

## MAKALAH SEMINAR TUGAS AKHIR

### SIMULASI PENYANDIAN KONVOLUSIONAL

Dwi Sulistyanto<sup>1</sup>, Imam Santoso<sup>2</sup>, Sukiswo<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

e-mail : dwi\_sulistyanto02@yahoo.com

**Abstrak** – Dalam sistem komunikasi digital, data dikirimkan melalui kanal transmisi yang rentan terhadap gangguan derau. Dalam mengatasi permasalahan tersebut dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan penyandian kanal. Salah satu teknik penyandian kanal yaitu sandi konvolusional. Cara kerja sandi konvolusional ini yaitu secara kontinyu memetakan bit informasi ke dalam urutan keluaran sehingga akan meningkatkan penyandian.

Berdasarkan hal tersebut maka dibuatlah simulasi penyandian konvolusional untuk tugas akhir ini. Kinerja dari penyandian konvolusional ini dipengaruhi oleh parameter-parameter diantaranya panjang memori ( $K$ ), laju penyandian ( $R$ ), dan generator polinomial. Dalam simulasi ini data hasil penyandian akan ditransmisikan pada kanal biner simetris (BSC) dengan variasi probabilitas derau dan variasi posisi bit yang berderau, kemudian akan diperoleh kinerjanya berdasarkan dari nilai laju kesalahan bit (BER).

Hasil simulasi menunjukkan kinerja berdasarkan parameter panjang memori, program simulasi mampu mengoreksi kesalahan mencapai 20% dari keseluruhan bit data untuk letak derau acak. Sedangkan berdasarkan laju penyandian menunjukkan bahwa laju penyandian ( $R$ ) =  $\frac{1}{2}$  adalah kinerja yang terbaik dengan kisaran nilai BER-nya antara 0 - 25,4%, dan kinerja berdasarkan generator polinomial, untuk parameter panjang memori ( $K$ ) = 3, nilai  $g_1 = 111$  dan  $g_2 = 101$  adalah yang terbaik dengan rata-rata nilai BER-nya yaitu 6,98% untuk letak derau berurutan.

**Kata kunci** : sandi, konvolusional, viterbi

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam sistem komunikasi digital, data dikirimkan melalui kanal transmisi yang rentan terhadap gangguan derau. Untuk kanal transmisi yang relatif berderau, kemungkinan kesalahan dapat mencapai nilai setinggi  $10^{-1}$ , yang berarti bahwa rata-rata hanya 9 dari 10 bit dikirim akan diterima dengan benar. Prinsip pengontrolan kesalahan berkaitan dengan mekanisme untuk mendeteksi dan memperbaiki derau yang terjadi. Salah satu cara yang digunakan adalah dengan menambahkan bagian penyandian kanal, yang terdiri dari penyandi kanal pada bagian pengirim dan pengawasandi kanal pada bagian penerima. Tujuan penyandian kanal ini adalah untuk meningkatkan ketahanan sistem komunikasi digital untuk saluran transmisi yang berderau.

Sandi konvolusional merupakan salah satu penyandian kanal yang sering digunakan. Pembelajaran lebih terperinci mengenai sandi konvolusional perlu dilakukan, sehingga perlu dibuat suatu perangkat lunak simulasi penyandian konvolusional sebagai pendamping dalam proses pembelajaran. Dari perangkat lunak tersebut dapat memberikan pengetahuan tentang sandi konvolusional lebih detail, sehingga didapatkan pemahaman yang lebih baik.

### 1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat perangkat lunak simulasi penyandian konvolusional dengan nilai parameter penyandian tertentu sebagai pendamping dalam proses pembelajaran. Diharapkan bermanfaat untuk membantu pengajar dalam proses pembelajaran terutama tentang sandi konvolusional.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Ruang lingkup pada penelitian tugas akhir ini dibatasi pada :

- 1) Data masukan sudah dalam bentuk digital (bilangan biner).
- 2) Pada penyandian, spesifikasi nilai parameter yang dipakai yaitu parameter panjang memori ( $K$ ) adalah 3, 4, 5, dan 7; serta parameter laju penyandian ( $\frac{k}{n}$ ) adalah  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ , dan  $\frac{2}{3}$ .
- 3) Menggunakan kanal biner simetris (BSC) dengan variasi nilai probabilitas kesalahan ( $p$ ).
- 4) Pada pengawasandian menggunakan teknik algoritma Viterbi adaptif (AVA) dengan metode keputusan kasar.

<sup>1</sup> Mahasiswa jurusan teknik elektro UNDIP

<sup>2</sup> Staf pengajar jurusan teknik elektro UNDIP

## II KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Penjumlahan Modulus Dua

Penjumlahan modulus dua merupakan gerbang OR yang bersifat eksklusif dengan tabel kebenaran yang ditunjukkan pada tabel 1.

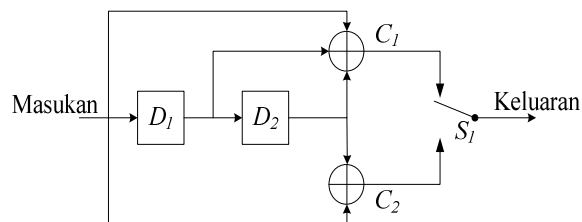
Tabel 1 Tabel kebenaran penjumlahan modulus dua

Masukan A	Masukan B	Keluaran
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

### 2.2 Sandi Konvolusional

Sandi konvolusional secara garis besar dapat didefinisikan sebagai sebuah sistem sandi yang memiliki informasi bit masukan yang akan disandikan menjadi beberapa bit tersandikan dengan menggunakan memori yang menyebabkan terciptanya sebuah aturan penyandian. Untuk lebih ringkasnya sandi konvolusional dapat disebut sandi dengan struktur sandi  $(n, k, m)$ . dengan,  $n$  = jumlah keluaran bit,  $k$  = jumlah masukan bit,  $m$  = jumlah memori (jumlah register geser)

Tetapi di lain sisi sandi konvolusional juga dapat didefinisikan oleh beberapa generator polinomial, ini dikarenakan setiap elemen pada generator polinomial mendefinisikan tiga tiang utama dari sandi konvolusional yaitu jumlah register geser (jumlah memori) atau panjang memori (*constraint length*), jumlah keluaran bit (jumlah penjumlahan modulo dua) serta hubungan koneksi antara register geser dan penjumlahan modulo dua. Penjelasan tersebut akan jelas terlihat pada gambar rangkaian di bawah ini.



Gambar 1 Penyandi konvolusionl dengan laju  $\frac{1}{2}$

Berdasarkan pendefinisian bahwa sandi konvolusional adalah sandi  $(n, k, m)$ , dapat diketahui parameter-parameter utama yang menjadi pilar utama dalam membangun sandi konvolusional diantaranya :

1. Laju Penyandian ( $R$ )
2. Panjang Memori ( $K$ )
3. Generator Polinomial ( $g_n$ )

### Laju Penyandian

Laju penyandian ( $R$ ) merupakan rasio antara masukan informasi bit dengan keluaran bit tersandikan dan mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$R = \frac{k}{n}$$

dengan,  $R$  = Laju penyandian,  $k$  = Jumlah bit masukan sandi konvolusional,  $n$  = Jumlah bit keluaran sandi konvolusional

### Panjang Memori (K)

Panjang memori adalah jumlah elemen tundaan dalam sandi konvolusional yaitu memori dengan masukan bit sekarang pada sandi konvolusional atau dapat disebut juga panjang sandi dari sandi konvolusional. Panjang memori dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$K = m + 1$$

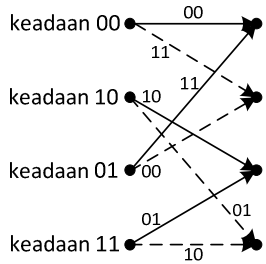
dengan,  $K$  = Panjang memori,  $m$  = Memori

### Generator Polinomial

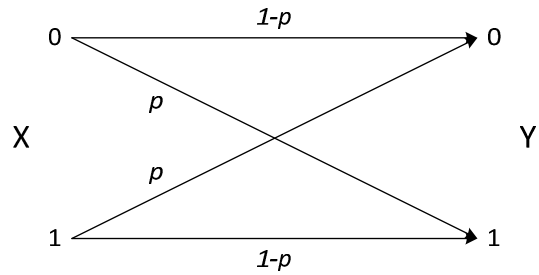
Generator polinomial sangat dibutuhkan untuk merangkai suatu sandi konvolusional berdasarkan jumlah memori yang digunakan dalam suatu sandi konvolusional selain itu setiap elemen pada generator polinomial serta jumlah dari fungsi generator polinomial mempengaruhi :

1. Jumlah keluaran (penjumlahan modulo dua)
2. Panjang memori sandi konvolusional (jumlah register geser + masukan)
3. Hubungan koneksi antara register geser dan penjumlahan modulo dua

Proses penyandian dengan penyandi konvolusional dapat digambarkan dengan diagram trellis. Diagram trellis untuk contoh penyandi gambar 1 dapat dilihat pada gambar 2. Penyandi konvolusional tersebut mempunyai empat keadaan, yang didapat dari perhitungan jumlah keadaan  $2^{K-1}$ , dan direpresentasikan biner yaitu 00, 01, 10, dan 11. Setiap panah menunjukkan bagaimana penyandi mengubah keadaannya jika masukan 0, yang dilambangkan dengan garis utuh, atau jika masukannya 1, yang dilambangkan dengan garis putus-putus. Keadaan awal dari penyandian pasti dimulai dari keadaan 00.



Gambar 2 Diagram trellis



Gambar 3 Kanal biner simetris.

Diagram trellis di atas menjadi dasar dalam menentukan perubahan keadaan dan keluaran. Apabila diagram trellis tersebut direpresentasikan ke dalam tabel keadaan dan tabel keluaran, maka akan dihasilkan tabel berikut ini :

Tabel 2 Tabel Keadaan

Keadaan saat ini	Keadaan selanjutnya, jika	
	masukan = 0	masukan = 1
00	00	10
01	00	10
10	01	11
11	01	11

Tabel 3 Tabel Keluaran

Keadaan saat ini	Keluaran, jika	
	masukan = 0	masukan = 1
00	00	11
01	11	00
10	10	01
11	01	10

### 2.3 Kanal Transmisi

Kanal transmisi merupakan media yang memiliki sejumlah efek pada proses penransmisian yaitu seperti attenuasi, distorsi, interferensi dan noise yang membuat keadaan tak tentu pada bit bit data akan diterima dengan baik atau tidak di sisi penerima. Dalam penelitian ini digunakan kanal biner simetris (BSC) sebagai kanal transmisinya.

Sebuah kanal biner simetris (BSC) adalah model saluran komunikasi yang umum digunakan dalam teori penyandian dan teori informasi. Dalam model ini, bagan pengirim mengirimkan kumpulan bit (nol atau satu), dan bagian penerima menerima bit tersebut kembali. Diasumsikan bahwa biasanya kumpulan bit ditransmisikan dengan benar, tetapi dalam kenyataannya terdapat beberapa bit yang berubah nilainya dengan probabilitas kecil. Kanal ini sering digunakan dalam teori informasi karena itu merupakan salah satu kanal yang paling sederhana untuk menganalisa kinerja suatu sistem.

Kanal biner simetris (BSC), yang ditunjukkan pada Gambar diatas adalah kanal biner di mana simbol masukan dilengkapi dengan probabilitas  $p$ , dan merupakan model sederhana dari sebuah saluran dengan kesalahan. Sebuah kanal biner simetris dengan probabilitas  $p$  dinotasikan dengan BSC $_p$ , adalah saluran dengan masukan biner dan keluaran biner dan probabilitas  $p$  kesalahan, yaitu, jika  $X$  adalah variabel acak ditransmisikan dan  $Y$  variabel yang diterima, maka saluran ditandai oleh probabilitas bersyarat sebagai berikut :

$$\Pr ( Y = 0 | X = 0 ) = \Pr ( Y = 1 | X = 1 ) = 1 - p$$

$$\Pr ( Y = 0 | X = 1 ) = \Pr ( Y = 1 | X = 0 ) = p$$

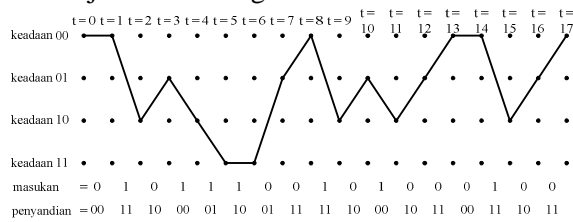
Hal ini diasumsikan bahwa  $0 \leq p \leq \frac{1}{2}$ . Jika  $p > \frac{1}{2}$ , maka penerima dapat menukar nilai keluarannya (menafsirkan 1 ketika melihat bit 0, dan sebaliknya) dan mendapatkan saluran setara dengan probabilitas kesalahan  $1 - p \leq \frac{1}{2}$ .

### 2.4 Algoritma Viterbi

Algoritma Viterbi merupakan salah satu pengawasandian yang berfungsi untuk memperkirakan masukan dari penyandian (data yang dikirimkan) dengan menggunakan aturan atau metode tertentu yang menghasilkan kemungkinan jumlah derau paling minimum. Dengan mengingat bahwa urutan bit sandi memiliki hubungan khusus satu-satu dengan urutan bit datanya. Proses pengawasandian dapat disamakan dengan membandingkan deretan bit yang diterima dengan semua kemungkinan bit hasil penyandian, dari proses perbandingan tersebut akan dipilih bit yang paling mirip antara deretan bit yang diterima dengan kemungkinan deretan bit-bit yang ada. Untuk menentukan deretan bit yang paling mirip adalah dengan menghitung nilai jarak hammingnya dan dari setiap nilai jarak hamming untuk tiap indek kedalaman trellis akan dibandingkan dan diakumulasikan sehingga nilai akumulasi yang terkecil akan dipilih dan akan menjadi dasar dari metrik cabang selanjutnya.

Algoritma Viterbi dapat diwakili dengan sebuah diagram trellis, dalam kasus ini metode

yang kita gunakan adalah pengawasandian keputusan kasar yaitu menggunakan ukuran metrik jarak hamming.

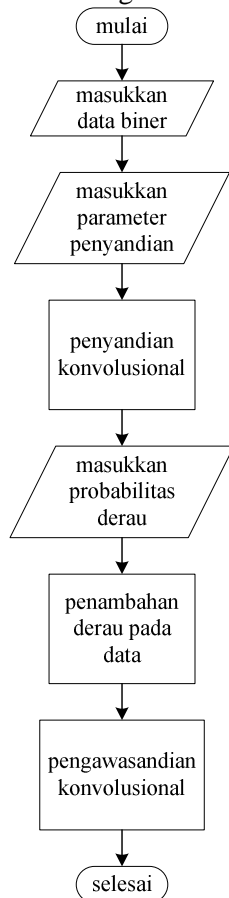


Gambar 4 Diagram trellis pengawasandian

Dalam metode pengawasandian dengan keputusan kasar, prinsip mencari kemungkinan bit yang mirip adalah mencari jalur dengan nilai jarak hamming yang paling kecil (akumulasi terkecil nilai jarak hamming) yang akan menjadi kandidat penerus metrik cabangannya.

### III PERANCANGAN PROGRAM

Perangkat lunak yang digunakan adalah pemrograman borland delphi 7 dalam pembuatan programnya. Sedangkan untuk mengetahui step pembuatan sistem secara keseluruhan maka membutuhkan perencanaan dalam hal ini yaitu berupa diagram alir sebagai berikut :



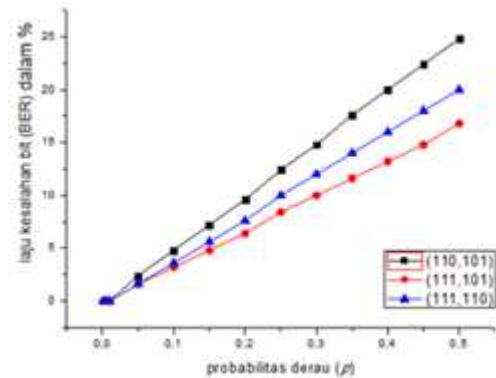
Gambar 5 Diagram alir sistem

Dalam perancangan program terdapat empat bagian utama yaitu :

1. Bagian data masukan, dalam bagian ini dirancang untuk data masukan biner saja untuk data yang lain akan di blokir, metode pembangkitan ada dua yaitu manual dan buka file (.txt).
2. Bagian penyandi, bagian ini dirancang penyandian konvolusional dengan nilai parameter tertentu.
3. Bagian derau kanal, bagian ini dirancang kanal biner simetris dengan variasi probabilitas derau.
4. Bagian pengawasandi, bagian ini dirancang untuk dapat merekonstruksi dan mengkoreksi data hasil pentransmisi pada kanal.

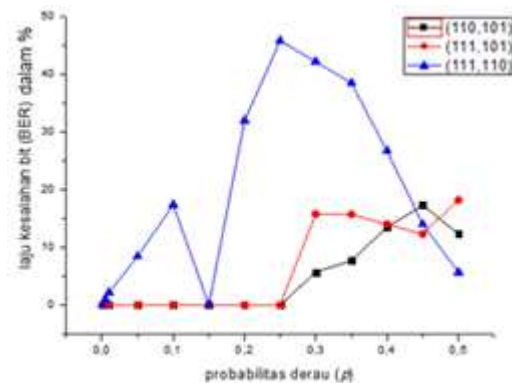
### IV HASIL DAN ANALISIS

#### 4.1 Kinerja Program Simulasi Berdasarkan Nilai Generator Polinomial



Gambar 6 Grafik nilai BER untuk nilai  $g_n$

Kinerja yang diujikan yaitu menggunakan masukan sebanyak 1000 bit. Untuk jenis derau berurutan (gambar 6), kinerja program simulasi berdasarkan nilai generator polinomial yang terbaik ditunjukkan oleh nilai generator polinomial  $g_1 = 111$  dan  $g_2 = 101$ , untuk parameter panjang memori ( $K$ ) = 3 dengan kisaran nilai BER antara 0 - 16,8 % dan rata-rata nilai BER-nya yaitu 6,98%.

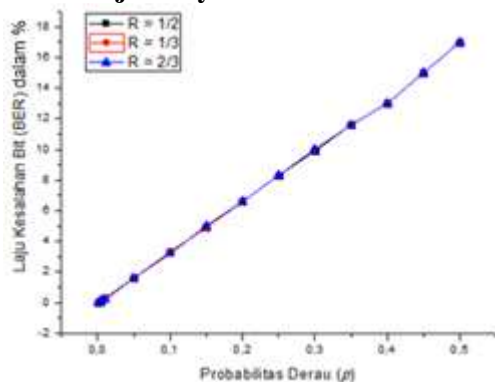


Gambar 7 Grafik nilai BER untuk nilai  $g_n$

Untuk jenis derau acak (gambar 7), kinerja program simulasi berdasarkan nilai generator

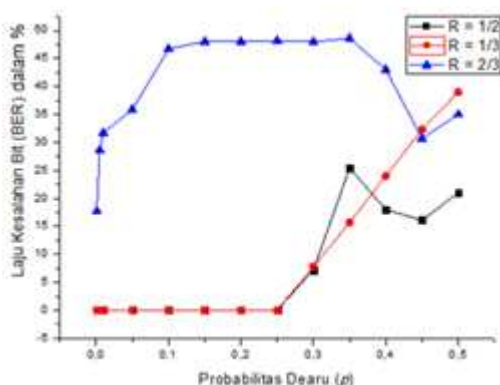
polinomial yang terbaik ditunjukkan oleh nilai generator polinomial  $g_1 = 110$  dan  $g_2 = 101$ , untuk parameter  $K = 3$  dengan kisaran nilai BER antara 0 - 17,28 % dan rata-ratanya yaitu 4,34%.

#### 4.2 Kinerja Program Simulasi Berdasarkan Nilai Laju Penyandian.



Gambar 8 Grafik nilai BER untuk nilai R

Kinerja yang diujikan yaitu menggunakan masukan sebanyak 1000 bit. Untuk jenis derau berurutan (gambar 8), kinerja program simulasi berdasarkan nilai laju penyandian menunjukkan bahwa ketiga kemungkinan laju penyandian yaitu  $R = 1/2$ ,  $1/3$ , dan  $2/3$  untuk parameter  $K = 3$  memiliki kinerja yang sama baiknya dengan kisaran nilai BER antara 0 - 16,6 % dan rata-ratanya yaitu 7,05%.



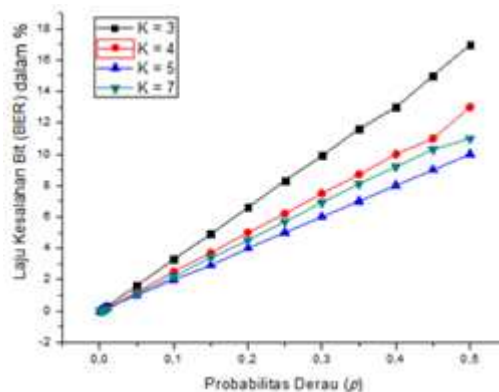
Gambar 9 Grafik nilai BER untuk nilai R

Untuk jenis derau acak (gambar 9), kinerja program simulasi berdasarkan nilai laju penyandian yang terbaik ditunjukkan oleh nilai  $R= 1/2$ , untuk parameter  $K = 3$  dengan kisaran nilai BER antara 0 - 25,4% dan rata-rata nilai BER-nya yaitu 6,7%.

#### 4.3 Kinerja Program Simulasi Berdasarkan Nilai Panjang Memori.

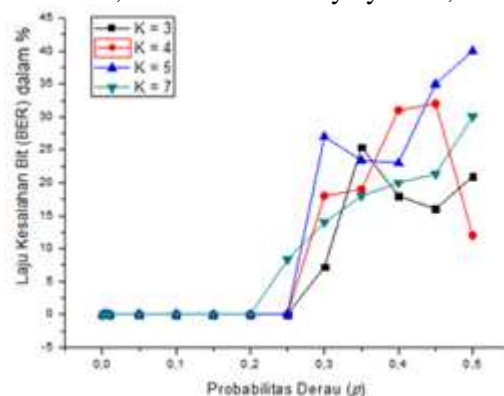
Kinerja yang diujikan yaitu menggunakan masukan sebanyak 1000 bit. Untuk jenis derau berurutan (gambar 10), kinerja program simulasi berdasarkan nilai panjang memori ( $K$ ) yang

terbaik ditunjukkan oleh panjang memori ( $K$ ) = 5 untuk parameter  $R = 1/2$  dengan kisaran nilai BER antara 0 - 10 % dan rata-rata nilai BER-nya yaitu 4,25%.



Gambar 10 Grafik nilai BER untuk nilai K

Untuk jenis derau acak (gambar 11), kinerja program simulasi berdasarkan nilai panjang memori ( $K$ ) yang terbaik ditunjukkan oleh panjang memori ( $K$ ) = 3 untuk parameter laju penyandian ( $R$ ) =  $1/2$  dengan kisaran nilai BER antara 0 - 25,4% dan rata-ratanya yaitu 6,7%.



Gambar 11 Grafik nilai BER untuk nilai K

## V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis dan simulasi yang telah dilakukan pada tugas akhir ini :

1. Kinerja program simulasi berdasarkan nilai generator polinomial ( $g_n$ ) menunjukkan bahwa untuk jenis derau berurutan nilai  $g_1=111$  dan  $g_2=101$  merupakan yang terbaik dengan kisaran nilai BER antara 0 - 16,8 % dan rata-ratanya 6,98%. Untuk jenis derau acak yaitu  $g_1 = 110$  dan  $g_2 = 101$  dengan kisaran nilai BER 0 - 17,28 % dan rata-ratanya 4,34%.
2. Kinerja program simulasi berdasarkan laju penyandian ( $R$ ) menunjukkan bahwa ketiga kemungkinan yaitu  $R = 1/2$ ,  $1/3$ , dan  $2/3$  untuk parameter  $K = 3$  memiliki kinerja yang sama baiknya. Untuk jenis derau acak nilai  $R= 1/2$ ,

yang terbaik dengan kisaran nilai BER 0 - 25,4% dan rata-ratanya 6,7%.

3. Kinerja program simulasi berdasarkan nilai panjang memori (K) menunjukkan bahwa untuk jenis derau berurutan yang terbaik yaitu panjang memori (K) = 5 untuk dengan kisaran nilai BER 0 - 10 % dan rata-ratanya yaitu 4,25%. Untuk derau acak parameter K = 3 yang terbaik dengan kisaran nilai BER 0 - 25,4% dan rata-ratanya 6,7%.

### 5.2 Saran

Dalam pengembangan tugas akhir ini perlu dilakukan beberapa tambahan yang perlu agar dapat memperoleh hasil yang lebih maksimal. Beberapa saran yang mungkin dapat dicoba antara lain :

1. Menggunakan nilai-nilai parameter sandi konvolusional yang lebih besar sehingga dalam perbandingannya dapat terlihat dengan baik pengaruh terhadap kinerjanya.
2. Menggunakan bahasa pemrograman lain sebagai pembanding.
3. Mengaplikasikan untuk beberapa kanal yang lain agar memperoleh kesimpulan yang lebih baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. J. Viterbi, "Convolutional Codes and Their Performance in Communication Systems," IEEE Trans. Commun. Technol., vol. COM-19, Oct. 1971, pp. 751-772.
- [2] Bose, R., *Information Theory, Coding and Cryptography*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- [3] F. Chan dan D. Haccoun, "Adaptive Viterbi decoding of convolutional codes over memoryless channels," IEEE Trans. Commun., vol. 45, Nov. 1997, pp. 1389-1400.
- [4] Fleming, Chip., "A Tutorial on Convolutional Coding with Viterbi Decoding", Spectrum Application, Derwood, 2002
- [5] Hanafi, Arif., "Simulasi Penyandian Kanal Pada Jaringan GPRS (General Packet Radio Service)", Universitas Diponegoro, Semaang 2000.
- [6] Saiful Bahri, K. dan Sjachriyanro, W., *Teknik Pemrograman Delphi*, Penerbit Informatika, Bandung, 2008.
- [7] Simon Haykin, *Communication Systems*. New York: John Wiley & Sons, New York, 2001.
- [8] Suhermanto, dan Emiyati, I.W.B., "Penggunaan Convolutional Coding Pada Telemetry Channel Coding", ITS, Surabaya.

- [9] T. S. Rappaport, *Wireless Communications*. New York: Prentice Hall, 1996.
- [10] Wicaksono, A., *Adaptive Coded Modulation (ACM) Menggunakan Kode Konvolusional dan Modulasi Adaptif pada WiMAX*, Skripsi-S1, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 2007.

### BIOGRAFI



**Dwi Sulistyanto (L2F308013)**, lahir di Kudus, 2 juli 1986. Menempuh pendidikan dasar di SD Purwosari 2 Kudus, SMP 1 Kudus, SMA 1 Rembang dn Diploma 3 di

Universitas Diponegoro, Sekarang sedang menempuh pendidikan strata satu di Universitas Diponegoro Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro, kosentrasi yang ditekuni adalah Elektronika dan Telekomunikasi.

Menyetujui dan Mengesahkan

Pembimbing I

Imam Santoso, ST, MT.  
NIP. 197012031997021001

Tanggal.....

Pembimbing II

Sukiswo, ST, MT.  
NIP. 196907141997021001

Tanggal.....