

Implementasi *Digital Image Processing* Menggunakan *Discrete Hermite Wavelet Filter Technique* Dalam Pemberian *Watermark* Pada Citra

*Shintyadhita Wirawan Putri, Talitha Aurora Nadenggan Siregar,
Rafani Bardatus Salsabilah, Gilang Enggar Saputra

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia

Artikel Histori:

Disubmit: Juli 2024

Diterima: September 2024

Diterbitkan: Desember 2024

DOI

[10.33005/jifti.v6i2.160](https://doi.org/10.33005/jifti.v6i2.160)



ABSTRAK

Keamanan data digital menjadi tantangan penting di era digital, terutama dalam melindungi konten multimedia dari akses ilegal, duplikasi, dan penyebaran tanpa izin. Penelitian ini mengusulkan penerapan metode *Discrete Hermite Wavelet Filters Technique (DHWT)* sebagai pendekatan watermarking untuk menjaga integritas dan hak cipta data digital. Dengan menggabungkan transformasi wavelet dan basis fungsi Hermite, metode ini menyisipkan watermark tanpa mengorbankan kualitas visual citra. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode ini mampu mempertahankan kualitas citra dan tahan terhadap berbagai bentuk serangan. Temuan ini menunjukkan bahwa DHWT berpotensi menjadi solusi yang andal dan efisien dalam menjaga keamanan konten digital.

Kata Kunci: Keamanan Data Digital, Watermarking, Discrete Wavelet Filters Technique, Hermite Polynomial, QR Decomposition.

PENDAHULUAN

Dalam era digital, ancaman keamanan data menjadi tantangan yang semakin kompleks, terutama dengan meningkatnya ancaman terhadap pencurian data, integritas serta otentikasi informasi (Wijoyo et al., 2023). Salah satu data digital yang rawan terhadap ancaman tersebut adalah konten digital berupa citra, video, dan lain sebagainya. Konten digital merupakan salah satu data yang mudah sekali untuk diakses secara illegal untuk digunakan dalam hal lain seperti dimiliki, diduplikasi, serta disebarluaskan secara illegal. Salah satu teknik yang banyak digunakan untuk melindungi data digital adalah *watermarking*.

Watermarking adalah sebuah teknik untuk menyisipkan *watermark* ke dalam file multimedia seperti citra, video, atau audio untuk menjaga hak cipta, keaslian, dan integritas data (Begum & Uddin, 2020). Keamanan data digital dapat ditingkatkan melalui penyisipan *watermark* berbasis *Discrete Wavelet Transform (DWT)* yang berguna untuk menjaga hak cipta (Alaoui, 2023).

How to Cite:

Putri, S. W., Siregar, T. A. N., Salsabilah, R. B., Saputra, G. E. (2024). Implementasi *Digital Image Processing* Menggunakan *Discrete Hermite Wavelet Filter Technique* Dalam Pemberian *Watermark* Pada Citra. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Robotika*, 6(2), 81-87. <https://doi.org/10.33005/jifti.v6i2.160>.

*Corresponding Author:

Email : 21081010074@student.upnjatim.ac.id

Alamat : Jl. Rungkut Madya, Gn. Anyar, Kec. Gn. anyar,
Surabaya, Jawa Timur, 60294



This article is published under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Hermite polynomial adalah sekumpulan *polynomial orthogonal* yang didefinisikan dalam *gaussian* dan diterapkan pada implementasi perhitungan matematika, fisika, dan juga teknik. *Discrete Hermite Wavelet Filters Technique* (DHWT) adalah metode inovatif dalam menyisipkan dan mengekstraksi *watermark* pada citra asli dengan tetap mempertahankan kualitas data asli. DHWT merupakan algoritma *hybrid* dimana terdapat gabungan antara perhitungan basis kernel menggunakan *hermite polynomial* dan juga *discrete wavelet transform* untuk menyisipkan *watermark* biner pada citra asli (Begum dkk., 2022).

Dalam penerapan pada *discrete hermite wavelet filters technique*, *hermite polynomial* digunakan sebagai basis fungsional dalam pembentukan gelombang (*wavelet*) yang dapat menangkap berbagai frekuensi dalam citra. Dengan menggunakan *hermite polynomial* sebagai basis, analisis frekuensi tinggi dan rendah dapat dilakukan secara efisien.

DHWT membuktikan efektivitasnya dalam mempertahankan kualitas citra, bahkan ketika citra mengalami berbagai serangan, dengan kinerja yang lebih cepat dan efisien dibandingkan metode sebelumnya. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan pada rasio sinyal terhadap *noise* (PSNR), yang menunjukkan keunggulan DHWT dalam aplikasi *watermarking* yang lebih tahan lama dan efektif.

Penelitian sebelumnya membahas tentang perbandingan antara penggunaan *Discrete Wavelet Transform (DWT)* dan *Lifting Wavelet Transform (LWT)* dalam proses *watermarking* pada citra digital. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas citra hasil *watermarking* dan ketahanan *watermark* terhadap berbagai serangan menggunakan kedua metode transformasi ini. DWT menunjukkan keunggulan dengan ketahanan yang lebih tinggi terhadap berbagai serangan, seperti kompresi JPG, rotasi, *cropping*, dan *noise*, dibandingkan LWT (Taha dkk., 2020).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan dan mengevaluasi metode DHWT dalam penyisipan *watermark* pada citra digital serta mengukur efektivitasnya dalam menjaga kualitas visual dan ketahanan terhadap serangan seperti kompresi, rotasi, dan *noise*.

METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini, alur sistematis dengan yang digunakan mengikuti urutan pada metode *Discrete Hermite Wavelet Transform* (DHWT) seperti ditampilkan pada Gambar 1.

Pada langkah awal, citra berwarna dengan ukuran $M \times M$ diinputkan, kemudian citra tersebut diubah menjadi skala *grayscale* menggunakan sebuah fungsi manual. Selanjutnya, citra hasil konversi dianalisis menggunakan *Discrete Hermite Wavelet Filters Technique* (DHWT). Dari rumus dasar *hermite polynomial* dikembangkan untuk merepresentasikan gelombang (*wavelet*) didalam metode *Discrete Hermite Wavelet Filters Technique* (DHWT), yang pada gilirannya berasal dari *wavelet* dasar.

Citra *grayscale* dengan ukuran $M \times M$ diterapkan ke *Discrete Hermite Wavelet Filters Technique* (DHWT). Selanjutnya, citra akan dianalisis dan di dekomposisi berdasarkan frekuensi dengan proses *filtering low-pass* dan *high-pass* dengan basis *hermite polynomial*. Dihasilkan empat set koefisien yaitu:

- a) LL (*Low-Low*): Mengandung representasi utama citra yang menyimpan sebagian besar informasi visual.

- b) LH (*Low-High*): Menunjukkan detail horizontal, yaitu informasi yang memiliki frekuensi tinggi dalam arah horizontal tetapi rendah dalam arah vertikal.
- c) HL (*High-Low*): Menunjukkan detail vertikal, yaitu informasi yang memiliki frekuensi tinggi dalam arah vertikal tetapi rendah dalam arah horizontal.
- d) HH (*High-High*): Mengandung informasi frekuensi tinggi dalam kedua dimensi, yang mencakup detail halus dari citra.

Setiap koefisien yang dihasilkan dari proses DHWT memiliki ukuran yang setengah dari citra asli. Setelah analisis, blok LH dari hasil dekomposisi DHWT dibagi menjadi blok-blok kecil berukuran 2×2 . Selanjutnya *watermark* yang telah diubah menjadi biner berukuran $N \times N$ disisipkan ke dalam blok-blok. Setelah itu, lokasi blok-blok pada citra diubah menggunakan *logistic map*.

$$x_n + 1 = r \cdot x_n \cdot (1 - x_n)$$

Keterangan:

Xn: nilai pada iterasi ke-n.

R: parameter kontrol yang mempengaruhi dinamika system.

Lalu dilakukan dekomposisi QR yaitu memecah matriks citra (blok) menjadi dua bagian. Jika kita memiliki matriks A berukuran $M \times N$, dekomposisi QR dapat dinyatakan sebagai:

$$A = Q \cdot R$$

Keterangan

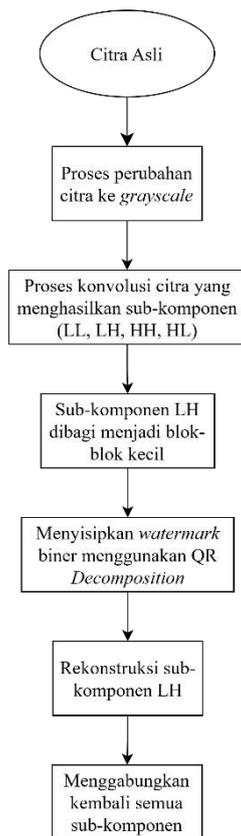
- Q: Matriks ortogonal, yang memiliki kolom yang saling tegak lurus dan panjang satu. Matriks ini berguna untuk memproyeksikan data ke ruang yang lebih rendah.
- R: Matriks segitiga atas, yang memiliki elemen di bawah diagonal utama sama dengan nol. Matriks ini menyimpan informasi tentang skala dari komponen di dalam matriks Q.

Sub-matriks R digunakan untuk menyisipkan *bit watermark* biner ke dalam matriks yang dihasilkan dari dekomposisi QR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap pertama penelitian ini yaitu melakukan impor pustaka penting seperti *numpy*, *matplotlib*, dan *scipy* untuk kebutuhan dalam mempermudah pengolahan data, visualisasi, dan perhitungan matematis. *Google Drive* kemudian di-*mount* menggunakan *drive.mount* agar file citra yang tersimpan di dalamnya dapat diakses langsung oleh kode. Selanjutnya, citra dibaca dari direktori menggunakan fungsi *read_and_display_image*, yang memanfaatkan *plt.imread()* untuk membaca citra dan menampilkannya menggunakan *plt.imshow()* guna memastikan citra berhasil dimuat dan siap diproses.

Citra yang telah dimuat kemudian dikonversi dari format RGB ke *grayscale* menggunakan fungsi *rgb_to_gray*. Proses ini dilakukan dengan kombinasi linear dari komponen warna merah, hijau, dan biru berdasarkan bobot tertentu untuk menghasilkan satu nilai intensitas *grayscale*.



Gambar 1. Alur metode penelitian
Sumber: Data Diolah

Setelah citra diubah menjadi *grayscale*, tahapan berikutnya adalah proses konvolusi menggunakan *hermite polynomial*. Filter ini digunakan untuk memisahkan komponen frekuensi citra menjadi menjadi beberapa sub-komponen, di mana $n=0$ menghasilkan filter *low-pass* (frekuensi rendah) dan $n=1$ untuk *high-pass* (frekuensi tinggi), yang kemudian digunakan pada proses transformasi *wavelet* (Liu et al., 2019).

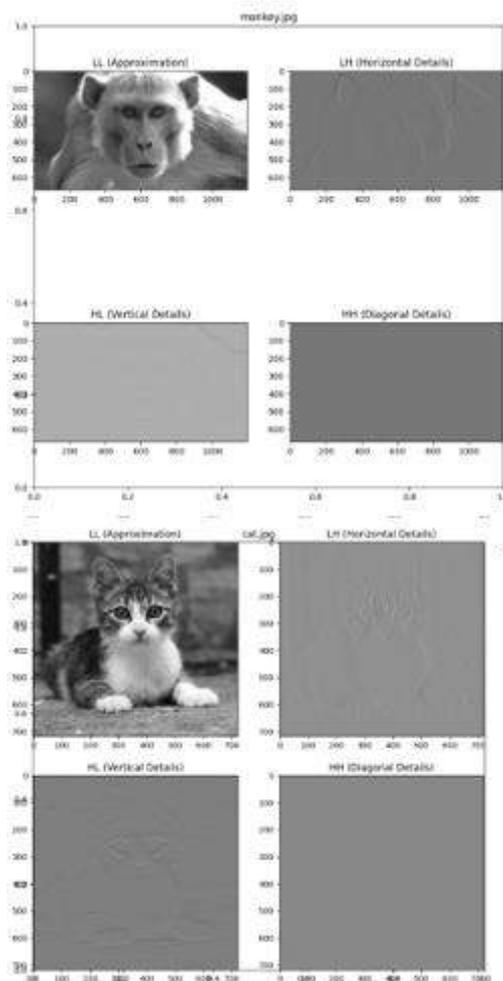
Tahap konvolusi dilakukan dengan menggunakan fungsi *convolve_2d*, di mana citra diolah dengan kernel basis hermite polynomial untuk mengekstraksi fitur-fitur spesifik. Proses ini mencakup penambahan *padding* agar ukuran *output* tetap konsisten. Setelah itu, transformasi *Discrete Hermite Wavelet Filters Technique* (DHWT) dilakukan dengan membagi citra menjadi empat sub-komponen: LL (*Approximation*) untuk frekuensi rendah, LH untuk *detail* horizontal, HL untuk *detail* vertikal, dan HH untuk *detail* diagonal. Hasil dari tahap ini berupa citra yang terpisah berdasarkan komponen frekuensi, yang berguna untuk analisis lebih lanjut atau penyisipan *watermark* seperti pada Gambar 2.

Watermark kemudian disisipkan ke dalam citra menggunakan fungsi *embed_watermark*. *Watermark* dibuat secara acak dalam bentuk biner menggunakan *np.random.randint* dan disisipkan ke dalam sub-komponen LH menggunakan metode dekomposisi QR dan *logistic map*. Teknik ini memastikan *watermark* tersembunyi dengan baik namun tetap dapat dikenali.

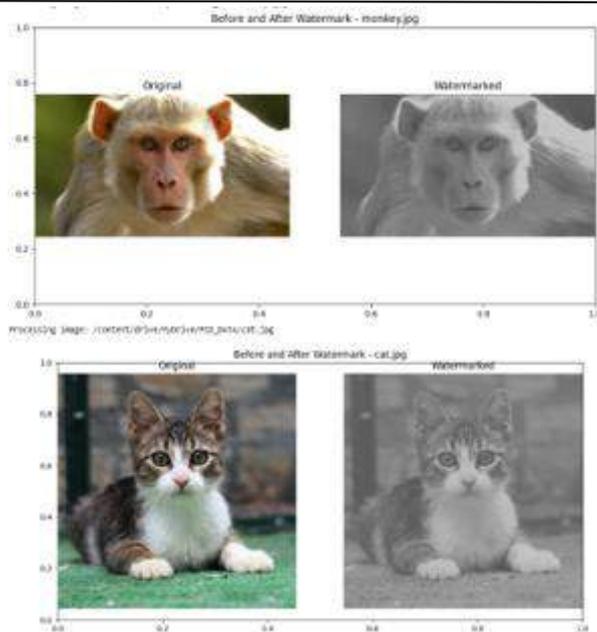
Tahap terakhir adalah menampilkan hasil citra *before* (citra asli) dan *after* (citra yang telah disisipkan *watermark*) secara berdampingan menggunakan *subplot* dari *matplotlib*.

Hasil visualisasi menunjukkan bahwa citra dengan *watermark* terlihat sangat halus dibandingkan dengan citra asli, di mana *watermark* tidak merusak struktur visual utama citra. Berikut hasil dari visualisasi pembagian sub-komponen pada Gambar 3.

Secara keseluruhan, proses ini melibatkan pembacaan citra, konversi ke *grayscale*, pemisahan frekuensi menggunakan transformasi *wavelet*, penyisipan *watermark* berbasis filter *hermite polynomial* dan *logistic map*, hingga menampilkan hasil akhir berupa perbandingan citra asli dan citra yang telah diberi *watermark*. Setiap tahap dirancang untuk menjaga kualitas citra sambil memastikan *watermark* terintegrasi secara efektif tanpa merusak *detail* visual.



Gambar 2. Hasil pembagian sub-komponen
Sumber: Data Diolah



Gambar 3. Hasil visualisasi sub-komponen
Sumber: Data Diolah

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan Discrete Hermite Wavelet Transform (DHWT) dalam proses penyisipan watermark pada citra digital. Tahapan proses dimulai dari membaca citra menggunakan pustaka *numpy*, *matplotlib*, dan *scipy*, serta memastikan aksesibilitas file melalui *Google Drive*. Citra kemudian dikonversi dari format RGB ke *grayscale* menggunakan pendekatan linear berbasis bobot komponen warna merah, hijau, dan biru, yang menyederhanakan pengolahan citra. Transformasi DHWT digunakan untuk mendekonstruksi citra *grayscale* menjadi empat sub-komponen frekuensi, yaitu LL (*Approximation*), LH (*Horizontal Details*), HL (*Vertical Details*), dan HH (*Diagonal Details*). Proses ini bertujuan untuk mengekstraksi komponen frekuensi rendah dan tinggi guna mempermudah penyisipan *watermark*. *Watermark* biner dibuat secara acak menggunakan *np.random.randint* dan disisipkan pada sub-komponen LH menggunakan *QR decomposition* serta teknik *logistic map*, yang memastikan watermark tersembunyi dengan baik namun tetap dapat dikenali. Hasil visualisasi menunjukkan perbandingan antara citra asli dan citra dengan *watermark* yang telah disisipkan. Citra *watermark* memiliki perbedaan yang sangat halus dibandingkan citra asli, di mana *watermark* tidak merusak struktur visual utama. Metode ini terbukti efektif dalam menjaga kualitas citra sambil memastikan watermark terintegrasi dengan baik dan tahan terhadap potensi gangguan. Secara keseluruhan, penelitian ini menekankan efektivitas DHWT sebagai teknik yang efisien dan *robust* dalam penerapan watermarking pada citra digital, baik untuk menjaga integritas data maupun keamanan informasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaoui, N. (2023). DWT-Based Digital Watermarking For Various Attacks. *Acadlore Transactions on AI and Machine Learning*, 2(4), 226–234. <https://doi.org/10.56578/ataiml020405>
- 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. (2020). Digital Image Watermarking Techniques: A Review. *Information (Switzerland)*, 11(2).
- Liu, J., Huang, J., Luo, Y., Cao, L., Yang, S., Wei, D., & Zhou, R. (2019). An Optimized Image Watermarking Method Based On HD And SVD In DWT Domain. *IEEE Access*, 7, 80849–80860. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2915596>.
- Osadchiy, A., Kamenev, A., Saharov, V., & Chernyi, S. (2021). Signal Processing Algorithm Based On Discrete Wavelet Transform. *Designs*, 5(3), 1–13. <https://doi.org/10.3390/designs5030041>.
- Taha, D. B., Taha, T. B., & Dabagh, N. B. Al. (2020). A Comparison Between The Performance Of DWT And LWT In Image Watermarking. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 9(3), 1005–1014. <https://doi.org/10.11591/eei.v9i3.1754>.
- Wijoyo, A., Fatimah, S., & Widiанти, Y. (2023). Keamanan Data Dalam Sistem Informasi Manajemen: Risiko Dan Strategi Perlindungan. *Jurnal Teknologi, Bisnis, dan Pendidikan*, 1(2), 1–7.