

IMAGE WATERMARKING MENGGUNAKAN METODE ARNOLD CAT MAP-FDCuT-DCT-SVD

IMAGE WATERMARKING USING ARNOLD CAT MAP-FDCuT-DCT-SVD METHOD

M Fachri M¹, Ledy Novamizanti, S.si.,M.T.², Sofia Saidah S.T.,M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹fachri@student.telkomuniversity.ac.id, ²ledyaldn@telkomuniversity.ac.id,

³sofiasaidahsfi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pembajakan pada ranah digital sudah sering terjadi contohnya pada karya musik, gambar, dan karya-karya yang lain. Oleh karena itu dibutuhkan perlindungan, tanda kepemilikan, dan otentifikasi kepemilikan karya, *image watermarking* merupakan solusi dalam masalah tersebut. *Image watermarking* adalah teknik untuk menyisipkan informasi tertentu kedalam data digital. Pada Penelitian ini merancang suatu sistem *image watermarking* menggunakan metode Arnold Cat Map-FDCut-DCT-SVD. Dengan menggunakan Metode Arnold Cat Map pada *pre-processing* dapat meningkatkan keamanan dan mengurangi kemungkinan serangan yang ditargetkan. *Image watermarking* dengan menggunakan metode Arnold Cat Map-FDCut-DCT-SVD memperoleh nilai rata-rata PSNR diatas 66,21 dB, nilai rata-rata MSE= 0,477, nilai rata-rata BER= 0,477, dan nilai rata-rata NC= 0,9684. Program ini tahan terhadap serangan jenis histogram *equalization*, *poisson noise*, *salt and pepper noise*, *speckle nose*, *gaussian noise*, kompresi JPEG, median filter, dan serangan *resize*. Metode ini memiliki hasil yang lebih baik dari pada metode pada penelitian sebelumnya yang menggunakan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT dan DCT-SVD.

Kata kunci: *Image Watermarking*, Arnold Cat Map, FDCuT, DCT, SVD.

Abstrack

Piracy in the digital realm has often occurred for example in music, images, and other works. Therefore, protection, ownership, and authentication of ownership of the work are required. Image watermarking is the solution to the problem. Image watermarking is a technique to insert certain information into digital data. In this research designed an Image watermarking system using Arnold Cat Map-FDCut-DCT-SVD method. Using the Arnold Cat Map Method in pre-processing can increase security and reduce the likelihood of targeted attacks. Image watermarking using the Arnold Cat Map-FDCut-DCT-SVD method obtains a PSNR average value 66,21 dB, a MSE average value 0,477, a BER average value 0,477, and a NC average value 0,9684. Program resistant to attacks of histogram equalization, poisson noise, salt and pepper noise, speckle nose, gaussian noise, JPEG compression, median filter, and resizing attacks. This method has better results than the previous research method which used Arnold Cat Map-FDCuT-DCT methods and DCT-SVD methods.

Keywords: *Image Watermarking*, Arnold Cat Map, FDCuT, DCT, SVD.

1. Pendahuluan

Teknologi semakin cepat bertumbuh, seiring semakin cepatnya perkembangan teknologi maka kejahatan pada ranah digital semakin hari semakin meningkat. Serta media digital dapat diduplikasi dan didistribusikan secara ilegal dan hak cipta disalahgunakan, megakibatkan data yang dikirim tidak aman. Pembajakan atau

plagiarisme pada ranah digital sudah sering terjadi contohnya pada karya musik, gambar, dan karya karya yang lain. Pelakunya sendiri, seakan tidak punya rasa malu dan punya keberanian yang besar dengan tidak menghargai seniman aslinya [1]. *Image watermarking* adalah teknik untuk menyisipkan informasi tertentu ke dalam data digital dan informasi tersebut hanya dapat di akses oleh pihak yang sah. Sehingga orang lain tidak menyadari ada informasi tambahan pada gambar host tanpa mengganggu file asli dari data tersebut. Audio gambar, dan watermarking video adalah beberapa jenis *watermarking* [2].

Watermark dapat berupa informasi *copyright*, informasi data diri seseorang, gambar berupa logo, data audio atau rangkaian bit yang tidak bermakna [3]. Banyak pemilik data digital seperti gambar atau suara yang tidak ingin karya nya diakui oleh orang lain [4]. Tetapi mereka juga tidak ingin karyanya yang sudah ditemplekan suatu *watermark* berubah atau terganggu dengan adanya *watermark* tersebut, maka dari itu *imperceptibility* dalam suatu citra digital sangat penting untuk menjaga kualitas suatu citra digital. *Imperceptible* adalah keberadaan *watermark* dalam suatu citra tidak dapat diketahui oleh indra visual, parameter *imperceptibility* diwakili oleh *Peak Signal To Noise Ratio* (PSNR) [5]. Beberapa kriteria yang harus dipenuhi oleh *image watermarking* adalah [6]:

- a. *Imperceptibility*: *watermark* tidak dapat dilihat oleh mata manusia.
- b. *Robustness*: seberapa kuat *watermark* dapat bertahan dari berbagai macam serangan.
- c. *Security*: *watermark* tidak dapat dengan mudah diakses oleh pihak tertentu.

Pada penelitian ini kita menggunakan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT-SVD. Menggunakan Arnold cat map sebagai *pre-processing* berfungsi untuk meningkatkan keamanan dan mengurangi kemungkinan serangan yang ditargetkan. Kemudian pada transformasi FDCuT kita menggunakan HF *subband*, HF *subband* dapat menghasilkan ketidakmungkinan yang lebih baik daripada *subband* lainnya [7]. Makalah ini disusun sebagai berikut: bagian 1 menjelaskan pendahuluan, bagian 2 menjelaskan dasar teori, bagian 3 menjelaskan perancangan sistem, bagian 4 menjelaskan tentang hasil simulasi pada penelitian ini dan perbandingan dengan hasil pada percobaan sebelumnya yaitu dengan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT [8] dan metode DCT-SVD [9], dan pada bagian 5 menjelaskan tentang kesimpulan.

2. Dasar Teori

A. Image Watermarking

Image watermarking adalah teknik untuk menyisipkan informasi tertentu ke dalam data digital. Teknik *watermark* dalam pengolahan citra secara umum terdiri dari tahap penyisipan dan tahan ekstraksi. Ide dasar dari *Digital Watermarking* adalah dengan menggunakan informasi seperti hak cipta, informasi header blok data atau data tanda sinkronisasi waktu sebagai informasi *watermark*, kemudian menanamkannya ke dalam sinyal *host*, seperti gambar, audio, atau video dan sejenisnya. Dengan cara ini informasi *watermark* tidak ditransmisikan dalam saluran digital lain, tetapi ditransmisikan sebagai bagian dari citra asli [10]. Penyisipan *watermarking* dapat dilakukan menggunakan 2 cara, yaitu penyisipan pada domain spasial dan penyisipan pada domain *transform*.

B. Arnold Cat Map

Arnold Cat Map adalah salah satu transformasi pemrosesan gambar yang banyak digunakan pada bidang *enkripsi* dan *watermarking*. Pemetaan dua dimensi ini pada saat diterapkan di gambar digital dapat mengubah lokasi asli piksel secara acak. Persamaanya sebagai berikut [11]:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a \\ b & ab + 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \text{ Mod } N \quad (1)$$

dalam persamaan 2 N adalah ukuran gambar pada bentuk N×N piksel, $\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$ adalah lokasi utama dari piksel gambar, $\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix}$ adalah lokasi piksel yang sudah dipetakan, a dan b adalah integer positif atau nilai yang ditentukan untuk menjadi kunci dari enkripsi ini. Proses yang terjadi dalam pemetaan adalah pergeseran dalam arah y, kemudian dalam arah x, lalu untuk semua hasil yang mungkin keluar dari wilayah gambar akan dimodulokan dengan N agar tetap berada di dalam wilayah gambar. Ketika algoritma Arnold's Cat Map dilakukan sekali maka pada nomor iterasi dari iterasi R akan menjadi gambar acak dan itu berisi semua nilai piksel yang sama dengan gambar aslinya [12].

C. Discrete Cosine Transform

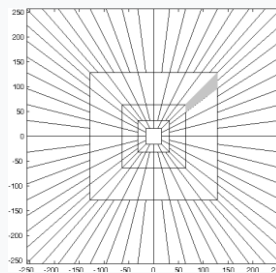
Discrete Cosine Transform adalah metode transformasi yang bertujuan mengubah sinyal domain spasial menjadi domain koefisien frekuensi. Transformasi pada ranah DCT menghasilkan *robustness* yang lebih tinggi dibanding menggunakan metode transformasi pada ranah domain spasial. Untuk DCT dengan ukuran blok ($M \times N$) memiliki hubungan antara piksel citra domain spasial $X(i, j)$ dan transformasi domain koefisien $Y(u, v)$ seperti persamaan pada berikut [13]:

$$C(u,v) = \frac{2\alpha(u)\alpha(v)}{\sqrt{mn}} \sum_{x=0}^{m-1} \sum_{y=0}^{n-1} f(x,y) \times \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2m} \times \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2n} \quad (2)$$

pada persamaan 2 $C(u,v)$ adalah koefisien DCT u bernilai 0 sampai $M-1$ dan v bernilai 0 sampai $N-1$, M merupakan baris, N merupakan kolom, $f(x, y)$ adalah nilai piksel dalam domain spasial, dan $\alpha(u,v)$ bernilai $\frac{1}{\sqrt{2}}$ jika u,v sama dengan 0 dan bernilai 1 untuk u,v selain 0.

D. Fast Discrete Curvelet Transform

Metode transformasi yang bekerja lebih baik dalam membedakan tepi dan kurva dinamakan transformasi Curvelet. Dua jenis implementasi transformasi curvelet diskrit cepat adalah Unequally Spaced Fast Fourier Transform (USFFT) berdasarkan FDCuT, dan curvelet berbasis wrapping berdasarkan FDCuT. USFFT berdasarkan FDCuT memiliki ukuran sampel yang tidak sama, rumit, dan membutuhkan lebih banyak waktu dalam melakukan perhitungan. Sedangkan wrapping berdasarkan FDCuT sederhana, mudah untuk dipahami, dan membutuhkan waktu perhitungan yang lebih cepat.



Gambar 1. Discrete Curvelet Transform 2D

Ketika transformasi *curvelet* berbasis *frequency wrapping* digunakan dalam sebuah citra, maka akan menghasilkan 3 frekuensi sub-band yang berbeda yaitu frekuensi rendah, frekuensi tengah, dan frekuensi tinggi. Pada Gambar 2.3 transformasi *curvelet* menguraikan gambar menjadi sebuah sel koefisien frekuensi yang berbeda, jumlah sel tergantung pada ukuran gambar. Pada tugas akhir ini kita menggunakan transformasi *curvelet* berbasis *frequency wrapping*, karena memiliki waktu perhitungan yang lebih cepat [13].

E. Singular Value Decomposition

SVD adalah hasil faktorisasi dari matriks bilangan nyata atau kompleks yang memiliki bentuk persegi dan biasanya banyak digunakan pada kompresi gambar [14]. SVD didasarkan pada teorema dari aljabar linear yang mengatakan bahwa metrik persegi panjang dapat dipecah menjadi produk dari 3 metrik-metrik orthogonal U , diagonal metrik S , dan ubah metrik orthogonal [13]. Rumus dekomposisi adalah sebagai berikut:

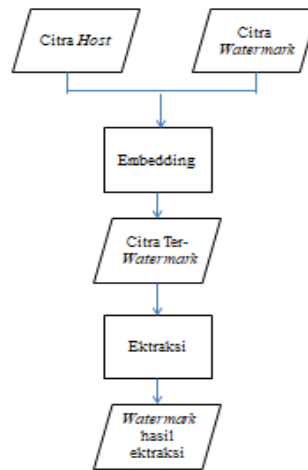
$$A = U S V^T \quad (3)$$

pada tabel 3 untuk A adalah *input* matrik, A dapat berupa matrik persegi, $U U^T = I_n$ dan $V V^T = I_n$, kolom U adalah orthonormal *eigen* vektor dari $A A^T$, kolom V adalah vektor orthonormal dari $A^T A$, I_n adalah matrik identitas, dan S adalah matrik diagonal yang bernilai akar kuadrat dari nilai *eigen* dari U atau V [15].

3. Perancangan Sistem Watermarking

A. Desain Sistem

Pada perancangan *image watermarking* ini penulis menggunakan citra asli adalah citra *greyscale* dengan ukuran 512×512 piksel. Sedangkan untuk citra watermark menggunakan citra biner dengan ukuran 64×64 piksel. Untuk diagram blok program sebagai berikut:

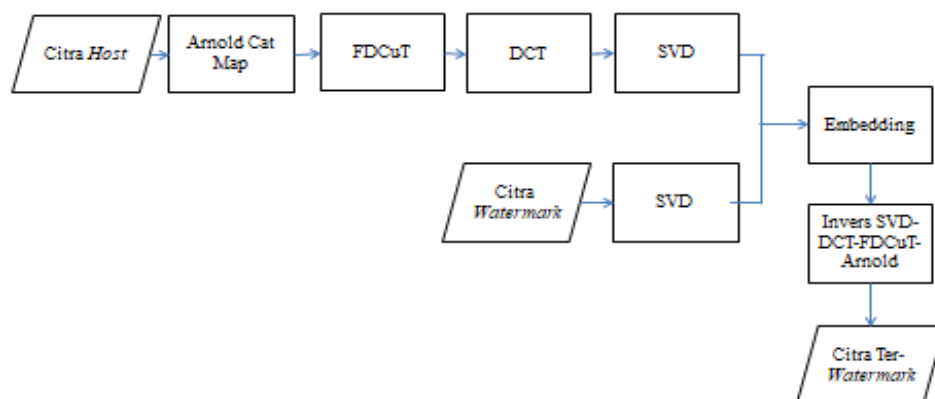


Gambar 2. Diagram Blok *Image Watermarking*

Pada Gambar 2 sistem dibagi menjadi 2 proses yaitu proses penyisipan atau *embedding* dan proses ekstraksi. Pada proses penyisipan akan menghasilkan sebuah citra *ter-watermark*, citra *ter-watermark* diperoleh dari penyisipan citra *watermark* ke citra asli. Setelah dilakukan proses penyisipan, akan dilihat kualitas citra *ter-watermark* dengan menggunakan perhitungan nilai SNR, dan MSE. Kemudian dilakukan proses kedua yaitu proses ekstraksi, pada proses ini citra *ter-watermark* di uraikan menjadi citra *watermark* kembali. Kemudian cari nilai BER dan NC, ini dilakukan untuk mencari kualitas citra *watermark* hasil ekstraksi.

B. Proses Penyisipan

Pada proses penyisipan atau *embedding*, dilakukan penyisipan sinyal *watermark* ke citra asli. Proses penyisipan sesuai dengan diagram blok sebagai berikut:

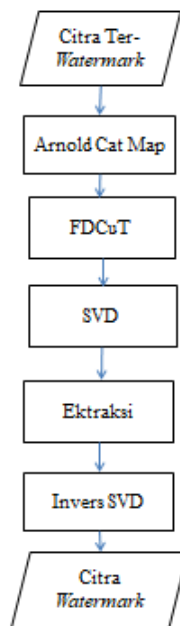


Gambar 3. Diagram Blok Penyisipan

Sesuai Gambar 3 berikut adalah langkah2 proses penyisipan: Pertama pilih citra asli dan citra *watermark*, acaklah citra asli menggunakan Arnold Cat Map dengan iterasi 17, terapkan *frequency wrapping* FDCuT pada hasil acakan Arnold Cat Map ambil frekuensi tinggi atau HF, lalu lakukan transformasi DCT untuk HF yang telah di ambil pada proses FDCuT, sisipkan citra *watermark* ke hasil transformasi DCT pada langkah sebelumnya, gunakan SVD untuk menyisipkan dengan cara menukar s pada citra asli dengan s pada citra *watermark* Terapkan *invers* SVD, DCT, FDCuT dan Arnold Cat Map, rumus *invers* SVD adalah $ISVD = U \times S_{Embedding} \times V^T$. Menghasilkan citra ter-*watermark*.

C. Ekstraksi

Pada proses ekstraksi, citra ter-*watermark* di uraikan menjadi citra *watermark* kembali. Proses ekstraksinya sesuai dengan diagram blok berikut:



Gambar 4 Diagram Blok Ekstraksi

Sesuai pada gambar 4, berikut ini merupakan langkah-langkah proses ekstraksi citra ter-*watermark* untuk mengembalikan citra *watermark* :Pertama Terapkan Arnold Cat Map pada citra ter-*watermark*, lalu terapkan *frequency wrapping* FDCuT pada hasil acakan Arnold Cat Map. Lalu ambil frekuensi tinggi atau HF, Lakukan Transformasi DCT untuk HF yang telah di ambil pada proses FDCuT lakukan dari HF tersebut, ekstraksi menggunakan SVD dengan menukar kembali matrik citra asli dengan matrik citra *watermark*, Konstruksikan kembali *watermark* dengan menggunakan *invers* SVD, dengan menggunakan rumus $ISVD_{ekstraksi} = U_{watermark} \times S_{watermark} \times V_{watermark}^T$, Menghasilkan citra *watermark* hasil ekstraksi.

D. Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya

Setelah program di uji terhadap serangan kemudian akan dibandingkan dengan metode pada penelitian sebelumnya yaitu dengan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT dan metode DCT-SVD. Untuk metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT menggunakan citra asli yaitu citra *greyscale* dengan ukuran 512×512 piksel dan untuk citra *watermark* menggunakan citra *greyscale* dengan ukuran 8×8 piksel, Untuk metode DCT-SVD menggunakan citra asli yaitu citra *greyscale* dengan ukuran 512×512 piksel dan untuk citra *watermark* menggunakan citra biner dengan ukuran 48×48 piksel.

4. Simulasi Image Watermarking

Penelitian ini menggunakan citra aslinya adalah citra *greyscale* dengan ukuran 512×512 piksel dan citra *watermark* nya adalah citra biner dengan ukuran 64×64 piksel. Seperti pada gambar dibawah ini:

Gambar 1. Citra Asli



Gambar 1. Citra Asli



Gabmbar 2. Citra Watermark A



Gabmbar 3. Citra Watermark B

A. Pengujian Iterasi

Pada pengujian ini akan dilakukan pengujian dengan menggunakan iterasi sebagai parameter uji. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari Arnold Cat Map

Tabel 1. Hasil Pengujian Iterasi

Watermark	Jumlah Iterasi	PSNR
Watermark A	1	49,7575
	2	49,7742
	3	49,8056
	4	49,6915
	5	49,5795
	6	49,5441
Watermark B	1	50,4706
	2	50,6572
	3	50,871
	4	50,681
	5	50,6292
	6	50,6965

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa Arnold Cat Map memiliki periode. Karena adanya periode tersebut Arnold Cat Map tidak dapat dikatakan chaos sebab *chaos* tidak mempunyai periode. Namun Arnold Cat Map dapat digolongkan sebagai chaos map karena sifat- sifat acaknya.

B. Pengujian Tanpa Serangan

Simulasi program *image watermarking* dengan metode Arnold Cat Map-FDCut-DCT-SVD dengan tanpa serangan memperoleh hasil gambar ekstraksi watermark sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Tanpa Serangan

Jenis Watermark	PSNR	BER	MSE	NC
Watermark A	Inf	0	0	1
Watermark B	Inf	0	0	1

Pada Proses simulasi program *image watermarking* menggunakan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT-SVD dengan tanpa serangan pada watermark A dan watermark B memperoleh nilai PSNR= Tak terhingga, MSE=0, BER=0, dan NC=1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *image watermarking* menggunakan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT-SVD memiliki kualitas yang baik.

C. Median Filter

Median filter yang digunakan pada simulasi ini yaitu [3 3], [5 5], dan [6 6]. Dan hasil simulasinya sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Simulasi Serangan Median Filter

Quality	Jenis Watermark	PSNR	BER	NC
3x3	Watermark A	64,4317	0,0234	0,9902
	Watermark B	68,4566	0,0093	0,9946
5x5	Watermark A	57,9298	0,1047	0,9198
	Watermark B	60,2232	0,0618	0,9529
7x7	Watermark A	54,5231	0,2295	0,7862
	Watermark B	56,2404	0,1545	0,8469

Berdasarkan Tabel 3 untuk serangan median filter [3 3] pada Watermark A mendapatkan nilai BER= 0,0234, NC= 0,9902, PSNR=64,4317, dan untuk Watermark B mendapatkan nilai BER= 0,0093, NC= 0,9946, PSNR= 68,4566. Untuk serangan median filter [5 5] pada Watermark A mendapatkan nilai BER= 0,1047, NC= 0,9198, PSNR=57,9298, dan untuk Watermark B mendapatkan nilai BER= 60,2232, NC= 0,9529, PSNR= 60,2232. Untuk serangan median filter [7 7] pada Watermark A mendapatkan nilai BER= 0,2295, NC= 0,7862, PSNR=54,5231, dan untuk Watermark B mendapatkan nilai BER= 0,1545, NC= 0,8469, PSNR= 56,2404. Watermark A dan B ketika menerima serangan dari median filter [7 7] memperoleh nilai BER yang tinggi, ini menunjukkan program hanya mampu menahan serangan jenis median filter kurang dari [5 5].

D. Serangan Re Size

Pada simulasi kali ini citra asli yang sudah disisipi akan diperkecil menjadi 256×256 , 128×128 , piksel. Dan diperbesar menjadi 1024×1024 piksel. Hasilnya sebagai berikut

Tabel 4. Hasil Simulasi Serangan Re Size

Perbesaran	Jenis Watermark	PSNR	BER	NC
2x	Watermark A	Inf	0	1
	Watermark B	Inf	0	1
1/2x	Watermark A	64,8592 dB	0,0212	0,9926
	Watermark B	68,9396 dB	0,0083	0,9949
1/4x	Watermark A	56,9628 dB	0,1309	0,9157
	Watermark B	58,4111 dB	0,0938	0,9363

Berdasarkan Tabel 4 untuk serangan *resize* dengan perbesaran 2x pada Watermark A mendapatkan nilai BER= 0, NC= 1, PSNR= Tak terhingga, dan untuk Watermark B mendapatkan nilai BER= 0, NC= 1, PSNR=

Tak terhingga. Untuk serangan *resize* dengan perbesaran $\frac{1}{2}\times$ pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,0212, NC= 0,9926, PSNR= 64,8592 dB, dan untuk *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,0083, NC= 0,9949, PSNR= 68,9396 dB. Untuk serangan *resize* dengan perbesaran $\frac{1}{4}\times$ pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,1309, NC= 0,9157, PSNR= 56,9628 dB, dan untuk *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,0938, NC= 0,9363, PSNR= 58,4111 dB. Dari ketiga simulasi ini nilai BER, NC, dan PSNR memperoleh nilai yang cukup baik, munjukan bahwa *image watermarking* dengan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT tahan terhadap serangan *resize*

E. Salt and Pepper Noise

Pada simulasi dengan serangan Salt and *Pepper Noise* ini kita menggunakan tingkat kebisingan 0.005, 0.01, dan 0.05. Hasil simulasinya sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Simulasi Serangan Salt & Pepper Noise

Tingkat kebisingan	Jenis Watermark	PSNR	BER	NC
0.005	Watermark A	70,8302 dB	0,005371	0,99481
	Watermark B	70,6371 dB	0,005615	0,99391
0,01	Watermark A	63,5725 dB	0,0285645	0,97600
	Watermark B	63,7622 dB	0,0673438	0,97502
0,05	Watermark A	55,4235 dB	0,186523	0,84156
	Watermark B	54,7023 dB	0,2202	0,8460

Berdasarkan Tabel 5 untuk serangan *salt & pepper Noise* 0,005 pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,0053, NC= 0,994, dan PSNR= 70,830 dB, pada *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,00561, NC= 0,993, dan PSNR= 70,637 dB. Untuk serangan *salt & pepper Noise* 0,01 pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,0285, NC= 0,976, dan PSNR= 63,572 dB, pada *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,0673, NC= 0,975, dan PSNR= 63,762 dB. Untuk serangan *salt & pepper Noise* 0,05 pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,186, NC= 0,841, dan PSNR= 55,423 dB, pada *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,019, NC= 0,8460, dan PSNR= 54,7023 dB. *Watermark A* dan B ketika menerima serangan dari *salt & pepper Noise* 0,05 memperoleh nilai BER dan NC yang kurang bagus, ini menunjukkan program hanya mampu menahan serangan jenis *salt and pepper noise* dengan tingkat kebisingan kurang dari 0,01.

F. Poisson Noise

Pada simulasi program dengan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT-SVD dengan jenis serangan *poisson noise* hasil simulasinya sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Simulasi Serangan Poisson Noise

Jenis Watermark	PSNR	BER	NC
Watermark A	66,8508 dB	0,01342	0,986365
Watermark B	67,8199 dB	0,01074	0,985911

Berdasarkan Tabel 6 untuk serangan *poisson noise* pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,01342, NC= 0,986365, PSNR= 66,8508 dB, pada *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,01074, NC= 0,985911, PSNR= 67,8199 dB. Pada simulasi ini memperoleh nilai NC, BER, dan PSNR yang bagus. Jadi ini munjukan bahwa *image watermarking* dengan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT tahan terhadap serangan *poisson noise*

G. Gaussian Noise

Pada simulasi dengan serangan ini kita menggunakan *mean of gaussian noise* sebesar 0.005, 0.01, dan 0.05. Hasil simulasinya sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Simulasi Serangan *Gaussian Noise*

<i>mean of gaussian noise</i>	Jenis <i>Watermark</i>	PSNR	BER	NC
0.005	<i>Watermark A</i>	62,2404 dB	0.0388	0.9855
	<i>Watermark B</i>	57,3436 dB	0.1198	0.9884
0.01	<i>Watermark A</i>	60,6371 dB	0.0561	0.9986
	<i>Watermark B</i>	55,5445 dB	0.1813	0.9980
0.05	<i>Watermark A</i>	57,94 dB	0.1044	1
	<i>Watermark B</i>	54,3733 dB	0.2375	1

Berdasarkan Tabel 7 untuk serangan gaussian noise menggunakan mean of gaussian noise 0,005 pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,0388, NC= 0,9855, dan PSNR= 62,24 dB, dan untuk *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,1198, NC= 0,9986, dan PSNR= 57,3436 dB. Untuk serangan gaussian noise menggunakan mean of gaussian noise 0,01 pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,0561, NC= 0,9986, dan PSNR= 60,6371 dB, dan untuk *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,1813, NC= 0,9980, dan PSNR= 55,5445 dB. Untuk serangan gaussian noise menggunakan mean of gaussian noise 0,05 pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,1044, NC= 1, dan PSNR= 57,94 dB, dan untuk *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,2375, NC= 1, dan PSNR= 54,3733 dB. *Watermark A* dan B ketika menerima serangan dari *salt & pepper Noise* 0,05 memperoleh nilai BER yang kurang bagus.

H. Kompresi JPEG

Pada simulasi kali ini citra terwatermark dikompres dengan quality factor 90, 80, dan 70. Hasil simulasinya sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Simulasi Serangan Kompresi JPEG

Quality	Jenis Watermark	PSNR	BER	NC
90	<i>Watermark A</i>	Inf	0	1
	<i>Watermark B</i>	Inf	0	1
80	<i>Watermark A</i>	84,2544 dB	0,00024	0,999
	<i>Watermark B</i>	84,2544 dB	0,00024	0,999
70	<i>Watermark A</i>	84,2544 dB	0,00024	0,999
	<i>Watermark B</i>	84,2544 dB	0,00024	0,999
10	<i>Watermark A</i>	73,4626 dB	0,0029	0,997
	<i>Watermark B</i>	73,4626 dB	0,0029	0,997
5	<i>Watermark A</i>	63,8405 dB	0,0269	0,978
	<i>Watermark B</i>	65,1696 dB	0.0198	0,987

Berdasarkan Tabel 8 untuk serangan Kompresi JPG dengan *quality* 90 pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0, NC= 1, dan PSNR= Tak terhingga, dan untuk *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0, NC= 1, dan PSNR= Tak terhingga. Untuk serangan Kompresi JPG dengan *quality* 80 pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,00024, NC= 0,9997, dan PSNR= 84,2544 dB, dan untuk *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,00024, NC= 0,9997, dan PSNR= 84,2544 dB. Untuk serangan Kompresi JPG dengan *quality* 70 pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,00024, NC= 0,9997, dan PSNR= 84,2544 dB, dan untuk *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,00024, NC= 0,9997, dan PSNR= 84,2544 dB. Untuk serangan Kompresi JPG dengan *quality* 10 pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,0029, NC= 0,9973, dan PSNR= 73,4626 dB, dan untuk *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,0029, NC= 0,9973, dan PSNR= 73,4626 dB. Untuk serangan Kompresi JPG dengan *quality* 5 pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,0269, NC= 0,9787, dan PSNR= 63,8405 dB, dan untuk *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0.0198, NC= 0,9875, dan PSNR= 65,1696 dB.

I. Speckle Noise

Pada simulasi kali ini citra terwatermark akan diserang dengan serangan *Speckle Noise* dengan variansi keberisingan multiplikatif 0.01, 0.05, dan 0.1. Hasil simulasinya sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil Simulasi Serangan *Speckle Noise*

Variansi	Jenis Watermark	PSNR	BER	NC
----------	-----------------	------	-----	----

kebisingan				
0,005	Watermark A	68,3438 dB	0,0095	0,99018
	Watermark B	68,5724 dB	0,00903	0,98815
0,01	Watermark A	68,0219 dB	0,01025	0,98936
	Watermark B	66,9305 dB	0,0132	0,9843
0,05	Watermark A	66,6957 dB	0,0139	0,9845
	Watermark B	66,9305 dB	0,0132	0,9885

Berdasarkan Tabel 4.9 untuk Serangan *Speckle Noise* dengan variansi keberisingan multiplikatif 0,005 pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,0095, NC= 0,99018, dan PSNR= 68,3438 dB, dan untuk *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,00903, NC= 0,98815, dan PSNR= 68,5724 dB. Untuk Serangan *Speckle Noise* dengan variansi keberisingan multiplikatif 0,01 pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,01025, NC= 0,98936, dan PSNR= 68,0219 dB, dan untuk *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,0132, NC= 0,9843, dan PSNR= 66,9305 dB. Untuk Serangan *Speckle Noise* dengan variansi keberisingan multiplikatif 0,05 pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,0139, NC= 0,9845, dan PSNR= 66,6957 dB, dan untuk *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,0132, NC= 0,9885, dan PSNR= 66,9305 dB. Ini menunjukkan bahwa program hanya mampu menahan serangan jenis *speckle noise* dengan variansi keberisingan multiplikatif kurang dari 0,05.

J. Histogram Equalization

Histogram Equalization adalah suatu proses perataan histogram, dimana distribusi derajat keabuan pada suatu citra dibuat rata. Cara melakukan memerlukan suatu fungsi distribusi kumulatif yang merupakan kumulatif dari histogram. Pada sub bab ini diperoleh hasil Simulasinya adalah sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil Simulasi Serangan *Histogram Equalization*

Jenis Watermark	PSNR	BER	NC
Watermark A	67,0944 dB	0,0127	0,9858
Watermark B	61,2878 dB	0,0483	0,9376

Berdasarkan Tabel 10 untuk serangan *Histogram Equalization* pada *Watermark A* mendapatkan nilai BER= 0,0127, NC= 0,9858, dan PSNR= 67,0944 dB dB, dan untuk *Watermark B* mendapatkan nilai BER= 0,0483, NC= 0,9376, dan PSNR= 61,2878 dB. Berdasarkan simulasi pada serangan *histogram equalization* mampu memperoleh nilai NC, BER dan PSNR yang bagus, ini menunjukkan program mampu menahan serangan jenis *histogram equalization*.

K. Perbandingan Dengan Metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan dengan hasil pada penelitian sebelumnya yaitu *image watermarking* dengan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT. Pada penelitian dengan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT memiliki citra *host* berupa citra *greyscale* dengan ukuran 512×512 piksel, sedangkan untuk citra watermark berupa citra *greyscale* dengan ukuran 8×8 piksel. Hasil perbandingannya adalah sebagai berikut:

Tabel 11. Hasil Perbandingan Metode 1

Metode	Arnold Cat Map-FDCuT-DCT	Arnold Cat Map-FDCuT-DCT-SVD
Rata-Rata Nilai PSNR	40,13 dB	66,22 dB
Median filter [3×3]	NC=1	NC=1
Median filter [7×7]	NC=0,62	NC=0,78
Kompresi JPEG QF=90	NC=1	NC=1
Kompresi JPEG QF=10	NC=0,78	NC=0,99
Kompresi JPEG QF=5	NC=0,4	NC= 0,978
<i>Histogram Equalization</i>	NC=0,92	NC=0,985
<i>Resize (2×)</i>	NC=1	NC=1

<i>Speckle Noise 0,005</i>	NC=1	NC=0,99
<i>Speckle Noise 0,01</i>	NC=1	NC=0,97
<i>Salt & Pepper 0,01</i>	NC=1	NC=0,976

Berdasarkan Tabel 11 untuk nilai PSNR pada penelitian ini memperoleh nilai PSNR= 66,22 dB, sedangkan penelitian sebelumnya dengan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT memperoleh PSNR=40,13 dB. Dari segi nilai PSNR metode pada penelitian ini lebih bagus daripada dengan metode penelitian sebelumnya. Kemudian untuk serangan Histogram *Equalization* metode pada penelitian ini memperoleh nilai NC yang lebih bagus. Untuk serangan median filter metode pada penelitian ini memperoleh nilai NC yang lebih bagus daripada dengan metode penelitian sebelumnya. Untuk serangan kompresi JPEG metode pada penelitian ini memperoleh nilai NC yang lebih bagus daripada dengan metode penelitian sebelumnya. Untuk serangan *resize* metode pada penelitian ini memperoleh nilai NC yang sama. Sedangkan untuk serangan *speckle noise* penelitian sebelumnya memperoleh nilai NC yang lebih bagus daripada dengan metode pada penelitian ini. Untuk serangan *Salt & Pepper noise* penelitian sebelumnya memperoleh nilai NC yang lebih bagus daripada dengan metode pada penelitian ini ini.

Jadi kesimpulan pada perbandingan antara metode pada penelitian ini dari segi nilai PSNR lebih bagus daripada metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT. Kemudian dari segi *robustness* metode pada penelitian ini untuk serangan median filter, kompresi JPEG, dan histogram *equalization* lebih bagus dari pada metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT, untuk serangan *speckle noise* dan *salt & pepper* metode pada metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT lebih bagus daripada metode pada Penelitian ini.

L. Perbandingan Dengan Metode DCT-SVD

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan dengan hasil pada penelitian sebelumnya yaitu *image watermarking* dengan metode DCT-SVD. Hasilnya sebagai berikut:

Tabel 12. Hasil Perbandingan Metode 2

Metode	DCT-SVD	Arnold Cat Map-FDCuT-DCT-SVD
Nilai PSNR	43,12 dB	49.7149 dB
Median filter [3×3]	NC=0,834	NC=1
Kompresi JPEG QF=90	NC=0,97	NC=1
<i>Salt & Pepper Noise 0,005</i>	NC=0,913	NC=0,994
<i>Gaussian Noise 0,001</i>	NC=0,708	NC=0,929

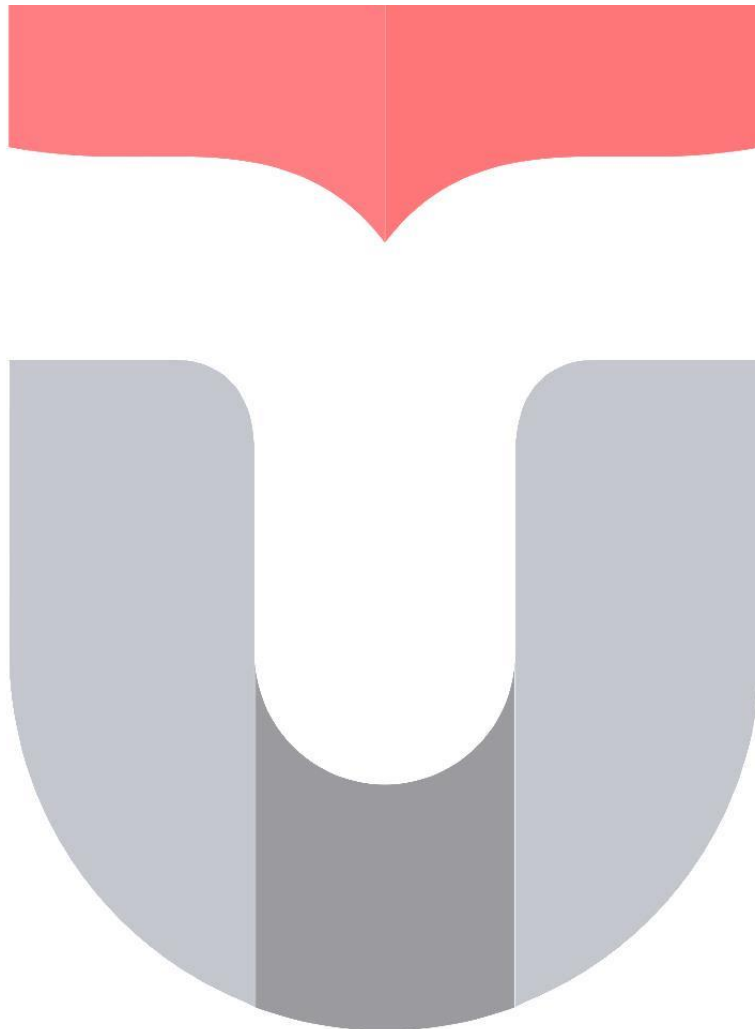
Berdasarkan Tabel 12 pada metode penelitian ini memiliki nilai rata-rata PSNR= 66,22 dB, sedangkan untuk metode DCT-SVD memiliki nilai rata-rata=43,12 dB. Jadi dari segi nilai PSNR metode pada penelitian ini lebih bagus daripada dengan metode DCT-SVD. Kemudian untuk perbandingan dengan menggunakan serangan pada serangan median filter [3×3], kompresi JPEG, gaussian *noise* 0,001, dan *salt & pepper 0,005* metode pada penelitian ini memperoleh nilai NC yang lebih bagus daripada dengan metode DCT-SVD.

Jadi dapat disimpulkan *image watermarking* dengan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT-SVD dari segi *imperceptible* dan dari segi *robustness* lebih bagus daripada *image watermarking* dengan metode DCT-SVD. Tetapi pada metode DCT-SVD memiliki keuntungan yang tidak dimiliki metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT-SVD, metode DCT-SVD dapat bekerja pada *watermark* dengan ukuran persegi panjang atau $N \times M$

5. Kesimpulan

Image watermarking dengan menggunakan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT-SVD pada *Watermark A* mempunyai nilai rata-rata PSNR= 66,22 dB, dan pada *Watermark B* mempunyai nilai rata-rata PSNR= 66,20 dB. Ini menunjukkan program tahan terhadap serangan histogram *equalization*, serangan *poisson noise*, *salt and pepper noise*, *speckle noise*, gaussian *noise*, kompresi JPEG, median filter, dan serangan *resize*. Pada metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT-SVD memiliki ketahanan terbaik pada serangan kompresi JPEG karena dapat tahan

serangan kompresi JPEG dengan quality diatas 5. Sedangkan untuk serangan gaussian *noise* memiliki tingkat ketahanan terjelek karena pada serangan gaussian *noise* dengan *mean of gaussian* 0,05 program tidak dapat menahan serangan tersebut. *Image watermarking* dengan menggunakan metode Arnold Cat Map-FDCut-DCT-SVD pada *Watermark A* memperoleh nilai rata-rata BER=0,047, dan pada *Watermark B* mempunyai nilai rata-rata BER= 0,048. Ini menunjukan bahwa program memenuhi syarat *Imperceptible* kemudian *Image watermarking* dengan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT-SVD dari segi *robustness* lebih baik dibandingkan dengan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT. Untuk serangan median filter, kompresi JPEG, dan histogram *equalization* metode Arnold Cat Map-FDCut-DCT-SVD lebih tahan serangan dari pada metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT, sedangkan Untuk serangan *speckle noise* dan *salt & pepper* metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT lebih tahan serangan daripada metode Arnold Cat Map-FDCut-DCT-SVD. *Image watermarking* dengan metode Arnold Cat Map-FDCuT-DCT-SVD dari segi *imperceptible* dan *robustness* lebih baik dibandingkan dengan metode DCT-SVD.



REFERENSI

- [1] T. Fishman, "We know it when we see it is not good enough: toward a standard definition of plagiarism that transcends theft, fraud, and copyright.," *Proc. 4th Asia Pacific Conf. Educ. Integr.*, no. September, p. 5, 2009.
- [2] Y. Yunawan, I. Safitri, and L. Novamizanti, "Compressive Sensing for Image Watermarking Discrete Wavelet Transform and Spread Spectrum," *Proc. - 2018 Int. Conf. Control. Electron. Renew. Energy Commun. ICCEREC 2018*, pp. 99–103, 2018, doi: 10.1109/ICCEREC.2018.8712090.
- [3] Munir, "Image Watermarking untuk Memproteksi Citra Digital dan Aplikasinya pada Citra Medis," *Inst. Teknol. Bandung*, 2005.
- [4] I. Iwut, G. Budiman, and L. Novamizanti, "Optimization of discrete cosine transform-based image watermarking by genetics algorithm," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 91–103, 2016, doi: 10.11591/ijeecs.v4.i1.pp91-103.
- [5] G. Budiman, L. Novamizanti, and I. Iwut, "Genetics algorithm optimization of DWT-DCT based image Watermarking," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 795, no. 1, pp. 1–10, 2017, doi: 10.1088/1742-6596/795/1/012039.
- [6] I. Safitri, L. Novamizanti, and Y. Yunawan, "DWT SS image watermarking with compressive sensing," *Proc. - 2018 3rd Int. Conf. Inf. Technol. Inf. Syst. Electr. Eng. ICITISEE 2018*, pp. 335–339, 2018, doi: 10.1109/ICITISEE.2018.8721015.
- [7] L. Novamizanti, I. Wahidah, and N. Wardana, "A Robust Medical Images Watermarking Using FDCuT-DCT-SVD," *Int. J. Intell. Eng. Syst.*, vol. 13, no. 6, pp. 266–278, 2020, doi: 10.22266/ijies2020.1231.24.
- [8] S. H. Soleymani, A. Hossein Taherinia, and A. Hossein Mohajerzadeh, "A blind robust watermarking method based on Arnold Cat map and amplified pseudo-noise strings with weak correlation."
- [9] F. Ernawan, M. Ramalingam, A. S. Sadiq, and Z. Mustaffa, "An improved imperceptibility and robustness of 4x4 DCT-SVD image watermarking using modified entropy," *J. Telecommun. Electron. Comput. Eng.*, vol. 9, no. 2–7, pp. 111–116, 2017.
- [10] Y. Liu, S. Tang, R. Liu, L. Zhang, and Z. Ma, "Secure and robust digital image watermarking scheme using logistic and RSA encryption."
- [11] S. H. Soleymani, A. Hossein Taherinia, and A. Hossein Mohajerzadeh, "A blind robust watermarking method based on Arnold Cat map and amplified pseudo-noise strings with weak correlation."
- [12] E. Hariyanto, R. Rahim, and S. Tinggi, "Arnold's Cat Map Algorithm in Digital Image Encryption Decision Support System View project improvement of C4.5 Algorithm View project Arnold's Cat Map Algorithm in Digital Image Encryption," *Artic. Int. J. Sci. Res.*, vol. 5, 2016, doi: 10.21275/ART20162488.
- [13] R. Thanki, S. Borra, V. Dwivedi, and K. Borisagar, "Engineering Science and Technology , an International Journal An efficient medical image watermarking scheme based on FDCuT – DCT," *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 20, no. 4, pp. 1366–1379, 2017, doi: 10.1016/j.jestech.2017.06.001.
- [14] E. Hidayat, E. U.- Semantik, and undefined 2011, "Hybrid Watermarking Citra Digital Menggunakan Teknik Dwt-Dct Dan Svd," *publikasi.dinus.ac.id*.
- [15] M. Ali, C. W. Ahn, and M. Pant, "A robust image watermarking technique using SVD and differential evolution in DCT domain," *Optik (Stuttg.)*, vol. 125, no. 1, pp. 428–434, 2014, doi: 10.1016/j.ijleo.2013.06.082.