

OPTIMASI INVISIBLE WATERMARKING METODE DCT BERBASIS SVD PADA CITRA BERWARNA

Danang Wahyu Utomo¹, Christy Atika Sari², Eko Hari Rachmawanto³

Universitas Dian Nuswantoro

JL. Imam Bonjol 207 Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

[1danang.wu@dsn.dinus.ac.id](mailto:danang.wu@dsn.dinus.ac.id), [2christy.atika.sari@dsn.dinus.ac.id](mailto:christy.atika.sari@dsn.dinus.ac.id), [3eko.hari@dsn.dinus.ac.id](mailto:eko.hari@dsn.dinus.ac.id)

ABSTRAK

Studi ini mengevaluasi efektivitas metode *watermarking* dalam menyembunyikan informasi rahasia pada citra digital menggunakan *Discrete Cosine Transform* (DCT) dan *Singular Value Decomposition* (SVD). Pendekatan ini penting untuk menjaga keamanan dan hak cipta dalam era digital. Penggunaan DCT memungkinkan penyematkan watermark tanpa mengorbankan kualitas visual citra. Hasil evaluasi menggunakan *Mean Squared Error* (MSE) menunjukkan bahwa citra *Lena.bmp* mencapai nilai MSE terendah pada Level 1 dengan 0.075, sementara *Peppers.png* memiliki nilai MSE terendah pada Level 1 dengan 0.0083, dan *Baboon.jpg* pada Level 1 dengan 0.0097. Pada sisi lain, hasil evaluasi menggunakan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR) menunjukkan bahwa nilai PSNR tertinggi tercatat pada Level 1 untuk ketiga citra dengan nilai 48.17 dB. Temuan ini menunjukkan bahwa metode *watermarking* yang diterapkan menggunakan DCT dan SVD berhasil dalam menyematkan informasi rahasia pada citra digital dengan tingkat preservasi kualitas yang tinggi.

Kata Kunci: SVD, DCT, *Image Watermarking*, *Data Hiding*

ABSTRACT

This study evaluates the effectiveness of watermarking techniques for concealing confidential information within digital images using Discrete Cosine Transformation (DCT) and Singular Value Decomposition (SVD). This approach is crucial for maintaining security and copyright protection in the digital era. The use of DCT enables watermark embedding without compromising the visual quality of the image. The evaluation results, measured through Mean Squared Error (MSE), indicate that Lena.bmp achieves the lowest MSE value at Level 1 with 0.075, Peppers.png at Level 1 with 0.0083, and Baboon.jpg at Level 1 with 0.0097. Conversely, the evaluation conducted using Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) reveals that the highest PSNR values are recorded at Level 1 for all three images, with a value of 48.17 dB. These findings demonstrate the successful application of watermarking methods utilizing DCT and SVD in embedding confidential information within digital images while maintaining a high level of quality preservation.

Key Word: SVD, DCT, *Image Watermarking*, *Data Hiding*

PENDAHULUAN

Watermarking merupakan metode yang digunakan untuk menyembunyikan informasi rahasia atau tanda air ke dalam sebuah gambar digital tanpa merusak kualitas visual gambar tersebut (Gupta et al., 2022). Satu aspek krusial dalam *watermarking* adalah menjaga kualitas visual citra yang dihasilkan, karena penggunaan *watermark* yang terlalu mencolok dapat merusak nilai estetika dan kegunaan citra. Oleh karena itu, pengembangan metode *watermarking* yang tidak terlihat (*invisible watermarking*) menjadi tantangan utama dalam bidang ini. Analisis masalah dalam *watermarking* melibatkan pertimbangan terkait kualitas citra, ketahanan terhadap serangan, serta kemampuan untuk mendeteksi dan menghilangkan *watermark* yang tidak sah.

Dalam konteks kepemilikan *watermark*, banyak kasus di mana orang atau pihak yang tidak bertanggung jawab mencoba untuk mengklaim kepemilikan citra digital secara ilegal (Setiawati et al., 2023). Contoh yang sering terjadi adalah ketika seseorang mencoba menghapus atau mengganti *watermark* pada gambar digital tanpa izin, dengan niat menyebarkan atau menggunakan gambar tersebut ilegal. Tindakan semacam ini merugikan pemilik sah gambar, melanggar hak cipta, dan menimbulkan masalah hukum rumit. Oleh karena itu, sangat penting untuk terus mengembangkan teknologi *watermarking* yang lebih tangguh dan sulit disusupi agar dapat memberikan bukti kepemilikan yang sah dan melindungi hak-hak pemilik gambar dari penyalahgunaan ilegal. Selain itu, penegakan hukum dan

meningkatkan kesadaran tentang pentingnya hak cipta dalam era digital juga sangat diperlukan untuk mengatasi kasus-kasus semacam ini (Aberna & Agilandeewari, 2023; Darwish & Al-Khafaji, 2020).

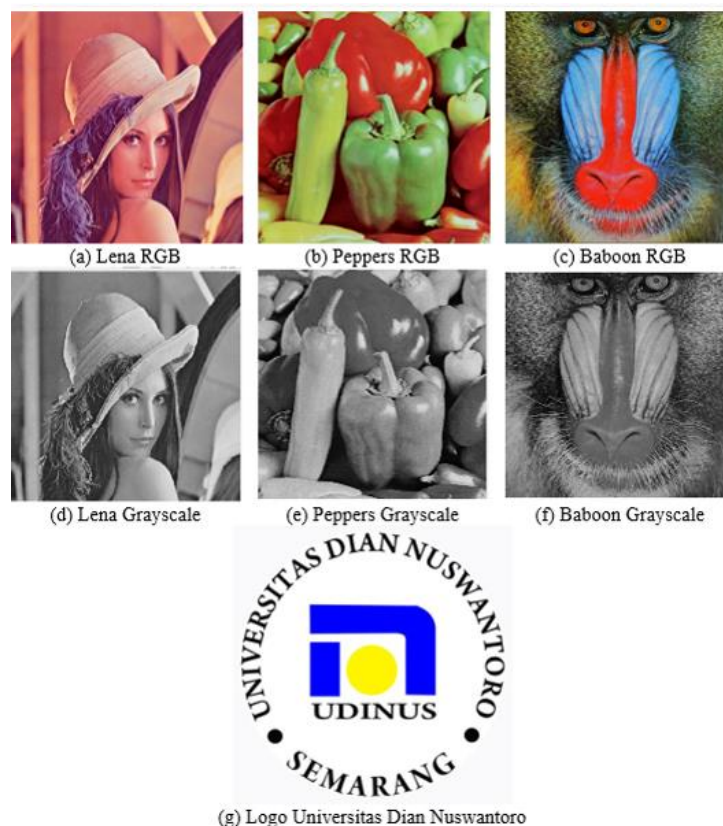
Dari permasalahan tersebut, Salah satu pendekatan umum dalam pengembangan teknologi *watermarking* yang tidak terlihat adalah melalui penerapan *Discrete Cosine Transform* (DCT). DCT adalah teknik transformasi yang mengubah representasi spasial citra ke domain frekuensi (Suwardoyo & Dwiyantri, 2023.). Dalam tahap ini, informasi *watermark* dapat disematkan dalam domain frekuensi tanpa mempengaruhi tampilan visual citra. Selain itu, metode *Singular Value Decomposition* (SVD) juga sering digunakan untuk meningkatkan proses *watermarking*. SVD memungkinkan pemanfaatan komponen nilai tunggal untuk menyematkan *watermark*, sehingga menciptakan ketahanan terhadap serangan-serangan seperti kompresi dan pemotongan (Hemdan, 2021).

Dalam penelitian yang diusulkan, peneliti menggunakan metode DCT dan SVD untuk

mengembangkan sebuah sistem *invisible watermarking*. *Watermark* yang akan digunakan adalah logo Universitas Dian Nuswantoro, yang akan berfungsi sebagai bukti kepemilikan citra digital. Dengan menggunakan metode DCT dan SVD, saya akan mencoba mengoptimalkan proses *watermarking* sehingga citra yang dihasilkan tidak mengalami penurunan kualitas yang signifikan, namun tetap dapat memberikan ketahanan terhadap serangan dan mampu mendeteksi *watermark* yang tidak sah.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari berbagai citra yang relevan. Citra (a), (b), dan (c) adalah citra berwarna (RGB) dengan ukuran format 512 x 512 x 3. Selanjutnya, citra (d), (e), dan (f) adalah citra grayscale dengan ukuran yang sama, yaitu 512 x 512 x 1. Selain itu, citra (g) adalah logo Universitas Dian Nuswantoro yang akan digunakan sebagai *watermark* dalam penelitian ini.



Gambar 1. *Datasets/kumpulan data*

Setelah ditentukan citra yang akan dipakai dalam metode penelitian ini, dibawah ini

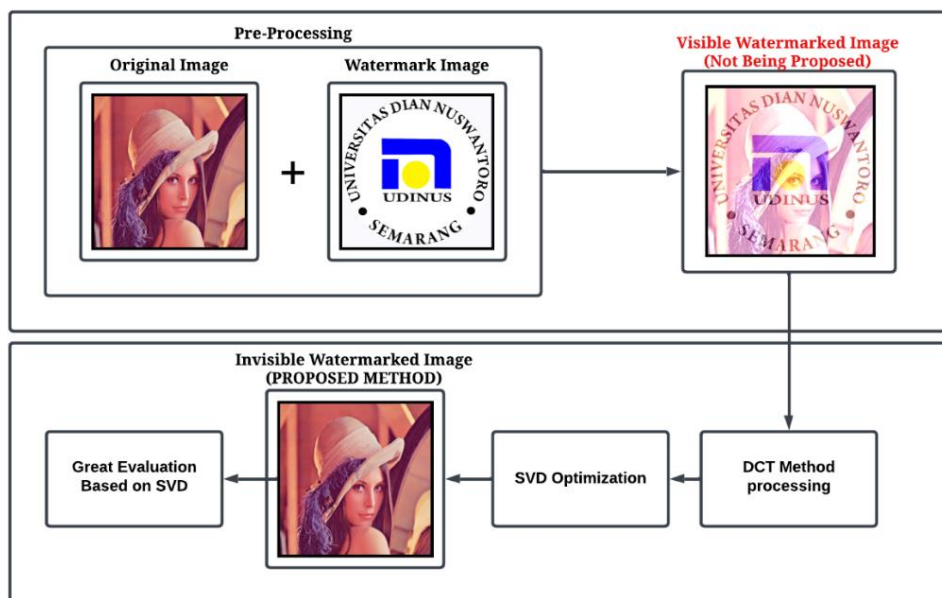
merupakan pembahasan mengenai metode yang diusulkan yaitu DCT dan SVD.

Metode DCT berbasis SVD

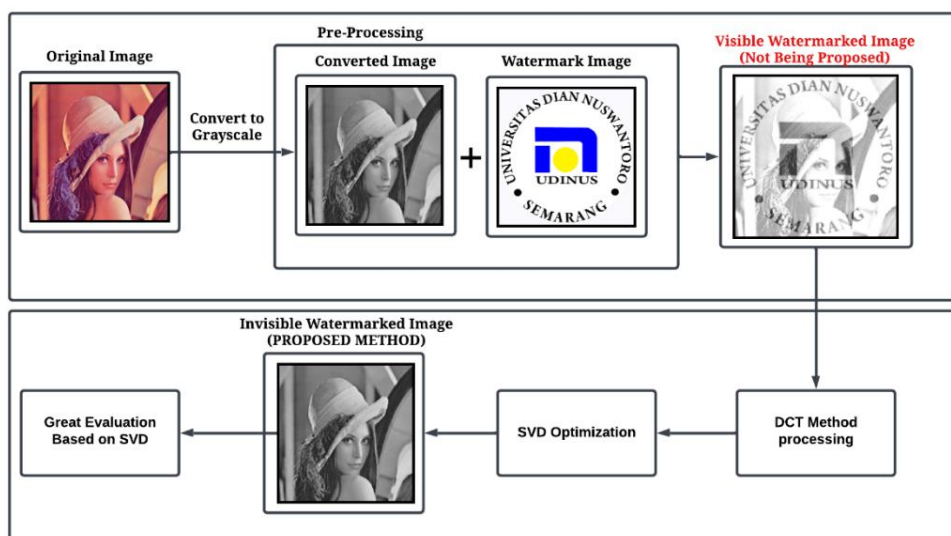
DCT adalah teknik transformasi yang umum digunakan dalam pengolahan citra dan sering digunakan dalam konteks *watermarking* untuk mengkonversi citra ke dalam domain frekuensi (Patel et al., 2023; Yuan et al., 2021). Sedangkan, SVD adalah teknik yang memungkinkan dekomposisi matriks citra menjadi komponen *singular value* yang dapat digunakan untuk menyematkan informasi *watermark* (Begum et al., 2022).

Penelitian ini mengkombinasikan teknik DCT dan SVD guna meningkatkan kualitas *watermarking* (Alzahrani, 2022; Durafe & Patidar, 2022; Xue et al., 2019; Zear & Singh, 2022). Penggabungan metode ini bertujuan mencapai keseimbangan optimal antara

kecepatan proses dan hasil citra yang dihasilkan. Penelitian ini berfokus pada pengembangan algoritma yang menggabungkan DCT dan SVD dengan efisien, sehingga dapat menghasilkan citra berkualitas tinggi sambil tetap melindungi keamanan data watermark yang disematkan dengan proses seperti pada Label 1. Dengan pendekatan yang komprehensif, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan teknik *watermarking* yang efektif dan dapat diaplikasikan dalam berbagai konteks yang memerlukan keamanan dan keaslian citra (Begum & Uddin, 2022; Kahlessenane et al., 2021). Berbasis metode yang diusulkan, *flow* dari metode yang diusulkan dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 2. Alur metode berbasis Citra RGB



Gambar 3. Alur metode berbasis citra grayscale

Alur kerja dimulai sesuai Gambar 2 dan Gambar 3 dengan menggabungkan gambar asli (RGB) dengan gambar *watermark* (Logo Universitas Dian Nuswantoro), yang menghasilkan gambar dengan *visible watermarking* yang tidak dibahas lebih lanjut dalam penelitian ini. Setelah mendapatkan gambar dengan *visible watermarking*, langkah selanjutnya adalah melakukan proses

DCT untuk menghilangkan watermark yang terlihat pada langkah sebelumnya. Kemudian, dilakukan optimasi dengan menggunakan metode SVD untuk meningkatkan hasil dari invisible watermarking dan mendapatkan hasil evaluasi yang maksimal.

Analisis Algoritma Pseudocode berbasis Metode yang diusulkan

Algoritma Pseudocode Invisible Watermarking

1. Input:

- Citra asli (*image*) \leftarrow [Matriks $N \times M$]
- Citra air (*watermark*) \leftarrow [Matriks $N \times M$]
- Faktor pengukuran (*scaling factor*) \leftarrow [Scale of Alpha level from 0.01 to 0.05]
- Embedding Threshold \leftarrow [Scale of Alpha level from 0.01 to 0.05]

2. Konversi citra asli dan citra air ke dalam domain DCT:

- $image_DCT \leftarrow DCT(image)$ [Matriks $N \times M$]
- $watermark_DCT \leftarrow DCT(watermark)$ [Matriks $N \times M$]

3. Terapkan Singular Value Decomposition (SVD) pada $image_DCT$:

- $U, S, V \leftarrow SVD(image_DCT)$ [Matriks $N \times N$, Matriks $N \times M$]

Embed watermark pada matriks singular value S:

Loop dari atas ke bawah untuk setiap elemen dalam matriks singular value S:

- Ambil nilai singular value saat ini, $S[i, j]$.
- Hitung nilai $\sigma_threshold \leftarrow S[i, j] * threshold$.
- Ambil nilai yang sesuai dari citra watermark, $watermark_DCT[i, j]$.
- Periksa apakah nilai $watermark_DCT[i, j]$ lebih besar dari $\sigma_threshold$:
 - *If (true)*, then:
 - Tambahkan nilai $watermark_DCT[i, j]$ ke dalam nilai singular value saat ini, $S[i, j]$, dengan faktor pengukuran yang telah ditentukan.
 - *If (false)*, biarkan nilai singular value $S[i, j]$ tetap tidak berubah.

Selesaikan proses penanaman watermark pada semua elemen matriks singular value S.

5. Rekonstruksi matriks singular value yang telah dimodifikasi:

- Rekonstruksi $image_DCT = U * S * V^T$ [Matriks $N \times M$]

6. Output:

- Citra hasil watermarking (*watermarked_image*)

7. Proses ekstraksi watermark (untuk mendapatkan watermark dari citra hasil watermarking):

- Terapkan DCT transform pada citra hasil watermarking (*watermarked_image*) untuk mendapatkan $image_DCT$
- Terapkan SVD pada $image_DCT$ untuk mendapatkan singular values S

Loop dari atas ke bawah untuk setiap elemen dalam matriks singular value S hasil watermarking:

- Ambil nilai singular value saat ini, $S_watermarked[i, j]$.
- Ambil nilai singular value asli dari citra tanpa watermark, $S_original[i, j]$.
- Hitung nilai $\sigma_threshold = S_original[i, j] * threshold$.
- Periksa apakah nilai singular value $S_watermarked[i, j]$ lebih besar dari $\sigma_threshold$:
 - *If (true)*, then:
 - Hitung nilai $watermark_DCT[i, j]$ dengan mengurangi nilai singular value $S_original[i, j]$ dari nilai singular value $S_watermarked[i, j]$, lalu dibagi dengan faktor pengukuran yang telah ditentukan.
 - *If (false)*, biarkan nilai $watermark_DCT[i, j]$ bernilai nol atau tidak berubah.

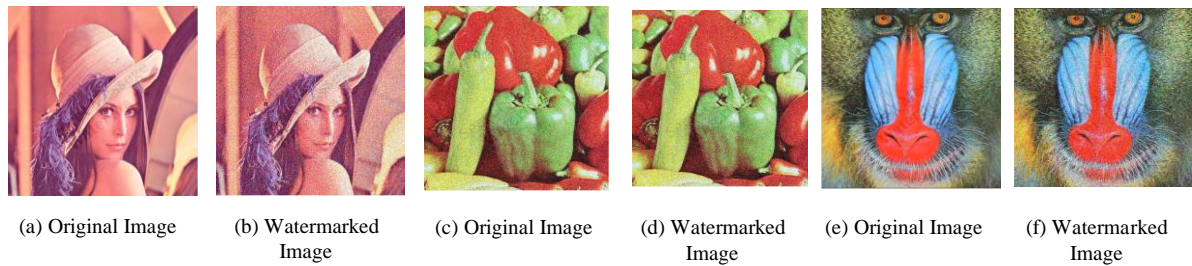
8. Output:

- Watermark yang diekstraksi (*extracted_watermark*)
-

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari Metode yang tercantum diatas, dan analisis dari algoritma *pseudocode* tersebut didapatkan hasil *pre-processing* sebagai berikut. Sebelum dilakukan evaluasi, gambar 4 telah melalui serangkaian tahapan *pre-*

processing untuk mempersiapkannya. Seluruh proses *pre-processing* ini bertujuan untuk mempersiapkan gambar agar siap dievaluasi. Hasil evaluasi dari proses tersebut, dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 4. Hasil citra watermarking

Tabel 1. Hasil evaluasi kualitas berbasis *watermarked image*

| Cover Image | Alpha Level | Citra RGB | | Citra Grayscale | |
|-------------|-------------|-----------|----------|-----------------|----------|
| | | MSE | PSNR | MSE | PSNR |
| Lena.bmp | Level 1 | 0.075 | 20.15 dB | 0.081 | 48.17 dB |
| | Level 2 | 0.194 | 14.13 dB | 0.062 | 44.13 dB |
| | Level 3 | 0.487 | 10.60 dB | 0.077 | 41.60 dB |
| | Level 4 | 0.754 | 8.10 dB | 0.154 | 32.10 dB |
| Peppers.png | Level 1 | 0.097 | 20.15 dB | 0.0083 | 48.17 dB |
| | Level 2 | 0.287 | 14.13 dB | 0.0872 | 44.13 dB |
| | Level 3 | 0.571 | 10.60 dB | 0.0992 | 41.60 dB |
| | Level 4 | 0.754 | 8.10 dB | 0.154 | 32.10 dB |
| Baboon.jpg | Level 1 | 0.097 | 20.15 dB | 0.0097 | 48.17 dB |
| | Level 2 | 0.121 | 14.13 dB | 0.094 | 44.13 dB |
| | Level 3 | 0.511 | 10.60 dB | 0.087 | 41.60 dB |
| | Level 4 | 0.754 | 8.10 dB | 0.154 | 32.10 dB |

Dari hasil evaluasi pada Gambar 4 dan Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa nilai *Mean Squared Error* (MSE) menunjukkan seberapa besar perbedaan antara gambar asli dengan gambar hasil restorasi. Semakin rendah nilai MSE, semakin baik pula kualitas restorasi gambar yang dilakukan. Dari data yang tertera, terlihat bahwa untuk citra Lena.bmp, tingkat alpha Level 1 memberikan hasil restorasi terbaik dengan nilai MSE paling rendah dibandingkan dengan level lainnya. Namun, untuk citra Peppers.png dan Baboon.jpg, citra dengan level alpha yang sama tidak selalu memberikan hasil restorasi terbaik, menunjukkan adanya perbedaan karakteristik antar gambar. Selain itu, nilai *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR) menunjukkan seberapa besar rasio antara sinyal dan *noise* dalam gambar yang direstorasi. Semakin tinggi nilai PSNR, semakin baik pula kualitas restorasi gambar yang dilakukan.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa citra dengan tingkat alpha Level 1 cenderung memberikan hasil restorasi yang lebih baik,

dengan nilai MSE yang relatif lebih rendah dan nilai PSNR yang relatif lebih tinggi. Namun, pada tingkat alpha yang lebih tinggi, terutama pada Level 4, terjadi peningkatan yang signifikan pada nilai MSE dan penurunan yang signifikan pada nilai PSNR, menandakan adanya degradasi kualitas gambar yang lebih besar pada tingkat alpha yang lebih tinggi. Oleh karena itu, pemilihan tingkat *alpha* yang tepat perlu dipertimbangkan dengan baik berdasarkan karakteristik citra yang akan diolah untuk memastikan kualitas restorasi gambar yang optimal.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil evaluasi kualitas citra menggunakan metrik *Mean Squared Error* (MSE) dan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR) telah diidentifikasi. Untuk citra Lena.bmp, nilai MSE terendah tercatat pada Level 1 dengan 0.075, sementara nilai PSNR tertinggi tercapai pada Level 1 dengan 48.17 dB. Sebaliknya, pada citra Peppers.png, nilai MSE terendah tercatat pada Level 1 dengan 0.0083, dan nilai PSNR tertinggi tercapai pada Level

1 dengan 48.17 dB. Sedangkan pada citra Baboon.jpg, nilai MSE terendah adalah 0.0097, yang terjadi pada Level 1, dan nilai PSNR tertinggi juga tercatat pada Level 1 dengan 48.17 dB. Dalam konteks hasil yang telah diperoleh, disarankan untuk lebih mempertimbangkan Level 1 dalam proses analisis citra karena memberikan kualitas terbaik dengan nilai MSE terendah dan PSNR tertinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Universitas Dian Nuswantoro atas dukungan finansial dalam publikasi ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aberna, P., & Agilandeeswari, L. (2023). Digital image and video watermarking: methodologies, attacks, applications, and future directions. *Multimedia Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15806-y>
- Alzahrani, A. (2022). Enhanced Invisibility and Robustness of Digital Image Watermarking Based on DWT-SVD. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/5271600>
- Begum, M., Ferdush, J., & Uddin, M. S. (2022). A Hybrid robust watermarking system based on discrete cosine transform, discrete wavelet transform, and singular value decomposition. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(8), 5856–5867. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.07.012>
- Begum, M., & Uddin, M. S. (2022). Towards the development of an effective image watermarking system. *SECURITY AND PRIVACY*, 5(2). <https://doi.org/10.1002/spy2.196>
- Darwish, S. M., & Al-Khafaji, L. D. S. (2020). Dual Watermarking for Color Images: A New Image Copyright Protection Model based on the Fusion of Successive and Segmented Watermarking. *Multimedia Tools and Applications*, 79(9–10), 6503–6530. <https://doi.org/10.1007/s11042-019-08290-w>
- Durafe, A., & Patidar, V. (2022). Development and analysis of IWT-SVD and DWT-SVD steganography using fractal cover. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(7), 4483–4498. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.10.008>
- Gupta, S., Saluja, K., Solanki, V., Kaur, K., Singla, P., & Shahid, M. (2022). Efficient methods for digital image watermarking and information embedding. *Measurement: Sensors*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100520>
- Hemdan, E. E. D. (2021). An efficient and robust watermarking approach based on single value decompression, multi-level DWT, and wavelet fusion with scrambled medical images. *Multimedia Tools and Applications*, 80(2), 1749–1777. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09769-7>
- Kahlessenane, F., Khaldi, A., Kafi, M. R., Zermi, N., & Euschi, S. (2021). A value parity combination based scheme for retinal images watermarking. *Optical and Quantum Electronics*, 53(3). <https://doi.org/10.1007/s11082-021-02793-3>
- Patel, J., Tailor, D., Panchal, K., Patel, S., Gupta, R., & Shah, M. (2023). All phase discrete cosine biorthogonal transform versus discrete cosine transform in digital watermarking. *Multimedia Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-16106-1>
- Setiawati, I., Thoni Hermanto, M., & Ujianto, E. (2023). Implementation Of Digital Watermarking On Images Using The Least Significant Bit Method. In *International Journal of Engineering* (Vol. 5, Issue 1). <https://www.kaggle.com/datasets/felicepollano/watermarked-not-watermarked->
- Suardoyo, U., & Dwiyaniti, D. (n.d.). Implementasi Algoritma Discrete Cosine Transform Pada Kompresi Citra (Vol. 3, Issue 2).

- <https://jurnal.umpar.ac.id/index.php/sylog>
- Xue, Y., Mu, K., Wang, Y., Chen, Y., Zhong, P., & Wen, J. (2019). Robust speech steganography using differential SVD. *IEEE Access*, 7, 153724–153733. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2948946>
- Yuan, Z., Su, Q., Liu, D., & Zhang, X. (2021). A blind image watermarking scheme combining spatial domain and frequency domain. *Visual Computer*, 37(7), 1867–1881. <https://doi.org/10.1007/s00371-020-01945-y>
- Zear, A., & Singh, P. K. (2022). Secure and robust color image dual watermarking based on LWT-DCT-SVD. *Multimedia Tools and Applications*, 81(19), 26721–26738. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-10472-w>