kabel (Ohm/km)

f_n : frekuensi Nyquist

Γ : faktor bentuk derau, yang merupakan fungsi α , perbandingan periode pulsa δ dan kecepatan perubahan fase β

Seperti gangguan-gangguan yang lain, thermal noise akan mengakibatkan derau yang akan menurunkan kualitas transmisi yang terjadi sepanjang saluran dalam penyaluran sinyal digital. Dalam perhitungan daya derau total biasanya N_i dapat diabaikan karena besar daya derau thermal sangat kecil.

III.5.2.6 Echo

Echo sebagai bentuk sinyal pantul pada jaringan lokal disebabkan karena ketidaksempurnaan rangkaian hybrid pada transceiver atau pemakaian diameter kabel yang

berbeda. Mengingat pemakaian *Echo Canceller* dapat dipakai untuk menghilangkan echo maka pengaruhnya dapat diabaikan. Sehingga dari keempat gangguan hanya interferensi dan crosstalk yang mempengaruhi penyaluran sinyal melalui 2 kawat

BAB IV

TRANSCEIVER UNTUK ISDN U - INTERFACE

IV.1 UMUM

ISDN menyediakan pelanggan telepon interface-interface standar yang dapat mendukung bermacam-macam layanan yaitu suara, video, dan bermacam-macam pelayanan data. Interface yang paling umum digunakan oleh pelanggan individual adalah interface dasar (basic interface), yang menyediakan untuk suatu aliran bit full duplex 144 kbps, terdiri dari 2 kanal B berkecepatan 64 kbps dan 1 kanal D berkecepatan 16 kbps.

Ada beberapa interface yang menyediakan basic access ISDN pada physical layer. Dari ini semua ada dua yang paling penting yaitu S-interface untuk berbagai macam pelanggan (rumah tangga, bisnis atau dari suatu PBX sampai instrumen telepon) dan U-interface untuk hubungan pusat pelayanan ke tempat pelanggan. U-interface menjelaskan sinyal data full duplex pada dua kabel loop pelanggan antara Line Termination (LTD) sentral dan Network Termination (NTD) tempat pelanggan.

Sistem transmisi full duplex ini diharapkan mampu untuk mentoleransi noise dan gangguan yang ada serta dapat

dipasang tanpa mendatangkan masalah-masalah pada saluran yang ada. Lebih dari itu, circuit U-interface harus dapat mendukung pelayanan, pemeliharaan dan diagnosa-diagnosa kesalahan untuk saluran pelanggan.

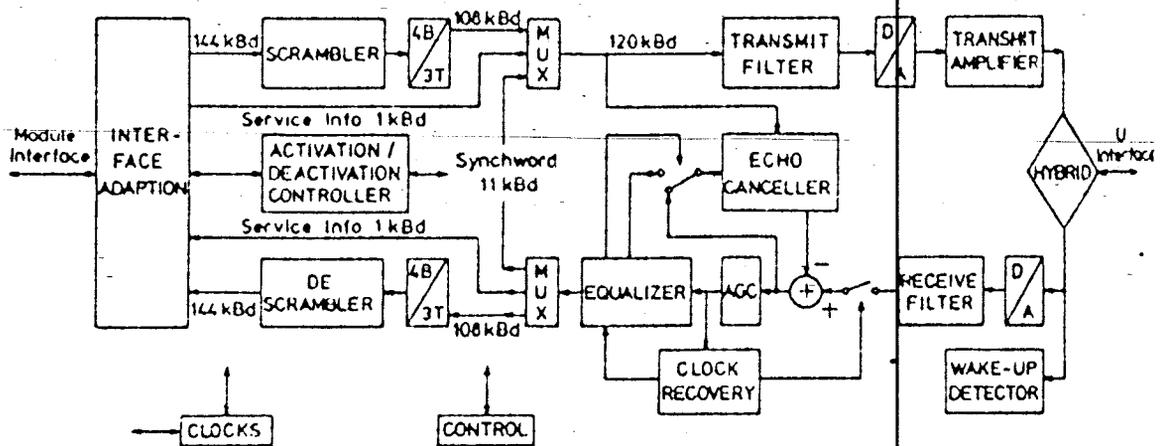
IV.2 SIRKUIT INTERFACE U (UIC ATAU U INTERFACE CIRCUIT)

Keberadaan UIC sangat mendukung fungsi-fungsi layer 1 (link fisik) di dalam ISDN. Fungsinya adalah untuk mengirimkan data 144 kbps melalui saluran telepon yang dipasang untuk membawa sinyal-sinyal yang mempunyai band terbatas sampai 4 kHz. Link full duplex harus disediakan pada saluran 2 wire yang ada.

Persiapan link fisik membutuhkan fungsi-fungsi sebagai berikut :

1. Pengiriman dan penerimaan dari sinyal full duplex 144 kbps melalui saluran 2 wire.
2. Sinkronisasi word dan frame.
3. Aktivasi dan deaktivasi dari satu sisi menggunakan sinyal-sinyal layer 1.

Blok diagram dari sirkuit interface U ditunjukkan pada gambar 4.1.



GAMBAR 4.1 ³⁶⁾

BLOK DIAGRAM SIRKUIT INTERFACE U

IV.2.1 TRANSMISI FULL DUPLEX PADA 144 KBPS

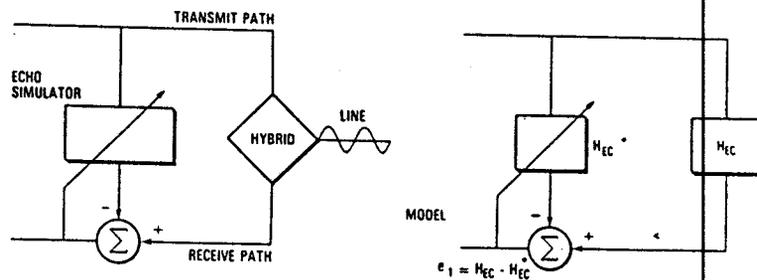
Ada dua masalah penting yang timbul bila sinyal dipancarkan pada laju bit yang tinggi. Pertama, sinyal yang diterima diredam oleh saluran, pada kondisi terburuk sampai 46 dB relatif terhadap level pemancar. Kedua, karena saluran 2 kawat digunakan, hybrid diperlukan untuk konversi 2/4 kawat.

³⁶⁾ Szechenyi Kalman, et al, INTEGRATED FULL DIGITAL U-INTERFACE CIRCUIT FOR ISDN SUBSCRIBER LOOPS, IEEE Journal on Selected in Communication, Vol. Sac-4, No. 8, November 1986, Hal 1337

Ketidaksempurnaan rangkaian hybrid menyebabkan sebagian sinyal yang ditransmisikan diinjeksikan kembali ke dalam jalur penerima. Pada kondisi terburuk level sinyal yang dikembalikan dapat lebih besar dari -6 dB. Fungsi UIC adalah mengeluarkan sinyal yang diinginkan di bawah kondisi-kondisi yang tidak menguntungkan. Untuk mencapai ini, UIC menyediakan link 144 kbps yang handal dengan menggunakan saluran-saluran yang ditujukan untuk membawa tidak lebih dari sinyal pembicaraan.

Tiga metode yang digunakan untuk mendapatkan sinyal yang diinginkan adalah :

- adaptive echo cancellation
- adaptive equalization
- line coding



GAMBAR 4.2³⁷⁾

MODE HYBRID DAN ECHO YANG DIHASILKAN SALURAN DENGAN FUNGSI LINIER

³⁷⁾

Dierckx R., Taeymans J. R., op cit, Hal 107

Apabila dianggap bahwa kebocoran hybrid dan echo dihasilkan oleh saluran (sebagai akibat dari ketidaksesuaian impedansi), maka seperti terlihat pada gambar 4.2 dapat dimodelkan dengan suatu fungsi linier. Di dalam kondisi ini echo dapat disimulasikan oleh filter linier, yang memungkinkan dapat meniadakan echo sehingga menguntungkan sinyal terima yang diinginkan. Adaptive echo cancellation dapat digunakan untuk penyesuaian karakteristik filter linier untuk meminimisasikan pengaruh echo. Filter dapat diimplementasikan di dalam beberapa cara (analog atau digital). Filter digital transversal dapat dipilih sesuai dengan karakteristik filter yang didefinisikan oleh koefisien-koefisien dari tap-tap transversal yaitu koefisien yang diadaptasi dengan algoritma kuadrat rata-rata terkecil (*least mean square*) yang meminimisasikan kuadrat rata-rata dari echo residu. Koefisien yang digunakan secara otomatis diperbaharui, di mana echo residu dikorelasikan dengan hasil-hasil yang mungkin, dan jika terdapat koreksi koefisien tersebut diadaptasi untuk meminimisasikan echo.

Fungsi dari equalizer dapat dibandingkan dengan echo canceller. Karena karakteristik low pass dari saluran, data yang ditransmisikan pada kecepatan tinggi (120 ksimbol/s) menghasilkan interferensi antarsymbol.

Pemilihan terhadap simbol yang sudah diterima tidak boleh dipengaruhi oleh data yang diterima sebelum atau sesudah titik pemilihan. Karenanya, informasi harus dihilangkan untuk memastikan bahwa sinyal yang diterima selama 1 putaran simbol hanya tergantung pada sinyal yang ditransmisikan dari ujung jauh.

Sebagai tambahan, skema pengkodean saluran didesain untuk menurunkan band frekuensi yang kerapatan spektrum dayanya ($psd = \text{power spectral density}$) adalah berpengaruh. Untuk transfer informasi pada 144 kbps fungsi psd mempunyai harga maksimum pada 30 kHz. Dengan demikian redaman dan interferensi antarsimbol dapat dikurangi.

IV.2.2 SINKRONISASI WORD DAN FRAME

Sinkronisasi word dilakukan supaya pengambilan sampling tepat pada waktunya sehingga diperoleh rasio sinyal derau (S/N) maksimal. Sedang sinkronisasi frame diperlukan untuk mendeteksi urutan simbol dalam frame.

Fungsi yang penting dari UIC adalah mensinkronisasikan antara kedua ujung. Pertama, sinkronisasi dicapai untuk memastikan bahwa sampling dikerjakan secara optimum (respon impuls maksimum) supaya memaksimumkan Signal to Noise Ratio (S/N). Kedua, perlu

untuk mendeteksi posisi dari urutan simbol di dalam frame. *Phase Locked Loop* (PLL) yang berkorelasi digital digunakan untuk melaksanakan usaha tersebut.

Prinsip dari PLL yang berkorelasi digital didasarkan pada penggunaan word sinkronisasi yang ditransmisikan di dalam setiap frame 1 ms. Ini memungkinkan bahwa sinyal yang diterima secara kontinyu dikorelasikan dengan word sinkronisasi.

Korelasi dengan word sinkronisasi mempunyai bentuk yang sama dengan fungsi respon pulsa. Terjadinya sampling optimum tepat pada saat pulsa maksimum. Jika dianggap bahwa pulsa adalah simetris, level sinyal adalah sama, satu sample sebelum dan satu sample sesudah maksimum. Jika level-level tidak sama, perbedaan diantaranya dapat digunakan sebagai sinyal kontrol feed back untuk menyesuaikan sampling. Kontrol dicapai dengan menaikkan atau menurunkan periode simbol 120 kHz dengan 1 cycle clock 15 MHz sampai perbedaannya meenjadi nol. Ini berarti frame dan pengeluaran timing clock bit diorganisasikan secara efektif.

IV.2.3 PENGAKTIFAN/PENONAKTIFAN

Dengan prosedur pengaktifan dan penonaktifan ini

pemakaian daya pada peralatan dapat dikurangi dengan membuat sistem pada metode power down pada saat tidak diperlukan.

Link fisik harus diaktifkan dan dinonaktifkan pada layer 1. Bila tidak ada panggilan yang diproses, UIC berada pada mode power down dan tidak ada link fisik yang ada untuk pengiriman data. Akibatnya link harus di set up dengan sinyal-sinyal layer 1. Selanjutnya, apabila terdapat pemisahan di antara bermacam-macam level penonaktifan harus dilakukan oleh sinyal-sinyal layer 1.

Untuk men-set up link , sinyal pembangkit 7,5 kHz ditransmisikan dengan mengirimkan pola bit yang sesuai melalui hardware pemancar. Detektor 7,5 kHz adalah satu bagian UIC yang selalu hidup povernya. Sesudah delay tertentu, carrier ini dideteksi sebagai informasi pembangkit dan dijawab (*acknowledge*) dengan mengirimkan kembali sinyal 7,5 kHz yang dikenal sebagai *acknowledgement* oleh sisi yang membuka proses.

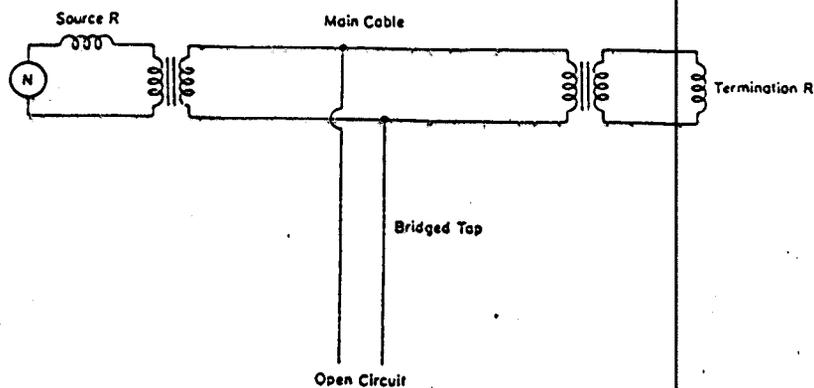
Kedua sisi sekarang dihidupkan povernya dan hubungan layer satu dapat di set up, di mana echo harus di cancel, sinyal yang diterima diekualisasikan dan kedua sisi disinkronisasikan. Ketiga fungsi ini saling mempengaruhi dengan kuat satu sama lain.

IV.3 LINGKUNGAN UNTUK TRANSCEIVER U-INTERFACE

Transceiver U-interface harus mempertimbangkan ketidakidealan peralatan-peralatan pelanggan yang ada, termasuk perubahan gauge dan bridge tap, juga jarak maksimum ke sentral dikarenakan kerugian-kerugian seperti noise impuls dan crosstalk.

Loss yang berkaitan dengan frekuensi tergantung pada komposisi campuran kabel-kabel yang berbeda, panjang kabel dan adanya bridge atau kabel pair yang open circuit, yang disebut dengan bridge tap. Konfigurasi circuit yang menggambarkan kabel pair utama dan satu bridge tap ditunjukkan pada gambar 4.3.

Pengaruh bridge tap adalah membebani kabel, yang menyebabkan suatu redaman tambahan secara keseluruhan. Sebagai contoh, satu bridge tap yang panjang akan mempunyai impedansi input yang sama dengan impedansi karakteristiknya, yang akan menaikkan redaman sebesar 3,5 dB pada semua frekuensi. Untuk memperkecil efek bridge tap pada frekuensi band suara, desain jaringan umumnya menempatkan batasan pada panjang total bridge tap (batasan ini adalah 6 kft atau 1,8 km di AS). Bridge tap yang lebih pendek ini mempunyai pengaruh yang lebih rumit dibandingkan dengan hanya suatu redaman, karena ada energi

GAMBAR 4.3³⁸⁾

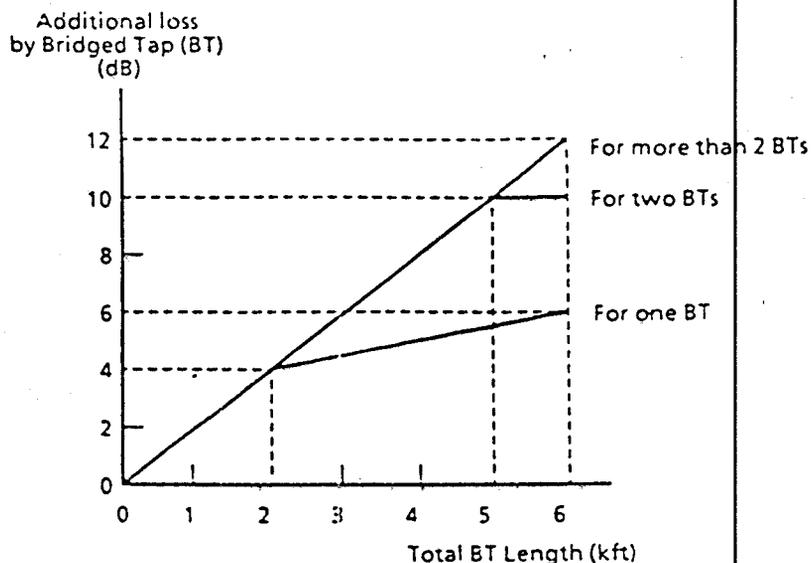
KONFIGURASI CIRCUIT KABEL UTAMA DAN SATU BRIDGE TAP

sinyal yang diredam kabel utama dan yang ditujukan ke bridge tap dipantulkan kembali ke kabel utama dengan redaman delay yang tergantung pada panjang tap. Pada beberapa frekuensi, pantulan yang sudah didelay dan diredam ini menyebabkan interferensi yang saling meniadakan, yaitu mengakibatkan redaman yang lebih besar dari 3,5 dB dan pada frekuensi yang lain interferensi mengakibatkan saling menguatkan, yaitu mengurangi redaman. Loss yang disebabkan oleh adanya bridge tap ditunjukkan oleh gambar 4.4.

Impedansi karakteristik kabel mendekati 100 Ω pada frekuensi tinggi. Akan tetapi pada frekuensi tertentu di

38)

Messerschmitt G. David, op cit, Hal 1282

GAMBAR 4.4³⁹⁾

LOSS BRIDGE TAP

dalam transceiver U-interface impedansi berubah-ubah secara tajam terhadap frekuensi dan lebih besar dari 100 Ω pada frekuensi rendah. Loss suatu hybrid yang digunakan untuk memisahkan dua arah transmisi tergantung pada akurasi yang mana pemilihan impedansi balance harus sesuai dengan impedansi input kabel. Impedansi input kabel juga dipengaruhi oleh adanya bridge tap. Dengan suatu impedansi balance tertentu loss transhybrid paling kecil dapat kita

³⁹⁾

-----, NEC Practice, BASIC ACCESS INTERFACE SPECIFICATION, NECA 005-041-008, Issue 4, March 1991, Hal 23

peroleh dalam orde 10 dB.

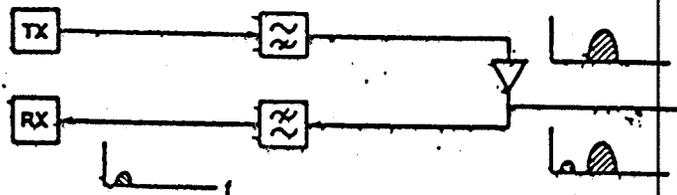
Jangkauan (jarak antara LT dan NT) yang dapat dicapai oleh suatu transceiver U-interface umumnya dibatasi oleh penguatan (gain) frekuensi tinggi yang harus dimasukkan pada ekualisasi penerima untuk mengkompensasi redaman kabel. Penguatan ini juga menguatkan noise, crosstalk dan sinyal interferensi yang mungkin ada, yang menyebabkan laju error yang semakin mengurangi peningkatan jangkauan. Noise dan sinyal interferensi yang paling penting adalah noise impuls dan crosstalk, dalam hal ini NEXT dan FEXT. NEXT akan mempunyai harga yang lebih besar dibandingkan FEXT karena FEXT menyebabkan loss dari panjang seluruh kabel, sedang NEXT tidak demikian.

IV.4 METODE-METODE YANG DIGUNAKAN UNTUK MEREALISASIKAN TRANSMISI FULL DUPLEX

Untuk transmisi digital dengan akses dasar pada saluran 2 kawat agar penyediaan DSL memiliki kemampuan beroperasi full duplex, ada tiga metode yang diperhatikan yaitu *Frequency Division Multiplexing* (FDM), *Time Compression Multiplexing* (TCM) dan *Echo Cancellation* (EC).

IV.4.1 FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING (FDM)

Metode FDM atau pemisahan frekuensi dilakukan dengan menyediakan hubungan dari pelanggan ke sentral pada frekuensi yang berbeda dan untuk arah sebaliknya, secara bersamaan dapat dilakukan transmisi dua arah. Kerugiannya adalah lebar bidang frekuensi yang ganda sehingga redaman kabel dan redaman karena cakap silang (crosstalk) harus diberikan syarat-syarat yang lebih tinggi. Teknik FDM ini ditunjukkan pada gambar 4.5 sedangkan blok diagramnya ditunjukkan pada gambar 4.6.



GAMBAR 4.5⁴⁰⁾

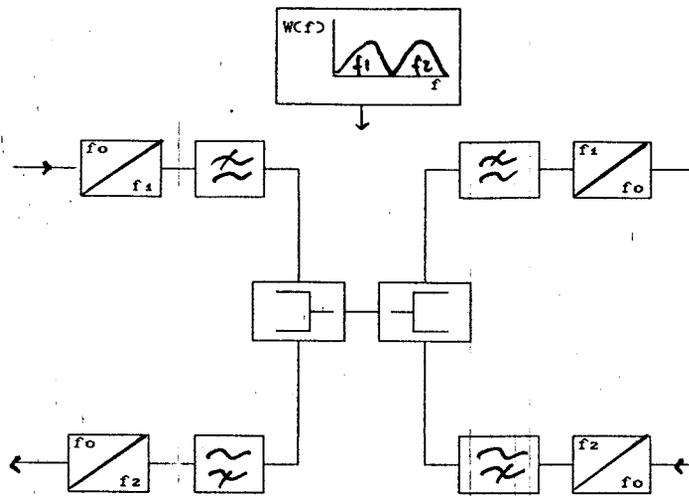
TEKNIK TRANSMISI FULL DUPLEX DENGAN METODE FDM

IV.4.2 TIME COMPRESSION MULTIPLEXING (TCM)

Transmisi dua arah dapat terjadi jika pelanggan dan sentral secara bergantian dapat mengirimkan bit atau

40)

Griffiths M. John, op cit, Hal 48

GAMBAR 4.6⁴¹⁾

BLOK DIAGRAM METODE FDM

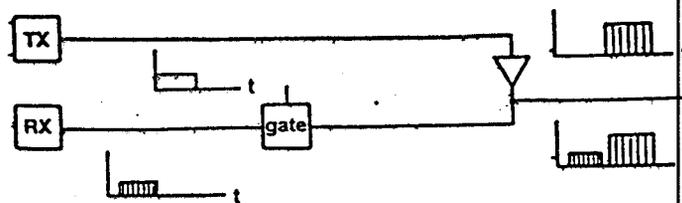
burst. Dari satu arah hanya tersedia $1/2$ dari waktu untuk transmisi.

Transfer dari sinyal dengan suatu kecepatan transmisi yang diinginkan dapat dilakukan dengan penyimpanan data dan kecepatan simbol yang tinggi. Juga harus diperhitungkan waktu rambat (waktu propagasi) r_f sepanjang saluran kabel (kira-kira $5 \mu/km$) dan r_r untuk memindahkan hubungan dari kirim menjadi terima. Teknik

41)

Caecilia H. Tan (terjemahan), ASPEK-ASPEK TRANSMISI DIGITAL, Jkt, 1985, Hal 236



GAMBAR 4.7⁴²⁾

TEKNIK TRANSMISI FULL DUPLEX DENGAN METODE TCM

TCM ditunjukkan pada gambar 4.7, sedangkan blok diagramnya pada gambar 4.8.

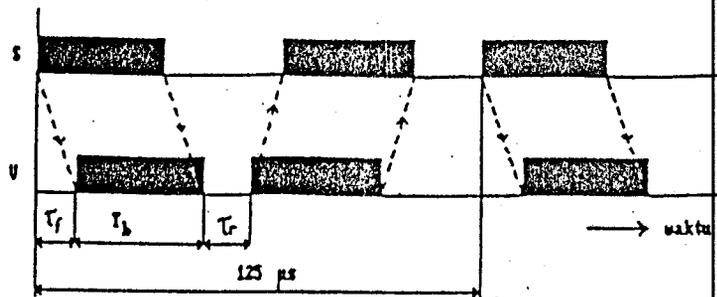
Jika kecepatan transmisi yang masuk adalah S_{mas} maka untuk transmisi N bit per deretan bit tersedia N/S_{mas} . Jika waktu propagasi r_f dan kecepatan saluran adalah S_1 , yang menyebabkan sederetan bit dikirim dalam alur waktu $T_b = N/S_1$, maka berlaku :

$$N/S_{mas} = 2(r_f + N/S_1 + r_r) \quad (4-1)$$

Dengan $N = 10$ bit per deretan bit, $r_f = 25 \mu s$ (5 km), $S_{mas} = 80$ kbps dan $r_r = 5 \mu s$ didapat $S_1 = 300$ kbps. Dari sini terlihat bahwa kecepatan saluran harus lebih besar dari kecepatan transmisi yang masuk (dalam keadaan sempurna, $r_f = r_r = 0$, $S_1 = 2 S_{mas}$). Hal ini merupakan kelemahan dari TCM, karena pada basic rate ISDN dengan laju bit 192 kbps

42)

Griffiths M. John, op cit, Hal 48

GAMBAR 4.8⁴³⁾

BLOK DIAGRAM METODE TCM

maka kecepatan transmisinya harus 384 kbps yang sulit dilewatkan pada twisted cable, sehingga sistem ini kurang cocok untuk diterapkan pada ISDN.

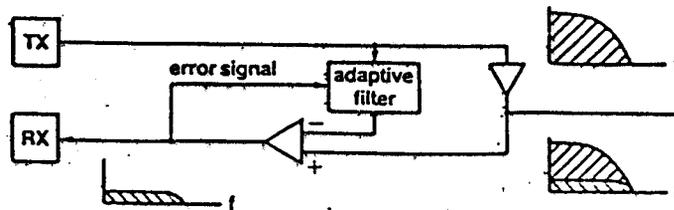
IV.4.3 ECHO CANCELLATION (EC)

Sinyal pantul pada jaringan lokal dapat terjadi karena ketidaksempurnaan rangkaian hybrid atau pemakaian diameter kabel yang berbeda. Pada jarak yang jauh, sinyal ini menimbulkan pulsa-pulsa baru dengan fase yang berbeda dengan sinyal aslinya. Hal ini dapat dihindarkan dengan menggunakan rangkaian *Echo Canceller*.

Pada teknik EC transmisi data digital dilakukan pada dua arah secara bersamaan. Pada saluran kabel,

43)

Caecilia H. Tan, op cit, Hal 237

GAMBAR 4.9⁴⁴⁾

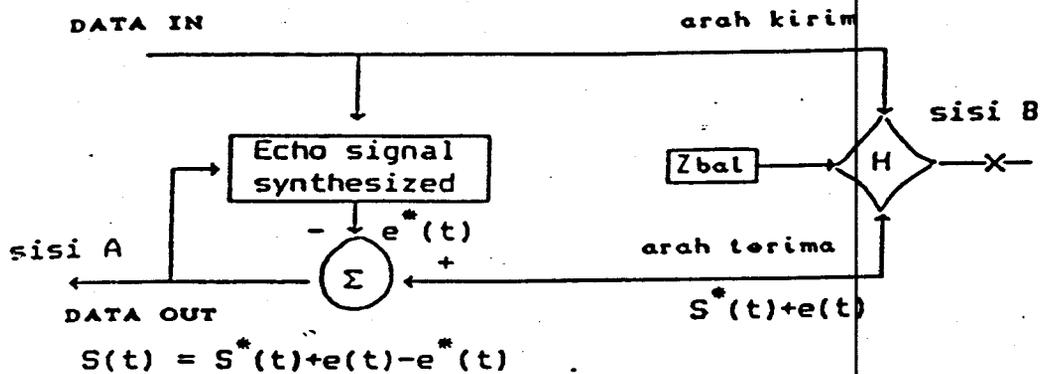
TEKNIK TRANSMISI FULL DUPLEX DENGAN METODE EC

level-level noise biasanya rendah kecuali bila ada noise impuls. crosstalk ujung dekat yang biasanya membatasi kerusakan pada sistem transmisi kabel, biasanya lebih dari 60 dB di bawah level sinyal yang dikirimkan. Hal ini merupakan keadaan relatif yang diijinkan pada jangkauan transmisi untuk DSL dengan orde 45 dB.

Pada teknik ini bagian pemancar dan penerima dihubungkan ke saluran transmisi melalui rangkaian hybrid yang akan menyalurkan kedua saluran secara bersama-sama. Echo timbul karena pantulan sinyal yang ditransmisikan dari pelanggan (*near-end echo*) maupun dari terminal lawan (*far-end echo*). Sinyal echo yang dibangkitkan oleh echo signal synthesizer berdasarkan data yang ditransmisikan dan dikurangkan pada sinyal data yang diterima sehingga

44)

Griffiths M. John, op cit, Hal 48

GAMBAR 4.10⁴⁵⁾

BLOK DIAGRAM METODE EC

didapatkan data yang diinginkan. Maka sinyal yang diterima di sisi A (gambar 4.10) menjadi :⁴⁶⁾

$$S(t) = S^*(t) + e(t) - e^*(t) \quad (4-2)$$

di mana :

$S^*(t)$: sinyal yang diperlukan

$e(t)$: sinyal pantul

$e^*(t)$: sinyal simulasi $e(t)$ yang dihasilkan dari echo signal synthesizer

Teknik transmisi full duplex dengan metode EC ditunjukkan pada gambar 4.9.

⁴⁵⁾ Caecilia H. Tan, op cit, Hal 238

⁴⁶⁾ loc cit

IV. 4. 4 PERBANDINGAN ANTARA METODE FDM, TCM DAN EC

Setelah ketiga metode untuk merealisasikan transmisi full duplex dijelaskan, maka ketiga metode tersebut dapat dibandingkan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4-1.

Selanjutnya, berdasarkan tabel perbandingan di atas, maka dalam desain transceiver U-interface ini pilihan metode transmisi didasarkan pada metode EC. Metode EC juga disebut dengan teknik penambahan hybrid, yang mana melibatkan bentuk tambahan tiruan dari kedatangan sinyal echo pada receiver dari transmitter lokal dan menguranginya dari sinyal input pada receiver. Akan tetapi teknik EC memerlukan

TABEL 4-1

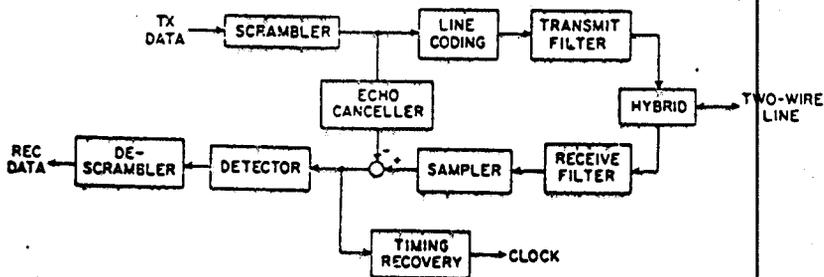
PERBANDINGAN ANTARA METODE FDM, TCM DAN EC

Metode transmisi	Kekompleksan peralatan	Jangkauan transmisi	Bandwidth frekuensi
FDM	sederhana	pendek	lebar
TCM	agak rumit	pendek	lebar
EC	rumit	panjang	sempit

implementasi hardware yang kompleks. Meskipun demikian dengan teknik VLSI yang modern metode EC dapat diimplementasikan dengan harga yang dapat dijangkau, sehingga sekarang diakui bahwa EC merupakan penyelesaian terbaik untuk merealisasikan transmisi full duplex pada loop pelanggan dalam jangka waktu yang panjang⁴⁷⁾.

IV.5 PENGGUNAAN METODE EC UNTUK REALISASI TRANSMISI FULL DUPLEX

Blok diagram dari suatu transceiver EC ditunjukkan pada gambar 4.11. Data yang ditransmisikan disusun untuk memastikan bahwa timing energi sudah cukup dan untuk memastikan bahwa sinyal-sinyal data di dalam dua arah



GAMBAR 4.11⁴⁸⁾

BLOK DIAGRAM TRANSCEIVER EC PADA SALAH SATU UJUNG

47) Griffiths M. John, op.cit. Hal 49

48) Messershmitt G. David, op.cit. Hal 1285

transmisi tidak berkorelasi. Pengkodean saluran (*line coding*) menentukan pola di mana bit-bit data yang disusun ditempatkan ke dalam simbol-simbol data yang akan ditransmisikan. Jika *line coding* linier, bit-bit data pada input ke pengkode saluran dapat diumpangkan langsung ke EC dan sinyal input biner menyederhanakan EC karena tidak ada multiplikasi yang dibutuhkan. Filter pemancar meminimisasikan energi frekuensi tinggi untuk mengurangi RFI (*Radio Frequency Interference*) dan *crosstalk*. Pada arah terima, filter penerima mencegah aliasing di dalam sampling berikutnya. Tiruan echo dikurangkan pada titik ini dan sinyal yang dihasilkan bebas dari interferensi dari pemancar ujung dekat. Detektor, yang memasukkan ekualisasi mengkompensasi redaman pada frekuensi tinggi dan efek *bridge tap*, mengembalikan simbol-simbol data, dan *circuit timing recovery* mengembalikan fase yang sebenarnya dari sampling penerima di dalam hubungan simbol-simbol data yang diterima.

IV.6 PENGKODEAN SALURAN

Kode saluran menspesifikasikan pemetaan antara aliran data yang dikirimkan dan pulsa-pulsa aktual yang dikirimkan ke saluran. Kode saluran merupakan suatu

pilihan kritis di dalam desain sistem, karenanya dapat mempengaruhi kinerja dan kompleksitas implementasi. Peranan kode saluran di dalam sistem transmisi adalah sebagai berikut :

1. *Probability of error* (P_e) untuk level noise dan interferensi tertentu dipengaruhi oleh spacing level-level sinyal yang diterima, daya yang ditransmisikan rata-rata yang dibatasi oleh pertimbangan-pertimbangan crosstalk, dan juga oleh kode saluran yang menentukan jumlah dari level-level sinyal yang diterima.
2. Untuk suatu laju bit tertentu, kode saluran dapat mencapai baud rate yang lebih kecil di atas level-level yang ditransmisikan maupun diterima. Baud rate berhubungan langsung dengan kecepatan hardware dan mempengaruhi level interferensi crosstalk dan RFI.
3. Bentuk pulsa yang didefinisikan oleh kode saluran mempengaruhi spektrum daya dari sinyal yang ditransmisikan dan crosstalk ke sistem yang lain, RFI dan equalisasi yang dibutuhkan. Kode saluran dapat juga menyebabkan korelasi ke simbol-simbol data yang ditransmisikan, karena itu mempengaruhi spektrum daya yang ditransmisikan, crosstalk dan RFI.
4. Kode saluran mempengaruhi aspek-aspek implementasi

seperti kekompleksan equalisasi, pendeteksian, EC dan penyambungan timing recovery.

5. Kode saluran dapat dipilih untuk mencapai tujuan-tujuan spesifik.

Pada bab III telah dijelaskan secara panjang lebar beberapa pilihan yang populer untuk kode-kode saluran pada transceiver U-interface. Kode saluran yang paling sederhana mengirimkan satu dari dua bentuk pulsa untuk bit 0 dan 1, di mana biasanya satu pulsa adalah negatif dari yang lainnya (disebut sebagai binary antipodal signalling). Jika sinyal tidak mempunyai muatan DC untuk semua urutan data yang mungkin yang akan dikirimkan, pulsa basic pasti mempunyai daerah zero (nol).

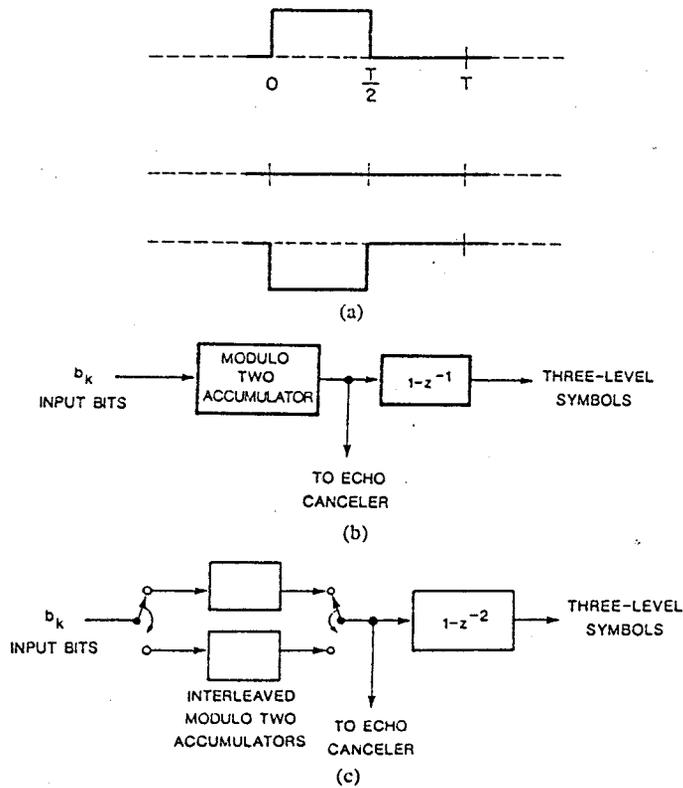
Kode AMI adalah kode yang sering digunakan di dalam keadaan minimisasi crosstalk, tetapi kode ini membutuhkan equalisasi adaptif untuk menyamakan variasi-variasi di dalam range. Kode ini mengirimkan sinyal 3 level, di mana 3 pulsa yang dikirimkan ditunjukkan oleh gambar 4.12(a). Pulsa-pulsa mempunyai kandungan DC, tetapi sinyal data yang ditransmisikan dapat dipaksa untuk tidak mempunyai kandungan DC rata-rata dengan menggunakan redundancy yang mungkin di dalam pemetaan 1 bit tunggal ke dalam 3 level tersebut. Bit-bit 0 ditransmisikan sebagai pulsa-pulsa 0 dan bit-bit 1 ditransmisikan sebagai pilihan pulsa-pulsa

positif dan negatif. Karena setiap pulsa yang bukan nol diseimbangkan oleh pulsa berikutnya dengan polaritas yang berlawanan, maka jaringan tanpa kandungan DC dapat dihasilkan.

Kode AMI ekuivalen dengan bentuk respon parsial yang diberi nama *decode partial response* yang diilustrasikan pada gambar 4.12(b). Di dalam bentuk ini, encoder AMI diimplementasikan sebagai akumulator dan modulo (*toggle flip-flop*) bersama dengan operator first-difference ($1-z^{-1}$). Realisasi ini hampir selalu digunakan di dalam praktek karena input EC dapat dihubungkan ke sinyal binary pada output akumulator, dan EC memperhatikan distorsi linier yang disebabkan oleh operator first-difference. Yang lebih penting, operator first difference mengurangi jumlah tap-tap EC yang dibutuhkan, karena peniadaan dari bagian akhir tanggapan echo.

Duobinary yang dimodifikasi pada gambar 4.12(c) adalah suatu pengembangan sederhana dari *decode partial response*, di mana first-difference digantikan oleh $(1-z^{-2})$ dan akumulator 2-modulo digantikan oleh 2 akumulator, yang masing-masing bekerja pada aliran bit setengah rate yang kemudian disisipkan. Hal ini mempunyai keuntungan dari penempatan nol di dalam spektrum pada setengah baud rate, karenanya dapat mengurangi RFI dan crosstalk. AMI dan

kode-kode duobinary yang dimodifikasi menyebabkan tidak efisiennya penggunaan peralatan sinyal, karena



GAMBAR 4.12⁴⁹⁾

KODE SALURAN AMI

(a) 3 KEMUNGKINAN PULSA-PULSA YANG DIKIRIMKAN UNTUK 1 BAUD INTERVAL

(b) REALISASI AMI SEBAGAI DICODE PARTIAL RESPONSE

(c) MODIFIKASI AMI SEBAGAI DUOBINARY PARTIAL RESPONSE

49)

Messerschmitt G. David, op cit, Hal 1286

hanya keluar 1 bit dari $\log_2(3) = 1,58$ bit yang mungkin pada setiap interval baud yang digunakan. Dengan menggunakan sinyal 3 level secara lebih efisien, untuk bit rate tertentu, baud rate dapat dikurangi.

Hal ini didapatkan dalam kode saluran $4B/3T$, di mana 4 bit (16 alternatif) dipetakan ke dalam 3 digit yang dikirimkan secara ternary (27 alternatif). Pemetaan ini dibentuk dalam keadaan di mana tidak ada DC, meskipun ini membutuhkan skema yang lebih rumit dari jumlahan-jumlahan digital yang beroperasi. Jumlah yang dihasilkan dari bit-bit yang ditransmisikan per baud adalah 1,33 mendekati 1,58 untuk sinyal 3 level dan baud rate dikurangi 25 % dibandingkan terhadap AMI (120 baud/s dari 160 baud/s). Pengurangan baud rate di dalam kode $4B/3T$ diinginkan untuk crosstalk dan RFI.

IV.7 ECHO CANCELLATION TIDAK LINIER

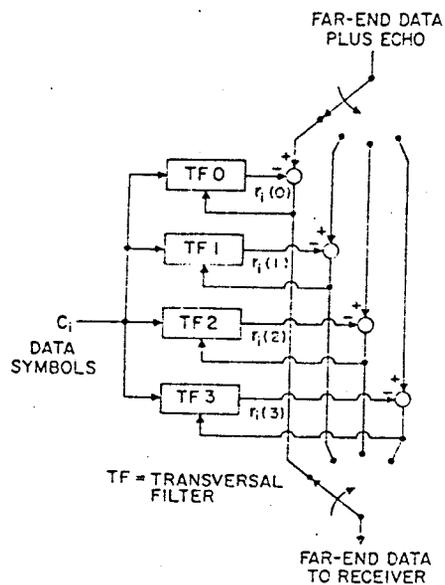
Efek-efek yang dapat mempengaruhi sasaran unjuk kerja EC di antaranya adalah ketidaklinieran konverter-konverter data, ketidaksimetrian pulsa-pulsa yang dikirim dan timing jitter. Beberapa hal pokok yang perlu dipertimbangkan untuk mendesain sebuah transceiver adalah sebagai berikut :

1. Memperkecil kebutuhan akurasi EC dengan menggunakan terminasi selektif untuk hybrid.
2. Perencanaan konverter-konverter data dan line driver dengan linieritas yang cukup untuk mendapatkan EC yang linier.
3. Pengimplementasian EC yang dapat mentoleransi distorsi tidak linier di dalam konverter-konverter data, line driver dan bagian lain dari transceiver.
4. Pembangunan EC yang bertoleransi dengan timing jitter.

Di dalam sub bab ini kita akan membicarakan teknik-teknik untuk merealisasikan EC yang tidak terpengaruh oleh distorsi tidak linier pada pemancar atau konverter data. EC di dalam bentuk yang paling sederhana direalisasikan sebagai filter transversal. Jika EC direalisasikan secara digital, outputnya dapat dikonversikan ke analog dengan menggunakan D/A konverter, atau output hybrid dapat dikonversikan ke digital dengan menggunakan A/D konverter. Di dalam kondisi lain, presisi konverter data yang dibutuhkan A/D atau D/A konverter adalah sekitar 12 bit untuk sasaran akurasi penghilangan 60 dB. Panjang word yang besar juga dibutuhkan untuk adaptasi koefisien-koefisien tap (yang lebih besar dari 20 digit), yang disebabkan oleh konstanta waktu adaptasi

yang panjang yang dibutuhkan untuk menjaga agar fluktuasi asimtotik cukup kecil untuk memenuhi sasaran akurasi.

Untuk tujuan-tujuan timing recovery, laju sampling harus dibuat paling tidak dua kali laju baud agar tidak terjadi aliasing. Kebutuhan ini mengharuskan EC mempunyai laju sampling pada outputnya yang merupakan perkalian dari laju sampling input. Hal ini dapat dilakukan dengan menyisipkan EC, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.13 untuk kondisi laju sampling output 4 kali laju



GAMBAR 4.13⁵⁰⁾

PENYISIPAN EC UNTUK MENDAPATKAN LAJU SAMPLING OUTPUT
4 KALI LAJU SAMPLING INPUT

50)

Ibid, Hal 1287

sampling input. Setiap 4 EC mempunyai 1 laju sampling output dan input yang sama dengan laju baud. Kekompleksan EC sebanding dengan dengan laju sampling pada outputnya.

Berikut terdapat 3 tipe EC non linier, yaitu teknik *paired memory EC*, *memory compensation EC* dan *Volterra EC*.

IV.7.1 PAIRED MEMORY EC

Bentuk paling sederhana dari pembangkitan echo tidak linier secara umum dikarenakan ketidaklinieran di dalam pemancar yang menyebabkan error di antara level-level pengiriman. Sebagai contoh, untuk kondisi binary sukar untuk menghasilkan pulsa-pulsa positif dan negatif yang identik (dengan akurasi 60 dB) kecuali untuk sign (polaritas). *Transmitted pulse asymmetry* ini tidak dapat dikompensasi dengan EC linier. Dalam hal ini dipertimbangkan keadaan sederhana dari signalling binary antipodal pulsa simetri yang sesuai dengan $g(t)$ atau $-h(t)$. Pulsa yang ditransmisikan untuk bit yang ditransmisikan ke-k dapat dituliskan dalam bentuk :

$$p_k(t) = 1/2 (1 + B_k) g(t) + 1/2 (1 - B_k) h(t) \quad (4-3)$$

$$= b_k g(t) + \bar{b}_k h(t) \quad (4-4)$$

di mana b_k adalah bit yang ditransmisikan ke-k,

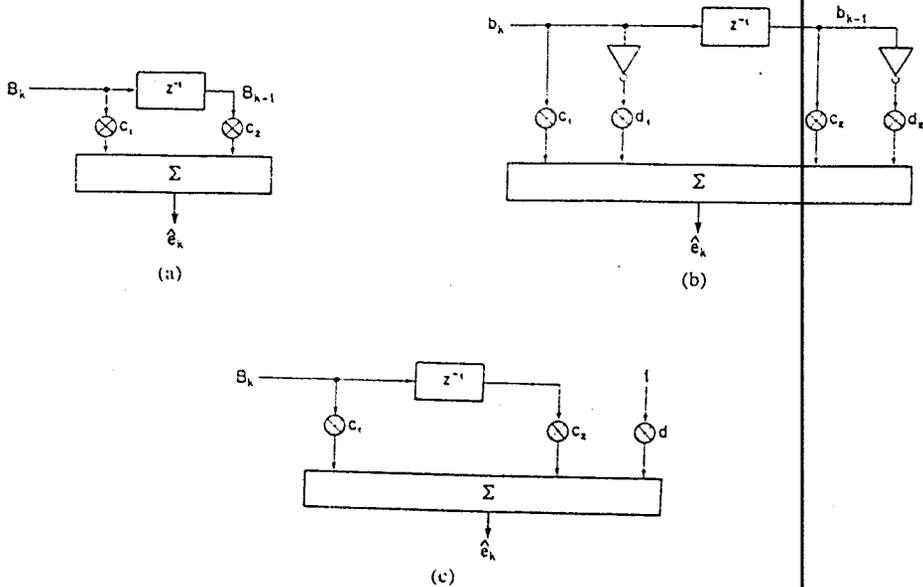
diasumsikan mempunyai harga 1 dan 0 dan B_k adalah simbol data yang ditransmisikan, diasumsikan mempunyai harga +1 dan -1. Keadaan pulsa simetri mengakibatkan pulsa yang ditransmisikan menjadi :

$$p_k = B_k g(t) \quad (4-5)$$

Dua koefisien EC linier untuk keadaan ini ditunjukkan pada gambar 4.14(a), di mana tiruan echo e_k adalah kombinasi linier dari B_k dan B_{k-1} . Bila pulsa yang ditransmisikan asimetris, maka representasi dari persamaan di atas dapat digunakan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.14(b). Pada konfigurasi ini terdapat 4 koefisien tap yang lebih baik dibandingkan dengan 2, karena pulsa positif dan negatif yang ditransmisikan ditentukan oleh koefisien tap yang berbeda. Tetapi penambahan jumlahnya adalah 1, sama seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.14(a), karena bit yang ditransmisikan, b_k , akan memilih salah satu dari 2 koefisien yang sesuai pada setiap delay.

Struktur gambar 4.14(b) dapat diubah ke dalam pola yang sama seperti gambar 4.14(a), dengan jalan setiap koefisien ditambahkan dengan jumlah yang proporsional untuk menghasilkan input pengali koefisien dan penghilangan error. Pada gambar 4.14(b) satu pengali koefisien tap pada tiap delay mempunyai input nol, pada kenyataannya hanya satu koefisien pada tiap delay yang

diperbaharui dengan algoritma adaptasi. Struktur ini akan mengubah secara otomatis ke dua polaritas pulsa yang ditransmisikan.



GAMBAR 4.14⁵¹⁾

STRUKTUR-STRUKTUR EC

(a) EC LINIER

(a) BENTUK EC NONLINIER YANG DIKOMPENSASI UNTUK PULSA ASIMETRI DENGAN PENYIMPANAN DAN PENYESUAIAN 2 SET KOEFISIEN

(c) EC NONLINIER YANG DIKOMPENSASI UNTUK MENGIRIMKAN PULSA ASIMETRI DENGAN PENAMBAHAN KOEFISIEN TAP DC

⁵¹⁾

Ibid, Hal 1288

Alternatif lain dari gambar 4.14(a) ditunjukkan pada gambar 4.14(c) dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$p_k(t) = 1/2 (g(t) + h(t)) + 1/2 B_k (g(t) - h(t)) \quad (4-6)$$

Bagian pertama dari persamaan di atas sesuai dengan pulsa offset DC yang ditransmisikan untuk setiap simbol data. Offset ini dapat dikompensasikan dengan menambahkan koefisien tap tunggal ke filter. Untuk jumlah delay yang besar bentuk filter ini jelas lebih unggul, karena hanya memerlukan memori untuk 1 koefisien tambahan.

IV.7.2 MEMORY COMPENSATION EC

Sumber lain dari ketidaklinieran adalah konverter-konverter data, line driver dan transformer. Untuk mengimplementasikan EC yang dapat mengkompensasi ketidaklinieran secara umum, kita menganggap hasil-hasil dari jalur echo dengan memori yang terbatas di dalam echo berbentuk :

$$e_k = f(b_k, b_{k-1}, \dots, b_{k-M}) \quad (4-7)$$

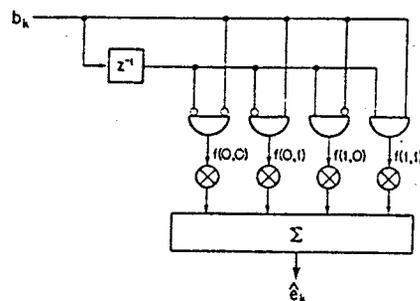
di mana $f(\cdot)$ adalah fungsi non linier bebas dan b_k adalah

bit yang ditransmisikan ke-k. Asumsi yang dibuat untuk persamaan di atas adalah aliran dari M terakhir simbol data yang dikirimkan berkontribusi laju sampel echo di jalan yang sama pada setiap waktu sampel.

Dengan mengambil keadaan sederhana, $M = 1$, dapat dikembangkan bentuk sebagai berikut :

$$e_k = \bar{b}_k \bar{b}_{k-1} f(0,0) + \bar{b}_k b_{k-1} f(0,1) + b_k \bar{b}_{k-1} f(1,0) + b_k b_{k-1} f(1,1) \quad (4-8)$$

Hasil dari suatu EC ditunjukkan pada gambar 4.15. EC ini disebut juga sebagai *Memory Compensation EC* yang menyimpan harga dari tiruan echo untuk setiap kemungkinan dari urutan data yang dikirimkan (tentunya dengan memori yang terbatas). Bila gambar 4.15 menekankan kesamaan dari struktur ini dengan filter transversal, pada kenyataannya hanya satu koefisien tap yang digunakan pada setiap



GAMBAR 4.15⁵²⁾

MEMORY COMPENSATION EC

52)

loc cit

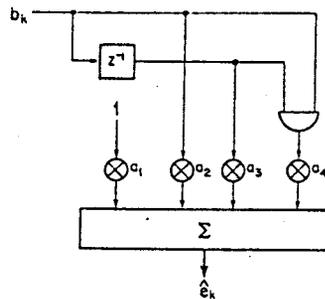
interval baud. Oleh karena itu, pada umumnya, tiruan-tiruan echo disimpan di dalam RAM dan (b_k, b_{k-1}) dapat digunakan sebagai alamat untuk RAM ini untuk memilih koefisien yang sesuai. Harga koefisien yang digunakan secara aktual disesuaikan di dalam setiap interval baud. Struktur ini menghasilkan keadaan M umum, yang membutuhkan koefisien total 2^{M+1} .

IV.7.3 VOLTERRA EC

Pengembangan lain dari persamaan di atas adalah seperti persamaan berikut ini :

$$e_k = a_1 + a_2 b_k + a_3 b_{k-1} + a_4 b_k b_{k-1} \tag{4-9}$$

Bentuk ini sesuai dengan struktur gambar 4.16. Pendekatan ini membuat tiruan echo non linier mendekati suatu ekspansi Volterra, yang dapat dipandang sebagai tambahan



GAMBAR 4.16⁵³

VOLTERRA EC

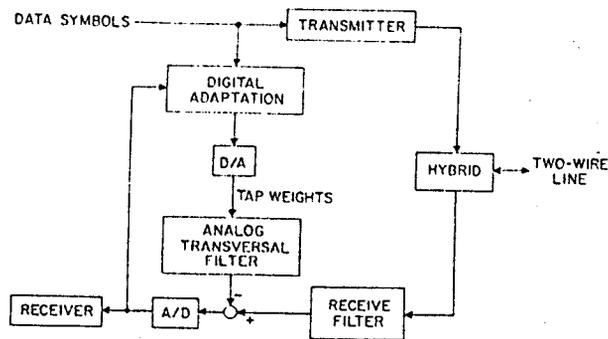
53,
loc cit

penjumlahan tap-tap non linier ke EC filter transversal linier, dalam hal ini tap DC dan tap dengan input b_k, b_{k-1} . Pendekatan tersebut menuju kepada M secara umum dan membutuhkan 2^{M+1} koefisien-koefisien tap. Bila kekompleksan dari memory compensation EC adalah 2^{M+1} , dengan mengabaikan ketidaklinieran yang terlalu besar yang ditiadakan, pendekatan Volterra dapat disederhanakan dengan menghilangkan koefisien-koefisien yang kecil, bila respon echo aktual mendekati linier.

IV.7.4 USAHA-USAHA UNTUK MENGHINDARI ECHO CANCELLATION TIDAK LINIER

Ada beberapa cara untuk mengurangi kebutuhan echo tidak linier melalui desain yang teliti pada bagian-bagian lain pada transceiver.

Sebagai contoh, pengaruh dari ketidaklinieran converter-converter data dapat dikurangi jika converter D/A digunakan untuk mengubah koefisien tap ke analog dan persambungan kapasitor yang tersambung secara analog digunakan untuk mengimplementasikan filter transversal sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.17. Pengaruh ketidaklinieran di dalam perubahan harga-harga tap digital ke analog dapat dikompensasi dengan adaptasi, dan

GAMBAR 4.17⁵⁴⁾

IMPLEMENTASI EC YANG MENGABAIKAN KETIDAKLINIERAN

D/A CONVERTER

tap-tap nonlinier tambahan dapat ditambahkan untuk mengkompensasi ketidaklinieran eksternal. Usaha-usaha ini menunjukkan bahwa sangat dimungkinkan untuk mengimplementasikan EC secara keseluruhan, karena semua converter-converter data dapat dieliminasi bersama dengan ketidaklinierannya.

IV.8 EKUALISASI

Ekualisasi diperlukan untuk mengkompensasi redaman kabel maupun efek bridge tap di dalam desain suatu transceiver U-interface.

⁵⁴⁾

Ibid, Hal 1289

IV.8.1 MACAM-MACAM EQUALIZER

Ada dua macam bentuk equalizer sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.18, yaitu :

1. Equalizer Linier

Ekualisasi linier dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan pengekualisasian pada seluruh bandwidth sinyal saluran atau sesudah sampling pada spektrum sinyal tersampel. Bentuk ini dapat diselesaikan dengan filter analog waktu kontinyu yang dapat diatur atau dengan penyesuaian Fractional-tap (FTD) equalizer waktu diskrit yang bentuk gelombangnya disampel minimum dua kali frekuensi tertinggi dari sinyal saluran, kemudian oleh equalizer penyesuai T-spaced bentuk gelombang disampel pada kecepatan simbol. Dengan penggunaan algoritma adaptasi yang sesuai FT equalizer juga dapat menjadi filter yang optimal bagi adanya noise pada sinyal yang diterima. Akan tetapi equalizer T-spaced lebih mudah untuk diimplementasikan dan menyediakan fase sampling yang bagus untuk digunakan, sehingga memberikan unjuk kerja yang bagus. Kedua bentuk equalisasi linier ini menyebabkan gain berlawanan dengan rugi-rugi kabel yang tergantung dari frekuensi, dan karenanya dapat menyebabkan penambahan noise. Kerugian lebih lanjut

yaitu adanya pengolahan yang banyak/berulang-ulang yang dibutuhkan di dalam equalizer.

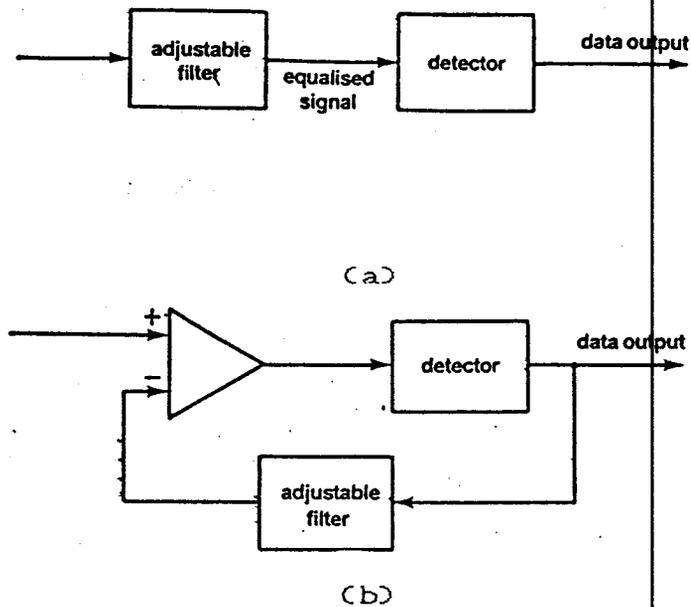
2. Decision Feedback Equalizer (DFE)

Keuntungan yang dipunyai DFE adalah tidak adanya penambahan noise sebab noise tidak dapat masuk ke dalam filter. Lagipula, karena filter digerakkan oleh data yang terdeteksi, maka jika filter transversal digunakan, perkalian (*multiplication*) hanya melibatkan masing-masing harga yang terkuantisasi secara kasar dan satu harga yang direpresentasikan secara akurat. Akan tetapi, karena data yang dideteksi diumpanbalik, maka jika suatu kesalahan terjadi, akibatnya akan lebih besar daripada penghilangan ISI yang dapat menyebabkan kesalahan yang berkelanjutan.

IV.8.2 DESAIN EKUALISASI

Desain ekualisasi harus memperhitungkan dua faktor penting, yaitu panjang kabel yang tidak diketahui dan adanya bridge tap. Pemilihan desain dasar yang harus dibuat di dalam desain equalizer adalah sebagai berikut :

1. Penempatan equalizer, sebelum atau sesudah EC.
2. Realisasi equalizer, direalisasikan secara digital

GAMBAR 4.18⁵⁵⁾

MACAM-MACAM EQUALIZER

(a) EKUALISASI LINIER

(b) DECISION FEEDBACK EQUALISASION (DFE)

atau beberapa bagian direalisasikan menggunakan filter-filter kapasitor yang tersambung.

3. Besarnya derajat adaptasi yang dibutuhkan di dalam equalizer.
4. Perhitungan equalizer terhadap adanya bridge tap.

Dengan adanya bridge tap, hanya terdapat satu parameter yang harus disesuaikan, yaitu panjang kabel.

⁵⁵⁾

Adams Peter, op cit, Hal 45

Dalam kenyataannya, kabel bisa terdiri lebih dari 1 gauge dan dalam beberapa hal gauge tidak diketahui oleh transceiver. Tetapi jika rugi kabel diketahui pada suatu frekuensi, maka rugi keseluruhan terhadap frekuensi dapat diprediksikan dengan akurasi yang memadai untuk membentuk ekualisasi. Karenanya, equalizer adaptif dapat dinyatakan dengan parameter tunggal, yaitu rugi kabel pada frekuensi tertentu, dan parameter ini secara otomatis dapat diatur. Equalizer ini sering disebut dengan equalizer \sqrt{f} karena rugi kabel dalam dB pada frekuensi tinggi sebanding dengan akar kuadrat dari frekuensi yang tidak tergantung dari gauge maupun campuran (mix) gauge.

Metode yang umum digunakan untuk mengatur rugi kabel secara tidak langsung adalah memonitor puncak sinyal data yang diterima pada output equalizer dan mengatur puncak itu pada level yang direncanakan. Untuk kode AMI, sebagai contoh, puncak sinyal ini berhubungan langsung dengan loss kabel pada $1/2$ laju baud, karenanya strategi ini sama dengan pengesetan gain equalizer untuk disesuaikan pada $1/2$ laju baud. Equalizer kapasitor yang terhubung membutuhkan laju sampling yang lebih tinggi (4 kali laju baud atau lebih) dibandingkan dengan realisasi di dalam EC secara umum, dan karenanya ditempatkan di depan EC. Beberapa gain di dalam equalizer pada

frekuensi-frekuensi tinggi juga menyederhanakan sinyal echo pada frekuensi-frekuensi itu meskipun efeknya diminimisasikan dengan kenyataan bahwa hybrid balance biasanya paling akurat pada frekuensi-frekuensi tinggi. Di lain pihak, equalizer di jalur echo sebelum EC dapat digunakan jika mengandung karakteristik high pass filter (HPF), karena ini akan meminimisasikan pengaruh dari *poor hybrid balance* pada frekuensi rendah, dan yang utama, akan mengurangi jumlah koefisien-koefisien tap EC yang dibutuhkan.

Di dalam satu desain, EC dibagi ke dalam dua bagian. Bagian yang pertama bekerja pada laju sampling 8 kali laju baud, dan diikuti dengan equalizer kapasitor yang tersambung dengan kebutuhan-kebutuhan range dinamik yang dikurangi. Bagian kedua, yang mengikuti equalizer, bekerja pada laju baud dan menghilangkan sisa-sisa echo yang ada (dari EC yang pertama).

Untuk implementasi digital lebih lanjut, equalizer filter transversal adaptif konvensional dapat digunakan. Filter transversal ini dapat beroperasi pada laju sampling yang sama dengan laju baud, di mana penambahan noise equalizer agak sensitif terhadap fase sampling. Dengan alternatif equalizer FT, di mana laju sampling 2 kali laju baud, sensitivitas terhadap fase laju sampling dapat

dikurangi. Equalizer filter transversal dapat ditempatkan sebelum atau sesudah EC, karena kebutuhan laju sampling adalah rendah.

Dengan semakin banyaknya bridge tap, ISI semakin bertambah. Hal ini mudah dikompensasi secara adaptif dengan menggunakan DFE yang menggunakan keputusan-keputusan (*decisions*) sebelumnya untuk menghasilkan tiruan interferensi dari simbol-simbol sebelumnya. Seperti EC, DFE tidak membutuhkan perkalian karena input filter transversal terdiri dari simbol-simbol data, yang dalam kenyataannya DFE diimplementasikan menggunakan mesin pengolahan yang sama dengan EC.

Pada prinsipnya, equalizer filter transversal linier dapat mengkompensasi redaman kabel dan bridge tap. Di dalam teknologi praktis diinginkan untuk mengurangi jumlah multiplikasi yang dibutuhkan untuk fungsi ekualisasi, dan juga menghindari filter-filter *switched capacitor*. Karena itu, ekualisasi yang lebih umum digunakan adalah DFE.

IV.9 TIMING RECOVERY

Timing recovery merupakan fungsi kritis di dalam desain transceiver karena tiga pertimbangan penting

sebagai berikut :

1. Timing recovery seharusnya menggunakan representasi waktu diskrit dari sinyal data ujung jauh. Jika timing recovery dibentuk sesudah EC, maka representasi yang dapat digunakan dari sinyal data ujung jauh adalah waktu diskrit karena EC merupakan device waktu diskrit.
2. Jumlah EC yang disisipkan adalah sebanding dengan laju sampling. Karenanya, jika timing recovery dibentuk sesudah EC laju sampling seharusnya diminimisasi.
3. Sisa jitter sesudah timing recovery dapat mempengaruhi akurasi EC. Karenanya, jitter ini seharusnya diminimisasi atau EC seharusnya didesain untuk mengakomodasi jitter ini tanpa mengkompromi akurasi.

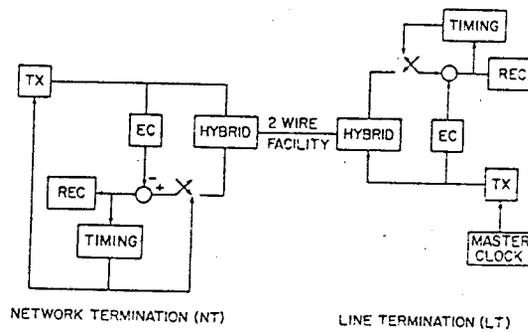
Bentuk timing recovery tergantung pada tipe-tipe ekualisasi yang digunakan. Jika ekualisasi analog digunakan, maka penerima menyampel secara optimal pada puncak tanggapan impuls yang dihasilkan. Untuk equalizer linier FT, beberapa fase sampling stabil akan memadai sebagai unjuk kerja yang tidak tergantung pada fase sampling. Untuk equalizer linier T-spaced, fase sampling optimum diberikan oleh skema timing recovery yang mencapai pembesaran komponen ujung pita (BECM atau *Band Edge Component Maximization*).

IV.9.1 LOOP TIMING

Pertama-tama kita akan memandang konfigurasi sistem secara keseluruhan pada gambar 4.19, yang mengilustrasikan sumber timing pada LT dan NT. Pada LT clock master switch mengatur aliran data pengiriman, dan pada penerima di NT clock ini diturunkan dengan sirkuit timing recovery dan digunakan untuk mengatur aliran data pengiriman NT. Loop timing ini memastikan bahwa pengembalian aliran data ke switch adalah sinkron dengan clock internal switch, meskipun fase kedatangan aliran data tidak dapat ditentukan.

Jadi pada NT frekuensi dan fase dari aliran data yang masuk harus dijejaki, sedang pada LT frekuensi diketahui secara akurat tetapi fase harus diperkirakan. Pada NT tidak terdapat jitter pada aliran data yang masuk yang perlu dijejaki. Di dalam LT mungkin ada pola data yang tergantung pada jitter yang disebabkan oleh kenyataan bahwa NT adalah *loop timed*, tetapi jitter ini begitu kecil sehingga tidak perlu untuk dijejaki. Karenanya, pada LT kemampuan menjejaki fase yang dibutuhkan hanya untuk mengkompensasikan variasi-variasi fase yang disebabkan perubahan temperatur.

Pada LT, karena frekuensi dari aliran data yang

GAMBAR 4.19⁵⁶⁾

SUMBER TIMING PADA TRANSCEIVER LT DAN NT
UNTUK NT LOOP TIMED

masuk disinkronkan dengan clock master, sampling yang diterima dapat diperoleh dari fase yang ada dari clock master. Karena tidak ada jitter fase yang memerlukan penjejukan, suatu fase konstan dari sampling penerimaan relatif terhadap clock master dapat digunakan. Ini menjamin bahwa tidak ada jitter fase relatif antara clock pengiriman dan penerimaan untuk menyesuaikan akurasi EC. Tetapi bila tidak ada clock master kecepatan tinggi pada LT, PLL dapat menurunkan clock yang menyebabkan jitter relatif.

56)

Messerschmitt G. David, op cit, Hal 1291

IV.9.2 TIMING RECOVERY PLL

Untuk implementasi timing recovery pada rangkaian terintegrasi monolitik, umumnya penurunan timing menggunakan PLL (*Phase Locked Loop*) lebih menguntungkan. Elemen dasar PLL adalah *variable controlled oscillator* (VCO) yang menghasilkan clock sampling dan fase sampling untuk aliran data yang diterima.

Sepasang detektor fase dimaksudkan untuk penurunan fase timing yang diterima di dalam waktu diskrit. Metode *baud rate timing recovery* mengurangi kekompleksan EC, tetapi dapat dilakukan untuk menghindari ketergantungan dari fase timing yang didapatkan pada konfigurasi kabel. Perhatian utama ditujukan pada pengaruh distorsi pulsa yang disebabkan bridge tap, yang dapat dikompensasi dengan menggunakan kode saluran yang didesain secara sesuai.

Metode lain yang lebih menarik adalah *mean square timing recovery*, di mana fase timing dipilih secara langsung untuk meminimisasikan error mean square (kuadrat rata-rata error) sesudah EC dan ekualisasi. Akar rata-rata error ini dapat diestimasi dengan merata-rata kuadrat waktu dari perbedaan input dan output pada slicer (pemotong). Harga ini dibutuhkan pada dua fase terpisah yang perbedaannya kecil, yang dapat dicapai tanpa

menaikkan laju sampling.

Modifikasi format frame dapat digunakan untuk menyederhanakan masalah timing recovery. Salah satu teknik yang digunakan adalah memasukkan *deterministic synchronization burst* di dalam frame yang dapat dipergunakan secara khusus untuk sinkronisasi timing.

Teknik lain yang digunakan adalah ECBM (*Echo Cancellation Burst Mode*), di mana pada bagian frame terdapat sinyal data yang diterima tetapi tidak ada echo dari pemancar ujung dekat. Jika timing recovery dibatasi oleh interval ini, timing recovery dapat dibentuk sebelum EC, dan karenanya, laju sampling untuk timing recovery dapat dipilih untuk kesederhanaan sirkuit tanpa mempengaruhi kompleksitas.

Ada beberapa pendekatan untuk membatasi pengaruh timing jitter pada akurasi EC. Salah satu penyelesaian adalah mendesain sirkuit timing recovery yang mempunyai bandwidth yang sangat sempit ke jitter, karena jitter dengan frekuensi rendah tidak akan mengakibatkan perubahan shift fase antara fase-fase timing pengiriman dan penerimaan di dalam memory EC. Ini membutuhkan desain PLL analog yang relatif cukup sulit. Sedangkan PLL digital akan menyebabkan lompatan-lompatan fase diskrit. Akan tetapi desain yang paling banyak digunakan adalah PLL

digital, dengan menghilangkan pengaruh dari lompatan-lompatan fase pada EC. Sebagai catatan, bahwa pengaruh dari lompatan-lompatan fase ini pada akurasi EC hanya bersifat sementara, karena hanya fase-fase pengiriman dan penerimaan dengan memory EC saja yang saling berkaitan.

IV.10 PEMELIHARAAN INTERFACE SALURAN PELANGGAN

Bagian-bagian pemeliharaan interface U diklasifikasikan dalam 2 bagian, yaitu sistem pengawasan pelanggan dan sistem test saluran pelanggan. Sistem pengawasan pelanggan memonitor fungsi-fungsi dan unjuk kerja pada masing-masing saluran pelanggan yang menawarkan pelayanan umum pada pelanggan, juga mengawasi saluran pelanggan dari adanya kesalahan. Sistem test saluran pelanggan mengukur parameter-parameter saluran pelanggan secara detail.

IV.10.1 SISTEM PENGAWASAN PELANGGAN

Pengawasan saluran pelanggan dapat diselenggarakan dengan memonitor bermacam-macam sinyal pada interface saluran pelanggan, sebagaimana dijelaskan di bawah ini :

1. Pengawasan 'out-of-sync' U-interface

Bagian ini mengawasi UP LINK dari peralatan pelanggan sampai sentral, juga mengawasi DOWN LINK untuk beberapa kesalahan 'out-of-sync' pada saluran pelanggan atau peralatan pelanggan.

2. Pengawasan unjuk kerja transmisi saluran digital U-interface

Bagian ini memonitor UP LINK untuk penurunan unjuk kerja transmisi yang disebabkan oleh adanya kesalahan-kesalahan pada saluran pelanggan atau peralatan pelanggan. Pemonitoran ini dapat mendeteksi kegagalan sementara, yang tidak mengantarkan U-interface pada keadaan 'out-of-sync'. DOWN LINK juga harus dimonitor pada peralatan pelanggan untuk penurunan unjuk kerja transmisi.

3. Pengawasan remote alarm U-interface

Bagian ini mengawasi DOWN LINK pada peralatan pelanggan tentang adanya kesalahan-kesalahan pada saluran pelanggan atau sentral dan melaporkan hasilnya pada sentral lewat UP LINK. Secara khusus, pengawasan 'out-of-sync' U-interface yang telah dijelaskan di atas, diselenggarakan pada peralatan pelanggan, dan hasil-hasilnya dimultiplexing pada UP LINK ke sentral. Dengan cara sebaliknya, sentral mengirimkan hasil-hasil dari pengawasan kesalahan 'out-of-sync' UP

LINK ke peralatan sentral lewat DOWN LINK.

4. Pengawasan remote S-interface

Bagian ini mengizinkan sentral mengawasi ketetapan sinkronisasi layer 1 S-interface di bawah U-interface. Jika layer 1 S-interface menjadi komunikasi yang tidak sempurna yang disebabkan oleh sebuah kesalahan, sentral akan diberitahu dari kesalahan informasi yang dimultiplexing pada UP LINK U-interface.

IV.10.2 SISTEM TEST SALURAN PELANGGAN

Sistem test saluran pelanggan menyediakan fungsi-fungsi sebagai berikut :

1. Pengukuran parameter analog saluran pelanggan untuk mendeteksi saluran pelanggan, antara lain : pemutusan hubungan, kesalahan ground dan interferensi daya komersial. Prosedur pengukuran ini meliputi :
 - a. Pemeliharaan perorangan yang dapat mengukur parameter-parameter saluran pelanggan yang tidak bekerja dari *Line Test Console* (LTC).
 - b. Saluran pelanggan diputuskan hubungan untuk sementara waktu (beberapa puluh ms) di saat pengetasan dilakukan oleh unit pengukuran parameter.
 - c. Sesudah saluran pelanggan diputuskan, maksimum

tegangan 48 volt dapat dipergunakan untuk saluran pelanggan, dan ini memulai pengukuran bagian test yang mana pemeliharaan perorangan terseleksi. Test ini dapat dilakukan setiap 10 menit sekali.

d. LTC menampakkan hasil-hasil pengukuran dari pemeliharaan perorangan untuk mengecek kondisi saluran pelanggan.

2. Pengukuran bit error rate untuk pengecekan kualitas transmisi digital saluran pelanggan. Prosedur pengukuran ini meliputi :

a. Pemeliharaan perorangan yang dapat mengukur bit error rate saluran pelanggan dari LTC.

b. Kanal B1 atau B2 pada saluran pelanggan dapat dihubungkan pada unit pengukuran bit error rate lewat jaringan. Kanal 2B + D pada saluran pelanggan dapat juga dihubungkan pada unit pengukuran bit error rate lewat jaringan. Ada 2 tipe pengukuran bit error rate, yaitu hanya loopback test kanal B1 atau kanal B2 dan loopback test kanal 2B + D.

c. Sirkuit saluran pelanggan digital (DSL_C = *Digital Subscriber Line Circuit*) mengirimkan perintah loopback B1 atau B2 pada NT. Unit pengukuran bit error rate menyisipkan pola-pola acak yang samar

yang meliputi pola-pola sinkronisasi ke dalam sinyal-sinyal kanal B1 atau B2. DSLC juga mengirimkan perintah loopback 2B + D pada NT untuk mengukur loopback test 2B + D. Sinyal-sinyal yang telah di 'loopback' dari NT dikembalikan pada unit pengukuran bit error rate, dan setelah pendeteksian pola sinkronisasi, sinyal-sinyal tersebut dibandingkan dengan sinyal-sinyal yang dikirim untuk pengukuran bit error rate.

- d. Jarak waktu pengukuran adalah dari 10 detik sampai 99,999 menit. Sebagai catatan, waktu pengukuran tergantung pada perintah yang masuk.
- e. LTC menampakkan hasil-hasil pengukuran pemeliharaan perorangan untuk mengecek kualitas transmisi digital saluran pelanggan.

IV.11 PEMANFAATAN TEKNOLOGI VLSI UNTUK SISTEM TRANSMISI PADA INTERFACE U

Kebutuhan sistem secara keseluruhan akan menghasilkan hardware yang besar jika persambungan konvensional (misalnya komponen-komponen diskrit, hybrid) digunakan. Karenanya, metode transmisi dan parameter-parameter sistem dipilih agar memungkinkan

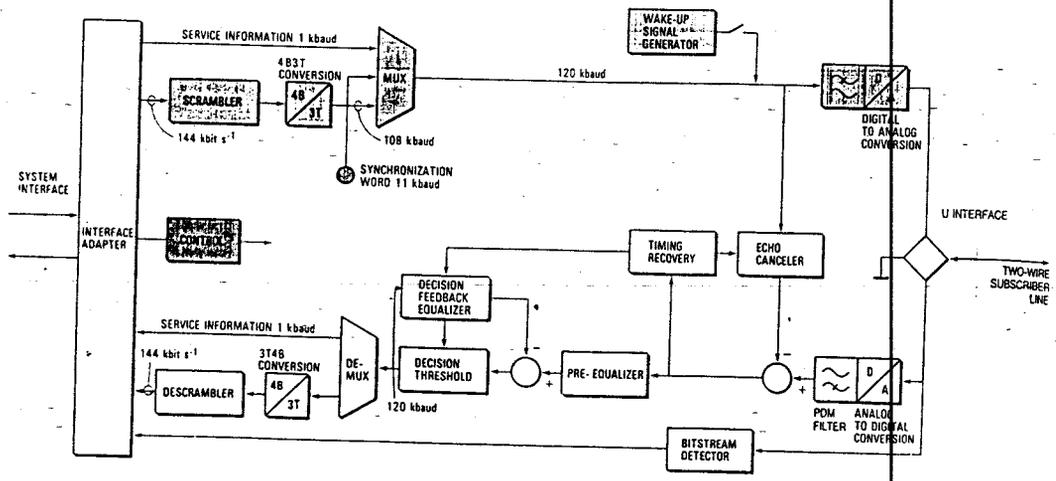
pemrosesan sinyal digital dilakukan. Untuk mendapatkan keuntungan penuh, maka teknologi VLSI yang modern diambil sebagai pilihan. Gambar 4.20 adalah blok diagram sirkuit VLSI yang dihubungkan terhadap fungsi-fungsi LT dan NT1.

Prosedur aktivasi diawali dengan pertukaran sinyal pembangkit 7,5 kHz dan sinyal *acknowledge* antara LT dan NT1. Sesudah mengenali sinyal-sinyal ini, controller memulai prosedur sinkronisasi. Interface eksternal kemudian menggerakkan suatu aliran bit, yang dikirimkan melalui *scrambler* dan *encoder* ke *multiplexer*. Informasi-informasi yang tidak *discrambler* (misalnya word sinkronisasi dan informasi pelayanan) ditambahkan. Informasi ternary kemudian ditransfer ke saluran melalui filter pemancar dan D/A converter. Sinkronisasi berjalan antara LT dan NT1. Sesudah sinyal-sinyal ini dikenali, saluran dikeluarkan untuk data user.

Sinyal yang diterima dari ujung jauh mempunyai sinyal *echo* yang tercampur pada sinyal di input penerima. Sinyal *echo* ini dapat lebih besar dibandingkan dengan sinyal dari ujung jauh. Jumlahan kedua sinyal ini pada input penerima di 'scan' oleh A/D converter. Besar kecepatan scanning adalah 15,36 MHz pada input dan 120 kHz sesudah di-*down sampling*. Sesudah pemfilteran pada input, informasi timing dikeluarkan dengan word synchronisation

Barker. Echo canceller menghilangkan sinyal echo yang tidak diinginkan.

Untuk memastikan *set-up* diterima sesuai dengan semua kondisi yang diinginkan, 3 loop adaptif yang penting, yaitu *clock recovery*, *equalization* dan *echo suppression* tidak tergantung satu sama lain untuk menghindari resiko interferensi gabungan. Equalizer (equalizer adaptif dan equalizer DFED) mempunyai konvergensi awal yang cukup. Sinyal kontrol untuk



GAMBAR 4.20⁵⁷⁾

BLOK DIAGRAM SIRKUIT VLSI DARI LT KE NT1

57)

Gasser L, Renz W. H., op cit, Hal 130

memperbaharui equalizer diturunkan dari sinyal keputusan pada output dari *threshold logic*.

Unjuk kerja EC harus benar-benar bagus dengan memperhatikan *echo suppressing*, *quantizing* dan *up-date noise*. Lebih dari 60 dB *echo suppression* diperlukan untuk mencapai unjuk kerja yang dibutuhkan.

Setelah sinyal penerimaan telah melewati *decision threshold* (ambang keputusan) di dalam sirkuit DFE, demultiplexer mengeluarkan informasi pelayanan dan decoder mengubah aliran bit ternary ke binary. Akhirnya descrambler menyusun kembali informasi di dalam urutan binary, yang dibutuhkan oleh blok-blok fungsional berikutnya di dalam sistem transmisi. Informasi kemudian dilewatkan *buffer terminating* melalui interface sistem ke unit-unit fungsional.

IV.12 PERBANDINGAN SISTEM TRANSMISI JARINGAN LOKAL DI BERBAGAI NEGARA

Di dalam merencanakan suatu sistem transmisi jaringan lokal suatu negara tentunya akan memilih spesifikasi-spesifikasi yang berbeda dengan negara lainnya.

IV.12.1 DI USA

Sebagaimana telah dibicarakan pada bab-bab sebelumnya, ISDN telah menyediakan suatu interface yang dapat dihubungkan dengan banyak terminal. CCITT telah menjabarkan konfigurasi referensi ISDN dan telah diasumsikan bahwa pelanggan bertanggung jawab untuk hubungan pada titik referensi T dan bahwa jaringan akan diterminasikan oleh NT1. Akan tetapi di USA hal ini telah ditentukan secara resmi bahwa NT1 akan menjadi tanggung jawab pelanggan dan bahwa pembatasan interface akan dilakukan pada titik referensi U.

Di bulan Agustus 1986 ANSI (American National Standards Institute) memilih pembatasan dasar interface pada kode saluran 2B1Q, PAM pada 80 kBaud. Dasar dari proses modulasi adalah mengkonversikan 2 digit biner ke dalam 1 elemen kuatener. Pemilihan ini didasarkan pada unjuk kerja dan kekompleksan sistem.

IV.12.2 DI LUAR USA

Jika sistem transmisi jaringan lokal di USA menggunakan kode saluran 2B1Q, maka Jerman menggunakan sistem echo cancelling dengan kode saluran 4B/3T. Inggris menggunakan sistem 3B/2T, tetapi merencanakan untuk

menggantinya dengan sistem 2B1Q. Negara Itali menggunakan kombinasi 2 metode yaitu TCM dan EC dalam merealisasikan transmisi full duplex. Sedangkan negara-negara lain kebanyakan menggunakan kode saluran AMI.

BAB V

PENUTUP

V.1 KESIMPULAN

1. Fungsi-fungsi terpenting yang diperlukan untuk pencapaian link fisik dalam memenuhi kebutuhan rancangan basic access adalah transmisi full duplex pada 144 kbps, sinkronisasi word dan frame (12 kbps), serta prosedur pengaktifan/penonaktifan (4 kbps), yang kecepatan totalnya 160 kbps.
2. Pertimbangan yang perlu diperhatikan untuk perencanaan transceiver U-interface yaitu pemilihan metode transmisi yang tepat, desain ekualisasi dan pemilihan kode saluran yang sesuai.
3. Dari beberapa metode yang telah dikembangkan untuk merealisasikan transmisi full duplex, metode yang dianggap paling handal dan paling banyak dipilih dalam penerapan ISDN adalah metode Echo Cancellation.
4. Metode Echo Cancellation mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode TDM maupun TCM karena tidak

- memerlukan kecepatan saluran yang tinggi, sehingga memperkecil bandwidth yang dibutuhkan dan level noise yang timbul tidak terlalu besar.
5. Peranan kode saluran di dalam sistem transmisi adalah sangat penting, karenanya pemilihan kode saluran yang sesuai akan mempengaruhi unjuk kerja sistem dan kekompleksan implementasi.
 6. Untuk mendesain suatu transceiver, beberapa teknik yang dikembangkan untuk merealisasikan EC yang dapat mentoleransi distorsi nonlinier pada pemancar atau konverter data yaitu paired memory EC, memory compensation EC dan Volterra EC.
 7. Ekualisasi yang lebih banyak dipilih untuk mengkompensasi redaman kabel maupun efek bridge tap di dalam desain transceiver adalah ekualisasi jenis DFE.
 8. Untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan sistem transmisi pada interface U yang memerlukan hardware yang kompleks, maka teknologi VLSI yang modern dapat dimanfaatkan agar keuntungan yang besar dapat dicapai.

V.2 SARAN

1. Di dalam proses evolusi menuju ISDN, seperti yang sedang dilakukan di Indonesia, interworking antara jaringan ISDN dengan non ISDN harus dapat berjalan dengan baik untuk periode transisi yang cukup lama.
2. Studi pengkajian tentang ISDN sebaiknya dilakukan, di mana hasilnya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan atau masukan dalam rencana pengembangan sistem telekomunikasi di Indonesia menuju ISDN.
3. Untuk merencanakan suatu sistem transmisi digital menuju ISDN, sebaiknya pemilihan desain sistem disesuaikan dengan situasi dan kondisi negara Indonesia.
4. Dengan membandingkan sistem transmisi jaringan lokal di berbagai negara yang telah menerapkan sistem digital secara penuh, diharapkan dapat dikaji kelayakannya untuk diterapkan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Caecilia H. Tan (terjemahan), ASPEK-ASPEK TRANSMISI DIGITAL, Jkt, 1985
2. Carlson A. B. , COMMUNICATION SYSTEM, Mc Graw Hill, 1986
3. Dierckx, Taeymans, ISDN LINE CIRCUIT, Electrical Communication, Vol 59, No 1/2, 1985
4. Dinastiti I. L., TUGAS AKHIR, STUDI PENGKAJIAN DSL DALAM TRANSMISI MENUJU ISDN, 1991
5. Ekkelenkamp H., ASPEK-ASPEK TRANSMISI DARI SISTEM KOMUNIKASI DIGITAL, Nepostel, Jakarta, 1985
6. Gasser L., Renz W., H., 144 KBPS SUBSCRIBER LOOPS, Electrical Communication, Vol 59, NO 1/2, 1985
7. Griffiths M. John, ISDN EXPLAINED, Worldwide Network and Application Technology
8. Huang, Darvin T, Valenti, Cralg, SUBSCRIBER LINES: ISDN BASIC ACCES STANDARD, Proceeding of the IEEE, Vol. 79 no. 2, February 1991
9. Messercshmitt G. David, DESIGN ISSUES IN THE ISDN U-INTERFACE TRANSCEICER, IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Vol sac-4 no. 8, November 1986
10. Stalling William, ISDN AN INTRODUCTION, Macmillan

Publishing, New York, 1990

11. Suhirnan, Imam, TRANSMISI SALURAN FISIK DAN STRUKTUR JARINGAN KABEL, Pusdiklat PT. TELKOM Bandung, 1992
12. Szechenyi Kalman, et all, INTEGRATED FULL DIGITAL U-INTERFACE CIRCUIT FOR ISDN SUBSCRIBER LOOPS, IEEE Journal on Selected in Communication, Vol. Sac-4, No. 8, November 1986
13. _____, ISDN BASIC TECHNOLOGY, Asia ISDN Council (AIC), Guide Book, 14 May 1991
14. _____, CCITT Blue Book, Volume III, Rec.G.961, Ganeva, 1989
15. _____, NEC PRACTICE BASIC ACCESS INTERFACE SPECIFICATION, NECA 005-041-008, Issue 4, March 1991
16. _____, PENELITIAN KUALITAS JARINGAN LOKAL UNTUK PENYALURAN SINYAL ISDN (144 KBPS), Perumtel, 1987

04 OCT 1993

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO - ITS

EE 1799 TUGAS AKHIR - 6 SKS

Nama Mahasiswa : TRI RAHAJOENINGROEM
Nomor Pokok : 2882200932
Bidang Studi : TEKNIK TELEKOMUNIKASI
Tugas diberikan : SEPTEMBER 1993
Tugas diselesaikan : MARET 1994
Dosen pembimbing : 1. IR. HANG SUHARTO, MSC
2. IR. WIRAWAN
Judul Tugas Akhir :

STUDI TENTANG TRANSCEIVER UNTUK ISDN U-INTERFACE

Uraian Tugas Akhir :

ISDN atau Jaringan Digital Pelayanan Terpadu merupakan tujuan akhir bentuk jaringan telekomunikasi di mana pembangunan telekomunikasi nasional Indonesia diarahkan menuju bentuk tersebut.

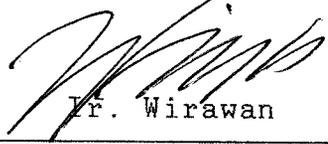
Agar hubungan antar pelanggan dapat terselenggara pelanggan menggunakan suatu peralatan interface standard dan dihubungkan secara fisik dan digital ke sentral lokal ISDN di mana transmisi antara keduanya full duplex.

Pada Tugas Akhir ini akan dipelajari transceiver untuk ISDN U-Interface dan kemungkinan penerapannya.

Metodologi yang dipakai adalah studi literatur yang berkaitan dengan transceiver untuk ISDN U-Interface.

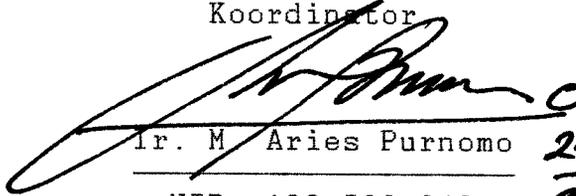
Dari studi ini diharapkan dapat memberikan manfaat, bahan pertimbangan atau masukan dalam rencana pengembangan sistem telekomunikasi di Indonesia.

Dosen Pembimbing II ^{29/93}


Ir. Wirawan

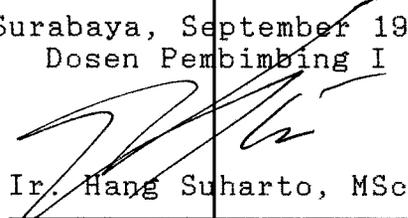
NIP. 131 184 2501

Menyetujui,
Bidang Studi
Teknik Telekomunikasi
Koordinator


Ir. M. Aries Purnomo

NIP. 130 532 040

Surabaya, September 1993
Dosen Pembimbing I

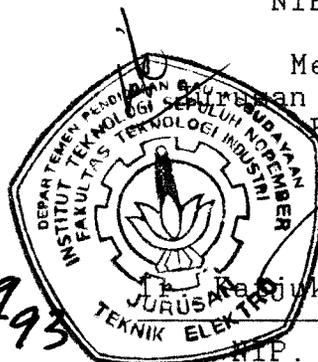

Ir. Hang Suharto, MSc

NIP. 130 520 753

Mengetahui,
Bidang Teknik Elektro
FTI - ITS
Ketua,


R. Astrowulan, MSEE

NIP. 130 687 438



USULAN TUGAS AKHIR

- A. JUDUL TUGAS AKHIR : STUDI TENTANG TRANSCEIVER UNTUK ISDN U-INTERFACE
- B. RUANG LINGKUP : - Sistem Komunikasi
- Sistem Transmisi Telekomunikasi
- Telephony Digital
- C. LATAR BELAKANG : ISDN atau Jaringan Digital Pelayanan Terpadu merupakan tujuan akhir bentuk jaringan telekomunikasi di mana pembangunan telekomunikasi nasional Indonesia diarahkan menuju bentuk tersebut. Untuk menunjang ke arah terciptanya ISDN ini diperlukan suatu sistem transmisi digital antara pelanggan dengan sentral lokal ISDN yang mampu mendukung proses pertukaran informasi antar pelanggan.
- D. PENELAAHAN STUDI : Untuk menyelenggarakan hubungan secara digital, memakai ISDN

menggunakan suatu peralatan interface yang dapat berfungsi untuk berbagai pelayanan. Interface tersebut telah distandardisasi sehingga dapat dihubungkan pada terminal unit yang berbeda dan digunakan protokol tertentu untuk hubungan ke jaringan. Pelanggan dihubungkan secara fisik dan digital ke sentral lokal ISDN di mana transmisi antara keduanya full duplex. Dalam Tugas Akhir ini akan dipelajari transmisi digital pada U-Interface, baik mengenai sistem, karakteristik maupun salurannya.

E. TUJUAN

: Mempelajari transmisi digital pada U-Interface dan penerapannya di dalam Integrated Services Digital Network (ISDN).

F. RELEVANSI

: Dari hasil studi tentang transceiver untuk ISDN U-Interface ini, diharapkan dapat digunakan sebagai bahan

pertimbangan atau masukan dalam rencana pengembangan sistem telekomunikasi di Indonesia.

- G. LANGKAH-LANGKAH : 1. Studi Literatur
2. Permasalahan
3. Pembahasan
4. Penulisan Naskah

H. JADWAL KEGIATAN :

JENIS KEGIATAN	BULAN KE					
	1	2	3	4	5	6
STUDI LITERATUR	████████████████████					
PERMASALAHAN		████████████				
PENBAHASAN			████████████████████			
PENULISAN NASKAH					████████████████	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penyusun dilahirkan di Madiun, pada tanggal 26 Juni 1969 dengan nama TRI RAHAJOENINGROEM dari seorang Ayah bernama SLAMET M. dan seorang Ibu bernama SRI LESTARI. Penyusun merupakan anak ke-3 dari 3 bersaudara.

RIWAYAT PENDIDIKAN PENYUSUN :

1. Sekolah Dasar Negeri Diponegoro I Madiun (1976-1982)
2. SMP Negeri 4 Madiun. (1982-1985)
3. SMA Negeri 2 Madiun (1985-1988)
4. Saat ini penyusun tengah menyelesaikan studi di Bidang Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri ITS.