

## Analisa Kinerja Pengkodean Kanal *Type Reed Solomon Coding* pada Kualitas Transmisi Citra

Baharuddin

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas  
Corresponding author, e-mail: baharuddin@eng.unand.ac.id

**Abstrak**— Dalam sistem telekomunikasi, data multimedia berupa audio, citra, dan video ditransmisikan ke penerima melalui sebuah kanal komunikasi. Pada sistem telekomunikasi yang menggunakan kanal komunikasi *wireless*, selain pengaruh redaman, gangguan yang paling dominan adalah *noise* dan *fading*. *Fading* dan *noise* di kanal akan menurunkan kinerja sistem telekomunikasi digital karena dapat menyebabkan terjadinya kesalahan pendeteksian sinyal, sehingga terjadi perubahan *bit* atau simbol pada sisi penerima. Dengan menerapkan teknik pengkodean kanal tipe *Reed Solomon Code* pada sisi pengirim dan penerima, maka dapat ditingkatkan kinerja dari sistem komunikasi digital tersebut. Melalui simulasi dalam penelitian ini, telah dianalisa pengaruh penerapan teknik pengkodean kanal *Reed Solomon Code* pada sistem yang dipengaruhi *noise Additive White Gaussian Noise* (AWGN) dan *fading Rayleigh*. Besarnya pengaruh penggunaan dari teknik pengkodean kanal *Reed Solomon Code* dapat diketahui melalui analisa *Bit Error Rate* (BER) dan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR). Hasil simulasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa adanya peningkatan perbaikan sistem dipenerima rata-rata 5dB bila dibandingkan dengan tanpa menggunakan teknik pengkodean kanal *Reed Solomon Code*.

*Kata Kunci* : *Reed Solomon Code* , *Noise AWGN*, *Fading Rayleigh*, *PSNR*, *BER*

**Abstract**— In the telecommunication systems, the data like audio, image, and video are transmitted to a receiver through a communication channel. However, the presence of noise and fading in the channel will degrade its performance. The degradation may cause error on signal detection and change the bits or symbols on the receiver. By applying a RS Code channel coding technique on the transmitter and the receiver, it may improve the performance of digital communication system. The influence of employing the RS Code channel coding technique on the system with noise *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) and Rayleigh fading has been analyzed through a simulation. Performance evaluation on the use of RS Code channel coding technique can be determined from the analysis of *Bit Error Rate* (BER) and *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR). The simulation result shows that the system is improved by 5dB on the receiver compares to the system without using RS Code channel coding technique.

*Keywords* : *Reed Solomon Code* , *Noise AWGN*, *Fading Rayleigh*, *PSNR*, *BER*

### 1. Pendahuluan

Dalam sistem transmisi telekomunikasi, informasi berupa data, suara, citra dan video akan dikirim dari pemancar menuju penerima melalui sebuah kanal komunikasi. Kanal komunikasi secara real dapat berupa medium fisik (seperti dua pasang kabel, kabel koaksial, serta fiber optik yang menghubungkan antara pemancar dan penerima), maupun medium non-fisik (seperti medium udara berupa gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dari pemancar ke penerima). Selama transmisi informasi melalui kanal komunikasi pasti akan selalu terjadi penurunan kualitas informasi. Penurunan kualitas informasi ini dapat disebabkan oleh berupa interferensi,

*delay spread*, redaman (*attenuation*), derau (*noise*) serta timbul tenggelamnya sinyal informasi (*fading*) [1].

Pada medium non-fisik (kanal *wireless*), gangguan yang paling dominan adalah adanya *multipath fading*. *Multipath fading* terjadi karena sinyal informasi yang dipancarkan akan tersebar kesegala arah melewati medium udara. Akibatnya sinyal yang sampai dipenerima adalah penjumlahan antara sinyal informasi dari arah path 1, path 2, path 3 dan seterusnya. Sehingga akan didapat sinyal yang saling mengurangkan dan bahkan saling menghilangkan akibat adanya perbedaan fasa yang tiba di penerima. Pengaruh dari gangguan dominan ini dapat menyebabkan kesalahan pendeteksian pada bagian penerima

system telekomunikasi. Misalnya akibat pengaruh dari gangguan ini, sinyal informasi yang dikirim bit "1" dapat berubah menjadi bit "0" yang diterima di bagian penerima begitupun sebaliknya, sehingga dengan demikian unjuk kerja sistem akan menurun di bagian penerima. Salah satu usaha yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan dari gangguan *noise* dan *fading* yang terjadi pada kanal *wireless* adalah dengan menggunakan pengkodean kanal. Pada penelitian ini pengkodean kanal yang digunakan adalah type *Reed Solomon (RS) Coding*, ini dikarenakan atas kemampuannya mendeteksi dan mengoreksi kesalahan yang cukup tinggi, yang diakibatkan oleh *noise* dan *fading* [2]. Pengujian dilakukan dengan membandingkan sistem dengan dan tanpa menggunakan pengkodean kanal *RS Coding*. Evaluasi terhadap sistem perbaikan kualitas transmisi citra ini, dihitung dengan menggunakan nilai *Bit Error Rate (BER)* terhadap nilai *Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)*, dimana nilai dari BER menunjukkan seberapa banyak kesalahan pengiriman bit atau simbol yang terjadi di penerima dibandingkan dengan banyaknya bit atau simbol yang ditransmisikan (misalnya nilai BER  $10^{-6}$ , berarti bila bit yang ditransmisikan sebanyak 1 juta, maka kesalahan yang terjadi dibagian penerima hanya terdapat 1 bit). Sedangkan nilai PSNR menunjukkan perbandingan elemen gambar citra rekonstruksi terhadap elemen gambar citra sumber informasi [3-6].

Beberapa penelitian tentang transmisi citra melalui kanal *wireless* telah dilakukan antara lain oleh [1] yang menggunakan teknik *diversity* yang berada pada *domain wavelet* untuk mendapatkan citra rekonstruksi yang baik. Pada transmisi citra ini model kanal yang digunakan adalah *two-state Gilbert-Elliott channel*, serta [7] yang menggunakan *Turbo Codes* untuk melindungi citra selama transmisi, juga [8] yang menggunakan teknik perlindungan data selama transmisi.

Pada penelitian ini digambarkan suatu simulasi yang menerapkan teknik pengkodean kanal type *RS Coding*. Teknik *RS Coding* mengacu pada [9].

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Noise AWGN

Model kanal yang digunakan adalah *Noise AWGN (Additive White Gaussian Noise)*. *Noise* ini berdistribusi normal dengan nilai rata-rata (*mean*) nol. *Noise* ini bernilai acak dan bersifat

menambahkan sinyal aslinya. Bentuk persamaan pdf (*probability density function*) dari distribusi *Gaussian* adalah [2-6]:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(x-m_x)^2/2\sigma^2} \quad (1)$$

dimana :

$x$  = variabel Acak

$m_x$  = *mean*

$\sigma^2$  = *varians* dari *variable random*

### 2.2. Fading Rayleigh

Pada kanal *wireless*, distribusi *Rayleigh* secara umum dipakai untuk menggambarkan statistik perbedaan waktu dari *envelope* yang diterima untuk sebuah sinyal *flat Fading*. *Fading* cepat merupakan *Rayleigh fading* karena *fading* ini terdistribusi mengikuti distribusi *Rayleigh*, yang mempunyai fungsi kepadatan probabilitas seperti yang ditunjukkan persamaan (2) [2-6]:

$$p(r_a) = \begin{cases} \frac{r_a}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r_a^2}{2\sigma^2}\right) & (0 \leq r_a < \infty) \\ 0 & (r_a < 0) \end{cases} \quad (2)$$

dimana :

$\sigma$  = tegangan rata-rata

$\sigma^2$  = daya rata-rata

Fungsi distribusi kumulatif menyatakan presentasi lebih kecil dari nilai  $R_a$  tertentu, yang diperoleh dengan melakukan integral terhadap fungsi rapat peluang  $p(r_a)$ .

$$P(R_a) = P_a(r_a \leq R_a) = \int_0^{R_a} p(r_a) dr_a = 1 - \exp\left(-\frac{R_a^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

$r_{a\text{ mean}}$  distribusi *Rayleigh* adalah :

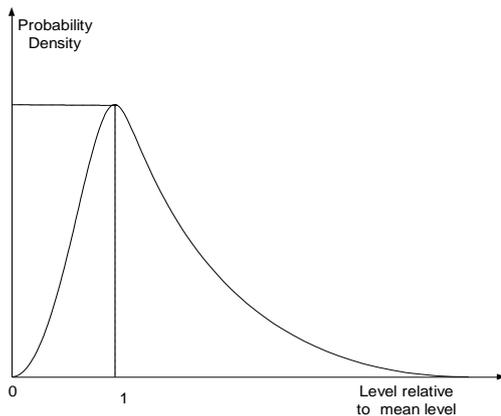
$$r_{a\text{ mean}} = E[r_a] = \int_0^{\infty} r_a p(r_a) dr_a = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1,2533 \sigma \quad (4)$$

$\sigma_{r_a}^2$  merupakan *varians* dari distribusi *Rayleigh* yang mewakili daya AC pada selubung sinyal.

$$\begin{aligned} \sigma_{r_a}^2 &= E[r_a^2] - E[r_a]^2 = \int_0^{\infty} r_a^2 p(r_a) dr_a - \frac{\sigma^2}{2} \\ &= \sigma^2 \left(2 - \frac{\pi}{2}\right) = 0,4292 \sigma^2 \end{aligned} \quad (5)$$

Untuk menghitung nilai tengah  $r_a$ , dapat digunakan persamaan (4).

$$\frac{1}{2} = \int_0^{r_{a, median}} p(r_a) dr_a \Rightarrow r_{a, median} = 1,177 \sigma \quad (6)$$



Gambar 1. Grafik pdf distribusi Rayleigh [2-6]

Jadi terdapat perbedaan nilai rata-rata dan nilai tengah sebesar 0,55 dB dalam distribusi Rayleigh. Sebagai catatan bahwa nilai tengah pada prakteknya sering digunakan, karena data fading biasanya diukur dilapangan dan kenyataannya distribusinya tidak dapat diasumsikan. Dengan penggunaan nilai tengah sebagai pengganti nilai rata-rata, maka akan mudah untuk membandingkan distribusi fading yang berbeda dan memiliki nilai tengah yang bermacam-macam. Envelope sinyal fading yang dibangkitkan merupakan proses kompleks Gaussian yang mempunyai bagian real yang independen dengan bagian imajiner-nya. Pada Gambar 1 ditunjukkan grafik pdf (Probability Density Function) dari suatu distribusi Rayleigh.

### 2.3. Kode Reed-Solomon

Kode Reed Solomon merupakan kode blok yang mampu mendeteksi dan mengoreksi kesalahan. Kode blok ini dapat digunakan untuk meningkatkan unjuk kerja sistem komunikasi ketika peralatan yang lain tidak mungkin untuk diterapkan, seperti menambah daya pemancar atau penggunaan demodulator yang kompleks.[2]

Kode Reed-Solomon (RS) adalah subklas dari Bose-Chadhuri-Hocquenghem (BCH) nonbiner. Pada kode RS setiap blok dipandang sebagai k simbol yang setiap simbolnya mempunyai m bit. Kode RS ditulis dengan RS(n,k)=RS(2<sup>m</sup>-1,2<sup>m</sup>-1-2t), yang berarti bahwa untuk k simbol, di mana dalam 1 simbol terdapat m bit data biner, akan dikodekan menjadi n simbol, dan kemampuan koreksinya (t) = (n-k)/2 [2-9].

### 2.3.1. Enkoder Reed-Solomon

Bentuk umum dari kode RS dapat dituliskan dengan (n,k)=(2<sup>m</sup>-1, 2<sup>m</sup>-1-2t), di mana n-k=2t adalah banyaknya simbol parity dan t merupakan kemampuan untuk mengoreksi simbol error. Sedangkan bentuk generator polinomial dari kode RS dapat dituliskan sebagai berikut: [10].

$$g(x) = g_0 + g_1x + g_2x^2 + \dots + g_{2t-1}x^{2t-1} + x^{2t} \quad (6)$$

Derajat dari generator polinomial sama dengan banyaknya simbol parity yang ditambahkan yaitu 2t. Sehingga akar dari generator polinomial, yang dilambangkan dengan α, mempunyai derajat yang sama. Akar-akar dari g(x) dapat dituliskan sebagai α, α<sup>2</sup>, α<sup>3</sup>, ..., α<sup>2t</sup>. Sebagai contoh kode RS (7,3), dengan n=7 dan k=3, mempunyai kemampuan untuk mengoreksi error simbol 2t=n-k=4, maka kode tersebut mempunyai 4 akar. Generator polinomialnya dapat dituliskan sebagai berikut [12]:

$$\begin{aligned} g(x) &= (x - \alpha)(x - \alpha^2)(x - \alpha^3)(x - \alpha^4) \\ &= (x^2 - (\alpha - \alpha^2)x + \alpha^3)(x^2 - (\alpha^3 + \alpha^4)x + \alpha^7) \\ &= (x^2 - \alpha^4x + \alpha^3)(x^2 - \alpha^6x + \alpha^7) \\ &= x^4 - (\alpha^4 + \alpha^3)x^3 + (\alpha^3 + \alpha^{10} + \alpha^6)x^2 - (\alpha^4 - \alpha^9)x + \alpha^3 \\ &= x^4 - \alpha^3x^3 + \alpha^0x^2 - \alpha^1x + \alpha^4 \quad (7) \end{aligned}$$

Berdasarkan derajat polinomialnya dari rendah ke tinggi dan dalam field biner +1= -1, maka generator g(x) dapat dituliskan dengan: [8].

$$g(x) = \alpha^3 + \alpha^1x + \alpha^0x^2 + \alpha^3x^3 + x^4 \quad (8)$$

Untuk pembentukan polinomial codeword nya dilakukan dengan persamaan:

$$U(x) = p(x) + x^{n-k}m(x) \quad (9)$$

di mana

U(x) = codeword yang dibentuk

m(x) = simbol nformasi yang akan dikodekan

p(x) = simbol parity

Simbol parity didapatkan dari sisa pembagian antara perkalian simbol informasi yang akan dikodekan dan polinomial x<sup>n-k</sup> dengan generator polinomial g(x), yang secara matematis p(x) dapat dituliskan dengan persamaan [2-12]:

$$p(x) = x^{n-k}m(x) \text{ mod } g(x). \quad (10)$$

### 2.3.2. Dekoder Reed-Solomon

Pada RS dekode, codeword yang diterima mempunyai persamaan [2-7]:

$$r(x) = U(x) + e(x) \quad (11)$$

di mana

$r(x)$  = *codeword* yang diterima  
 $r(x)$  akan bernilai sama dengan  $U(x)$  pada saat *codeword* yang diterima tidak mengalami *error* ( $e(x)=0$ ).  
 $U(x)$  = *codeword* yang dikirimkan  
 $e(x)$  = *error*

Langkah pertama yang dilakukan dekoder RS untuk mendekodekan data yang diterima, yaitu menghitung sindrom ( $S$ ). *Sindrom* didapatkan dengan cara memasukkan akar-akar generator polinomialnya ke dalam *codeword* yang diterima. Penghitungan *sindrom* dapat dituliskan seperti pada persamaan (12) [17]:

$$S_i = r(x) = r(\alpha^i) \tag{12}$$

di mana  $i = 1, 2, \dots, n-k$

Jika *sindrom* yang dihasilkan sama dengan nol maka *codeword* yang diterima tidak mengalami kesalahan, sedangkan apabila tidak sama dengan nol, maka dapat diartikan bahwa *codeword* yang diterima mengalami kesalahan, sehingga akan dilakukan langkah berikutnya, yaitu:

a. Mencari lokasi *error*

Lokasi *error* yang dilambangkan dengan  $\sigma(x)$  mempunyai persamaan polinomial *error locator* sebagai berikut [7]:

$$\sigma(x) = 1 + \sigma_1 x + \sigma_2 x^2 + \dots + \sigma_v x^v \tag{13}$$

di mana  $v$  menunjukkan *error* yang terjadi sampai pada lokasi ke  $x^v$

Nilai-nilai dari  $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma^v$  dapat dicari menggunakan matrik seperti yang terlihat pada persamaan (14), di mana *sindrom* pertama dilakukan untuk memprediksi *sindrom* berikutnya [9-14].

$$\begin{bmatrix} S_1 & S_2 & S_3 & \dots & S_{t-1} & S_t \\ S_2 & S_3 & S_4 & \dots & S_t & S_{t+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ S_{t-1} & S_t & S_{t+1} & \dots & S_{2t-3} & S_{2t-2} \\ S_t & S_{t+1} & S_{t+2} & \dots & S_{2t-2} & S_{2t-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_t \\ \sigma_{t-1} \\ \vdots \\ \sigma_2 \\ \sigma_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -S_{t+1} \\ -S_{t+2} \\ \vdots \\ -S_{2t-1} \\ -S_{2t} \end{bmatrix} \tag{14}$$

Setelah nilai-nilai  $\sigma$  pada persamaan (13) dapat ditentukan, maka terbentuklah persamaan untuk  $\sigma(x)$ . Lokasi *error* dapat diketahui dengan cara mensubstitusikan akar-akar *generator* polinomial ke dalam variabel  $x$ . Lokasi *error* ( $\beta$ ) terjadi pada saat  $\sigma(x)=0$ .

b. Nilai *error*

Setelah lokasi *error* diketahui, maka nilai *error* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (15) [2, 9].

$$S_i = e_i(\beta) = \sum_{a=1}^t e_a \beta_a \tag{15}$$

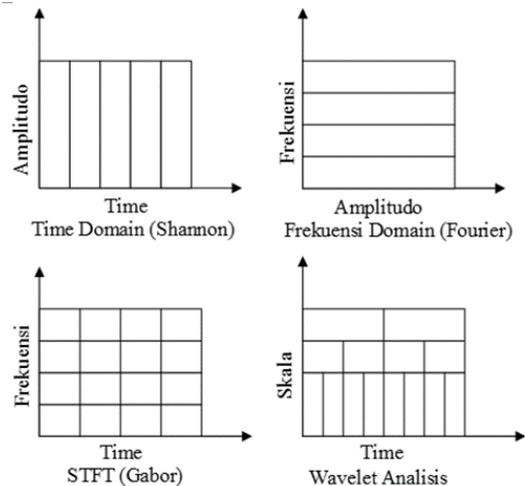
di mana  $i = 1, 2, \dots, (n-k)/2 = 1, 2, \dots, t$

### 2.4. Transformasi Wavelet

Transformasi *wavelet* merupakan salah satu metode pengkodean sumber (kompresi) yang mengkonsentrasikan koefisien ke sejumlah kecil *pixel*. Berdasarkan sifatnya, transformasi ini dapat dikategorikan sebagai pengkodean transformasi (*transformation coding*), pengkodean *subband* (*subband coding*), dan pengkodean piramid (*pyramid coding*) [12].

Analisis *wavelet* merepresentasikan sinyal ke daerah skala-waktu (*time-scale region*) yang tentunya berbeda dengan analisis *Fourier* yang bekerja pada daerah frekuensi, ataupun Shannon yang bekerja pada daerah waktu. Perbedaan ini dapat dilihat pada Gambar 2 [4-11]. Sebuah *wavelet* adalah bentuk gelombang dengan durasi terbatas yang mempunyai nilai rata-rata nol. *Wavelet* sangat berbeda dengan gelombang *sinusoidal*, yang merupakan basis dari analisis *Fourier*, yang memiliki durasi tak terhingga.

Analisis *Fourier* memecah sebuah sinyal menjadi gelombang-gelombang *sinusoidal* dengan berbagai frekuensi. Sedangkan analisis *wavelet* memecah sebuah sinyal menjadi berbagai versi tertranslasi dan terskala dari induk *wavelet* (*mother wavelet*).



Gambar 2. Perbandingan beberapa metode analisa sinyal [11].

### 3. Metoda

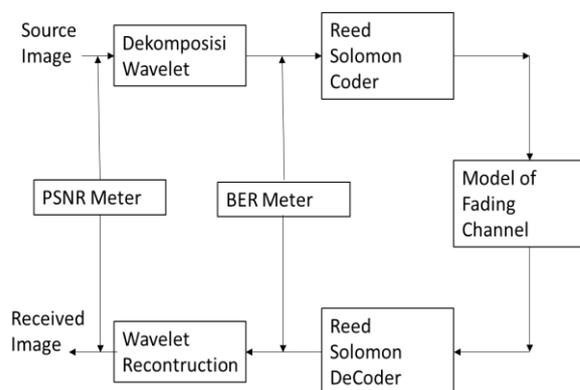
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Penelitian eksperimental merupakan observasi dibawah kondisi buatan dimana kondisi tertentu dirancang dan diatur oleh peneliti serta penelitian dilakukan dengan melakukan manipulasi terhadap objek penelitian dengan adanya kontrol terhadap objek tersebut [15].

#### 3.1. Sampel Penelitian

Sampel penelitian yang digunakan adalah citra *digital grayscale* dengan kedalaman 8 bit dengan nama file *Lena.tif*. Sampel tersebut merupakan standar internasional untuk penelitian citra. Citra *grayscale* digunakan untuk penelitian ini karena untuk citra *grayscale* tingkat komputasi yang dibutuhkan tidak terlalu tinggi dibanding citra RGB dan pada dasarnya dalam proses transmisi citra kedua jenis citra tersebut mempunyai karakteristik yang sama. Citra sampel mempunyai kedalaman 8 bit, yang berarti bahwa untuk masing-masing *pixel* pada citra sampel diwakili oleh nilai 8 bit yang bervariasi dari 0-255 sesuai dengan karakteristik citra tersebut.

#### 3.2. Desain Penelitian

Penelitian dilakukan dengan merancang sebuah sistem transmisi citra seperti gambar di bawah ini:



Gambar 3. Blok diagram transmisi citra

#### 3.3. Simulasi Kanal AWGN dan Fading Rayleigh

Dari model tersebut diketahui bahwa  $y(t)$  adalah sinyal yang dikirim berupa sinyal persegi yang sudah termodulasi *BPSK* dimana kanal telah terdapat *fading* yang berdistribusi *Rayleigh*. Pengaruh dari *fading* ini akan merusak bentuk sinyal pada masing-masing kanal. Kemudian

sinyal-sinyal yang terkena *fading* itu akan dipengaruhi pula oleh *noise Gaussian*  $n(t)$ . Sinyal yang terkena *fading* dan *noise* ini selanjutnya masuk ke rangkaian *matched filter integrated and dump* agar didapatkan sinyal dengan performansi yang lebih baik sehingga sinyal ini lebih menyerupai sinyal aslinya.

*Noise* yang dibangkitkan pada sistem ini berdistribusi normal dengan *mean*  $\mu$  adalah nol dan varian  $\sigma^2$  sebesar  $No/2$ .

$$n_k(t) \sim N\left(0, \frac{No}{2}\right) \quad (16)$$

Besarnya varian dipengaruhi oleh harga  $No$  yang bervariasi sesuai dengan besarnya *SNR* (*Signal to Noise ratio*) dan besar energi perbitnya  $E_b$ . Hubungan dari parameter-parameter ini ditentukan dengan persamaan :

$$SNR = \frac{E_b}{N_o} \quad (17)$$

Selain itu kanal juga dipengaruhi oleh *fading* yang memiliki distribusi *Rayleigh*. *Envelope* sinyal *fading* yang dibangkitkan merupakan proses kompleks *gaussian* yang mempunyai bagian *real* yang independen dengan bagian imajinernya. Pada kanal radio mobil, distribusi *Rayleigh* secara umum dipakai untuk menggambarkan statistik perbedaan waktu dari *envelope* yang diterima untuk sebuah sinyal *flat fading*. *Fading* cepat merupakan *Rayleigh fading* karena *fading* ini terdistribusi mengikuti distribusi *Rayleigh*.

*Fading* merupakan karakteristik utama dalam propagasi radio bergerak. *Fading* dapat didefinisikan sebagai perubahan fasa, polarisasi dan level dari suatu sinyal terhadap waktu. Defenisi dasar dari *fading* yang paling umum adalah yang berkaitan dengan mekanisme propagasi yang melibatkan refraksi, refleksi, difraksi, hamburan dan redaman gelombang radio. Dari segi kualitas, keberadaan *fading* dapat dirasakan sebagai timbul tenggelamnya suara yang terdengar di penerima. Sinyal *fading*  $r(t)$  merupakan gabungan dua komponen yaitu  $r_l(t)$  dan  $r_o(t)$ ,  $r_l(t)$  disebut *fading* lambat, sedangkan  $r_o(t)$  disebut *fading* cepat dengan persamaan :

$$r(t) = r_l(t) - r_o(t) \quad (18)$$

sedang *fading* cepat diperoleh dari :

$$r_o(t) = r(t) - r_l(t) \quad (19)$$

*Fading* lambat adalah rata-rata sinyal *fading*  $r_l(t)$  yang juga disebut dengan *local mean*. *Fading* lambat disebabkan adanya perubahan konfigurasi alam antara *base station* dengan unit bergerak yang akan menyebabkan fluktuasi *path loss*

(redaman lintasan) akibat efek bayangan dari penghalang alam. *Fading* lambat sering disebut dengan *shadowing*. *Fading* cepat sering disebut juga dengan *multipath fading*. Penyebab utama dari *fading* ini karena adanya lintasan ganda (*multipath*) akibat dipantulkannya gelombang oleh benda-benda seperti rumah, gedung, kendaraan, pohon dan benda-benda lain disekitar *personal station* yang menyebabkan sinyal menempuh suatu lintasan dari pemancar ke penerima. Selain itu Dengan adanya tambahan *noise* maka bentuk sinyal akan semakin rusak. Tipe *fading* ini merupakan tipe yang paling umum terjadi.

Karena perbedaan panjang lintasan yang ditempuh oleh lintasan pantul dan lintasan langsung, maka akan menyebabkan perbedaan amplitudo dan fasa dari kedua sinyal tersebut ketika diterima *mobile station* (MS). Dalam keadaan yang ekstrim dimana sinyal sama dan beda fasa  $180^0$ , maka sinyal akan saling meniadakan atau sinyal total adalah nol, sebaliknya apabila fasanya sama, maka sinyal merupakan jumlah dari kedua sinyal yang datang tersebut.

**3.4. Variabel Penelitian**

Variabel-variabel yang digunakan pada penelitian berdasarkan klasifikasinya, adalah sebagai berikut:

- Variabel independen, yang merupakan variabel yang dapat dimanipulasi. Variabel independen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *bit per pixel* dan SNR.
- Variabel dependen, yang berubah berdasarkan perubahan nilai variabel independen. Variabel dependen yang digunakan dalam penelitian adalah PSNR dan BER

**3.5. Teknik Analisis Sistem**

Kinerja sistem yang disimulasikan dianalisis dengan menggunakan variabel dependen PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*). PSNR dapat dirumuskan [14] :

$$PSNR = 10 \bullet \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{N} \sum_i \sum_j (p(i, j) - \hat{p}(i, j))^2} \quad (20)$$

Dimana  $p(i, j)$  merupakan nilai piksel citra yang asli,  $\hat{p}(i, j)$  merupakan nilai piksel citra rekonstruksi, dan  $N$  merupakan ukuran citra. Kinerja sistem juga dianalisis dengan BER (*Bit Error Rate*) dengan rumus [15]:

$$BER = \frac{n}{N} \quad (21)$$

Dengan : n = jumlah bit salah yang diterima  
N = jumlah bit yang diterima

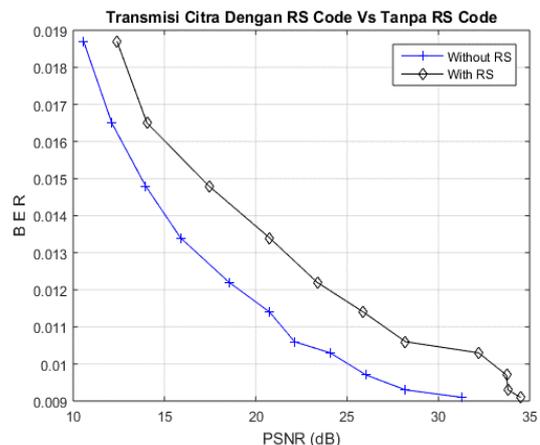
**4. Hasil dan Pembahasan**

Hasil penelitian tentang perbandingan nilai BER dan PSNR pada transmisi citra dengan dan tanpa menggunakan teknik pengkodean kanal tipe *Reed Solomon Coding* pada citra *Lena.tif* dengan rasio kompresi 0.6 bpp dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan nilai BER dan PSNR transmisi citra dengan dan tanpa teknik pengkodean kanal *Reed Solomon Coding* pada citra *Lena.tif*

SNR (dB)	BER	PSNR RS Code (dB)	BER	PSNR Tanpa RS Code (dB)
10	0.0187	12.4001	0.0204	10.5715
12	0.0165	14.0428	0.0175	12.1145
14	0.0148	17.4349	0.0153	13.9666
16	0.0134	20.7588	0.0147	15.8829
18	0.0122	23.3669	0.0134	18.5454
20	0.0114	25.8941	0.0126	20.7588
22	0.0106	28.2022	0.0117	22.1261
24	0.0103	32.2060	0.0109	24.0748
26	0.0097	33.7357	0.0106	26.0536
28	0.0093	33.8118	0.0098	28.2022
30	0.0091	34.5035	0.0097	31.2929

Grafik perbandingan antara BER dan PSNR dari hasil simulasi dengan sampel citra lena ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 . Perbandingan BER dan PSNR sistem secara grafik berdasarkan hasil pada Tabel 1.

Pada Gambar 5 ditunjukkan perbandingan citra rekonstruksi *Lena.tif* antara sistem dengan dan tanpa menggunakan teknik pengkodean kanal RS *coding* dengan rasio 0.6 bpp pada SNR 20dB.

Tanpa RS Code	Dengan RS Code
	
SNR = 20 dB BER = 0.0126 PSNR = 20.7588 dB	SNR = 20 dB BER = 0.0114 PSNR = 25.8941 dB

Gambar 5. Perbandingan citra rekonstruksi Lena pada sistem dengan dan tanpa teknik pengkodean kanal RS *coding* dengan rasio kompresi 0,6bpp pada SNR 20dB.

Simulasi unjuk kerja sistem transmisi citra dengan menggunakan teknik pengkodean kanal RS *coding* dilakukan berdasarkan blok diagram pada Gambar 3. Analisis dilakukan berdasarkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan. Rasio kompresi yang diberikan adalah 0,6 bpp. Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai SNR, BER, dan PSNR citra Lena pada rasio kompresi 0,6 bpp.

Berdasarkan hasil pada Tabel 1 dan grafik Gambar 4 terlihat bahwa perbandingan kinerja dari sistem menggunakan dengan dan tanpa teknik pengkodean kanal *type* RS *coding* rata-rata menghasilkan peningkatan kinerja sistem transmisi citra 5 dB pada setiap nilai SNR yang diberikan. Representasi dari hasil penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5 yang mewakili penilaian secara subjektif pada nilai SNR 20 dB. Pada kedua gambar tersebut terlihat jelas perbedaan sistem tanpa menggunakan RS Code yang mengalami *blur*, sedangkan sistem dengan menggunakan RS Code terlihat tanpa blur.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa setiap kenaikan SNR berimplikasi pada penurunan BER, dan juga meningkatkan nilai PSNR citra rekonstruksi. Semakin besar nilai SNR, maka nilai PSNR akan

bertambah besar. Perbaikan unjuk kerja transmisi citra akan mengalami peningkatan dengan menggunakan pengkodean kanal RS Code dengan rata-rata sebesar 5dB pada setiap kenaikan SNR, bila dibandingkan dengan tanpa menggunakan RS Code.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik Universitas Andalas yang telah memberikan dana penelitian DIPA Fakultas Teknik dengan nomor kontrak: 090/UN.16.09.D/PL/2017.

## Daftar Pustaka

- [1] Liane C. Ramac dan Pramod K. Varshney, "A Wavelet Domain Diversity Method for Transmission of Images over Wireless Channels", *IEEE Journal On Selected Areas In Communication*, Vol. 18, pp. 891–898 No. 6, 2000.
- [2] Sklar, Bernard. 1997. *Rayleigh Fading Channels in Mobile Digital Communication Systems*. IEEE Communication Magazine, Juli 1997.
- [3] Baharuddin, "Peningkatan Kualitas Transmisi Citra dengan Menggunakan Teknik Diversity Combining Metode Equal Gain Diversity", Proceedings, No.: ISBN: 979.756-077-7, pp. 121 – 126, 2005.
- [4] Baharuddin, "Transmisi Citra dengan Teknik Diversity pada Kanal Wireless", Thesis, ITS, 2005.
- [5] Baharuddin, "Peningkatan Unjuk Kerja Transmisi Citra Terkompresi Spihit Menggunakan Teknik Diversity Equal Gain Combining Pada Daerah Frekuensi Radio" Jurnal Saintek Vol X Nomor 1. Terakreditasi, No. ISSN 1410-8070, pp. 95-106, 2007.
- [6] Baharuddin, "Analisa Unjuk Kerja Peningkatan Transmisi Citra Pada Kanal Wireless Menggunakan Teknik Diversity Selection Combining" Jurnal JNTE ISSN: 2302-2949 Vol. 5 No. 2, 2016.
- [7] Thomos Nikolaos, Boulgouris Nikolaos V, dan Strinzis Michael G, "Wireless Image Transmission Using Turbo Codes and Optimal Unequal Error Protection", *IEEE*

- Trans On Image Processing, Vol. 14* pp. 643–650 *No.11, 2005.*
- [8] P.G. Sherwood dan K. Zeger, "Error Protection for Progressive Image Transmission over Memoryless and Fading Channels", *IEEE Trans. Commun., vol.46, pp. 1555-1559, 1998.*
- [9] Irsyad dan Baharuddin, "Simulasi unjuk kerja pengkodean kanal tipe *reed solomon* dalam pengkoreksian Error informasi", Tugas Akhir, Universitas Andalas, 2007
- [10] Kou, Weidong. "*Digital Image Compression Algorithms and Standards*". Kluwer Academic Publisher. 1995.
- [11] Hourani, Hafeth, "An Overview of Diversity Techniques in Wireless Communication System", *Helsinki University of Technology Communication Lab 2005.*
- [12] E. N. Gilbert, "Capacity of a burst-noise channel," *Bell Syst. Tech. J.*, pp. 1253–1265, 1960.
- [13] E. O. Elliott, "Estimates of error rates for codes on burst error channels," *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 42, p. 1977, 1963.
- [14] Said, Amir dan Pearlman, William A. "A New, Fast, and Efficient Image Codec Based on Set Partitionung in Hierarchical Trees". *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol 6, No. 3., 1996.*
- [15] Nazir, Mohammad, "Metode Penelitian", *Jakarta: Ghalia Indonesia 1983.*

#### **Biodata Penulis**

**Baharuddin** adalah staf pengajar Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang. Lulus Program Sarjana pada tahun 1993 pada Bidang Teknik Telekomunikasi dan Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Lulus program Master pada Bidang Teknik Telekomunikasi Multimedia di ITS Surabaya tahun 2005.