

ANALISA KINERJA *QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION* PADA KANAL ADDITIVE WHITE GAUSSIAN NOISE UNTUK TRANSMISI CITRA

Baharuddin

Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unand

ABSTRAK

QAM adalah teknik modulasi yang dilakukan dengan cara mengubah amplitudo dan phase sinyal carrier. Teknik modulasi ini memiliki keuntungan bila dibandingkan dengan teknik modulasi PSK dan teknik modulasi ASK. Teknik modulasi *QAM* membutuhkan lebih sempit bandwidth daripada teknik modulasi PSK dan memiliki nilai Probability of Symbol Error lebih kecil dari pada teknik modulasi ASK.

Pada simulasi ini dibangkitkan data secara acak, lalu dikirim menggunakan teknik modulasi 16-*QAM* melewati Kanal AWGN. Pada kanal ini data informasi dipengaruhi oleh noise. Dalam simulasi ini diasumsikan noise hanya berasal dari Additive White Gaussian Noise. Pada sisi demodulator, data yang diterima dibandingkan dengan data yang dikirim, lalu dicari tingkat kesalahannya. Tingkat kesalahan dari ketiga konstelasi yang digunakan dibandingkan dan ditampilkan dalam bentuk grafik tingkat kesalahan terhadap nilai SNR/bit.

Keywords : *QAM, Noise AWGN, Wavelet, Probability of Error*

1. PENDAHULUAN

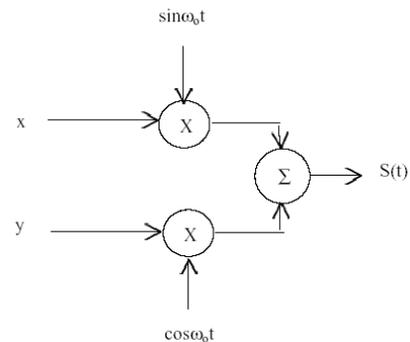
Suatu modulasi adalah proses dimana sinyal informasi diubah menjadi suatu gelombang *sinusoid*. *Sinusoid* memiliki tiga tanda yang dapat digunakan untuk membedakannya dari *sinusoid* lainnya yaitu : amplitudo, frekuensinya dan *phase*. Oleh karena itu modulasi dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang mana amplitudo, frekuensi dan *phase* gelombang *carrier* atau suatu kombinasi dari mereka adalah berbeda-beda dalam penyesuaian dengan informasi yang ditransmisikan. Bentuk umum gelombang *carrier*, $s(t)$, adalah seperti berikut :

$$S(t) = A(t)\cos[w_0 + f(t)] \quad (1)$$

Dimana $A(t)$ adalah waktu variasi amplitudo, w_0 adalah frekuensi *radian carrier* dan $f(t)$ adalah *phase*.

Penggunaan sistem komunikasi digital dalam bidang komunikasi radio bergerak semakin meningkat, sehingga diperlukan suatu sistem komunikasi yang handal guna menjamin sampainya pesan atau data yang benar pada penerima. Pada kanal komunikasi, adanya noise akan mengganggu maupun menurunkan kinerja sistem komunikasi digital. Hal ini menyebabkan terjadinya kesalahan pendeteksian sinyal sehingga terjadi perubahan bit atau simbol pada sisi penerima.

Dalam pentransmisian informasi citra digital ini, kanal komunikasi akan mengalami berbagai macam gangguan, seperti thermal noise yang sering dimodelkan sebagai Additive White Gaussian Noise (AWGN) dan multipath fading. Gangguan tersebut dapat mempengaruhi kualitas citra yang diperoleh pada penerima.



Gambar 1 Modulator *QAM*

Penelitian yang telah dilakukan disini yaitu menganalisa unjuk kerja transmisi citra pada kanal Additive White Gaussian Noise (AWGN). Noise ini memiliki karakteristik statistik distribusi Gaussian dan memiliki kerapatan spektral yang membentang datar pada hampir keseluruhan spektrum frekuensi. Noise ini bersifat menambahkan sinyal aslinya.

Input citra yang digunakan pada penelitian ini yaitu citra grayscale 8 bit. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan proses yang dimulai dari menginputkan citra grayscale, melakukan transformasi citra dengan metoda transformasi Discrete Wavelet Transformation (DWT), kuantisasi skalar, teknik modulasi Quadrature Phase Shift Keying (QPSK), demodulasi, de-quantization, dan Inverse Discrete Wavelet Transformation (IDWT), sehingga akan didapatkan citra hasil rekonstruksi. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh noise AWGN dan bagaimana kualitas citra yang diterima pada sisi penerima, maka digunakan analisa nilai

Peak Signal Noise to Ratio (PSNR) dan Bit Error Rate (BER).

2. CITRA

Citra merupakan suatu representasi, kemiripan, atau imitasi dari suatu objek atau benda. Image (citra) sebagai salah satu komponen multimedia memegang peranan penting sebagai bentuk informasi visual. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra kaya akan informasi. Citra merupakan gambar pada bidang dwimatra. Citra merupakan sebuah sinyal dua dimensi yang merupakan fungsi dua variabel bebas, karena itu citra memiliki sejumlah data[2]. Citra yang dimaksud adalah citra diam. Citra diam adalah citra tunggal yang tidak bergerak.

Citra dapat dipandang sebagai suatu fungsi bernilai real. Agar dapat diolah dengan komputer digital, maka suatu citra harus direpresentasikan secara numerik dengan nilai – nilai diskrit. Representasi citra dari fungsi kontinu menjadi nilai – nilai diskrit disebut digitalisasi. Citra yang dihasilkan inilah yang disebut citra digital (digital image). Pada umumnya citra digital berbentuk empat persegi panjang, dan dimensi ukurannya dinyatakan sebagai tinggi X lebar (atau lebar X panjang). Masing – masing elemen pada citra digital (elemen matriks) disebut image element, picture element atau pixel.

Jadi, citra yang berukuran N x M mempunyai NM buah pixel. Misalkan pixel pertama pada koordinat (0,0) mempunyai nilai intensitas 0 yang berarti warna pixel tersebut hitam, pixel kedua pada koordinat (0,1) mempunyai intensitas 134 yang berarti warnanya antara hitam dan putih, dan seterusnya. Proses digitalisasi citra ada dua macam .[1]

1. Digitalisasi spasial (x,y), sering disebut sebagai sampling.
2. Digitalisasi intensitas f(x,y), sering disebut sebagai kuantisasi.

Sampling adalah proses untuk menentukan warna pada piksel tertentu pada citra. Pada proses sampling biasanya dicari warna rata – rata dari gambar analog yang kemudian dibulatkan ke dalam angka bulat.

Citra kontinu disampling pada grid – grid yang berbentuk bujursangkar (dalam arah horizontal dan vertikal). Terdapat perbedaan antara koordinat gambar yang disampling dengan koordinat matriks (hasil digitalisasi). Titik asal (0,0) pada gambar dan elemen (0,0) pada matriks tidak sama. Koordinat x dan y pada gambar dimulai dari sudut kiri bawah, sedangkan penomoran pixel pada matriks dimulai dari sudut kiri atas[1].

Dalam proses sampling warna rata – rata yang didapat direlaskan ke level warna tertentu[1]. Contohnya apabila dalam citra hanya terdapat 16 level warna abu-abu, maka nilai rata – rata yang didapat dalam proses sampling harus diasosiasikan

ke 16 level tersebut. Proses mengasosiasikan warna rata – rata dengan level warna tertentu disebut dengan kuantisasi.

Citra merupakan dimensi spasial yang berisi informasi warna dan tidak bergantung pada waktu. Citra merupakan sekumpulan titik – titik dari gambar. Titik–titik tersebut menggambarkan posisi koordinat dan mempunyai intensitas yang dapat dinyatakan dengan bilangan. Intensitas ini menunjukkan warna citra.

3. TRANSFORMASI WAVELET DISKRIT

Transformasi sinyal merupakan representasi bentuk yang lain dari sinyal tersebut. Suatu transformasi sinyal tidaklah merubah informasi yang terkandung dalam sinyal tersebut. Sebelum pemakaian transformasi wavelet berkembang, transformasi fourier telah lebih dulu menjadi metode analisis. Pada analisa fourier, suatu sinyal dipecah menjadi kumpulan dari fungsi sinusoida pada frekuensi yang berbeda – beda. Fungsi dasar pada transformasi fourier adalah sinus dan kosinus. Pada dasarnya transformasi fourier mengubah sinyal dari basis waktu ke basis frekuensi.

Transformasi wavelet adalah suatu metoda yang merubah sinyal berdimensi waktu menjadi koefisien – koefisien yang berdimensi waktu dan frekuensi. Transformasi wavelet mampu mengkombinasikan informasi tentang waktu dan frekuensi suatu sinyal secara simultan. Transformasi wavelet dapat digunakan untuk menganalisis sinyal time – frequency suatu sinyal baik secara global maupun lokal karena adanya parameter skala.

Discrete Wavelet Transformation (DWT) merupakan transformasi yang penting pada aplikasi signal processing yang berdasarkan sinyal diskrit pada waktu. Wavelet merupakan gelombang mini (small wave) yang mempunyai kemampuan mengelompokkan energi sinyal terkonsentrasi pada sekelompok kecil koefisien. Transformasi wavelet adalah teknik dekomposisi sinyal dengan prinsip penskalaan dan pergeseran mother wavelet, sehingga didapatkan nilai konstanta yang mewakili statu nilai waktu dan frekuensi. Perumusan mother wavelet :[3]

$$\Psi_{s, \tau}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \Psi \left(\frac{t - \tau}{s} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Dimana : s = parameter penskalaan (dilasi)
 τ = parameter pergeseran (translasi)
 ψ(t) = fungsi mother wavelet

Wavelet induk dilasi (diskalakan) dan ditranslasi (digeser) melalui pemisahan menurut frekuensi menjadi sub – sub bagian[3].

Penskalaan dan pergeseran yang kontinu akan mempersulit dekomposisi sinyal. Oleh karena itu, dilakukan penskalaan dan pergeseran secara diskrit yaitu :

$$s = \frac{1}{2^j} \dots\dots\dots (3)$$

$$t = \frac{k}{2^j} \quad \dots (4)$$

Maka transformasi wavelet diskrit dapat dirumuskan :

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{j/2} \psi(2^j t - k) \quad \dots (5)$$

Akhir proses dari transformasi adalah mengembalikan sinyal informasi pada koefisien yang dapat dimanipulasi, disimpan, dan ditransmisikan, dan dapat digunakan untuk membentuk sinyal informasi kembali. Pembentukan kembali sinyal informasi harus mendekati sinyal yang diinginkan. Transformasi wavelet dapat menangkap sinyal frekuensi rendah dan tinggi melalui suatu proses yang disebut dengan multiresolution.

4. PEMODELAN KANAL AWGN

Kanal yang disimulasikan dalam sistem ini, diasumsikan memiliki Noise yang berdistribusi Gaussian. 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: [7]

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma^2}} \quad (6)$$

dimana :

- $m_x = \text{mean}$
- $\sigma^2 = \text{varians dari variable random}$

Noise merupakan hal yang bersifat khusus dan tidak dapat dieliminir sepenuhnya. Disamping sumber dari resistor, banyak material lain yang merupakan sumber noise yang memiliki karakteristik statistik distribusi Gaussian dan memiliki kerapatan spektral yang membentang datar pada hampir keseluruhan spectrum frekuensi. Sehingga noise ini memiliki karakteristik seperti cahaya putih dan selanjutnya dinamakan White Gaussian Noise. Additive White Gaussian Noise memiliki karakteristik sebagai berikut [11]:

4.1 White noise

Spektrum rapat daya noise dianggap memiliki harga yang sama untuk setiap frekuensi (dalam pita komunikasi yang digunakan), dimana dapat dimodelkan pada persamaan matematis :

$$S_w(f) = \frac{N_o}{2} \quad \dots (7)$$

- Dimana $N_o = \text{daya noise}$
- $f = \text{frekuensi}$

4.2 Terdistribusi Gaussian

Pola kemunculan noise dianggap terdistribusi Gaussian dengan nilai rata-rata (mean) adalah nol dan varians tergantung rapat daya yang diperkirakan dari noise tersebut.

Yang dilakukan pertama kali oleh receiver adalah bagaimana menterjemahkan sinyal informasi (bit) baseband dari sinyal carrier. Jika noise telah ikut masuk ke kanal (saluran) yang bisa berupa kabel tembaga atau lintasan melalui udara tanpa halangan (line of sight) sehingga pada sinyal informasi terdapat noise. Sumber noise yang kedua berasal dari rangkaian pada receiver itu sendiri. Dalam hal ini kita bahas bentuk noise yang bersifat aditif (menambahkan) dan biasanya dapat didekati dengan suatu sifat statistik memiliki distribusi Gaussian dan pada keseluruhan band frekuensi menunjukkan karakteristik yang sama sehingga memiliki sifat yang sama dengan warna putih yang spektrumnya membentang pada keseluruhan frekuensi warna.

Pada kanal AWGN, zero-mean white Gaussian noise ditambahkan pada sinyal transmisi s(t). maka sinyal yang diterima r(t) berbentuk :

$$r(t) = s(t) + n(t) \quad \dots (8)$$

dimana $n(t)$ adalah *zero-mean white Gaussian noise* dengan daya $\frac{N_o}{2}$.

Additive White Gaussian Noise (AWGN) merupakan noise yang memiliki distribusi normal dengan nilai rata-rata (mean) adalah nol dan varians σ^2 sebesar $N_o/2$. Noise ini bernilai acak dan bersifat menambahkan sinyal aslinya. Besarnya varians dipengaruhi oleh harga N_o yang bervariasi sesuai dengan besarnya Signal to Noise ratio (SNR) dan besar energi per bitnya atau Eb.

Derau ini dapat digambarkan sebagai proses acak terdistribusi Gaussian dengan rata-rata nol. Proses acak Gaussian $n(t)$ merupakan fungsi acak dengan harga n , pada saat tertentu t , dikarakteristikan secara statistik dengan fungsi rapat probabilitas (pdf : probability density function) Gaussian berikut ini :

$$P_x(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{\sigma}\right)^2\right] \quad \dots (9)$$

dimana σ^2 merupakan varians dari x . Grafik pdf *Gaussian* ternormalisasi dari suatu proses acak dengan rata-rata nol diperoleh dengan mengasumsikan σ (*standard deviation*) =1, sehingga nilai pdf *Gaussian* dapat diamati dari perhitungan dibawah :

1. jika $E[x] = x = 0$

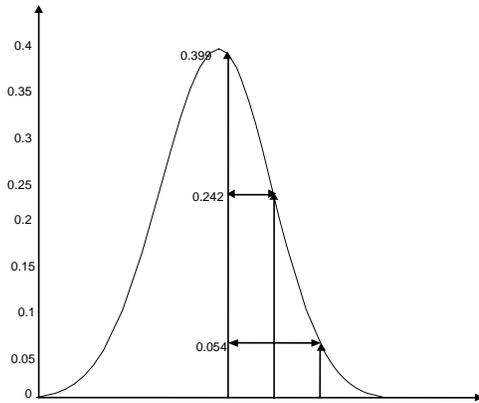
$$P_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} = 0,399$$
2. jika $x = 1$

$$P_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{1}{1}\right)^2\right] = 0.242$$

3. jika $x = 2$

$$P_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{2}{1}\right)^2\right] = 0.054$$

Dari nilai pdf Gaussian yang telah didapatkan pada $x = 0$ nilai pdf yang diperoleh nilai tertinggi hal ini menunjukkan rata-rata pada proses acak ini adalah nol. Dengan hasil yang diperoleh dapat digambarkan fungsi rapat probabilitas Gaussian dengan standard deviation (σ) = 1 seperti ditunjukkan pada gambar 1.[9]



4.3 Perhitungan Probability of Error (Pe)

Dalam simulasi ini perhitungan probability of error adalah dengan cara membandingkan antara urutan bit pada pengirim dengan urutan bit yang dideteksi melalui proses decoding pada sisi penerima. Kemudian jumlah bit yang salah dibagi dengan jumlah bit informasi yang dibangkitkan pada transmitter sesuai dengan persamaan berikut [4][6]:

$$Pe = \frac{n}{N} \tag{10}$$

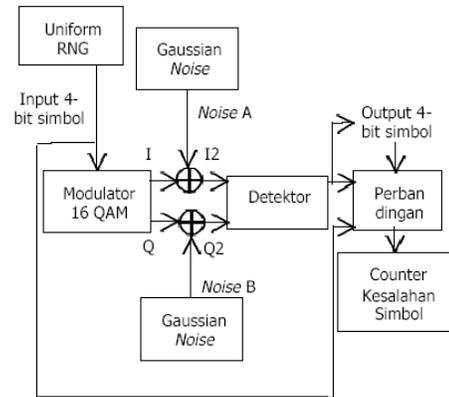
Dimana:

n = jumlah bit error yang terdeteksi

N = jumlah bit yang dikirimkan

4.4 Perancangan sistem

Perancangan sistem transmisi citra pada kanal Additive White Gaussian Noise (AWGN) dapat dilihat pada blok diagram dibawah ini :



Gambar 3 Blok Diagram Simulasi QAM

Input yang digunakan pada simulasi ini yaitu data berupa citra digital. Pada sisi transmitter citra asli ditransformasikan dengan metoda DWT level 2, lalu dilakukan kuantisasi skalar uniform, kemudian dimodulasi dengan modulasi baseband QPSK. Sedangkan pada sisi receiver sinyal data yang sudah dipengaruhi noise AWGN didemodulasi, dekuantisasi, lalu dilakukan invers DWT, maka akan didapatkan rekonstruksi citra.

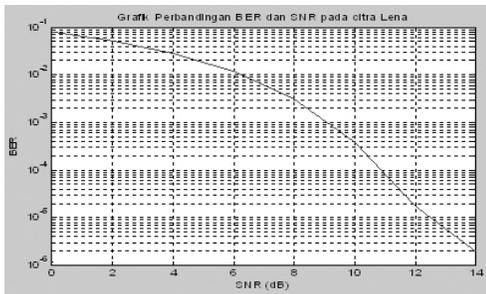
5. ANALISA HASIL SIMULASI

Berikut ini merupakan tabel perbandingan antara nilai SNR (dB), BER, dan PSNR (dB) untuk citra Lena. Nilai SNR yang digunakan mulai dari 1 sampai dengan 12 dB.

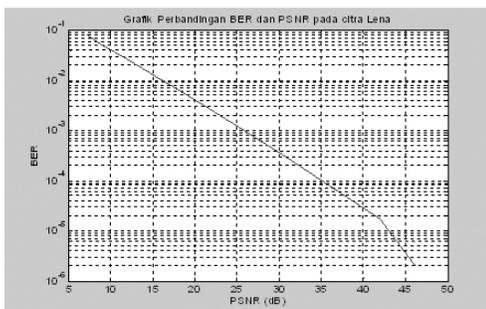
Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa pada saat SNR = 1 dB, nilai PSNR masih sangat rendah yaitu 8.0853 dB dengan BER = 0.0657. Nilai PSNR berada diatas 30 dB pada saat SNR diatas 10 dB. Nilai PSNR mengalami kenaikan sebanding dengan nilai SNR, sedangkan nilai BER mengalami penurunan. Pada saat SNR 12 dB, nilai BER sudah rendah yaitu 1.9073e-005 dengan nilai PSNR = 40.7196 dB. Perbandingan nilai BER dan SNR dapat dilihat pada gambar 4 serta perbandingan nilai BER dan PSNR dapat dilihat pada gambar 5.

Tabel 1 Perbandingan nilai SNR, BER, dan PSNR untuk citra Lena

SNR (dB)	BER	PSNR (dB)
1	0.0657	8.0853
2	0.0516	9.0505
3	0.0391	10.2498
4	0.0278	11.6924
5	0.0187	13.3483
6	0.0115	15.5747
7	0.0062	18.1368
8	0.0029	21.3936
9	0.0012	24.8233
10	3.8910e-004	30.0397
11	1.0490e-004	35.0900
12	1.9073e-005	40.7196



Gambar 4 Grafik perbandingan BER dan SNR pada citra Lena



Gambar 5 Grafik perbandingan BER dan PSNR pada citra Lena

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dari penelitian ini adalah bahwa Transmisi citra digital pada kanal yang dipengaruhi oleh noise AWGN menyebabkan terjadinya cacat pada citra rekonstruksi yang diterima pada receiver yang ditunjukkan dengan besarnya nilai BER yang didapatkan. Ini menunjukkan unjuk kerja sistem transmisi citra pada kanal AWGN masih kurang bagus.

6.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya perlu dikembangkan suatu sistem teknik perbaikan untuk memperbaiki kinerja sistem transmisi pada kanal AWGN. Salah satu teknik perbaikan yang dapat dikembangkan adalah dengan teknik Diversity.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munir, Rinaldi.. Pengolahan Citra Digital Dengan Pendekatan Algoritmik. Penerbit Informatika Bandung. (2004)
- [2] Arymurthy, Aniat Murni dan Suryana Setiawan. Pengantar Pengolahan Citra. PT Elex Media Komputindo, Jakarta. (1992).
- [3] Mandala, Jani F. Pemanfaatan Transformasi Wavelet Citra Wajah Sebagai Sistem Keamanan Kunci Kombinasi. ITB, Bandung. (2003).

- [4] Ramasami, Vijaya Chandran, "BER Performance Over Fading Channels and Diversity Combining", EECS 862 Project, 2001
- [5] Lee, William C.Y, "Mobile Communication Design Fundamentals", ITS Surabaya, 2001
- [6] Wisnu, "Simulasi Transmisi Sinyal Digital pada Kanal AWGN dan Rayleigh Fading", ITS Surabaya, 2001
- [7] Hourani, Hafeth, "An Overview of Diversity Techniques in Wireless Communication Systems", Helsinki University of Technology Communications Lab, 2005
- [8]. Jeruchim, Michael C, Philip, and Shanmugam, K." Simulation of communication systems", Plenum Press
- [9] Theodore S. Rappaport, 1996 Wireless Communication Principles & Practice, New Jersey
- [10] Ramasami, Vijaya Chandran "Simulation Project", EECS 865 Project
- [11] Baharuddin, " Transmisi Citra Dengan Teknik Diversity Pada Kanal Wireless", ITS Surabaya, 2005
- [12] Bektas, filiz," Investigation of Diversity Techniques for Mobile Communication ",Wien University,2003
- [13] Jaya Permana, Ferry,"Integral Monte Carlo", Universitas Katolik Parahyangan,Bandung, 2002.

BIODATA

Penulis 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. Pada tahun 2005 menyelesaikan studi program magister bidang Telekomunikasi Multimedia di ITS Surabaya.

E-mail : baharuddin2006@yahoo.com;
baharuddin@ft.unand.ac.id