

ANALISA UNJUK KERJA PENINGKATAN TRANSMISI CITRA PADA KANAL WIRELESS MENGGUNAKAN TEKNIK DIVERSITY SELECTION COMBINING

Baharuddin

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas
e-mail : baharuddin.abbas@ft.unand.ac.id

Abstrak – Penelitian ini merupakan simulasi citra terkompresi SPIHT menggunakan teknik diversity selection combining. Citra yang digunakan dikompresi terlebih dahulu dengan teknik kompresi SPIHT setelah didekomposisi wavelet. Pada kanal transmisi diberi pemodelan kanal Rayleigh fading dan AWGN yang akan menyebabkan terjadinya penurunan unjuk kerja sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, untuk memperbaiki unjuk kerja sistem tersebut yaitu dengan meminimalkan efek yang diakibatkan oleh error yang terjadi selama transmisi, maka pada bagian penerima digunakan teknik diversity selection combining yang bekerja pada daerah wavelet. Besarnya pengaruh dari teknik diversity selection combining yang digunakan dapat diketahui melalui analisa PSNR. Hasil simulasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa, adanya peningkatan perbaikan sistem dipenerima bila dibandingkan dengan tanpa menggunakan teknik diversity selection combining.

Kata kunci : Diversity Selection Combining, Noise AWGN, Fading Rayleigh, PSNR, BER

Abstract – This study is the simulation of SPIHT image compression using diversity selection combining techniques. The image is compressed by using SPIHT compression techniques after wavelet decomposition. By giving Rayleigh fading channel and AWGN on the channel transmission will cause the degradation of the overall system performance. To minimize the effects caused by the errors that occur during the transmission, the diversity selection combining techniques are used at the receiver that work on the wavelet domain in order to increase the overall system performance. Performance evaluation on the use of selection combining diversity technique can be determined through PSNR analysis. The simulation results of this study indicate that applying the diversity selection combining techniques on the system that affected by noise AWGN and Rayleigh fading can increase the performance of the overall system at the receiver when comparing to the receiver without using the selection combining diversity techniques.

Keywords : Diversity Selection Combining, Noise AWGN, Fading Rayleigh, PSNR, BER

Copyright © 2017 JNTE. All rights reserved

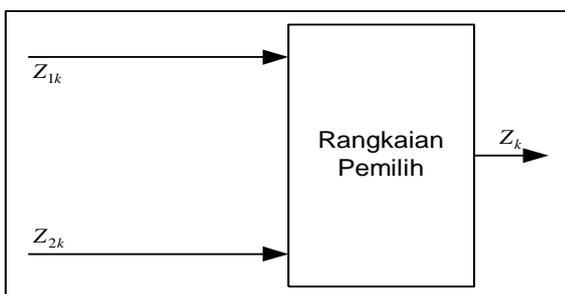
1. PENDAHULUAN

Salah satu teknik sederhana dan efisien untuk mengatasi kerusakan sinyal informasi yang diakibatkan oleh adanya *fading* adalah dengan menggunakan teknik *diversity*. Teknik ini akan memanfaatkan propagasi acak dari gelombang radio, yaitu dengan penemuan metoda untuk membangkitkan dan mengekstrak lintasan-lintasan sinyal *independent* [1-5],[9],[15].

Konsep *diversity* sangat sederhana yaitu jika satu lintasan gelombang radio mengalami gangguan yang disebabkan oleh *fading*, dimungkinkan ada lintasan-lintasan lainnya memiliki sinyal yang lebih bagus. Dengan banyaknya lintasan sinyal untuk dipilih, maka rata-rata SNR (*signal to Noise Ratio*) dapat diperbaiki pada bagian penerima [15].

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*) [9].

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 menyebabkan 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. Untuk mengatasi permasalahan di dalam transmisi informasi melalui kanal *wireless* ini, maka berbagai teknik yang dapat dikembangkan untuk memperbaiki kualitas sistem, salah satu dari teknik ini adalah teknik diversity selection combining. Teknik diversity ini diterapkan dibagian penerima dimana penerima memilih komponen sinyal yang paling baik dari berbagai path sinyal yang masuk ke penerima. Gambaran umum *diversity selection combining* dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Sistem umum *diversity selection combining* [15]

Nilai Z_k diperoleh tergantung dari nilai inputan yang nilai SNR nya lebih besar. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut: jika nilai Z_{1k} lebih besar dari nilai Z_{2k} maka nilai yang keluar dari penerima adalah sama dengan nilai Z_{1k} begitupun sebaliknya.

Teknik *diversity* sebagai salah satu cara untuk mengatasi *fading* dan *noise* pada transmisi

melalui kanal *wireless* [2-5],[8]. Beberapa penelitian tentang transmisi citra melalui kanal *wireless* juga telah dilakukan antara lain [9] 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[6-7]. *Turbo Codes* [14] digunakan untuk melindungi citra selama transmisi dan teknik perlindungan data selama transmisi [11-12].

Pada penelitian ini digambarkan suatu simulasi yang menerapkan teknik diversity selection combining pada penerima. Teknik Selection combining mengacu pada penelitian [3], [9]. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diatas, maka dalam penelitian ini berjudul 'Analisa Unjuk Kerja Peningkatan Transmisi Citra Pada Kanal Wireless Menggunakan Teknik Diversity Selection Combining'. Penelitian ini menghasilkan peningkatan unjuk kerja transmisi citra pada kanal wireless bila menggunakan teknik diversity selection combining dibandingkan dengan tanpa sistem tersebut.

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 dari distribusi *Gaussian* adalah [13]:

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

dimana :

x = Variabel Acak

m_x = mean

σ^2 = varians dari variable random

2.2. Fading Rayleigh

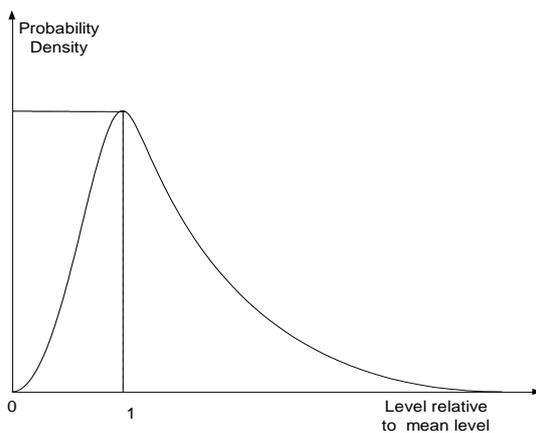
Pada kanal *wireless*, distribusi *Rayleigh* secara umum dipakai untuk menggambarkan statistik perbedaan waktu dari *envelope* yang diterima untuk sebuah sinyal *flat Fading*. *Fading* cepat merupakan *Rayleigh Fading* karena *Fading* ini terdistribusi mengikuti distribusi *Rayleigh*, yang mempunyai fungsi kepadatan

probabilitas seperti yang ditunjukkan persamaan (2) [13].

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

dimana :

σ = tegangan rata-rata
 σ^2 = daya rata-rata



Gambar 2. Grafik PDF (Probability Density Function) Distribusi Rayleigh [13].

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

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

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

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

σ_a^2 merupakan varians dari distribusi Rayleigh yang mewakili daya ac pada selubung sinyal.

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

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

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

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 mudah kita 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 imajinernya. Pada Gambar 2 ditunjukkan grafik PDF (Probability Density Function) dari sebuah distribusi Rayleigh [13].

2.3. Teknik Selection Combining

Aturan dari diversity selection combining berdasarkan blok dan hanya memilih blok-blok bit, $b(l)$, dari satu bit stream didasarkan pada suatu ukuran $\omega(l)$, yang bergantung pada karakteristik transformasi wavelet, dan aturan ini dapat dilihat sebagai berikut [9]:

1. Aturan diversity combining untuk blok koefisien aproksimasi.

Bila nilai blok koefisien aproksimasi dari diversity kanal 1 lebih kecil dari nilai blok koefisien aproksimasi dari diversity kanal 2, maka nilai blok koefisien aproksimasi bernilai satu. Kemudian bila nilai blok koefisien aproksimasi dari diversity kanal 1 lebih besar dari nilai blok koefisien aproksimasi dari diversity kanal 2, maka nilai blok koefisien aproksimasi bernilai min satu dan jika nilai blok koefisien aproksimasi dari diversity kanal 1 sama dengan nilai blok koefisien aproksimasi dari diversity kanal 2, maka nilai blok koefisien aproksimasi bernilai nol. Seperti pada persamaan (7) [9].

$$h_L^i(i, j) = \begin{cases} 1 & d_1(i, j) < d_2(i, j) \\ -1 & d_1(i, j) > d_2(i, j) \\ 0 & c_{L1}(i, j) = c_{L2}(i, j) \end{cases} \quad (7)$$

2. Aturan diversity combining untuk blok koefisien detail

Bila nilai blok koefisien *detil* dari *diversity* kanal 1 lebih kecil dari nilai blok koefisien *detil* dari *diversity* kanal 2, maka nilai blok koefisien *detil* bernilai satu. Kemudian bila nilai blok koefisien *detil* dari *diversity* kanal 1 lebih besar dari nilai blok koefisien *detil* dari *diversity* kanal 2, maka nilai blok koefisien *detil* bernilai *min* satu dan jika nilai blok koefisien *detil* dari *diversity* kanal 1 sama dengan nilai blok koefisien *detil* dari *diversity* kanal 2, maka nilai blok koefisien *detil* bernilai *nol*. Seperti pada persamaan (8) dibawah ini:

$$h_H^l(i, j) = \begin{cases} 1 & t_1(i, j) < t_2(i, j) \\ -1 & t_1(i, j) > t_2(i, j) \\ 0 & c_{H1}(i, j) = c_{H2}(i, j) \end{cases} \quad (8)$$

3. Aturan pemilihan blok dari *diversity combining* dilakukan dengan cara :

Jika ukuran blok $\omega(l)$ lebih besar sama dengan nol, maka blok yang dipilih adalah blok $b_1(l)$, tetapi jika ukuran blok $\omega(l)$ lebih kecil dari nol, maka blok $b_2(l)$ yang dipilih. Seperti persamaan (9):

$$b(l) = \begin{cases} b_1(l) & \text{Jika } \omega(l) \geq 0 \\ b_2(l) & \text{Jika } \omega(l) < 0 \end{cases} \quad (9)$$

untuk $l = 1, 2, \dots, L$ dimana

$$\omega(l) = \sum_{(i,j) \in \text{lowres subband}} h_L^l(i, j) + \sum_{(i,j) \in \text{detail subband}} h_H^l(i, j) \text{ dan Ini adalah}$$

nilai dari koefisien aproksimasi

$$d_k(i, j) = |c_{Lk}(i, j) - c_{Lk}(i, j + 1)| \text{ dan ini}$$

adalah nilai dari koefisien *detil*

$$t_k(i, j) = \left| c_{Hk}(i, j) - \left(\sum_{m=0}^1 \sum_{n=0}^1 c_{Hk}(2i + m, 2j + n) / 4 \right) \right|$$

untuk $k=1, 2$, k adalah cabang *diversity*

Dimana l di mengacu pada blok ke- l dari bit-bit yang diterima dan $\omega(l)$ diperbaharui untuk setiap blok baru dari data.

3. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Penelitian eksperimental merupakan observasi di bawah kondisi buatan, dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti dan

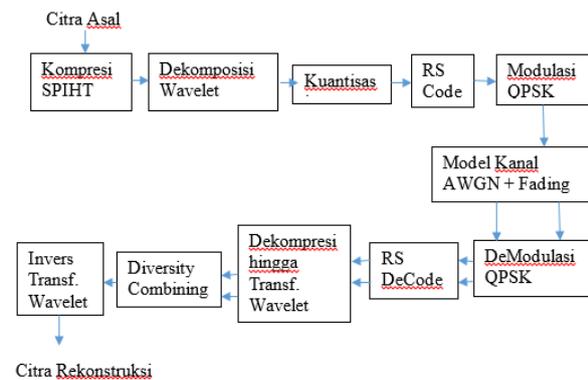
penelitian dilakukan dengan melakukan manipulasi terhadap objek penelitian serta adanya control [10].

3.1. Sampel Penelitian

Sampel penelitian yang digunakan adalah citra digital *grayscale* dengan kedalaman 8 bit dengan nama file Barbara.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 piksel 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. Rancangan Sistem Transmisi Citra.

3.2.1. Simulasi Kanal AWGN dan Fading Rayleigh

Pada sistem ini diasumsikan ada dua kanal sehingga sinyal $y(t)$ yang masuk pada kedua kanal tersebut akan menjadi $y_1(t)$ dan $y_2(t)$. Besarnya sinyal $y_1(t)$ dan $y_2(t)$ adalah sinyal $y(t)$ dibagi akar dari jumlah kanal atau :

$$y_1(t) = y_2(t) = 0,707 \times y(t) \quad (10)$$

Pada masing-masing kanal 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 $n_1(t)$ dan $n_2(t)$. Sinyal yang terkena fading dan noise ini selanjutnya masuk ke rangkaian *matched filter integrated and dump* guna mendapatkan sinyal dengan performansi yang lebih baik sehingga sinyal ini lebih menyerupai sinyal aslinya, dimana keluaran dari rangkaian ini yaitu Z_{1k} dan Z_{2k} yang merupakan inputan untuk rangkaian *combining*. Proses pada rangkaian *decision* (Gambar1) adalah mendemodulasi sinyal keluaran dari rangkaian *combining* untuk memperoleh bit-bit yang diterima, selanjutnya dengan menggunakan metode *Monte Carlo* akan diprediksi besarnya *BER (Bit Error Rate)*

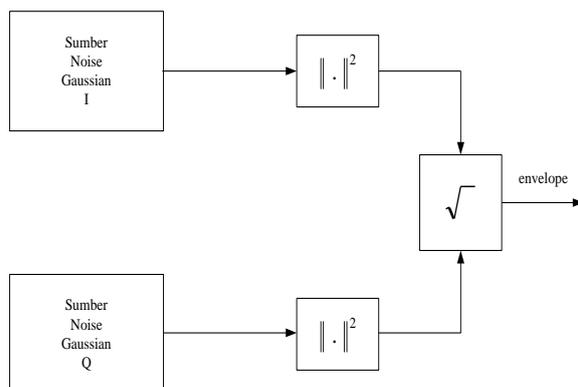
Noise yang dibangkitkan pada sistem ini berdistribusi normal dengan mean μ adalah nol dan varian σ^2 sebesar $No/2$.

$$n_k(t) \sim N\left(0, \frac{No}{2}\right) \quad (11)$$

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 :

$$SNR = \frac{E_b}{N_o} \quad (12)$$

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.



Gambar 4. Pembangkitan fading Rayleigh [15].

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*. Metode untuk membangkitkannya diilustrasikan pada Gambar 4.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa $I_g(n)$ dan $Q_g(n)$ adalah komponen *in-phase* dan *quadrature* dari proses kompleks gaussian. Langkah-langkah dalam pembangkitan *envelop fading* ini adalah :

$$I_g(n) = \text{randn}(1, \text{panjang sinyal input})$$

$$Q_g(n) = \text{randn}(1, \text{panjang sinyal input})$$

$$\text{envelope} = \sqrt{I_g(n)^2 + Q_g(n)^2} \quad (13)$$

Fading merupakan karakteristik utama dalam propagasi radio bergerak. Fading dapat didefinisikan sebagai perubahan fasa, polarisasi dan level dari suatu sinyal terhadap waktu. Definisi 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 dipenerima. Sinyal fading $r(t)$ merupakan gabungan dua komponen yaitu $r_1(t)$ dan $r_o(t)$, $r_1(t)$ disebut fading lambat, sedangkan $r_o(t)$ disebut fading cepat dengan persamaan:

$$r(t) = r_1(t) - r_o(t) \quad (14)$$

sedang fading cepat diperoleh dari :

$$r_o(t) = r(t) - r_1(t) \quad (15)$$

Fading lambat adalah rata-rata sinyal fading $r_1(t)$ 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° , maka sinyal akan saling meniadakan atau sinyal total adalah nol, sebaliknya bila fasanya sama, maka sinyal merupakan jumlah dari kedua sinyal yang datang tersebut.

Fading yang dibangkitkan dalam simulasi ini konstan sepanjang satu interval bit, dimana jumlah sampel fading yang dibangkitkan sama dengan jumlah bit input. Disamping itu nilai *rms fading* $E\{R^2\}$ adalah 1, serta fadingnya hanya pada amplitudo sinyalnya saja.

Adanya fading akan mengganggu sinyal yang masuk ke masing-masing kanal, dimana yang terjadi berupa proses perkalian antara *envelope fading* dengan sinyal yang ditransmisikan. Dengan adanya tambahan *noise* maka bentuk sinyal akan semakin rusak, serta kemungkinan kesalahan bit atau simbol yang terdeteksi pada penerima akan semakin besar. Bentuk hubungan pengaruh *fading* dan *noise* terhadap sinyal dapat diekspresikan dengan persamaan :

$$Z_1(t) = y_1(t).r_1(t) + n_1(t) \quad (16)$$

$$Z_2(t) = y_2(t).r_2(t) + n_2(t) \quad (17)$$

dimana: $y_1(t)$, $y_2(t)$ adalah sinyal pada kanal 1 dan 2

$r_1(t)$, $r_2(t)$ adalah fading pada kanal 1 dan 2
 $n_1(t)$, $n_2(t)$ adalah noise pada kanal 1 dan 2

3.2.2. Rangkaian Decision

Selection diversity merupakan teknik diversity combining yang paling sederhana. Pada teknik ini, penerima memilih sinyal yang paling baik, dalam hal ini sinyal SNR yang terbesar. Oleh karena itu untuk memilih sinyal

dengan SNR yang terbesar dibutuhkan rangkaian *decision*. Pada rangkaian *decision* terjadi proses *decoding* guna mendeteksi bit-bit pada sisi penerima, proses ini dilakukan dengan suatu aturan. Aturan tersebut memberikan performansi yang optimum, sehingga dapat dikurangi kesalahan yang terjadi.

$$b'_k = \begin{cases} 1, & \text{jika } A'_k \geq 0 \\ 0, & \text{jika } A'_k < 0 \end{cases} \quad (18)$$

dimana :

b'_k = Bit yang terdeteksi pada penerima
 A'_k = Keluaran dari rangkaian *combining*

3.3. Variabel Penelitian

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

1. Variabel independen, yang merupakan variabel yang dapat dimanipulasi. Variabel independen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *bit per pixel* dan SNR.
2. Variabel dependen, variabel yang berubah berdasarkan perubahan nilai variabel independen. Variabel dependen yang digunakan dalam penelitian adalah PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) dan BER (*Bit Error Rate*)[1-5], [15].

3.4. Teknik Analisis Sistem

Kinerja sistem yang disimulasikan dianalisis dengan menggunakan variabel dependen PSNR. PSNR dapat dirumuskan:

$$PSNR = 10 \bullet \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{N} \sum_i \sum_j (p(i, j) - \hat{p}(i, j))^2} \quad (19)$$

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:

$$BER = \frac{n}{N} \quad (20)$$

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

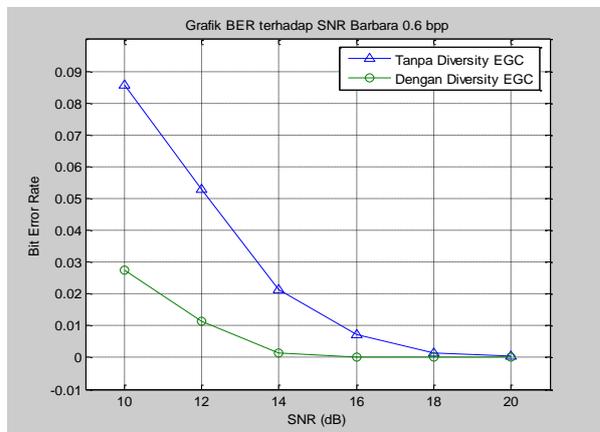
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi unjuk kerja sistem Transmisi Citra Terkompresi SPIHT (*Set partitioning in hierarchical trees*)[1] menggunakan Teknik *Diversity Selection Combining* 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 Barbara pada rasio kompresi 0,6 bpp.

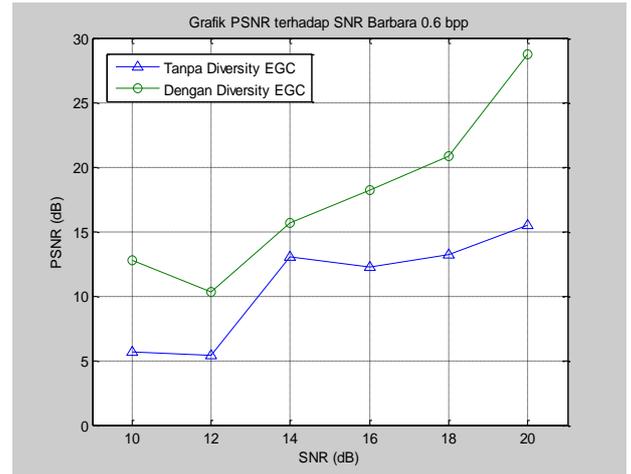
Tabel 1. Perbandingan Nilai BER dan PSNR Transmisi Citra Terkompresi SPIHT Menggunakan Teknik *Diversity Selection* dan Tanpa Teknik *Diversity Selection* Citra Barbara 0,6 bpp

SNR (dB)	Tanpa Diversity Selection Combining		Dengan Diversity Selection Combining	
	BER	PSNR (dB)	BER	PSNR (dB)
10	0,0857	5,6231	0,0274	12,7754
12	0,0529	5,3653	0,0114	10,2869
14	0,0214	13,0039	0,0011	15,6867
16	0,0073	12,2488	$9,537 \times 10^{-5}$	18,2252
18	0,0013	13,1749	$1,462 \times 10^{-4}$	20,8429
20	$5,726 \times 10^{-4}$	15,4959	0	28,7322

Grafik perbandingan antara SNR dan BER juga SNR dan PSNR dari hasil simulasi dengan sampel citra Barbara ini dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Perbandingan BER Sistem Menggunakan *Diversity Selection* dan Sistem Tanpa *Diversity Selection* Citra Barbara dengan Rasio Kompresi 0,6 bpp



Gambar 6. Perbandingan PSNR Sistem Menggunakan *Diversity Selection* dan Sistem Tanpa *Diversity Selection* Citra Barbara dengan Rasio Kompresi 0,6 bpp

Tanpa Diversity Selection Combining	Dengan Diversity Selection Combining
SNR = 20 dB Jumlah bit salah diterima = 90 BER = $5,7226 \times 10^{-4}$ PSNR = 15,4959 dB	SNR = 20 dB Jumlah bit salah diterima = 0 BER = 0 PSNR = 28,7322 dB

Gambar 7. Perbandingan Citra Rekonstruksi Barbara antara Sistem Menggunakan *Diversity Selection* dan Sistem Tanpa *Diversity Selection* dengan Rasio Kompresi 0,6 bpp dan SNR 20 dB.

Dari tabel dan grafik perbandingan di atas dapat dilihat pada SNR 10 dB pada sistem dengan *diversity selection combining* didapatkan nilai BER 0,0274 dan nilai PSNR 12,7754 dB, sedangkan sistem tanpa *diversity Selection* didapatkan nilai BER 0,0857 dan nilai PSNR 5,6231 dB. Dari hasil tersebut dapat dilihat peningkatan kinerja sistem dengan *diversity selection* dibandingkan dengan sistem tanpa *diversity selection*. Untuk nilai PSNR terjadi peningkatan 7,1523 dB dan untuk nilai BER terjadi penurunan 0,0583. Peningkatan nilai PSNR terjadi untuk setiap nilai SNR dari 10 dB hingga 20 dB untuk sistem tanpa *diversity*

Selection, sedang untuk sistem dengan *diversity selection* peningkatan nilai PSNR terjadi dari SNR 10 dB sampai 20 dB. Penurunan nilai BER terjadi untuk setiap nilai SNR sampai nilai BER menjadi nol, yaitu terjadi pada SNR 20 dB untuk sistem dengan *diversity Selection*. Salah satu hasil subyektif untuk SNR 20 dB dapat dilihat pada Gambar 7.

Untuk citra Barbara pada rasio kompresi 0,6 bpp ini peningkatan nilai PSNR rata-rata adalah 6,9396 dB untuk nilai SNR dari 10 dB sampai 20 dB. Untuk nilai BER didapatkan penurunan rata-rata adalah 0,0214.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa kenaikan SNR berimplikasi pada penurunan BER, namun tidak selalu meningkatkan nilai PSNR citra rekonstruksi. Hal ini disebabkan nilai PSNR tidak hanya tergantung pada jumlah bit *error*, tetapi terlebih pada letak bit *error* tersebut pada rangkaian bit. Kenaikan jumlah *bit per pixel* tidak berpengaruh pada nilai BER melainkan pada nilai PSNR citra rekonstruksi. Semakin besar *bit per pixel*, maka nilai PSNR akan bertambah besar. Pada citra Barbara 0,6 bpp ini terjadi peningkatan PSNR rata-rata sebesar 6,9396 dB dan penurunan nilai BER rata-rata sebesar 0,0214.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. Said & W. A. Pearlman. (1996). *A New, Fast, and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning In Hierarchical Trees*. IEEE Trans. Circuits Syst Video Technol., Vol. 6 pp. 243-250.
- [2]. Baharuddin, (2005). *Peningkatan Kualitas Transmisi Citra dengan Menggunakan Teknik Diversity Combining Metode Equal Gain Diversity*. Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa Vol.1, No 1, ISSN: 1858-3709.
- [3]. Baharuddin, (2005). *Transmisi Citra dengan Teknik Diversity pada Kanal Wireless*. Thesis, Insitut Teknologi Sepuluh November.
- [4]. Baharuddin, (2005). *Peningkatan Unjuk Kerja Transmisi Citra Terkompresi Spiht Menggunakan Teknik Diversity Equal Gain Combining Pada Daerah Frekuensi Radio*. Jurnal Saintek Vol X Nomor 1. Terakreditasi, No. ISSN 1410-8070, pp. 95-106.
- [5]. Baharuddin, (2016). *Peningkatan Unjuk Kerja Sistem Transmisi Komunikasi Digital Pada Penerima Dengan Menggunakan Teknik Diversity Equal Gain Combining*. Jurnal JNTE Vol. 5 No. 2. ISSN: 2302-2949
- [6]. E. N. Gilbert, (1960). *Capacity of a burst-noise channel*. Bell System Technical Journal, pp. 1253–1265.
- [7]. E. O. Elliott, (1963). *Estimates of error rates for codes on burst error channels*. Bell System Technical Journal, vol. 42, pp. 1977.
- [8]. Hourani, Hafeth, (2005). *An Overview of Diversity Techniques in Wireless Communication System*. Helsinki University of Technology Communication Lab
- [9]. Liane C. Ramac & Pramod K. Varshney. (2000). *A Wavelet Domain Diversity Method for Transmission of Images over Wireless Channels*. IEEE Journal On Selected Areas In Communication, Vol. 18, No. 6. pp. 891–898
- [10]. Nazir, Mohammad. (2011) *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- [11]. P.G. Sherwood & K. Zeger. (1998). *Error Protection for Progressive Image Transmission over Memoryless and Fading Channels*. IEEE Trans. Commun., vol.46, pp. 1555-1559.
- [12]. Sudhakar, R, Karthiga Ms R, & Jayaraman. (2002). *Image Compression using Coding of Wavelet Coefficients – A Survey*. Department of Electronic and Communication Engineering, PSG College of Technology.
- [13]. Theodore. S. Rappaport. (2002). *Wireless Communication Principles & Practice*. Prentice-Hall. Communications Engineering and Emerging Technologies Series.
- [14]. Thomos Nikolaos, Boulgouris Nikolaos V, & Strinzis Michael G. (2005). *Wireless Image Transmission Using Turbo Codes and Optimal Unequal Error Protection*. IEEE Trans. On Image Processing Vol. 14. No.11. pp. 643–650.
- [15]. Vijaya Chandran Ramasami. (2001). *BER Performance Over Fading Channels and Diversity Combining*, EECS 862 Project.

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.