

WATERMARKING PADA CITRA DIGITAL DENGAN MENGUNAKAN METODE DCT - SVD

Jurnal Ilmiah
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Program Studi Teknik Informatika



Oleh :
Fujianti Astuti
F1D 013 032

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2018

INTISARI

Watermarking adalah teknik menyembunyikan informasi pada media digital tertentu, seperti gambar, suara, atau video. Dalam penelitian ini, penyisipan *watermark* menggunakan metode DCT dan SVD. Proses penyisipan *watermark* menggunakan algoritma yang diusulkan oleh Ruizhen Liu dan Tieniu Tan, citra *watermark* disisipkan pada matriks singular citra *host* yang didapatkan dari proses dekomposisi menggunakan metode SVD. Kriteria yang digunakan untuk menguji hasil *watermarking* adalah *Fidelity*, *Recoverable*, *Robustness* dan *Imperceptibility*. Metode yang paling baik adalah metode Non DCT-SVD dengan nilai alfa 0,1. Hasil MSE dan PSNR yang didapatkan adalah 2,52 dB dan 40,10 dB pada citra uji *flower1.JPG*, 0,56 dB dan 53 dB pada citra uji *flower2.JPG*, 2,68 dB dan 39,56 dB pada citra uji *flower3.JPG*.

Kata kunci: *Watermarking, Discrete Cosine Transform, Singular Value Decomposition.*

ABSTRACT

Watermarking is a technique of hiding information on a particular digital media, such as images, sound or video. In this research, the watermark insertion used the DCT and SVD method. The watermark insertion process used the Ruizhen Liu and Tieniu Tan algorithm, watermark image was inserted into a singular matrix of the host image which was obtained from the decomposition process using SVD. The watermarking criterias used to test the performance were fidelity, recoverable, robustness and imperceptibility. The best method is Non DCT-SVD with the alpha value of 0,1. The MSE and PSNR values obtained are 2,25 dB and 40,10 dB on the flower1.JPG testing data, 0,56 dB and 53 dB on the flower2.JPG testing data, 2,86 dB and 39,56 dB on the flower3.JPG testing data.

Keywords: *Watermarking, Discrete Cosine Transform, Singular Value Decomposition.*

Tugas Akhir

WATERMARKING PADA CITRA DIGITAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE DCT-SVD

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing

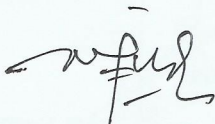
1. Pembimbing Utama



I Gede Pasek Suta Wijaya, S.T., M.T., D.Eng
NIP: 19731130 200003 1 001

Tanggal: 07 - 07 - 2018

2. Pembimbing Pendamping



Nadiyahari Agitha, S.Kom., M.MT
NIP: 19860813 201803 2 001

Tanggal: 07 - 07 - 2018

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Dr. Eng. Budi Irmawati, S.Kom., MT.
NIP: 19721019 199903 2 001

Tugas Akhir

**WATERMARKING PADA CITRA DIGITAL DENGAN MENGGUNAKAN
METODE DCT-SVD**

Oleh:

**Fujianti Astuti
F1D 013 032**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 3 Juli 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S – 1
Program Studi Teknik Informatika

Susunan Tim Penguji

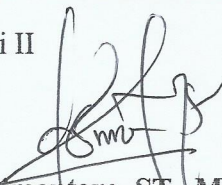
1. Penguji I



**Ir. Sri Endang Anjarwani, M.Kom.
NIP : 19660403 200604 2 001**

Tanggal: 09-07-2018

2. Penguji II



**Fitri Bimantoro, ST., M.Kom.
NIP : 19860622 201504 1 002**

Tanggal: 09-07-2018

3. Penguji III



**Dr. Eng. I Gde Putu Wirarama Wedashwara Wirawan, S.T., M.T
NIP: 19850707 201404 2 001**

Tanggal: 09-07-2018



Mataram, Juli 2018
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram
**Akmaluddin, S.T., M.Sc.,(Eng)., Ph.D.
NIP. 19681231 199412 1 001**

Watermarking pada Citra Digital dengan Menggunakan Metode DCT-SVD

(Watermarking on digital image using DCT-SVD Method)

Fujianti Astuti, I Gede Pasek Suta Wijaya, Nadiyahari Agitha

Dept Informatics Engineering, Mataram University

Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

Email: fujianti.astuti24@gmail.com, gpsutawijaya@te.ftunram.ac.id, nadiyahari.agitha@gmail.com

Abstract - *Watermarking is a technique of hiding information on a particular digital media, such as images, sound or video. In this research, the watermark insertion process used the Ruizhen Liu and Tieniu Tan algorithm, watermark image was inserted into a singular matrix of the host image which was obtained from the decomposition process using SVD. The watermarking criterias used to test the performance were fidelity, recoverable, robustness and imperceptibility. The best method is Non DCT-SVD with the alpha value of 0,1. The MSE and PSNR values obtained are 2,25 dB and 40,10 dB on the flower1.JPG testing data, 0,56 dB and 53 dB on the flower2.JPG testing data, 2,86 dB and 39,56 dB on the flower3.JPG testing data.*

Key words: *Watermarking, Discrete Cosine Transform, Singular Value Decomposition.*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi serta meluasnya penggunaan internet membuat proses penyebaran atau pertukaran informasi menjadi lebih mudah dan cepat. Informasi yang dapat diakses melalui internet berupa teks, citra, audio, maupun video. Kemudahan dalam mengakses informasi tersebut juga berdampak negatif bagi pemilik asli dari informasi atau data yang disebar. Data mudah duplikasi atau dipalsukan menyerupai data aslinya sehingga merugikan pemilik asli dari data tersebut. Hal tersebut menyebabkan beberapa masalah seperti masalah kepemilikan (*ownership*) dan keaslian data. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan *Digital Watermarking*, yaitu teknik untuk menyisipkan informasi tertentu ke dalam data digital untuk melindungi data digital dari duplikasi.

Penelitian yang dilakukan yaitu menyisipkan *watermark* pada citra digital menggunakan metode DCT (*Discrete Cosine Transform*) dan SVD (*Singular Value Decomposition*). Penyisipan *watermark* ke citra *host* menggunakan algoritma yang diusulkan oleh Ruizhen Liu dan Tieniu Tan, yaitu citra *watermark* akan disisipkan pada matriks *Singular* yang didapatkan dari dekomposisi citra *host* menggunakan metode SVD. Ada 3 cara yang

akan digunakan untuk menyisipkan citra *watermark* ke citra *host*, yaitu :

1. Citra *watermark* akan disisipkan ke citra *host* tanpa diberikan proses DCT (Non DCT - SVD).
2. Citra *watermark* diberikan proses DCT kemudian disisipkan ke citra *host* (DCT Non Blok - SVD).
3. Citra *watermark* dibagi menjadi blok-blok dengan ukuran 8x8 piksel. Setiap piksel akan diberikan proses DCT kemudian disisipkan ke citra *host* (DCT Blok 8x8 - SVD).

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian tentang teknik *watermarking* pada citra digital dengan metode yang sama ataupun dengan metode yang berbeda. Penyisipan *watermark* dilakukan dengan cara membagi citra *host* menjadi 8x8 blok piksel kemudian dilakukan proses DCT pada setiap blok. 16 koefisien pada setiap blok akan dipilih kemudian dibentuk matriks 4x4 dari koefisien tersebut. Metode SVD diimplementasikan pada matriks 4x4 yang telah dibentuk untuk mendapatkan matriks U, S dan V. Citra *watermark* yang akan disisipkan dibagi menjadi blok-blok dengan ukuran 4x4 piksel, setiap blok dari citra *watermark* disisipkan pada matriks S dan didekomposisikan lagi dengan metode SVD. *Invers* DCT dilakukan pada blok 8x8 dan koefisien yang sudah dimodifikasi digabungkan kembali untuk membentuk citra *ter-watermark* [1].

Citra *host* yang akan diberikan *watermark* dibagi menjadi blok-blok dengan ukuran 8x8 piksel kemudian dilakukan proses DCT pada setiap blok. Nilai DC pada setiap blok, yaitu nilai pada piksel (1,1) dari setiap blok akan dibentuk matriks baru dan proses SVD akan dilakukan pada matriks tersebut untuk mendapatkan matriks U, S dan V. Citra *watermark* ditempelkan pada nilai singular yang telah didapatkan kemudian dilakukan proses dekomposisi lagi dengan metode SVD. Nilai DC sebelumnya pada citra *host* akan diganti dengan nilai DC baru setelah *watermark* disisipkan. *Invers* DCT dilakukan pada setiap blok 8x8 untuk mendapatkan citra *ter-watermark* [2].

Citra *watermark* yang akan disisipkan didekomposisi terlebih dahulu dengan metode SVD untuk mendapatkan matriks singular. Citra *host* dibagi menjadi blok-blok

dengan ukuran 8x8 piksel. Blok yang sudah dibagi dipilih menggunakan metode *chaotic sequence* dan dilakukan proses DCT pada blok yang sudah dipilih. Nilai singular dari citra *watermark* disisipkan pada koefisien DCT dari blok yang sudah terpilih. *Invers* DCT dilakukan untuk mendapatkan citra ter-*watermark* [3].

A. Discrete Cosine Transform (DCT)

Discrete Cosine Transform (DCT) merupakan salah satu metode transformasi yang dapat digunakan untuk kompresi data citra yang mempunyai sifat *lossy*. Metode ini bekerja dengan memisahkan citra ke bagian frekuensi yang berbeda. Frekuensi yang kurang penting dibuang dan hanya frekuensi paling penting yang tetap digunakan. Persamaan DCT dan IDCT (*Invers Discrete Cosine Transform*) dapat dilihat pada persamaan (1) dan (2) [4].

$$DCT(i, j) = \frac{2}{\sqrt{MN}} C(i)C(j) \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} pixel(x, y) \cos \frac{(2x+1)i\pi}{2M} \cos \frac{(2y+1)j\pi}{2N} \quad (1)$$

$$pixel(x, y) = \frac{2}{\sqrt{MN}} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} C(i)C(j) DCT(i, j) \cos \frac{(2x+1)i\pi}{2M} \cos \frac{(2y+1)j\pi}{2N} \quad (2)$$

Keterangan :

1. $DCT(i, j)$ = nilai DCT pada indeks ke $-(i, j)$
2. M, N = ukuran matriks
3. $pixel(x, y)$ = nilai *pixel* pada indeks ke $-(x, y)$
4. $C(i), C(j) = 1$ jika $(i, j) > 0$
 $C(i), C(j) = \frac{1}{\sqrt{2}}$ jika $(i, j) = 0$

B. Singular Value Decomposition (SVD)

Singular Value Decomposition (SVD) adalah salah satu teknik dalam analisis numerik yang digunakan untuk mendiagonalkan matriks. *Singular value* dari suatu citra memiliki stabilitas yang baik, dimana ketika ada sedikit gangguan pada citra tersebut *singular value* tidak berubah secara signifikan. *Singular Value Decomposition* berkaitan erat dengan nilai singular dari sebuah matriks yang merupakan salah satu karakteristik matriks [5]. Algoritma dari *Singular Value Decomposition* adalah sebagai berikut:

1. Input : Matriks $A(m \times n)$
2. Output : Matriks $U(m \times m)$, $V(n \times n)$ dan $S(m \times n)$
3. Proses :
 - Step 1 : Dibentuk matriks bujur sangkar K_u ($m \times m$) dari AA^T .
 - Step 2 : Mencari *eigen value* dari matriks bujur sangkar K_u ($m \times m$), maka *singular value* dari matriks K_u yaitu $\sigma_i = \sqrt{\lambda_i}$.
 - Step 3 : Mencari *eigen vector* dari matriks bujur sangkar K_u yang bersesuaian dengan *eigen value*. Bentuk matriks U dan lakukan proses normalisasi.
 - Step 4 : Dibentuk matriks bujur sangkar K_v dari $A^T A$.
 - Step 5 : Mencari *eigen value* dari matriks bujur sangkar K_v ($n \times n$), maka *singular value* dari matriks K_v yaitu $\sigma_i = \sqrt{\lambda_i}$.
 - Step 6 : Mencari *eigen vector* dari matriks bujur sangkar K_v yang bersesuaian dengan *eigen*

value. Bentuk matriks V dan lakukan proses normalisasi.

- Step 7 : Bentuk matriks S dari *singular value* K_u atau K_v dengan ukuran ($m \times n$).
- Step 8 : Lakukan proses dekomposisi $UxSxV^T$ untuk membentuk matriks A .

C. Watermarking

Salah satu cara untuk melindungi hak cipta multimedia adalah dengan menyisipkan informasi ke dalam data multimedia tersebut dengan teknik *watermarking*. *Watermark* yang disisipkan menjadi sidik jari (*digital signature*) dari pemilik sah atas produk multimedia tersebut. Pemberian *watermark* dilakukan dengan cara tertentu sehingga informasi yang disisipkan tidak merusak data digital yang dilindungi, sehingga seseorang yang membuka produk multimedia tersebut tidak menyadari apabila pada produk multimedia tersebut mengandung label kepemilikan dari pemiliknya [6].

Berdasarkan proses ekstraksi *watermark*-nya, *watermark* dibagi menjadi dua macam yaitu *non blind watermarking* dan *blind watermarking*. Algoritma ekstraksi *watermark* yang memerlukan citra *host* asli disebut *non blind watermarking*, sebaliknya algoritma ekstraksi *watermark* yang tidak menggunakan citra *host* asli disebut *blind watermarking*. Selain untuk *copyright*, *watermarking* juga dimanfaatkan untuk tujuan-tujuan lain, seperti :

1. *Tamper-proofing*. *Watermark* digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi atau menunjukkan bahwa data digital telah mengalami perubahan dari aslinya.
2. *Feature Location*. *Watermarking* digunakan hanya sebagai keterangan tentang data digital itu sendiri.

D. Kualitas Citra

Sebuah teknik *watermarking* yang baik setidaknya harus memenuhi 4 kriteria yaitu :

1. *Fidelity*, pengujian terhadap aspek mutu citra hasil *watermarking*.
2. *Recoverable*, *watermark* yang telah disisipkan pada citra *host* harus dapat dipisahkan kembali.
3. *Robustness*, tingkat ketahanan citra hasil *watermarking* terhadap operasi dasar seperti *rotate* dan pemberian *noise*.
4. *Imperceptibility*, mengetahui seberapa mudah sebuah citra yang telah disisipkan *watermark* dapat dideteksi oleh indrawi manusia.

E. Mean Square Error (MSE)

Mean Square Error (MSE) adalah nilai eror kuadrat rata-rata. Nilai MSE didapatkan dengan membandingkan nilai selisih piksel-piksel citra asal dengan citra hasil pada posisi piksel yang sama. Semakin besar nilai MSE, maka tampilan pada citra hasil *watermarking* akan semakin buruk. Semakin rendah nilai MSE, maka kualitas citra semakin baik. Perhitungan MSE dilakukan dengan menggunakan persamaan (3) [1].

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{y=1}^M \sum_{x=1}^N [S(x, y)C(x, y)]^2 \quad (3)$$

Di mana :

- MSE = Nilai *Mean Square Error*
- M dan N = Dimensi dari Citra
- S(x,y) = Citra yang telah di-*watermark*
- C(x,y) = Citra asli (*host*)
- x dan y = koordinat citra

F. Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) digunakan untuk mengetahui perbandingan kualitas citra sebelum dan sesudah di *watermark*. PSNR biasanya diukur dalam satuan *decibel* (dB). Semakin besar nilai PSNR maka semakin baik kualitas citra ter-*watermark*. Perhitungan PSNR dilakukan dengan menggunakan persamaan (4) [7].

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_i}{MSE} \right) \quad (4)$$

Di mana :

- MSE = nilai perhitungan MSE
- MAX_i = nilai maksimum dari *pixel* citra yang digunakan

Nilai PSNR untuk menentukan kualitas citra setelah diberikan *watermark* ditunjukkan pada Tabel 1 [8].

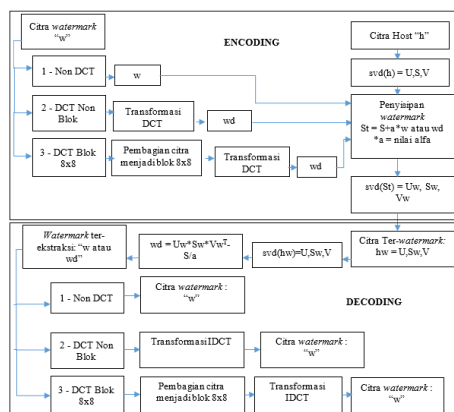
TABEL I. NILAI PSNR

PSNR (dB)	Kualitas Citra
60	Istimewa (<i>excellent</i>)
50	Bagus (<i>good</i>)
40	Layak (<i>reasonable</i>)
30	Cukup (<i>poor picture</i>)
20	Tidak dapat dipakai (<i>unusable</i>)

III. METODE PENELITIAN

A. Rancangan Algoritma

Secara garis besar jalannya aplikasi ini terbagi menjadi dua proses utama yaitu penyisipan (*encoding*) dan ekstraksi (*decoding*) *watermark* yang disisipkan. Hubungan antara kedua proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram penyisipan dan ekstraksi *watermark*.

Proses penyisipan *watermark* dimulai dengan memilih citra *watermark* yang akan disisipkan dan citra *host* yang akan diberikan *watermark*. Citra *host* didekomposisikan dengan metode SVD untuk mendapatkan matriks U, S dan V. Penyisipan *watermark* menggunakan algoritma yang diusulkan oleh Ruizhen Liu dan Tieniu Tan yaitu dengan menjumlahkan citra *watermark* yang dikalikan dengan nilai alfa yang telah ditentukan pada matriks S dari citra *host* [9].

Proses penyisipan *watermark* menggunakan 3 cara yang telah disebutkan sebelumnya. Pada proses ekstraksi *watermark* dibutuhkan beberapa parameter yang didapatkan dari proses penyisipan *watermark*. Parameter yang dibutuhkan untuk proses ekstraksi *watermark* yaitu matriks U_w, V_w^T, S, dan alfa. Pada penelitian ini proses ekstraksi *watermark*-nya termasuk dalam *non blind watermarking* karena membutuhkan citra *host* asli dalam proses ekstraksi *watermark*.

B. Proses DCT Citra Watermark

Sebelum mengimplementasikan metode DCT, citra *watermark* yang akan disisipkan harus diubah menjadi citra dua dimensi karena metode DCT yang akan diimplementasikan pada penelitian ini adalah DCT 2 dimensi.

C. Algoritma Penyisipan Watermark

Algoritma penyisipan Ruizhen Liu dan Tieniu Tan seperti pada *pseudocode* berikut :

1. **Input** citra h, *watermark* wd, intensitas alfa (a)
2. **Output** Citra ter-*watermark* hw
3. **Proses** :
Langkah 1 [U, S, V] = svd(h);
Langkah 2 St = S + a.wd
Langkah 3 [Uw, Sw, Vw] = svd(St);
Langkah 4 hw = U.Sw.V^T
Langkah 5 **Output** (hw, S, Uw, Vw, a)
4. Stop

D. Algoritma Ekstraksi Watermark

Algoritma ekstraksi terlihat pada *pseudocode* di bawah ini :

1. **Input** hw, S, Uw, Vw, a
2. **Output** *Watermark* wd
3. **Proses** :
Langkah 1 [U, Sw, V] = svd (hw);
Langkah 2 $W = \frac{U_w S_w (V_w)^T - S}{a}$
Langkah 3 **Output** (wd)
4. Stop

E. Proses IDCT (Invers Discrete Cosine Transform)

Proses IDCT dilakukan untuk mengembalikan piksel citra *watermark* yang telah dikompresi sebelumnya.

F. Metode Pengujian

Proses pengujian citra ter-*watermark* pada penelitian ini menggunakan kriteria *watermarking* secara umum sebagai acuan dasar pengujian. Kriteria yang digunakan antara lain adalah *Fidelity*, *Recoverable*, *Robustness* dan

Imperceptibility. Proses pengujian yang dilakukan untuk setiap kriteria adalah sebagai berikut :

1. *Fidelity*, adalah pengujian aspek mutu citra hasil *watermarking* yang dapat dilakukan dengan beberapa metode. Metode yang akan digunakan untuk menguji aspek mutu pada penelitian ini adalah MSE dan PSNR. Semakin rendah nilai MSE maka kualitas citra ter-*watermark* semakin baik, semakin tinggi nilai PSNR maka kualitas citra ter-*watermark* semakin baik. MSE dan PSNR merupakan sebuah nilai yang memiliki satuan dB (*decibel*).
2. *Recoverable*. Citra *watermark* yang telah disisipkan pada citra *host* harus dapat dipisahkan kembali. Pengujian dilakukan dengan melihat keutuhan citra *watermark* setelah diekstraksi dan citra *watermark* hasil ekstraksi masih bisa dikenali.
3. *Robustness*. Tingkat ketahanan citra hasil *watermarking* terhadap operasi dasar seperti rotasi, pemberian *noise* dan *filter*. Citra *watermark* yang telah disisipkan seharusnya tidak rusak walaupun telah diberikan operasi dasar tertentu. Pengujian terhadap tingkat ketahanan citra hasil *watermarking* pada penelitian ini dilakukan dengan memberikan operasi rotasi 180⁰, pemberian *noise gaussian* 20% dan pemberian *filter neo*. Kemudian dilihat apakah citra *watermark* hasil ekstraksi masih bisa dikenali atau tidak.
4. *Imperceptibility*, adalah mengetahui seberapa mudah *watermark* terdeteksi oleh indrawi manusia. Pengujian tingkat *imperceptibility* dilakukan secara manual dengan melibatkan 30 responden untuk mengisi kuesioner. Kuesioner berisi 30 data citra digital yang diuji kemudian meminta pendapat responden seberapa mudah *watermark* yang telah disisipkan dapat dideteksi. Hasil dari kuesioner dihitung secara *statistic* dan ditentukan persentase tingkat *imperceptibility*-nya. Untuk menentukan jumlah sampel pada kuesioner digunakan metode Slovin dan untuk menghitung persentase hasil kuesioner digunakan *Skala Likert*.

a. *Metode Slovin*

Sampel yang terlalu kecil dapat menyebabkan penelitian tidak dapat menggambarkan kondisi populasi sesungguhnya. Sebaliknya, sampel yang terlalu besar dapat mengakibatkan pemborosan biaya penelitian. Salah satu metode untuk menentukan jumlah sampel adalah menggunakan metode Slovin [10], sebagai berikut :

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \quad (5)$$

Dimana :

n = jumlah sampel

N = jumlah populasi

e = batas toleransi kesalahan (*error tolerance*)

Semakin kecil nilai e maka semakin tinggi akurasi yang didapatkan. Semakin kecil nilai e maka semakin besar jumlah sampel yang dibutuhkan.

Untuk pengujian hasil penelitian ini populasi yang digunakan adalah populasi dari komunitas fotografi dan populasi mahasiswa teknik informatika UNRAM. Jumlah populasi yang digunakan adalah 32 orang, nilai batas toleransi kesalahan yang digunakan adalah 5%, maka :

Dik :

$$N = 32$$

$$e = 5\% = 0,05$$

Dit : n ?

Dij :

$$n = \frac{N}{1+N*e^2}$$

$$n = \frac{32}{1+32*(0,05)^2}$$

$$n = \frac{32}{1+32*0,0025}$$

$$n = \frac{32}{1,08}$$

$$n = 29.62 \approx 30 \text{ sampel}$$

Jadi, sampel yang akan digunakan untuk pengujian hasil *watermarking* pada penelitian ini adalah 30 sampel (responden).

b. *Skala Likert*

Skala likert adalah skala yang digunakan untuk mengukur persepsi, sikap atau pendapat seseorang atau kelompok mengenai sebuah peristiwa atau fenomena sosial, berdasarkan definisi operasional yang ditetapkan peneliti.

Skala likert dapat memperlihatkan item yang dinyatakan dalam beberapa *respons alternative* (TA = Tidak Ada, SdA = Sedikit Ada, CA = Cukup Ada, A = Ada dan SA = Sangat Ada). Bobot nilai untuk setiap *respons alternative* ditunjukkan pada Tabel 2, Skor ideal ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel persentase nilai ditunjukkan pada Tabel 4.

TABEL II. BOBOT NILAI

Nilai/Response Alternative	Nilai Bobot
1 (TA)	1
2 (SdA)	2
3 (CA)	3
4 (A)	4
5 (SA)	5

TABEL III. PERSENTASE NILAI DALAM SKALA LIKERT

Jawaban	Keterangan
0 % - 19,99 %	Tidak Ada
20 % - 39,99 %	Sedikit Ada
40 % - 59,99 %	Cukup Ada
60 % - 79,99 %	Ada
80 % - 100 %	Sangat Ada

Dari data yang telah didapatkan, meliputi jumlah sampel dan nilai masing-masing *response alternative*. Kalikan setiap *point*/nilai jawaban dari *response alternative* dengan nilai bobot yang sudah ditentukan maka akan didapatkan nilai Total Skornya.

Untuk mendapatkan hasil interpretasi tentukan skor tertinggi (Y) dan terendah (X) kalikan dengan jumlah sampelnya. Kemudian digunakan rumus *index* untuk mendapatkan nilai persentasenya [11].

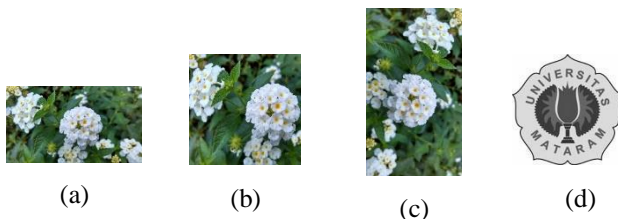
$$\text{Rumus } index \% = ((\text{Total Skor}/Y) * 100 * (100/Y)) \quad (6)$$

IV. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan 4 kriteria *watermarking* yaitu Pengujian aspek mutu (*Fidelity*) menggunakan metode MSE dan PSNR, *watermark* yang telah disisipkan pada citra *host* harus dapat dipisahkan kembali (*Recoverable*), tingkat ketahanan citra hasil *watermarking* (*Robustness*) terhadap operasi *rotate* 180°, *noise gaussian* 20% dan pemberian *filter neo* serta seberapa mudah citra yang telah diberikan *watermark* dapat dideteksi oleh indrawi manusia (*Imperceptibility*).

A. Pengujian Kriteria Fidelity

Pengujian pada kriteria *Fidelity* dilakukan untuk menguji aspek mutu dari citra hasil *watermarking*. Pengujian aspek mutu dilakukan dengan metode MSE dan PSNR. Pengujian akan dilakukan pada 3 citra yang berbeda. Citra pertama yaitu citra *flower1.JPG* (3264 x 1836 piksel), citra kedua *flower2.JPG* (1836 x 1836 piksel), citra ketiga *flower3.JPG* (1836 x 3264 piksel) dan citra *watermark* yang akan disisipkan adalah citra *grayscale LogoW.JPG* (128 x 128 piksel).



Gambar 2. (a) Citra *flower1.JPG*, (b) Citra *flower2.JPG*, (c) Citra *flower3.JPG*, (d) Citra *LogoW.JPG*

Berikut ini adalah hasil pengujian aspek mutu dari masing-masing citra yang diujikan :

TABEL IV. HASIL MSE DAN PSNR CITRA UJI

Citra	Metode	Kualitas	Alfa						
			1	0.1	0.01	0.001	0.0001	0.25	0.025
<i>flower1.JPG</i> (Size 816 KB) (3264x1836 Piksel)	Non DCT-SVD	MSE(dB)	7.77	2.52	2.51	2.51	2.51	2.58	2.51
		PSNR(dB)	30.3	40.10	40.10	40.10	40.10	39.86	40.10
		Size(KB)	488	492	492	492	492	492	492
	DCT Non Blok-SVD	MSE(dB)	101	3.59	2.51	2.51	2.51	9.13	2.51
		PSNR(dB)	8	37	40.10	40.10	40.10	28.91	40.10
		Size(KB)	488	488	492	492	492	488	492
DCT Blok 8x8-SVD	MSE(dB)	8.24	2.53	2.51	2.51	2.51	2.74	2.51	
	PSNR(dB)	29.8	40.06	40.10	40.10	40.10	39.36	40.10	
	Size(KB)	488	492	492	492	492	491	492	
<i>flower2.JPG</i> (Size 146 KB) (1836x1836 Piksel)	Non DCT-SVD	MSE(dB)	12.82	0.56	0.56	0.56	0.56	0.78	0.56
		PSNR(dB)	25.96	53	53.12	53.12	53.12	50.21	53.12
		Size(KB)	163	161	161	161	161	161	161
	DCT Non Blok-SVD	MSE(dB)	175.46	2.82	0.56	0.56	0.56	12.65	0.64
		PSNR(dB)	3.24	39.10	53.12	53.12	53.12	26.08	51.94
		Size(KB)	162	161	161	161	161	161	161
DCT Blok 8x8-SVD	MSE(dB)	12.79	0.61	0.56	0.56	0.56	0.99	0.56	
	PSNR(dB)	25.98	52.4	53.12	53.12	53.12	48.16	53.12	
	Size(KB)	163	161	161	161	161	161	161	
<i>flower3.JPG</i> (Size 973 KB) (1836x3264 Piksel)	Non DCT-SVD	MSE(dB)	7.92	2.68	2.68	2.68	2.68	2.74	2.68
		PSNR(dB)	30.15	39.56	39.56	39.56	39.56	39.35	39.56
		Size(KB)	436	436	436	436	436	436	436
	DCT Non Blok-SVD	MSE(dB)	101.40	3.74	2.68	2.68	2.68	9.31	2.68
		PSNR(dB)	8	36.67	39.56	39.5	39.59	28.7	39.56
		Size(KB)	435	435	436	436	436	436	436
DCT Blok 8x8	MSE(dB)	8.41	2.69	2.68	2.68	2.68	2.89	2.68	
	PSNR(dB)	29.63	39.52	39.56	39.56	39.56	38.91	39.56	
	Size(KB)	437	436	436	436	436	436	436	

Hasil Pengujian kriteria *fidelity* pada Tabel 4 menunjukkan bahwa dari 3 data citra yang diuji, ketiga metode yang diimplementasikan dengan nilai alfa 1 menghasilkan nilai MSE paling tinggi dan nilai PSNR yang paling rendah dibandingkan dengan nilai alfa yang lain, hal tersebut sesuai dengan teori yaitu semakin tinggi nilai alfa yang digunakan maka kualitas dari citra ter-*watermark* semakin rendah [3]. Dari ketujuh nilai alfa yang digunakan, nilai alfa yang paling baik untuk digunakan adalah 0.1 pada metode Non DCT-SVD dan metode DCT Blok 8x8-SVD. Nilai alfa tersebut tahan terhadap beberapa operasi dasar yang diberikan pada citra ter-*watermark* sehingga *watermark* yang dihasilkan pada saat proses ekstraksi *watermark* dapat dikenali, untuk membuktikan hal tersebut dapat dilihat pada kriteria *Robustness* dan *Recoverable* selanjutnya.

Pada metode DCT Non Blok-SVD nilai alfa yang paling baik untuk digunakan adalah 1. Hal tersebut dilihat dari nilai MSE dan PSNR citra ter-*watermark* yang dihasilkan dan *watermark* yang dihasilkan pada saat proses ekstraksi *watermark*. Nilai MSE dan PSNR yang dihasilkan dari citra *flower2.JPG* lebih bagus dibandingkan dengan citra *flower1.JPG* dan *flower3.JPG*. Hal tersebut menunjukkan bahwa *size* piksel citra mempengaruhi kualitas citra ter-*watermark* yang dihasilkan. Citra ter-*watermark* pada pengujian kriteria *fidelity* dapat diunduh pada tautan https://drive.google.com/open?id=1JNZJ92Hcs1_YD ht XpgxLLgvZTbNXwJf.

B. Pengujian Kriteria Recoverable

Pengujian pada kriteria ini adalah untuk mengetahui apakah citra *watermark* yang telah disisipkan pada citra *host* dapat dipisahkan kembali atau dapat diekstraksi. Berikut ini adalah hasil ekstraksi atau mengambil kembali citra *watermark* yang telah disisipkan. Hasil ekstraksi *watermark* berikut ini adalah hasil ekstraksi *watermark* tanpa diberikan operasi tertentu pada citra ter-*watermark*.

TABEL V. HASIL EKSTRAKSI WATERMARK CITRA UI

Citra	Metode	Kualitas	Alfa						
			1	0,1	0,01	0,001	0,0001	0,25	0,025
flower1.JPG (Size 816 KB) (3264x1836 Piksel)	Non DCT-SVD	MSE(dB)	1.87	98.8	181.1	188.8	188.9	54.2	154.1
		PSNR(dB)	42.6	8.23	2.96	2.60	2.60	13.4	4.37
		Size(KB)	4.41	4.46	4.70	4.69	4.69	4.55	4.67
	DCT Blok-SVD	MSE(dB)	1.94	466.7	16598	16060	16288	47.25	22304
		PSNR(dB)	42.3	-5.2	-36.2	-35.9	-36.1	14.64	-38.8
		Size(KB)	4.38	4.93	7.64	9.09	8.86	4.54	5.26
flower2.JPG (Size 146 KB) (1836x1836 Piksel)	Non DCT-SVD	MSE(dB)	7.10	154.3	217.7	220.2	218.7	51.77	174.4
		PSNR(dB)	31	4.36	1.37	1.27	1.33	13.8	3.29
		Size(KB)	4.47	4.64	4.68	4.69	4.69	6.56	4.67
	DCT Blok-SVD	MSE(dB)	1.44	312.3	16413	15708	15711	44.27	10250
		PSNR(dB)	44.9	1.76	-36.1	-35.7	-35.7	15.20	-32
		Size(KB)	4.38	4.86	5.95	6.45	6.04	4.44	5.21
flower3.JPG (Size 973 KB) (1836x3264 Piksel)	Non DCT-SVD	MSE(dB)	1.44	100.2	194.8	196.7	196.9	60.3	160
		PSNR(dB)	44.9	8.1	2.33	2.25	2.24	12.5	4
		Size(KB)	4.41	4.65	4.74	4.73	4.74	4.58	4.74
	DCT Blok-SVD	MSE(dB)	2.11	403	10490	11809	11939	47.4	18091
		PSNR(dB)	41.6	-3.9	-32.2	-33.3	-33.4	14.6	-37
		Size(KB)	4.37	4.96	8.16	7.65	7.18	4.55	5.77
DCT Blok 8x8-SVD	MSE(dB)	3.97	491.8	1121	1175	1181	36.9	826.8	
	PSNR(dB)	36.1	-5.7	-13	-13.2	-13.3	16.7	10.2	
	Size(KB)	4.43	4.66	4.72	4.71	4.68	4.51	4.76	

Hasil ekstraksi *watermark* pada Tabel 5. menunjukkan bahwa pada metode Non DCT-SVD dan metode DCT Blok 8x8-SVD untuk semua nilai alfa yang digunakan citra *watermark* bisa diekstraksi dan masih bisa untuk dikenali, sedangkan pada metode DCT Non Blok-SVD hanya nilai alfa 1, 0.1 dan 0.25 saja yang bisa diekstraksi *watermark*-nya dan masih bisa untuk dikenali, hasil ekstraksi dari nilai alfa yang lain tidak bisa dikenali. Citra hasil ekstraksi *watermark* dapat diunduh pada tautan https://drive.google.com/open?id=1JNZJ92Hcs1_YD_htXpgxLlgvZTbNXwJf.

C. Pengujian Kriteria Robustness





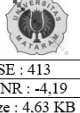
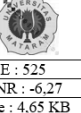

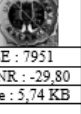
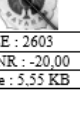
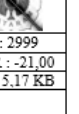
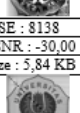
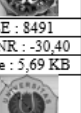
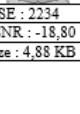
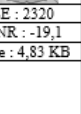
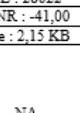
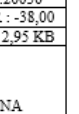
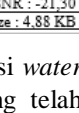
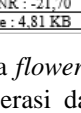
Pengujian pada kriteria ini adalah untuk mengetahui ketahanan citra ter-*watermark* setelah diberikan beberapa operasi dasar pada citra ter-*watermark* dan melihat apakah citra *watermark* yang telah disisipkan masih bisa diekstraksi atau tidak. Operasi dasar yang diberikan pada citra ter-*watermark* untuk diujikan pada penelitian ini adalah pemberian *rotate* 180°, pemberian *noise gaussian* 20% dan pemberian *filter neo*. Berikut ini adalah hasil yang didapatkan setelah pengujian dilakukan :

TABEL VI. HASIL EKSTRAKSI WATERMARK CITRA UI FLOWER1.JPG DENGAN ROBUSTNESS

Citra	Robustness	Metode	Kualitas Citra Watermark Setelah di Ekstraksi							
			Alfa 1	Alfa 0.1	Alfa 0.01	Alfa 0.001	Alfa 0.0001	Alfa 0.25	Alfa 0.025	
Citra Host: flower1.JPG (Size 816 KB) (Pixel 3264 x 1836)	Rotate 180°	Non DCT-SVD								
			MSE : 1.96 MSE : 103 MSE : 180 MSE : 191.50 MSE : 192.30 MSE : 52.50 MSE : 155	PSNR : 42.20 PSNR : 7.83 PSNR : 3.00 PSNR : 2.48 PSNR : 2.44 PSNR : 13.70 PSNR : 4.33	Size : 4.41 KB Size : 4.64 KB Size : 4.68 KB Size : 4.70 KB Size : 4.71 KB Size : 4.55 KB Size : 4.68 KB					
		DCT Non Blok-SVD								
			MSE : 1.61 MSE : 498 MSE : 21194 MSE : 19561 MSE : 19825 MSE : 38.54 MSE : 25035	PSNR : 43.90 PSNR : -5.81 PSNR : -38.30 PSNR : -37.60 PSNR : -37.80 PSNR : 16.40 PSNR : -39.80	Size : 4.37 KB Size : 4.96 KB Size : 7.19 KB Size : 9.99 KB Size : 10.1 KB Size : 4.56 KB Size : 4.96 KB					
		DCT Blok 8x8-SVD								
			MSE : 3.93 MSE : 616.50 MSE : 1268 MSE : 1409 MSE : 1417 MSE : 35.83 MSE : 968	PSNR : 36.20 PSNR : -7.66 PSNR : -13.90 PSNR : -14.80 PSNR : -14.80 PSNR : 17.00 PSNR : -11.50	Size : 4.44 KB Size : 4.67 KB Size : 4.76 KB Size : 4.76 KB Size : 4.75 KB Size : 4.50 KB Size : 4.77 KB					
	Noise gaussian 20%	Non DCT-SVD								
			MSE : 3061 MSE : 7890 MSE : 7920 MSE : 7798 MSE : 7785 MSE : 5793 MSE : 8078	PSNR : 21.50 PSNR : -29.80 PSNR : -29.80 PSNR : -34.10 PSNR : -34.20 PSNR : -32.30 PSNR : -30.60	Size : 5.93 KB Size : 5.71 KB Size : 5.70 KB Size : 5.70 KB Size : 5.70 KB Size : 5.84 KB Size : 5.68 KB					
			DCT Non Blok-SVD							
				MSE : 2983 MSE : 11803 MSE : 12960 MSE : 13079 MSE : 13084 MSE : 10535 MSE : 12761	PSNR : -21.30 PSNR : -33.30 PSNR : -34.10 PSNR : -34.20 PSNR : -34.20 PSNR : -32.30 PSNR : -33.90	Size : 5.14 KB Size : 2.23 KB Size : 2.41 KB Size : 2.44 KB Size : 2.44 KB Size : 2.34 KB Size : 2.43 KB				
			DCT Blok 8x8-SVD							
				MSE : 2649 MSE : 8445 MSE : 8958 MSE : 8949 MSE : 8952 MSE : 6219 MSE : 8992	PSNR : -20.00 PSNR : -30.40 PSNR : -30.90 PSNR : -30.90 PSNR : -30.90 PSNR : -27.70 PSNR : -30.90	Size : 5.93 KB Size : 5.70 KB Size : 5.68 KB Size : 5.67 KB Size : 5.67 KB Size : 5.83 KB Size : 5.66 KB				
Filter Neo		Non DCT-SVD								
			MSE : 3569 MSE : 2352 MSE : 2378 MSE : 2417 MSE : 2423 MSE : 2491 MSE : 2351	PSNR : -23.00 PSNR : -19.20 PSNR : -19.30 PSNR : -19.50 PSNR : -19.50 PSNR : -19.70 PSNR : -19.20	Size : 4.73 KB Size : 4.84 KB Size : 4.93 KB Size : 4.94 KB Size : 4.93 KB Size : 4.86 KB Size : 4.91 KB					
		DCT Non Blok-SVD								
			MSE : 20986 MSE : 35626 MSE : 37015 MSE : 36986 MSE : 36991 MSE : 31820 MSE : 37069	PSNR : -38.00 PSNR : -42.90 PSNR : -43.20 PSNR : -43.20 PSNR : -43.20 PSNR : -41.90 PSNR : -43.20	Size : 2.95 KB Size : 1.47 KB Size : 1.31 KB Size : 1.31 KB Size : 1.34 KB Size : 1.91 KB Size : 1.22 KB					
		DCT Blok 8x8-SVD								
			MSE : 3739 MSE : 3175 MSE : 3865 MSE : 3945 MSE : 3958 MSE : 3073 MSE : 3618	PSNR : -23.00 PSNR : -21.90 PSNR : -23.60 PSNR : -23.70 PSNR : -23.80 PSNR : -21.60 PSNR : -23.00	Size : 4.80 KB Size : 4.85 KB Size : 4.90 KB Size : 4.86 KB Size : 4.85 KB Size : 4.84 KB Size : 4.90 KB					

Hasil pengujian kriteria *Robustness* citra *flower1.JPG* ditunjukkan pada Tabel 6. Dari ketiga metode yang diimplementasikan nilai alfa 1 menghasilkan ekstraksi *watermark* paling baik dibandingkan dengan hasil ekstraksi *watermark* dari nilai alfa yang lain. Hal tersebut sesuai dengan teori yaitu semakin tinggi nilai alfa yang digunakan maka semakin bagus ekstraksi *watermark* yang dihasilkan [9]. Pada kriteria *Fidelity* disebutkan bahwa nilai alfa yang paling baik digunakan adalah 0.1 untuk metode Non DCT-SVD dan metode DCT Blok 8x8-SVD serta nilai alfa 1 untuk metode DCT Non Blok-SVD. Selain citra ter-*watermark* yang dihasilkan paling baik, hasil ekstraksi *watermark* dari nilai alfa tersebut juga lebih tahan dari serangan operasi dasar yang diberikan pada citra ter-*watermark* dan hasil *watermark* yang diekstraksi masih bisa untuk dikenali jika dibandingkan dengan nilai alfa yang lain. Citra hasil ekstraksi *watermark* pada pengujian kriteria *robustness* dapat diunduh pada tautan https://drive.google.com/open?id=1JNZJ92Hcs1_YD_htXpgxLlgvZTbNXwJf.

TABEL VII. HASIL MSE DAN PSNR CITRA HASIL EKSTRAKSI WATERMARK FLOWER2.JPG DAN FLOWER3.JPG

Robustness	Metode	Kualitas Citra <i>Watermark</i> Setelah di Ekstraksi			
		Citra <i>flower2.JPG</i>		Citra <i>flower3.JPG</i>	
		Alfa 0,1	Alfa 1	Alfa 0,1	Alfa 1
Rotate 180°	Non DCT-SVD		NA		NA
		MSE : 162		MSE : 98,10	
		PSNR : 3,94		PSNR : 8,29	
		Size : 4,66 KB		Size : 4,63 KB	
	DCT Non Blok-SVD	NA		NA	
			MSE : 1,33		MSE : 1,74
			PSNR : 45,60		PSNR : 43,20
		Size : 4,38 KB		Size : 4,37 KB	
	DCT Blok 8x8-SVD		NA		NA
MSE : 413			MSE : 525		
PSNR : -4,19			PSNR : -6,27		
	Size : 4,63 KB		Size : 4,65 KB		
Noise Gaussian 20%	Non DCT-SVD		NA		NA
		MSE : 7792		MSE : 7951	
		PSNR : -29,70		PSNR : -29,80	
		Size : 5,87 KB		Size : 5,74 KB	
	DCT Non Blok-SVD	NA		NA	
			MSE : 2603		MSE : 2999
			PSNR : -20,00		PSNR : -21,00
		Size : 5,55 KB		Size : 5,17 KB	
	DCT Blok 8x8-SVD		NA		NA
MSE : 8138			MSE : 8491		
PSNR : -30,00			PSNR : -30,40		
	Size : 5,84 KB		Size : 5,69 KB		
Filter Neo	Non DCT-SVD		NA		NA
		MSE : 2234		MSE : 2320	
		PSNR : -18,80		PSNR : -19,1	
		Size : 4,88 KB		Size : 4,83 KB	
	DCT Non Blok-SVD	NA		NA	
			MSE : 28022		MSE : 20030
			PSNR : -41,00		PSNR : -38,00
		Size : 2,15 KB		Size : 2,95 KB	
	DCT Blok 8x8-SVD		NA		NA
MSE : 2987			MSE : 3119		
PSNR : -21,30			PSNR : -21,70		
	Size : 4,88 KB		Size : 4,81 KB		































Hasil ekstraksi *watermark* dari citra *flower2.JPG* dan *flower3.JPG* yang telah diberikan operasi dasar *rotate* 180°, pemberian *noise gaussian* 20% dan pemberian *filter neo* pada Tabel 7 tersebut dapat dilihat bahwa citra *watermark* hasil ekstraksi untuk nilai alfa yang digunakan yaitu 0.1 dan 1 masih bisa untuk dikenali. Keterangan NA (*Not Available*) diberikan karena pada nilai alfa tersebut bukan termasuk nilai alfa yang terbaik sehingga tidak disajikan pada tabel.

D. Pengujian Kriteria Imperceptibility

Pengujian pada kriteria *imperceptibility* dilakukan dengan memberikan kuesioner kepada responden dan meminta pendapat responden tentang seberapa mudah *watermark* yang telah disisipkan dapat dideteksi. Jumlah responden yang akan dilibatkan dalam pengujian ini adalah 30 orang. 15 responden dari mahasiswa teknik

informatika dan 15 responden dari komunitas fotografi. Citra yang akan diuji adalah 30 citra hasil *watermarking* dengan metode (Non DCT-SVD), (DCT Non Blok-SVD) dan (DCT Blok 8x8-SVD) dan nilai alfa yang digunakan adalah 0,1. Citra uji untuk kuesioner ditampilkan di dalam ruangan pada pukul 13.00 – 15.00 WITA dengan menggunakan Laptop merk ASUS Intel Core i5, dengan kecerahan 50%. Berikut ini adalah citra digital yang digunakan pada pengujian kriteria *Imperceptibility* :

TABEL VIII. CITRA DIGITAL UNTUK PENGUJIAN KRITERIA IMPERCEPTIBILITY

				
k1.jpg (4608 x 3456 piksel)	k2.jpg (2736 x 4096 piksel)	k3.jpg (2560 x 1536 piksel)	k4.jpg (1527 x 2329 piksel)	k5.jpg (2560 x 1536 piksel)
				
k6.jpg (3264 x 1836 piksel)	k7.jpg (2448 x 3264 piksel)	k8.jpg (3200 x 1800 piksel)	k9.jpg (4400 x 2304 piksel)	k10.jpg (3264 x 2448 piksel)
				
k11.jpg (4864 x 2736 piksel)	k12.jpg (2448 x 3264 piksel)	k13.jpg (3264 x 2448 piksel)	k14.jpg (4864 x 2736 piksel)	k15.jpg (1535 x 2289 piksel)
				
k16.jpg (4320 x 3240 piksel)	k17.jpg (2560 x 1536 piksel)	k18.jpg (2448 x 3264 piksel)	k19.jpg (4864 x 2736 piksel)	k20.jpg (3264 x 2448 piksel)
				
k21.jpg (4864 x 2736 piksel)	k22.jpg (7824 x 4096 piksel)	k23.jpg (5184 x 3456 piksel)	k24.jpg (4608 x 3456 piksel)	k25.jpg (4608 x 3456 piksel)
				
k26.jpg (3968 x 2232 piksel)	k27.jpg (5184 x 3456 piksel)	k28.jpg (4608 x 3456 piksel)	k29.jpg (4208 x 2368 piksel)	k30.jpg (3200 x 1800 piksel)

Pertanyaan yang ada pada kuesioner adalah sebagai berikut :

P1 : Apakah Anda dapat membedakan citra yang telah disisipkan *watermark* atau tidak? (Ya/Tidak) (Jika “Ya” jawab pertanyaan P2, Jika “Tidak” lanjut ke pertanyaan P3)

P2 : Menurut Anda citra yang manakah yang telah disisipkan *watermark*? (Citra 1/Citra 2)

P3 : Secara umum apakah terdapat perbedaan signifikan antara citra *host* dengan citra ter-*watermark*? (Gunakan Skala)

P4 : Secara spesifik apakah terdapat perubahan

Setelah kuesioner diisi oleh responden maka didapatkan hasil sebagai berikut :

a. Pertanyaan P1 dan P2

TABEL IX. CITRA DIGITAL UNTUK PENGUJIAN KRITERIA IMPERCEPTIBILITY

Citra	Metode Non DCT		Metode DCT Non Blok		Metode DCT Blok 8x8	
	Jumlah (IT)	Jumlah (N-IT)	Jumlah (IT)	Jumlah (N-IT)	Jumlah (IT)	Jumlah (N-IT)
	k1	6	0	9	0	1
k2	2	0	10	0	3	0
k3	1	0	10	3	1	0
k4	2	0	7	0	3	0
k5	1	0	11	0	1	0
k6	2	0	10	0	2	0
k7	0	0	11	2	1	0
k8	3	0	12	2	1	0
k9	0	0	12	3	3	0
k10	2	0	10	0	1	0
k11	1	0	11	0	3	0
k12	2	0	11	1	1	0
k13	2	0	12	1	2	0
k14	3	0	11	2	1	0
k15	2	0	11	1	0	0
k16	2	0	12	1	2	0
k17	1	0	13	1	2	0
k18	2	0	8	0	2	0
k19	2	0	10	1	0	0
k20	1	0	10	2	3	0
k21	2	0	10	2	1	0
k22	2	0	5	0	0	0
k23	2	0	9	0	3	0
k24	1	0	5	0	1	0
k25	1	0	3	1	0	0
k26	2	0	5	0	3	0
k27	2	0	5	0	1	0
k28	3	0	6	0	0	0
k29	1	0	9	0	0	0
k30	2	0	10	2	2	0
Jumlah Rata-rata	2	0	10	1	2	0

Hasil kuesioner untuk pertanyaan P1 dan P2 pada Tabel 9 menunjukkan jumlah responden dari Mahasiswa Teknik Informatika UNRAM dan Anggota Komunitas Fotografi yang bisa membedakan citra *cover* dengan citra ter-*watermark* serta mengetahui citra mana yang telah disisipkan *watermark*. Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa Mahasiswa Teknik Informatika UNRAM lebih bisa membedakan citra *cover* dengan citra ter-*watermark* dan mengetahui citra mana yang telah disisipkan *watermark*.

b. Metode Non DCT-SVD

TABEL X. HASIL KUESIONER METODE NON DCT-SVD

Citra	P3		P4	
	Persentase (%)	Result	Persentase (%)	Result
k1	16,00	Tidak Ada	21,78	Sedikit Ada
k2	17,33	Tidak Ada	18,22	Tidak Ada
k3	17,33	Tidak Ada	16,00	Tidak Ada
k4	16,44	Tidak Ada	15,11	Tidak Ada
k5	15,56	Tidak Ada	16,44	Tidak Ada
k6	16,44	Tidak Ada	18,22	Tidak Ada
k7	16,44	Tidak Ada	17,33	Tidak Ada
k8	20,89	Sedikit Ada	19,56	Tidak Ada
k9	16,44	Tidak Ada	19,56	Tidak Ada
k10	17,33	Tidak Ada	15,11	Tidak Ada
k11	16,89	Tidak Ada	16,89	Tidak Ada
k12	16,44	Tidak Ada	16,44	Tidak Ada
k13	15,56	Tidak Ada	16,44	Tidak Ada
k14	16,89	Tidak Ada	15,56	Tidak Ada
k15	17,33	Tidak Ada	16,00	Tidak Ada
k16	16,89	Tidak Ada	20,00	Tidak Ada
k17	14,67	Tidak Ada	15,56	Tidak Ada
k18	16,00	Tidak Ada	16,00	Tidak Ada
k19	17,78	Tidak Ada	18,22	Tidak Ada
k20	16,89	Tidak Ada	20,00	Tidak Ada
k21	16,89	Tidak Ada	20,89	Sedikit Ada
k22	15,11	Tidak Ada	16,89	Tidak Ada
k23	17,33	Tidak Ada	21,33	Sedikit Ada
k24	15,56	Tidak Ada	18,22	Tidak Ada
k25	19,56	Tidak Ada	20,00	Tidak Ada
k26	18,22	Tidak Ada	17,78	Tidak Ada
k27	15,56	Tidak Ada	19,11	Tidak Ada
k28	17,33	Tidak Ada	20,44	Sedikit Ada
k29	14,67	Tidak Ada	18,67	Tidak Ada
k30	15,56	Tidak Ada	16,89	Tidak Ada
Rata-Rata	16,71	Tidak Ada	17,96	Tidak Ada

Hasil kuesioner untuk metode Non DCT-SVD ditunjukkan pada Tabel 10. Pertanyaan P3 memiliki rata-rata persentase 16,71 % yang termasuk dalam kategori “Tidak Ada” sehingga didapatkan kesimpulan bahwa dari 30 data citra yang diuji tidak terdapat perbedaan signifikan antara citra *host* dan citra ter-*watermark*. Pertanyaan P4 memiliki rata-rata persentase 17,96 % yang termasuk dalam kategori “Tidak Ada” sehingga didapatkan kesimpulan, dari 30 data citra yang diuji tidak terdapat perubahan warna, kecerahan dan kontras pada citra ter-*watermark*. Perhitungan detail dari hasil kuesioner dan citra ter-*watermark* dari Metode Non DCT-SVD dapat diunduh pada tautan https://drive.google.com/open?id=1JNZJ92Hcs1_YD_hXpgxLlgvZTbNXwJf.

c. Metode DCT Non Blok-SVD

TABEL XI. HASIL KUESIONER METODE DCT NON BLOK-SVD

Citra	P3		P4	
	Persentase (%)	Result	Persentase (%)	Result
k1	21,33	Sedikit Ada	28,89	Sedikit Ada
k2	24,44	Sedikit Ada	29,78	Sedikit Ada
k3	31,56	Sedikit Ada	40,89	Cukup Ada
k4	24,89	Sedikit Ada	34,22	Sedikit Ada
k5	27,11	Sedikit Ada	37,78	Sedikit Ada
k6	27,11	Sedikit Ada	35,11	Sedikit Ada
k7	29,78	Sedikit Ada	41,33	Cukup Ada
k8	28,00	Sedikit Ada	39,11	Sedikit Ada
k9	33,78	Sedikit Ada	46,67	Cukup Ada
k10	31,56	Sedikit Ada	40,44	Cukup Ada
k11	32,00	Sedikit Ada	46,67	Cukup Ada
k12	31,11	Sedikit Ada	39,11	Sedikit Ada
k13	33,78	Sedikit Ada	37,33	Sedikit Ada
k14	31,11	Sedikit Ada	40,44	Cukup Ada
k15	38,67	Sedikit Ada	42,22	Cukup Ada
k16	29,33	Sedikit Ada	38,22	Sedikit Ada
k17	40,89	Cukup Ada	50,22	Cukup Ada
k18	28,89	Sedikit Ada	34,67	Sedikit Ada
k19	31,56	Sedikit Ada	40,44	Cukup Ada
k20	34,22	Sedikit Ada	44,00	Cukup Ada
k21	38,22	Sedikit Ada	38,67	Sedikit Ada
k22	21,78	Sedikit Ada	26,67	Sedikit Ada
k23	28,00	Sedikit Ada	36,89	Sedikit Ada
k24	29,78	Sedikit Ada	31,56	Sedikit Ada
k25	25,33	Sedikit Ada	29,33	Sedikit Ada
k26	29,33	Sedikit Ada	33,78	Sedikit Ada
k27	24,44	Sedikit Ada	32,00	Sedikit Ada
k28	26,67	Sedikit Ada	38,22	Sedikit Ada
k29	27,11	Sedikit Ada	35,56	Sedikit Ada
k30	29,78	Sedikit Ada	38,67	Sedikit Ada
Rata-rata	29,72	Sedikit Ada	37,63	Sedikit Ada

Hasil kuesioner untuk metode DCT Non Blok-SVD ditunjukkan pada Tabel 11. Pertanyaan P3 memiliki rata-rata persentase 29,72 yang termasuk dalam kategori “Sedikit Ada” sehingga didapatkan kesimpulan bahwa dari 30 data citra yang diuji ada sedikit perbedaan antara citra *host* dan citra *ter-watermark*. Pertanyaan P4 memiliki rata-rata persentase 37,63 yang termasuk dalam kategori “Sedikit Ada” sehingga didapatkan kesimpulan bahwa dari 30 data citra yang diuji ada sedikit perubahan warna, kecerahan dan kontras pada citra *ter-watermark*. Perhitungan detail dari hasil kuesioner dan citra *ter-watermark* dari Metode Non DCT-SVD dapat diunduh pada tautan https://drive.google.com/open?id=1JNZJ92Hcs1_YD_htXpgxLlgvZTbNXwJf.

d. Metode DCT Blok 8x8-SVD

TABEL XII. HASIL KUESIONER METODE DCT BLOK 8X8-SVD

Citra	P3		P4	
	Persentase (%)	Result	Persentase (%)	Result
k1	14,22	Tidak Ada	16,00	Tidak Ada
k2	14,67	Tidak Ada	18,67	Tidak Ada
k3	13,78	Tidak Ada	14,22	Tidak Ada
k4	16,00	Tidak Ada	17,33	Tidak Ada
k5	16,00	Tidak Ada	16,89	Tidak Ada
k6	16,00	Tidak Ada	19,56	Tidak Ada
k7	16,00	Tidak Ada	15,56	Tidak Ada
k8	17,33	Tidak Ada	19,56	Tidak Ada
k9	17,78	Tidak Ada	20,00	Tidak Ada
k10	16,89	Tidak Ada	16,44	Tidak Ada
k11	15,56	Tidak Ada	17,78	Tidak Ada
k12	15,56	Tidak Ada	15,11	Tidak Ada
k13	16,89	Tidak Ada	19,11	Tidak Ada
k14	16,44	Tidak Ada	16,44	Tidak Ada
k15	16,89	Tidak Ada	15,56	Tidak Ada
K16	17,33	Tidak Ada	19,56	Tidak Ada
k17	17,33	Tidak Ada	18,22	Tidak Ada
k18	16,44	Tidak Ada	18,67	Tidak Ada
k19	16,00	Tidak Ada	17,78	Tidak Ada
k20	17,33	Tidak Ada	18,22	Tidak Ada
k21	16,44	Tidak Ada	18,22	Tidak Ada
k22	16,44	Tidak Ada	15,11	Tidak Ada
k23	17,33	Tidak Ada	20,00	Tidak Ada
k24	17,33	Tidak Ada	20,89	Sedikit Ada
k25	17,33	Tidak Ada	19,11	Tidak Ada
k26	16,44	Tidak Ada	15,11	Tidak Ada
k27	15,11	Tidak Ada	18,22	Tidak Ada
k28	15,11	Tidak Ada	18,67	Tidak Ada
k29	16,00	Tidak Ada	16,89	Tidak Ada
k30	16,44	Tidak Ada	15,11	Tidak Ada
Rata-rata	16,28	Tidak Ada	17,60	Tidak Ada

Hasil kuesioner untuk metode DCT Blok 8x8-SVD ditunjukkan pada Tabel 12. Pertanyaan P3 memiliki rata-rata persentase 16,28 yang termasuk dalam kategori “Tidak Ada” sehingga didapatkan kesimpulan bahwa dari 30 data citra yang diuji tidak terdapat perbedaan signifikan antara citra *host* dan citra *ter-watermark*. Pertanyaan P4 memiliki rata-rata persentase 17,60 yang termasuk dalam kategori “Tidak Ada” sehingga didapatkan kesimpulan bahwa dari 30 data citra yang diuji tidak terdapat perubahan warna, kecerahan dan kontras pada citra *ter-watermark*. Perhitungan detail dari hasil kuesioner dan citra *ter-watermark* dari Metode Non DCT-SVD dapat diunduh pada tautan https://drive.google.com/open?id=1JNZJ92Hcs1_YD_htXpgxLlgvZTbNXwJf.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan kesimpulan yang didapatkan yaitu sebagai berikut :

1. Nilai alfa sangat mempengaruhi kualitas citra hasil *watermarking* dan kualitas citra *watermark* yang diekstraksi.
2. Ukuran piksel dari citra yang akan diberikan *watermark* mempengaruhi hasil kualitas citra *ter-watermark*.
3. Nilai alfa yang paling baik untuk metode Non DCT-SVD adalah 0,1 dengan nilai MSE dan PSNR 2,52 dB dan 40,10 dB pada citra uji *flower1.JPG*, 0,56 dB dan

- 53 dB pada citra uji *flower2.JPG*, 2,68 dB dan 39,56 dB pada citra uji *flower3.JPG*.
4. Nilai alfa yang paling baik untuk metode DCT Non Blok-SVD adalah 1 dengan nilai MSE dan PSNR 101 dB dan 8 dB pada citra uji *flower1.JPG*, 175,46 dB dan 3,24 dB pada citra uji *flower2.JPG*, 101,40 dB dan 8 dB pada citra uji *flower3.JPG*.
 5. Nilai alfa yang paling baik untuk metode DCT Blok 8x8-SVD adalah 0,1 dengan nilai MSE dan PSNR 2,53 dB dan 40,06 dB pada citra uji *flower1.JPG*, 0,61 dB dan 52,4 dB pada citra uji *flower2.JPG*, 2,69 dB dan 39,52 dB pada citra uji *flower3.JPG*.
 6. Hasil kuesioner dengan metode Non DCT-SVD dari 30 data citra yang diuji adalah 16,71% pada pertanyaan P3 dan 17,96% pada pertanyaan P4.
 7. Hasil kuesioner dengan metode DCT Non Blok-SVD dari 30 data citra yang diuji adalah 29,72% pada pertanyaan P3 dan 37,63% pada pertanyaan P4.
 8. Hasil kuesioner dengan metode DCT Blok 8x8-SVD dari 30 data citra yang diuji adalah 16,28% pada pertanyaan P3 dan 17,60% pada pertanyaan P4.
 9. Metode yang paling baik untuk diimplementasikan adalah metode Non DCT-SVD dengan nilai alfa 0,1.

B. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu mengimplementasikan metode DCT dan SVD dengan cara atau algoritma yang lebih baik agar bisa mendapatkan kualitas citra hasil *watermark* yang lebih baik dan lebih tahan terhadap serangan.

REFERENCES

- [1] Z. Lu, H. Zheng and J. Huang, "A Digital Watermarking Scheme Based on DCT and SVD," in *Third International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP 2007)*, Kaohsiung, 2007.
- [2] F. Liu and Y. Liu, "A Watermarking Algorithm for Digital Image Based on DCT and SVD," in *2008 Congress on Image and Signal Processing*, Sanya, Hainan, China, 2008.
- [3] D. Setiadikarunia and F. Michael, "Watermarking pada Citra Warna Menggunakan Teknik SVD-DCT Berdasarkan Local Peak SNR," *Electrical Engineering Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 111-130, 2011.
- [4] F. Liu and Y. Qian, "A Novel Robust Watermarking Algorithm Based On Two_Levels DCT and Two_Levels SVD," in *2011 Third International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*, Shangshai, 2011.
- [5] P. Singh and S. Agarwal, "A Hybrid DCT-SVD Based Robust Watermarking Scheme for Copyright Protection," in *2013 Africon*, Pointe-Aux-Piments, 2013.
- [6] R. Munir, *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*, Bandung: Informatika, 2004.
- [7] E. Purwandari, D. Puspitaningrum and M. Sastra, "Kinerja Skema Pemberian Tanda Air pada Citra Digital Berbasis Komputasi Numerik," *Jurnal Pseudocode*, vol. 2, no. 1, pp. 10-19, 2015.
- [8] M. Balasamy, S. Priyanka, N. Kavya and A. Shruthi, "A Robust Image Watermarking Using SVD and Differential Evolution in DWT Domain," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 4, no. 1, pp. 1071-1074, 2017.
- [9] R. Liu and T. Tan, "An SVD-Based Watermarking Scheme for Protecting Rightful Ownership," in *IEEE Transactions on Multimedia*, 2002.
- [10] R. Putra, A. Suprayogi and S. Kahar, "Aplikasi SIG untuk Penentuan Daerah Quick Count Pemilihan Kepala Daerah (Studi Kasus : Pemilihan Walikota Cirebon 2013, Jawa Barat)," *Jurnal Geodesi Undip*, pp. 1-12, 2013.
- [11] W. Budiaji, "Skala Pengukuran dan Jumlah Respon Skala Likert," *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, pp. 127-133, 2013.

