

PERBANDINGAN KRIPTOGRAFI TEKNIK SCYTALE, TEKNIK IMAGE SHUFFLE SERTA TEKNIK TRACTAL L-SHAPED DALAM DATA GAMBAR

Muslih

President University
muslihm@yahoo.com

Abstract

Dengan munculnya teknologi dan kemajuan lain dalam bidang komputasi serta kemampuan pemrosesan sistem modern dibutuhkan pengembangan fungsi sebagai dasar untuk enkripsi dan dekripsi skema baru. Untuk meningkatkan keamanan data dan privasi informasi, algoritma yang berbeda terkadang digunakan untuk mengenkripsi data. Namun, karena algoritma dipelajari secara mendetail, keefektifannya mulai menurun. Untuk itu tulisan ini memberikan solusi baru diusulkan untuk lebih memperkuat keamanan data. Dengan pendekatan ini didasarkan pada teknik lama yang akan ditingkatkan dengan keunggulan teknik modern dalam teknologi informasi. Disini, proses enkripsi dan dekripsi diusulkan dengan menggunakan teknik Scytale, teknik Image Shuffle dan teknik Fractal L-Shaped. Aplikasi Matlab yang akan digunakan untuk menguji algoritma ini. Akhirnya, hasil percobaan menegaskan bahwa teknik yang diproyeksikan memberikan tingkat kecepatan waktu dengan kompleksitas keamanan yang tinggi pula.

Keywords: Kriptografi, Matlab, teknik Scytale, teknik Image Shuffle dan Teknik Fractal L-Shaped

1. Pendahuluan

Kriptografi adalah suatu pengetahuan yang fungsinya untuk mengenkripsi dan mendekripsi data yang menggunakan matematika. Kriptografi memungkinkan kita untuk mengamankan informasi dengan aman sehingga hanya si penerima yang dapat membuka dan membaca data tersebut.

Kriptografi memiliki pengetahuan yang sangat panjang. Dimulai sejak jaman Romawi, Julius Caesar teknik kriptografi telah digunakan untuk melakukan komunikasi diantara pasukan militernya dan saat ini sangat tidak dibutuhkan lagi sudah tidak relevan lagi sehingga data yang dikirimkan mudah untuk dibobol. Oleh karena pada jaman sekarang kriptografi yang digunakan oleh Jerman dipakai oleh tentara Jepang untuk memenangkan perang dunia II. Pengamanan data yang digunakan mempunyai banyak metode sehingga dalam melaksanakannya menggunakan

teknik-teknik tertentu sesuai dengan Algoritma Kriptografinya. Langkah yang ditempuh pada setiap metodenya memiliki kerumitan tersendiri.

Sementara kriptografi adalah ilmu pengamanan data, kriptanalisis adalah suatu ilmu untuk meneliti atau menganalisa data dalam komunikasi berjalan dengan aman. Suatu pengetahuan dimana kita dapat mengamankan data-data yang sangat urgent agar orang lain tidak dapat mengetahui dengan menampilkan kode-kode tertentu. Banyak metode terdapat dalam kriptografi yang kesemuanya itu adalah untuk mengamankan data agar tidak diketahui semua orang. Proses yang dilakukan dengan bentuk enkripsi yang digunakan dalam algoritma menggunakan parameter-parameter tertentu. Algoritmanya biasa sifatnya terbuka, bahkan jika enkripsi yang terlalu mengandalkan kerahasiaan terkadang kurang bagus. Kunci untuk kerahasiaan biasanya di-

letakkan pada parameter-parameter tertentu, sehingga akan mengalami kesulitan jika enkripsi itu dibuka tanpa mengetahui kuncinya.

Dalam kriptografi terdapat 2 (dua) ragam yaitu klasik dan modern. Untuk kriptografi klasik enkripsi simetris yaitu kedua kuncinya sama. Proses enkripsi dilakukan dengan cara mengacak “dokumen asli” (*plaintext*) menjadi “dokumen acak” (*ciphertext*) yang menyebabkan si pembaca kesulitan untuk membukanya jika tanpa kunci dekripsi. Jadi proses dekripsi akan menghasilkan dokumen acak memerlukan waktu yang cukup lama jika tidak memiliki kunci dekripsi, terkadang seseorang mendapatkan kunci tersebut dengan menerka kunci dekripsinya, jadi proses yang dilakukannya akan semakin sulit. Jika kita ingin membukanya tentu harus mendapatkan kunci dekripsi dari seseorang agar dokumen aslinya akan kembali. Kriptografi modern merupakan perbaikan-perbaikan atas kriptografi klasik. Pada kriptografi ini terdapat bermacam-macam metode untuk melakukan pengamanan terhadap informasi yang dikirim melalui jaringan computer.

Perbedaan kriptografi klasik memberikan manipulasi karakter tradisional yaitu huruf dan angka secara langsung, hanya pihak-pihak tertentu saja terlibat mengetahui tentang dekripsi tersebut. Sedangkan kriptografi modern dalam pengoperasian berdasarkan urutan bit biner, kerahasiaan diperoleh dengan kunci rahasia yang telah diproses menjadi algoritma sehingga si pembaca tidak akan dapat mengetahui dan mendapatkan hasil informasi asli meskipun algoritma sudah dilakukan pengkodean.

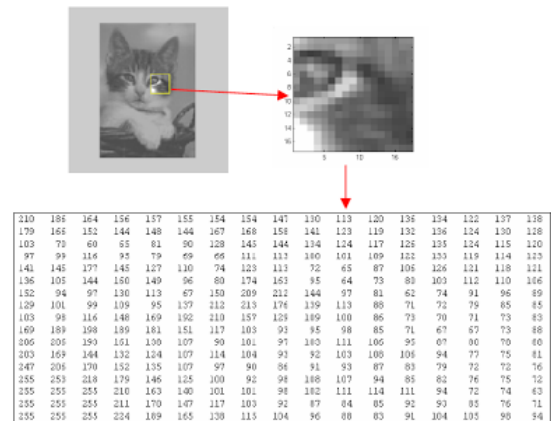
Dalam pengetahuan kriptografi sebuah photo atau gambar yang dalam format digital merupakan salah satu data-data yang harus diamankan, sehingga data-data yang ada tersebut tidak disalah-

gunakan untuk kepentingan negative. Maka dari itu dilakukannya pemrosesan data tersebut dengan memberikan sandi-sandi tertentu. Dalam pemrosesan tersebut nantinya akan dilakukan analisis seberapa cepat dan akuratnya kedua metode yang akan digunakan untuk pengujian data gambar.

Citra digital dapat dimodelkan sebagai suatu matriks dimana indeks baris dan kolomnya menyatakan suatu titik pada citra tersebut dan elemen matriksnya menyatakan tingkat keabuan pada titik tersebut. Berikut adalah pemodelan citra digital dalam bentuk matriks berukuran $N \times M$.

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

Nilai pada suatu irisa antara baris dan kolom (pada posisi x,y) disebut dengan picture element, image element, pels, atau pixel. Istilah dari pixel merupakan istilah yang banyak dipergunakan dalam dicitra digital (Putra, 2010). Berknaan dengan pemodelannya dalam bentuk matriks, Basuki (2005) memberikan gambaran sebagai berikut:



Gambar 1 Contoh Enkripsi

2.1. Algoritma

Algoritma merupakan pondasi yang wajib dikuasai oleh setiap individu yang akan memahami lebih detail dan ingin menyelesaikan suatu masalah secara terstruktur, efektif dan efisien terlebih lagi bagi seorang yang menggeluti dunia teknologi informasi untuk menyelesaikan suatu persoalan, konsep dan dasar dari algoritma akan dibahas di dalam penelitian ini. Secara umum definisi algoritma adalah Teknik penyusunan langkah-langkah penyelesaian masalah dalam bentuk kalimat dengan jumlah kata terbatas tetapi tersusun secara logis dan sistematis dan suatu prosedur yang jelas untuk menyelesaikan suatu masalah dengan menggunakan langkah-langkah tertentu dan terbatas jumlahnya.

2.2. Scytale

Scytale termasuk dalam salah satu kriptografi yang mana awal pemrosesannya dilakukan secara manual yaitu dengan membuat sebuah objek silinder yang mendapat potongan kertas panjang yang melilitnya. Mulai salah satu ujung dan mulailah membungkus kertas di sekitar tabung, menjaga tepi kertas berbaris nanti akan terlihat kunci rahasia yang ditimbulkan, namun seiring dengan perkembangan teknologi maka dalam melakukan enkripsi dan dekripsinya, scytale menggunakan huruf untuk melaksanakan enkripsi dan dekripsinya.

2.3. Image Shuffle

Teknik Image Shuffle merupakan teknik yang dikembangkan dalam kriptografi di internet dalam mengamankan saluran komunikasi. Teknik bisa disebut juga dengan Shuffle Encryption Algoritma (SEA) yang mana menggunakan langkah substitusi byte nonlinier dengan operasi s-box dan shuffle. Algoritma ini cukup aman dalam pengembangan dunia cryptography. Teknik ini dalam operasionalnya melakukan pengocokan linier dari hasil-

nya. Dalam memproses datanya tergantung pada kunci dan datanya.

Teknik ini mengambil gambar dan kunci yang terdiri dari angka k sebagai input dan berfungsi sebagai berikut: pertama, tabel substitusi s-box dibangun untuk melakukan dua transformasi yaitu invers multiplikasi dan transformasi affine. Melakukan putaran k , dimana $k \leq 31$. Setiap putaran berlangsung salah satu angka dari kunci untuk menentukan lokasi bit (fix bit) di setiap byte. Kemudian vektor shuffle dikonstruksi dengan mencantumkan jumlah byte dengan nilai bit number fixbit sama dengan nol, diikuti oleh jumlah byte dengan nilai bit number fixbit sama dengan satu. Dengan memberikan pemetaan akan menentukan lokasi baru setiap byte dalam gambar akhirnya substitusi byte yang berbeda dilakukan menggunakan tabel s-box.

2.4. Fractal L-Shaped

Fractal L-Shaped merupakan teknik yang dikembangkan untuk mengolah citra atau gambar dengan fungsi tertentu guna melakukan kemiripan terhadap diri, pengulangan bentuk dan penskalaan menggunakan matlab. Dasar teori yang dilakukan dengan melihat teksturnya dengan distribusi spasial dari derajet keabuan di dalam sekumpulan piksel-piksel yang bertetangga. Sistem visual manusia pada hakikatnya tidak menerima informasi citra secara bebas pada setiap piksel, melainkan suatu citra dianggap sebagai suatu kesatuan.

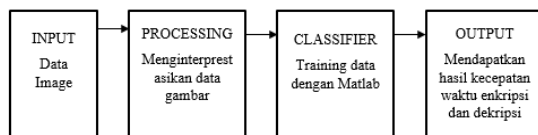
2.5. Enkripsi dan Dekripsi

Dalam ilmu kriptografi dikenal dengan enkripsi dan dekripsi suatu huruf ataupun dengan gambar. Enkripsi merupakan suatu proses melakukan perubahan sebuah kode dari yang bisa difahami menjadi sebuah kode yang sulit untuk diketahui (tidak bisa dibaca). Enkripsi dapat diistilahkan dengan sebuah kode atau

chiper. Sedangkan dekripsi adalah suatu proses dengan algoritma untuk mengembalikan informasi yang sudah di acak menjadi bentuk semula. Algoritma ini digunakan harus terdiri dari susunan prosedur yang dirancang secara hati-hati yang harus seara menghasilkan sebuah bentuk ter-*enkripsi* yang tidak bisa dikembalikan oleh seseorang.

3. Metodologi

Bagian ini penulis akan membahas informasi tentang metode penelitian yang dilakukan dalam tesis ini. Pertama melakukan penelitian terhadap objek atau image dan teknik pengumpulan data yang dilakukan dari berbagai sumber penelitian, kemudian dilanjutkan metode yang diusulkan yaitu melakukan perbandingan image dalam kecepatan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan enkripsi dan dekripsi dengan menggunakan aplikasi Matlab.



Gambar 3-1. Alur proses data gambar

3.1. Desain Penelitian

Pada tahapan ini akan menjelaskan metodologi yang akan diterapkan pada penelitian ini untuk menjawab permasalahan yang ada. Di dalam proses desain penelitian ini yaitu proses pengujian dengan menyusun metode-metode penelitian di antaranya:

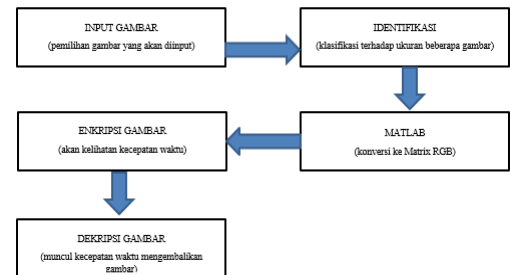
1. Input

Input yang digunakan berupa beberapa gambar yang lazim digunakan untuk suatu sample yang didapat dari Google atau media browser lainnya.

2. Processing Data

Pada tahap ini dilakukan beberapa proses pemilihan dengan cara manual dan menggunakan tools yang dibuat dan juga tools dari MATLAB yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas

citra pada gambar yang akan dianalisa sehingga dapat memudahkan untuk di analisa. Tahapan yang dilakukan dalam processing ini dapat digambarkan dalam diagram berikut:



Gambar 3-2. Alur proses enkripsi dan dekripsi data gambar

3. Classifier

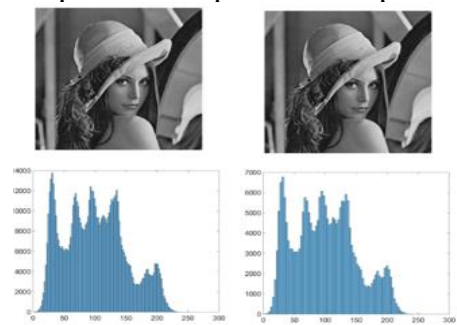
Pada tahap ini, data yang akan diproses adalah merupakan 3 gambar yang berbeda yaitu gambar Anggur, gambar Lena dan gambar Monalisa. Masing-masing ketiga gambar tersebut memberikan 5 contoh proses dengan resolusi dan kapasitas yang berbeda-beda.

3.2. Pengumpulan Data

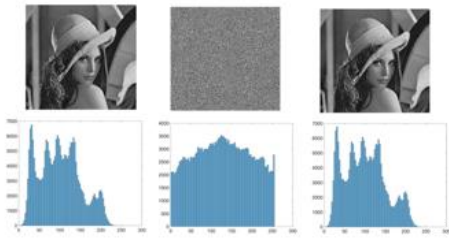
Pengumpulan data untuk penelitian ini diambil dari gambar atau foto yang lazim digunakan untuk pengolahan citra digital. Adapaun data gambar yang digunakan untuk penelitian ini adalah gambar Anggur, gambar Lena dan gambar Monalisa.

3.2.1 Klasifikasi data gambar

Berikut contoh gambar perbandingan dalam proses enkripsi dan dekripsi.



Gambar 3-3. Gambar sebelum dan setelah diproses dengan grayscale

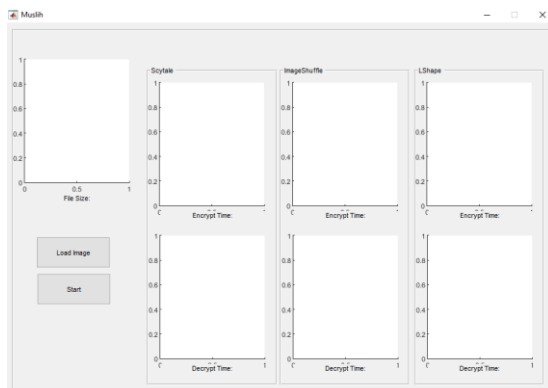


Gambar 3-4. Perbandingan gambar sebelum dan setelah dilakukan enkripsi dan dekripsi

3.2.2 Matriks Label pada Matlab

Matriks label yang dibuat berupa matriks yang akan digunakan untuk data training dan testing dimana matriks yang dibuat merupakan matriks diagonal yang disesuaikan dengan klasifikasi dari data gambar. Untuk membuat matriks label dapat dibuat dengan menggunakan Matlab dengan membuat modul dengan script.

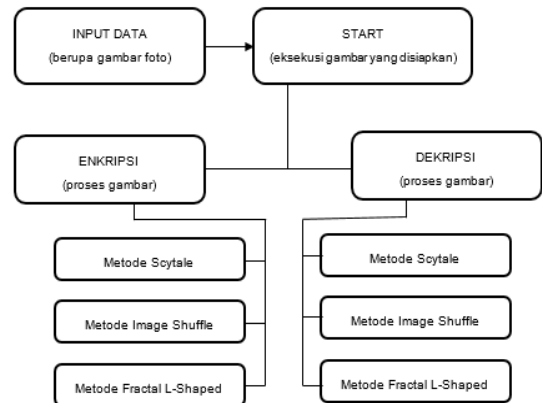
Ketika di eksekusi atau dijalankan akan menghasilkan keterangan sebagai berikut:



Gambar 3-5 Hasil yang dijalankan untuk tampilan awal

3.3 Metode yang Diusulkan

Metode penelitian yang diusulkan yaitu metode dengan menggunakan Matlab untuk mendapatkan hasil kecepatan waktu terkecil yang maksimal tersebut.



Gambar 3-6 Alur proses enkripsi dan dekripsi gambar

Dari alur diatas akan muncul kecepatan waktu yang dicapai akan kelihatan mana yang paling kecil dalam proses enkripsi dan dekripsi gambar.

4. Hasil dan Pembahasan




Hasil dan pembahasan mengenai proses dalam mendapatkan hasil kecepatan waktu yang diperoleh dengan menggunakan tools MATLAB. Pada percobaan yang dilakukan dengan mengambil gambar sebelumnya.

Setelah didapatkan gambar, lalu dilakukan klasifikasi data gambar sesuai dengan kapasitas kilobyte nya. Penulis mengambil contoh gambar dengan resolusi yang sama tapi gambar yang berbeda dengan kapasitas yang berbeda-beda yaitu untuk gambar Anggur dengan metode Scytale dengan resolusi 448x280 dengan size 25, resolusi 403x252 dengan size 22, resolusi 358x224 dengan size 19, resolusi 314x196 dengan size 15, resolusi 269x168 dengan size 12, untuk gambar Lena dengan size 38, 36, 30,26 dan 21, sedangkan untuk gambar Monalisa dengan size 29, 24, 19, 15, dan 11.

Untuk metode Teknik Image Shuffle dan Teknik Fractal L-Shaped masing-masing resolusi dan size sama dengan teknik Scytale. Berikut persiapan data

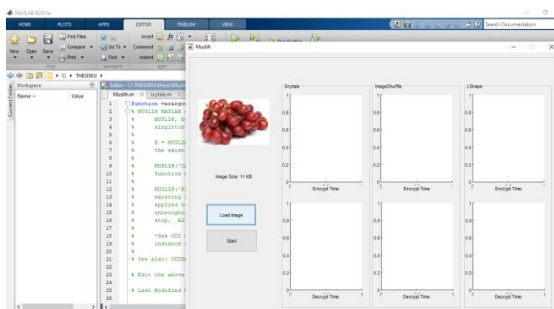
gambar yang sudah dilakukan didalam penelitian ini dapat dilihat tabel berikut:

Tabel data gambar

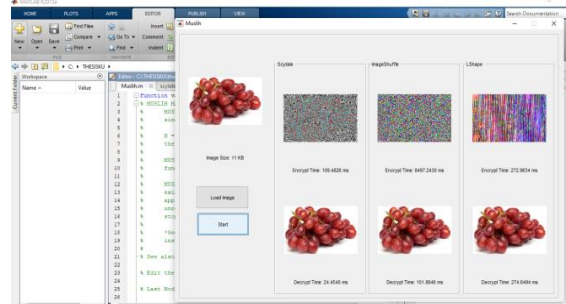
Data Gambar	Resolusi
 <p>Anggur</p>	448 x 280
	403 x 252
	358 x 224
	314 x 196
	269 x 168
 <p>Lena</p>	448 x 280
	403 x 252
	358 x 224
	314 x 196
	269 x 168
 <p>Monalisa</p>	448 x 280
	403 x 252
	358 x 224
	314 x 196
	269 x 168

Dari data gambar tersebut diatas berbentuk file jpg serta label yang sudah dibuat di masing-masing data, maka proses selanjutnya adalah mengaplikasikan kedalam sistem yang menggunakan tools Matlab.

Script untuk eksekusi algoritma untuk menghitung kecepatan waktu proses enkrip dan dekrip nya. Berdasarkan hasil dari prosesnya didapatkan hasil yang cukup bagus sehingga diketahui kecepatan proses enkrip dan dekrip suatu data gambar. Berikut merupakan gambar dari proses percobaan yang dilakukan



Jika diklik start pada tombol button tersebut akan keluar data gambar yang sudah di enkrip dan dekrip sekaligus sebagai berikut:



Kecepatan waktu yang dibutuhkan untuk enkrip dan dekrip suatu gambar.

Berdasarkan hasil dari percobaan yang sudah di jalankan tersebut didapatkan kecepatan waktu yang dibutuhkan Metode Scytale untuk enkrip 109.4826 ms dan dekrip 24.454 ms, Teknik Image Shuffle membutuhkan waktu enkrip 8497.243 ms dan dekrip 101.8646 ms sedangkan Teknik Fractal L-Shaped membutuhkan waktu enkrip 272.9634 ms dan dekrip 274.6494 ms. Jika dilihat dari prosentase enkrip dan dekrip pada masing-masing teknik tersebut adalah Enkripsi 4% dan Dekripsi 18% untuk Teknik Scytale, Enkripsi 287% dan Dekripsi 76% untuk Teknik Image Shuffle serta Enkripsi 9% dan Dekripsi 205% untuk Teknik Fractal L-Shaped. Melihat dari data diatas dapat disimpulkan bahwa untuk mengetahui kecepatan waktu enkripsi dan dekripsi yang dibutuhkan untuk mengolah Data Gambar dalam kriptografi adalah Teknik Scytale yang mempunya kecepatan yang lebih dari teknik yang lain.

5. Kesimpulan

Teknik kriptografi dengan menggunakan Scytale menunjukkan lebih baik dalam melakukan enkripsi dan dekripsi pada suatu data gambar. Pada tahap pemilihan gambar sangat menentukan sekali dalam proses enkripsi dan dekripsinya sehingga akan kelihatan kecepatan waktu yang dibutuhkan. Hasil

kecepatan waktu yang dibutuhkan dari data gambar yang ada didapatkan rata-rata bobot waktunya yaitu Teknik Scytale 4 % untuk enkripsi dan 18% untuk dekripsinya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis banyak mendapat bantuan dan perhatian yang tidak terhingga dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah S.W.T yang telah memberikan saya kekuatan dan kesabaran dalam menyelesaikan penulisan ini.
2. Dr. Tjong Wan Sen, selaku pembimbing yang dengan sabar telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tesis ini dan terima kasih atas waktu serta masukan yang sangat bermanfaat.
3. Dr. Ir. Rila Mandala, M.Eng, selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer terima kasih untuk ilmu yang memotivasi dan membangun bagi kehidupan penulis.

4. Prof. Wiranto selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika yang telah memotivasi dan memfasilitasi agar penulis cepat menyelesaikan studi.
5. Dr. R.B. Wahyu, M.Sc selaku Dosen Teknik Informatika yang telah memberikan saran-saran dan masukan berharga sekali dalam menyelesaikan tulisan ini.
6. Sahabatku Ibrahim yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan support dan tukar pikiran dalam menyelesaikan penulisan ini.
7. Nelfida Yendri dan Ghirahani Rihaddatul 'Aisyi, Zaky Yusuf Ajindra, selaku istri dan anak-anakku tercinta, yang selalu memberi semangat dan dukungan serta doa dalam menyelesaikan tulisan ini.
8. Para dosen dan karyawan Pascasarjana Program Ilmu Komputer Universitas Presiden yang memberikan dukungan dalam penyelesaian penulisan ini.

Referensi

Jurnal:

- Alexandru Boicea and Florin Radulescu and Ciprian-Octavian Truica and Elena Mihaela Grigore, 2016. *New Scytale – Improving Encryption Techniques*. University Politehnica of Bucharest, Bucharest, Romania.
- Abdelfatah A. Yahya and Ayman M. Abdalla, 2008. *A Shuffle Image-Encryption Algorithm*. Department of Computer Science, AL-Zaytoonah University of Jordan.
- Asia Mahdi Naser Alzubaidi. *Image Encryption Based on Pixel Shuffling with 3D Chaotic System*. Computer Science Departement, College of Science, Karbala University, Iraq.
- Awaludin, M. (2015). Penerapan Metode Distance Transform Pada Linear Discriminant Analysis Untuk Kemunculan Kulit Pada Deteksi Kulit. *Journal of Intelligent Systems*, 1(1), 49–55.
- Awaludin, M., & Nugraha Rizki, M. (2021). *Penerapan Technology Acceptance Model Pada Marker Based Tracking Untuk Pembelajaran Sistem Tata Surya Terhadap Anak - Anak*. 8(1), 147–172.

- Ali Mansouri and Xingyuan Wang, 2020. *Image encryption using shuffled Arnold map and multiple values manipulations*. Faculty of Electronic Information and Electrical Engineering and School of Informaattiaon Science and Technology, Dalian. China.
- B. M. Hennelly, J. T. Sheridan. 2003. *Image encryption and the fractional Fourier transform*. University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland.
- Boicea, Alexandru, Elena Mihaela. 2010. *Database Encryption Algoritma : New Scytale*.DAAAM International, Vienna, Austria.
- Bogdan Ksienzopolski, 2013. QoP-ML : *Quality of protection modelling language for cryptographic protocols*. Institute of Computer Science, Maria Czurie-Sklodowska University. Lublin. Poland.
- Ernastuti, 2014. Perfect Shuffle Algorithm for Cryptography. Universitas Gunadarma Depok Indonesia
- Eun-Jun Yoon, Kee-Young Yoo. 2010. *Cryptanalysis of a modulo image encryption scheme with fractal keys*. Department of Computer Engineering, Kyungpook National University. South Korea.
- Fangchao Wang and Sen BAI, 2013. *JPEG Image Encryption by Shuffling DCT Coefficients in Defined Block*. Image Communication Lab. Chongqing Communication Institute, Chongqing, PR China.
- Gani. A. G., 2016. *Pengamanan Komputer Menggunakan Kriptografi CIPHER BLOCK CHAINING (CBC)*. Jurnal Sistem Informasi Univ. Suryadarma. Vol.3 No.2, DOI: <https://doi.org/10.35968/jsi.v3i2.65>
- Guanrong Chen, Yaobin Mao, Charles K. Chui. 2003. *A Symmetric image encryption scheme based on 3D chaotic cat maps*. Departemen of electonic Engineering, City University of Hong Kong.
- Houman Kashanian, Masoud Davoudi, and Hamed Khorramfar. 2016. *Image Encryption using chaos functions and fractal key*. Islamic Azad University, Ferdows, Iran.
- Haiying Zhao, Ruisong Ye, Sun Chang Ping, 2016, *An Affine Transformation Based Image Shugging and Watermarking Scheme*. Tianjin University of Technology, Tianjin, China.
- Iqtadar Hussain, Fawad Ahmed, Umar M. Khokhar and Amir Anees. 2018. *Applied Cryptography and Noise Resistant Data Security*. Universitas System of Georgia, Georgia, USA.
- Mohammad Ahmad Alia and Azman Bin Samsudin. 2007. *New Key Exchange Protocol Based on Mandelbrot and Fractal Sets*. School of Computer Sciences, Universiti Sains Malaysia.

- Prakash Kuppuswamy and Saeed Q.Y. Al-Khalidi. 2014. *Hybrid encryption/decryption technique using new public key and symmetric key algorithm*. Departemen of Computer Engineering and Networks and King Khalid University. KSA.
- Ran Tao, Jun Lang, and Yue Wang, 2008. *Optical image encryption based on the multiple-parameter fractional Fourier transform*. Department of Electronic Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing, 100081, China.
- Ruisong Ye, Huiqing Huang 2009, *A Novel Image Shuffling and Watermarking Scheme Based on Standard Map*. Departemen of Mathematics Shantou University and Jiaying University, China.
- Shafali Agarwal, 2017. *Image Encryption Techniques Using Fractal Function: A Review*. Department of Computer Applications, JSS Academy of Technical Education, Noida. India.
- Sandhya Rani Malligere Halagowda, Sudha Kanakatti Lakshminarayana. 2017. *Image Encryption Method based on Hybrid Fractal-Chaos Algorithm*. Jain University, India.
- Somaya Al-Maadeed, Afnan Al-Ali and Turki Abdalla, 2012. *A New Chaos-Based Image-Encryption and Compression Algorithm*. Qatar University and University of Basrah, B.P. 49, Basrah, Iraq.
- Tanuja Sarode, Pallavi N. Halarnkar, H.B. Kekre, 2014. *Study of Perfect Shuffle for Image Scrambling*. Computer Engineering, MPSTME.
- Tapan Kumar Hazra, Suchanda Bhattacharyya, 2016. *Image Encryption by Blockwise Pixel Shuffling Using Modified Fisher Yates Shuffle and Pseudorandom Permutations*. Departemen of Information Technology Slat Lake Kolkata, India.
- Tanweer Ali, Mohammad Saadh Aw and Rajashekhar C. Biradar. 2018. *A fractal quad-band antenna loaded with L-shaped slot and metamaterial for wireless applications*. School of ECE, REVA University, Bangalore, 560064, India.
- Umashankar Pandey, Manish Manoria, Jainendra Jain, 2012. *A Novel Approach for Image Encryption by New M Box Encryption Algorithm using Block based Transformation along with Shuffle Operation*. Sagar Institute of Research, Technology & Science, Bhopal.
- Unnikrishnan Menon, Athara Hudlikar, Divyani Panda. 2020. *Scytale – An Evolutionary Cryptosystem*. Departemen of Electrical and Electronics, Vellore Institute of Technology Vellore, Tamin Nadu. India.
- Yan Shen, Guoji Zhang, Xuan Li and Qing Liu. 2012. *An Improved Image Encryption Method Based on Total Shuffling Scheme*. South China University of Techology, Guangzhou, China.

Yashant B Gyawali and Bijayraj Subedi. 2020. *Encryption Algorithm Advanced Encryption Standard*. Caldwell University. NJ. US

Yasuaki Morita, Naoya Fujiwara, Tsuyoshi Mizuguchi, 2010. *Scytale decodes chaos : A method for estimating unstable symmetric solutions*. Departemen of Mathematical Sciences, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka. Japan.

Yuanyuan Huang, Longwang Huang, Yinhe Wang, Yuxu Peng, Fei Yu. 2016. *Shape synchronization in driver-response of 4-D chaotic system and its application in image*. Guangdong University of Technology, Guangzhou. China.

Buku:

Fathi E. Abd El-Samie , Hossam Eldin H. Ahmed, Ibrahim F. Elashry, Mai H. Shahien, Osama S. Faragallah, El-Sayed M. El-Rabaie, Saleh A. Alshebeili., 2014. *Image Encryption, A Communication Perspective*, CRC Press Menoufia University, Menouf, Egypt.