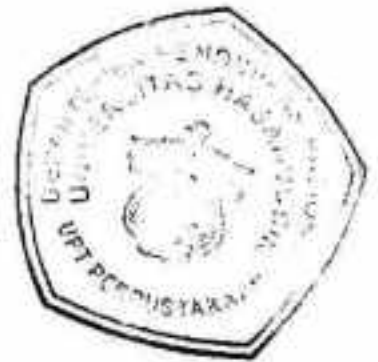


**ANALISIS PENGGUNAAN A-DSL PADA JARINGAN  
KABEL TEMBAGA UNTUK AKSES BROADBAND DI  
STO. BALAIKOTA MAKASSAR**



**TUGAS AKHIR**

Sebagai salah satu syarat untuk  
Mencapai Gelar Sarjana Teknik dari  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin

Oleh

**JUNAIDI**  
STB : D41199801-2

**JURUSAN ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2004

PERPUSTAKAAN PUSAT UNIVERSITAS HASANUDDIN	
Tgl. Terima	04 Agustus 04
Asal/Dari	Fak Teknik
Banyaknya	1 (satu) eksp
Marga	Sumbangan
No. Inventaris	0408041-056
No. Stok	22588

**ANALISIS PENGGUNAAN A-DSL PADA JARINGAN  
KABEL TEMBAGA UNTUK AKSES BROADBAND DI  
STO. BALAIKOTA MAKASSAR**

**TUGAS AKHIR**

Diterima dan dinyatakan sebagai kolokium  
Untuk memenuhi persyaratan guna mencapai  
Gelar Sarjana Teknik Program Studi  
**Teknik Telekomunikasi**  
dari  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



Oleh

**JUNAIDI**  
STB : D41199801-2

Disetujui:  
Tanggal Juli 2004  
Pembimbing Tugas Akhir

Pembimbing I

Ir. ABD. RASMD MUHAMMAD  
Nip. 130 369 563

Pembimbing II

Ir. H. ANDANI ACHMAD. MT  
Nip. 131 661 263

Mengetahui

Ketua Program Ekstensi

Prof. Dr. Ir. Syukri Himran  
Nip. 130 240 770



Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Ansar suyuti. MT  
Nip : 131 992 469

## ABSTRAK

Komunikasi data kecepatan tinggi sudah menjadi fenomena saat ini, dimana penggunaan jaringan komputer bukan lagi menjadi hal yang langka, akan tetapi sudah menyentuh hampir seluruh sisi kehidupan umat manusia. Kemajuan teknologi dibidang Digital Subscriber Line (x-DSL) merupakan solusi yang mulai diminati untuk berintegrasi dengan jaringan data dengan mengoptimalkan jaringan kabel tembaga yang sudah ada.

Sebelum suatu sistem ADSL diimplementasikan sebagai jawaban kebutuhan infrastruktur komunikasi data kecepatan tinggi, perlu adanya kajian teknis untuk melihat dan menguji sejauh mana efektifitas penggunaan sistem tersebut. Bagi jaringan kabel akses tembaga, pendekatan pada parameter listrik dianggap dapat memberi gambaran tentang mutu/kualitas jaringan yang akan dimanfaatkan sebagai media transmisi. Analisis hasil percobaan akan diwakili oleh sejumlah sampel pada jaringan kabel lokal di STO, Balaikota Makassar.

Diakhir analisis ini secara umum terlihat banyaknya tahanan jerat dan tahanan isolasi yang tidak memenuhi syarat seperti tahanan jerat pada jarak 2,198 Km adalah 559 Ohm.km (dipersyaratkan 300 Ohm.km) dan tahanan isolasi mencapai 2,9 M.Ohm (dipersyaratkan  $\geq 5000$  M.Ohm), sedangkan cakap silang tidak banyak mempengaruhi bit rate sistem ADSL. Penurunan bit rate secara signifikan terjadi pada panjang saluran 2,373 km dengan redaman saluran sebesar 25.8 dB.

Meskipun pada kondisi tertentu beberapa parameter listrik tidak memenuhi persyaratan dan memiliki unjuk kerja yang lebih rendah, namun sistem tetap dapat beroperasi baik. Dengan demikian sistem ADSL efektif bisa diimplementasikan dalam radius saluran 2,373 km didalam STO, Balaikota Kandatel Makassar.

## KATA PENGANTAR



Pertama-tama puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberikan kesempatan, kekuatan dan karunianya yang tak terhingga sehingga semua ini dapat berjalan dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh civitas akademika UNHAS Makassar, khususnya jurusan teknik telekomunikasi fakultas teknik program ekstensi tempat dimana penulis menimba ilmu pengetahuan selama ini. Ucapan terima kasih dan penghargaan yang tinggi penulis sampaikan kepada Bapak Ir. Abd. Rasjid Muhammad, Ir. H. Andani Achmad, MT dan Ir. Samuel Panggalo, MT yang dengan setia membimbing dan mengarahkan saya dalam menyusun tugas akhir ini sampai selesai.

Kepada Bapak Endro Mulyatno dari S&T PT. TELKOM Divre-VII yang telah bersedia memberi masukan dan asistensi yang sangat berharga dalam penulisan ini saya ucapkan terima kasih, semoga Bapak mendapatkan karier yang lebih baik dan profesional dimasa mendatang.

Akhirnya ucapan dan penghargaan yang tinggi penulis sampaikan kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu dalam kesempatan ini, semoga Tuhan Yang Maha Kuasa memberkahi kita semua, Amin.

Makassar, Juli 2004

PENULIS

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	.....	ii
ABSTRAK	.....	iii
KATA PENGANTAR	.....	iv
DAFTAR ISI	.....	v
DAFTAR GAMBAR	.....	vii
DAFTAR TABEL	.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	.....	x
BAB I	PENDAHULUAN	..... 1
	1.1 Latar belakang	..... 1
	1.2 Maksud dan Tujuan	..... 4
	1.3 Batasan masalah	..... 4
	1.4 Metodologi penelitian	..... 5
	1.5 Sistematika penulisan	..... 5
BAB II	KONSEP DASAR SISTEM KOMUNIKASI	..... 7
	2.1 Perkembangan sistem komunikasi	..... 7
	2.2 Elemen-elemen dasar	..... 7
	2.3 Sistem komunikasi digital	.....11
	2.4 Modulasi baseband	.....13
	2.5 Transmisi pada jaringan kabel tembaga	..... 16
	2.6 Parameter listrik kabel	..... 18
	2.7 Cakap silang	..... 23
	2.8 Kemungkinan kondisi fisik	..... 26
BAB III	INFRASTRUKTUR ADSL	..... 28
	3.1 Perkembangan teknologi modem	..... 28

3.2	Line coding	30
3.3	Nois dan distorsi	34
3.4	Sistem arsitektur	36
3.5	Framming	37
3.6	Koreksi kesalahan (error correction)	38
3.7	Kapasitas transport ADSL	40
3.8	POTS splitters	40
3.9	DSLAM	43
3.10	Kompatibilitas perangkat modem	44
3.11	Potensi jaringan STO.1 Balaikota	45
3.12	Kompatibilitas jaringan	48
BAB IV	UNJUK KERJA JARINGAN ADSL STO. BALAIKOTA	50
4.1	Sistem pengukuran	50
4.2	Hasil pengukuran dan evaluasi	54
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran	64

DAFTAR PERPUSTAKAAN

LAMPIRAN-LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gbr. II.1	Blok diagram fungsional sistem komunikasi	8
Gbr. II.2	Elemen dasar dari sistem komunikasi digital	11
Gbr. II.3	Sinyal digital dengan modulasi ASK, FSK dan PSK	15
Gbr. II.4	Struktur umum jaringan lokal	18
Gbr. II.5	Terminologi pengukuran tahanan isolasi pada kabel	19
Gbr. II.6	Model parameter jaringan	19
Gbr. II.7	Fungsi redaman terhadap kabel 24 AWG-26 AWG	22
Gbr. II.8	Perbandingan penguatan dari kabel ideal dengan LPF	23
Gbr. II.9	Ilustrasi dari NEXT dan FEXT	24
Gbr. II.10	Bridge tap	27
Gbr. III.1.	Konstelasi 4-QAM, 16-QAM dan 64-QAM	31
Gbr. III.2	Blok diagram transceiver QAM	32
Gbr. III.3	Blok diagram transceiver CAP	33
Gbr. III.4	Blok diagram wqualizer DFE	33
Gbr. III.5	Blok diagram transceiver DMT	34
Gbr. III.6	Model referensi sistem ADSL	36
Gbr. III.7	Struktur super-frame dari transmitter ATU-C	37
Gbr. III.8	Struktur kode Reed-Solomon	39
Gbr. III.9	Diagram Trellis	39
Gbr. III.10	Jaringan ADSL dengan POTS splitter	41
Gbr. III.11	Spektrum frekuensi transmitter ATU-R	41
Gbr. III.12	Contoh splitter yang dipasang diluar modem ADSL	42
Gbr. III.13	Konfigurasi DSLAM dalam jaringan	43
Gbr. III.14	Ilustrasi penyaluran komunikasi data dari pelanggan melalui DSLAM	44
Gbr. III.15	Grafik konstelasi jarak dan kapasitas RK dari STO/MDF	48
Gbr. III.16	Komposisi kabel primer berdasarkan diameter	49

Gbr. IV.1	Cara pengukuran tahanan jerat	51
Gbr. IV.2	Cara pengukuran tahanan isolasi	52
Gbr. IV.3	Cara pengukuran redaman saluran	52
Gbr. IV.4	Cara pengukuran NEXT = Redaman cakap silang ujung dekat	53
Gbr. IV.5	Cara pengukuran FEXT = Redaman cakap silang ujung jauh	53
Gbr. IV.6	Cara pengukuran redaman saluran	54
Gbr. IV.7	Grafik redaman terhadap tahanan jerat (R.Loop)	56
Gbr. IV.8	Grafik karakteristik cakap silang terhadap jarak	59
Gbr. IV.9	Grafik bit rate downstream terhadap panjang saluran	60
Gbr. IV.10	Grafik bit rate downstream terhadap redaman saluran	61



## DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Standar karakteristik kabel tembaga	17
Tabel II.2	Standar parameter Transmisi untuk layanan suara	20
Tabel II.3	Panjang maksimal kabel dalam jaringan lokal untuk layanan suara	21
Tabel II.4	Standar parameter jaringan PPJT-2000 untuk ADSL	26
Tabel III.1	Varian X-DSL, data rate dan mode transmisi	29
Tabel III.2	Level spektrum frekuensi transmitter ATU-C	42
Tabel III.3	Data kabel primer per kabinet STO. Balai kota	46
Tabel IV.1	Pengaturan frekuensi dan tahanan beban	53
Tabel IV.2	Data hasil pengukuran tahanan	57
Tabel IV.3	Data hasil pengukuran parameter transmisi	58

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Spesifikasi teknis perangkat modem ADSL
- Lampiran B Gambar 1 skema jaringan primer STO. Balaikota
- Lampiran C Gambar 2 skema jaringan primer STO. Balaikota
- Lampiran D Gambar 3 skema jaringan primer STO. Balaikota
- Lampiran E Gambar 4 skema jaringan primer STO. Balaikota

# BAB I

## PENDAHULUAN



### 1.1 Latar belakang

Secara umum suatu sistem jaringan telekomunikasi didukung oleh empat elemen utama yakni switching, transmisi, jaringan akses dan terminal pelanggan. Switching berfungsi sebagai pusat penyambung dan pemutus dari suatu hubungan, transmisi sebagai sarana penghubung ke tempat lain diluar area lokal, jaringan akses sebagai penghubung dari terminal pelanggan ke pusat penyambungan atau antar pelamakai lainnya, dan terminal pelanggan sebagai sarana interaksi pemakai dengan jaringan telekomunikasi.

Bila dilihat lebih jauh dari sisi penempatannya jaringan akses adalah elemen pertama dari terminal pelanggan menuju elemen lainnya, medianya dapat berupa kabel fisik seperti kabel tembaga berpasangan (*twisted pair*) atau multipair maupun non-fisik seperti komunikasi radio. Media jaringan akses terbesar yang telah lama dipergunakan sebagai media utama bagi jaringan konvensional telepon tetap (*fixed-telepon*) adalah *kabel tembaga* (*copper wire*), yang pada awalnya secara teknis dan ekonomis dirancang hanya untuk menyalurkan suara (*voice*) analog dalam lebar pita terbatas 4 KHz.

Meningkatnya kebutuhan (*demand*) masyarakat pemakai jasa telekomunikasi dan informasi dengan pesat menimbulkan berbagai macam produk aplikasi di sisi pelanggan seperti telepon, *faximile*, VoD, internet, dll, yang cenderung mengarah

pada konvergensi komunikasi suara dan data (digital) dalam suatu platform yang sama. Semua ini menuntut infrastruktur jaringan akses yang handal, mudah, berkecepatan tinggi dan membutuhkan pita lebar (bandwidth) lebih dari 4 KHz, dalam komunikasi digital bisa sampai pada orde MBps, kebutuhan akses ini dikenal juga dengan akses Broadband.

Seiring dengan tuntutan tersebut upaya meningkatkan fungsi jaringan akses agar mampu mengakomodasi kebutuhan selain komunikasi suara telah banyak, diantaranya sistem komunikasi serat optik (FO), Hybrid Fiber Coax (HFC), Radiolink, Digital Subscriber Line (DSL), komunikasi satelit, dll.

Diantara sistem diatas yang menggunakan jaringan kabel tembaga sebagai media transmisi adalah teknologi x-DSL, dimana bekerjanya menggunakan sepasang *Modem* yang terhubung oleh jaringan kabel tembaga untuk menyalurkan informasi dari dan ke pemakai. Bila sistem ini dapat dikembangkan dengan efisien, maka fungsi kabel tembaga yang saat ini relatif mudah didapat bisa ditingkatkan bagi penggunaan komunikasi pita lebar (broadband) dan bernilai tambah tinggi.

Suatu perubahan yang sangat signifikan disini adalah perubahan sistim modulasi modem analog menjadi modulasi digital dalam berbagai kecepatan, sehingga menghasilkan bentuk baru yang memiliki kemampuan lebih baik. Penelitian dan pengembangan DSL oleh para ahli saat ini terus berlangsung, meskipun di pasaran telah beredar berbagai jenis dan karakteristik yang dibedakan dalam varian x-DSL (ADSL, HDSL, VDSL, WDSL, dll).

Salah satu x-DSL yang cukup populer oleh sifat aliran datanya adalah ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), dimana dengan sistem full duplex dan laju aliran

data (bit rate) antara pita kirim (upstream) dan terima (downstream) yang tidak simetris, yakni downstream lebih lebar (sampai 8000 Kbps) dibanding upstream (sampai 1000 Kbps) menjadikan ADSL lebih banyak diminati oleh pemakai internet kecepatan tinggi (high speed internet) dengan berbagai aplikasi yang cenderung membutuhkan akses yang memiliki pita downstream lebih lebar.

Seperti pada varian x-DSL lainnya sistem transmisinya menggunakan modulasi digital, tentunya terdapat banyak parameter yang perlu diperhatikan yang terkait dengan kualitas dan kontinuitas suatu hubungan, seperti : kecepatan transmisi, lebar pita (band width), redaman saluran, pengaruh noise, dll.

Adanya standarisasi atau pedoman pemakaian baik dari pihak produsen, lembaga-lembaga penelitian, forum diskusi dan dari badan standar dunia seperti ANSI, ETSI dan ITU-T telah banyak membantu pemakai dalam implementasi ADSL, namun demikian perlu juga dicermati hal-hal dilapangan yang dapat mempengaruhi efektifitas ADSL tersebut. Sehingga bila dalam penggunaannya tidak ditemui banyak kendala, maka penggunaan ADSL menjadi menarik untuk dikembangkan sebagai alternatif jaringan akses dimasa datang, khususnya di Kandatel Makassar.

Atas dasar pemikiran inilah yang melatar-belakangi penulis membuat tugas akhir dengan judul "ANALISIS PENGGUNAAN ADSL PADA JARINGAN KABEL TEMBAGA UNTUK AKSES BROADBAND DI STO. BALAIKOTA MAKASSAR".

## 1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan penulisan tugas akhir ini adalah :

- 1.2.1 Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- 1.2.2 Untuk mengetahui kebutuhan pemakaian bandwidth (lebar-pita) pelanggan dalam akses broadband, mengetahui sistem jaringan kabel tembaga dan teknologi ADSL.
- 1.2.3 Untuk mempelajari dan menguji pengaruh parameter elektris utama pada kabel tembaga terhadap kemampuan kerja suatu sistem ADSL serta analisis aspek teknis kemungkinan solusi dalam implementasinya di PT. TELKOM Kandatel Makassar.

## 1.3 Batasan Masalah

Terdapat banyak aspek yang berperan dalam implementasi teknologi ini dan terdapat banyak jenis (varian) DSL yang ada. Jaringan kabel tembaga saat ini telah tersebar diberbagai daerah pelayanan telekomunikasi sering memiliki struktur dan kondisi yang berbeda pula. Untuk itu pembahasan masalah akan dibatasi dalam hal-hal sebagai berikut :

- 1.3.1 Full rate ADSL, yang memiliki upstream sampai 1 Mbps dan downstream sampai 8 Mbps, memiliki fasilitas pemisahan kanal suara dan kanal data (POTS splitter). Penekanan teknik line coding pada modulasi DMT seperti yang distandarkan oleh ITU-T G. 992.1

- 1.3.2 Pengamatan struktur jaringan kabel dilakukan di STO-1 Balai kota, yang memiliki kapasitas jaringan dan konsentrasi pelanggan terbesar di Makassar.
- 1.3.3 Pelanggan yang menggunakan komunikasi point-to-point antar modem ADSL, struktur jaringan kabel tembaga yang tanpa mengalami penggandaan atau multiplexing, seperti pairgain, komunikasi optik, dll.

#### **1.4 Metodologi penelitian**

Tulisan ini disusun berdasarkan metode percobaan terhadap objek seperti dalam sub bab batasan masalah diatas, adapun alur pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

- 1.4.1 Pengambilan data sekunder dengan mengamati penggunaan modem ADSL kedalam jaringan untuk mengetahui kemampuan jaringan dalam mentransmisikan data digital pada tingkat laju data yang telah ditetapkan.
- 1.4.2 Pengambilan data primer dengan melakukan pengamatan terhadap kondisi jaringan kabel tembaga yang ada (existing), dengan mengukur parameter listrik jaringan untuk mengetahui sejauh mana tingkat keandalan jaringan tersebut.
- 1.4.3 Mengevaluasi dan dengan analisis terhadap hasil pengamatan berdasarkan standarisasi yang diberlakukan oleh PT. TELKOM.

#### **1.5 Sistematika penulisan**

Penulisan ini disusun dalam 5 bab, dimana masing-masing bab membahas materi sebagai berikut :

- BAB I      Gambaran umum tentang hal-hal yang melatar-belakangi penulisan ini, kebutuhan pemakai akses broadband, teknologi yang ditawarkan di pasaran dan informasi tentang modem digital ADSL.
- BAB II     Teori dasar yang mendukung sistem komunikasi, transmisi digital, dan aspek transmisi pada jaringan kabel tembaga.
- BAB III    Perkembangan teknik modulasi dan coding dan standarisasi teknologi ADSL, kondisi dan fakta tentang infrastruktur yang ada di lapangan, pengamatan terhadap aspek operasionalnya.
- BAB IV     Analisis dan evaluasi terhadap hasil pengamatan dan pengukuran parameter serta pengujian terhadap persyaratan dan standarisasi.
- BAB V      Kesimpulan dan saran.



## **BAB II**

### **KONSEP DASAR SISTEM KOMUNIKASI**

#### **2.1 Perkembangan sistem komunikasi**

Sistem komunikasi modern diawali oleh sistem telegraf dan teleponi diikuti sistem komunikasi lainnya seperti radio, satelit, dll. Sistem ini mulai dioperasikan di Amerika Serikat sekitar tahun 1844, dengan menggunakan kode morse sebagai sandi dalam mengolah sumber informasi yakni kombinasi dua karakter titik dan garis sebagai representasi dari huruf atau angka.

Sistem teleponi yang pertama dibangun untuk pelanggan lokal dalam jarak beberapa kilometer saja, penemuan-penemuan teknologi elektronika akhirnya memungkinkan transmisi sinyal telepon sampai ke tempat yang lebih jauh. Usaha memperluas jangkauan layanan oleh perusahaan-perusahaan telekomunikasi sangat dipengaruhi oleh perkembangan sistem transmisi dengan kecenderungan selalu memiliki ukuran fisik lebih kecil, konsumsi daya rendah, lebih ringan, kapasitas saluran besar dan kecepatan tinggi dan hal ini selalu menjadi pertimbangan dalam perancangan sistem komunikasi.

#### **2.2 Elemen-Elemen Dasar**

Pada dasarnya sistem transmisi sederhana memiliki suatu pengirim (transmitter), medium pentransmisi dimana sinyal informasi ditransmisikan, dan

penerima (receiver) yang menghasilkan replika (salinan) informasi masukan disisi keluarannya. Informasi yang dapat berasal dari berbagai sumber bisa berupa suara (voice), gambar (image), atau teks dan simbol dalam bahasa tertentu. Secara fungsional dengan bagan sederhana dapat dilihat pada Gambar II.1.



Gambar II.1. Blok diagram fungsional sistem komunikasi

### 2.2.1 Pengirim (transmitter)

Pengirim berfungsi untuk mengkonversi sinyal elektrik kedalam format tertentu yang disesuaikan untuk saluran (kanal) fisik atau media transmisi yang digunakan, konversi ini dapat berupa penyesuaian tegangan, frekuensi, level daya atau redaman.

Secara umum pengirim melakukan penyesuaian sinyal informasi kedalam kanal yang memiliki karakteristik tertentu dengan suatu proses modulasi, biasanya dalam teknik modulasi meliputi penggunaan sinyal informasi ini kedalam berbagai jenis modulasi dengan menterjemahkan kedalam frekuensi yang sudah dialokasikan. Pemilihan jenis modulasi didasarkan pada faktor-faktor seperti lebar pita kanal yang tersedia, jenis distorsi dan interferensi yang bakal timbul serta jenis device yang tersedia.

### 2.2.2 Saluran (kanal)

Saluran (kanal) dari suatu sistem transmisi adalah media fisis yang digunakan untuk menyalurkan informasi selalu dikaitkan dengan masalah media transmisi itu

sendiri dalam membentuk hubungan penerima-pengirim atau komunikasi poin-to-poin, dalam sistem telekomunikasi terdapat beberapa tipe media yang umum dikenal yakni: kabel tembaga, kabel koaksial, kabel serat optik, komunikasi radio dan kombinasi dari media tersebut.

Kabel tembaga yang dibuat berpasangan dihapakan mampu meredam efek dari derau (noise), dapat digunakan untuk komunikasi frekuensi rendah. Lebar pita (bandwidth) untuk sistem ini terbatas dan sangat tergantung pada panjang kabel, kecenderungan redamannya meningkat sebanding dengan panjang kabel.

Perbaikan unjuk kerja pada kabel koaksial sedikit lebih baik dari kabel tembaga berpasangan, memiliki lebar pita lebih baik dapat dilingkungi dalam satu urat kabel coaxial. Selubung yang mengelilingi kabel dapat melindunginya dari pengaruh derau (noise), sehingga dapat digunakan untuk jarak yang lebih panjang dari kabel tembaga berpasangan.

Kabel fiber optik menawarkan kemampuan menyalurkan informasi dalam jumlah besar dengan jarak lebih jauh, lebar pita lebih besar dan lebih tahan terhadap noise. Sehingga memiliki kapabilitas yang tinggi untuk komunikasi data, karena mampu menyalurkan aliran data yang besar untuk berbagai aplikasi dari pada kabel metal lainnya.

Komunikasi radio memiliki keistimewaan sendiri dalam memancarkan sinyal (broadcasting) sehingga memungkinkan hubungan poin-to-multipoin seperti pada komunikasi bergerak. Diantara kelemahannya adalah karakteristik kanal yang sangat tergantung pada frekuensi kerjanya, noise additive, terbatasnya alokasi band frekuensi dan kemungkinan interferensi maupun jamming.

Sedangkan penggunaan lebar pita frekuensi (Bandwidth) dalam saluran komunikasi (kanal) secara umum berada dalam tingkatan kanal : narrowband, baseband, wideband dan broadband.

*Narrowband* memiliki lebar pita sampai dengan 300 Hz, kanal ini dapat digunakan untuk men-transmisikan data rendah seperti pada tingkatan telegrap. Narrowband tidak handal bila digunakan mengirimkan sinyal suara (voice) tanpa ada modifikasi.

*Baseband* memiliki lebar pita antara 300 Hz sampai 4 kHz, kanal ini dirancang untuk transmisi suara analog, juga dapat mangirim data sampai dengan 10 kbps. Jaringan telepon lokal (subscriber loop) adalah tergolong dalam baseband.

*Wideband* memiliki lebar pita lebih besar dari 4 kHz, kanal ini dapat disewa (leased line) dari perusahaan penyedia jaringan lokal, dengan lebar pita tersebut mampu mendukung aplikasi seperti data kecepatan tinggi, video maupun kanal suara berganda.

*Broadband* memiliki lebar pita dalam orde sampai dengan 1,5 MHz/2 MHz, kanal ini mampu mendukung komunikasi data kecepatan tinggi seperti fast ethernet, audio / video, dengan kualitas yang jauh lebih baik.

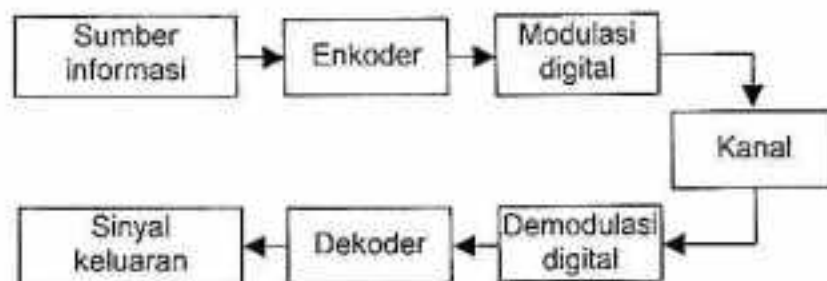
### 2.2.3 Penerima (receiver)

Penerima berfungsi untuk merekonstruksi kembali sinyal informasi yang terkandung dalam sinyal yang diterima oleh penerima, dalam proses rekonstruksi penerima melakukan demodulasi pemisahan sinyal informasi dari sinyal carrier dimana disitu juga terdapat distorsi yang disebabkan adanya derau additive, interferensi atau cacat sinyal lainnya, sehingga sinyal informasi yang didapat telah mengalami degradasi.

Penurunan keaslian sinyal informasi yang diterima tergantung pada fungsi dari berbagai jenis teknik modulasi yang digunakan disamping pengaruh seberapa kuat gangguan derau (noise) yang terjadi. Selain melakukan fungsi utama dalam melakukan demodulasi kembali sinyal, penerima juga melakukan fungsi lain seperti fungsi penyaringan dan penekanan gangguan derau.

### 2.3 Sistem Komunikasi Digital

Sinyal-sinyal digital maupun analog yang sering dibahas dan banyak dijadikan referensi adalah sinyal orisinil yaitu sinyal pita dasar. Untuk bisa ditransmisikan dengan efisien, sinyal ini harus terlebih dahulu diolah dalam satu cara tertentu, lalu ditransmisi melalui medium antara pemtransmisi dan penerima. Untuk itu sinyal-sinyal pita dasar tersebut digeser atau ditumpangkan kedalam frekuensi yang lebih tinggi, proses ini juga dikatakan pencampuran sinyal informasi dengan suatu sinyal pembawa sehingga karakteristik sinyal pembawa terjadi perubahan, ini dinamakan sebagai **modulasi**. Selain alasan efisiensi dalam radiasi energi listrik penggunaan frekuensi-frekuensi tinggi akan menyediakan lebar pita yang lebih besar untuk menaikkan transfer informasi dibandingkan dengan menggunakan frekuensi rendah.



Gambar II.2 Elemen dasar dari sistem komunikasi digital

Pada dasarnya ada tiga cara pemodulasian suatu pembawa gelombang (sinyal), yakni perubahan amplitudonya, frekuensinya dan phasanya atau kombinasinya sesuai dengan informasi yang ditransmisikan.

Dari spektrum frekuensi kerja modulasi digital terdapat dua pola modulasi, yakni modulasi baseband dan modulasi passband. Pada modulasi baseband aliran informasi dikodekan pada spektral yang dibentuk dan tidak bergeser, secara praktis dapat dikatakan modulasi baseband memiliki karakteristik seperti filter lolos rendah (LPF). Sedang pada modulasi passband informasi yang dimodulasi dengan suatu carrier tidak harus berada pada frekuensi tersebut, atau dapat digeser kedalam band yang diinginkan, secara praktis modulasi passband memiliki karakteristik seperti bandpass filter (BPF).

Yang mencirikan transmisi digital dari transmisi analog adalah adanya pengiriman satu informasi bit (dua kemungkinan) berbentuk sinyal digital dalam satu perioda  $\tau$  detik, maka laju pengiriman sinyal adalah  $R = 1/\tau$ . Bila sinyal ini didilewatkan pada suatu kanal dasar (baseband channel), maka lebar pita kanal ( $B$ ) sangat menentukan batas dari laju pengiriman sinyal. Dalam transmisi sinkron polar periode sinyal adalah  $2\tau$ , sehingga frekuensinya adalah  $f_0 = 1/2\tau = R/2$ . Agar dapat ditransmisikan  $f_0$  harus tidak melebihi lebar pita  $B$ , atau :

$$B \geq R/2 \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Ini dikenal dengan kriteria Nyquist, yakni bahwa untuk suatu laju pengiriman sinyal  $R$ , maka lebar pita jalur yang dapat digunakan adalah  $B = R/2$ .

## 2.4 Modulasi baseband

Untuk mengembangkan sistem transmisi dari sistem komunikasi melalui kabel tembaga, keterbatasan karakteristiknya mengharuskan penggunaan teknik-teknik transmisi yang tepat dan sesuai, agar distorsi atau cacat yang mungkin timbul dapat ditekan sekecil mungkin dan kesalahan-kesalahan yang terjadi dapat dideteksi dan dikendalikan agar memenuhi standar-standar yang berlaku.

Dalam sistem komunikasi digital sinyal baseband harus terlebih dahulu dikonversi kedalam bentuk gelombang yang siap untuk ditransmisikan. Sinyal ini mengalami modulasi oleh suatu gelombang pembawa (carrier) dalam beberapa teknik modulasi, parameter tiap teknik modulasi dipengaruhi oleh sifat lebar pita saluran dan noise Additive White Gaussian (AWGN).

Proses modulasi ini akan merubah sinyal pembawa pada saat sinyal informasi dimasukkan kedalam modulator. Untuk sinyal analog, pembawa biasanya direpresentasikan sebagai gelombang sinus dengan amplitudo maksimal sebagai fungsi tegangan, frekuensi dan fasa  $A = a \sin(\pi ft + \theta)$ . Dari sini sinyal pembawa akan mengalami perubahan karakteristik pada amplitudonya untuk modulasi amplitudo (AM), pada frekuensinya untuk modulasi frekuensi (FM) dan pada fhasanya untuk modulasi fhasa (PM). Untuk melakukan komunikasi digital dengan mengolah informasi digit biner, maka dasar modulasi ini dapat dilaksanakan dalam skema ASK, FSK dan PSK, disamping modulasi lainnya seperti On-Off Keyed (OOK), TCM, dll serta turunan dari ASK, FSK dan PSK yang tidak dibahas disini.

### 2.4.1 ASK (Amplitude Shift Keying)

ASK diperoleh dengan memodulasi amplituda dari sinyal informasi dengan frekuensi carrier yang lebih tinggi. Jika sinyal informasi adalah sinyal biner, maka sinyal modulasi ini akan mewakili satu digit biner dalam satu perioda. Bentuk sinyal ini dapat dituliskan dalam persamaan :

$$S_i(t) = \frac{A}{2}[1 + m d_i(t)] \cos(2\pi f_c t) \dots\dots\dots (2.2)$$

Kombinasi dua sinyal  $i=0$  dan  $i=1$  untuk mengirim, digit biner 0 dan 1. Harga  $d_i(t)$  bernilai +1 dan -1 dapat menentukan data bipolar,  $m$  menunjukkan index modulasi yang menentukan perbedaan amplitudo.

### 2.4.2 FSK (Frquency Shift Keying)

FSK menggunakan baseband sinyal frekuensi informasi untuk memodulasi frekuensi carrier. Bila digunakan sinyal baseband bipolar +V atau -V, maka bentuk sinyal FSK adalah hasil dari jumlah frekuensi carrier dengan deviasi frekuensi maksimum  $kfV$ .

$$f_i(t) = f_c \pm kfV \dots\dots\dots (2.3)$$

Pergeseran frekuensi  $kfV$  sebesar  $\Delta f$ , sehingga bentuk gelombang FSK menjadi :

$$f_i(t) = f_c + \Delta f d_i(t) \dots\dots\dots (2.4)$$

$d_i(t)$  berharga +1 atau -1 Sesuai digit biner 1 atau 0 yang dikirim, teknik ini dikenal juga dengan Binary FSK (BFSK).



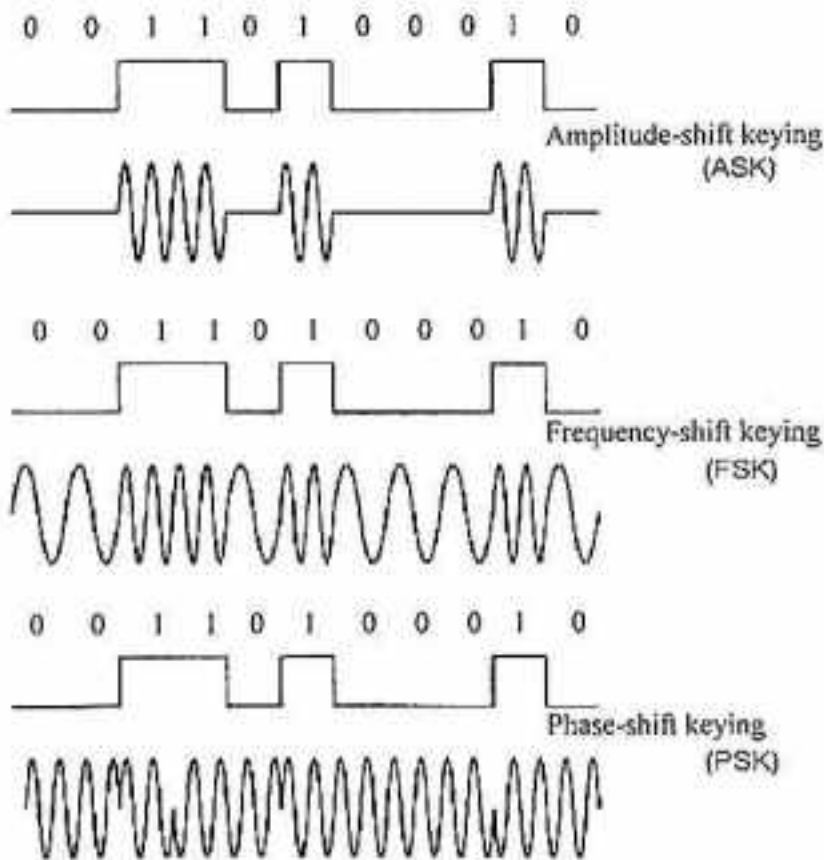
### 2.4.3 PSK (Phase Shift Keying)

PSK menggunakan dua baseband sinyal yang berbeda fasa untuk mewakili digit biner  $s_0(t) = A \cos(2\pi f_0 t + \theta_0)$  dan  $s_1(t) = A \cos(2\pi f_0 t + \theta_1)$ , dimana  $\theta_0$  dan  $\theta_1$  adalah pergeseran fasa yang konstan, atau dapat juga diekspresikan dengan :

$$s_i(t) = A \cos [2\pi f_0 t + \Delta\theta d_i(t)] \dots\dots\dots (2.5)$$

$d_i(t)$  berharga +1 atau -1 dan adalah perbedaan fasa atau index modulasi.

Modulasi ASK, FSK dan PSK selain dalam komunikasi radio teresterial, teknik-teknik ini banyak dipakai dalam modem analog konvensional yang direkomendasikan oleh ITU-T seperti V.21 sampai V.29. Bentuk gelombang sinyal secara umum seperti pada gambar :



Gambar II.3 Sinyal digital dengan modulasi ASK, FSK dan PSK

## 2.5 Transmisi pada jaringan kabel tembaga

### 2.5.1 Jaringan sebagai akses pelanggan

Jaringan akses pelanggan berfungsi sebagai media penghubung antara pelanggan (user) dengan penyedia layanan telekomunikasi, sehingga kedudukannya sangat penting dan sangat menentukan kualitas akses pelanggan dalam berinteraksi.

Kabel tembaga yang umum dipakai pada jaringan telekomunikasi ada dua jenis susunan, yakni kabel berpasangan (pair cable) tersusun atas kumpulan pasangan dan kuad bintang (star quad) masing-masing 4 konduktor, dari penempatan instalasi kabel terdapat tiga jenis, yaitu : kabel udara, kabel tanah dan kabel duct.

*Kabel Udara* : kabel yang dipasang di tiang telepon tersusun dari inti kabel dengan lapisan PE, aluminium tape shielded, polyethylene sheathed dan kabel tembaga sebagai penggantung dan penguat.

*Kabel tanah* : kabel yang ditanam didalam tanah tersusun dari inti kabel dengan lapisan PE, water blocking tape, aluminium screened, PE inner sheath, zinc coated steel tape armoured dan polyethylene sheath.

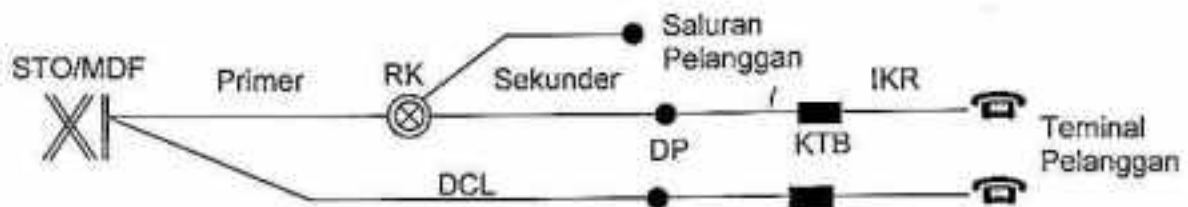
*Kabel Duct* : kabel yang dimasukkan dalam pipa duct didalam tanah, tersusun dari inti kabel dengan lapisan PE, foam skin, aluminium tape shielded, polyethylene sheathed.

Tabel II.1 Standar karakteristik kabel tembaga

Jenis Kabel	Diameter ( $\emptyset$ ) Mm	Tahanan Isolasi (M.Ohm/Km)	Tahanan Konduktor (Ohm/Km)	Kapasitansi (nF/Km) pd-800 Hz
Kabel Udara	$0,4 \pm 0,01$	10.000	65	55
Stel K-001	$0,6 \pm 0,001$	10.000	36,5	55
	$0,8 \pm 0,001$	10.000	23,4	62
Kabel Tanah	$0,4 \pm 0,01$	10.000	150	50
Stel K-008	$0,6 \pm 0,001$	10.000	65	55
	$0,8 \pm 0,001$	10.000	36,5	55
Kabel Duct	$0,4 \pm 0,01$	10.000	150	50
Spek : 68/Postel/89	$0,6 \pm 0,001$	10.000	65	55
	$0,8 \pm 0,001$	10.000	36,5	55

### 2.5.2 Struktur jaringan lokal

Yang dimaksud dengan dengan jaringan telepon lokal yang menggunakan akses kabel tembaga adalah sebagai penghubung antara MDF (Main Distribution Frame) dengan terminal pelanggan, memiliki struktur yang terdiri dari jaringan kabel primer ataupun catuan langsung, kabel sekunder, saluran penaggal dan instalasi kabel rumah (IKR).



Gambar II.4 Struktur umum jaringan lokal

## 2.6 Parameter listrik kabel

Suatu jaringan kabel tembaga memiliki karakteristik yang berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh kondisi fisik kabel, sifat dan kualitas bahan, instalasi, faktor lingkungan dan lain-lain yang mengakibatkan berubahnya parameter listrik yang dimiliki kabel tersebut.

Diantara parameter listrik yang sangat penting dalam jaringan data kecepatan tinggi adalah : tahanan loop, tahanan isolasi, impedansi dan redaman saluran.

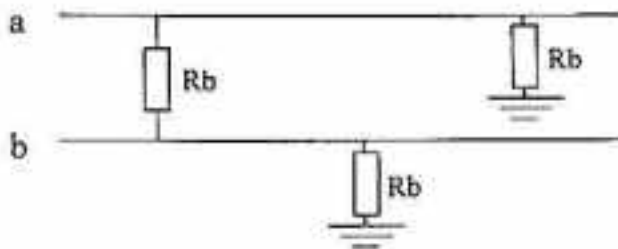
*Tahanan jerat* : (loop resistance) merupakan tahanan murni saluran dari suatu penghantar yang dihitung secara teoritis dengan rumus :

$$R = \frac{l \cdot \rho}{q} \quad (\Omega) \quad \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana  $l$  = Panjang saluran (m),  $\rho$  = Tahanan jenis kabel, untuk tembaga = 0,0175

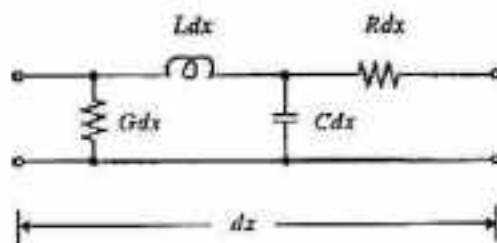
dan  $q$  = Luas penampang kawat ( $\text{mm}^2$ )

*Tahanan Isolasi* : Yakni besarnya tahanan isolasi dari penghantar yang dapat menahan kebocoran listrik yang terjadi antara urat satu dengan urat kabel lainnya dan antara urat kabel dengan tanah.



Gambar II.5 Terminologi pengukuran tahanan isolasi pada kabel

Kabel tembaga berpasangan dapat dilihat sebagai suatu saluran transmisi dan dapat didekati dengan penggunaan pemodelan parameter R, G, L, C.



Gambar II.6 Model parameter jaringan

Seperti pada gambar II.6,  $x$  merupakan unit panjang kabel menyatakan harga  $R =$  resistansi internal,  $G =$  konduktansi,  $L =$  induktansi,  $C =$  kapasitansi karena adanya efek kulit (skin effect) untuk sinyal ac dan  $R$  adalah impedansi kompleks yang tidak konstan terhadap frekuensi :

$$R(\omega) = k_R (1 + j) \sqrt{\omega} \quad \Omega / km \quad \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana  $k_R$  adalah konstanta yang dipengaruhi oleh diameter, tahanan jenis kabel serta adanya efek kulit yaitu :

$$k_R = \frac{1}{\pi d_c} \left( \frac{\mu}{2\sigma} \right)^{1/2}$$

$L$  dan  $C$  relatif konstan pada frekuensi tinggi dan  $G \approx 0$  pada konstruksi kabel modern.

Dari sini didapat Impedansi karakteristik saluran  $Z_0$  ( $\Omega$ ), merupakan fungsi kompleks tergantung frekuensi, dapat dinyatakan dengan :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan suatu pendekatan  $Z_0$  dapat dinyatakan :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} + \frac{k_R}{2\sqrt{\omega LC}} (1 - j) \dots\dots\dots (2.9)$$

Bila saluran bekerja pada frekuensi tinggi, suku kedua sangat kecil ( $\approx 0$ ), sehingga impedansi karakteristik terlihat sebagai konstanta, yakni  $Z_0 = \sqrt{L/C}$ .

Tabel II.2 Standar parameter Transmisi untuk layanan suara

Diameter ( $\emptyset$ ) mm	Tahanan Jerat (Ohm/km)	Tahanan Isolasi (M.Ohm.km)	Kapasitansi (nF/km)	Redaman (dB/km)	Impedasi/ $Z_0$ (Ohm/km)
0,4	300	$\geq 5000$	50	1,69	773
0,6	130	$\geq 5000$	50	1,11	509
0,8	73	$\geq 5000$	55	0,87	364

Tabel II.3 Panjang maksimal kabel dalam jaringan lokal untuk layanan suara

Diameter ( $\emptyset$ ) mm	Jenis kabel	SRE pd 800 Hz (dB/km)	Panjang $l$ maksimum (km)
0,4	KTJ	3,25	3,1
0,6	KTJ	1,73	6,0
0,8	KTJ	1,13	9,2

Dari Gambar II.6, bila rangkaian diasumsikan sebagai suatu filter mendapat masukan sinyal dengan kecepatan sudut sebesar  $\omega$ , maka fungsi transfer rangkaian dapat dimodelkan sebagai :

$$H(d, \omega) = e^{-d\gamma(\omega)}$$

Dimana  $\gamma(\omega) = \alpha(\omega) + j\beta(\omega)$  merupakan redaman ( $\alpha$ ) dan fasa ( $\beta$ ). Dapat

$$\text{dinyatakan juga sebagai } \gamma(\omega) = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$$

Dengan suatu pendekatan diperoleh :

$$\alpha(\omega) = \frac{k_R}{2} \sqrt{\frac{\omega C}{L}} + j\left(\omega \sqrt{LC} + \frac{k_R}{2} \sqrt{\frac{\omega C}{L}}\right)$$

Dari sini terlihat harga redaman dan fasa (dB) masing-masing :

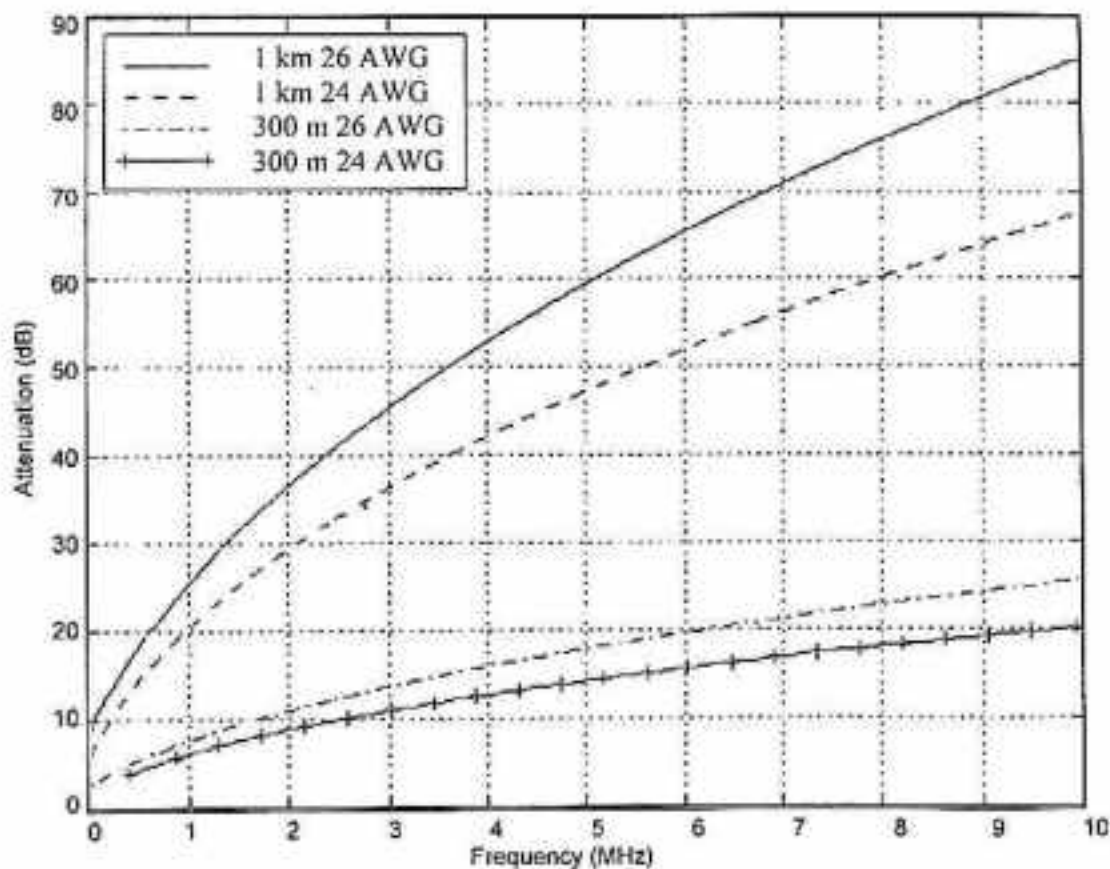
$$\alpha(\omega) = \frac{k_R}{2} \sqrt{\frac{\omega C}{L}} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$\beta(\omega) = \omega \sqrt{LC} + \frac{k_R}{2} \sqrt{\frac{\omega C}{L}} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dari kabel sepanjang  $d$ , maka diperoleh fungsi transfer terhadap  $f$  :

$$H_{dB}(d, f) = 20 \log_{10} |H(d, f)| = -8,686 d \times k_R \sqrt{\frac{\pi f C}{2L}}$$

Disini terlihat adanya korelasi panjang kabel  $d$  dan konstanta  $k_R$  yang dipengaruhi diameter konduktor. Dalam sebuah laporan *Texas Instruments* mengilustrasikan pengaruh tersebut dalam grafik 2-4, dimana 4 kabel panjang 300 m dan 1 km, diameter 26 AWG dan 24 AWG (standar American Wire Gauge) setara dengan 0,4 mm dan 0,5 mm.

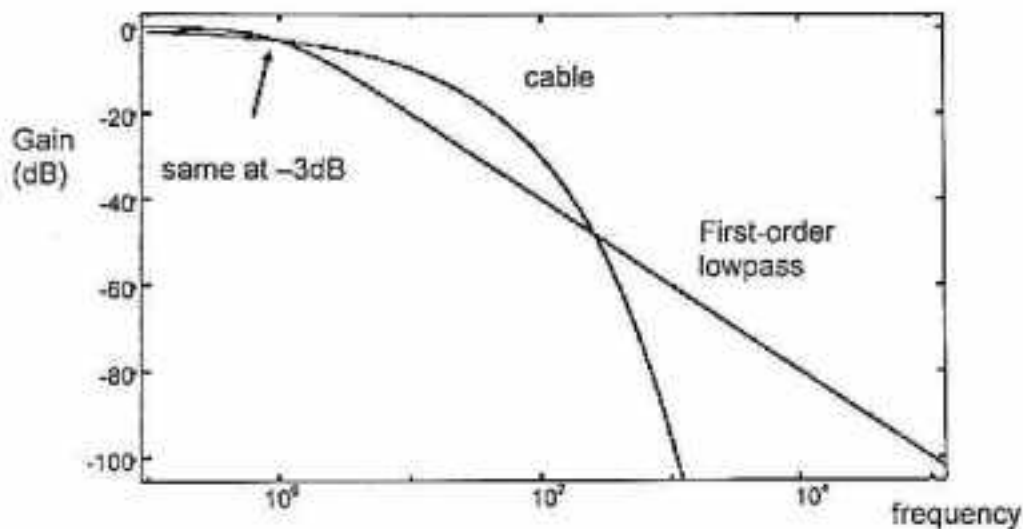


(sumber : Texas Instruments)

Gambar. II.7 Fungsi redaman terhadap kabel 24 AWG-26 AWG



Sehingga gain (dB) yang terjadi berbanding terbalik secara proporsional dengan akar frekuensi, karena  $R(f)$  akan sebanding dengan  $\sqrt{f}$ . Respon yang terjadi seperti pada gambar diatas.



(sumber : [www.eecg.toronto.edu/~johns](http://www.eecg.toronto.edu/~johns))

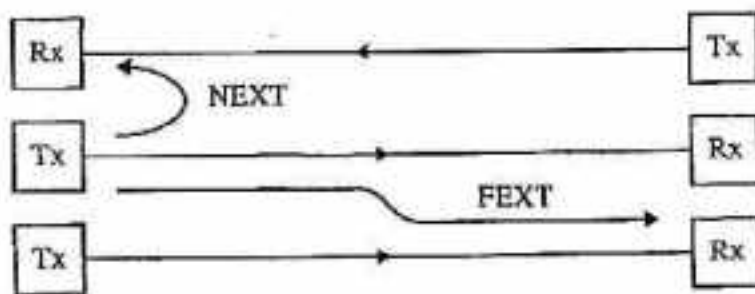
Gambar. II.8 Perbandingan penguatan dari kabel ideal dengan LPF

## 2.7 Cakap silang (Crosstalk)

Bila beberapa kabel berpasangan digabung bersama dalam satu bundel kabel multipair, antar pasangan kabel dapat terjadi kebocoran sinyal. Kebocoran sinyal ini dikenal dengan cakap silang (crosstalk) merupakan salah satu nois yang sangat diperhitungkan dalam sistem transmisi kabel. Dari penggunaan bersama fisik dan elektris dari pelindung suatu kabel akan mempengaruhi kopling kapasitif dan induktif.

Efek dari cakap silang dapat diminimisasi dengan menyesuaikan susunan pair yang berbeda pasangan menjadi satu kelompok. Pada sistem transmisi kabel yang

menggunakan frekuensi diatas frekuensi suara, cakup silang dapat menjadi faktor pembatas pencapaian laju transmisi.



Gambar II.9 Ilustrasi dari NEXT dan FEXT

### 2.7.1 Ujung dekat (NEXT = Near -End Crosstalk)

NEXT didefinisikan sebagai efek cakap silang antara suatu lintasan penerima dengan lintasan pengirim dari suatu tranceiver pada sisi ujung yang sama dari saluran yang berbeda pada jaringan kabel. Nois NEXT yang diterima oleh suatu tranceiver berupa sinyal yang dikirim dari tranceiver lainnya bila spektrum frekuensi yang digunakan adalah sama atau tipe tranceiver yang sama.

Nilai dari NEXT dapat dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$\text{NEXT} = 10 \log K_n + 15 \log f \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana  $K_n$  : konstanta NEXT yang tergantung dari jenis kabel.

$$K_n = \frac{4\pi}{(k_1 + k_2)} \left\{ \frac{CZ_0}{8} - \frac{L}{Z_0} \right\}^2$$

$$K_1 = \sqrt{R_1 \cdot C_1} \quad ; \quad k_2 = \sqrt{R_2 \cdot C_2}$$

$R_{1,2}$  : Resistansi saluran terganggu dan saluran pengganggu

$Z_0$  : Impedansi karakteristik saluran terganggu

$C, L$  : Kapasitansi dan induktansi kopling antara saluran pengganggu dan terganggu

### 2.7.2 Ujung jauh (FEXT = Far-End Crosstalk)

FEXT didefinisikan sebagai efek cakup silang antara suatu lintasan penerima dengan lintasan pengirim dari suatu transceiver pada sisi ujung yang berbeda dari saluran yang berbeda pada jaringan kabel. Nois NEXT yang diterima oleh suatu transceiver berupa sinyal yang dikirim dari transceiver lainnya bila spektrum frekuensi yang digunakan adalah sama atau tipe transceiver yang sama.

Nilai FEXT dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{FEXT (dB)} = 10 \log K_f + 20 \log f + 10 \log L \dots \dots \dots (2.13)$$

$L$  : Panjang saluran (m)

$K_f$  : Konstanta FEXT, nilainya tergantung pada jenis kabel dan frekuensi yang digunakan.

$$K_f = \frac{4\pi^2}{e^{\sqrt{R_2 C_2}}} \left\{ \frac{C Z_0}{8} - \frac{L}{Z_0} \right\}$$

$R_2$  : Tahanan jerat saluran pengganggu

$C_2$  : Kapasitansi saluran pengganggu

$C, L$  : Kapasitansi dan induktansi kopel antara saluran pengganggu dengan terganggu

$Z_0$  : Impedansi karakteristik

Standar parameter Jaringan kabel tembaga PT. TELKOM untuk ADSL berdasarkan PPJT-2000 adalah :

Tabel II.4 Standar parameter jaringan PPJT-2000 untuk ADSL

PARAMETER	SATUAN	0,4 mm	0,6 mm	0,8 mm	KETERANGAN
Tahanan jerat	Ohm.km	300	130	73	
Tahanan Isolasi	M.Ohm	$\geq 5000$	$\geq 5000$	$\geq 5000$	
Redaman	dB	$\leq 36$	$\leq 36$	$\leq 36$	2 MBps
	dB	$\leq 30$	$\leq 30$	$\leq 30$	4 MBps
	dB	$\leq 25$	$\leq 25$	$\leq 25$	6 MBps
Impedansi ( $Z_0$ )	Ohm	-	120	-	F = 300 kHz
Cakap silang	dB	$\geq 75$	$\geq 75$	$\geq 75$	

## 2.8 Kemungkinan kondisi fisik

Area jaringan lokal selalu berkembang sesuai permintaan pelanggan, hal ini sering menjadi pertimbangan bagi perusahaan telekomunikasi dalam menyediakan jaringan, sehingga banyak usaha yang dapat dilakukan untuk memenuhinya antara lain dengan memasang konsentrator, remote terminal, dll.

Namun dengan semakin panjangnya jaringan akan menyebabkan penurunan kualitas sinyal listrik dan justru meningkatkan kapasitansi, induktansi dan resistensi saluran, yang akhirnya menyebabkan sinyal semakin lemah. Untuk itu sering digunakan loading coil pada saluran-saluran yang lebih dari 6 km.

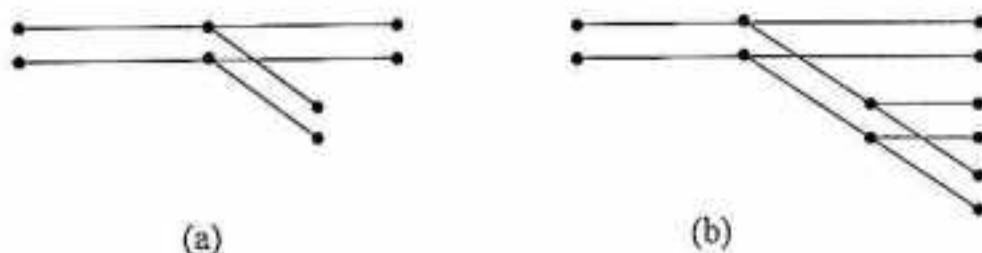
### 2.8.1 Loading Coil

Loading coil mampu memodifikasi karakteristik redaman dan delay suatu jaringan lokal mendekati bentuk passband yang diinginkan sehingga dapat memperbaiki kualitas suara, namun pengoperasian loading coil akan membatasi sinyal kedalam pita suara. Karena DSL bekerja pada frekuensi lebih dari pita suara, maka loading coil harus dilepaskan dari saluran.

### 2.8.2 Bridge Tap

Pembatasan lain yang dapat terjadi pada jaringan lokal adalah bridge tap, yaitu adanya sambungan paralel yang tidak digunakan atau dalam posisi terbuka yang terletak diantara pelanggan dengan sentral. Kondisi seperti ini dapat melemahkan sinyal dan menimbulkan sinyal pantul karena ujung kabel yang tidak digunakan ini dapat berfungsi sebagai antena bagi gelombang elektromagnetik lainnya.

Untuk menjaga kemampuan DSL, bridge tap juga harus dilepaskan dari saluran, meskipun dalam penggunaan saluran yang sudah ada sering tidak terdeteksi adanya bridge tap yang mungkin sudah tidak difungsikan.



Gambar.II.10 Bridge Tap (a) Sederhana, (b) Bercabang

## BAB III

### INFRASTRUKTUR ADSL

Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) adalah suatu teknologi baru transmisi yang telah distandarkan ANSI T1E1.4/94-007R dan ITU G.992.1. secara simultan bekerja pada jaringan kabel tembaga untuk pengiriman data dengan mode asimetrik, pembagian pita terima (downstream) lebih besar dari pita kirim (upstream) secara proporsional sesuai kebutuhan pemakai diluar pita dasar (voiceband) yang dipakai POTS (Plain Old Telephone Service). Dengan pembagian lebar pita tersebut, ADSL dapat dilihat sebagai sistem FDM yang membagi tiga bagian dari satu loop jaringan kabel tembaga.

#### 3.1 Perkembangan Teknologi Modem

Modem adalah singkatan dari Modulator-Demodulator, yaitu perangkat yang berfungsi untuk me-modulasi sinyal informasi dan kemudian men-demodulasi kembali sinyal informasi. Untuk proses ini diperlukan perangkat pengirim (transmitter), penerima (receiver) dan media transmisi.

Awal munculnya modem adalah modem 300 bps yang akhirnya berkembang sampai modem 56,4 Kbps, semuanya bekerja pada frekuensi voiceband. Namun pengembangan modem digital kecepatan tinggi dimulai sekitar tahun 1980-an. Bellcore, lembaga riset dari suatu perusahaan Amerika yang kini menjadi AT&T

telah menghasilkan High-bit-rate Digital Subscriber Line (HDSL). HDSL dikembangkan untuk dapat menyediakan sistem saluran T1 dan E1 pada jaringan kabel tembaga, produk ini juga menjadi pertimbangan bagi pengembangan kelompok DSL lainnya dalam berbagai type yang sering disebut dengan *xDSL*.

Tabel III.1 Varian X-DSL, data rate dan mode transmisi

TYPE	DATA RATE	MODE	DESKRIPSI
HDSL	1.544/2048 Mbps	Simetrik	2 atau 4 kawat sampai 12000 feet
HDSL2	1.544/2048 Mbps	Simetrik	Hanya 1 pair kabel
SDSL	128 Kbps - 2,3 Mbps	Simetrik	Hanya 1 pair kabel
ADSL	1,5 – 8 Mbps downstream 16 – 640 Kbps upstream	Asimetrik	1 pair sampai 18000 feet dengan splitters
RADSL	1,5 – 8 Mbps downstream 16 – 640 Kbps upstream	Asimetrik	1 pair dengan splitters rate adaptif
ISDL	128 Kbps	Simetrik	Lebih 1 pair
CDSL	S/d 1 Mbps downstream 16 – 128 Kbps upstream	Asimetrik	1 pair tanpa splitters
G.Lite	S/d 1,5 Mbps downstream S/d 512 Kbps upstream	Asimetrik	1 pair tanpa splitters
VDSL	13 – 52 Mbps downstream 1,5 – 6,0 Mbps upstream	Asimetrik	1 pair jarak dekat s/d 4500 feet disesuaikan
MVL	128 – 768 Kbps	Asimetrik	S/d 24000 feet

Diantara beberapa type *xDSL* yang ada saat ini memiliki perbedaan karakteristik, seperti mode aliran data simetrik dan asimetrik, dengan satu pair kabel atau dua pair, jumlah bit-rate dan penggunaan splitter sebagai jalur suara.

Pemilihan ADSL sebagai objek pengamatan lebih didasarkan atas pertimbangan berikut :

- Ketersediaan perangkat yang ada;
- Datarate yang ditawarkan lebih tinggi, kecuali VDSL (namun untuk jarak yang lebih pendek);
- Memiliki mode asimetrik antara upstream dan downstream;
- Penggunaan satu pair kabel yang ada (tanpa penambahan saluran baru).

### 3.2 Line Coding

Teknik-teknik modulasi line coding dapat mempunyai carrier tunggal atau lebih, untuk pemisahan jalur kirim – terima menggunakan prinsip FDM (Frequency Division Multiplex). Fleksibilitas dalam menempatkan pita carrier line coding lebih baik dibandingkan dengan pembatasan pita pada modulasi baseband. Semua ini ditujukan untuk mengatasi keterbatasan saluran transmisi dalam penyediaan lebar pita, tingkat S/N dan keterbatasan elektrik lainnya.

#### 3.2.1 Modulasi Amplitudo Kuadratur (QAM)

Suatu sinyal QAM mempergunakan dua kuadratur sinyal carrier cosinus dan sinus dalam bandwidth yang sama, tiap sinyal dimodulasi oleh sederet bit informasi independen. Bentuk umum sinyal-sinyalnya secara individual adalah :

$$S_i(t) = A_i \cos(2\pi f_c t + \theta_i) \dots\dots\dots (3.1)$$

Jika sejumlah 3 bit kita gabung dalam satu grup, maka akan terdapat 8 kombinasi yang biasa disebut 8-ary sehingga indeks  $i$  mempunyai nilai 0 sampai 7, begitu juga untuk M-ary dari  $n$  bit lainnya akan dihasilkan dari  $2^n$ . Tiap  $n$  bit yang biasanya tidak



## 2.4 Modulasi baseband

Untuk mengembangkan sistem transmisi dari sistem komunikasi melalui kabel tembaga, keterbatasan karakteristiknya mengharuskan penggunaan teknik-teknik transmisi yang tepat dan sesuai, agar distorsi atau cacat yang mungkin timbul dapat ditekan sekecil mungkin dan kesalahan-kesalahan yang terjadi dapat dideteksi dan dikendalikan agar memenuhi standar-standar yang berlaku.

Dalam sistem komunikasi digital sinyal baseband harus terlebih dahulu dikonversi kedalam bentuk gelombang yang siap untuk ditransmisikan. Sinyal ini mengalami modulasi oleh suatu gelombang pembawa (carrier) dalam beberapa teknik modulasi, parameter tiap teknik modulasi dipengaruhi oleh sifat lebar pita saluran dan noise Additive White Gaussian (AWGN).

Proses modulasi ini akan merubah sinyal pembawa pada saat sinyal informasi dimasukkan kedalam modulator. Untuk sinyal analog, pembawa biasanya direpresentasikan sebagai gelombang sinus dengan amplitudo maksimal sebagai fungsi tegangan, frekuensi dan fasa  $A = a \sin(\pi ft + \theta)$ . Dari sini sinyal pembawa akan mengalami perubahan karakteristik pada amplitudonya untuk modulasi amplitudo (AM), pada frekuensinya untuk modulasi frekuensi (FM) dan pada fhasanya untuk modulasi fhasa (PM). Untuk melakukan komunikasi digital dengan mengolah informasi digit biner, maka dasar modulasi ini dapat dilaksanakan dalam skema ASK, FSK dan PSK, disamping modulasi lainnya seperti On-Off Keyed (OOK), TCM, dll serta turunan dari ASK, FSK dan PSK yang tidak dibahas disini.

### 2.4.1 ASK (Amplitude Shift Keying)

ASK diperoleh dengan memodulasi amplituda dari sinyal informasi dengan frekuensi carrier yang lebih tinggi. Jika sinyal informasi adalah sinyal biner, maka sinyal modulasi ini akan mewakili satu digit biner dalam satu perioda. Bentuk sinyal ini dapat dituliskan dalam persamaan :

$$S_i(t) = \frac{A}{2}[1 + mdi(t)]\cos(2\pi fct) \dots\dots\dots (2.2)$$

Kombinasi dua sinyal  $i=0$  dan  $i=1$  untuk mengirim, digit biner 0 dan 1. Harga  $di(t)$  bernilai +1 dan -1 dapat menentukan data bipolar,  $m$  menunjukkan index modulasi yang menentukan perbedaan amplitudo.

### 2.4.2 FSK (Frquency Shift Keying)

FSK menggunakan baseband sinyal frekuensi informasi untuk memodulasi frekuensi carrier. Bila digunakan sinyal baseband bipolar +V atau -V, maka bentuk sinyal FSK adalah hasil dari jumlah frekuensi carrier dengan deviasi frekuensi maksimum  $kfV$ .

$$f_i(t) = fc \pm kfV \dots\dots\dots (2.3)$$

Pergeseran frekuensi  $kfV$  sebesar  $\Delta f$ , sehingga bentuk gelombang FSK menjadi :

$$f_i(t) = fc + \Delta f di(t) \dots\dots\dots (2.4)$$

$di(t)$  berharga +1 atau -1 Sesuai digit biner 1 atau 0 yang dikirim, teknik ini dikenal juga dengan Binary FSK (BFSK).

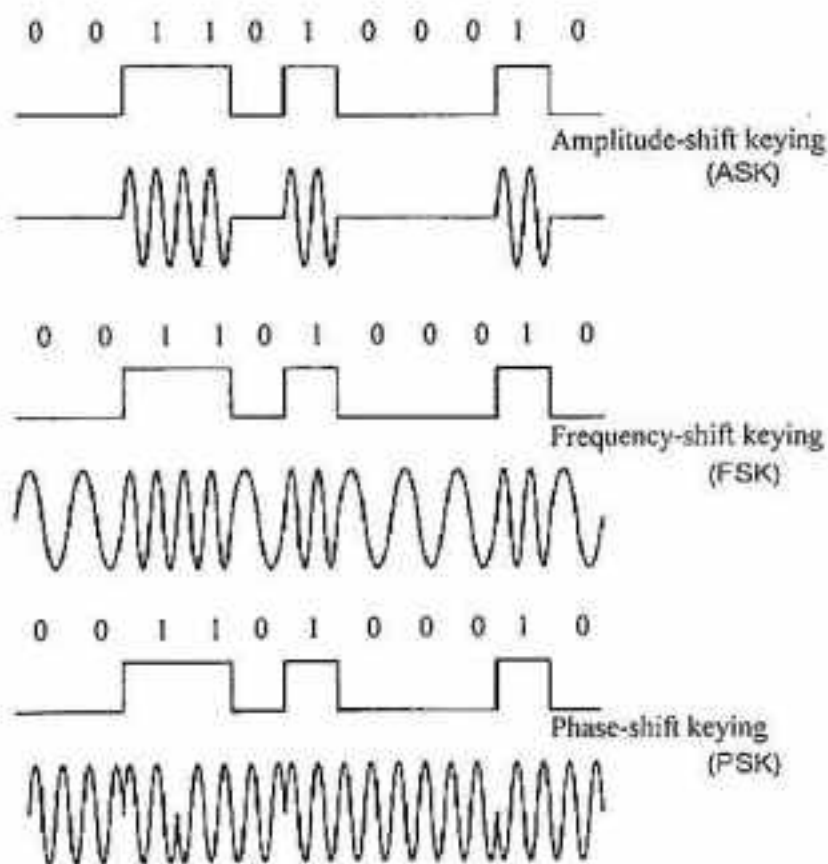
### 2.4.3 PSK (Phase Shift Keying)

PSK menggunakan dua baseband sinyal yang berbeda fasa untuk mewakili digit biner  $s_0(t) = A \cos(2\pi f_0 t + \theta_0)$  dan  $s_1(t) = A \cos(2\pi f_0 t + \theta_1)$ , dimana  $\theta_0$  dan  $\theta_1$  adalah pergeseran fasa yang konstan, atau dapat juga diekspresikan dengan :

$$s_i(t) = A \cos [2\pi f_0 t + \Delta\theta d_i(t)] \dots\dots\dots (2.5)$$

$d_i(t)$  berharga +1 atau -1 dan adalah perbedaan fasa atau index modulasi.

Modulasi ASK, FSK dan PSK selain dalam komunikasi radio teresterial, teknik-teknik ini banyak dipakai dalam modem analog konvensional yang direkomendasikan oleh ITU-T seperti V.21 sampai V.29. Bentuk gelombang sinyal secara umum seperti pada gambar :



Gambar II.3 Sinyal digital dengan modulasi ASK, FSK dan PSK

## 2.5 Transmisi pada jaringan kabel tembaga

### 2.5.1 Jaringan sebagai akses pelanggan

Jaringan akses pelanggan berfungsi sebagai media penghubung antara pelanggan (user) dengan penyedia layanan telekomunikasi, sehingga kedudukannya sangat penting dan sangat menentukan kualitas akses pelanggan dalam berinteraksi.

Kabel tembaga yang umum dipakai pada jaringan telekomunikasi ada dua jenis susunan, yakni kabel berpasangan (pair cable) tersusun atas kumpulan pasangan dan kuad bintang (star quad) masing-masing 4 konduktor, dari penempatan instalasi kabel terdapat tiga jenis, yaitu : kabel udara, kabel tanah dan kabel duct.

*Kabel Udara* : kabel yang dipasang di tiang telepon tersusun dari inti kabel dengan lapisan PE, aluminium tape shielded, polyethylene sheathed dan kabel tembaga sebagai penggantung dan penguat.

*Kabel tanah* : kabel yang ditanam didalam tanah tersusun dari inti kabel dengan lapisan PE, water blocking tape, aluminium screened, PE inner sheath, zinc coated steel tape armoured dan polyethylene sheath.

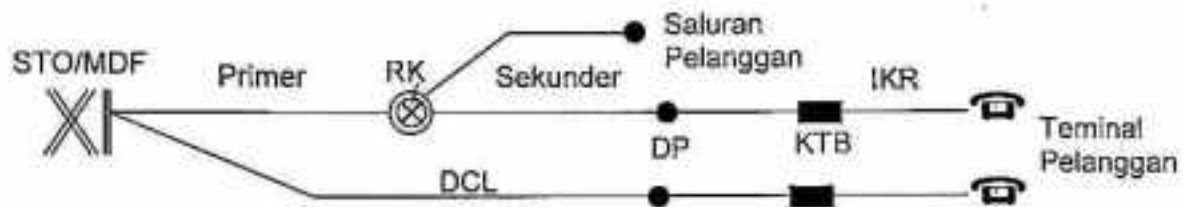
*Kabel Duct* : kabel yang dimasukkan dalam pipa duct didalam tanah, tersusun dari inti kabel dengan lapisan PE, foam skin, aluminium tape shielded, polyethylene sheathed.

Tabel II.1 Standar karakteristik kabel tembaga

Jenis Kabel	Diameter ( $\emptyset$ ) Mm	Tahanan Isolasi (M.Ohm/Km)	Tahanan Konduktor (Ohm/Km)	Kapasitansi (nF/Km) pd 800 Hz
Kabel Udara	$0,4 \pm 0.01$	10.000	65	55
Stel K-001	$0,6 \pm 0.001$	10.000	36.5	55
	$0,8 \pm 0.001$	10.000	23.4	62
Kabel Tanah	$0,4 \pm 0.01$	10.000	150	50
Stel K-008	$0,6 \pm 0.001$	10.000	65	55
	$0,8 \pm 0.001$	10.000	36.5	55
Kabel Duct	$0,4 \pm 0.01$	10.000	150	50
Spek : 68/Postel/89	$0,6 \pm 0.001$	10.000	65	55
	$0,8 \pm 0.001$	10.000	36.5	55

### 2.5.2 Struktur jaringan lokal

Yang dimaksud dengan dengan jaringan telepon lokal yang menggunakan akses kabel tembaga adalah sebagai penghubung antara MDF (Main Distribution Frame) dengan terminal pelanggan, memiliki struktur yang terdiri dari jaringan kabel primer ataupun catuan langsung , kabel sekunder, saluran penaggal dan instalasi kabel rumah (IKR).



Gambar II.4 Struktur umum jaringan lokal

## 2.6 Parameter listrik kabel

Suatu jaringan kabel tembaga memiliki karakteristik yang berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh kondisi fisik kabel, sifat dan kualitas bahan, instalasi, faktor lingkungan dan lain-lain yang mengakibatkan berubahnya parameter listrik yang dimiliki kabel tersebut.

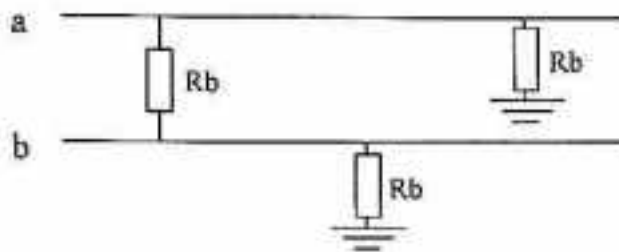
Diantara parameter listrik yang sangat penting dalam jaringan data kecepatan tinggi adalah : tahanan loop, tahanan isolasi, impedansi dan redaman saluran.

*Tahanan jerat* : (loop resistance) merupakan tahanan murni saluran dari suatu penghantar yang dihitung secara teoritis dengan rumus :

$$R = \frac{l \cdot \rho}{q} \quad (\Omega) \quad \dots \dots \dots (2.6)$$

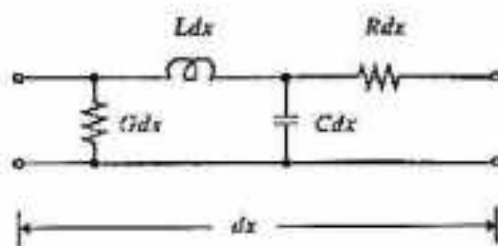
Dimana  $l$  = Panjang saluran (m),  $\rho$  = Tahanan jenis kabel, untuk tembaga = 0,0175  
dan  $q$  = Luas penampang kawat ( $\text{mm}^2$ )

*Tahanan Isolasi* : Yakni besarnya tahanan isolasi dari penghantar yang dapat menahan kebocoran listrik yang terjadi antara urat satu dengan urat kabel lainnya dan antara urat kabel dengan tanah.



Gambar II.5 Terminologi pengukuran tahanan isolasi pada kabel

Kabel tembaga berpasangan dapat dilihat sebagai suatu saluran transmisi dan dapat didekati dengan penggunaan pemodelan parameter R, G, L, C.



Gambar II.6 Model parameter jaringan

Seperti pada gambar II.6,  $x$  merupakan unit panjang kebel menyatakan harga  $R$  = resistansi internal,  $G$  = konduktansi,  $L$  = induktansi,  $C$  = kapasitansi karena adanya efek kulit (skin effect) untuk sinyal ac dan  $R$  adalah impedansi kompleks yang tidak konstan terhadap frekuensi :

$$R(\omega) = k_R (1 + j) \sqrt{\omega} \quad \Omega / km \quad \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana  $k_R$  adalah konstanta yang dipengaruhi oleh diameter, tahanan jenis kabel serta adanya efek kulit yaitu :

$$k_R = \frac{1}{\pi d_c} \left( \frac{\mu}{2\sigma} \right)^{1/2}$$

$L$  dan  $C$  relatif konstan pada frekuensi tinggi dan  $G \approx 0$  pada konstruksi kabel modern.

Dari sini didapat Impedansi karakteristik saluran  $Z_0$  ( $\Omega$ ), merupakan fungsi kompleks tergantung frekuensi, dapat dinyatakan dengan :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan suatu pendekatan  $Z_0$  dapat dinyatakan :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} + \frac{k\pi}{2\sqrt{\omega LC}}(1 - j) \dots\dots\dots (2.9)$$

Bila saluran bekerja pada frekuensi tinggi, suku kedua sangat kecil ( $\approx 0$ ), sehingga impedansi karakteristik terlihat sebagai konstanta, yakni  $Z_0 = \sqrt{L/C}$ .

Tabel II.2 Standar parameter Transmisi untuk layanan suara

Diameter ( $\emptyset$ ) mm	Tahanan Jerat (Ohm/km)	Tahanan Isolasi (M. Ohm.km)	Kapasitansi (nF/km)	Redaman (dB/km)	Impedasi/ $Z_0$ (Ohm/km)
0,4	300	$\geq 5000$	50	1,69	773
0,6	130	$\geq 5000$	50	1,11	509
0,8	73	$\geq 5000$	55	0,87	364



Tabel II.3 Panjang maksimal kabel dalam jaringan lokal untuk layanan suara

Diameter ( $\emptyset$ ) mm	Jenis kabel	SRE pd 800 Hz (dB/km)	Panjang maksimum (km)
0,4	KTJ	3,25	3,1
0,6	KTJ	1,73	6,0
0,8	KTJ	1,13	9,2

Dari Gambar II.6, bila rangkaian diasumsikan sebagai suatu filter mendapat masukan sinyal dengan kecepatan sudut sebesar  $\omega$ , maka fungsi transfer rangkaian dapat dimodelkan sebagai :

$$H(d, \omega) = e^{-d\gamma(\omega)}$$

Dimana  $\gamma(\omega) = \alpha(\omega) + j\beta(\omega)$  merupakan redaman ( $\alpha$ ) dan fasa ( $\beta$ ). Dapat dinyatakan juga sebagai  $\gamma(\omega) = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$

Dengan suatu pendekatan diperoleh :

$$\alpha(\omega) = \frac{k_R}{2} \sqrt{\frac{\omega C}{L}} + j \left( \omega \sqrt{LC} + \frac{k_R}{2} \sqrt{\frac{\omega C}{L}} \right)$$

Dari sini terlihat harga redaman dan fasa (dB) masing-masing :

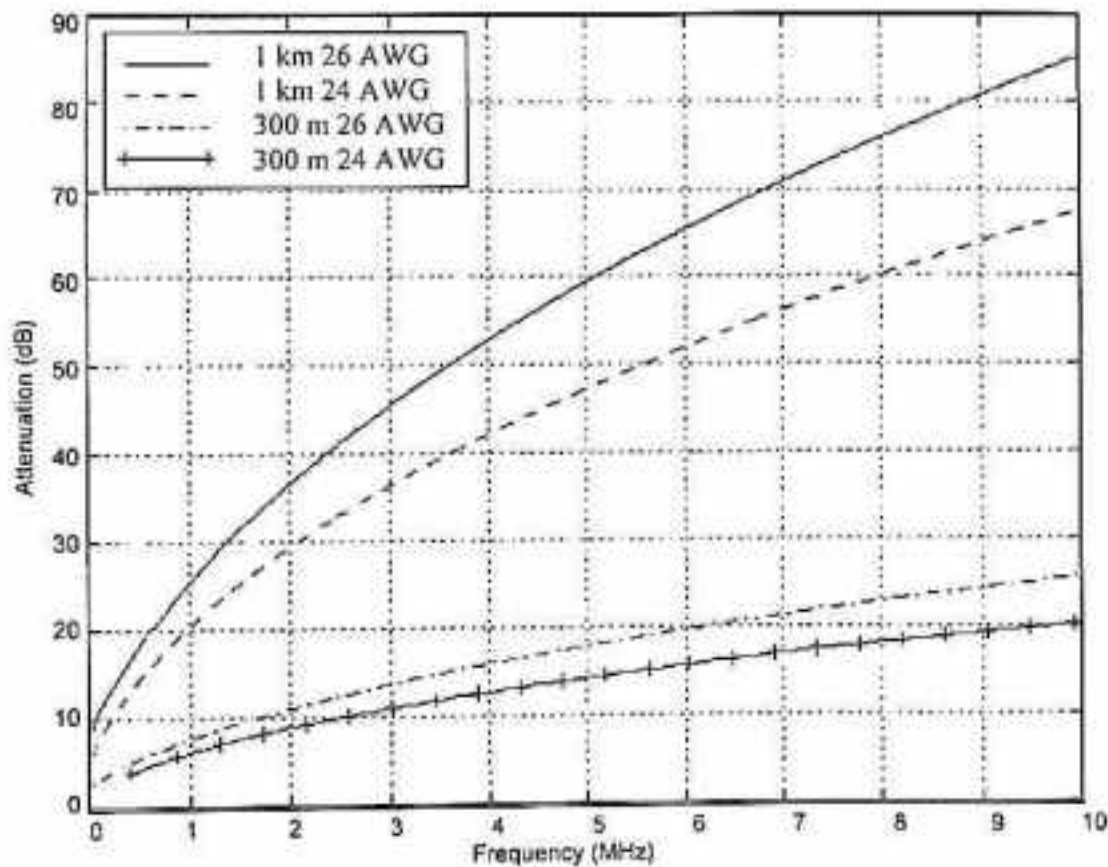
$$\alpha(\omega) = \frac{k_R}{2} \sqrt{\frac{\omega C}{L}} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$\beta = \omega \sqrt{LC} + \frac{k_R}{2} \sqrt{\frac{\omega C}{L}} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dari kabel sepanjang  $d$ , maka diperoleh fungsi transfer terhadap  $f$  :

$$H_{dB}(d, f) = 20 \log_{10} |H(d, f)| = -8,686 d \times k_R \sqrt{\frac{\pi f C}{2L}}$$

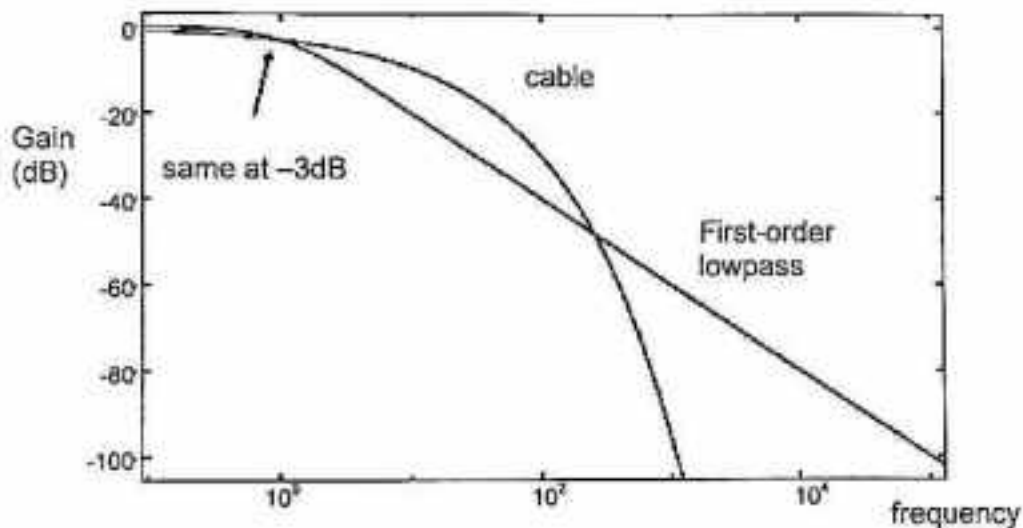
Disini terlihat adanya korelasi panjang kabel  $d$  dan konstanta  $k_R$  yang dipengaruhi diameter konduktor. Dalam sebuah laporan *Texas Instruments* mengilustrasikan pengaruh tersebut dalam grafik 2-4, dimana 4 kabel panjang 300 m dan 1 km, diameter 26 AWG dan 24 AWG (standar American Wire Gauge) setara dengan 0,4 mm dan 0,5 mm.



(sumber : Texas Instruments)

Gambar. II.7 Fungsi redaman terhadap kabel 24 AWG-26 AWG

Sehingga gain (dB) yang terjadi berbanding terbalik secara proporsional dengan akar frekuensi, karena  $R(f)$  akan sebanding dengan  $\sqrt{f}$ . Respon yang terjadi seperti pada gambar diatas.



(sumber : [www.eecg.toronto.edu/~johns](http://www.eecg.toronto.edu/~johns))

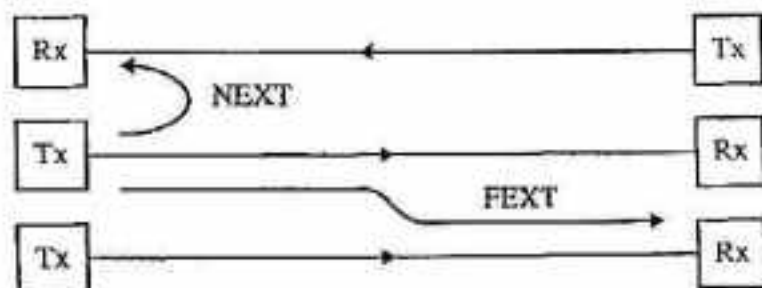
Gambar. II.8 Perbandingan penguatan dari kabel ideal dengan LPF

## 2.7 Cakap silang (Crosstalk)

Bila beberapa kabel berpasangan digabung bersama dalam satu bundel kabel multipair, antar pasangan kabel dapat terjadi kebocoran sinyal. Kebocoran sinyal ini dikenal dengan cakap silang (crosstalk) merupakan salah satu nois yang sangat diperhitungkan dalam sistem transmisi kabel. Dari penggunaan bersama fisik dan listrik dari pelindung suatu kabel akan mempengaruhi kopling kapasitif dan induktif.

Efek dari cakap silang dapat diminimisasi dengan menyesuaikan susunan pair yang berbeda pasangan menjadi satu kelompok. Pada sistem transmisi kabel yang

menggunakan frekuensi diatas frekuensi suara, cakup silang dapat menjadi faktor pembatas pencapaian laju transmisi.



Gambar II.9 Ilustrasi dari NEXT dan FEXT

### 2.7.1 Ujung dekat (NEXT = Near -End Crosstalk)

NEXT didefinisikan sebagai efek cakup silang antara suatu lintasan penerima dengan lintasan pengirim dari suatu transceiver pada sisi ujung yang sama dari saluran yang berbeda pada jaringan kabel. Nois NEXT yang diterima oleh suatu transceiver berupa sinyal yang dikirim dari transceiver lainnya bila spektrum frekuensi yang digunakan adalah sama atau tipe transceiver yang sama.

Nilai dari NEXT dapat dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$\text{NEXT} = 10 \log K_n + 15 \log f \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana  $K_n$  : konstanta NEXT yang tergantung dari jenis kabel.

$$K_n = \frac{4\pi}{(k_1 + k_2)} \left\{ \frac{CZ_0}{8} - \frac{L}{Z_0} \right\}^2$$

$$k_1 = \sqrt{R_1 \cdot C_1} \quad ; \quad k_2 = \sqrt{R_2 \cdot C_2}$$

$R_{1,2}$  : Resistansi saluran terganggu dan saluran pengganggu

$Z_0$  : Impedansi karakteristik saluran terganggu

C, L : Kapasitansi dan induktansi kopling antara saluran pengganggu dan terganggu

### 2.7.2 Ujung jauh (FEXT = Far-End Crosstalk)

FEXT didefinisikan sebagai efek cakap silang antara suatu lintasan penerima dengan lintasan pengirim dari suatu tranceiver pada sisi ujung yang berbeda dari saluran yang berbeda pada jaringan kabel. Nois NEXT yang diterima oleh suatu tranceiver berupa sinyal yang dikirim dari tranceiver lainnya bila spektrum frekuensi yang digunakan adalah sama atau tipe tranceiver yang sama.

Nilai FEXT dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{FEXT (dB)} = 10 \log K_f + 20 \log f + 10 \log L \dots \dots \dots (2.13)$$

L : Panjang saluran (m)

$K_f$  : Konstanta FEXT, nilainya tergantung pada jenis kabel dan frekuensi yang digunakan.

$$K_f = \frac{4\pi^2}{e^{\sqrt{\omega R_1 C_2}}} \left\{ \frac{C Z_0}{8} - \frac{L}{Z_0} \right\}$$

$R_1$  : Tahanan jerat saluran pengganggu

$C_2$  : Kapasitansi saluran pengganggu

C, L : Kapasitansi dan induktansi kopel antara saluran pengganggu dengan terganggu

$Z_0$  : Impedansi karakteristik

Standar parameter Jaringan kabel tembaga PT. TELKOM untuk ADSL berdasarkan PPJT-2000 adalah :

Tabel II.4 Standar parameter jaringan PPJT-2000 untuk ADSL

PARAMETER	SATUAN	0,4 mm	0,6 mm	0,8 mm	KETERANGAN
Tahanan jerat	Ohm.km	300	130	73	
Tahanan Isolasi	M.Ohm	$\geq 5000$	$\geq 5000$	$\geq 5000$	
Redaman	dB	$\leq 36$	$\leq 36$	$\leq 36$	2 MBps
	dB	$\leq 30$	$\leq 30$	$\leq 30$	4 MBps
	dB	$\leq 25$	$\leq 25$	$\leq 25$	6 MBps
Impedansi ( $Z_0$ )	Ohm	-	120	-	F = 300 kHz
Cakap silang	dB	$\geq 75$	$\geq 75$	$\geq 75$	

## 2.8 Kemungkinan kondisi fisik

Area jaringan lokal selalu berkembang sesuai permintaan pelanggan, hal ini sering menjadi pertimbangan bagi perusahaan telekomunikasi dalam menyediakan jaringan, sehingga banyak usaha yang dapat dilakukan untuk memenuhinya antara lain dengan memasang konsentrator, remote terminal, dll.

Namun dengan semakin panjangnya jaringan akan menyebabkan penurunan kualitas sinyal listrik dan justru meningkatkan kapasitansi, induktansi dan resistensi saluran, yang akhirnya menyebabkan sinyal semakin lemah. Untuk itu sering digunakan loading coil pada saluran-saluran yang lebih dari 6 km.

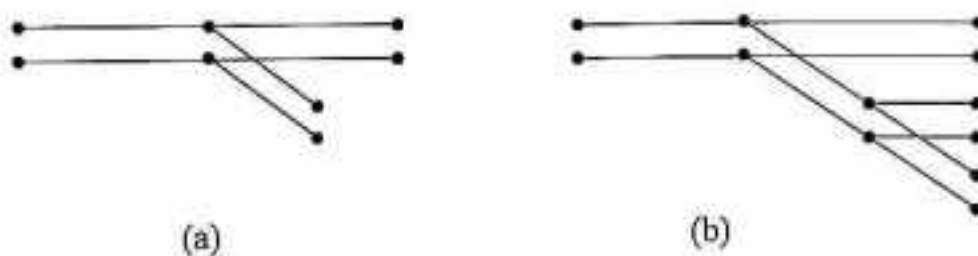
### 2.8.1 Loading Coil

Loading coil mampu memodifikasi karakteristik redaman dan delay suatu jaringan lokal mendekati bentuk passband yang diinginkan sehingga dapat memperbaiki kualitas suara, namun pengoperasian loading coil akan membatasi sinyal kedalam pita suara. Karena DSL bekerja pada frekuensi lebih dari pita suara, maka loading coil harus dilepaskan dari saluran.

### 2.8.2 Bridge Tap

Pembatasan lain yang dapat terjadi pada jaringan lokal adalah bridge tap, yaitu adanya sambungan paralel yang tidak digunakan atau dalam posisi terbuka yang terletak diantara pelanggan dengan sentral. Kondisi seperti ini dapat melemahkan sinyal dan menimbulkan sinyal pantul karena ujung kabel yang tidak digunakan ini dapat berfungsi sebagai antena bagi gelombang elektromagnetik lainnya.

Untuk menjaga kemampuan DSL, bridge tap juga harus dilepaskan dari saluran, meskipun dalam penggunaan saluran yang sudah ada sering tidak terdeteksi adanya bridge tap yang mungkin sudah tidak difungsikan.



Gambar.II.10 Bridge Tap (a) Sederhana, (b) Bercabang

## BAB III

### INFRASTRUKTUR ADSL

Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) adalah suatu teknologi baru transmisi yang telah distandarkan ANSI T1E1.4/94-007R dan ITU G.992.1. secara simultan bekerja pada jaringan kabel tembaga untuk pengiriman data dengan mode asimetrik, pembagian pita terima (downstream) lebih besar dari pita kirim (upstream) secara proporsional sesuai kebutuhan pemakai diluar pita dasar (voiceband) yang dipakai POTS (Plain Old Telephone Service). Dengan pembagian lebar pita tersebut, ADSL dapat dilihat sebagai sistem FDM yang membagi tiga bagian dari satu loop jaringan kabel tembaga.

#### 3.1 Perkembangan Teknologi Modem

Modem adalah singkatan dari Modulator-Demodulator, yaitu perangkat yang berfungsi untuk me-modulasi sinyal informasi dan kemudian men-demodulasi kembali sinyal informasi. Untuk proses ini diperlukan perangkat pengirim (transmitter), penerima (receiver) dan media transmisi.

Awal munculnya modem adalah modem 300 bps yang akhirnya berkembang sampai modem 56,4 Kbps, semuanya bekerja pada frekuensi voiceband. Namun pengembangan modem digital kecepatan tinggi dimulai sekitar tahun 1980-an. Bellcore, lembaga riset dari suatu perusahaan Amerika yang kini menjadi AT&T



telah menghasilkan High-bit-rate Digital Subscriber Line (HDSL). HDSL dikembangkan untuk dapat menyediakan sistem saluran T1 dan E1 pada jaringan kabel tembaga, produk ini juga menjadi pertimbangan bagi pengembangan kelompok DSL lainnya dalam berbagai type yang sering disebut dengan *xDSL*.

Tabel III.1 Varian X-DSL, data rate dan mode transmisi

TYPE	DATA RATE	MODE	DESKRIPSI
HDSL	1.544/2048 Mbps	Simetrik	2 atau 4 kawat sampai 12000 feet
HDSL2	1.544/2048 Mbps	Simetrik	Hanya 1 pair kabel
SDSL	128 Kbps - 2,3 Mbps	Simetrik	Hanya 1 pair kabel
ADSL	1,5 – 8 Mbps downstream 16 – 640 Kbps upstream	Asimetrik	1 pair sampai 18000 feet dengan splitters
RADSL	1,5 – 8 Mbps downstream 16 – 640 Kbps upstream	Asimetrik	1 pair dengan splitters rate adaptif
ISDL	128 Kbps	Simetrik	Lebih 1 pair
CDSL	S/d 1 Mbps downstream 16 – 128 Kbps upstream	Asimetrik	1 pair tanpa splitters
G.Lite	S/d 1,5 Mbps downstream S/d 512 Kbps upstream	Asimetrik	1 pair tanpa splitters
VDSL	13 – 52 Mbps downstream 1,5 – 6,0 Mbps upstream	Asimetrik	1 pair jarak dekat s/d 4500 feet disesuaikan
MVL	128 – 768 Kbps	Asimetrik	S/d 24000 feet

Diantara beberapa type *xDSL* yang ada saat ini memiliki perbedaan karakteristik, seperti mode aliran data simetrik dan asimetrik, dengan satu pair kabel atau dua pair, jumlah bit-rate dan penggunaan splitter sebagai jalur suara.

Pemilihan ADSL sebagai objek pengamatan lebih didasarkan atas pertimbangan berikut :

- Ketersediaan perangkat yang ada;
- Datarate yang ditawarkan lebih tinggi, kecuali VDSL (namun untuk jarak yang lebih pendek);
- Memiliki mode asimetrik antara upstream dan downstream;
- Penggunaan satu pair kabel yang ada (tanpa penambahan saluran baru).

### 3.2 Line Coding

Teknik-teknik modulasi line coding dapat mempunyai carrier tunggal atau lebih, untuk pemisahan jalur kirim – terima menggunakan prinsip FDM (Frequency Division Multiplex). Fleksibilitas dalam menempatkan pita carrier line coding lebih baik dibandingkan dengan pembatasan pita pada modulasi baseband. Semua ini ditujukan untuk mengatasi keterbatasan saluran transmisi dalam penyediaan lebar pita, tingkat S/N dan keterbatasan listrik lainnya.

#### 3.2.1 Modulasi Amplitudo Kuadratur (QAM)

Suatu sinyal QAM mempergunakan dua kuadratur sinyal carrier cosinus dan sinus dalam bandwidth yang sama, tiap sinyal dimodulasi oleh sederet bit informasi independen. Bentuk umum sinyal-sinyalnya secara individual adalah :

$$S_i(t) = A_i \cos(2\pi f_0 t + \theta_i) \dots\dots\dots (3.1)$$

Jika sejumlah 3 bit kita gabung dalam satu grup, maka akan terdapat 8 kombinasi yang biasa disebut 8-ary sehingga indeks  $i$  mempunyai nilai 0 sampai 7, begitu juga untuk M-ary dari  $n$  bit lainnya akan dihasilkan dari  $2^n$ . Tiap  $n$  bit yang biasanya tidak

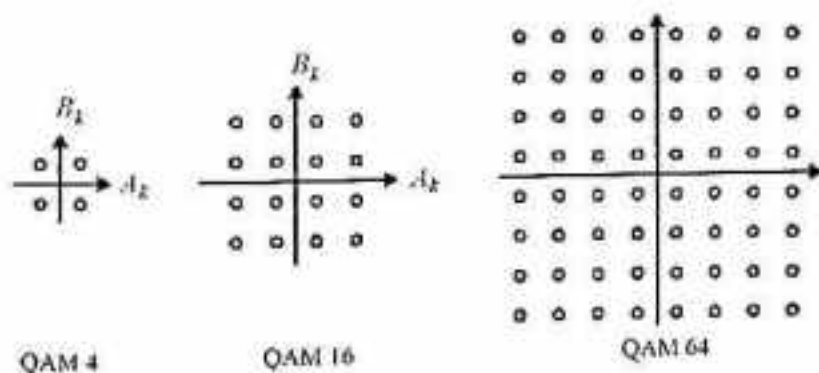
lebih dari 8 bit diwakili satu sinyal setelah melalui modulator QAM akan dilewatkan pada suatu filter pemberi bentuk (baseband shaping filter) untuk mengurangi interferensi antar simbol. Maka bila dilihat dalam satu selang waktu perioda  $T$  keluarannya menjadi :

$$f(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} a_i g(t-iT) \cos \omega_c t - \sum_{i=-\infty}^{\infty} b_i g(t-iT) \sin \omega_c t \dots\dots\dots (3.2)$$

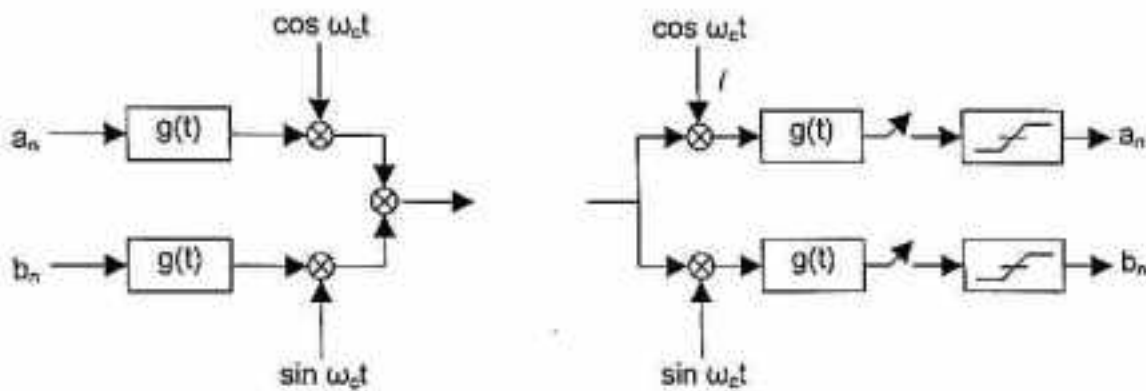
Dimana :  $a_i$  : Simbol-simbol data dalam fasa kanal  
 $b_i$  : Simbol-simbol kanal kuadratur  
 $g(t)$  : Filter baseband pemberi bentuk

Kombinasi besaran real amplitudo dengan fasa imajiner menghasilkan suatu bilangan kompleks  $C_i = a_i + jb_i$ , menghasilkan sejumlah konstelasi simbol yang dapat dibentuk dari kuadrat bit, seperti QAM 2 bit (dibit), QAM 3 bit (tribit), dan seterusnya.

Implementasi QAM 16-keadaan seperti yang digunakan dalam modem analog dengan rekomendasi ITU-T V.29 bekerja pada rate 9600 bps, menggunakan frekuensi carrier 1700 Hz atau 1650 Hz, juga pada V.32 sampai V.34. Contoh representasi pergeseran fasa bersama 4 bit:



Gambar III.1. Konstelasi 4-QAM, 16-QAM dan 64-QAM



Gambar III.2 Blok diagram transceiver QAM

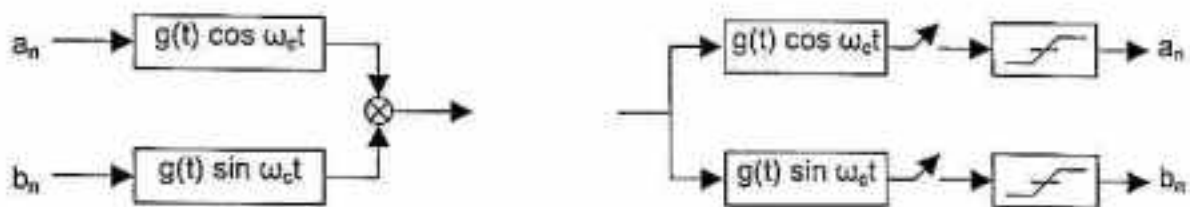
### 3.2.2 CAP (Carrierless AM/PM Modulation)

CAP adalah pengembangan dari QAM sama-sama tergolong dalam teknik sinyal pembawa tunggal (single carrier), aliran data dibagi dua dalam dua gelombang pembawa ortogonal sebelum dikombinasi dan di-transmisikan, pada system CAP gelombang pembawa di-eliminir serta menempatkan filter fasa masukan (in-phase filter) dan filter kuadratur (quadrature filter) menggantikan filter lolos rendah (LPF) terdapat pada QAM, dari sini CAP menghasilkan dua sinyal ortogonal langsung dalam bentuk digital sementara QAM dalam analog.

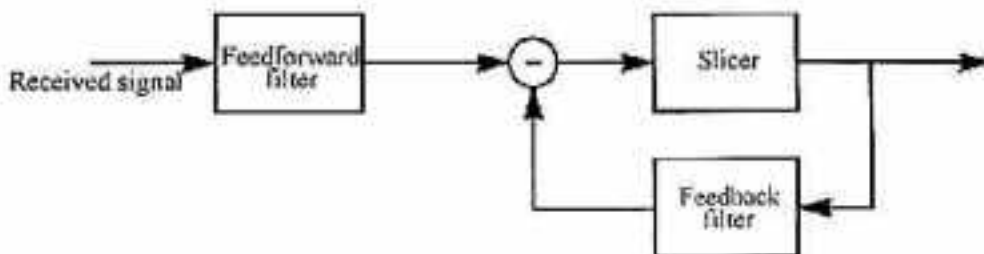
Setelah melewati dua filter digital tranfersal yang sesuai dengan karakteristik amplitudo sinyal-sinyal tersebut dikombinasikan dan diteruskan ke DAC, kemudian data tersebut di-transmisikan.

Perbedaannya dengan QAM adalah dalam pergeseran fasa,  $2\pi f_c T$ , dari sinyal carrier antara subsekuensial transmisi. CAP lebih mudah diimplementasikan, gelombang pembawa kuadratur sudah menjadi bagian dari pulsa yang dikirimkan. Bagian yang cukup kritis pada penerima CAP adalah equalizer, yang diperlukan

untuk meng-kompensasi kerusakan sinyal dalam saluran. Contoh dari suatu equalizer adalah DFE (*Decision-Feedback Equalizer*).



Gambar III.3 Blok diagram transceiver CAP.



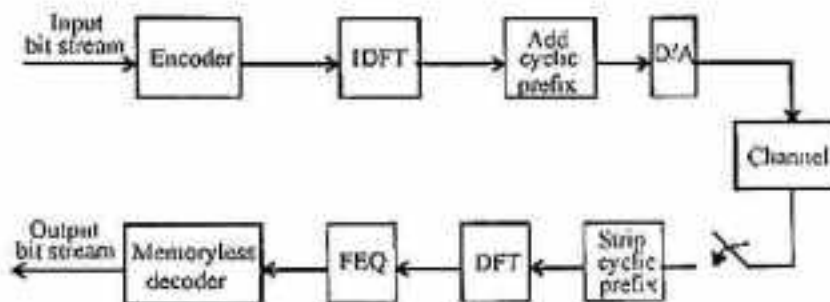
Gambar III.4 Blok diagram equalizer DFE

### 3.2.3 DMT (Discrete Multitone)

DMT adalah suatu skema modulasi yang mempergunakan banyak gelombang pembawa seperti sistem *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) yang banyak dipakai sistem komunikasi radio, tetapi dengan perbedaan bahwa pada DMT konstelasi ukuran tiap pembawa disesuaikan dengan signal-to-noise ratio (SNR) yang tersedia, hal ini disebut dengan algoritma bit-loading.

Pembagian lebar pita kanal dalam sejumlah sub-kanal pada DMT dilakukan secara multipel, karakteristik tiap sub-kanal didasarkan pada SNR yang diukur pada titik tengah sub-kanal, rata-rata tingkat kemungkinan error yang diharapkan dan target bit-rate. Dari sumber aliran data bit di-kodekan kedalam suatu set subsymbol-QAM kemudian ditransformasikan menjadi informasi kompleks-ke-real per blok oleh

IDFT (Invers Discrete Fourier Transform) yang sering diimplementasikan menggunakan FFT (Fast Fourier Transform), diikuti dengan cyclic prefix untuk memperbesar sampel keluaran agar mengurangi interferensi intersymbol, keluaran ini selanjutnya dikonversi oleh DAC sebelum ditransmisikan ke dalam kanal.



Gambar III.5 Blok diagram transceiver DMT

Pada sisi terima setelah melalui ADC cyclic prefix dilepaskan kembali sampel tersebut dikonversi kedalam domain frekuensi oleh DFT. Tiap nilai keluaran diskalakan dengan suatu bilangan kompleks untuk mengkompensasi magnitud dan fasa dari respon frekuensi sub-kanalnya. Satu pasang bilangan kompleks dari satu sub-kanal disebut Frequency-Domain-Equalizer (FEQ). Setelah FEQ mengeluarkan sub-simbol kemudian di-kodekan kembali oleh Memoryless Detector secara simbol per simbol menjadi aliran bit semula.

### 3.3 Nois dan distorsi

Nois adalah kombinasi dari sinyal-sinyal yang tidak dikehendaki yang mungkin datang dari bermacam sumber seperti sistem transmisi yang lain atau pengaruh keadaan disekitar kanal dapat menimbulkan pengrusakan (impairment) sinyal informasi. Diantara sumber nois yang sangat berpengaruh adalah nois impuls.

cakap silang (cosstalk), interferensi frekuensi radio serta noise thermal yang sering dimodelkan dengan AWGN (Additive White Gaussian Noise).

### 3.3.1 Noise impuls

Noise ini berasal dari saklar/switch, relay dan peralatan listrik lainnya yang dapat membangkitkan hentakan (impulse) pada saat peralatan tersebut bekerja. Seperti pada peralatan POTS terdahulu yang banyak menggunakan mekanis pengaruh noisnya lebih besar lagi.

Dalam beberapa penelitian mengatakan rata-rata panjang suatu impuls 2-20  $\mu$ s, sistem multi carrier (DMT) pengaruh noise akan terasa bagi satu kanal carrier pada tiap simbol DMT, dengan PSD sekitar -90 sampai -100 dBm/Hz. Energi noise ini akan terpecah ke seluruh carrier-DMT, sehingga pengaruhnya lebih kecil bagi tiap carrier. Sedang pada sistem CAP/QAM energi noise akan membebani pada single carrier yang digunakan.

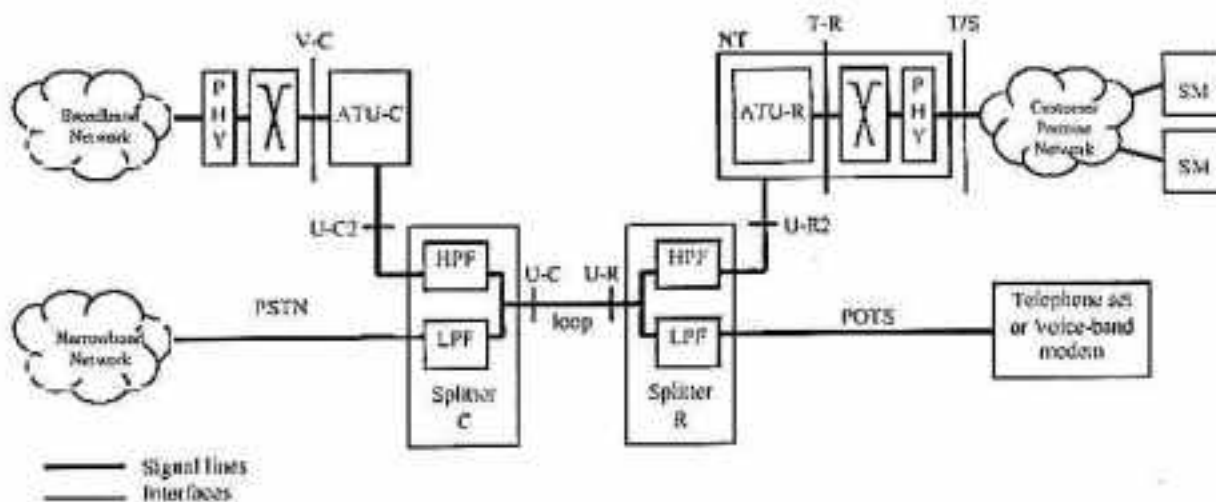
### 3.3.2 Interferensi Frekuensi Radio (RFI)

Karena banyaknya frekuensi radio yang bekerja pada frekuensi yang digunakan oleh ADSL berpotensi menyebabkan masalah dalam kompatibilitas spektrum dengan pengguna frekuensi lainnya. Hal ini disebabkan oleh konstruksi saluran kabel berpasangan (tanpa pelindung) bekerja seolah-olah seperti suatu antena yang dapat mengirim dan menerima sinyal sehingga pengaruh medan elektromagnetis diseperti kabel mengakibatkan tegangan amplitudo sinyal terganggu. Contoh RFI dari pemakai radio amatir atau pemancar radio broadcast lainnya, akan sangat terasa dalam jarak dekat (10 meter) bila memancarkan daya 400 W bisa interferensi sebesar -5 dBm.

### 3.4 Sistem arsitektur

Model referensi dari blok diagram dasar sistem ADSL terlihat penguraian alur data dari ATU-C (ADSL Tranceiver Unit – Central Office) yang datanya akan dikonversikan kedalam sinyal analog, kemudian dibawa oleh sinyal POTS menuju unit remote ATU-R (ADSL Tranceiver Unit –Remote) dan sebaliknya ATU-C menerima dan mengkodekan data yang datang dari arah ATU-R (pelanggan).

Splitter berfungsi untk memisahkan dan menggabungkan sinyal suara dan data sesuai arah transmisi, sekaligus memproteksi interferensi antara pita suara dan sinyal data.



(Sumber ITU-T G.992.1 06/99)

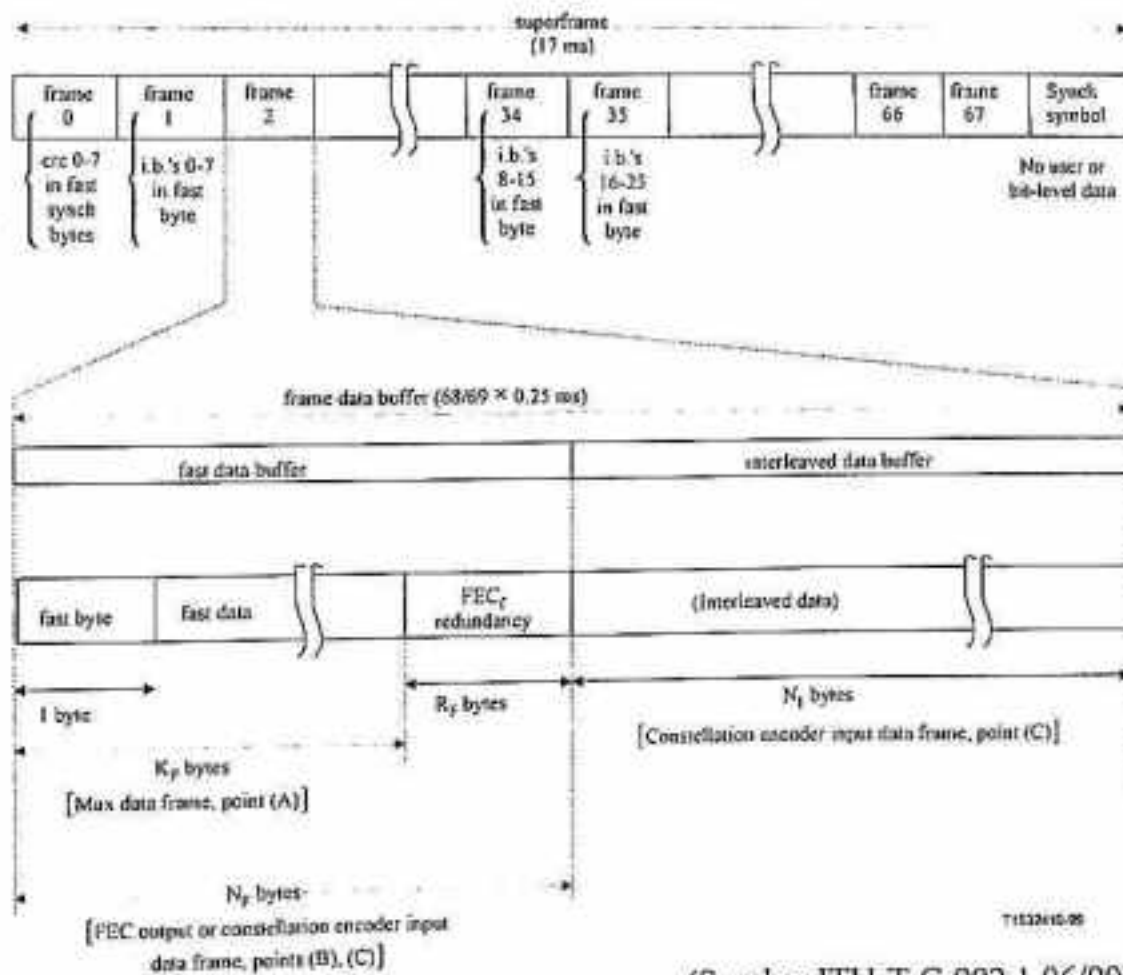
Gambar III.6 Model referensi sistem ADSL

- V : Antar muka logic antara ATU-C dengan elemen jaringan digital
- U-C : Antar muka jaringan kabel dengan bagian sentral
- U-R : Antar muka jaringan kabel dengan remote
- T-S : Antar muka antara ATU-R dengan SM
- SM : Srvce Module
- MTS : Message Telecommunication Service (POTS)



### 3.5 Framing

Kanal data upstream dan downstream di-sinkronisasi pada laju simbol 4 kHz DMT, dan di-multiplex kedalam dua buffer yang terpisah (fast dan interleaved). ADSL menggunakan struktur superframe seperti pada gambar III.7. Tiap superframe diuraikan dalam 68 frame data, yang dikodekan dan dimodulasi kedalam simbol-simbol DMT. Dari tingkatan bit dan perspektif data pemakai, laju simbol DMT adalah 4000 baud (dalam perioda = 250  $\mu$ s), ditambah simbol sinkronisasi menjadi  $69/68 \cdot 4000$  baud.



(Sumber ITU-T G.992.1 06/99)

Gambar III.7 Struktur super-frame dari transmitter ATU-C

Tiap superframe disiapkan 8 bit crc, 24 bit indikator (ib0-ib23) ditempatkan sebagai fungsi OAM. Jadi byte cepat dari buffer data cepat (fast data/buffer) membawa bit crc, eoc atau bit sinkronisasi, selama proses inisialisasi semua aliran data pemakai akan ditempatkan kedalam buffer tersebut.

### 3.6 Koreksi kesalahan (Error correction)

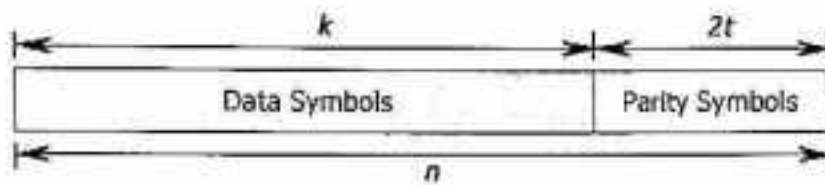
Dalam transmisi digital dengan metoda line coding tertentu dapat terjadi kesalahan (Error) karena adanya faktor noise pada kanal, penggunaan kode-kode koreksi kesalahan dapat meredam laju kesalahan transmisi yang terjadi dan untuk menjamin performansi perangkat secara optimal. Terdapat dua golongan utama metoda koreksi kesalahan yaitu kode blok dan kode konvolusi. Kode blok membagi sejumlah simbol informasi tiap blok, sedangkan kode konvolusi berdasarkan jumlah bit informasi secara sekuensial. Metoda-metoda ini juga sering disebut sebagai Forward Error Correction (FEC).

Berdasarkan metoda perbaikan yang ada seperti parity check, Reed-solomon, convolution, trellis, dll, yang umumnya dipakai oleh DSL berbasiskan pada sistem coding Reed-Solomon dan trellis coding modulation.

#### 3.6.1 Kode Reed-solomon (RS)

Kode RS sebagai fungsi  $(n,k)$  mengkodekan sejumlah  $m$ -bit simbol kedalam suatu blok  $n = 2^m - 1$  dari suatu simbol data berukuran  $k$ , kode RS dapat mengkoreksi sampai dengan  $t$  simbol yang mengalami kesalahan, dengan ukuran simbol parity-check  $2t = (n-k)$  jumlah byte dan ukuran bit kode tergantung pada jumlah penempatan bit ke dalam buffer fast atau interleaved.

Kode Reed-solomon dalam buffer interleave tersusun secara konvolusional, dengan nilai 16, 32 atau 64 (32 atau 64 untuk sistem 2.048 Mbit/s).

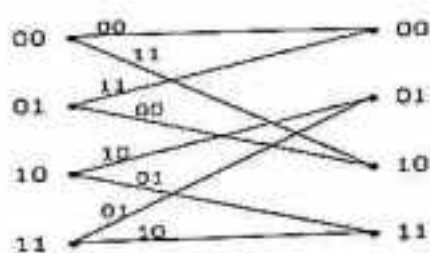


Gambar III.8 Struktur kode Reed-Solomon

### 3.6.2 Kode Trellis

Suatu pengkodean konvolusi dapat direpresentasikan dalam bentuk diagram pohon, diagram keadaan dan diagram trellis, namun yang paling sesuai adalah diagram trellis. Diagram Trellis merupakan kombinasi keadaan transisi dan keadaan keluaran. Bila laju kode  $r = k / n$  dimana  $k$  adalah jumlah bit masukan paralel dan  $n$  adalah jumlah bit keluaran yang dikodekan pada satu interval waktu, maka panjang kode konvolusi  $K = m + 1$  dengan  $m$  adalah ukuran maksimum memori dalam tiap register yang menyimpan keadaan informasi dari enkoder.

Sebuah contoh diagram trellis  $m = 2$ , menghasilkan  $K = 4$ , dalam satu selang waktu adalah :



Gambar III.9 Diagram Trellis

Sebelah kiri menyatakan keadaan sekarang dan kanan adalah keadaan berikutnya, tiap keadaan sekarang memiliki 2 cabang, cabang atas bila masukan 0 dan cabang bawah bila masukan 1, label cabang menyatakan bit keluaran bit encoder.

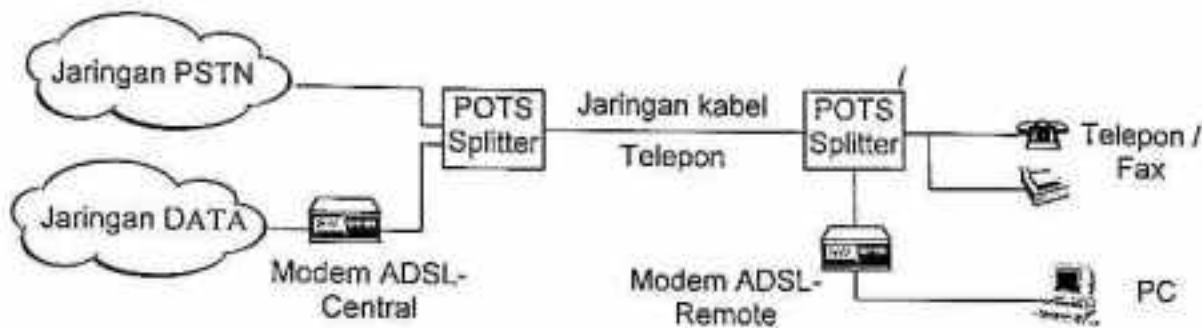
### 3.7 Kapasitas transport ADSL

Kelas transport ADSL untuk bearer nx2.048 Mbps dibedakan dengan 2M-1, 2M-2 dan 2M-3 yang mana 2M-1 menghubungkan laju transmisi yang paling tinggi dan batas jangkauan yang paling rendah.

Kapasitas transport downstream ADSL dasar adalah dari 2.048 Mbps sampai 6.144 Mbps. Pada 6.144 Mbps ini mungkin mencapai jarak sekitar 3 kilometer. Semakin rendah laju transmisi maka semakin panjang jangkauan yang dapat dicapai. Batas tertinggi yang pernah didapat dari pengetesan adalah sekitar 9 kilometer. Laju data mungkin dicapai lebih dari 52 Mbps dan 155 Mbps, menghubungkan jarak 1 mil dan  $\frac{1}{4}$  mil, jika media transmisi yang digunakan adalah serat optik Dengan menggunakan DMT ADSL juga dapat menggunakan laju data lainnya, laju data yang tepat sangat tergantung pada antar muka yang digunakan. Sehingga sistem ini fleksibel untuk mendukung kebutuhan kanal seperti system T1.

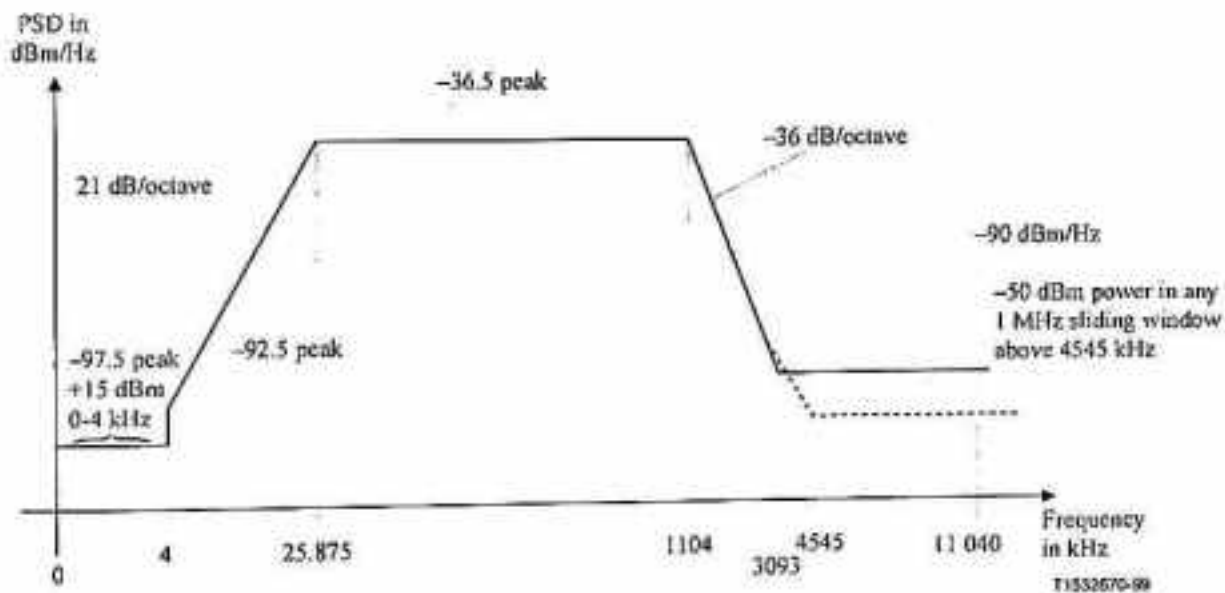
### 3.8 POTS Splitter

ADSL mengkonversi saluran telepon (POTS) kedalam saluran digital kecepatan tinggi dengan menyediakan layanan telepon, faximile maupun akses internet kecepatan tinggi secara simultan. Pemisahan kanal suara dengan kanal data dilakukan dengan menempatkan suatu alat pemisah (POTS Splitter) yang dapat membedakan frekuensi tinggi dan frekuensi rendah. Yaitu pita frekuensi suara 0 – 4 kHz dan pita frekuensi ADSL 25,875 – 1104 kHz.



Gambar III.10 Jaringan ADSL dengan POTS Splitter

Pengalokasian frekuensi suara (0-4 KHz) diberikan dengan level  $-97.5$  dB dan daya maksimum  $15$  dBm, sedangkan untuk komunikasi data dengan level maksimum  $-34.5$  dB, hal ini dapat dilihat pada spektrum transmitter ITU-R berikut.



(Sumber ITU-T G.992.1 06/99)

Gambar III.11 Spektrum frekuensi transmitter ATU-R

Spektrum ini dibagi dalam 256 sub-kanal masing-masing sebesar  $4.3125$  kHz, sub-kanal pertama digunakan untuk POTS, sub-kanal 2 - 6 tidak digunakan, sub-kanal 7 - 32 ( $25,875$ - $138$  kHz) digunakan untuk upstream, sub-kanal 33 - 256 ( $138$  -  $1104$  kHz) digunakan untuk downstream.

Tabel III.2 Level spektrum frekuensi transmitter ATU-C

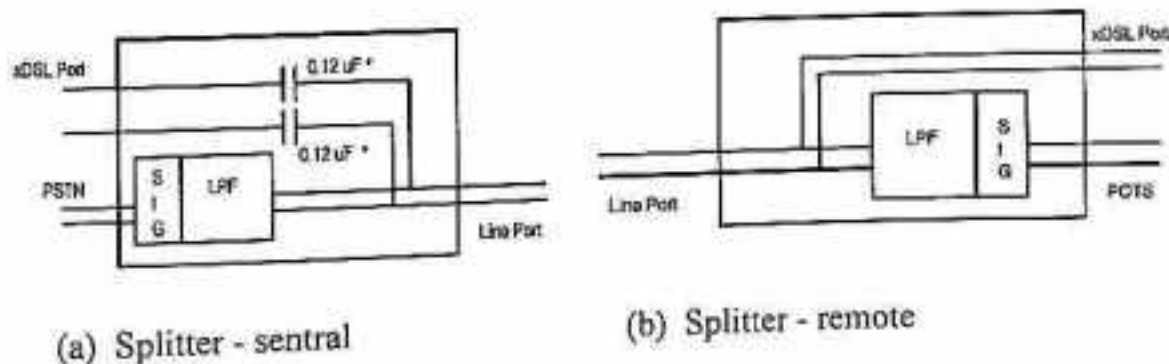
Band Frekuensi $f$ (kHz)	Persamaan garis PSD (dBm/Hz)
$0 < f < 4$	-97.5, daya maksimum pada pita 0-4 kHz adalah +15 dBm
$4 < f < 25.875$	$-92.5 + 21 \times \log_2 (f/4)$
$25.875 < f < 1104$	-36.5
$1104 < f < 3093$	$-36.5 - 36 \times \log_2 (f/1104)$
$3093 < f < 4545$	-90 puncak, daya maksimum dalam ruang $[f, f + 1 \text{ MHz}]$ adalah $(-36.5 - 36 \times \log_2 (f/1104) + 60)$ dBm
$4545 < f < 11\ 040$	-90 puncak, daya maksimum dalam ruang $[f, f + 1 \text{ MHz}]$ adalah -50 dBm

### 3.8.1 Splitter pasif

Kebanyakan POTS splitter dirancang sebagai splitter pasif, karena pemeliharaannya lebih mudah yakni bekerja dari catuan saluran itu sendiri tanpa catuan dari luar, sehingga bila modem terganggu telepon tetap bisa dipakai.

### 3.8.2 Splitter aktif

Di beberapa negara mensyaratkan pemakaian splitter aktif, berarti menggunakan catuan dari luar, sehingga bila catuan terputus, modem mati dan telepon juga terputus.

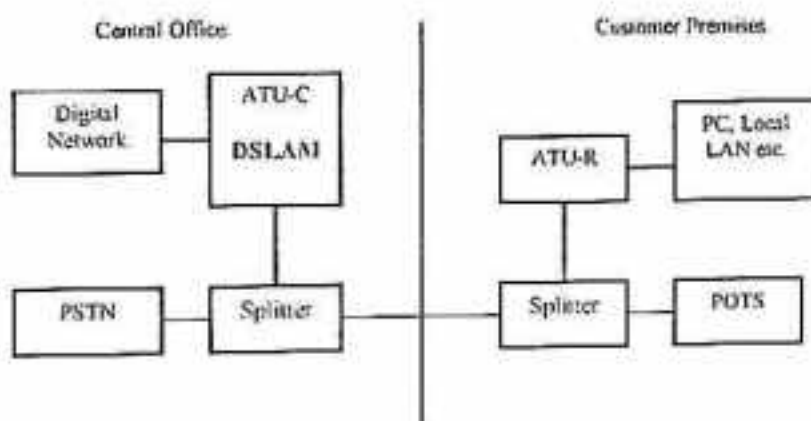


Gambar III.12. Contoh splitter yang dipasang diluar modem ADSL

### 3.9 DSLAM

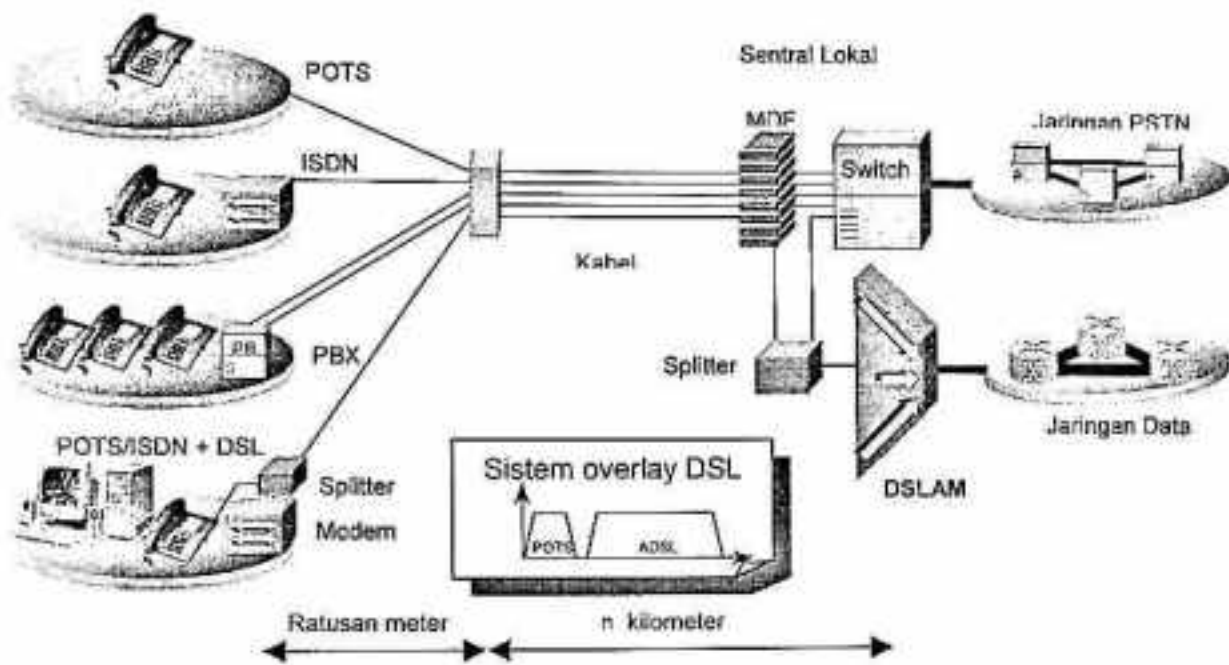
Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM) adalah suatu sistem penggabungan sinyal data digital yang telah dipisahkan oleh POTS splitter dari beberapa tranceiver DSL kedalam satu pita sinyal yang lebih lebar melalui proses multiplexing. Sehingga pada sistem ADSL, DSLAM terdiri dari gabungan beberapa ATU-C disisi sentral. Proses penggabungan ini sangat penting dan efisien bagi jaringan ADSL dalam jumlah banyak, karena memudahkan hubungan dengan backbone Jaringan Data Publik ataupun Network Service Provider (NSP) lainnya. Bila jaringan data selanjutnya berbasis ATM, maka akses kedalam paket switching dapat dilakukan dengan fasilitas routing IP.

Konfigurasi sederhana dari penempatan DSLAM sbb :



Gambar III.13 Konfigurasi DSLAM dalam jaringan

Ilustrasi DSLAM dalam infrastruktur yang ada terlihat dalam gambar berikut dimana semua hubungan dari pelanggan data dikonsentrasikan sebelum menuju suatu gerbang jaringan data, setelah melalui POTS splitter tiap pelanggan.



(Sumber NGN Siemens 2004)

Gambar III.14 Ilustrasi penyaluran komunikasi data dari pelanggan melalui DSLAM

### 3.10 Kompatibilitas perangkat modem

Dari spesifikasi teknis perangkat modem terdapat informasi tentang batasan kemampuan dari modem yang digunakan, namun beberapa hal penting dalam implementasi ADSL perlu mendapat perhatian, seperti uraian berikut.

Spesifikasi teknis modem menyebutkan laju adaptif downstream ADSL DMT sampai 7040 Kbps, namun dalam pengujian bit rate modem diset pada 8000 Kbps dan mampu bekerja pada 8085 Kbps atau diatas spesifikasi teknis, faktor yang memungkinkan ini terjadi dapat disebabkan oleh nilai spesifikasi merupakan laju adaptif nominal (bukan maksimal) yang ditawarkan produsen dapat juga karena nilai bit rate dalam pengujian aktual belum dibebani dengan suatu layanan aplikasi.



Antarmuka LAN yang digunakan 10BASE-T (802.3i) Ethernet dengan konektor RJ-45, merunjukkan modem dapat langsung diintegrasikan dengan PC biasa dengan koneksi ke jaringan (network) menggunakan LAN card ethernet. Antarmuka serial dengan konektor RS-232 juga sangat penting bagi manajemen dan konfigurasi lokal sistem ADSL itu sendiri.

### 3.11 Potensi jaringan STO-1 Balaikota

STO-1 Balaikota berada pada posisi pusat kota Makassar, dimana secara geografis terdapat pusat pemerintahan, bisnis, pendidikan dan sedikit perumahan. Potensi jaringan kabel yang dicatu oleh kabel DUCT maupun KTTL pada RK adalah 41 kabinet dengan total kapasitas sistem 35.150 ssp. Jenis kabel, kapasitas, diameter dan panjang kabel seperti pada tabel III.2.

Dari data kabel pada Tabel III.2 menunjukkan semua RK di STO.1 Balaikota berada dalam radius  $< 4$  km dari MDF/STO. Pada pengamatan ini akan diambil data secara acak pada 10 pelanggan yang ada di STO.1 Balaikota serta beberapa saluran yang kosong (idle) pada rute tersebut berdasarkan klem di MDF.

Tabel III.3 Data kabel primer per kabinet STO. Balaikota

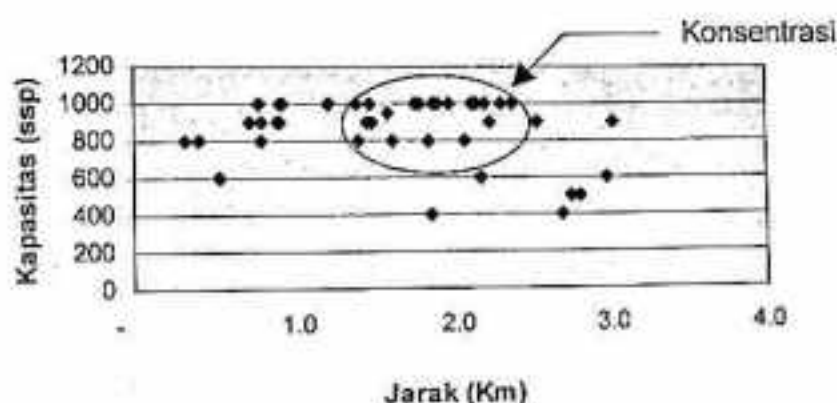
NO	KABINET	NO	Jenis	Kapasitas	Diameter	Panjang	KET
1	RA	P1	Duct	600	0,4	773.0	
		P18	Duct	400	0,4		
2	RB	P1	Duct	600	0,4	401.0	
		P18	Duct	200	0,4		
3	RC	P2	Duct	600	0,4	905.0	
		P18	Duct	300	0,4		
4	RD	P2	Duct	600	0,4	717.0	
		P18	Duct	300	0,4		
5	RE	P3	Duct	500	0,6	2,529.0	
		P16	Duct	400	0,4		
6	RF	P3	Duct	500	0,6	2,523.0	
		P16	Duct	400	0,4		
7	RG	P4	Duct	600	0,4	2,112.0	
		P16	Duct	400	0,4		
8	RH	P5	Duct	400	0,4	2,191.0	
		P17	Duct	600	0,4		
9	RJ	P5	Duct	600	0,4	1,960.0	
		P17	Duct	400	0,4		
10	RK	P6	Duct	600	0,4	1,749.0	
		P17	Duct	400	0,4		
11	RL	P6	Duct	600	0,4	1,201.0	
		P18	Duct	400	0,4		
12	RLQ	P18	Duct	400	0,4	526.0	
		P58	Duct	200	0,4		
13	RM	P7	Duct	600	0,4	892.0	
		P49	KTTL	300	0,4		
14	RN	P7	Duct	600	0,4	1,377.0	
		P21	Duct	400	0,4		
15	RP	P8	Duct	400	0,4-0,6	2,371.0	
		P19	Duct	400	0,5		
		P59	Duct	200	0,4-0,6		
16	RQ	P8	Duct	400	0,4	2,143.0	
		P20	Duct	600	0,4		
17	RR	P9	Duct	400	0,4	2,292.0	
		P19	Duct	400	0,6-0,4		
		P59	Duct	200	0,4-0,6		
18	RS	P9	Duct	600	0,4	1,772.0	
		P22	Duct	400	0,4		

Tabel III.3 Data kabel primer per kabinet STO. Balaikota (sambungan)

NO	KABINET	NO	Jenis	Kapasitas	Diameter	Panjang	KET
19	RT	P10	Duct	600	0,4	1,888.0	
		P20	Duct	400	0,4		
20	RU	P10	Duct	600	0,4	1,455.0	
		P21	Duct	300	0,4		
21	RV	P11	Duct	600	0,4	1,469.0	
		P22	Duct	400	0,4		
22	RW	P11	Duct	600	0,4	912.0	
		P22	Duct	400	0,4		
23	RX	P12	Duct	600	0,4	906.0	
		P59	Duct	400	0,4		
24	RY	P12	Duct	400	0,4	310.0	
		P22	Duct	400	0,4		
25	RZ	P13	Duct	600	0,4	1,833.0	
		P59	Duct	200	0,4		
26	RAA	P47	KTTL	300	0,4	783.0	
		P48	Duct	300	0,4		
		P50	Duct	300	0,6-0,4		
27	RAB	P14	Duct	600	0,6	3,016.0	
		P54	KTTL	300	0,4-0,6		
28	RAC	P51	Duct	300	0,6	2,220.0	
		P56	KTTL	300	0,4-0,6		
		P57	KTTL	300	0,4-0,6		
29	RAD	P16	Duct	800	0,4	2,068.0	
30	RAF	P16	Duct	400	0,4	1,600.0	
		P17	Duct	400	0,4		
31	RAH	P507	Duct	950	0,6	1,577.0	
32	RAJ	P17	Duct	600	0,4	2,163.0	
33	RAK	P20	Duct	1000	0,4	1,868.0	
34	RAL	P21	Duct	800	0,4	1,387.0	
35	RAM	P22	KTTL	200	0,4-0,6	786.0	
		P52	Duct	300	0,4-0,6		
		P55	Duct	300	0,4-0,6		
36	RAN	P21	Duct	900	0,4	1,470.0	
37	RAP	P59	Duct	600	0,4-0,6	2,968.0	
38	RAR	P59	Duct	400	0,4	1,855.0	
39	RAS	P23	Duct	500	0,6	2,790.0	
40	RAT	P23	Duct	500	0,6	2,742.0	
41	RAU	P23	Duct	400	0,6	2,676.0	
JUMLAH :				35,150			

### 3.12 Kompatibilitas jaringan

Dari seluruh kapasitas RK 35.150 ssp yang tersebar dalam 41 kabinet, kapasitas terpasang maksimum primer tiap RK adalah 1000 ssp, kabinet terdekat adalah  $R_Y = 0,31$  Km dan terjauh adalah  $R_{AB} = 3,016$  Km dari STO/MDF atau rata-rata jarak RK dari STO/MDF adalah 1,687 Km. Sedangkan konstelasi jarak dari STO/MDF dan kapasitas kabinet terlihat pada grafik berikut.

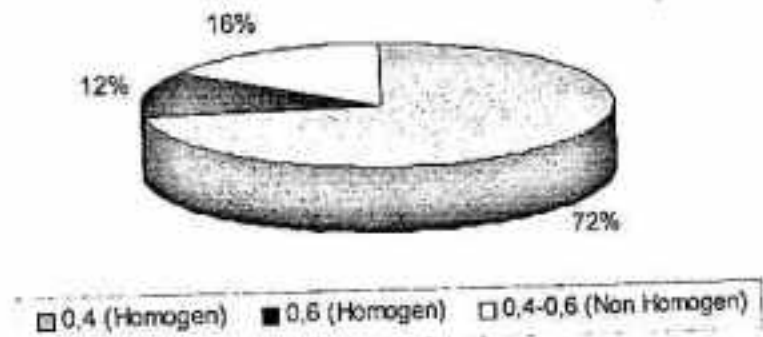


Gambar III.15 Grafik konstelasi jarak dan kapasitas RK dari STO/MDF

STO.1 Balikpapan memiliki konsentrasi pelanggan yang tinggi, secara umum tiap DP berada dalam 4 grid pada peta dasar jaringan (1 grid = 500 m x 500 m), diperkirakan rata-rata kabel sekunder 1000 m, panjang saluran penanggal 200 m. Sehingga panjang rata saluran dari STO/MDF ke pelanggan (Primer + Sekunder + saluran penanggal) = 2937 m (diluar IKR).

Bila dilihat komposisi kabel primer sebagian besar menggunakan kabel Duct, dengan diameter 0,4 mm dan 0,6 mm hal ini disebabkan instalasi kabel yang cukup lama (sebelum tahun 1988), sedangkan untuk instalasi kabel baru PT. TELKOM menerapkan diameter terkecil adalah 0,6 mm. Komposisi antara jumlah kabel 0,4

mm, 0,6 mm dan kombinasi keduanya terlihat pada gbr. III.16 dimana kabel terbanyak (72 %) menggunakan diameter 0,4 mm.



Gambar III.16 Komposisi kabel primer berdasarkan diameter

## BAB IV

### UNJUK KERJA JARINGAN ADSL STO. BALAIKOTA

#### 4.1 Sistem pengukuran

Pengukuran kabel tembaga merupakan cara yang dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja / kemampuan jaringan kabel tembaga di STO. Balaikota dengan sistem pengukuran terhadap harga listrik dan transmisi yang dimiliki jaringan kabel tersebut, sehingga dari sini dapat dianalisis sampai dimana jaringan dapat memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam jaringan ADSL.

Adapun lokasi objek pengukuran adalah terhadap 10 pelanggan, yakni : SMA Athirah (326410), Kantor Walikota (315042), Rumah Dinas Gubernur (319324), Bank Mandiri (319443), Gelael (324404), Matahari Departement Store (319884), SMA 1 (324440) Kabag Pemasaran Kandatel Makassar (320588), KADIVRE-VII dan Kakandatel Makassar. Diantara pelanggan ini bisa memiliki satu pair saluran juga bisa lebih dari satu saluran, untuk mengoptimalkan pengukuran diupayakan terhadap semua saluran pelanggan yang ada.

Dari gambar konfigurasi pengukuran berikut yang terdapat dua perbedaan utama, yakni pengukuran tanpa modem ADSL dimaksudkan untuk mengetahui kondisi jaringan kabel murni tanpa adanya antarmuka (interface) lainnya dan berikutnya dengan menggunakan modem ADSL dimaksudkan untuk mengukur kemampuan jaringan ADSL dalam mentransmisikan sinyal digital.

#### 4.1.1 Pengukuran tahanan jerat/loop.

Alat ukur yang digunakan : wheatstone bridge atau multimeter.



Gambar IV.1 Cara pengukuran tahanan jerat

Cara pengukuran :

Kabel (cord) alat diukur dihubungkan dengan kedua ujung urat kabel yang akan diukur pada terminal MDF sedang ujung yang lainnya pada terminasi pelanggan dihubung singkat.

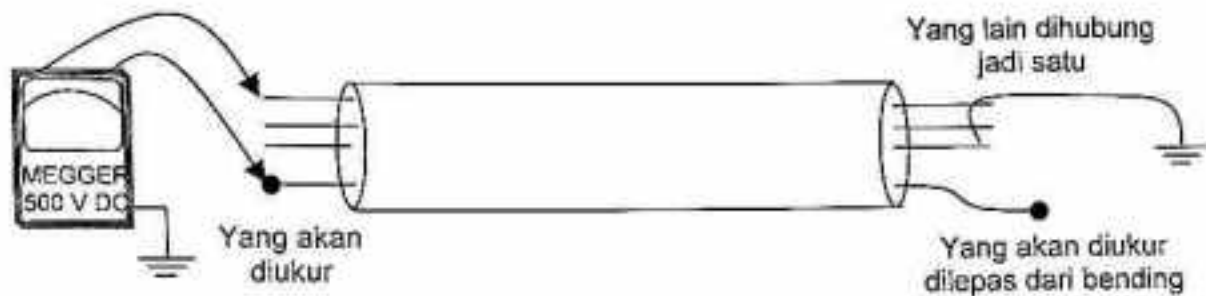
#### 4.1.2 Tahanan isolasi

Alat ukur yang digunakan : Meger insulation tester.

Cara pengukuran :

Setiap urat yang tidak diukur disatukan diujung arah pelanggan termasuk dengan pelindung kabel (screen), kecuali urat yang diukur. Pengukuran dilakukan dengan tegangan tembus DC 500 volt pada terminal MDF.

Hasil ukur menunjukkan besarnya tahanan isolasi tiap urat dalam satu pair kabel terhadap urat lainnya dan tanah (ground), yakni urat pertama (a) terhadap tanah (a/t), urat kedua (b) terhadap tanah (b/t) dan antara urat a dan urat b (a/b).



Gambar IV.2 Cara pengukuran tahanan isolasi

#### 4.1.3 Redaman saluran

Alat ukur yang digunakan : Subscriber Line Tester



Gambar IV.3 Cara pengukuran redaman saluran

Cara pengukuran :

Pengukuran dapat dilakukan dengan otomatis atau manual dengan menempatkan alat ukur di sisi MDF dan ujung lain disisi pelanggan, setting alat ukur pada saat memasukkan data nilai listrik semua parameter yang akan diukur. Item pengukuran berlaku untuk semua layanan berbasis tembaga (POTS, ISDN dan DSL). Selain redaman saluran dapat juga mengukur cross talk, noise dll.

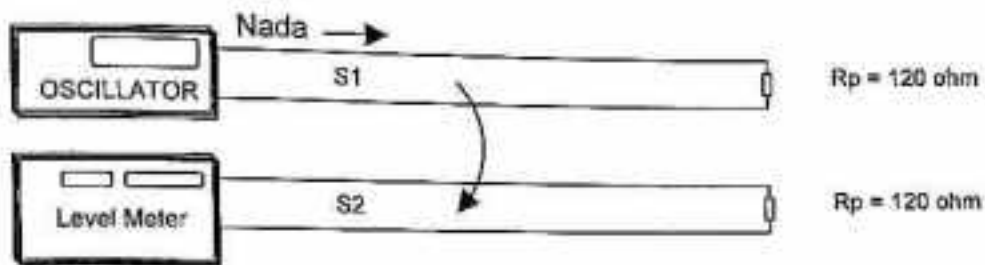
#### 4.1.4 Pengukuran cakap silang

Alat ukur yang digunakan : Subscriber Line Tester, oscillator / generator, level/power meter.

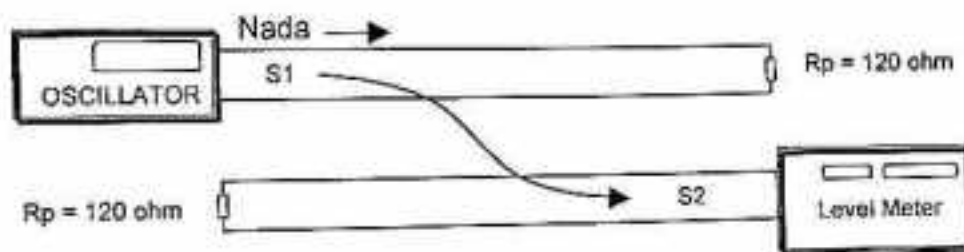
Cara pengukuran :



Pengukuran dengan Subscriber Line Tester sama dengan konfigurasi pengukuran redaman, sedangkan pengukuran dengan Oscillator/Generator & level meter adalah :



Gambar IV.4 Cara pengukuran NEXT = Redaman cakap silang ujung dekat



Gambar IV.5 Cara pengukuran FEXT = Redaman cakap silang ujung jauh

Tabel IV.1 Pengaturan frekuensi dan tahanan beban :

SETTING	OSCILLATOR	LEVEL METER
Frekuensi	300 KHz	300 KHz
Tahanan Dalam	120 Ohm	120 Ohm
Level meter	0 dB	Hasil ukur (dB)

#### 4.1.5 Pengukuran bit rate

Alat ukur yang digunakan : One Touch X-DSL (Fluke) dan sepasang modem ADSL

Prinsip pengukuran :

Salah satu modem (ATU-C) ditempatkan disisi STO/MDF dan yang lainnya diujung saluran pelanggan. Modem diset pada kecepatan yang diinginkan, konektor data modem dihubung ke alat ukur One-touch X-DSL menggunakan protokol ethernet

berbasis IP. Pengukuran bit rate upstream dan downstream akan terbaca setelah diadakan pengiriman data pengujian pada alat ukur.



Gbr. IV.6 Cara pengukuran redaman saluran

## 4.2 Hasil pengukuran dan evaluasi

### 4.2.1 Tahanan jerat (loop)

Dari hasil pengukuran menunjukkan harga tahanan jerat berkisar pada 102 Ohm sampai 656 Ohm, pada panjang saluran 825 m dan 2210 m. Sedangkan harga yang dipersyaratkan bagi kabel 0,4 mm = 300 Ohm dan kabel 0,6 mm = 130 Ohm. Pada panjang kabel 858 Km harga tahanan jerat 146 Ohm masih memenuhi standar kabel 0,4 mm (disyaratkan 300 Ohm). Pada jarak 2,198 Km harga tahanan jerat meningkat menjadi 559 Ohm sudah tidak memenuhi standar kabel 0,4 mm. Dari rumus (2.6) dapat R dihitung pada  $l = 2198$  m,  $D = 0,4$  mm,  $\rho = 0,0175$  maka :

$$R = \frac{l \cdot \rho}{q} (\Omega)$$

$$q = \pi r^2 = 3.14 * 0.2^2 = 0.1256 \text{ mm}^2$$

$$R = (2198 * 0.0175) / 0.1256$$

$$R = 306,25 \text{ Ohm}$$

Bila dihitung dengan standar PPJT-2000, tahanan jerat kabel duct 0,4 mm adalah 150 Ohm/Km sehingga untuk 2,198 Km = 329 Ohm, disini terlihat adanya toleransi yang diberikan sebesar 22,7 Ohm.

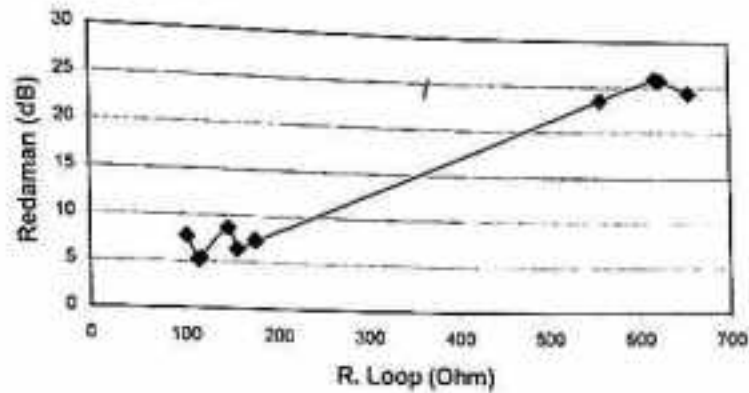
Banyak faktor yang dapat menyebabkan hal ini, diantaranya adalah kualitas kabel itu sendiri, umur operasi, sistem instalasi, dan faktor lingkungan lainnya. Pada kasus ini kemungkinan terbesar disebabkan dominasi kabel masih menggunakan diameter 0,4 mm dan sebagian kabel tidak homogen dengan sambungan kabel yang berdiameter 0,6 mm.

#### 4.2.2 Tahanan isolasi

Pengukuran tahanan isolasi terhadap kabel yang memiliki umur rata-rata diatas 15 tahun memiliki hasil yang rendah, yakni dari 51 kali pengukuran hanya 13 kali yang memenuhi spesifikasi diatas 5 G.Ohm atau 25 %. Kondisi ini sangat dipengaruhi oleh banyak hal, selain kualitas pabrikan kabel, material sambungan, konektor, teknik instalasi, juga faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban.

#### 4.2.3 Redaman

Bila dilihat secara teori pada BAB II, nilai redaman saluran ditentukan oleh konstanta  $K_R$ ,  $C$  dan  $L$  saluran serta frekuensi kerja, dimana harga  $C$  akan sebanding dengan panjang saluran, sehingga redaman menjadi berbanding lurus dengan panjang saluran. Nilai redaman yang terukur dapat mengacu pada standar PPJT-2000 untuk bit rate diatas 6 Mbps harus lebih kecil dari 25 dB.



Gambar IV.7 Grafik redaman terhadap tahanan jerat (R. Loop)

Dari rumus R (2.6) menyatakan harga tahanan loop berbanding lurus dengan panjang kabel, maka peningkatan harga tahanan loop pada grafik diatas memiliki korelasi terhadap harga redaman saluran, dimana terjadi lonjakan tajam pada tahanan jerat 559 Ohm menghasilkan redaman sebesar 23.5 dB.

Tabel IV.2 Data hasil pengukuran tahanan kabel (tanpa modem ADSL)

No	Pelanggan	Klem	Jarak (mtr)	R.Loop (Ohm)	Tahanan Isolasi (Mohm)			Keterangan
					a/b	a/t	b/t	
1	SMA Athirah 326410	41	702	175	3580	3299.4	2457	existing
		41/42	702	176	10038.6	5475.6	3790.8	
2	Ktr. Wali Kota 315042	118	629	156	4717.5	4465	2012	existing
		107	629		8239.9	4088.5	3774	
		108	629		84034.4	3270.8	3082.1	
3	Rm. Dinas Gubernur 319324	325	2210	656	5525	7239	7735	existing
		710	2198	559	4176.2	4176.2	3077.2	
4	Bank Mandiri 319443	82	825	102				existing
		39	858	146	1973.4	3088.8	4976.4	
5	Gelael 324404	936	450	117	67.5	67.5	1215	existing
		1529	434	114	546.84	954.8	1519	
		1530	434	114	86.8	108.5	132.804	
6	Matahari Dept. Store 319884	78					existing	
7	SMA 1 324440	1078	2681		13.4854	16.3541	19.2495	existing
		723	2681		11528.3	9115.4	5978.63	
		724	2681		9115.4	6166.3	3485.3	
8	Kabag Pemasaran 320588	1341	2373	625	3559.5	10.4649	3796.8	existing
9	KADIVRE	1913	2409	619	2.8908	3.1317	3.3726	existing
10	KAKANDATEL	1854	2406	622	5052.6	17.0826	3368.4	existing
	STANDAR	-	-	300	5000	5000	5000	

Keterangan :

a/t : Tahanan isolasi urat pertama (a) terhadap tanah (ground);

b/t : Tahanan isolasi urat kedua (b) terhadap tanah (ground);

a/b : Tahanan isolasi antara urat a dan urat b.

Tabel IV.3 Data hasil pengukuran parameter transmisi (dengan modem ADSL)

No	Pelanggan	Klem	Bit Rate (Kbps)		Redaman (dB)	NEXT (dB)		FEXT (dB)	
			U/s	D/s		NEAR	FAR	NEAR	FAR
1	SMA Athirah 326410	41	857	8079	7.4				
		41/42	857	8085	7.3	68.3	73.9	86.2	82.3
2	Ktr. Wali Kota 315042	118	857	8085	6.4				
		107							
		108	857	8085	6.4	68.2	70.9	81.8	83.9
3	Rm. Dinas Gubernur 319324	325	857	8005	24.4				
		710	857	8026	23.5				
4	Bank Mandiri 319443	82	857	8082	7.7				
		39	857	8079	8.7				
5	Gelael 324404	936	857	8085	5.3	73.5	75.1	77.6	76.3
		1529							
		1530	857	8085	5.2				
6	Matahari Dept. Store 319884	78							
7	SMA 1 324440	1078	857	7958	29.3				
		723							
		724	857	7868	29.1	63.2	63.3	91.5	92.8
8	Kabag Pemasaran 320588	1341	857	7955	25.8				
9	KADIVRE	1913	857	7983	25.9				
10	KAKANDATEL	1854	857	7964	25.7				
	STANDAR	-	-	-	< 25	> 75	> 75	> 75	> 75

Keterangan :

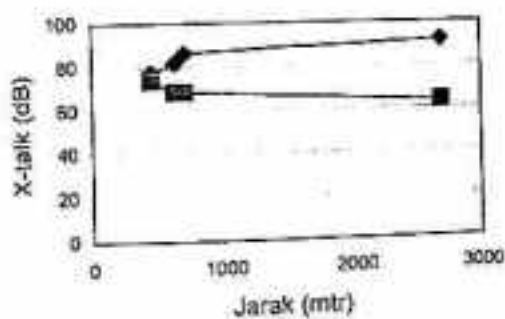
NEAR : Titik pengukuran dekat (dari sisi MDF)

FAR : Titik pengukuran jauh (dari sisi pelanggan)

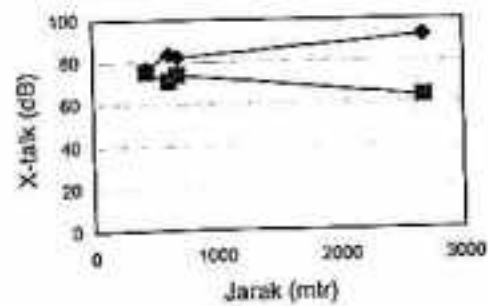
#### 4.2.4 Cakap silang

Cakap silang yang diukur dari sisi MDF maupun yang diukur dari sisi pelanggan memiliki kecenderungan karakteristik yang tidak jauh berbeda seperti pada Gambar IV.8, menunjukkan harga cakap silang ujung dekat (NEXT) tertinggi 75,1 dB untuk panjang kabel 450 m, dan harga terendah 63.2 dB pada panjang kabel 2681 m. Pada kondisi ini NEXT tidak memenuhi syarat ( $\geq 75$  dB).

Cakap silang pada ujung jauh (FEXT) yang diukur dari sisi MDF dan sisi pelanggan menunjukkan harga terendah 76,3 dB pada panjang kabel 450 m, yang berarti sudah memenuhi syarat ( $\geq 75$  dB).



(a) Dari sisi dekat (MDF)



(b) Dari sisi jauh (pelanggan)

Gambar IV.8 Grafik karakteristik cakap silang terhadap jarak

Nilai FEXT juga dipengaruhi oleh konstanta cakap silang, sebagai contoh pada kondisi ini harga NEXT terkecil adalah 76,3 dB pada jarak 450, dengan pilot frekuensi pengukuran 300 Khz, maka besarnya konstanta FEXT ( $K_f$ ) untuk jenis kabel ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{FEXT (dB)} = 10 \log K_f + 20 \log f + 10 \log L$$

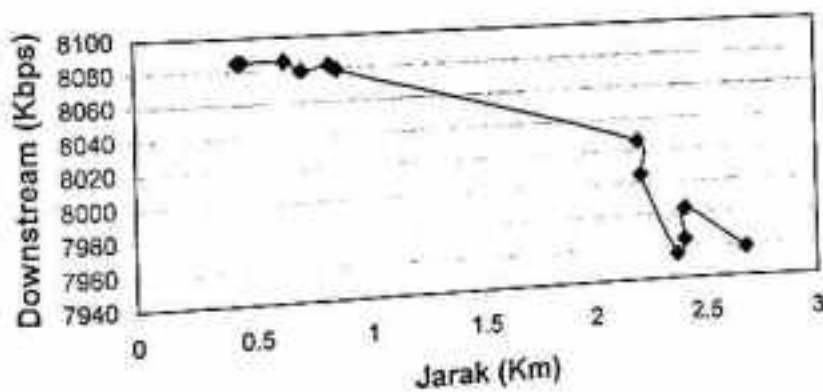
$$\text{Log } K_f = (-76,3 - 109,54 - 26,5) : 10 = -21,234$$

$$K_f = 10^{-21,234}$$

#### 4.2.5 Bit Rate

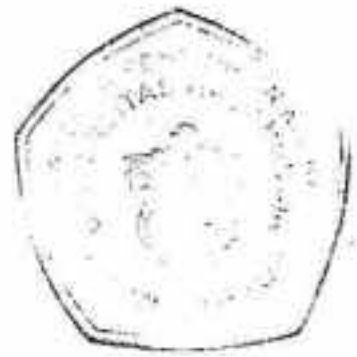
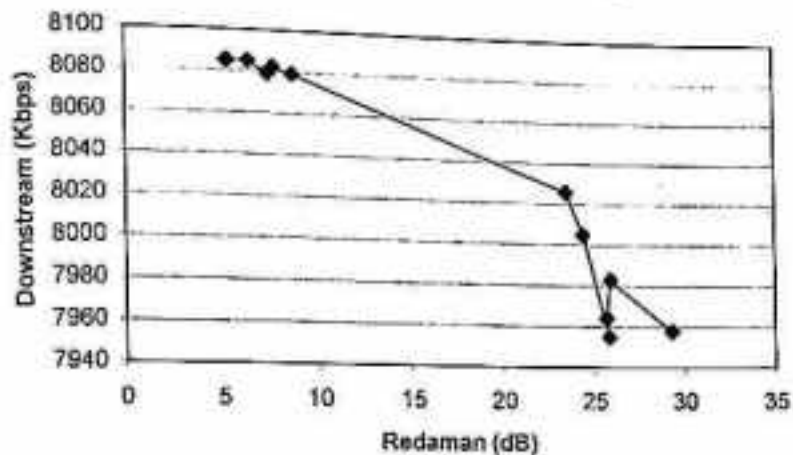
Pada sistem ADSL bit rate terbesar adalah pada downstream, sedangkan bit rate pada upstream terlihat tidak berubah dari setting awal sebesar 857 Kbps, sehingga dalam pengujian bit rate difokuskan pada downstream. Hasil pengujian pada tabel IV.3 adalah diset pada 8000 Kbps, namun pengukuran aliran bit secara aktual dapat mencapai 8085 Kbps, hal ini menandakan masih terdapat toleransi yang dimiliki modem ADSL sebesar + 1,1 % dari setting modem.

Penurunan downstream menjadi 7955 Kbps terjadi pada jarak 2,373 km, PPJT-2000 untuk kabel 0,4 mm > 1,7 km dan kabel 0,6 mm adalah > 2,9 km pada downstream >6 Mbps. Sebagian besar kabel yang digunakan adalah 0,4 mm sehingga memenuhi persyaratan.



Gambar IV.9 Grafik bit rate downstream terhadap panjang saluran





Gambar IV.10 Grafik bit rate downstream terhadap redaman saluran

Dari grafik pada gambar IV.9 dan gambar IV.10 diatas terlihat adanya korelasi yang kuat antara panjang kabel dan redaman saluran, dimana panjang kabel yang sebanding dengan harga tahanan jerat berakibat pada besarnya nilai redaman saluran secara signifikan, disini terlihat lonjakan yang tajam pada panjang 2,198 Km terjadi redaman sebesar 23.5 dB.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari pengukuran dan pengujian yang telah dilakukan terhadap kondisi dilapangan, maka berdasarkan analisa terhadap data-data hasil pengukuran parameter elektrik dan transmisi yang diperoleh, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 5.1.1 Tahanan jerat kabel yang ada (existing) sudah tidak memenuhi standar, hal ini terbukti dengan harga tahanan jerat kabel 0,4 mm sepanjang 2,198 Km adalah 559 Ohm.km. Sedangkan dari standar yang disyaratkan seharusnya 300 Ohm.km.
- 5.1.2 Tahanan isolalasi kabel yang ada juga berada dibawah standar tahanan isolasi yang mensyaratkan diatas 5 G.Ohm, dimana hanya 25 % dari jumlah kapasasitas sampel percobaan yang memenuhi syarat. Hal ini akan berdampak pada kualitas kabel yakni tingginya tingkat kebocoran elektrik kabel dan mudahnya kabel terganggu oleh interferensi sinyal asing.
- 5.1.3 Pada panjang saluran terpendek 450 m, didapat harga terendah NEXT dekat 63.2 dB dan NEXT jauh 63.3 dB yang berarti hampir seluruh saluran terukur tidak memenuhi syarat  $\geq 75$  dB, sedangkan harga terendah FEXT dekat 77,6 dB dan FEXT jauh 76,3 dB, memenuhi standar yang dipersyaratkan  $\geq 75$  dB.

Pada jarak yang lebih jauh terlihat FEXT tidak banyak mempengaruhi bit rate, namun lain halnya pada NEXT yang semakin kecil pada saluran yang lebih panjang, pengukuran pada jarak 2681 m terjadi NEXT terkecil 63,2 dB yang sekaligus terjadi penurunan bit rate downstream menjadi 7868 Kbps, sehingga hal ini perlu diwaspadai.

Hasil pengukuran cakup silang dari arah sisi dekat (MDF) tidak sama dengan hasil pengukuran dari arah sisi jauh (pelanggan), namun memiliki kemiripan karakteristik, dimana bila jarak antara sumber sinyal pengganggu semakin jauh maka harga FEXT semakin besar, sedangkan harga NEXT selalu berbanding terbalik dengan panjang saluran.

- 5.1.4 Pada redaman saluran 25.8 dB yang melebihi persyaratan 25 dB, sudah terjadi penurunan speed downstream yang semula diset 8000 Kbps menjadi 7955 Kbps pada frekuensi 300 KHz, dengan demikian pada kasus ini untuk dapat mempertahankan bit rate tersebut dengan toleransi sebesar -3 dB, nilai redamannya adalah < 22.8 dB.
- 5.1.5 Dari perolehan bit rate downstream terhadap panjang saluran seperti pada grafik gambar IV.9, penurunan bit rate yang di-set pada 8000 Kbps terjadi pada jarak 2.373 km, sehingga dari hasil pengamatan ini dapat disimpulkan bahwa implementasi sistem A-DSL di STO Balaikota efektif pada radius nominal 2,373 km dari STO.

## 5.2 Saran

### 5.2.1 Standarisasi

Persyaratan yang digunakan PT. TELKOM dalam PPJT-2000 masih belum mengakomodir penggunaan bit rate diatas 6 Mbps, diharapkan pada kesempatan berikutnya dapat diperhitungkan kembali.

### 5.2.2 Sistem pengukuran

Mengingat banyak faktor yang mempengaruhi kualitas kabel tembaga yang ada, maka dalam implementasi ADSL mutlak diperlukan pengukuran parameter listrik untuk mendapatkan hasil yang terbaik.

## DAFTAR PERPUSTAKAAN

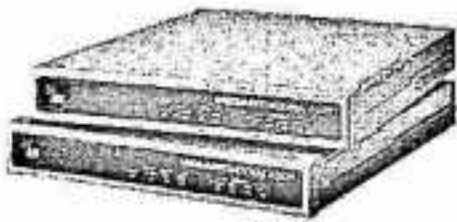
1. John G. Proakis-Masoud Salehi, "Communication System Engineering", PHI 1994.
2. David A. John & Daniel Essing, "Integrated Circuit for Data Transmission Over Twisted-pair Channels", IEEE Journal of solid-state circuit vol. 32 no. 3 Maret 1997.
3. Syamsuryana, Endro Mulyatno, Ahmad Arif Rahman, "X-DSL Dari Modem Analog ke Modem Digital", Elek media komputindo 2000.
4. Gilbert Held, "Next Generation Modem", Wiley 2000.
5. ITU-T Recommendation G.992.1 Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers, ITU 1999.
6. ANSI Standard T1.413 issue 2, "Asymmetric Digital Subscriber Line Metallic Interface", 1998.
7. Dr. Walter Y. Chen, "DSL : Simulation Technique and Standards Development for Digital Subscriber Line System", Macmillan 1998.
8. John A.C. Bingham, "ADSL, VDSL, and Multicarrier Modulation", Wiley 2000.
9. ETSI Standard TS 101 388, "Transmission and Multiplexing (TM); Access transmission systems on metallic access cables; Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)-European specific requirements", 2002.

LAMPIRAN - LAMPIRAN

## Lampiran A

### SPESIFIKASI TEKNIS PERANGKAT MODEM ADSL

Modem ADSL yang digunakan dalam pengujian adalah memiliki tranceiver sesuai standar ITU-T maupun ANSI, dengan spesifikasi sebagai berikut :



Gbr. III.16 Contoh pasangan modem merk ADC

Merk : ADC Telecommunication, Inc

Type : Megabit Modem 410F / 420F

Antarmuka LAN : 10BASE-T (802.3i) Ethernet, Konektor: RJ-45

Antarmuka WAN ADSL : ITU-T G.DMT dan ANSI T1.413

Laju Adaptive Discrete Multi-Tone (DMT) ADSL mampu dioperasikan sampai dengan 7,040 Mbps downstream dan 928 kbps upstream

Laju Adaptive dalam 32 kbps ditingkatkan sampai pada batas minimum dari 64 kbps (upstream dan downstream)

Konektor : RJ-11

Protokol WAN : Ethernet melalui HDLC melalui ADSL

Internetworking :

Bridging : Layer MAC secara dinamik dapat mempelajari sampai 1024 alamat,  
Mendukung standar 802.1d dalam tiga protokol

Routing : Routing Information Protocol (RIP) I and II

Terminal layanan :

Antarmuka serial untuk konfigurasi lokal dan management via RS-232 Mendukung  
upgrade firmware elektronis. Konektor: RJ-45

Persyaratan catuan : 100-240 VAC, 50/60 Hz, 0.3 A

Persyaratan operasi :

Temperatur: 32°F sampai 122°F (0°C sampai 50°C)

Kelembaban relatif : sampai dengan 95% (tanpa kondensasi)

Sertifikat Regulasi : FCC Part 15, Subpart B, Class A, CE, cUL, UL-1950