

# **DIGITAL IMAGE WATERMARKING (DIW) YANG TAHAN TERHADAP TRANSFORMASI GEOMETRIS**

*Digital Image watermarking (DIW) Robust to Geometric  
Transformations*

**Yoiceta Vanda<sup>1</sup>, Adhi Susanto<sup>2</sup>, Litasari<sup>2</sup>**

Program Studi Teknik Elektro  
Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada

## **ABSTRACT**

Digital images can be easily copied and distributed illegally using widely available software tools. Watermarking methods that embed side information into images with the aim of protecting copyright have been proposed. So far, these methods have been defeated by simple attacks such as rotation, translation, and scaling.

In this thesis, a novel digital image watermarking system that takes advantage of the Wavelet Transform properties to embed a spread spectrum circular symmetric watermark in an image is proposed. Watermark robustness against translation, rotation, and scaling attacks is achieved by the proposed method. Successful experiments showed the performance of the method to geometric.

*Key words: watermarking, mark, wavelet, spread spectrum circular symmetric*

---

<sup>1</sup> Jalan Flores No.1 Procot, Slawi, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah

<sup>2</sup> Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

## PENGANTAR

Akibat perkembangan internet yang begitu pesat, memungkinkan orang untuk mengakses semua jenis informasi dengan bebas tanpa ada batasan, apalagi untuk data yang berbentuk digital, seperti citra, video, dan MP3 mudah sekali untuk digandakan, dan disebarluaskan sesuai dengan keinginan. Kadang-kadang hal itu memudahkan untuk mendapatkan sebuah data untuk kepentingan tertentu, tetapi lain halnya jika digunakan untuk hal negatif.

Dalam bentuk digital, penyebaran karena pengkopian sangat sulit dihentikan atau dibawa ke pengadilan, karena hasil kopian itu sama persis dengan yang asli. Untuk itu diperlukan teknik tertentu untuk menjaga hak cipta sebagai *'intellectual property'* pada keaslian atau keotentikan berkas data dan penyebaran secara ilegal dapat dilacak.

Untuk mengatasi masalah itu, diperlukan suatu teknik lainnya agar data dapat dilacak asal - usulnya, yang dikenal dengan teknik pengamanan *Watermarking*. Tujuan teknik *watermarking* adalah untuk proteksi *copyright* dengan menambahkan *'mark'*, yang umumnya berguna untuk mengidentifikasi pemilik yang sah. *Mark* dapat berupa nomor register (seperti UPC: *Universal Producer Number*) yang dijumpai dalam CD, pesan teks, atau gambar berupa logo, sedangkan data yang hendak diberi *watermark* umumnya berupa citra.

Ide pokok *Digital Image Watermarking* (DIW) adalah untuk menggabungkan sinyal tertentu ke dalam citra induk dan sinyal itu tidak dapat dilihat dan aman. Untuk mendapatkan kembali sinyal itu dimungkinkan jika dan hanya jika kunci rahasia yang digunakan dalam proses penyisipan diketahui. Secara analogi sama seperti *watermark* kertas yang digunakan dalam uang kertas dan *Digital Image Watermarking* terinspirasi oleh hal itu, dalam aplikasinya untuk melindungi citra digital.

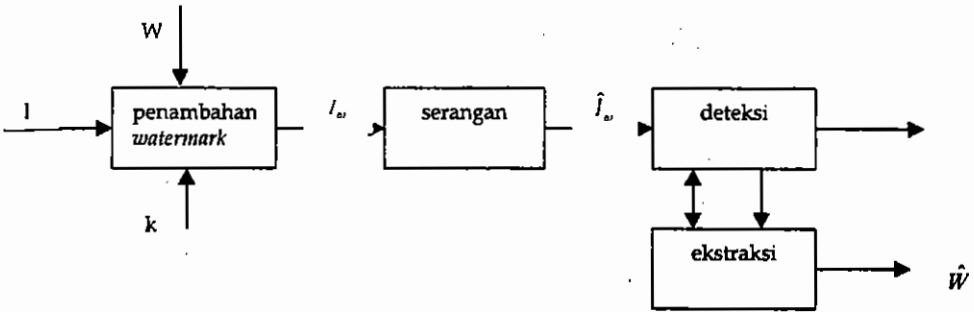
Dengan tujuan agar bermanfaat dan efektif, sistem *watermarking* haruslah mempunyai sifat sebagai berikut.

a. *Invisible* (tidak terlihat), tidak dapat diamati dengan indera manusia atau tidak harus mengubah karakteristik citra asli.

b. *Robust* (ketahanan), *watermark* harus lebih sulit dihilangkan walaupun dengan operasi sinyal yang paling sederhana (seperti filter median dan filter adaptif) dan distorsi geometris (seperti rotasi, pemotongan, dan penskalaan).

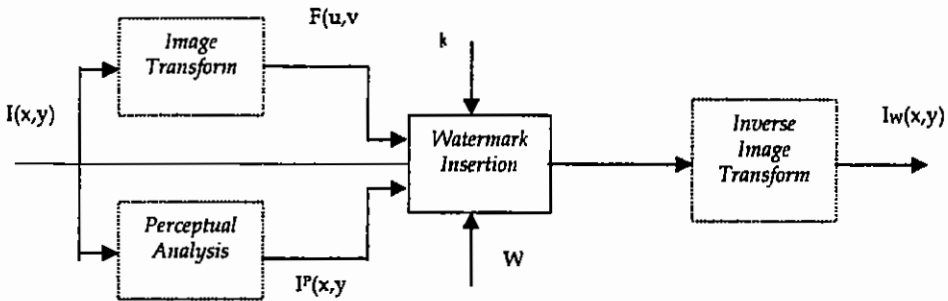
c. *Unambiguos*, dapat mengidentifikasi pemilik.

$W$  sebagai *watermark* yang disisipkan dalam  $I$  menggunakan kunci khusus  $k$  dan  $I_w$  sebagai citra *watermarked* yang mengandung *watermark*. Citra *watermarked* setelah mendapatkan serangan dilambangkan dengan  $\hat{I}_w$  merupakan tujuan proses ekstraksi dengan menambahkan *watermark* dalam  $W$  dari  $I_w$  atau  $\hat{I}_w$ . Hal ini mungkin dilakukan dengan tujuan ada atau tidaknya *watermark* dalam menganalisis citra. Hal ini dilakukan dalam proses deteksi.



Gambar 1. Model Sistem Watermarking secara umum

Proses penyisipan *watermarking* ditunjukkan dalam gambar 2. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa *watermark* dapat disisipkan melalui domain spasial atau domain frekuensi sebuah citra. Kecuali itu, juga dapat disisipkan *watermark* dalam komponen yang signifikan dari citra untuk menambahkan kekuatan pada *watermark*.



Gambar 2. Proses Penyisipan Watermark

Gambar di atas menunjukkan garis tidak putus - putus yang menyatakan proses penyisipan *watermark*. Garis putus - putus menunjukkan operasi pilihan, yaitu model - model secara umum yang dapat disisipi *watermark*, baik dalam domain frekuensi maupun

domain spatial. Analisis perceptual dipilih, dan metode yang digunakan untuk penyisipan *watermark* biasanya mudah, dan penelitian dilakukan untuk menutupi kekurangan dari penglihatan manusia.

*Wavelet* merupakan gelombang mini (*small wave*) yang mempunyai kemampuan mengelompokkan energi citra terkonsentrasi pada sekelompok kecil koefisien, sedangkan kelompok koefisien lainnya hanya mengandung sedikit energi yang dapat dihilangkan tanpa mengurangi nilai informasinya.

*Wavelet* yang asli disebut sebagai induk *wavelet*

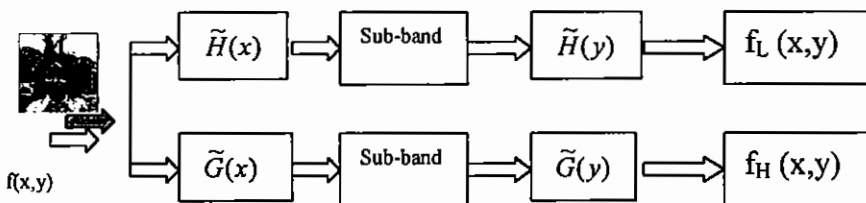
$$\Psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi \left( \frac{x-b}{a} \right) \quad (1)$$

dengan  $a$  = parameter dilasi

$b$  = parameter translasi

$\frac{1}{\sqrt{a}}$  = normalisasi energi yang sama dengan energi induk

*Wavelet* induk **di-dilasi** (*diskalakan*) dan **ditranslasikan** (*digeser*), melalui pemisahan menurut frekuensi menjadi sub-sub bagian. Untuk mendapatkan sinyal kembali dilakukan rekontruksi *wavelet*, misalnya suatu citra dibagi menjadi komponen frekuensi rendah dan fekwensi tinggi, dengan menggunakan filter *Daubeccies*.

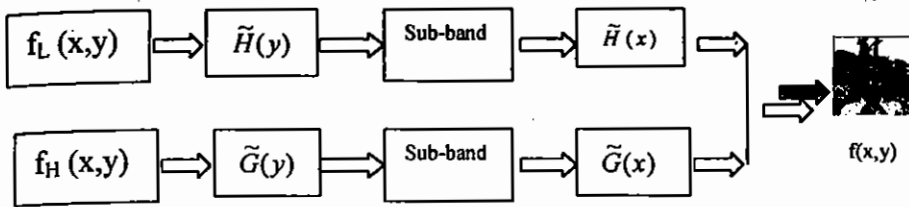


Gambar 3. Blok Diagram pemecahan frekuensi

Untuk  $G$  . $G$  = filter tapis bawah (low)

$H$ ,  $H$  = filter tapis atas (high)

Sub-band = desimilasi dan interpolasi



Gambar 4. Blok diagram rekonstruksi frekuensi

Serangan atau gangguan dalam teknik *watermarking* adalah segala upaya yang dilakukan untuk menghilangkan data *mark*. Setelah data *mark* dapat dihilangkan, selanjutnya dapat dikopi citra itu dan didistribusikan. Serangan umum dalam teknik *watermarking* berupa transformasi geometris (penskalaan, rotasi, pemotongan, dan kompresi).

Penskalaan sumbu dalam kawasan spatial menyebabkan kebalikan penskalaan dalam kawasan *wavelet*, yaitu untuk dua skalar  $a$  dan  $b$ , dinyatakan sebagai berikut:

$$I(ax, by) \leftrightarrow \frac{1}{|ab|} F\left(\frac{u}{a}, \frac{v}{b}\right) \quad (2)$$

Dalam Matlab untuk penskalaan, digunakan fungsi *imresize* untuk mengubah ukuran citra dengan metode interpolasi.

Bila pasangan SWT dan ISWT dipresentasikan dalam koordinat polar [Licks, 1999] diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} x &= r \cos \theta, y = r \sin \theta \\ u &= w \cos \phi, v = w \sin \phi \end{aligned} \quad (3)$$

karena itu, bentuk notasi  $I(x, y)$  dan  $F(u, v)$  menjadi  $I(r, \theta)$  dan  $F(w, \phi)$ . Rotasi citra dengan sudut  $\theta_0$  menyebabkan *watermarking* berotasi dengan sudut sama, yaitu:

$$I(r, \theta + \theta_0) \leftrightarrow F(w, \phi + \theta_0) \quad (4)$$

Matlab menggunakan fungsi *imrotate* untuk memutar citra dengan metode *nearest neighbor interpolation*.

Bila  $F(u, v)$  dan  $I(x, y)$  merupakan fungsi periodis dengan periode  $N$ , maka terdapat relasi sebagai berikut:

$$F(u, v) = F(u+N, v+N) \quad (5.a)$$

$$I(x, y) = I(x+N, y+N) \quad (5.b)$$

Lebih lanjut dalam kesimetrisan konjugasi, diperlihatkan bahwa  $|F(u,v)| = |F(-u,-v)|$ , sehingga untuk pemotongan berlaku hubungan:

$$I(x-N, y-N) \leftrightarrow F(u-N, v-N) \quad (6)$$

Matlab menggunakan fungsi *imcrop* untuk mengekstraksi bagian kotak suatu citra. Penentuan kotak dilakukan lewat masukan *input* atau memilih dengan *mouse*.

Kompresi dalam citra JPEG dilakukan dengan cara membagi citra ke dalam blok-blok dengan luas 8x8 atau 16x16. Selanjutnya, DCT (*discrete cosine transform*) dua-dimensi dipakai untuk menghitung setiap blok. Koefisien DCT yang dihasilkan, selanjutnya dikuantisasi, dikode, dan ditransmisikan. Di JPEG, *receiver* atau *file JPEG reader*, yang mengkode koefisien kuantisasi DCT, menghitung *invers* DCT tiap-tiap blok, dan meletakkan blok-blok untuk membentuk citra baru. Untuk citra yang bernilai mendekati nol, nilainya dapat dihilangkan.

Dari kenyataan itu, kompresi dapat dianalogikan dengan proses penskalaan. Untuk alihragam *wavelet*, berlaku hubungan:

$$I(a_m x_i, b_n y_j) \leftrightarrow \frac{1}{|a_m b_n|} F\left(\frac{u_i}{a_m}, \frac{v_j}{b_n}\right) \quad (7)$$

## CARA PENELITIAN

Bahan penelitian yang digunakan adalah citra asli: *kiddy2.jpeg*, *ary71.jpeg*, *kid3.jpeg*, *kidir2.jpeg*, *kidin3.jpeg*, *kidjem2.jpeg*. Citra - citra itu diperoleh dari hasil pengambilan dengan kamera digital, yang kemudian dipotong - potong menjadi 256 x 256 piksel.

Alat penelitian yang digunakan adalah perangkat keras komputer dengan spesifikasi *Processor Intel Celeron 233 MHz*, *RAM 128 MB*, *Hardisk 40 GB*, dan *adapter VGA* dengan resolusi warna 24-bit. Perangkat lunak yang dipakai adalah *Matlab 6.5* dan *Adobe Photoshop 6.0*.

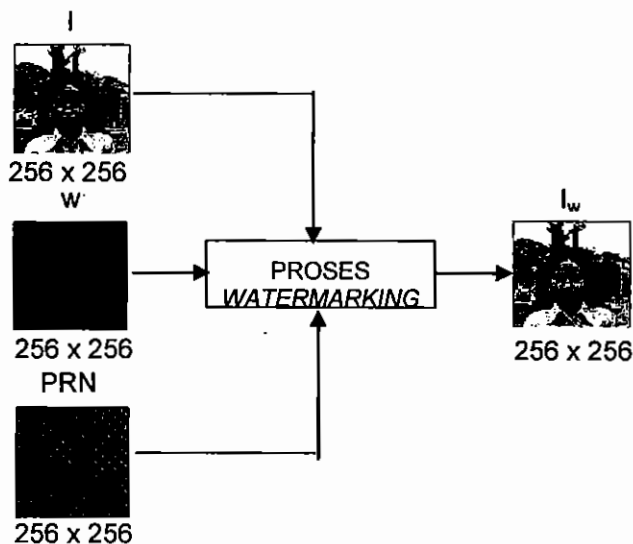
Terhadap citra hasil proses *watermarking* akan diterapkan penilaian kuantitatif dan penilaian secara kualitatif (subyektif). Penilaian secara kuantitatif berdasar statistika citra, dan penilaian kualitatif didasarkan pada persepsi mata manusia atas citra. Kedua hasil penilaian akan didampingkan dengan metoda komparatif.

Beberapa citra yang dihasilkan dari proses *editing Adobe Photoshop* diubah nilai *map*-nya dari citra warna ke citra *grayscale*, dengan program *Matlab* dengan memberikan nilai RGB sebagai berikut:  $R(\text{red})=0,2290$ ,  $G(\text{green})=0,5870$ , dan  $B(\text{blue})=0,1140$ .

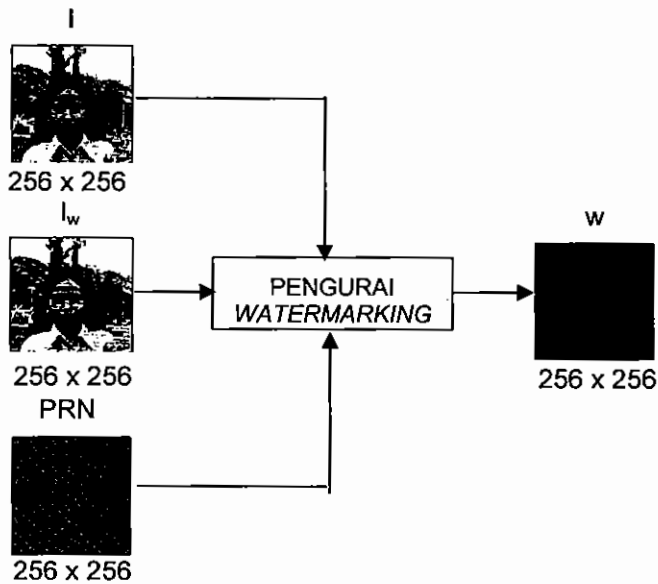
Citra *grayscale* dalam *Matlab* dengan bentuk nilai matriks. Citra dengan ukuran  $256 \times 256$  piksel adalah bentuk matrik dengan ukuran 256 baris  $\times$  256 kolom. Data teks berupa kumpulan huruf karakter dari a hingga z, 0 - 9, dan beberapa bentuk tanda baca yang umum digunakan serta spasi. Karakter yang dipilih selanjutnya diubah dalam untaian huruf biner 0 dan 1, dengan pengkodean satu karakter digantikan oleh 6 bit.

Citra asli diurai dengan *wavelet transform* yang menghasilkan nilai aproksimasi dan 3 detail (vertikal, horisontal, dan diagonal). Selanjutnya, dalam *wavelet transform* ini disisipkan data *mark* dan data pengaman. Inilah sesungguhnya yang dinamakan proses *watermarking*, seperti yang terlihat pada Gambar 5(a).

Setelah bergabung menjadi satu, kemudian disimpan untuk dijadikan sebagai hasil akhir *watermarking*, lalu dihitung nilai korelasi antara citra asli dengan citra *watermarking*. Bila perubahan yang terjadi tidak begitu kelihatan pada penampilannya, maka dikatakan proses *watermarking* berhasil dilakukan. Setelah penggabungan ini berhasil dilakukan, selanjutnya dilakukan proses kebalikan dengan mengurai kembali gambar yang disisipkan dalam citra *watermarking* untuk memperoleh kembali data *mark* yang disisipkan, yang terlihat pada Gambar 5(b).



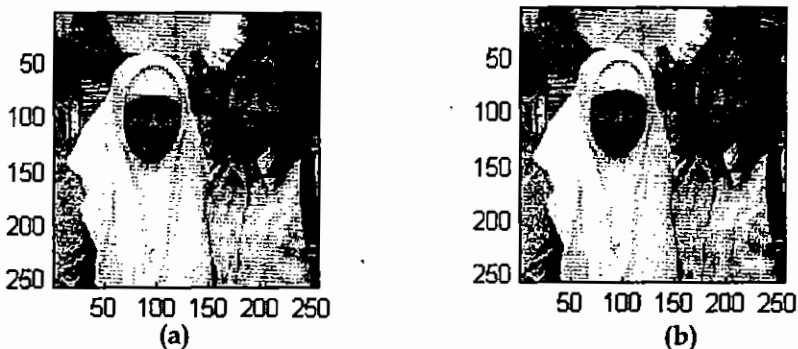
Gambar 5(a). Proses *Watermarking*



Gambar 5(b). Pengurai Watermarking

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menentukan bentuk data *mark* yang akan dibuat, maka kita harus menentukan nilai  $R$ , yaitu nilai *radian* yang harus dicari agar data *mark* sesuai dengan yang diinginkan. Kemudian, dicari nilai konstanta penguat (*Alpha*), yang digunakan untuk memperbaiki bentuk tampilan data *mark*, dan jumlah maksimal karakter yang dapat dituliskan. Dari beberapa percobaan yang dilakukan, diperoleh nilai  $R$  yang tepat ada disekitar nilai 100, nilai *alpha* yang tepat yaitu 12000, dan jumlah karakter yang dapat dituliskan adalah 32. Kemudian, data *mark* yang sudah dibuat disisipkan ke dalam citra asli.



Gambar 6. (a) Citra asli, (b) Citra Watermarking



**Tabel 1. Nilai Korelasi citra asli dengan citra watermarking dalam menentukan derajat dekomposisi SWT**

Dekomp.	Rekons.	Corr W	Corr M	SNR W	PSNR W	SNR M	PSNR M
1	1	0,9418	0,7324	8,8493	57,0141	-3,2011	44,5698
7	7	0,9982	0,9766	25,6346	73,1458	-3,1256	44,5689
9	9	0,9989	0,9751	27,8085	75,1236	-3,1478	44,4561
11	11	0,9992	0,9737	29,2356	77,1235	-3,5698	44,9652
13	13	0,9994	0,9701	30,2589	79,1041	-3,1234	45,1236
19	19	0,9998	0,9632	67,0258	82,0145	-3,1258	44,9400
20	20	0,9998	0,9588	34,1236	82,0148	-3,4569	45,6321
21	21	0,9998	0,9581	34,0189	83,1258	-3,1245	44,7890
23	23	0,9998	0,9853	36,1258	84,1270	-3,2258	44,1258
24	24	0,9998	0,9507	36,9986	84,6952	-3,1698	44,7769
26	26	0,9999	0,9497	37,5556	86,2356	-3,1478	44,9631

Serangan yang dilakukan dalam teknik *watermarking* adalah serangan terhadap transformasi geometris (penskalaan, rotasi, dan pemotongan), dan proses pemfilteran.

### 1. Penskalaan

**Tabel 2. Nilai korelasi, SNR, dan PSNR dalam Proses Penskalaan**

skala	corr W	corr M	SNR W	PSNR W	SNR M	PSNR M
300	0,9999	0,9393	12,105	61,647	2,921	52,468
400	0,9999	0,9378	12,101	64,123	2,889	54,930
500	0,9999	0,9387	12,102	66,081	2,886	56,864
600	0,9999	0,9393	12,103	67,664	2,891	58,453
700	0,9999	0,9384	12,104	69,006	2,913	59,815
800	0,9999	0,9389	12,102	70,154	2,892	60,954
900	0,9999	0,9383	12,103	71,187	2,901	61,986
1000	0,9999	0,9387	12,103	72,103	2,903	62,903

## 2. Rotasi

Tabel 3. Nilai korelasi, SNR, PSNR dalam proses rotasi

Rotasi	Corr W	Corr M	SNR W	PSNR W	SNR M	PSNR M
30	0,9999	0,9642	12,3694	60,1235	14,4561	64,1235
60	0,9999	0,9671	13,1124	61,0012	16,1235	64,1478
100	0,9999	0,9519	12,3691	61,5632	12,1235	60,1235
131	0,9999	0,9707	12,8914	60,1234	14,1256	63,1248
180	0,9999	0,9571	12,2825	61,1235	5,6231	53,1258
-30	0,9999	0,9562	12,1145	60,3537	1,9987	52,1369
-45	0,9999	0,9844	12,1145	60,4796	2,1235	53,1258
-90	0,9999	0,9236	12,3698	60,5055	2,4587	53,1245
-125	0,9999	0,9841	12,0045	60,1235	4,1256	54,1289
-180	0,9999	0,9635	12,3407	60,5689	5,2389	56,4569
-200	0,9999	0,8958	13,0124	60,1458	7,0148	60,1258

## 3. Pemotongan

Tabel 4. Nilai korelasi, SNR, dan PSNR dalam Proses Pemotongan

crop	Corr W	Corr D	SNR W	PSNR W	SNR D	PSNR D
256	0,9996	0,9396	12,097	66,076	0,066	53,913
200	0,9996	0,9301	12,387	64,428	8,729	60,770
100	0,9997	0,9036	12,421	61,963	9,928	59,525
90	0,9992	0,9083	12,211	60,384	3,392	51,557
50	0,9996	0,9092	12,393	58,414	9,219	55,240
10	0,9999	0,3677	12,386	52,381	9,095	49,095

## 4. Filter Median

Tabel 5. nilai korelasi, SNR dan PSNR dalam proses filter median

Blok	Corr W	Corr M	SNR W	PSNR W	SNR M	PSNR M
1	0,9999	0,8945	12,3933	60,5578	8,8945	57,1489
3	0,9979	0,2220	11,8752	59,9447	7,8945	43,2677
5	0,9940	0,0925	11,1202	59,3058	6,5623	45,0302
11	0,9712	0,0071	9,4056	57,4712	5,1561	39,4458
15	0,9461	0,0092	3,5610	51,7952	4,9981	26,5689
25	0,8875	0,0707	1,8214	49,9654	3,2568	23,0568

## 5. Filter adaptif

Tabel 6. Nilai korelasi, SNR dan PSNR dalam proses filter Adaptif

Blok	Corr W	Corr M	SNR W	PSNR W	SNR M	PSNR M
2	0,9986	0,2440	12,3880	60,6235	7,1236	55,1235
4	0,9990	0,2256	12,1335	60,2458	5,8654	53,658
5	0,9979	0,1546	11,2356	60,9874	5,7952	48,1235
10	0,9914	0,0982	11,1921	59,9981	3,1246	44,6698
14	0,9824	0,0089	10,5622	58,1236	2,0014	42,3654
25	0,9655	0,0436	7,9988	56,9812	1,1254	35,6984
50	0,8897	0,0999	4,5568	52,3654	0,2135	27,4562

## 6. Komprsei JPEG

Tabel 7. Nilai korelasi, SNR, dan PSNR dalam proses kompresi.

Komp.	Corr W	Corr M	SNR W	PSNR W	SNR M	PSNR M
100	0,9999	0,8294	12,1046	60,5166	7,9921	56,2468
90	0,9998	0,5925	12,1295	60,5301	7,5889	55,1930
80	0,9998	0,3645	12,1436	60,5706	6,2886	54,8864
70	0,9997	0,2356	12,0972	60,4076	5,7891	53,4453
60	0,9996	0,2071	12,3873	60,5428	4,3913	53,6815
50	0,9996	0,2256	12,4214	60,4963	4,4892	52,2954
40	0,9997	0,2356	12,2117	60,3384	3,1901	51,8986
30	0,9992	0,1745	12,3932	60,3414	2,1903	51,5903

## KESIMPULAN

1. *Digital Image Watermarking* (DIW) dengan memanfaatkan keuntungan transformasi *wavelet*, menghasilkan suatu teknik *watermarking* yang paling baik dengan nilai korelasi mendekati 1 (0.9999), pada saat nilai dekomposisi 26 menggunakan SWT2 (*Stationary Wavelet Transform 2*).

2. Proses penskalaan, menyebabkan penurunan kualitas citra *watermarking* saat citra diubah ke bentuk yang lebih besar, juga saat citra diubah ke bentuk yang lebih kecil, meskipun penurunan kualitas tidak begitu signifikan. Jadi bisa dianggap teknik *watermarking* dalam transformasi *wavelet* ini, tahan terhadap serangan penskalaan.

3. Secara umum proses rotasi tidak menyebabkan perubahan kualitas citra *watermarking*, tetapi terjadi perubahan kualitas pada *watermark* dengan batas sudut 180°. Jadi dapat dikatakan bahwa teknik

*watermarking* dalam transformasi *wavelet* ini, tahan terhadap serangan rotasi.

4. Dalam proses pemotongan terjadi penurunan kualitas citra *watermarking*, yaitu data *mark* yang disisipkan terpotong dan hasil ekstraksi *mark* hanya ada beberapa karakter saja, tergantung pada besar pemotongan. Hal ini bisa diatasi dengan cara menyisipkan *watermark* yang jumlah karakternya sedikit. Bisa dikatakan bahwa teknik *watermarking* yang dibuat dalam kawasan *wavelet* ini, tahan terhadap serangan pemotongan.

5. Citra *watermarking* yang mengalami proses filter median, mengalami penurunan kualitas saat menggunakan blok [5 5] dan seterusnya, seiring dengan meningkatnya besar blok. *Watermark* yang disisipkan semakin hilang karakternya satu per satu. Hal ini dapat diatasi dengan memberikan panjang karakter tidak lebih dari 13 karakter.

6. Untuk filter Adaptif, dengan besar blok [2 2], citra *watermarking* memiliki bentuk yang sama dengan citra asli, sehingga dapat dikatakan bahwa penyembunyian *watermark* dalam kawasan *wavelet* tahan terhadap serangan filter adaptif, tetapi citra hasil *watermarking* mempunyai kualitas yang semakin menurun dengan meningkatnya besar blok yang digunakan. Tetapi, *watermark* yang disisipkan tidak terpengaruh oleh peningkatan besar blok.

7. Proses kompresi menyebabkan penurunan kualitas *watermark*, tetapi untuk kualitas citra *watermarking*, tidak begitu terlihat hingga nilai *quality* 10. Bisa dikatakan teknik *watermarking* yang dibuat dalam kawasan *wavelet* ini, tahan terhadap serangan kompresi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Licks, Vinicius, 1999, *On Digital watermarking robust to geometric transformations* thesis, B.S., Control Engineering, Pontificia Universidade Catolico, Brasil.