

Performance Analysis Of Discrete Cosine Transform And Discrete Wavelet Transform Methods On Digital Images Based On Peak Signal-To-Noise Ratio And Mean Squared Error Parameters

Muetya Oktaviani ¹⁾; Juju Jumadi ²⁾; Ockhy Jey Fhiter. W. ³⁾

^{1,2,3)} Study Program of Informatics, Faculty of Computer Science, Universitas Dehasen Bengkulu

Email: ¹⁾ muetyaoktaviani@gmail.com

How to Cite :

Oktaviani, M., Jumadi, J., Fhiter. W., O. J. (2026). Performance Analysis of Discrete Cosine Transform and Discrete Wavelet Transform Methods on Digital Images Based on Peak Signal-to-Noise Ratio and Mean Squared Error Parameters. Jurnal Media Computer Science, 5(4)

ARTICLE HISTORY

Received [11 Juli 2026]

Revised [23 Oktober 2026]

Accepted [26 Oktober 2026]

KEYWORDS

Digital Image Compression, Discrete Cosine Transform, Discrete Wavelet Transform, Mean Squared Error, Peak Signal-to-Noise Ratio.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](#) license



ABSTRAK

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan penyimpanan dan distribusi data citra, diperlukan teknik kompresi yang mampu mengurangi ukuran file tanpa mengurangi kualitas citra secara signifikan. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam kompresi citra adalah transformasi frekuensi, di antaranya Discrete Cosine Transform (DCT) dan Discrete Wavelet Transform (DWT). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja metode DCT dan DWT pada citra digital berdasarkan parameter Mean Squared Error (MSE) dan Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR). Selain itu, penelitian ini juga mempertimbangkan rasio kompresi sebagai parameter pendukung dalam proses evaluasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode DWT menghasilkan nilai rata-rata MSE sebesar 63,9381, lebih rendah dibandingkan metode DCT sebesar 70,0780. Sementara itu, metode DCT menghasilkan nilai rata-rata PSNR sebesar 31,21 dB, lebih tinggi dibandingkan metode DWT sebesar 30,52 dB. Dari aspek rasio kompresi, metode DCT juga menunjukkan performa yang lebih baik dengan nilai rata-rata sebesar 4,2954, sedangkan metode DWT menghasilkan nilai rata-rata sebesar 2,0275. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa metode DWT lebih baik dalam meminimalkan tingkat kesalahan citra berdasarkan parameter MSE, sedangkan metode DCT lebih unggul dalam menghasilkan kualitas citra hasil rekonstruksi dan efisiensi kompresi berdasarkan nilai PSNR dan rasio kompresi.

ABSTRACT

As the demand for image data storage and distribution continues to increase, compression techniques are required to reduce file size without significantly degrading image quality. One of the most widely used approaches in image compression is frequency-domain transformation, including the Discrete Cosine Transform (DCT) and the Discrete Wavelet Transform (DWT). This study aims to evaluate and compare the performance of DCT and DWT methods on digital images based on the Mean Squared Error (MSE) and Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) parameters. In addition, the study also considers the compression ratio as a supporting parameter in the evaluation process. The results indicate that the DWT method produced an average MSE value of 63.9381, which was lower than that of DCT method at 70.0780. Meanwhile, DCT method achieved an average PSNR value of 31.21 dB, which was higher than that of DWT method at 30.52 dB. In terms of compression ratio, the DCT method also demonstrated better performance, with an average value of 4.2954, whereas DWT method produced an average value of 2.0275. Based on the testing results, it can be concluded that DWT method performs better in minimizing image distortion based on the MSE parameter, whereas the DCT method is superior in producing reconstructed image quality and compression efficiency based on PSNR values and compression ratio.

PENDAHULUAN

Citra digital telah menjadi salah satu bentuk data paling dominan dalam ekosistem informasi modern. Penggunaannya tidak hanya terbatas pada dokumentasi visual, tetapi juga meluas pada sistem medis, keamanan, pembelajaran mesin, pengarsipan, pemantauan lingkungan, hingga distribusi konten multimedia berbasis web. Perkembangan perangkat akuisisi gambar beresolusi tinggi membuat volume data visual meningkat secara signifikan. Kondisi ini menghadirkan kebutuhan teknis untuk mengelola ruang penyimpanan dan bandwidth secara lebih efisien tanpa menghilangkan informasi utama yang terkandung dalam citra.

Masalah utama dalam pengelolaan citra digital terletak pada ukuran file yang relatif besar. Citra beresolusi tinggi membutuhkan kapasitas penyimpanan yang lebih luas dan waktu transmisi yang lebih panjang, terutama ketika dikirim melalui jaringan dengan keterbatasan bandwidth. Raharja et al. (2021) menegaskan bahwa kebutuhan pertukaran data yang semakin besar menuntut mekanisme pemampatan agar proses penyimpanan dan distribusi dapat dilakukan secara optimal. Dalam konteks perangkat dengan sumber daya terbatas, persoalan ini menjadi lebih krusial karena kinerja pemrosesan citra sangat dipengaruhi oleh ukuran data dan kompleksitas algoritma yang digunakan.

Kompresi citra merupakan pendekatan penting untuk mereduksi redundansi data. Prinsip utamanya adalah menekan informasi yang berulang atau kurang berpengaruh terhadap persepsi visual manusia, sehingga ukuran file dapat dikurangi dengan tetap menjaga kualitas rekonstruksi. Dalam domain transformasi, dua metode yang banyak digunakan adalah Discrete Cosine Transform (DCT) dan Discrete Wavelet Transform (DWT). DCT dikenal luas melalui standar JPEG karena mampu memusatkan energi citra pada koefisien frekuensi tertentu, sedangkan DWT menawarkan analisis multi-resolusi yang dapat memisahkan informasi citra berdasarkan skala frekuensi.

Kajian terdahulu menunjukkan bahwa kedua metode memiliki karakteristik yang berbeda. DCT sering dipandang unggul dalam efisiensi komputasi dan reduksi ukuran file, tetapi berpotensi menghasilkan blocking artifact pada tingkat kompresi tertentu. Sebaliknya, DWT memiliki kemampuan mempertahankan struktur visual yang lebih halus karena proses dekomposisinya tidak bergantung pada blok-blok kecil seperti DCT. Phandany et al. (2022) menunjukkan bahwa pemilihan metode kompresi sangat dipengaruhi oleh karakteristik citra, terutama perbedaan antara citra grayscale dan citra berwarna. Sementara itu, Takezawa dan Yamashita (2021) memperlihatkan bahwa pendekatan berbasis wavelet masih relevan dikembangkan karena mampu mengurangi redundansi komponen citra secara lebih adaptif.

Meskipun DCT dan DWT telah banyak digunakan, gap penelitian masih terlihat pada pola evaluasi yang tidak sepenuhnya setara. Sebagian penelitian membandingkan metode transformasi dengan skema pengkodean entropi yang berbeda, sehingga keunggulan performa sulit diatribusikan secara langsung pada karakteristik transformasinya. Kumar dan Kumar (2021) menunjukkan bahwa penggabungan DWT-DCT dengan teknik kompresi tertentu dapat meningkatkan rasio pemampatan dan nilai kualitas citra, namun hasil seperti ini belum selalu menjawab perbandingan apple-to-apple antara DCT dan DWT sebagai metode transformasi utama. Oleh sebab itu, diperlukan pengujian dengan variabel kontrol yang sama agar perbedaan kinerja dapat dianalisis secara lebih objektif.

Penelitian ini menempatkan Huffman Coding sebagai skema pengkodean yang sama untuk kedua metode. Standardisasi ini penting karena Huffman Coding berperan pada tahap entropy coding setelah proses transformasi. Dengan menggunakan skema pengkodean yang sama, analisis tidak lagi hanya membaca hasil akhir ukuran file, tetapi juga menilai bagaimana karakteristik DCT dan DWT memengaruhi nilai Mean Squared Error (MSE), Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR), rasio kompresi, dan waktu proses. Kebaruan penelitian terletak pada penyusunan sistem komparasi berbasis web yang menyajikan hasil transformasi, rekonstruksi, dan metrik evaluasi secara langsung.

LANDASAN TEORI

Discrete Cosine Transform

Discrete Cosine Transform (DCT) merupakan teknik transformasi yang mengubah representasi citra dari domain spasial ke domain frekuensi. Transformasi ini memetakan nilai piksel menjadi koefisien frekuensi, sehingga komponen berenergi tinggi dapat dipertahankan dan komponen berenergi rendah dapat dikurangi pada tahap kuantisasi. DCT banyak digunakan dalam kompresi lossy karena sebagian informasi frekuensi tinggi biasanya kurang sensitif terhadap persepsi visual manusia. Alegria et al. (2022) menjelaskan bahwa DCT digunakan untuk memecah sinyal atau citra ke dalam komponen frekuensi dasarnya, sedangkan proses inverse DCT memungkinkan citra direkonstruksi kembali ke domain spasial.

Keunggulan DCT terletak pada kemampuannya mengonsentrasikan energi citra dalam sejumlah kecil koefisien. Kondisi ini membuat metode DCT efektif dalam mereduksi ukuran data dan relatif efisien

secara komputasional. Namun, karena prosesnya sering diterapkan pada blok-blok piksel, DCT dapat menghasilkan ketidakkontinuan antarblok ketika tingkat kompresi semakin tinggi. Kelemahan ini dikenal sebagai blocking artifact dan dapat menurunkan mutu visual citra. Dengan demikian, performa DCT perlu dinilai tidak hanya dari rasio kompresi, tetapi juga dari tingkat kesalahan rekonstruksi dan kualitas sinyal citra.

Discrete Wavelet Transform

Discrete Wavelet Transform (DWT) merupakan metode transformasi yang menganalisis citra melalui dekomposisi multi-resolusi. Berbeda dari DCT yang bekerja kuat pada representasi frekuensi berbasis blok, DWT memecah citra ke dalam sub-band frekuensi rendah dan frekuensi tinggi melalui filter low-pass dan high-pass. Setiabudi et al. (2022) menyatakan bahwa transformasi wavelet mampu memberikan informasi frekuensi sekaligus skala, sehingga representasi citra menjadi lebih fleksibel untuk menangkap detail visual. Kemampuan ini membuat DWT sering dipilih ketika kualitas rekonstruksi dan kehalusan struktur citra menjadi prioritas.

Dalam konteks kompresi citra, DWT memisahkan komponen aproksimasi dan detail. Komponen aproksimasi menyimpan informasi utama citra, sedangkan komponen detail merepresentasikan tepi, tekstur, dan perubahan intensitas. Proses ini memungkinkan pengurangan data dilakukan secara lebih adaptif terhadap struktur citra. Walaupun demikian, DWT umumnya membutuhkan pemrosesan yang lebih kompleks dibandingkan DCT, terutama ketika tingkat dekomposisi dan jenis wavelet yang digunakan semakin bervariasi. Oleh karena itu, evaluasi DWT perlu mempertimbangkan keseimbangan antara kualitas rekonstruksi, ukuran hasil kompresi, dan waktu proses.

Huffman Coding dan Kompresi Citra

Huffman Coding merupakan teknik pengkodean entropi yang memberikan kode lebih pendek pada simbol yang sering muncul dan kode lebih panjang pada simbol yang jarang muncul. Lubis et al. (2022) menjelaskan bahwa teknik ini dapat digunakan pada berbagai jenis data, termasuk citra, audio, maupun teks. Dalam kompresi citra, Huffman Coding berperan setelah tahap transformasi dan kuantisasi untuk menghasilkan representasi bit yang lebih efisien. Azra et al. (2025) menegaskan bahwa proses Huffman terdiri atas pembentukan pohon, encoding, dan decoding, sehingga setiap simbol dapat direpresentasikan secara unik.

Penggunaan Huffman Coding dalam penelitian ini bukan dimaksudkan sebagai objek perbandingan utama, melainkan sebagai variabel kontrol. Dengan menerapkan skema entropy coding yang sama pada DCT dan DWT, evaluasi menjadi lebih terarah pada perbedaan performa kedua metode transformasi. Parameter yang digunakan untuk menilai kualitas citra adalah MSE dan PSNR, sedangkan parameter efisiensi dinilai melalui rasio kompresi dan waktu proses. MSE mengukur rata-rata kuadrat perbedaan piksel antara citra asli dan citra rekonstruksi, sedangkan PSNR mengukur tingkat kualitas sinyal citra hasil kompresi dalam satuan desibel.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa DCT, DWT, dan variasi metode kompresi lain telah banyak dibahas, tetapi belum seluruhnya menggunakan skema pengkodean entropi yang sama ketika melakukan perbandingan. Celah ini menjadi dasar penelitian untuk menerapkan Huffman Coding sebagai kontrol agar hasil evaluasi antara DCT dan DWT dapat dibaca secara lebih adil.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental kuantitatif dengan desain komparatif. Pendekatan ini dipilih karena tujuan utama penelitian adalah menguji dan membandingkan kinerja dua metode transformasi citra berdasarkan parameter numerik yang dapat diukur. Objek penelitian berupa citra digital standar yang diproses melalui aplikasi berbasis web. Setiap citra diuji menggunakan dua jalur transformasi, yaitu DCT dan DWT, kemudian keduanya melewati tahap pengkodean Huffman agar proses entropy coding berada pada kondisi yang sama.

Data uji berupa citra digital beresolusi 512 x 512 piksel dengan format JPEG dan PNG. Citra dipilih secara purposive untuk mewakili variasi karakteristik visual, seperti objek dengan tekstur rendah, tekstur tinggi, detail tepi, dan perbedaan intensitas. Sumber citra mengacu pada USC-SIPI Image Database sebagai repositori yang banyak digunakan dalam penelitian pengolahan citra. Pengujian dilakukan pada dua kategori transformasi, yakni citra yang diproses menggunakan DCT dan citra yang diproses menggunakan DWT.

Tabel 1. Spesifikasi Data Uji Citra Digital

Parameter	Spesifikasi
Resolusi	512 x 512 piksel
Color depth	8-bit grayscale (256 level intensitas)
Format file	JPEG dan PNG
Jumlah data uji	10 citra per kategori transformasi
Skema pengkodean	Huffman Coding sebagai variabel kontrol

Aplikasi pengujian dikembangkan dengan model waterfall yang terdiri atas analisis kebutuhan, desain sistem, penulisan kode program, pengujian, dan penerapan. Tahap analisis kebutuhan diarahkan untuk merumuskan fungsi utama sistem, yaitu unggah citra, pemilihan metode transformasi, proses kompresi, rekonstruksi citra, perhitungan metrik, dan penyajian hasil komparatif. Tahap desain mencakup perancangan alur proses, antarmuka, serta modul evaluasi. Implementasi sistem menggunakan bahasa pemrograman Python dengan dukungan pustaka pengolahan citra dan basis data MySQL untuk menyimpan informasi hasil pengujian.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi proses kompresi pada aplikasi dan studi pustaka terhadap penelitian terkait kompresi citra. Observasi digunakan untuk membaca hasil proses sistem secara langsung, sedangkan studi pustaka digunakan untuk membangun dasar teoretis mengenai DCT, DWT, Huffman Coding, MSE, dan PSNR. Instrumen penelitian berupa aplikasi pengujian yang telah dirancang untuk menghitung metrik secara otomatis, sehingga kesalahan perhitungan manual dapat diminimalkan.

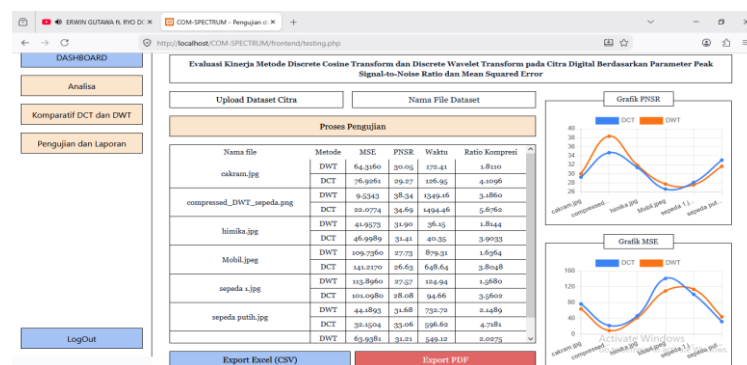
Tahap pengujian dilakukan dengan memasukkan citra uji ke dalam aplikasi, memilih metode DCT atau DWT, menjalankan proses transformasi, melakukan pengkodean Huffman, merekonstruksi citra, dan menghitung parameter evaluasi. Metrik utama yang digunakan adalah MSE dan PSNR. MSE dihitung menggunakan persamaan: $MSE = (1/MN) \sum_i \sum_j [I(i,j) - K(i,j)]^2$, dengan I sebagai citra asli, K sebagai citra rekonstruksi, serta M dan N sebagai dimensi citra. PSNR dihitung menggunakan persamaan: $PSNR = 10 \log_{10}(MAX^2/MSE)$, dengan MAX sebagai nilai maksimum intensitas piksel.

Selain MSE dan PSNR, penelitian juga menghitung rasio kompresi dan waktu proses. Rasio kompresi diperoleh dari perbandingan ukuran citra asli dengan ukuran citra hasil kompresi. Waktu proses digunakan sebagai indikator efisiensi komputasi. Keempat parameter tersebut dianalisis secara deskriptif-komparatif untuk menentukan kecenderungan performa masing-masing metode. Nilai MSE yang lebih rendah dan PSNR yang lebih tinggi menunjukkan kualitas rekonstruksi yang lebih baik, sedangkan rasio kompresi yang lebih tinggi menunjukkan kemampuan reduksi ukuran data yang lebih besar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil penelitian berupa aplikasi berbasis web untuk mengevaluasi kinerja DCT dan DWT pada citra digital. Sistem mampu menerima masukan berupa citra, membaca informasi file, menjalankan proses transformasi dan kompresi, menghasilkan citra rekonstruksi, serta menampilkan nilai MSE, PSNR, rasio kompresi, dan waktu proses. Selain fitur analisis per metode, aplikasi menyediakan halaman komparatif yang menyajikan hasil DCT dan DWT secara berdampingan. Fitur ini memudahkan pembacaan perbedaan performa karena hasil numerik dan visual ditampilkan dalam satu tampilan.

**Gambar 1. Tampilan Halaman Pengujian dan Laporan**

Gambar 1 memperlihatkan halaman pengujian dan laporan yang menjadi pusat evaluasi sistem. Pada halaman ini data citra hasil uji ditampilkan dalam tabel, sedangkan perubahan nilai PSNR dan MSE

divisualisasikan dalam bentuk grafik. Penyajian ini mendukung proses interpretasi karena pengguna tidak hanya memperoleh angka hasil pengujian, tetapi juga dapat mengamati pola perbandingan nilai antarmetode.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Metode DCT dan DWT

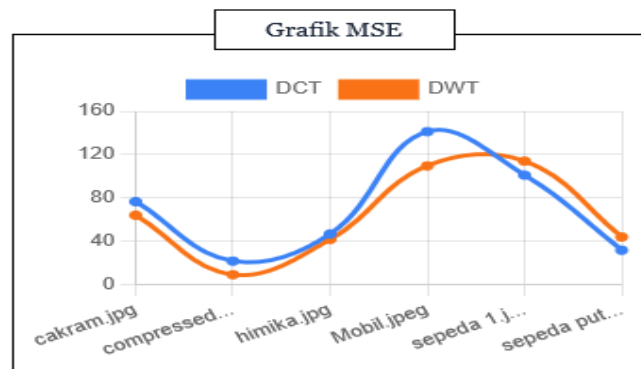
Nama File	Metode	MSE	PSNR (dB)	Waktu Proses	Rasio Kompresi
Cakram.jpg	DWT	64.3160	30.05	172.41	1.8110
Cakram.jpg	DCT	76.9261	29.27	126.95	4.1096
Sepeda.png	DWT	9.5343	38.34	1494.46	3.1860
Sepeda.png	DCT	22.0774	34.69	1494.46	5.6762
himika.jpg	DWT	41.9573	31.90	36.15	1.8144
himika.jpg	DCT	46.9989	31.41	40.35	3.9033
Mobil.jpeg	DWT	109.7360	27.73	879.31	1.6364
Mobil.jpeg	DCT	141.2170	26.63	648.64	3.8048
sepeda 1.jpg	DWT	113.8960	27.57	124.94	1.5680
sepeda 1.jpg	DCT	101.0980	28.08	94.66	3.5602
sepeda putih.jpg	DWT	44.1893	31.68	732.72	2.1489
sepeda putih.jpg	DCT	32.1504	33.06	596.62	4.7181
Rata-rata	DWT	63.9381	31.21	549.12	2.0275
Rata-rata	DCT	70.0780	30.52	500.28	4.2954

Tabel 2 menunjukkan bahwa kedua metode menghasilkan karakteristik yang tidak identik. Pada beberapa citra, DWT menghasilkan MSE lebih rendah dan PSNR lebih tinggi, sedangkan DCT menunjukkan rasio kompresi yang lebih besar pada seluruh data uji. Rata-rata MSE DWT sebesar 63,9381 lebih rendah daripada DCT sebesar 70,0780. Rata-rata PSNR DWT sebesar 31,21 dB juga lebih tinggi daripada DCT sebesar 30,52 dB. Namun, DCT menghasilkan rasio kompresi rata-rata 4,2954, lebih tinggi daripada DWT sebesar 2,0275. Waktu proses rata-rata DCT juga sedikit lebih cepat dibandingkan DWT.

Pembahasan

Temuan utama penelitian memperlihatkan adanya perbedaan orientasi kinerja antara DCT dan DWT. DWT cenderung lebih baik pada parameter kualitas rekonstruksi, sedangkan DCT lebih kuat pada efisiensi ukuran data. Pola ini dapat dijelaskan melalui cara kerja masing-masing transformasi. DWT melakukan dekomposisi multi-resolusi sehingga detail frekuensi citra dapat dipisahkan secara bertingkat. Mekanisme ini membantu menjaga struktur visual pada citra hasil rekonstruksi. Sebaliknya, DCT memusatkan energi citra pada koefisien frekuensi tertentu dan lebih agresif dalam mereduksi ukuran data, sehingga rasio kompresinya menjadi lebih tinggi.

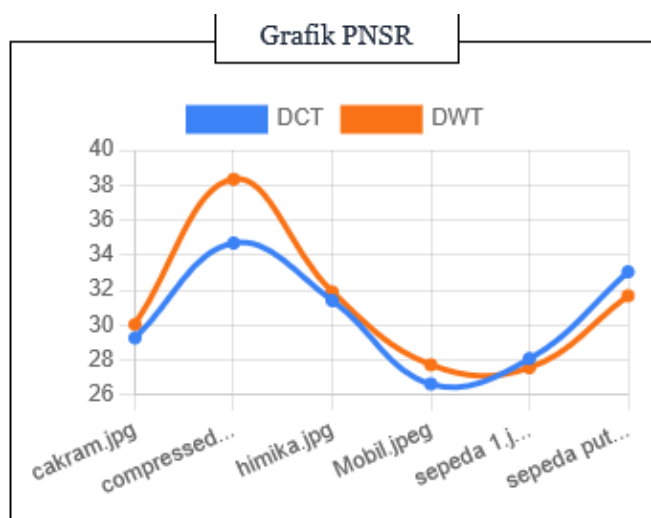
Berdasarkan nilai MSE, DWT menunjukkan kesalahan rekonstruksi yang lebih rendah. Nilai MSE yang rendah menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata antara piksel citra asli dan citra rekonstruksi lebih kecil. Keunggulan ini selaras dengan konsep wavelet yang mampu mempertahankan informasi spasial dan frekuensi secara bersamaan. Pada citra dengan detail visual yang cukup kompleks, seperti objek sepeda dan mobil, DWT dapat mempertahankan perubahan intensitas secara lebih halus. Hal ini mendukung pandangan Setiabudi et al. (2022) bahwa wavelet dapat memberikan informasi frekuensi dan skala yang penting dalam pemrosesan citra.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Nilai MSE

Gambar 2 menunjukkan bahwa fluktuasi nilai MSE sangat dipengaruhi oleh karakteristik citra. Citra yang memiliki detail tepi dan tekstur lebih kompleks cenderung menghasilkan nilai MSE lebih tinggi karena informasi yang harus dipertahankan lebih banyak. Pada kondisi ini, DWT lebih konsisten dalam menekan selisih piksel. Meskipun demikian, DCT masih menunjukkan performa yang kompetitif pada beberapa citra, terutama ketika komposisi warna atau pola visual memungkinkan konsentrasi energi frekuensi berlangsung lebih efisien.

Berdasarkan PSNR, DWT memperoleh rata-rata 31,21 dB dan DCT memperoleh rata-rata 30,52 dB. Secara matematis, PSNR berkaitan erat dengan MSE; semakin rendah MSE, semakin tinggi PSNR yang dihasilkan. Oleh karena itu, hasil PSNR yang lebih tinggi pada DWT sejalan dengan nilai MSE yang lebih rendah. Temuan ini mengindikasikan bahwa DWT lebih baik dalam mempertahankan fidelitas citra pada dataset yang diuji. Namun, selisih PSNR antara kedua metode tidak terlalu ekstrem sehingga DCT tetap dapat dipandang layak untuk kebutuhan kompresi citra yang menekankan keseimbangan antara kualitas dan ukuran file.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai PSNR

Gambar 3 memperlihatkan hubungan yang berlawanan dengan grafik MSE. Ketika MSE menurun, PSNR cenderung meningkat. Pola ini menguatkan validitas pengujian karena kedua parameter bergerak secara konsisten menurut definisi matematisnya. Pada citra dengan struktur tertentu, PSNR DCT dapat mendekati atau bahkan melampaui DWT, seperti pada data sepeda putih. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada metode tunggal yang selalu mutlak unggul pada semua jenis citra; performa sangat bergantung pada konten visual dan distribusi intensitas piksel.

Dari aspek rasio kompresi, DCT menghasilkan kinerja yang lebih kuat. Rata-rata rasio kompresi DCT sebesar 4,2954 menunjukkan bahwa ukuran data dapat direduksi lebih besar dibandingkan DWT yang menghasilkan rasio rata-rata 2,0275. Keunggulan ini sesuai dengan karakter DCT yang memang banyak digunakan pada standar kompresi citra karena efisien dalam mengurangi koefisien yang kurang signifikan. Temuan ini sejalan dengan Raharja et al. (2021), yang menunjukkan bahwa DCT dapat digunakan secara efektif untuk pemampatan citra digital. Pada aplikasi berbasis web, rasio kompresi yang lebih tinggi dapat memberikan keuntungan berupa penghematan penyimpanan dan peningkatan kecepatan distribusi file.

Hasil waktu proses juga memperlihatkan bahwa DCT sedikit lebih efisien daripada DWT. Rata-rata waktu proses DCT tercatat 500,28, sedangkan DWT sebesar 549,12. Perbedaan ini dapat dipahami karena DWT memerlukan proses dekomposisi sub-band yang lebih kompleks, sedangkan DCT bekerja dengan transformasi frekuensi yang relatif lebih sederhana. Pada sistem komputasi yang mengutamakan kecepatan dan keterbatasan sumber daya, DCT dapat menjadi pilihan praktis karena memberikan kompresi yang tinggi dengan waktu proses yang lebih rendah.

Dari perspektif gap penelitian, penggunaan Huffman Coding sebagai kontrol menghasilkan pembacaan performa yang lebih terarah. Perbandingan tidak lagi dipengaruhi oleh perbedaan skema entropy coding yang digunakan setelah proses transformasi. Dengan demikian, hasil penelitian lebih mampu menunjukkan karakter dasar DCT dan DWT dalam memproses citra digital. DWT terbukti lebih kuat dalam mempertahankan kualitas rekonstruksi, sedangkan DCT lebih unggul dalam mengurangi

ukuran file. Kebaruan praktis penelitian ini terletak pada integrasi pengujian tersebut ke dalam aplikasi web yang dapat menyajikan hasil komparatif secara langsung.

Secara aplikatif, pemilihan metode kompresi sebaiknya disesuaikan dengan orientasi kebutuhan. Apabila aplikasi digunakan untuk arsip visual yang membutuhkan kesamaan tinggi terhadap citra asli, seperti dokumentasi medis, arsip akademik, atau pengolahan citra yang membutuhkan akurasi detail, DWT lebih relevan karena nilai MSE lebih rendah dan PSNR lebih tinggi. Sebaliknya, untuk sistem yang lebih menekankan efisiensi ruang penyimpanan dan pengiriman cepat, seperti galeri web, katalog produk, atau sistem berbagi gambar dalam jaringan terbatas, DCT menjadi pilihan yang lebih efisien karena rasio kompresinya lebih besar.

Temuan ini juga memperlihatkan bahwa evaluasi kompresi citra tidak cukup hanya menggunakan satu parameter. MSE dan PSNR menilai kualitas rekonstruksi, sedangkan rasio kompresi dan waktu proses menilai efisiensi. Metode yang unggul pada satu parameter belum tentu unggul pada parameter lain. Oleh karena itu, penilaian kompresi citra harus dilakukan secara multiparameter agar rekomendasi metode tidak bersifat parsial. Dalam penelitian ini, DWT dapat direkomendasikan untuk tujuan fidelity-oriented compression, sedangkan DCT lebih tepat untuk efficiency-oriented compression.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi evaluasi kinerja kompresi citra digital berbasis web dengan menerapkan metode Discrete Cosine Transform dan Discrete Wavelet Transform serta menggunakan Huffman Coding sebagai variabel kontrol pada tahap pengkodean. Berdasarkan pengujian terhadap citra digital, DWT memperoleh rata-rata MSE 63,9381 dan PSNR 31,21 dB, sedangkan DCT memperoleh rata-rata MSE 70,0780 dan PSNR 30,52 dB. Hasil tersebut menunjukkan bahwa DWT lebih baik dalam mempertahankan fidelitas citra hasil rekonstruksi. Namun, DCT menghasilkan rasio kompresi rata-rata 4,2954 dan waktu proses rata-rata 500,28, lebih efisien dibandingkan DWT yang menghasilkan rasio kompresi 2,0275 dan waktu proses 549,12. Dengan demikian, DWT lebih sesuai untuk kebutuhan yang menekankan kualitas rekonstruksi, sedangkan DCT lebih sesuai untuk kebutuhan yang mengutamakan efisiensi ukuran file dan pemrosesan.

Keterbatasan penelitian ini terletak pada jumlah data uji yang masih terbatas dan belum mencakup variasi format, resolusi, serta tingkat kompresi yang lebih luas. Selain itu, evaluasi kualitas citra masih berfokus pada MSE dan PSNR, sementara persepsi visual manusia belum diukur dengan parameter struktural seperti Structural Similarity Index Measure (SSIM). Keterbatasan tersebut membuat hasil penelitian perlu dibaca sebagai evaluasi awal berbasis dataset tertentu, bukan generalisasi mutlak untuk seluruh jenis citra digital.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan memperluas dataset dengan menambahkan citra berwarna, citra grayscale, citra tekstur tinggi, citra medis, dan citra dengan variasi resolusi agar hasil pengujian lebih representatif. Evaluasi juga perlu dilengkapi dengan parameter SSIM, bit per pixel, waktu komputasi yang distandarkan, serta variasi level kompresi untuk memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh. Dari sisi pengembangan aplikasi, sistem dapat diperluas dengan metode lain seperti Fast Fourier Transform, Principal Component Analysis, dan pendekatan berbasis kecerdasan buatan sehingga perbandingan kompresi citra dapat dilakukan dalam ruang metode yang lebih kompleks dan aplikatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alegria, V. P., Alam, A., & Rahmawan, A. (2022). Implementasi digital watermarking dengan metode Discrete Cosine Transform (DCT) pada citra digital. *TRIPLE A: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 1(2), 86–90.
- Alfarizi, M. R. S., Al-Farish, M. Z., Taufiqurrahman, M., Ardiansah, G., & Elgar, M. (2023). Penggunaan Python sebagai bahasa pemrograman untuk machine learning dan deep learning. *Karya Ilmiah Mahasiswa Bertauhid (KARIMAH TAUHID)*, 2(1), 1–6.
- Azra, K., Pramono, B., & Sutardi. (2025). Implementasi algoritma Huffman Coding dan metode steganografi Least Significant Bit (LSB) untuk pengamanan pesan teks pada berkas audio WAV. *Jurnal ANIMATOR*, 3(1), 27–34.
- Fauzi, I., & Khairani, M. (2025). Analisis perbandingan kapasitas penyisipan data dan kualitas citra dalam teknik steganografi LSB dan MSB menggunakan Peak to Signal to Noise Ratio dan Mean

- Squared Error. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi*, 4(3), 344–355. <https://doi.org/10.70340/jirsi.v4i3.236>
- Kumar, G., & Kumar, R. (2021). Analysis of arithmetic and Huffman compression techniques by using DWT-DCT. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 13(4), 63–70. <https://doi.org/10.5815/ijigsp.2021.04.05>
- Kuraini, A. N., Arnita, A., Simamora, E., Al Idrus, S. I., & Taufik, I. (2025). Analisis perbandingan performa kinerja metode Huffman Coding dan metode Elias Omega Coding pada kompresi file teks. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 13(1), 101–108. <https://doi.org/10.32487/jtt.v13i1.2455>
- Lubis, H., Srisulistiowati, D. B., & Ramdhani, A. I. (2022). Huffman Coding pada image compression. *Science, and Technologies Journal*, 12(1), 16–25.
- Phandany, J. L., Sambul, A. M., & Lumenta, A. S. M. (2022). Comparative study of digital image optimal compression algorithm using Python. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 11(1), 23.
- Raharja, B. D., Wijayanto, H., & Remawati, D. (2021). Penerapan Discrete Cosine Transform (DCT) terhadap kompresi citra digital. *Indonesian Journal of Business Intelligence*, 3(2), 54–60.
- Setiabudi, D., Herdiyanto, D. W., & Felayati, A. (2022). Analisis kinerja kompresi citra DWT dan fraktal pada transmisi citra dengan sistem SC-FDMA. *Jurnal MNEMONIC*, 5(2), 150–157.
- Setiawan, I. B., Pramukti, L. F., & Hidayat, A. T. (2023). Algoritma Discrete Cosine Transform untuk pengamanan citra digital dengan OTP berbasis web. *Jurnal Komputer dan Teknologi (JUKOMTEK)*, 18–26.
- Suwardoyo, U., & Dwiyanti, D. (2023). Implementasi algoritma Discrete Cosine Transform. *Jurnal Sintaks Logika*, 3(2), 28–35.
- Takezawa, T., & Yamashita, Y. (2021). Wavelet based image coding via image component prediction using neural networks. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 11(2), 137–142. <https://doi.org/10.18178/ijmlc.2021.11.2.1026>
- Tampinongkol, F. F., Herdian, C., Basri, H., Ginting, J. A., Purnomo, Y., & Halim, L. (2023). Perbandingan metode GLCM dan DWT dalam mengekstraksi ciri penyakit pada daun tomat (*Solanum lycopersicum syn*). *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, 8(2), 55–64.