

Analisis Distorsi Pentransmision Sinyal PCM (*Pulse Code Modulation*) 30/32 Pada Saluran Telepon Tetap Yang Berperilaku Sebagai LPF (*Low Pass Filter*).

Oleh: Sigit Kusmaryanto, Ir, M.Eng

Diketahui bahwa saluran telepon tetap berupa kabel tembaga mempunyai rugi rugi distorsi yang cukup besar, akibatnya kualitas sinyal yang melaluinya tentu akan tergantung dari karakteristik saluran kabel.. Pada penelitian ini dibahas mengenai pengaruh karakteristik saluran transmisi kabel tembaga untuk transmisi sinyal TDM-PCM pada sistem komunikasi telepon tetap . Saluran transmisi yang dibahas dimodelkan sebagai Low Pass Filter.

Hasil dari analisis menunjukkan: Pada PCM 30/32 sebuah kerangka pulsa akan dibagi dalam tiga puluh dua timeslot dengan inisial ts0 sampai dengan ts31. Setiap timeslot memiliki $3,9 \times 10^{-6}$ detik, yang berisi delapan bit PCM. Besarnya redaman cakap silang hasil pengukuran sebesar -26 dB Semakin kecil jumlah bit pengkodean maka noise kuantisasi semakin besa. Nilai Bit Error Rate (BER) untuk transmisi suara sebesar $10^{-5} - 10^{-7}$

Kata Kunci: PCM, BER, Redaman

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telekomunikasi yang berkaitan dengan sistem telepon dewasa ini sangatlah pesat. Misalnya perkembangan dari dial pulse ke dial tone (DTMF), perkembangan dari sentral analog ke sentral digital, dan perkembangan sistim transmisi dari analog ke digital.

Pada sentral digital sinyal masukannya adalah sinyal digital, sedangkan sinyal yang masuk adalah sinyal analog dari sentral analog. Dengan demikian sinyal analog dari sentral analog harus diubah dahulu ke sinyal digital. Sinyal digital yang digunakan pada sistem switching digital adalah sinyal PCM (Pulse Code Modulation). Sinyal PCM diperoleh dari sinyal analog melalui 3 proses, yaitu :

- Sampling
- Quantizing
- Coding

Pada sistem telepon, saluran transmisi yang digunakan bermacam-macam. Saluran transmisi dapat berupa kabel tembaga, serat optik, atau gelombang radio (wireless). Metoda yang umum digunakan dalam transmisi telepon adalah TDM-PCM. Sehingga bentuk data atau suara ditransmisikan dengan format digital.

Diketahui bahwa saluran tembaga mempunyai rugi rugi distorsi yang cukup besar akibatnya kualitas sinyal yang melaluinya tentunya akan tergantung dari karakteristik saluran kabel. Untuk itu penting sekali untuk mengetahui bagaimana karakteristik sinyal digital yang ditransmisikan dengan saluran tembaga. Pada penulisan makalah ini akan dibahas mengenai pengaruh karakteristik saluran transmisi kabel tembaga pada sinyal TDM-PCM. Saluran transmisi yang dibahas dimodelkan sebagai Low Pass Filter.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan-permasalahan yang perlu dirumuskan untuk akhirnya dapat

menganalisa distorsi pentransmisiian sinyal PCM (*Pulse Code Modulation*) 30/32 dalam aplikasinya pada TDM (*Time Division Multiplexing*) yang berperilaku sebagai LPF (*Low Pass Filter*) pada saluran telepon adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengukur besaran sinyal-sinyal PCM 30/32?
2. Bagaimana mengukur distorsi dari pentransmisiian sinyal pada saluran transmisi?
3. Bagaimana mengukur keluaran respon sinyal PCM pada saluran transmisi dan berapa besar distorsinya jika system dianggap ideal ?
4. Bagaimana aplikasi PCM (*Pulse Code Modulation*) 30/32 pada TDM (*Time Division Multiplexing*) yang berperilaku sebagai LPF (*Low Pass Filter*)?
5. Bagaimana mengukur distorsi pentransmisiian sinyal PCM (*Pulse Code Modulation*) 30/32 dalam aplikasinya pada TDM (*Time Division Multiplexing*) yang berperilaku sebagai LPF (*Low Pass Filter*) pada saluran telepon tetap ?

1.3 Ruang Lingkup Pembahasan

Dalam analisis ini perlu diketahui batasan-batasan permasalahan yang akan dibahas agar penelitian ini lebih terarah, lebih jelas, sederhana dan dapat mencapai tujuan yang diinginkan, yaitu:

1. Pembangkitan sinyal PCM yang dibahas adalah sistem PCM 30.
2. Pemodelan sinyal PCM 30/32 - TDM-PAM dengan menggunakan modul-

modul percobaan yang tersedia di Laboratorium Sistem Telekomunikasi.

3. LPF yang digunakan untuk pemodelan adalah LPF aktif.
4. Simulasi rangkaian dipergunakan program EWB

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis distorsi pentransmisiian sinyal PCM (*Pulse Code Modulation*) 30/32 pada saluran telepon tetap yang berperilaku sebagai LPF (*Low Pass Filter*).

1.5 Pembahasan

Pulse Code Modulation (PCM)

Salah satu sinyal digital yang digunakan pada sistem switching digital dewasa ini adalah sinyal PCM (*Pulse Code Modulation*). Sinyal PCM diperoleh dari sinyal analog melalui 3 proses, yaitu :

- Sampling
- Quantizing
- Coding

Pada proses sampling sinyal analog disample secara periodik menurut tingkat amplitudonya oleh sebuah modulator amplitudo dengan frekuensi tertentu. Keluaran dari modulator amplitudo adalah sinyal PAM (*Pulse Amplitude Modulation*). Informasi yang terdapat pada sinyal asli tidak akan hilang jika frekuensi masukan (f_i) tidak lebih besar dari 0.5 frekuensi sampling (f_s). Jika tidak memenuhi kriteria tersebut maka akan timbul frekuensi-frekuensi yang tidak diinginkan yang tidak terdapat pada sinyal asli sehingga sinyal asli tidak akan didapatkan kembali tanpa cacat. Gangguan semacam ini

disebut dengan *aliasing*. Untuk itu sebelum proses sampling sinyal masukan terlebih dahulu harus melewati suatu LPF (Low Pass Filter) sehingga sinyal masukan tidak terdapat frekuensi yang lebih besar dari 0.5 frekuensi sampling. Dalam hal ini lebar jalur yang digunakan dalam komunikasi telepon adalah 300-3400 Hz, sehingga frekuensi sampling minimum adalah 6800 Hz.

Sinyal PAM hasil dari sampling selanjutnya dikuantisasi sehingga mempunyai harga diskrit. Dalam proses kuantisasi, sinyal PAM dibagi dalam daerah batas harga amplitudo sinyal dalam sejumlah interval kuantisasi. Pembagian ke dalam interval kuantisasi ini terbagi dalam dua cara :

- Kuantisasi uniform yang membagi batas harga amplitudo dengan interval yang sama
- Kuantisasi non-uniform yang membagi batas harga amplitudo rendah dengan interval yang kecil sedangkan untuk amplitudo tinggi dengan interval yang besar

Dalam pelaksanaannya yang banyak digunakan adalah kuantisasi non-uniform, karena harga perbandingan antara sinyal masukan dan keluaran cukup konstan.

Sebuah sinyal baru dibangkitkan dari proses kuantisasi dengan misalnya membuat suatu tingkat tegangan yang sesuai dengan tingkat titik tengah dari interval kuantisasi yang bersangkutan. Hasilnya ialah sebuah bentuk gelombang yang bertingkat-tingkat mengikuti tinggi rendahnya sinyal PAM, dimana setiap tingkat disinkronkan dengan perioda sampling.

Proses pengkodean (coding) terkait erat dengan kuantisasi. Pada proses ini dibangkitkan suatu angka kode biner (8 digit binary kode) yang bersesuaian dengan tingkat kuantisasi yang akan dipancarkan untuk setiap selang waktu pengambilan sample. Angka biner ini akan mengandung serentetan pulsa-pulsa satu dan nol dengan sejumlah $\log_2 N$ pulsa-pulsa didalam setiap angka (N adalah jumlah tingkat dalam seluruh daerah). Pada PCM 30/32 sebuah kerangka pulsa akan dibagi dalam tiga puluh dua timeslot dengan inisial ts_0 sampai dengan ts_{31} . Setiap timeslot memiliki $3,9 \times 10^{-6}$ detik, yang berisi delapan bit PCM word. Semua selang waktu yang dimiliki oleh PCM dapat digunakan sebagai saluran bicara kecuali selang waktu ts_0 yang digunakan untuk keperluan sinkronisasi kerangka pulsa dan ts_{16} yang digunakan untuk keperluan pensinyalan. Pada sebuah sentral telepon PCM 30 digunakan sebagai kanal pembicaraan yang hanya dialamatkan pada satu sentral telepon saja.

TDMA (Time Division Multiple Access)

Metode akses banyak dikembangkan untuk dapat mengantisipasi kebutuhan kapasitas pada system komunikasi yang menggunakan gelombang radio yang semakin meningkat. Dalam perancangan system akses banyak ini perlu dipertimbangkan sebagai aspek, diantaranya:

- Strategi multiplexing yang digunakan sehingga dengan spectrum radio yang tersedia, sejumlah pelanggan dapat diakses secara berkesinambungan.

- Strategi penggunaan kanal yang disesuaikan dengan kebutuhan.

Dalam jalur komunikasi biasanya satu titik jalur digunakan oleh banyak system dari satu pemancar atau penerima. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan suatu pemisahan agar diantara sesama pengguna tidak saling mengganggu, teknik pemisahan ini dinamakan *multiplexing*.

Kemampuan dari sejumlah besar stasiun pengguna dengan satu sarana komunikasi untuk saling berhubungan secara serentak disebut akses banyak.

Terdapat beberapa teknik akses banyak, diantaranya:

- FDMA, dimana seluruh pita frekuensi dibagi dalam bagian-bagian frekuensi yang lebih sempit dan setiap kanal dialokasikan untuk satu pemakai dan hanya digunakan oleh hanya satu pemakai selama komunikasi berlangsung.
- TDMA, dimana seluruh pemakai mengakses seluruh pita secara bergantian menurut celah waktu tertentu.
- CDMA, dimana system pemancar atau penerima menduduki seluruh pita frekuensi secara terus-menerus. Sinyal yang dipancarkan oleh setiap sistem dikodekan sedemikian rupa sehingga informasi dari sistem tertentu hanya dapat diambil dan dideteksi oleh penerima yang telah disesuaikan dan mengerti kodenya.

TDMA (*Time Division Multiplexing Access*) merupakan teknik akses banyak yang membawa informasi melalui kanal-kanal yang

dijajarkan berdasarkan waktu. Secara praktis, sistem ini dikombinasikan dengan FDMA (*Frequency Division Multiplexing Access*) yang merupakan teknik akses banyak dengan basis pembagian frekuensi, jadi satu kanal radio frekuensi dengan lebar pita yang ditentukan berdasarkan FDMA terdapat beberapa celah waktu yang ditentukan dengan TDMA.

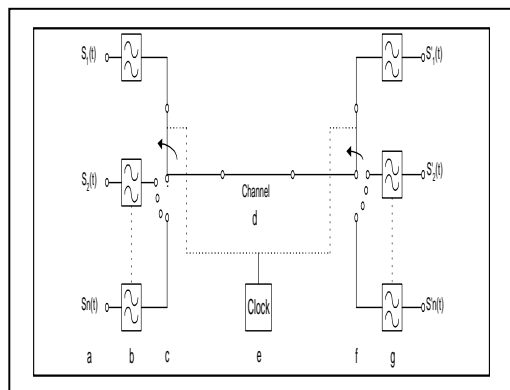
Arsitektur sistem TDMA ini berdasarkan frekuensi pembawa tunggal yang diformat dalam bentuk transmisi digital yang disinkronisasikan dan dibagi dalam beberapa slot atau celah waktu. Setiap slot membawa bagian dari data dan mengandung informasi yang dikirimkan. Informasi yang satu dengan yang lain, pada kanal yang sama mempunyai selisih waktu yang tetap.

Secara umum sistem TDMA mempunyai karakteristik:

- Setiap frekuensi radio pembawa dapat menyalurkan sirkit sebanyak 8 kanal dalam kondisi kecepatan penuh.
- Pentransmisi dalam bentuk bagian-bagian kecil yang disebut *burst*
- Pentransmisi secara dua arah yaitu dari sisi pengirim dan penerima.
- Lebar pita (*bandwidth*) pentransmisi yang cukup lebar sehingga dapat meningkatkan interferensi dan unjuk kerja system *multipath*.
- Sinkronisasi dilakukan dalam setiap *burst*
- Penggunaan system multipleksing akan lebih menghemat biaya dari segi infrastruktur.

Sebagai hasil dari prosedur sampling sinyal, terjadi selang waktu dimana tidak ada informasi dipancarkan di kanal transmisi.

Waktu antara dua pulsa sampling dari satu sumber dapat digunakan untuk transmisi dari sumber yang lain. Dengan bantuan waktu, sampling sumber informasi yang dikehendaki untuk ditransmisikan kita peroleh dengan menyisipkan sinyal di saluran transmisi. Penggunaan kanal secara rangkap dikenal sebagai multipleks pembagian waktu (Time Division Multiplex / TDM). Prinsip TDM dapat digambarkan sebagai dua buah saklar yang berputar. Saklar pada sisi pemancar disebut multiplekser. Saklar tersebut menghubungkan n sumber sinyal dengan kanal. Di akhir kanal transmisi ada sebuah saklar berputar, demultiplekser yang mendistribusikan cuplikan yang datang dari kanal ke n buah penerima. Tentunya semua



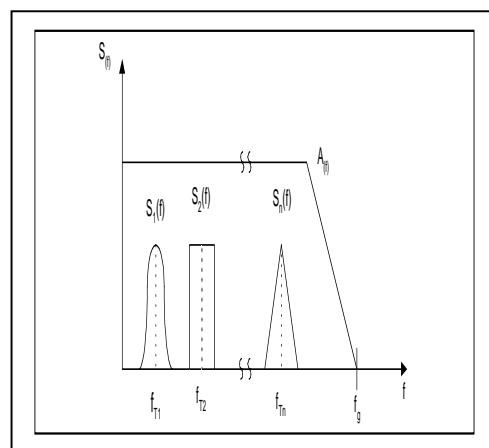
Gambar 2.1. Prinsip TDM dalam kasus PAM

Keterangan gambar:

- a. Signal sources
- b. Band limiting filter
- c. Multiplexer
- d. Transmission channel
- e. Synchronization clock
- f. Demultiplexer
- g. Interpolation low-pass filters

saklar berfungsi secara sinkron (Gambar 2.1). Dengan kata lain, bila terjadi informasi sampai ke penerima yang salah disebut cakup silang kanal (channel cross talk). Putaran saklar multiplekser/demultiplekser menentukan bingkai pulsa. Perlu diketahui perbedaan antara multipleks frekuensi dan multipleks waktu dalam spektrumnya.

Dalam multipleks frekuensi, n sumber berlainan disisipkan frekuensi tapi dipancarkan serentak lewat kanal yang sama. Contoh praktis dari sistem FDM adalah pentransmisian sinyal telepon dengan memakai saluran. Penangkapan spektrum kanal transmisi digambarkan dalam Gambar 2.2.

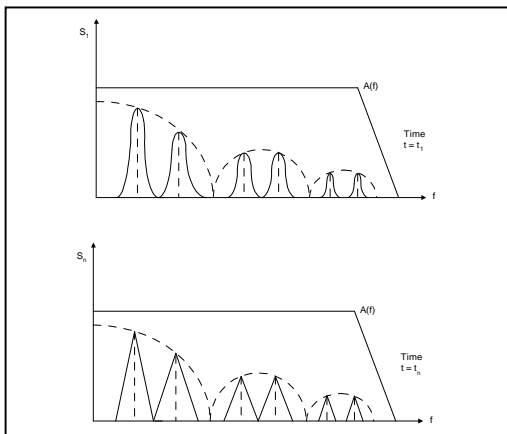


Gambar 2.2 : Konfigurasi kanal pada FDM

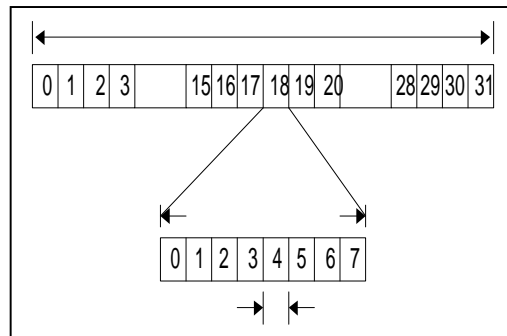
Terlihat bahwa semua n sumber memberikan efek serentak pada kanal, semua spektrum sinyal $s_n(f)$ berfungsi serentak. Bila salah satu sumber berbeda dari lainnya, maka spektrum yang bersesuaian tentunya berbeda dari lainnya. Dalam proses multipleks waktu, kanal digunakan pada seluruh lebar jalur, dengan pengulangan periodik subspektrum dari sampling sinyal di tiap kondisi. Terlihat n sumber sinyal yang berbeda disampling berurutan, penangkapan spektrum

perubahan kanal dalam putaran terlihat dalam Gambar 2.3.

PPM, PDM, dan PCM bisa dipakai dalam proses TDM sebagai tambahan dalam proses PAM. PCM adalah proses yang paling praktis, disini dikenalkan dengan sistem PCM 30/32. Sistem PCM 30/32 adalah sistem TDM yang digunakan secara komersial. Digunakan untuk memancarkan 30 kanal telepon dengan satu sinyal sinkron dan satu sinyal operator. Tiap kanal telepon memancarkan sinyal dalam jangkauan frekuensi 300-3400 HZ. Sesuai Teorema Sampling, dikehendaki kecepatan sampling minimum, $f_p = 2$, $f_{max} = 6,8$ kHz. Untuk alasan praktis, kecepatan sampling dipasang pada $f_p = 8$ kHz, sehingga lereng curam ideal batas jalur filter tidak perlu ada. Akibatnya bingkai pulsa mempunyai selang waktu $T_p = 1/(f_p) = 125 \mu s$. Selama waktu ini 32 kanal semuanya disampling. Tiap sinyal dari semua kanal dikuantisasi dengan 8 bit (x2).



Gambar 2.3 : Konfigurasi kanal pada TDM
 $A(f)$: Frequency response of the transmission channel



Gambar 2.4 : Pulse frame of the PCM 30/32

Sehingga $C = f_p \cdot 8 \cdot 32$ bit harus dipancarkan tiap detik. Aliran informasi PCM 30/32 :

$$C = f_p \cdot 8 \cdot 32 \text{ bit/dt} \\ = 2048 \text{ Mbit/dt}$$

Bingkai pulsa dibagi menjadi 32 periode waktu yang sama (Gambar 2.4).

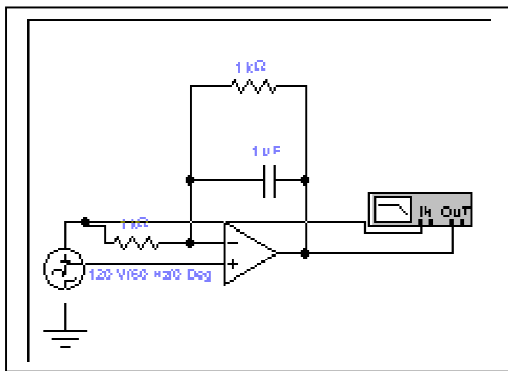
Periode 0 dalam pergantian kedua sinyal pembawa, memerlukan sinyal alarm atau sinyal sinkronisasi untuk pembentukan bingkai. Bagian 1-15 dan 17-31 membawa sinyal telepon. Bagian waktu ke 16 khusus digunakan oleh sinyal operator. Keuntungan PCM-TDM dibandingkan PAM-TDM adalah bahwa sinyal digital kurang terpengaruh oleh noise dan regenerasi sinyal.

Low Pass Filter

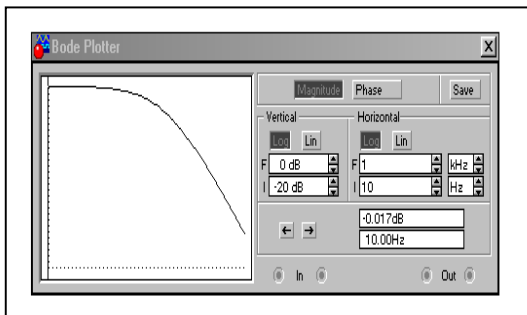
Cara kerja low pass filter aktif pada Gambar 2.5 dapat diterangkan sebagai berikut: Pada frekuensi rendah kapasitor tampak terbuka, dan rangkaian bekerja seperti penguat inverting dengan penguatan tegangan $-R2/R1$. Jika frekuensi bertambah, reaktansi kapasitif berkurang, menyebabkan penguatan tegangan turun (drop off). Jika frekuensi mendekati tak terhingga, kapasitor

menjadi seperti terhubung singkat dan penguatan tegangan mendekati nol.

Sinyal output pada frekuensi rendah seperti Gambar 2.6. Jika frekuensi mendekati frekuensi kritis/sumbat, output turun 3db. Dibawah frekuensi ini, penguatan menurun (roll off) pada kelajuan ideal sebesar 20db per decade atau 6db per oktaf (factor dua perubahan dalam frekuensi).



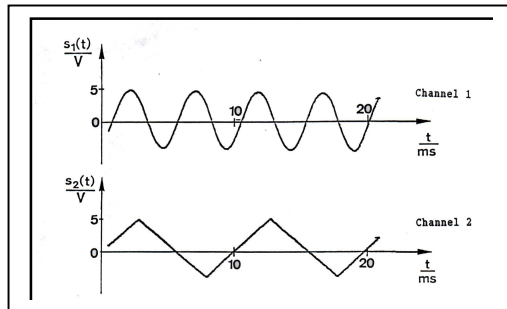
Gambar 2.16 Rangkaian *Low Pass Filter* aktif



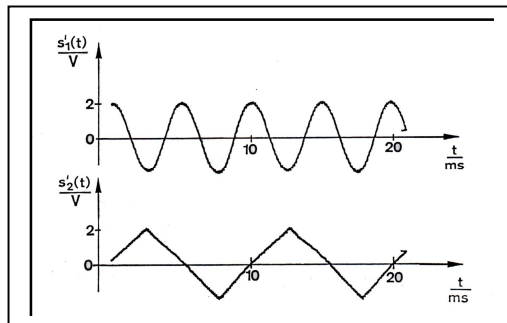
Low Pass Filter aktif

1.6 Analisis Pengukuran Saluran pada transmisi PCM-TDM

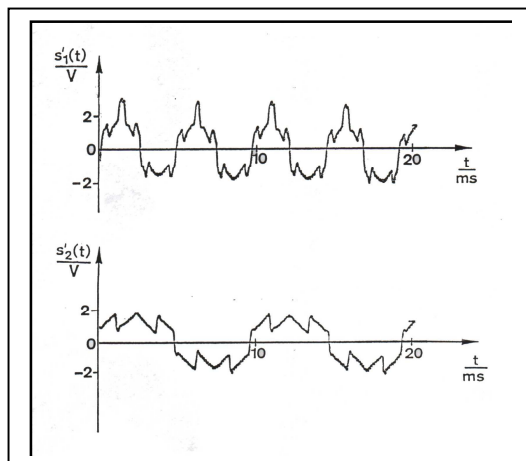
Hasil analisis pengukuran



Sinyal masukan PAM modulator



PAM



Perhitungan redaman cakup silang :

$$d = 20 \log \frac{A_{o'}}{A_o}$$

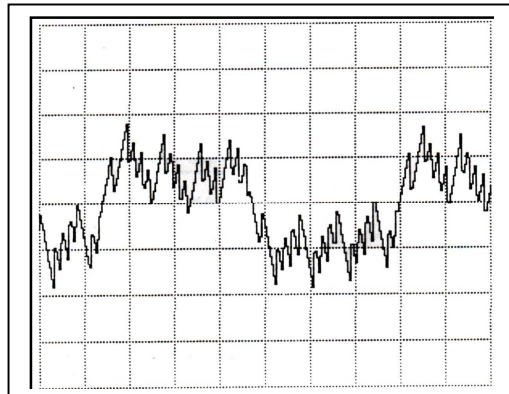
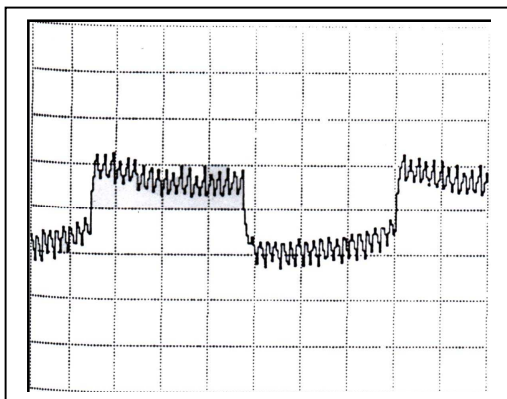
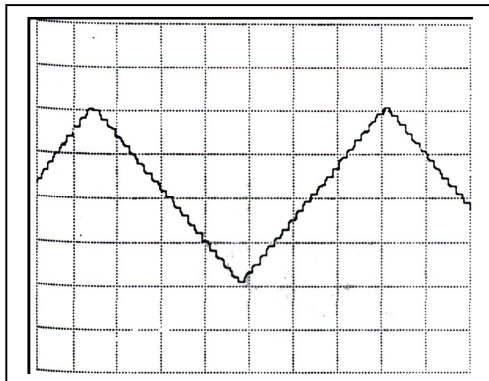
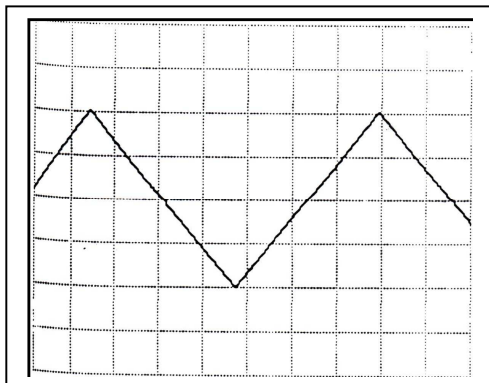
dengan :

A_o = amplitudo yang dikehendaki = 100 mV

$A_{o'}$ = amplitudo yang tidak dikehendaki = 2 V

Maka :

$$d = -26 \text{ dB}$$



Perhitungan *Bit Error Rate* (BER)

Nilai BER ditentukan untuk layanan *voice* adalah $10^{-5} - 10^{-7}$ sehingga besarnya bit yang diterima :

Bit yang salah = bit yang ditransmisikan x BER

Bit yang diterima = bit yang dikirim – bit yang salah

Bit yang salah = 2 Mb x 10^{-5} = 20 bit

Bit yang diterima = 2 Mb – 20 bit = 1.9998 Mbit

1.7 KESIMPULAN

1. PAM adalah suatu proses modulasi dimana suatu sinyal analog dicuplik secara periodik untuk menghasilkan sederetan pulsa yang tingginya berubah-ubah sesuai dengan harga sinyal analog pada masukan.
2. PCM adalah suatu proses modulasi
3. Proses penransmisian PCM meliputi: proses PAM, proses PCM, proses pendemodulasian PCM.
4. Pada PCM 30/32 sebuah kerangka pulsa akan dibagi dalam tiga puluh dua timeslot dengan inisial t_{s0} sampai dengan t_{s31} . Setiap timeslot memiliki $3,9 \times 10^{-6}$ detik, yang berisi delapan bit PCM word.
5. Besarnya redaman cakup silang hasil pengukuran sebesar -26 dB

6. Semakin kecil jumlah bit pengkodean maka noise kuantisasi semakin besar
7. Nilai Bit Error Rate (BER) untuk transmisi suara sebesar $10^{-5} - 10^{-7}$

DAFTAR PUSTAKA

- Bellany, Jhon. 1991. **DIGITAL TELEPHONY** . London. Jhon Willey & Sons
- Freeman, L Roge. 1994. **REFERENCE MANUAL FOR TELECOMMUNICATION ENGINEERING** . New York. Jhon Willey & Sons
- Roddy-Coolen, Kamal Idris. 1990. **KOMUNIKASI ELEKTRONIKA JILID 1**. Jakarta. Erlangga
- Saydam, Gauzali. 1979. **PRINSIP DASAR TEKNOLOGI JARINGAN TELEKOMUNIKASI** . Bandung . Angkasa
- Suhana dan Shoji, Shigeki.. 1994. **BUKU PEGANGAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI** . Jakarta. Pradnya Paramita
- Viswanathan, Traga and Rajan. 1992. **TELECOMMUNICATION SWITCHING SYSTEM AND NETWORK** . New Delhi. Prentice–Hall of India.Privite, Limited