Pengamanan Citra Dengan Kombinasi *Modified Serpent* Dan IWT Dengan *Modified Logistic Chaotic Map*

Allwin M.Simarmata¹, Kelvin Lysander², Denniel Lusandy³, Iswandi⁴

Universitas Prima Indonesia; Jl. Sekip simp. Sikambing, 061-4578890

Jurusan Teknik Informatika, FTIK Universitas Prima Indonesia, Medan

e-mail: ¹allwinsimarmata@unprimdn.ac.id, ²kelvinlysander25@gmail.com,

³dusandy0915@gmail.com, ⁴iswandizhang98@gmail.com

Abstrak

Algoritma kriptografi dapat digunakan untuk mengamankan citra. Salah satu algoritma kriptografi yang dapat digunakan untuk mengenkripsi citra adalah algoritma *Serpent*. Namun, algoritma *Serpent* memerlukan proses enkripsi dan dekripsi yang lama. Untuk mengurangi waktu yang diperlukan dalam proses enkripsi dekripsi, dilakukan modifikasi pada algoritma *Serpent* dengan memanfaatkan sistem chaos dan cyclic group. Dengan metode ini membuat waktu proses menjadi lebih cepat dan jumlah iterasi yang dibutuhkan berkurang menjadi 10 putaran serta meningkatkan kompleksitas algoritma. Selain itu, pengenkripsian saja tidaklah cukup karena akan menimbulkan kecurigaan sehingga informasi akan rentan dicuri. Maka diperlukan teknik steganografi seperti metode Integer Wavelet Transform (IWT). Metode ini muncul untuk mengatasi kelemahan terhadap robustness dan imperceptibility yang ada pada Least Significant Bit (LSB). Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh informasi bahwa perubahan nilai kunci dan parameter yang digunakan pada *Modified Serpent* tidak berpengaruh terhadap kecepatan waktu enkripsi dan dekripsi, waktu dekripsi jauh lebih cepat daripada waktu enkripsi dan semua nilai parameter x_0 , y_0 , z_0 , α , β , γ dari algoritma *Modified Logistic Chaotic Map* yang diberi nilai sama akan menghasilkan nilai MSE dan PSNR yang lebih baik dibandingkan dengan nilai parameter lainnya yang berubah atau tidak sama.

Kata kunci—citra, kriptografi, metode *Serpent*, steganografi, Integer Wavelet Transform

Abstract

Cryptographic algorithms can be used to secure images. One of the cryptographic algorithms that can be used to encrypt images is the *Serpent* algorithm. However, the *Serpent* algorithm requires a long encryption and decryption process. To reduce the time required in the encryption decryption process, modifications were made to the *Serpent* algorithm by utilizing the chaos system and cyclic group. This method makes processing time faster and the number of iterations required is reduced to 10 rounds and increases the complexity of the algorithm. In addition, encryption alone is not enough because it will raise suspicions so that the information will be vulnerable to being stolen. So we need a steganography technique such as the Integer Wavelet Transform (IWT) method. This method appears to overcome the weaknesses of robustness and imperceptibility that exist in Least Significant Bit (LSB). Based on the results of the tests carried out, information is obtained that changes in the key values and parameters used in *Modified Serpent* have no effect on the speed of encryption and decryption time, the decryption time is much faster than the encryption time and all parameter values x_0 , y_0 , z_0 , α , β , γ of the *Modified Logistic Chaotic Map* algorithm which is given the same value will produce better MSE and PSNR values compared to other parameter values that change or are not the same.

Keywords— image, cryptography, *Serpent* method, steganography, Integer Wavelet Transform

1. PENDAHULUAN

Citra memuat nilai informasi yang penting dan rahasia, sehingga perlu dienkripsi agar hanya pihak berwenang yang memiliki kunci yang dapat mendekripsinya. Salah satu algoritma kriptografi yang dapat digunakan untuk mengenkripsi citra adalah algoritma Serpent. Algoritma ini menggunakan teknik *cipher* blok dengan kunci simetris. Proses enkripsi ini dimulai dengan melakukan permutasi inisial lalu diikuti sebanyak 32 putaran pada transformasi substitusi dan kemudian permutasi akhir [1]. Algoritma ini memiliki tingkat keamanan yang sebanding dengan *Advanced Encryption Standard* (AES) namun lemah dari segi kecepatan dikarenakan lebih banyak jumlah putaran yang dibutuhkan [2]. Untuk mengurangi waktu yang diperlukan dalam proses enkripsi dekripsi, dilakukan modifikasi pada algoritma Serpent dengan memanfaatkan sistem *chaos* dan *cyclic group*. Modifikasi ini mengubah proses transformasi substitusi byte (DES S-box) menjadi *list* bilangan prima 257 yang memiliki 128 *generator* untuk digunakan sebagai kunci di setiap putarannya. Dengan metode ini membuat waktu proses menjadi lebih cepat dan jumlah iterasi yang dibutuhkan berkurang menjadi 10 putaran serta meningkatkan kompleksitas algoritma [2].

Namun, pengenkripsian saja tidaklah cukup karena akan menimbulkan kecurigaan sehingga informasi akan rentan dicuri. Maka diperlukan teknik steganografi untuk menyembunyikan pesan atau informasi ke dalam suatu media tertentu agar pihak lain tidak mengetahui keberadaan pesan tersebut [3]. Metode steganografi yang digunakan adalah *Integer Wavelet Transform* (IWT) yang merupakan teknik transformasi domain. Metode ini muncul untuk mengatasi kelemahan terhadap *robustness* dan *imperceptibility* yang ada pada *Least Significant Bit* (LSB). Kemudian digunakan IWT karena hasilnya tampak mirip dengan citra asli, tetapi dengan ukuran yang lebih kecil. Metode ini menciptakan *noise* yang lebih sedikit setelah proses penyisipan dikarenakan bahwa transformasi tersebut memberikan toleransi yang tinggi terhadap *noise* citra [4].

Pada proses penyisipan dengan metode IWT, perlu ditentukan posisi bit dan piksel pada cover *image* yang akan disisipkan sebuah pesan. Untuk menentukan posisi tersebut, maka digunakanlah fungsi *chaos*. Karakteristik *chaos* adalah sensitivitas terhadap kondisi awal, berkelakuan acak, dan tidak memiliki periode berulang. *Logistic map* merupakan salah satu fungsi *chaos* yang banyak digunakan dalam teknik penyisipan data karena sederhana dan sangat cepat tetapi fungsi ini sendiri memiliki ruang kunci yang kecil [5]. Permasalahan ruang kunci merupakan faktor penting dalam metode keamanan [6]. Untuk meningkatkan keamanan, dilakukan sebuah modifikasi pada *logistic map* untuk meningkatkan ruang kunci dengan menambahkan tiga variabel baru berupa α , β , dan γ sebagai parameter baru. Variabel tersebut sangat bergantung dengan variabel lainnya sehingga nilai yang dimasukkan berbeda sedikit saja, maka akan menghasilkan perubahan yang signifikan [7].

Penelitian sejenis yang pernah dilakukan sebelumnya seperti “Kombinasi Steganografi Bit Matching Dan Kriptografi Playfair Cipher, Hill Cipher Dan Blowfish” [8]. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian untuk melihat waktu yang dipakai untuk melakukan kombinasi steganografi bit matching serta mengkombinasikan beberapa metode kriptografi seperti playfair, hill cipher dan blowfish. Hasilnya ialah untuk citra hitam putih diperoleh waktu rata-rata embedding 28.275 detik ekstraksi 27.843 detik dan untuk citra berwarna waktu rata-rata embedding 13.0208 detik dan ekstraksi 12,7986 detik.

Penelitian lainnya berjudul “Implementasi Algoritma Enkripsi Citra Digital Berbasis Chaos Menggunakan Fungsi Komposisi Logistic Dan Gauss Iterated Map” [9]. Hasil uji PSNR terhadap semua citra asli dengan citra hasil dekripsi menunjukkan bahwa nilai PSNR tak hingga, dan MSE bernilai nol, hal ini menunjukkan bahwa citra asli dengan citra hasil dekripsi sama atau

tidak berubah. Waktu proses enkripsi dan dekripsi citra grayscale relatif lebih cepat daripada citra warna. Waktu proses enkripsi dan dekripsi juga bergantung pada ukuran pixel dari citra.

Penelitian lainnya “Proses Pengamanan Data Menggunakan Kombinasi Metode Kriptografi Data Encryption Standard dan Steganografi End Of File” [10]. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pesanrahasia berhasil dienkripsi dengan menggunakan panjang kunci 56 bit kemudian disisipkan pada citra digital menggunakan EOF dan memiliki hasil pengujian bahwa pesan yang disisipkan dapat diambil kembali untuk dapat dilakukan proses dekripsi.

2. METODE PENELITIAN

Prosedur kerja dari proses penyisipan mencakup proses enkripsi pesan dan proses *embedding*, yang dapat digambarkan dalam bentuk *flowchart* diagram seperti terlihat pada gambar 1.

Gambar 1. Flowchart Proses Utama Penyisipan

Secara garis besar, proses ekstraksi dapat dilihat pada gambar 2.

Gambar 2. Flowchart Proses Ekstraksi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Pada bagian ini dijelaskan hasil akhir mengenai perangkat lunak. Untuk menggunakan perangkat lunak ini, jalankan *file* “Modified Serpent.exe”, maka akan ditampilkan halaman utama dari program seperti terlihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Tampilan Form Utama

Proses enkripsi dengan menggunakan metode *Modified Serpent* ini dapat dilakukan dengan mengklik *Button* ‘Proses Penyisipan’ pada *form* Utama sehingga sistem akan menampilkan *form* Proses Enkripsi seperti terlihat pada Gambar 4. berikut:

Gambar 4. Tampilan Form Proses Enkripsi Setelah Citra di Enkripsi

Proses penyisipan dengan menggunakan metode *Modified Logistic Chaotic Map* dan IWT ini dapat dilakukan setelah proses enkripsi dilakukan setelah itu klik tombol 'Lanjut ke Proses Penyisipan' pada *form* Proses Enkripsi sehingga sistem akan menampilkan *form* Proses Penyisipan seperti terlihat pada Gambar 5. berikut:

Gambar 5. Tampilan *Form* Proses Penyisipan Setelah Citra Pesan Disisip

Proses ekstraksi dengan menggunakan metode *Modified Logistic Chaotic Map* dan IWT ini dapat dilakukan dengan mengklik *Button* 'Proses Ekstraksi' pada *form* Utama sehingga sistem akan menampilkan *form* Proses Ekstraksi seperti terlihat pada Gambar 6. berikut:

Gambar 6. Tampilan *Form* Proses Ekstraksi Setelah Citra Enkripsi Terekstrak

Proses dekripsi dengan menggunakan metode *Modified Serpent* ini dapat dijalankan setelah proses ekstraksi dilakukan dengan mengklik tombol 'Lanjut ke Proses Dekripsi' pada *form* Proses Ekstraksi sehingga sistem akan menampilkan *form* Proses Dekripsi seperti terlihat pada Gambar 7. berikut:

Gambar 7. Tampilan *Form* Proses Dekripsi Setelah Citra di Dekripsi

3.2. Pembahasan

Untuk memastikan bahwa perangkat lunak telah memenuhi kebutuhan dan tujuan yang diharapkan, maka dilakukan pengujian yang terbagi atas 2 (dua) bagian, yaitu pengujian waktu dan pengujian kualitas.

3.2.1 Pengujian Waktu

Dilakukan beberapa pengujian menggunakan citra pesan RGB berukuran 100 x 100 dan 200 x 200 dengan jenis citra yang sama. Mengubah nilai kunci dengan panjang karakter yang berbeda, menggunakan huruf kecil, besar, simbol, angka secara keseluruhan dan kombinasi diantaranya. Rincian hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Waktu Dengan Mengubah Nilai Kunci pada Citra 100 x 100 dan 200 x 200

Citra Rahasia	Kunci	λ	X0	Waktu Enkripsi (100x100)	Waktu Dekripsi (100x100)	Waktu Enkripsi (200x200)	Waktu Dekripsi (200x200)
cat.jpg	test	3.9011	8	15140 ms	5031 ms	83813 ms	24156 ms
	testtesttest	3.9011	8	14406 ms	5031 ms	83718 ms	24063 ms
	testtesttesttesttest	3.9011	8	15188 ms	5031 ms	81344 ms	23937 ms
	testtesttesttesttesttest	3.9011	8	15172 ms	5079 ms	84438 ms	25344 ms
	1234	3.9011	8	15766 ms	5250 ms	82578 ms	23922 ms
	123456789012	3.9011	8	14937 ms	5234 ms	82360 ms	23969 ms

	12345678901234567890	3.9011	8	14891 ms	5250 ms	81968 ms	24063 ms
	123456789012345678901234567	3.9011	8	14938 ms	5235 ms	80297 ms	24000 ms
	!@#\$	3.9011	8	15016 ms	5234 ms	84063 ms	24157 ms
	!@#\$%^&*()!@	3.9011	8	15047 ms	5422 ms	83391 ms	24047 ms
	!@#\$%^&*()!@#\$%^&*()	3.9011	8	15016 ms	5282 ms	81187 ms	23766 ms
	!@#\$%^&*()!@#\$%^&*()!@#\$%^&*()	3.9011	8	15781 ms	5266 ms	82797 ms	24156 ms
	TEST	3.9011	8	15609 ms	5250 ms	82453 ms	24140 ms
	TESTTESTTEST	3.9011	8	15547 ms	5250 ms	82172 ms	23656 ms
	TESTTESTTESTTESTTEST	3.9011	8	15078 ms	5266 ms	82875 ms	24063 ms
	TESTTESTTESTTESTTESTTEST	3.9011	8	15078 ms	5266 ms	80906 ms	24047 ms
	T3s!	3.9011	8	15516 ms	5250 ms	82437 ms	24032 ms
	T3s! tE5T3s!	3.9011	8	14906 ms	5250 ms	81485 ms	24109 ms
	T3s! tE5T3s! tE5T3s!	3.9011	8	14954 ms	5266 ms	82281 ms	24141 ms
	T3s! tE5T3s! tE5T3s! tE5T3s!	3.9011	8	14922 ms	5250 ms	81235 ms	24157 ms

Pengujian waktu berikutnya dengan menggunakan citra dengan ukuran dan file yang sama. Pada pengujian ini hanya dilakukan perubahan nilai parameter lambda (λ) dari nilai terkecil hingga terbesar dengan rentang $3.9 > \lambda > 4$. Untuk rincian hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Waktu Dengan Mengubah Nilai Parameter Lambda pada Citra 100 x 100 dan 200 x 200

Citra Rahasia	Kunci	λ	X0	Waktu Enkripsi (100x100)	Waktu Dekripsi (100x100)	Waktu Enkripsi (200x200)	Waktu Dekripsi (200x200)
cat.jpg	T3s! tE5	3.905	8	14922 ms	5250 ms	84750 ms	25907 ms
	T3s! tE5	3.91	8	15016 ms	5250 ms	82984 ms	24047 ms
	T3s! tE5	3.915	8	14953 ms	5235 ms	83187 ms	26532 ms
	T3s! tE5	3.92	8	15125 ms	5250 ms	82906 ms	23985 ms
	T3s! tE5	3.925	8	15031 ms	5265 ms	80985 ms	24046 ms
	T3s! tE5	3.93	8	14953 ms	5282 ms	80937 ms	23891 ms
	T3s! tE5	3.935	8	14954 ms	5266 ms	82922 ms	24094 ms
	T3s! tE5	3.94	8	14969 ms	5234 ms	81141 ms	24078 ms
	T3s! tE5	3.945	8	14907 ms	5235 ms	84719 ms	24500 ms
	T3s! tE5	3.95	8	15016 ms	5281 ms	81765 ms	24016 ms
	T3s! tE5	3.955	8	14969 ms	5234 ms	81921 ms	24032 ms
	T3s! tE5	3.96	8	15016 ms	5312 ms	80656 ms	24187 ms
	T3s! tE5	3.965	8	14984 ms	5250 ms	81469 ms	24172 ms
	T3s! tE5	3.97	8	14922 ms	5281 ms	84516 ms	25438 ms
	T3s! tE5	3.975	8	14938 ms	5235 ms	84063 ms	24515 ms
	T3s! tE5	3.98	8	15031 ms	5312 ms	101563 ms	26000 ms
	T3s! tE5	3.985	8	15343 ms	5344 ms	93219 ms	26250 ms
	T3s! tE5	3.99	8	14968 ms	5297 ms	84313 ms	24640 ms
	T3s! tE5	3.995	8	14938 ms	5265 ms	82547 ms	24046 ms

Pengujian waktu berikutnya dengan hanya mengubah nilai parameter x_0 menggunakan citra yang sama pada pengujian sebelumnya. Rincian hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3. berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Waktu Dengan Mengubah Nilai Parameter X_0 pada Citra 100 x 100 dan 200 x 200

Citra Rahasia	Kunci	λ	X_0	Waktu Enkripsi (100x100)	Waktu Dekripsi (100x100)	Waktu Enkripsi (200x200)	Waktu Dekripsi (200x200)
cat.jpg	T3s! tE5	3.9011	1	15187 ms	5281 ms	88594 ms	24735 ms
	T3s! tE5	3.9011	11	15125 ms	5281 ms	83656 ms	24109 ms
	T3s! tE5	3.9011	21	15016 ms	5265 ms	83015 ms	24078 ms
	T3s! tE5	3.9011	31	15094 ms	5281 ms	82891 ms	24109 ms
	T3s! tE5	3.9011	41	15047 ms	5281 ms	83672 ms	24110 ms
	T3s! tE5	3.9011	51	15031 ms	5250 ms	80907 ms	24094 ms
	T3s! tE5	3.9011	61	15015 ms	5265 ms	83547 ms	24031 ms
	T3s! tE5	3.9011	71	14985 ms	5281 ms	84766 ms	24125 ms
	T3s! tE5	3.9011	81	15047 ms	5282 ms	83687 ms	24218 ms
	T3s! tE5	3.9011	91	14984 ms	5406 ms	83703 ms	24235 ms
	T3s! tE5	3.9011	101	15016 ms	5297 ms	81250 ms	24015 ms
	T3s! tE5	3.9011	111	14969 ms	5281 ms	81671 ms	23844 ms
	T3s! tE5	3.9011	121	15313 ms	5281 ms	81891 ms	24141 ms
	T3s! tE5	3.9011	128	15203 ms	5265 ms	83422 ms	23969 ms

Pengujian waktu berikut menggunakan jenis citra yang berbeda-beda dengan ukuran 100 x 100 dan 200 x 200. Kunci dan parameter yang dimasukan bernilai tetap untuk setiap citra yang diuji. Rincian hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4. berikut.

Tabel 4. Hasil Pengujian Waktu Menggunakan Citra yang Berbeda Dengan Ukuran 100 x 100 dan 200 x 200

Citra Rahasia	Kunci	λ	X_0	Waktu Enkripsi (100 x 100)	Waktu Dekripsi (100 x 100)	Waktu Enkripsi (200 x 200)	Waktu Dekripsi (200 x 200)
cat.jpg	T3s! tE5	3.9011	8	15015 ms	5219 ms	82422 ms	23953 ms
einstein.jpg	T3s! tE5	3.9011	8	15093 ms	5219 ms	81516 ms	23750 ms
lena.jpg	T3s! tE5	3.9011	8	14844 ms	5250 ms	82484 ms	23906 ms
dota.png	T3s! tE5	3.9011	8	15110 ms	5235 ms	83281 ms	23687 ms
mario.png	T3s! tE5	3.9011	8	14953 ms	5234 ms	82562 ms	23953 ms
pattern.png	T3s! tE5	3.9011	8	15047 ms	5234 ms	83094 ms	23609 ms

T3s! tE5	3.9011	8	14828 ms	5218 ms	82843 ms	23828 ms
T3s! tE5	3.9011	8	14860 ms	5235 ms	89016 ms	26453 ms

Berdasarkan hasil pengujian waktu diatas, dapat diperoleh beberapa informasi berikut:

1. Perubahan nilai kunci dan parameter yang digunakan tidak berpengaruh terhadap kecepatan waktu enkripsi dan dekripsi, terbukti bahwa untuk setiap nilai dari kunci maupun parameter yang diubah berapa pun tidak mempengaruhi waktu secara signifikan.
2. Kecepatan enkripsi dan dekripsi hanya bergantung pada ukuran citra rahasia.
3. Waktu dekripsi jauh lebih cepat daripada waktu enkripsi sehingga metode *Modified Serpent* cocok untuk diterapkan secara praktis, karena proses dekripsi biasanya dilakukan pada perangkat dengan sumber daya terbatas dan memadai.

3.2.2 Pengujian Kualitas

Dilakukan beberapa pengujian dengan menggunakan citra sampel RGB berukuran 512 x 512 piksel dan citra pesan yang telah terenkripsi dengan ukuran 80 x 80, 100 x 100 dan 128 x 128. Pada pengujian ini dilakukan perubahan nilai untuk setiap parameter dengan rentang tertentu untuk menguji kualitas citra setelah disisip citra pesan. Untuk rincian pengujian kualitas dengan citra pesan 80 x 80 dapat dilihat pada Tabel 5. berikut.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kualitas Dengan Perubahan Nilai Parameter Terhadap Citra Pesan 80 x 80

Ukuran Citra Pesan	X0	Y0	Z0	α	β	γ	Nilai MSE	Nilai PSNR (dB)
80 x 80	0.111	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	0.8938	48.6184
80 x 80	0.111	0.111	0.111	1.5	0.5	0.5	3.59829	42.56984
80 x 80	0.111	0.111	0.111	2.5	0.5	0.5	3.8507	43.23815
80 x 80	0.111	0.111	0.111	3.5	0.5	0.5	2.74515	43.74514
80 x 80	0.111	0.111	0.111	4	0.5	0.5	2.53992	44.826
80 x 80	0.111	0.111	0.111	0.5	1.5	0.5	2.98744	43.37781
80 x 80	0.111	0.111	0.111	0.5	2.5	0.5	2.90369	43.5013
80 x 80	0.111	0.111	0.111	0.5	3.5	0.5	2.41941	44.29371
80 x 80	0.111	0.111	0.111	0.5	4	0.5	2.86312	43.56241
80 x 80	0.111	0.111	0.111	0.5	0.5	1.5	3.14798	43.15048
80 x 80	0.111	0.111	0.111	0.5	0.5	2.5	2.40865	44.31307
80 x 80	0.111	0.111	0.111	0.5	0.5	3.5	2.2877	45.5848
80 x 80	0.111	0.111	0.111	0.5	0.5	4	3.27354	42.98063
80 x 80	0.222	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	2.59747	43.9853
80 x 80	0.333	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	2.82471	43.62106
80 x 80	0.444	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	2.82685	43.61778
80 x 80	0.555	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	3.8083	43.24413
80 x 80	0.666	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	2.57161	44.2875
80 x 80	0.777	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	2.38375	44.3582
80 x 80	0.888	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	2.62174	43.94491
80 x 80	0.999	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	2.99974	43.35997

80 x 80	0.111	0.222	0.111	0.5	0.5	0.5	3.2233	43.478
80 x 80	0.111	0.333	0.111	0.5	0.5	0.5	2.65172	43.89553
80 x 80	0.111	0.444	0.111	0.5	0.5	0.5	2.95097	43.43116
80 x 80	0.111	0.555	0.111	0.5	0.5	0.5	2.97843	43.39093
80 x 80	0.111	0.666	0.111	0.5	0.5	0.5	2.68814	43.83628
80 x 80	0.111	0.777	0.111	0.5	0.5	0.5	2.83247	43.60915
80 x 80	0.111	0.888	0.111	0.5	0.5	0.5	2.71501	43.79309
80 x 80	0.111	0.999	0.111	0.5	0.5	0.5	2.48116	44.18426
80 x 80	0.111	0.111	0.222	0.5	0.5	0.5	2.38417	44.35743
80 x 80	0.111	0.111	0.333	0.5	0.5	0.5	2.84679	43.58725
80 x 80	0.111	0.111	0.444	0.5	0.5	0.5	2.56189	44.452
80 x 80	0.111	0.111	0.555	0.5	0.5	0.5	3.86143	42.26332
80 x 80	0.111	0.111	0.666	0.5	0.5	0.5	2.71167	43.79844
80 x 80	0.111	0.111	0.777	0.5	0.5	0.5	2.16908	44.76805
80 x 80	0.111	0.111	0.888	0.5	0.5	0.5	2.46111	44.21949
80 x 80	0.111	0.111	0.999	0.5	0.5	0.5	2.18413	44.73802

Untuk rincian pengujian kualitas dengan citra pesan 100 x 100 dapat dilihat pada Tabel 6. berikut.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kualitas Dengan Perubahan Nilai Parameter Terhadap Citra Pesan 100 x 100

Ukuran Citra Pesan	X0	Y0	Z0	α	β	γ	Nilai MSE	Nilai PSNR (dB)
100 x 100	0.111	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	0.89428	48.61607
100 x 100	0.111	0.111	0.111	1.5	0.5	0.5	4.25159	41.84529
100 x 100	0.111	0.111	0.111	2.5	0.5	0.5	4.23762	41.85958
100 x 100	0.111	0.111	0.111	3.5	0.5	0.5	3.84877	42.27758
100 x 100	0.111	0.111	0.111	4	0.5	0.5	3.43427	42.77246
100 x 100	0.111	0.111	0.111	0.5	1.5	0.5	3.56347	42.61207
100 x 100	0.111	0.111	0.111	0.5	2.5	0.5	3.83681	42.2911
100 x 100	0.111	0.111	0.111	0.5	3.5	0.5	3.79082	42.34347
100 x 100	0.111	0.111	0.111	0.5	4	0.5	3.53272	42.64971
100 x 100	0.111	0.111	0.111	0.5	0.5	1.5	4.2969	42.7809
100 x 100	0.111	0.111	0.111	0.5	0.5	2.5	3.75539	42.38425
100 x 100	0.111	0.111	0.111	0.5	0.5	3.5	3.6958	42.45372
100 x 100	0.111	0.111	0.111	0.5	0.5	4	4.16406	41.93563
100 x 100	0.222	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	3.9742	43.2208
100 x 100	0.333	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	3.22202	43.4952
100 x 100	0.444	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	3.61784	42.54631
100 x 100	0.555	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	4.38686	41.70927
100 x 100	0.666	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	3.88301	42.23912
100 x 100	0.777	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	3.51094	42.67657
100 x 100	0.888	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	2.80841	43.6462
100 x 100	0.999	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	4.388	42.10599
100 x 100	0.111	0.222	0.111	0.5	0.5	0.5	4.71	42.10943
100 x 100	0.111	0.333	0.111	0.5	0.5	0.5	3.89117	42.23
100 x 100	0.111	0.444	0.111	0.5	0.5	0.5	4.69607	41.346

100 x 100	0.111	0.555	0.111	0.5	0.5	0.5	4.56464	41.53674
100 x 100	0.111	0.666	0.111	0.5	0.5	0.5	3.51422	42.67251
100 x 100	0.111	0.777	0.111	0.5	0.5	0.5	3.85265	42.27321
100 x 100	0.111	0.888	0.111	0.5	0.5	0.5	3.7205	42.42479
100 x 100	0.111	0.999	0.111	0.5	0.5	0.5	3.8941	42.22673
100 x 100	0.111	0.111	0.222	0.5	0.5	0.5	3.62027	42.54339
100 x 100	0.111	0.111	0.333	0.5	0.5	0.5	4.56	42.10413
100 x 100	0.111	0.111	0.444	0.5	0.5	0.5	4.11397	41.98819
100 x 100	0.111	0.111	0.555	0.5	0.5	0.5	4.60054	41.50272
100 x 100	0.111	0.111	0.666	0.5	0.5	0.5	4.2169	41.88087
100 x 100	0.111	0.111	0.777	0.5	0.5	0.5	3.24374	43.2034
100 x 100	0.111	0.111	0.888	0.5	0.5	0.5	3.86673	42.25737
100 x 100	0.111	0.111	0.999	0.5	0.5	0.5	3.47899	42.71627

Untuk rincian pengujian kualitas dengan citra pesan 100 x 100 dapat dilihat pada Tabel 7. berikut.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kualitas Dengan Perubahan Nilai Parameter Terhadap Citra Pesan 128 x 128

Ukuran Citra Pesan	X0	Y0	Z0	α	β	γ	Nilai MSE	Nilai PSNR (dB)
128 x 128	0.111	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	0.89449	48.61505
128 x 128	0.111	0.111	0.111	1.5	0.5	0.5	5.8849	40.43341
128 x 128	0.111	0.111	0.111	2.5	0.5	0.5	5.96303	40.37613
128 x 128	0.111	0.111	0.111	3.5	0.5	0.5	5.87743	40.43893
128 x 128	0.111	0.111	0.111	4	0.5	0.5	6.14403	40.24627
128 x 128	0.111	0.111	0.111	0.5	1.5	0.5	6.10711	40.27245
128 x 128	0.111	0.111	0.111	0.5	2.5	0.5	5.86503	40.4481
128 x 128	0.111	0.111	0.111	0.5	3.5	0.5	5.99949	40.34966
128 x 128	0.111	0.111	0.111	0.5	4	0.5	5.61466	40.63757
128 x 128	0.111	0.111	0.111	0.5	0.5	1.5	5.95012	40.38555
128 x 128	0.111	0.111	0.111	0.5	0.5	2.5	5.9562	40.38111
128 x 128	0.111	0.111	0.111	0.5	0.5	3.5	5.86135	40.45083
128 x 128	0.111	0.111	0.111	0.5	0.5	4	5.50554	40.7228
128 x 128	0.222	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	5.2534	41.11915
128 x 128	0.333	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	4.99429	41.14607
128 x 128	0.444	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	5.63242	40.62385
128 x 128	0.555	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	5.60852	40.64232
128 x 128	0.666	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	6.28603	40.14704
128 x 128	0.777	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	5.20068	40.9702
128 x 128	0.888	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	5.57488	40.66845
128 x 128	0.999	0.111	0.111	0.5	0.5	0.5	5.78457	40.50809
128 x 128	0.111	0.222	0.111	0.5	0.5	0.5	5.88828	40.43092
128 x 128	0.111	0.333	0.111	0.5	0.5	0.5	6.78788	39.81346
128 x 128	0.111	0.444	0.111	0.5	0.5	0.5	5.59839	40.65017
128 x 128	0.111	0.555	0.111	0.5	0.5	0.5	5.50864	40.72036
128 x 128	0.111	0.666	0.111	0.5	0.5	0.5	5.40202	40.80524
128 x 128	0.111	0.777	0.111	0.5	0.5	0.5	5.49782	40.7289

128 x 128	0.111	0.888	0.111	0.5	0.5	0.5	5.26006	40.9209
128 x 128	0.111	0.999	0.111	0.5	0.5	0.5	5.4676	41.10068
128 x 128	0.111	0.111	0.222	0.5	0.5	0.5	5.70839	40.56567
128 x 128	0.111	0.111	0.333	0.5	0.5	0.5	5.6995	40.57244
128 x 128	0.111	0.111	0.444	0.5	0.5	0.5	5.61572	40.63675
128 x 128	0.111	0.111	0.555	0.5	0.5	0.5	5.27608	40.90769
128 x 128	0.111	0.111	0.666	0.5	0.5	0.5	5.2418	40.936
128 x 128	0.111	0.111	0.777	0.5	0.5	0.5	5.56557	40.67571
128 x 128	0.111	0.111	0.888	0.5	0.5	0.5	6.19591	40.20975
128 x 128	0.111	0.111	0.999	0.5	0.5	0.5	5.92876	40.40116

Pengujian kualitas berikutnya yang dilakukan yaitu mengubah citra sampel yang digunakan, citra sampel berukuran 512 x 512. Lalu citra pesan yang digunakan akan tetap sama untuk setiap citra sampel yang diuji serta nilai dari parameter yang di *input* juga bernilai tetap. Pada pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 8. berikut.

Tabel 8. Hasil Pengujian Kualitas Menggunakan Citra Sampul Yang Berbeda Dengan Citra Pesan 128 x 128

Citra Sampul	Ukuran Citra Pesan	X0	Y0	Z0	α	β	γ	Nilai MSE	Nilai PSNR (dB)
128 x 128	0.843	0.754	0.236	3	1.5	0.5	5.90369	40.41957
128 x 128	0.843	0.754	0.236	3	1.5	0.5	68.2031	29.79276
128 x 128	0.843	0.754	0.236	3	1.5	0.5	82.46058	28.96834
128 x 128	0.843	0.754	0.236	3	1.5	0.5	311.22984	23.19999
128 x 128	0.843	0.754	0.236	3	1.5	0.5	3.29898	42.94701
128 x 128	0.843	0.754	0.236	3	1.5	0.5	16.553	36.881
128 x 128	0.843	0.754	0.236	3	1.5	0.5	112.55881	27.61701
128 x 128	0.843	0.754	0.236	3	1.5	0.5	5.13725	41.235

Berdasarkan hasil pengujian kualitas diatas, dapat diperoleh beberapa informasi berikut:

1. Semua nilai parameter x_0 , y_0 , z_0 , α , β , γ yang diberi nilai sama akan menghasilkan nilai MSE dan PSNR yang lebih baik dibandingkan dengan nilai parameter lainnya yang berubah atau tidak sama.
2. Perubahan nilai parameter yang digunakan tidak berpengaruh pada kualitas citra stego, terbukti bahwa nilai MSE pada citra 80 x 80 hanya berkisar antara 0.8938 sampai 3.86143 dan nilai PSNR antara 42.26332 sampai 48.6184 dB. Nilai MSE pada citra 100 x 100 hanya berkisar antara 0.89428 sampai 4.71 dan nilai PSNR antara 41.346 sampai 48.61607 dB.

Nilai MSE pada citra 128 x 128 hanya berkisar antara 0.89449 sampai 6.78788 dan nilai PSNR antara 39.81346 sampai 48.61505 dB. Serta hampir keseluruhan kualitas citra stego yang dihasilkan relatif cukup baik dengan nilai PSNR > 40 dB.

3. Kualitas citra stego hanya berpengaruh terhadap ukuran citra pesan, sehingga semakin besar ukuran citra pesan maka semakin buruk kualitas citra stego yang diperoleh.
4. Untuk beberapa kondisi dimana dengan menggunakan citra sampul yang berbeda masih terdapat beberapa hasil yang terbilang tidak cukup baik dikarenakan perbedaan warna antara citra sampul dan citra pesan yang digunakan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengujian yang dilakukan terhadap Pengamanan Citra Warna Menggunakan Kriptografi *Modified Serpent* Dan Steganografi IWT Dengan *Modified Logistic Chaotic Map* diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu perubahan nilai kunci dan parameter yang digunakan pada *Modified Serpent* tidak berpengaruh terhadap kecepatan waktu enkripsi dan dekripsi, terbukti bahwa untuk setiap nilai dari kunci maupun parameter yang diubah tidak mempengaruhi waktu secara signifikan. Serta kecepatan enkripsi dan dekripsi hanya bergantung pada ukuran citra rahasia. Selain itu, waktu dekripsi jauh lebih cepat daripada waktu enkripsi sehingga metode *Modified Serpent* cocok untuk diterapkan secara praktis, karena proses dekripsi biasanya dilakukan pada perangkat dengan sumber daya terbatas dan memadai. Semua nilai parameter x_0 , y_0 , z_0 , α , β , γ dari algoritma *Modified Logistic Chaotic Map* yang diberi nilai sama akan menghasilkan nilai MSE dan PSNR yang lebih baik dibandingkan dengan nilai parameter lainnya yang berubah atau tidak sama. Lalu perbandingan antara perubahan nilai parameter yang digunakan tidak berpengaruh pada kualitas citra stego yang dihasilkan.

5. SARAN

Beberapa saran dari penulis yang ingin disampaikan mungkin berguna untuk pengembangan lebih lanjut pada perangkat lunak, sebagai berikut:

1. Perangkat lunak dapat dikembangkan lagi dengan membandingkan metode yang dibahas dengan metode lainnya yang sejenis sehingga dapat diketahui lebih lanjut kelebihan dan kelemahan dari metode yang digunakan.
2. Perangkat lunak ini dapat dikembangkan lagi sehingga dapat menyembunyikan *file* lainnya selain *file* citra, seperti *file* audio, *file* video, teks dan sebagainya.
3. Perangkat lunak dapat diekspansi lagi dengan menerapkan metode kriptografi lainnya yang lebih tangguh, seperti AES, DES, IDEA, dsb agar dapat mempertangguh keamanan dari data rahasia yang disembunyikan dalam citra digital.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. H. Taher, A. E. El-Deen and M. E. Abo-Elsoud, "Hardware Implementation Of The Serpent Block Cipher Using Fpga Technology," *Journal Impact Factor*, Vol. 5, No. 10, pp. 34-44, 2014.
- [2] H. M. Elkamchouchi, A. E. Takieldeem and M. A. Shawky, "A Modified Serpent Based Algorithm for Image Encryption," *National Radio Science Conference (NRSC 2018)*, pp. 1-

10, 2018.

- [3] T. Lestari, N. Nurmaesa and A. R. Mariana, "*Aplikasi Steganografi Untuk Menyisipkan Pesan Dalam Media Image*," *Jurnal Sisfotek Global*, Vol. 7, No. 2, pp. 22-26, 2017.
- [4] S. Jayasudha, "*Integer Wavelet Transform Based Steganographic Method Using Opa Algorithm*," *Research Inventy: International Journal Of Engineering and Science*, Vol. 2, No. 4, pp. 31-35, 2013.
- [5] A. Jan, S. A. Parah and B. A. Malik, "*Logistic Map-Based Image Steganography Using Edge Detection*," *Springer Nature Singapore Pte Ltd*, pp. 447-454, 2021.
- [6] M. Ulker and B. Arslan, "*A Novel Secure Model: Image Steganography with Logistic Map and Secret Key*," *IEEE*, 2018.
- [7] M. Y. Valandar, P. Ayubi and M. J. Barani, "*A New Transform Domain Steganography Based On Modified Logistic Chaotic Map For Color Images*," *Journal of Information Security and Applications*, pp. 1-10, 2017.
- [8] B. W. Rauf, "Kombinasi Steganografi Bit Matching dan Kriptografi Playfair Cipher, Hill Cipher Dan Blowfish," *Jurnal Teknologi Informasi*, Vol. 4, No. 2, pp. 228-233, 2020.
- [9] S. B. Kembaren, Suryadi and Triswanto, "*Implementasi Algoritma Enkripsi Citra Digital Berbasis Chaos Menggunakan Fungsi Komposisi Logistic dan Gauss Iterated Map*," *Seminar Nasional Edusainstek FMIPA UNIMUS 2018*, pp. 263-272, 2018.
- [10] D. Darwis, Wamiliana and A. Junaidi, "*Proses Pengamanan Data Menggunakan Kombinasi Metode Kriptografi Data Encryption Standard dan Steganografi and of File*," *Prosiding Seminar Nasional Metode Kuantitatif 2017*, pp. 228-240, 2017.