

Model Transmisi Digital Optik Isyarat Analog Dengan Modulasi Delta

Iwan Handoyo Putro

Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra
E-mail: iwanhp@petra.ac.id

Abstrak

Makalah ini menjelaskan pembuatan model transmisi sinyal digital menggunakan modulasi delta. Model yang dibangun terdiri dari bagian pemancar dan penerima. Komponen utama pada model ini adalah integrator yang berfungsi mengubah rentetan pulsa digital menjadi sinyal tangga dengan lebar langkah tetap untuk setiap pulsa *high* dan *low*. Hasil pengujian menunjukkan model mampu melakukan proses modulasi dan demodulasi sinyal dengan baik dan mampu memperlihatkan kondisi slope overload. Step integrasi yang digunakan 0,4 volt dengan frekuensi sampling 125 KHz.

Kata kunci : modulasi delta, integrator, slope overload

Abstract

This paper describes about making digital signal transmission model using delta modulation. Model that build consist of transmitter and receiver side. Main part of this model is integrator which changing series digital pulse into staircase signal with fixed step for every high and low pulse. Experiment result show that the model able to do modulation and demodulation process well and could show the slope overload condition. Integration step used is 0,4 volt with frequency sampling at 125 KHz

Keywords : delta modulation, integrator, slope overload

Pendahuluan

Saluran transmisi sistem komunikasi dapat diklasifikasikan dalam tiga golongan besar yaitu saluran transmisi kabel konvensional, saluran transmisi media udara dan saluran komunikasi dengan media serat optik.

Dalam makalah ini dipaparkan perencanaan dan pembuatan trainer yang dapat dijadikan model untuk mengetahui proses perubahan sinyal analog ke digital dan digital ke analog serta sifat dan karakteristik sinar infra merah sebagai gelombang pembawa isyarat audio.

Ada dua proses utama yang dibahas dan dikerjakan dalam proyek ini, yaitu proses pengolahan sinyal menggunakan modulasi delta sebagai salah satu metode pengolahan sinyal analog ke digital dalam transmisi optik isyarat audio dan prinsip kerja Quantizer pada bagian penerima yang berfungsi untuk mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog. Bagian penerima juga dilengkapi dengan penguat audio dan speaker untuk menunjukkan kualitas rekonstruksi sinyal.

Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 November 2003. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Elektro volume 4, nomor 1, Maret 2004.

Media transmisi yang digunakan adalah media udara dengan perantaraan sinar infra merah. Pemfokusan cahaya pada pengamatan dilakukan semaksimal mungkin sehingga pada laporan ini tidak akan diulas mengenai banyaknya energi cahaya yang tersebar.

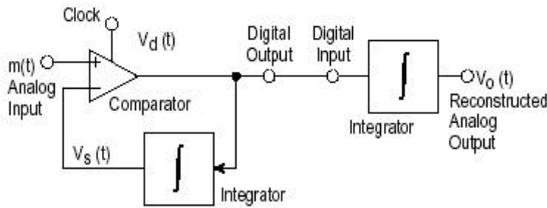
Makalah ini disusun dengan sistematika sebagai berikut : diawali dengan bagian pendahuluan berisi latar belakang permasalahan, dilanjutkan dengan konsep dasar modulasi delta, perancangan sistem yang diikuti dengan analisa dari data hasil pengujian, dan ditutup dengan kesimpulan.

Modulasi Delta

Modulasi Delta dikembangkan mulai tahun 1940 untuk aplikasi *voice telephony*. Modulasi delta merupakan sebuah teknik modulasi dimana suatu sinyal analog dapat dikodekan dalam digit (bit) kembar. Karena itu modulasi delta merupakan salah satu sistem berbasis Pulse Code Modulation (PCM).

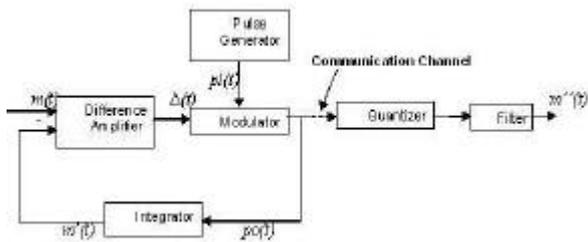
Dibandingkan sistem berdasar PCM yang lain modulasi delta memiliki kelebihan yaitu sirkuit elektronik yang dibutuhkan bagi modulasi pada bagian pengirim dan khususnya lagi pada bagian

penerima lebih sederhana daripada perangkat keras yang dibutuhkan untuk sistem berbasis PCM yang lain. Gambar 1 menunjukkan sistem modulasi delta yang sederhana.



Gambar 1. Sistem Modulasi Delta

Prinsip kerja modulasi delta adalah pemancaran rentetan pulsa-pulsa dengan lebar-tetap, yang polaritasnya menunjukkan apakah keluaran demodulator harus naik atau turun pada masing-masing pulsa. Keluaran dibuat naik atau turun oleh suatu tinggi langkah yang tetap pada masing-masing pulsa. Gambar 2 memperlihatkan jalannya proses pengolahan sinyal dengan modulasi delta.



Gambar 2. Pengolahan Sinyal dengan Modulasi Delta

Sinyal modulasi $m(t)$ dikenakan ke masukan yang membalik (inverting input) dari sebuah penguat diferensial. Suatu versi yang disusun kembali dari sinyal $m'(t)$ dikenakan ke masukan yang tak membalik (non inverting input). Keluaran dari penguat diferensial diumpankan pada sebuah komparator. Komparator akan berada dalam kejenuhan (saturation), baik positif maupun negatif, tergantung pada polaritas dari tegangan selisih antara sinyal-sinyal masukan dari penguat diferensial. Jadi keluaran akan sama dengan $+ / - 1$, tanpa memandang daerah di tengah yang dapat mempunyai dua arti.

Modulator menerima serentetan pulsa-pulsa unipoler $pi(t)$ yang berulang sesuai dengan laju pengambilan sampel yang dikehendaki dan memancarkannya baik secara langsung untuk suatu masukan $+1$ atau membalikkan polaritas untuk suatu masukan -1 . Sinyal ini dipancarkan sebagai sinyal keluaran $po(t)$ dan juga diteruskan ke sebuah rangkaian integrator lokal. Integrator

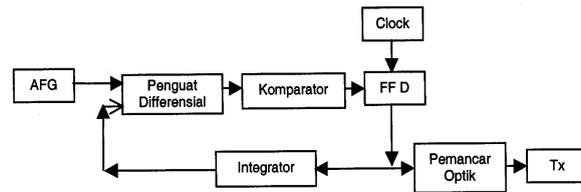
ini menyebabkan $m'(t)$ naik atau turun dengan suatu tinggi langkah yang tetap untuk setiap pulsa $+$ atau $-$ yang sampai ke masukannya.

Pada penerima, sebuah regenerator membentuk kembali sinyal yang diterima dan menghilangkan sebagian besar kebisingan. Sinyal kemudian dimasukkan ke sebuah integrator yang lain, yang menyusun kembali $m'(t)$, bentuk gelombang tangga tersebut. Sinyal ini kemudian diteruskan lewat sebuah filter low-pass untuk menghilangkan kebisingan kuantisasi, sehingga hanya akan tertinggal sebuah replika (tiruan) $m''(t)$ dari sinyal asli.

Desain Sistem

1. Bagian Pemancar

Bagian pemancar terdiri dari: penguat differensial, komparator, multivibrator, integrator, penyangga dan pengirim optik. Gambar 3 memperlihatkan blok diagram perencanaan pemancar.



Gambar 3. Blok diagram pemancar

Penguat differensial berfungsi untuk memperkuat selisih antara dua sinyal. Polaritas tegangan keluaran menjadi positif apabila tegangan pada masukan membalik lebih negatif daripada tegangan pada masukan tak membalik, begitu juga sebaliknya.

Komparator yang dipakai pada bagian pemancar adalah sebuah komparator yang disusun dengan tugas untuk mendeteksi sinyal pada masukan tak membalik. Dengan demikian diharapkan keluaran komparator sefase dengan input komparator.

IC NE 555 dipakai untuk membangun multivibrator astabil, fasilitas yang ada pada multivibrator astabil ini adalah pengaturan frekuensi dan *duty cycle*. Penghitungan frekuensi yang dihasilkan menggunakan rumusan (1):

$$F = [1/1,45 C1(2Rp1+Rp2+4K7)] \text{ Hz} \quad (1)$$

Frekuensi minimum yang dapat dihasilkan adalah 64 KHz, sedangkan frekuensi maksimal yang dapat dibangkitkan adalah 125 KHz.

Flip-flop D merupakan multivibrator bistabil yang masukan D-nya ditransfer ke keluaran setelah sebuah pulsa lonceng diterima. Flip-flop D yang dipakai disini adalah IC CMOS 4013. Tabel 2 memperlihatkan tabel kebenaran flip-flop D.

Tabel 2. Tabel kebenaran Flip-flop D

Clock	Data	Y
1	0	0
1	1	1
0	X	Keadaan terakhir

X = sembarang data.

Integrator pada bagian pemancar dipakai untuk membentuk sinyal tangga dari sinyal digital keluaran flip-flop D. Syarat yang harus dipenuhi agar terjadi proses pengintegrasian adalah $P_d \ll RC$, adapun P_d adalah periode satu pulsa masukan.

Selama V_{in} konstan, V_o dapat dihitung dengan menggunakan rumusan (2):

$$V_o = -1/RC \quad V_{indt} \quad (2)$$

Masukan tak membalik integrator dihubungkan dengan catu 2,5 volt agar integrator mampu mendapatkan masukan dengan level logika positif dan negatif.

Untuk mengubah pulsa-pulsa listrik dari flip-flop D menjadi pulsa *on-off* infra merah, dipakai penguat optik dengan 3 dioda infra merah penguat pasangan darlington. Konfigurasi pasangan darlington dipilih karena memiliki impedansi input tinggi dan impedansi output rendah, selain itu penguatan arus yang dimiliki tinggi sehingga penguatan yang dihasilkan optimal.

2. Bagian Penerima

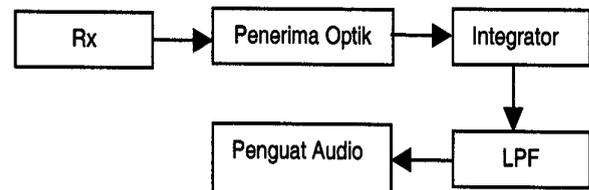
Bagian penerima terdiri dari: penerima optik, integrator, low pass filter, dan penguat audio. Penerima optik berfungsi mengubah pulsa-pulsa optik infra merah menjadi pulsa listrik. Pengubahan ini dilakukan oleh photo dioda yang akan menghantarkan arus jika persambungan pn yang dipanjar terbalik terkena denyut cahaya infra merah.

Integrator yang digunakan pada bagian penerima harus sama dengan yang dipakai pada bagian pemancar. Hal ini disebabkan integrator pada

bagian penerima harus bisa menghasilkan replika sinyal yang sama seperti dihasilkan oleh integrator bagian pemancar.

Low pass filter berfungsi untuk meng-haluskan bentuk gelombang yang dihasilkan oleh integrator. Low pass filter yang digunakan bekerja pada frekuensi cut off 1 KHz, karena dalam pengujian frekuensi sinyal input dibatasi pada frekuensi tersebut.

Penguat audio dipakai untuk agar sinyal hasil rekonstruksi dapat didengar oleh manusia. Penguat audio dibangun dengan menggunakan IC LM 386 dengan penguatan yang dapat diatur antara 20 sampai 200 kali. Gambar 4 memperlihatkan diagram blok perencanaan bagian penerima.



Gambar 4. Diagram Blok Penerima

Pengujian

1. Pengujian Power Transmitter

Pengujian dilakukan dalam ruang tertutup dengan mematikan lampu penerangan ruangan. Kondisi ini diusahakan dengan tujuan meminimalisasi rugi-rugi akibat cahaya luar. Pengujian power transmitter yang pertama dilakukan menggunakan parameter sudut $0^\circ - 90^\circ$ dengan variasi $22,5^\circ$. Hasil pengujian ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Tabel Pengukuran Power Transmitter dengan Parameter Sudut

Sudut	Hasil Pengukuran
0°	1,5 μ W
$22,5^\circ$	1,8 μ W
45°	3,6 μ W
$67,5^\circ$	11 μ W
90°	13 μ W

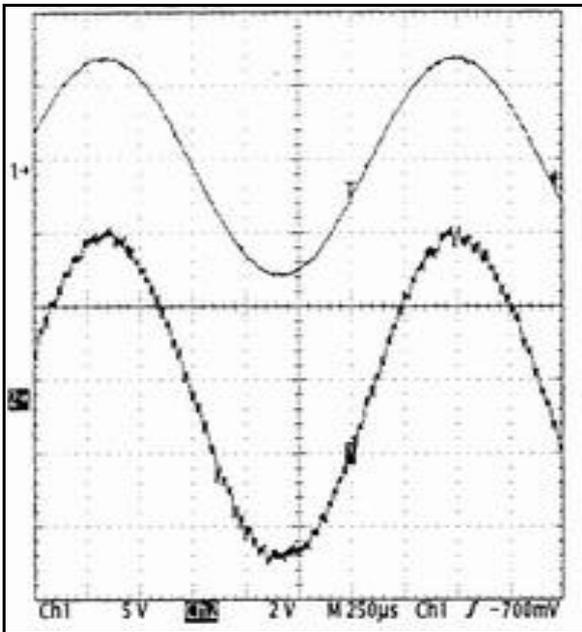
Pengujian power transmitter kedua dilakukan dengan menggunakan variabel jarak, sudut yang dipakai adalah 90° . Hasil pengujian diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4. Tabel Pengukuran Daya Optis dengan Parameter Jarak.

Jarak	Hasil Pengukuran
5 cm	1,5 iW
10 cm	1 iW
20 cm	0,4 iW
30 cm	0,18 iW
50 cm	0,1 iW

Dari tabel 3 terlihat bahwa power transmitter terbesar tercatat saat pengujian dilakukan pada sudut 90° dari pemancar optik. Data pengujian pada tabel 4 menunjukkan semakin dekat jarak pengukuran semakin besar power transmitter yang terukur.

2. Pengujian Bagian Pemancar



Gambar 5. Respon Integrator Terhadap Sinyal Input

Gambar 5 memperlihatkan integrator melakukan proses sampling dengan tepat sesuai dengan bentuk sinyal masukan. Ukuran step integrator dapat diperoleh dari rumusan :

$$2 \delta f A = S f_3^{\Delta} \tag{3}$$

dengan :

$\delta = 3,14$

$f =$ frekuensi sinyal input.

$A =$ amplitudo sinyal input

$S =$ ukuran step integrator

$f_3^{\Delta} =$ frekuensi sampling

Rumusan untuk memperoleh nilai step integrator:

$$s = \frac{2\delta f A}{f_3 \Delta} \tag{4}$$

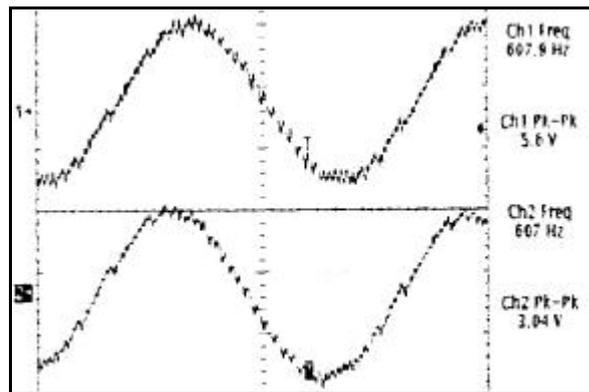
$$s = (2)(3,14)(600)(15) : (125.000)$$

$$s = 0,4 \text{ volt}$$

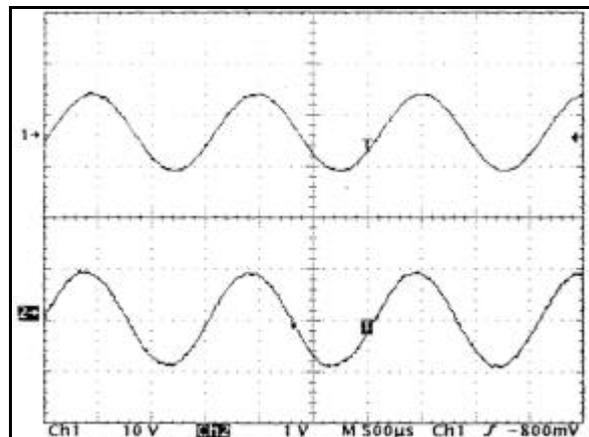
3. Pengujian Bagian Penerima

Gambar 6 memperlihatkan perbandingan bentuk gelombang *step integrator* pemancar dan penerima.

Bentuk gelombang hasil proses integrasi baik pada pemancar maupun penerima harus identik karena berhubungan dengan proses rekonstruksi sinyal input. Hasil rekonstruksi sinyal yang telah dilewatkan pada *low pass filter* dibandingkan dengan sinyal masukan dari AFG diperlihatkan pada gambar 7.



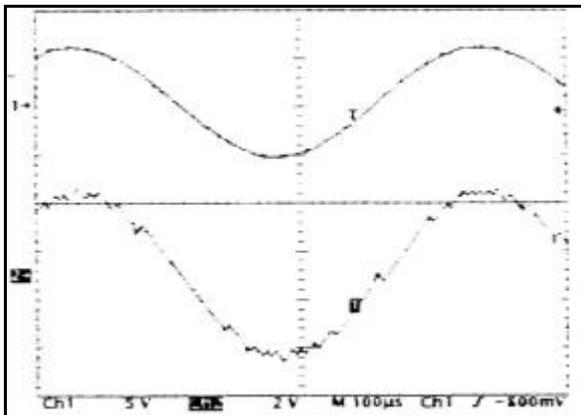
Gambar 6. Respon Integrator Pemancar dibanding dengan Penerima



Gambar 7. Sinyal Masukan dibanding Sinyal Output LPF

4. Slope Overload

Keadaan *slope overload* merupakan kondisi dimana integrator tidak dapat mengikuti laju/lonjakan sinyal masukan. Semua sistem yang berisi modulator dan demodulator, termasuk modulasi delta, akan mengalami kondisi overload jika amplitudo sinyal yang dimodulasi melampaui lingkup peralatan aktif yang diapakai dalam pemrosesan sinyal tersebut. Tetapi modulasi delta memiliki tipe overload tambahan yang tidak ditemui dalam sistem yang lain. Kondisi ini muncul saat sinyal yang dimodulasi berubah antara penarikan sampel dengan jumlah yang lebih besar dari ukuran step pengintegrasian. Tipe overload ini tidak ditentukan oleh amplitudo sinyal yang memodulasi tetapi oleh *slope*-nya. Keadaan ini ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Keadaan *slope overload*

Kesimpulan

Dari model yang dikerjakan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perangkat keras yang dibutuhkan dalam implementasi sistem cukup sederhana. Pada dasarnya hanya dibutuhkan komparator, integrator, clock dan flip-flop D.
2. Keadaan *slope overload* merupakan keadaan dimana step integrator tidak dapat mengikuti laju sinyal masukan. Slope overload lebih disebabkan karena kecuraman lereng sinyal tidak dapat diikuti oleh lebar step integrator. Akibat keadaan ini adalah kesalahan rekonstruksi pada sinyal keluaran.
3. Perbedaan bentuk gelombang masukan dengan output LPF dapat diperbaiki dengan:
 - a. Memperkecil lebar step integrator pemancar.
 - b. Meminimumkan pencahayaan pada ruang pengujian.

Daftar Pustaka

- [1]. Carlson, A. Bruce, Communication System, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo, 1975.
- [2]. Taub, H., Shilling, D.L., Principle of Communication Systems, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo, 1968.
- [3]. Hughes, F.W., Op Amp Handbook, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1981.
- [4]. Malvino, A.P., Barmawi, Prinsip-Prinsip Elektronika, edisi ketiga, jilid 1 dan 2, Erlangga, Jakarta, 1991.