

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS VIDEO WATERMARKING DENGAN FORMAT VIDEO MPEG BERBASIS WAVELET TRANSFORM

(Implementation and Analysis Watermarking MPEG Video Base on Wavelet Transform)

Eriel Mar¹, Koredianto Usman², Rita Magdalena³

Jurusan Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Telkom

Jln. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot – Bandung 40257

Telp.(022) 756 4108 ext.2308

E-mail: ¹erielfsas@yahoo.com, ²kru@stttelkom.ac.id, ³rta@stttelkom.ac.id

ABSTRAK

Watermarking adalah salah satu cara untuk melindungi hak milik intelektual atas produk multimedia (gambar/foto, audio, teks, video) dengan menyisipkan informasi ke dalam data multimedia tersebut. Informasi yang disisipkan ke dalam data multimedia disebut watermark, dan watermark dapat dianggap sebagai sidik digital (digital signature) atau stempel digital dari pemilik yang sah atas produk multimedia tersebut. Pada penelitian ini dilakukan proses simulasi dan analisis performansi teknik watermarking pada video format MPEG menggunakan Discrete Wavelet Transform (DWT) dan juga XOR serta faktor skala dalam proses embedding serta ekstraksi-nya. Kondisi yang diuji berupa ukuran dan jumlah frame video, posisi embed video dalam sistem embedding dan extracting, serta bagaimana ketahanan (robustness) embed video terhadap gangguan berupa Noisse Gaussian Untuk mendapatkan kualitas video yang baik dengan jumlah error minimum, maka sebaiknya diusahakan nilai $MSE \approx 0$ dan $PSNR \approx \infty$. Pada proses embedding didapatkan metode faktor skala dengan skala 0,02 baik tanpa noise ataupun dengan noise mempunyai PSNR terbaik yaitu 55.16 dB dan 51.36 dB. Dan pada proses ekstraksi metode faktor skala 0,1 juga didapatkan PSNR yang tinggi baik tanpa noise atau dengan noise yaitu 22.74dB dan 22.27dB. Serta nilai secara subjektif MOS menunjukkan nilai rata-rata 4,3 (kategori baik) enak dilihat tanpa gangguan berarti.

Kata kunci : watermarking, DWT, embedding, extracting, MPEG

1. PENDAHULUAN

Perkembangan layanan multimedia dan teknologi internet dewasa ini sangat maju dan telah memberikan berbagai kemudahan bagi penggunaannya untuk melakukan akses serta pendistribusian informasi dalam format *digital*. Berjuta-juta informasi digital dapat dilihat, diambil bahkan dimanipulasi secara bebas untuk tujuan tertentu yang bersifat negatif. Hal ini tentu merugikan pemilik informasi tersebut, oleh karena itu sangat penting untuk tetap mempertahankan keaslian informasi walaupun dimanipulasi sedemikian rupa. Untuk mengatasi hal tersebut maka teknologi *watermarking* merupakan solusinya.

Watermarking merupakan salah satu cara untuk menyisipkan atau menyembunyikan suatu pesan atau data rahasia di dalam data atau pesan lain sehingga tidak tampak oleh pihak-pihak yang tidak berhak, dan hanya dapat diakses oleh orang yang berhak dengan suatu kunci. Teknologi *watermarking* biasa diterapkan pada berbagai macam data, yaitu image, audio, dan video. *Watermarking* video mempunyai keuntungan yaitu dapat menyisipkan informasi dalam ukuran besar karena pada dasarnya video merupakan gabungan image yang ‘bergerak’ dan audio sehingga sulit dideteksi.

2. DASAR TEORI

2.1. Watermarking

Watermarking atau tanda air dapat diartikan sebagai suatu teknik penyembunyian data atau informasi “rahasia” kedalam suatu data lainnya untuk “ditumpang” (kadang disebut *host* data), tetapi orang lain tidak menyadari adanya kehadiran data tambahan pada *host*-nya. Jadi seolah-olah tidak ada perbedaan antara data *host* sebelum dan sesudah proses *watermarking*. Disamping itu data yang ter-*watermark* harus tahan (*robust*) terhadap serangan-serangan baik secara sengaja ataupun tidak di sengaja untuk menghilangkan data *watermark* di dalamnya. *Watermark* juga harus tahan terhadap berbagai jenis pengolahan/proses bisa berupa text, image, audio, maupun video.

2.2. MPEG

MPEG atau Moving Picture Experts Group merupakan mekanisme yang dapat diterima secara universal dalam penyediaan (maupun penyimpanan/*storage* yang bersifat optional) serta penyaluran program-program video yang dikompresi secara digital pada laju bit yang lebih besar dari 1 Mbps. "Program video" atau singkatnya disebut "program" di sini didefinisikan sebagai gambar-gambar bergerak yang disertai dan tersinkronisasi dengan audio. Misalnya adalah

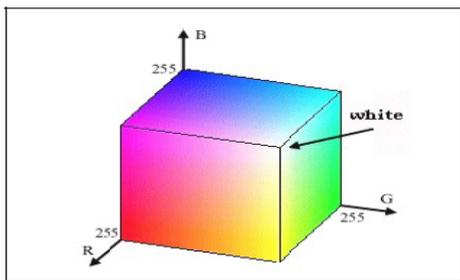
suara dari *soundtrack* stereo yang dinikmati dengan irama yang sinkron dengan gambar-gambar yang sedang dilihat, iklan-iklan komersial, serta video klip seperti item-item katalog *video home shopping*.

2.3. RGB

Warna pada dasarnya adalah hasil persepsi cahaya dalam spektrum wilayah yang terlihat oleh retina mata, dan memiliki panjang gelombang antara 400nm sampai dengan 700 nm.

Ruang warna RGB dapat divisualisasikan sebagai sebuah kubus seperti Gambar 1, dengan tiga sumbunya yang mewakili komponen warna merah (*red*) R, hijau (*green*) G, biru (*blue*) B. Salah satu pojok alasnya yang berlawanan menyatakan warna hitam ketika $R = G = B = 0$, sedangkan pojok atasnya yang berlawanan menyatakan warna putih ketika $R = G = B = 255$ (sistem warna 8 bit bagi setiap komponennya).

RGB sering digunakan di dalam sebagian besar aplikasi komputer karena dengan ruang warna ini tidak diperlukan transformasi untuk menampilkan informasi di layar monitor. Alasan ini juga yang menyebabkan RGB banyak dimanfaatkan sebagai ruang warna dasar bagi sebagian besar aplikasi.



Gambar 1. Komponen Warna RGB sebagai Vektor Intensitas Warna

2.4. Video Watermarking

Video pada dasarnya merupakan susunan dari beberapa frame, dan tiap frame ini dipandang sebagai sebuah citra diam. Oleh karena itu sebagian besar metode pada image *watermarking* dapat digunakan pada video *watermarking*.

Penyisipan *watermark* pada *watermark* video dapat dilakukan pada bagian frame *motion* dan atau *motionless*. Dalam penggunaannya, *watermarking* terdiri dari dua tipe yaitu identik *watermark* dan independen *watermark*. Agar dapat terhindar dari penghilangan *watermark* oleh pihak-pihak yang tidak berhak maka penyisipan *watermark* dilakukan dengan menggunakan identik *watermark* pada bagian *frame motionless*.

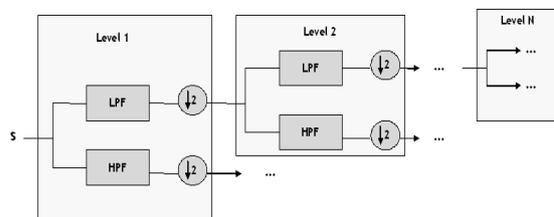
2.5. Transformasi Wavelet

Transformasi *Wavelet* memiliki kemampuan untuk menganalisa suatu data dalam

domain waktu dan domain frekuensi secara simultan. Analisa data pada transformasi *Wavelet* dilakukan dengan membagi (dekomposisi) suatu sinyal ke dalam komponen-komponen frekuensi yang berbeda-beda dan selanjutnya masing-masing komponen frekuensi tersebut dapat dianalisa sesuai dengan skala resolusinya.. Hal ini seperti proses *filtering*, dimana sinyal dalam domain waktu dilewatkan ke dalam filter *highpass* dan *lowpass* dan memisahkan komponen frekuensi tinggi dan frekuensi rendah.

2.5.1 Transformasi Wavelet Diskrit Maju (*Forward DWT*).

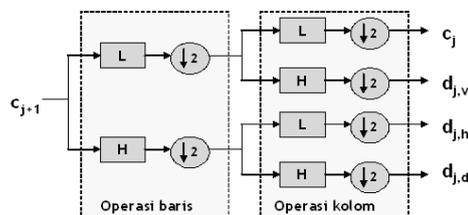
Pada bagian ini dilakukan proses dekomposisi, yakni menguraikan sinyal asli ke dalam komponen-komponen aslinya. Proses dekomposisi pada 1 dimensi digambarkan sebagai berikut



Gambar 2. Transformasi Wavelet Dengan dekomposisi Sinyal Sebanyak N kali

Pemfilteran urutan sinyal input didapat dengan mengkonvolusikan urutan tersebut dengan sekelompok bilangan lain yang disebut koefisien – koefisien filter, tapis, *weights*, atau respon impuls. Untuk urutan masukan $x(n)$ dan koefisien – koefisien filter $h(n)$, urutan keluaran dari filter $y(n)$.

Pada proses dekomposisi data citra, dimulai dengan melakukan dekomposisi terhadap baris dari data citra yang diikuti dengan operasi dekomposisi terhadap kolom pada koefisien citra keluaran dari tahap pertama. Cara kerja dekomposisi dengan Transformasi Wavelet Maju dapat digambarkan sebagai berikut :



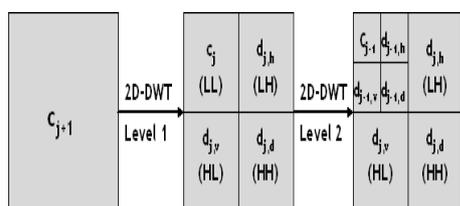
Gambar 3. Proses Dekomposisi Sinyal Dua Dimensi Level Satu

Citra masukan diasumsikan memiliki resolusi 2^{j+1} . Blok L melambangkan *lowpass filter*, sedangkan H melambangkan *highpass filter*. Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan operasi konvolusi terhadap baris-baris

citra untuk selanjutnya didownsampling dengan faktor 2. Langkah berikutnya adalah melakukan kembali konvolusi terhadap kolom-kolom pada koefisien citra keluaran dari langkah pertama. Hasil dari tahap dekomposisi di atas berupa *subband-subband* detail yang terdiri dari :

1. *lowpass residue*, yang merupakan pendekatan sinyal pada resolusi j .
2. *subband* vertikal ($d_{j,v}$)
3. *subband* horisontal ($d_{j,h}$)
4. *subband* diagonal ($d_{j,d}$)

Proses dekomposisi untuk level selanjutnya dilakukan terhadap *lowpass residue* dari proses sebelumnya. Gambar 4 memperlihatkan proses dekomposisi untuk level dua.

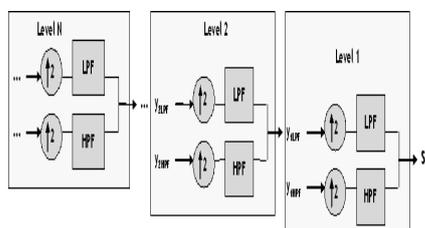


Gambar 4. Transformasi Wavelet Maju Dua Dimensi Skala Dua

Bila citra asli f dengan $M \times N$ pixel didekomposisi menjadi empat *subband* sesuai frekuensinya yakni LL,LH,HL,HH dengan menggunakan transformasi wavelet dengan filter Haar (*Daubechies* orde 1).

2.5.2 Transformasi Wavelet Diskrit Balik (*Invers DWT*)

Pada tahap ini dilakukan proses rekonstruksi yakni proses mengembalikan kembali komponen-komponen frekuensi menjadi sinyal semula melalui proses *upsampling* dan pemfilteran dengan koefisien-koefisien filter balik. Proses rekonstruksi pada satu dimensi digambarkan sebagai berikut :



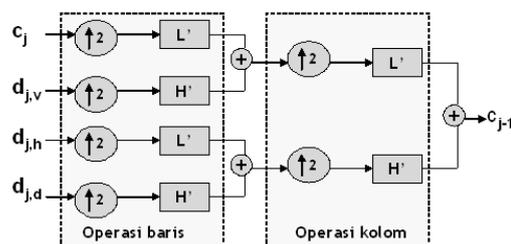
Gambar 5. *Inverse* Transformasi Wavelet Dengan Rekonstruksi Sebanyak N kali

Dengan cara yang sama dengan proses dekomposisi dan menggunakan koefisien yang sama, proses rekonstruksi dilakukan dengan melakukan konvolusi yang kemudian diikuti oleh proses *up sampling* dengan faktor 2. Proses *upsampling* dilakukan untuk mengembalikan dan menggabungkan sinyal seperti semula. Koefisien-

koefisien filter akan membentuk suatu kumpulan filter (*filter bank*), sehingga harus memiliki hubungan rekonstruksi sempurna (*perfect reconstruction*), yang berarti bahwa sinyal hasil transformasi wavelet balik harus sama dengan sinyal asli sebelum transformasi dilakukan [2,8,10]. Untuk memenuhi persyaratan ini, maka koefisien pada filter dekomposisi $h(n)$ dan filter konstruksi $g(n)$ diberikan oleh persamaan:

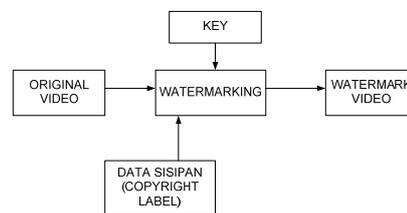
$$g(L-1-n) = (-1)^n \cdot h(n) \quad (2.1)$$

Proses rekonstruksi dengan level (skala) banyak didapat dengan melakukan iterasi dari struktur dasar sehingga didapat *lowpass residue* yang bersesuaian untuk masing-masing tingkat.



Gambar 6. Proses Rekonstruksi Sinyal Dua Dimensi Level Satu

3. PERANCANGAN SISTEM



Gambar 7. Proses umum Video Watermarking

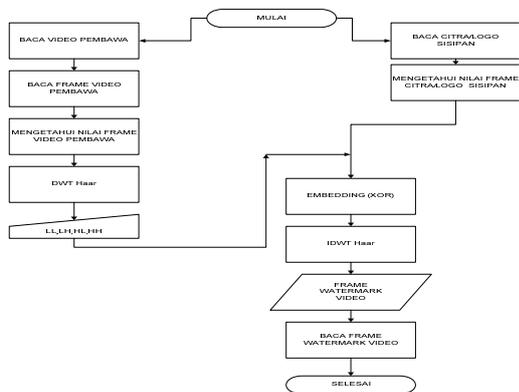
Proses penyisipan video watermark ini juga menggunakan kunci (*key*). Kunci (*key*) ini digunakan untuk mencegah penghapusan secara langsung oleh pihak-pihak yang tak bertanggung jawab dengan metode enkripsi yang sudah ada. Cara kerja kunci (*key*) adalah dengan mengacak frame-frame video yang akan disisipkan serta mengembalikan seperti semula pada posisi frame-frame video.

3.1. Proses Simulasi Watermarking I

3.1.1 Proses *Embedding* (Penyisipan)

Pada proses *embedding*, dipilih video pembawa (*host*) dan citra sisipan (*embedd*) yang digunakan. Keduanya merupakan properti penting dalam watermarking video. Pertama-tama video pembawa dibaca diikuti oleh pembacaan citra/logo sisipannya. Kemudian tahap selanjutnya adalah membangkitkan kunci pengacak frame (*random key scrambler*). Selanjutnya masing-masing frame video akan dibaca untuk selanjutnya ditransformasi

(RGB). Saat proses *embedding* atau penyisipan, video pembawa dan citra/logo sisipan dilakukan proses transformasi dari domain spasial ke domain frekuensi menggunakan DWT. Selanjutnya koefisien-koefisien yang dihasilkan dari proses DWT dikelompokkan menjadi 4 sub-band (LL, LH, HL, HH). Ukuran setiap sub-band matriks video *host* sama dengan ukuran citra *embedd*.



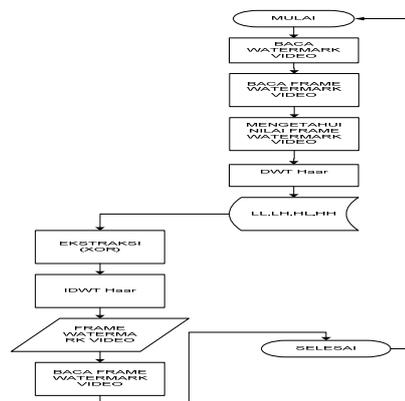
Gambar 8. Proses Embedding dengan Metode XOR

Saat DWT pada video pembawa berlangsung, didapatkan 4 *subband*, yakni LL, LH, HL, dan HH. *Subband* LL mempresentasikan citra aproksimasi yakni citra yang sama dengan citra aslinya tetapi berukuran setengah dari citra asli. *Subband* ini memiliki energi yang besar tetapi faktor *hidden*-nya kurang. Sebaliknya *subband* HH memiliki energi yang kecil namun memiliki faktor *hidden*-nya yang baik. Sedangkan kedua *subband* lainnya yaitu LH dan HL memiliki energi yang sedang dan faktor *hidden* yang tidak terlalu baik pula. Dalam proses ini dilakukan pemilihan *subband* yang akan digunakan sebagai tempat penyembunyian informasi. Dipilih salah satu sub-band dari video pembawa, yang nilainya untuk selanjutnya di-XOR dengan nilai citra digital grayscale sisipannya. Pada penelitian ini digunakan *subband* LL (*low*), untuk kemudian nilai subband LL video tersebut di-XOR secara bersama-sama dengan nilai citra/logo sisipan digital grayscale. Setelah itu proses akan diteruskan dengan melakukan invers DWT (IDWT) untuk mendapatkan domain spasialnya, sehingga didapatkan matriks RGB yang baru. Untuk selanjutnya dilakukan pembacaan video yang sudah disisipi (*watermark video*) berdasarkan jumlah frame video sisipannya. Dan Ini merupakan proses terakhir pada *embedding* sistem watermarking video.

3.1.2 Proses Ekstraksi

Proses ekstraksi adalah kebalikan dari proses penyisipan (*embedding*), yaitu proses pengambilan citra/logo sisipan dan memisahkannya dari video pembawa. Ekstraksi adalah proses

penting karena mengandung informasi yang dirahasiakan.

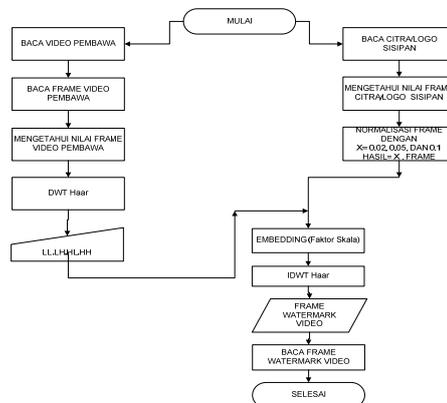


Gambar 9. Proses Ekstraksi pada Metode XOR

3.2. Proses Simulasi Watermarking II

3.2.1 Proses Embedding (Penyisipan)

Proses watermarking pada simulasi ke II tidak jauh berbeda dengan proses watermarking pada simulasi I. Perbedaannya terletak pada metode penyisipannya, dimana simulasi pertama menggunakan metode penyisipan dengan menggunakan XOR sedangkan pada simulasi ke II ini menggunakan metode penyisipan faktor skala (*scaling factor*). Pada simulasi ke II ini saat DWT pada video pembawa berlangsung, didapatkan 4 *subband*, yakni LL, LH, HL, dan HH, kemudian dipilih subband LL sebagai tempat penyisipan yang akan disisipkan dengan nilai normalisasi citra/logo digital grayscale. Dimana nilai normalisasi tersebut merupakan sebuah hasil pengali bilangan antara nilai-nilai frame pada citra/logo sisipan dengan suatu bilangan yang diinput oleh user. Bilangan yang diinputkan tersebut merupakan faktor skala (*scaling factor*) yang digunakan pada proses watermark simulasi ke II ini.



Gambar 10. Proses Embedding dengan Metode Faktor Skala

3.2.2 Proses Ekstraksi

Proses-proses yang ada pada proses ekstraksi secara garis besar sama dengan proses *embedding* nya, yang berbeda adalah dalam peng-ekstraksiannya saat DWT pada video hasil penyisipan(*embedding*) berlangsung, didapatkan 4 *subband*, yakni LL, LH, HL, dan HH, kemudian dipilih *subband* LL yang kemudian nilai-nilai frame pada *subband* LL dikurangi dengan nilai-nilai frame pada citra/logo sisipan yang nilainya telah di normalisasi dengan nilai faktor skala (*scaling factor*) yang diinputkan user di awal pada proses penyisipan(*embedding*).

3.2.3 Penambahan Attack Dalam Pengujian Robustness Dari Watermarking

Dalam simulasi akan di simulasikan *attack* atau gangguan yang berupa Noise. Dimana noise tersebut dapat mempengaruhi ketahanan serta kualitas video dan citra. Kemudian akan dianalisis ketahanan dari video dan citra tersebut yang telah mengalami proses penyisipan data untuk bisa di ekstraksi kembali dan bisa dilakukan proses autentifikasi.

3.3. Performansi Sistem

Performansi sistem dilakukan dengan dua cara yaitu penilaian secara obyektif dan subyektif.

3.3.1 Penilaian Obyektif

a. Mean Square Error (MSE)
MSE adalah nilai rata-rata kuadrat nilai error ($e(x,y)$) antara citra masukan ($f(x,y)$) dengan citra keluaran ($g(x,y)$), dimana kedua citra tersebut memiliki ukuran yang sama. Nilai MSE yang baik adalah mendekati nol. ($MSE \approx 0$)

b. PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)
PSNR merupakan nilai perbandingan antara nilai maksimum citra hasil rekonstruksi dengan nilai rata-rata kuadrat error (MSE). Nilai PSNR yang baik adalah yang tak hingga. ($PSNR \approx \infty$). Secara matematis perhitungan MSE dan PSNR adalah sebagai berikut:

$$e(x,y) = f(x,y) - g(x,y) \dots\dots(3.1)$$

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{y=1}^{N-1} (e(x,y))^2 \dots\dots(3.2)$$

$$PSNR = 10 \times \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \text{ dB} \dots\dots(3.3)$$

3.3.2 Penilaian Subyektif (Mean Opinion Square (MOS))

Penilaian subyektif berkenaan dengan seberapa bagus kualitas suatu gambar dimana

kriterianya ditentukan berdasarkan pengamatan mata manusia. Pada Penelitian ini, jumlah pengamat sebanyak 30 orang..

Hal ini dinamakan dengan MOS (*Mean Opinion Score*) berdasarkan kriteria seperti pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Mean Opinion Score

Nilai	Level Distorsi	Kualitas Citra
1	Sangat mengganggu (<i>very annoying</i>)	Watermark citra punya kualitas yang sangat rendah, terlalu banyak <i>noise</i> yang mengganggu
2	Mengganggu (<i>annoying</i>)	Watermark citra punya kualitas yang sangat rendah, representasinya masih bisa diterima, namun <i>noise</i> masih dominan
3	Agak Mengganggu (<i>slightly annoying</i>)	Watermark citra punya kualitas yang rendah, namun masih ada <i>noise</i> yang terlihat jelas
4	Perceptible but annoying	Watermark citra punya kualitas yang bagus, namun masih ada sedikit <i>noise</i>
5	Imperceptible	Watermark citra punya kualitas yang bagus, mirip dengan citra logo/sisipan.

4. HASIL DAN ANALISIS

4.1 Analisis Pengujian kriteria MSE dan PSNR

4.1.2. Metode XOR

Dengan metode XOR, frame-frame yang sudah terpilih secara random akan di-XOR dengan citra/logo *digital grayscale*. Besar MSE dan PSNR untuk tiap video dengan persentasi frame acak tertentu tanpa *noise* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. MSE dan PSNR tanpa *noise* dengan metode XOR

No	Video	Frame Sisipan	Embedding		Ekstraksi			
			MSE	PSNR	MSE		PSNR	
					Citra	Video	Citra	Video
1	BOLA	8	212.195	21.865	604.074	870.431	20.32	18.734
		20	532.684	208661	604.861	2268.82	20.314	14.573
		30	857.81	18.796	483.641	5075.46	21.286	11.076
		50	1421.5	16.603	481.476	8158.86	21.305	9.0145
		100	2831.64	13.61	481.476	15961.4	21.305	6.1001
2	MOTOR	8	281.906	23.63	567.004	1903.46	20.595	15.335
		20	723.202	19.538	565.729	4709.87	20.605	11.401
		30	1088.43	17.763	543.279	7126.34	20.781	9.6021
		50	1829.29	15.508	541.577	12218.6	20.794	7.26
		100	3676.06	12.477	543.279	24420.7	20.781	4.2532
3	TEMBOK	8	359.688	23.572	524.333	892.028	20.935	18.627
		20	901.763	18.58	557.583	2166.98	20.668	14.772
		30	1396.64	16.68	570.079	3600.69	20.572	12.567
		50	2261.25	14.587	544.101	5255.63	20.774	10.925
		100	4569.68	11.532	570.079	10637.9	20.572	7.8023

Nilai PSNR yang tinggi akan menghasilkan kualitas performansi sistem yaitu video watermark dan hasil citra/logo sisipan yang di ekstraksi akan semakin baik. Dalam hal ini terlihat bahwa video TEMBOK.mpg dengan frame sisipan 8% mempunyai PSNR tertinggi.

4.1.3 Uji Ketahanan Terhadap Noise Gaussian

Dalam penelitian ini, sistem di uji coba dengan *Noise Gaussian*. *Noise Gaussian* diberikan dalam 4 macam SNR yaitu 0dB, 15dB, 30dB dan 45dB. Setelah pemberian *noise* maka video

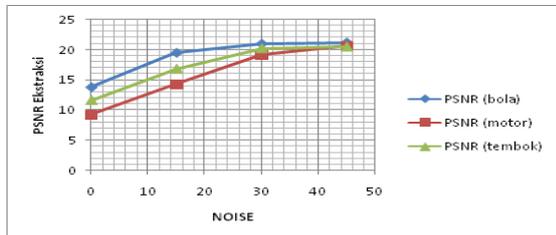
watermarking yang sudah terserang *noise* kemudian di ekstraksi untuk mendapatkan citra atau logo sisipan kembali. Besar MSE dan PSNR saat sistem diberi *noise* SNR = 0 dB (Tabel 3).

Tabel 3. MSE dan PSNR dengan metode XOR saat system diberi *noise* (SNR= 0 dB)

NO	Video	% Frame Sisipan	Embedding		Ekstraksi	
			MSE	PSNR	MSE	PSNR
1	BOLA	8	5169.441	10.9964	2643.395	13.9092
		20	5231.32	10.9447	2704.865	13.8093
		30	5292.3	10.8994	2691.388	13.831
		50	5398.5	10.8081	2640.244	13.9144
		100	5661.947	10.6011	2869.166	13.8347
2	MOTOR	8	4466.999	11.6306	7796.025	9.2121
		20	5022.934	11.1212	7787.567	9.2168
		30	5475.169	10.7468	7625.574	9.3081
		50	6418.821	10.0563	7532.263	9.3615
		100	8742.218	8.71459	7667.219	9.2844
3	TEMBOK	8	8035.814	9.0805	4498.536	11.6001
		20	8219.564	8.9323	4457.19	11.6402
		30	8356.082	8.9107	4382.501	11.7136
		50	8631.278	8.7705	4507.054	11.5919

Dari Tabel di atas dapat dilihat bahwa dengan memberikan *noise* kedalam sistem, dimana *noise* dengan SNR semakin besar maka kualitas performansi sistem akan lebih baik dibandingkan *noise* dengan SNR yang lebih kecil. Hal ini dapat dilihat dari besar MSE dan PSNR yang dihasilkan dari tiap SNR.

Bila dituangkan dalam grafik, maka didapat hubungan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 11. Grafik SNR terhadap PSNR metode XOR dengan *noise*

4.2. Hasil Uji

4.2.1 Metode Faktor Skala

Dengan metode faktor skala, frame-frame yang sudah terpilih secara random atau acak berdasarkan presentase frame yg di inginkan, untuk kemudaian nilai-nilai frame pada citra/logo sisipan akan dinormalisasikan terlebih dahulu dengan cara melakukan operasi perkalian antara nilai-nilai frame tersebut dengan faktor skala, dalam kasus ini digunakan 0.1. Setelah dikalikan, frame-frame tersebut kemudian disisipkan dengan citra/logo *digital grayscale* dengan cara menjumlahkannya dengan nilai-nilai frame pada *subband* hasil DWT dan di ekstraksi kembali. Untuk kemudian akan diukur secara objektif dengan nilai MSE dan PSNR. Besar MSE dan PSNR untuk tiap video dengan persentasi frame acak tertentu tanpa *noise* dengan factor skala = 0,1 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. MSE dan PSNR tanpa *noise* dengan metode Faktor Skala = 0.1

NO	Video	% Frame Sisipan	Embedding		Ekstraksi	
			MSE	PSNR	MSE	PSNR
1	BOLA	8	4.2454	41.8516	385.2009	22.2739
		20	10.6108	37.8733	611.8157	20.2646
		30	19.8359	36.1344	613.357	20.2537
		50	20.4437	33.9076	613.3725	20.2536
		100	53.0499	30.884	611.2363	20.2687
2	MOTOR	8	4.0233	42.085	512.0117	21.038
		20	10.3748	37.971	497.3891	21.1638
		30	15.6831	36.1765	476.4272	21.3508
		50	26.271	33.936	510.6221	21.0498
		100	52.7499	30.9086	476.4272	21.3508
3	TEMBOK	8	4.0009	42.1092	385.167	22.2746
		20	10.425	37.9594	385.1702	22.2743
		30	15.737	36.1616	385.1747	22.2742
		50	26.4062	33.9137	385.1768	22.2742

Nilai PSNR yang tinggi akan menghasilkan kualitas performansi sistem yaitu video watermark dan hasil citra/logo sisipan yang di ekstraksi akan semakin baik. Dari tabel di atas juga dapat disimpulkan bahwa banyaknya data yang disisipkan atau *capacity* dapat mempengaruhi kualitas video *watermarking (fidelity)*. Dalam hal ini video BOLA.mpg mempunyai MSE tertinggi karena jumlah frame yang lebih banyak.

4.2.2 Uji Ketahanan Terhadap Noise Gaussian

Sama seperti metode XOR di atas, pada metode faktor skala juga dilakukan uji coba dengan pemberian *noise* dalam hal ini *Noise Gaussian*. *Noise Gaussian* diberikan dalam 4 macam SNR yaitu 0dB, 15dB, 30dB, dan 45dB. Setelah pemberian *noise* maka video watermarking yang sudah terserang *noise* kemudian di ekstraksi untuk mendapatkan citra atau logo sisipan kembali. Besar MSE dan PSNR saat sistem diberi *noise* SNR = 0 dB dan 45 dB dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. MSE dan PSNR saat system diberi *noise* untuk FS=0,1 dan SNR = 0 dB

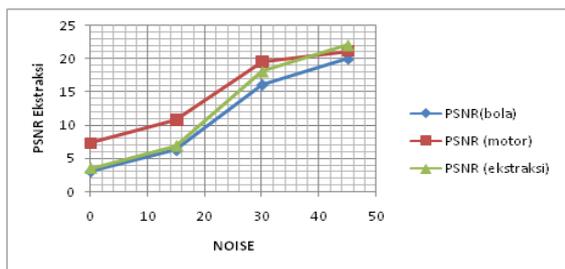
NO	Video	% Frame Sisipan	Embedding		Ekstraksi	
			MSE	PSNR	MSE	PSNR
1	BOLA	8	5156.665	11.0071	31407.09	3.1605
		20	5207.737	10.9685	31704.88	3.1195
		30	5241.586	10.9362	31957.24	3.0851
		50	5320.904	10.8709	31630.84	3.1297
		100	5513.892	10.7162	31968.09	3.0836
2	MOTOR	8	41494.05	11.9513	12035.53	7.3262
		20	4193.164	11.9054	11934.49	7.3628
		30	4236.711	11.8605	12009.58	7.3355
		50	4314.61	11.7814	11987	7.3437
		100	4515.172	11.5841	11853.52	7.3923
3	TEMBOK	8	7963.428	9.1198	28524.23	3.5787
		20	7995.964	9.1021	28533.76	3.5752
		30	8020.388	9.0885	27686.84	3.7081
		50	8075.581	9.05907	27787	3.6924
		100	8204.044	8.99052	27686.16	3.7082

Dari di atas dapat dilihat bahwa dengan memberikan *noise* kedalam sistem, dimana SNR semakin besar maka kualitas performansi sistem yaitu video *watermark* dan hasil citra/logo sisipan yang di ekstraksi akan lebih baik dibandingkan *noise* dengan SNR yang lebih kecil. Hal ini dapat

dilihat dari besar MSE dan PSNR yang dihasilkan dari tiap SNR.

Dari tiap faktor skala yaitu 0,1, 0,05, dan 0,02 dapat dilihat juga bahwa saat proses *embedding* faktor skala yang lebih kecil (0,02) memiliki PSNR yang lebih besar daripada faktor skala yang lebih besar artinya FS=0,02 memiliki ketahanan yang lebih besar terhadap *noise*. Sedangkan saat proses ekstraksi, faktor skala yang lebih besar yang memiliki PSNR yang lebih baik.

Bila dituangkan dalam grafik, maka didapat hubungan seperti gambar di bawah.



Gambar 12. Grafik SNR terhadap PSNR dengan *noise* dan *factor* skala 0,1

4.2.3. Pengaruh ukuran dan Jumlah Frame Video Terhadap Invisibility dan Robustness

Dalam penelitian ini digunakan video dengan ukuran dimensi yang sama namun memiliki jumlah frame yang berbeda untuk tiap video. Video BOLA.mpg memiliki jumlah frame sebanyak 325 frame, video MOTOR.mpg memiliki jumlah 249 frame dan video TEMBOK.mpg memiliki jumlah 199 frame. Semakin besar ukuran dan jumlah frame satu video maka akan menghasilkan nilai MSE yang semakin kecil dan PSNR semakin besar namun tidak mempengaruhi invisibility. Hal ini dapat menghasilkan citra atau logo sisipan yang diekstraksi semakin bersifat *robustness*(tahan terhadap *noise*).

4.2.4 Analisa Subyektif Citra Hasil Watermarking(MOS).

Setelah dihitung rata-rata dari tiap video diperoleh hasil seperti tabel di bawah ini.

Tabel 6 : Hasil Penilaian Subyektif (MOS)

Video	Metode Embedding																			
	Metode Factor Skala												Metode XOR							
	Dengan Noise						Tanpa Noise						Dengan Noise			Tanpa Noise				
	FS=0,02			FS=0,05			FS=0,1			FS=0,02			FS=0,05			FS=0,1				
bola	1	1	1	2,6	1	1	1	3	1	1	2,9	4,2	3,6	3,6	4,1	1,5	2	3	3	3,6
motor	1	1	1	2,7	1	1	1	3	1	1	2,7	4,4	3,5	3,67	4,4	1,7	1,5	3,4	3,4	3,467
tembok	1	1	1	2,8	1	1	1	3	1	1	2,6	4,2	3,6	3,6	4,4	1,9	3,7	2,3	3,4	3,7

Berdasarkan hasil tabel di atas, dapat dilihat bahwa pada kondisi dengan *noise* pada metode factor skala semakin besar factor skala dan SNR maka kualitas

citra semakin baik yaitu dengan nilai rata-rata 4,266. Hasil ini tergolong memiliki kualitas *Perceptible but annoying. (fine)*. Untuk kondisi tanpa *noise* dapat dilihat bahwa semakin besar factor skala maka semakin bagus pula kualitas citra hasil ekstraksi yaitu dengan nilai rata-rata 4,3. Hasil ini tergolong memiliki kualitas *Perceptible but annoying. (fine)*.

Untuk metode XOR, dapat dilihat bahwa pada kondisi dengan *noise* semakin besar SNR maka semakin bagus kualitas citra hasil watermarking yaitu dengan nilai rata-rata 3,26. Hasil ini tergolong memiliki kualitas *slightly annoying*. Untuk kondisi tanpa *noise* dapat dilihat bahwa tergolong memiliki kualitas *slightly annoying* dengan nilai rata-rata 3,5.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pada keadaan tanpa *noise*, metode XOR memberikan hasil dimana besar MSE hasil ekstraksi tiap video semakin besar untuk tiap kenaikan % frame sisipan yang menandakan semakin baik kualitas performansi system yang dihasilkan.
2. Pada keadaan dengan *noise*, metode factor skala memberikan hasil dimana SNR semakin besar maka kualitas performansi sistem akan lebih baik dibandingkan SNR yang lebih kecil.
3. Saat proses *embedding* faktor skala 0,02 memiliki PSNR yang lebih besar daripada faktor skala 0,1 dan 0,05 artinya system dengan factor skala 0,02 memiliki ketahanan yang lebih besar terhadap *noise*.
4. Saat proses ekstraksi, faktor skala 0,1 memiliki PSNR yang lebih baik dibandingkan factor skala yang lebih kecil yaitu 0,02 dan 0,05.
5. Banyaknya data yang disisipkan atau *capacity* dapat mempengaruhi kualitas video *watermarking (fidelity)*.
6. Pada metode factor skala kualitas citra hasil watermarking tergolong *Perceptible but annoying (fine)*, dengan nilai rata-rata 4,266 dan untuk kondisi tanpa *noise*, semakin besar factor skala maka semakin bagus pula kualitas citra hasil ekstraksi dengan nilai rata-rata 4,3.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan format video lainnya atau format mpeg terbaru yakni mpeg4.

2. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan video, audio atau teks sebagai data yang disisipkan.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan transformasi atau metode lainnya.
4. Penelitian kearah metode *blind-watermarking*,

PUSTAKA

- Wan Mohamed, Wan Fahimi. 2005. *Schene Change Detection Method For MPEG*. Malaysia, Universiti Teknologi Malaysia.
- Gonzalez Rafael C, Woods Richard E. 1987. *Digital Image Processing Second Edition*, Prentice-Hall, Inc.
- H. Supangkat, Suhono. 2000. *Watermarking sebagai Teknik Penyembunyian Label Hak Cipta pada Data Digital*. Bandung, Institut Teknologi Bandung.
- Semarajana, Gede. 2007. *Analisis Dan Simulasi Blind watermarking dengan Transformasi Wavelet pada citra digital*. Bandung, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.
- Joachim J.Eggers, Jonathan K.Su. 2000. *Robustness Of A Blind Image Watermarking Scheme*. Nuremberg, Telecommunications Laboratory University of Erlangen.
- Matlab. 2001. *Wavelet Toolbox*, The MathWorks, Inc.
- Munir, Rinaldi. 2004. *Steganography dan Watermarking*. Bandung, Institut Teknologi Bandung.
- Polikar, Roby. 1996. *The Wavelet Tutorial*, Iowa State University, Ames, USA
www.wavelets.com
- Rizky, Arina. 2008. *Implementasi dan Analisis Steganografi Berbasis wavelet*. Bandung, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.