

Applied Algebra for Image Compression: A Systematic Literature Review

Salman Alfari^{*1}, Rivilyo Mangolat Rizky Sitanggang², Athalia Christina³

^{1,2,3}Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer, Universitas
Pertahanan Republik Indonesia, Indonesia

Email: ¹salmanalfarisi3544@gmail.com, ²rivilyo.s@gmail.com, ³athaliachrist@gmail.com

Abstrak

Kompresi citra berperan penting dalam mengurangi ukuran file gambar tanpa mengorbankan kualitas signifikan, yang krusial untuk efisiensi penyimpanan dan kecepatan transmisi data di era digital. Penelitian ini melakukan tinjauan sistematis terhadap literatur terkait kompresi citra untuk menganalisis jenis gambar, algoritma, metode, serta metrik evaluasi yang digunakan. Dengan berpedoman pada *Kitchenham's Guidelines for Performing Systematic Literature Review in Software Engineering Version 2.3*, sebanyak 23 dari 28 jurnal yang diidentifikasi memenuhi kriteria inklusi dengan fokus utama pada implementasi kompresi citra. Hasil kajian menunjukkan bahwa citra grayscale, citra hasil komputerisasi, dan objek fotografi adalah jenis citra yang paling banyak digunakan. Di sisi metode, algoritma Singular Value Decomposition (SVD) mendominasi penelitian kompresi, sedangkan Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) dan Mean Squared Error (MSE) adalah metrik utama dalam mengevaluasi kualitas kompresi gambar. Penelitian ini memberikan panduan komprehensif bagi peneliti dan praktisi dalam memilih metode kompresi optimal sesuai kebutuhan, baik untuk penyimpanan maupun transmisi data digital. Penelitian ini diharapkan menjadi acuan bagi studi selanjutnya dalam mengembangkan teknik kompresi yang lebih efisien dan inovatif, serta mendorong kemajuan dalam komunikasi digital di era data besar. Dengan demikian, hasil ini diharapkan memberikan dampak signifikan dalam mempercepat pemrosesan, mengurangi biaya penyimpanan, dan mendukung efisiensi sistem komunikasi berbasis gambar.

Kata Kunci: Citra, Kompresi, Kualitas, Systematic Literature Review

Abstract

Image compression plays an important role in reducing image file size without sacrificing significant quality, which is crucial for storage efficiency and data transmission speed in the digital age. This research conducts a systematic review of the literature related to image compression to analyze the types of images, algorithms, methods, and evaluation metrics used. Guided by *Kitchenham's Guidelines for Performing Systematic Literature Review in Software Engineering Version 2.3*, 23 out of 28 identified journals met the inclusion criteria with the main focus on image compression implementation. The review results show that grayscale images, computerized images, and photographic objects are the most widely used image types. On the method side, Singular Value Decomposition (SVD) algorithm dominates compression research, while Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) and Mean Squared Error (MSE) are the main metrics in evaluating image compression quality. This study provides a comprehensive guide for researchers and practitioners in selecting the optimal compression method as needed, both for storage and transmission of digital data. This research is expected to serve as a reference for future studies in developing more efficient and innovative compression techniques, as well as driving progress in digital communications in the era of big data. As such, these results are expected to have a significant impact in speeding up processing, reducing storage costs, and supporting the efficiency of image-based communication systems.

Keywords: Compression, Image, Quality, Systematic Literature Review

1. PENDAHULUAN

Representasi digital suatu gambar umumnya digambarkan dalam bentuk matriks XY. Di dalam matriks tersebut, setiap elemen matriks yang disebut piksel memiliki nilai numerik yang menunjukkan intensitas cahaya pada titik tertentu. Nilai piksel memiliki korelasi positif dengan kecerahan gambar di mana nilai piksel yang lebih tinggi menunjukkan kecerahan yang lebih tinggi pula. Dalam gambar berwarna, setiap warna dasar, yaitu merah (R), hijau (G), dan biru (B) diwakili secara terpisah dalam

matriks gambar. Dengan demikian, setiap piksel dalam matriks gambar berwarna terdiri dari tiga nilai yang merepresentasikan intensitas dari tiga warna dasar tersebut. Kombinasi dari tiga nilai warna dasar tersebut menghasilkan warna akhir yang terlihat pada gambar. Meskipun gambar ditampilkan sebagai matriks, penyimpanan digitalnya menggunakan metode yang berbeda untuk efisiensi dan kemudahan pemrosesan komputer. Sebagai contoh, sebuah gambar warna 12 megapiksel dengan lebar 4000 piksel dan kedalaman 3000 piksel. Kemudian gambar dengan 12 juta nilai untuk setiap saluran warna tersebut yang memiliki jumlah total nilainya adalah 36 juta ($4000 \times 3000 \times 3$) hendak disimpan. Jika gambar tersebut disimpan dalam bentuk file, maka kapasitas yang diperlukan untuk menyimpan gambar tersebut adalah sebesar 36MB. Namun, file dengan kapasitas sebesar itu dapat disimpan dalam ukuran yang lebih rendah dengan cara melakukan kompresi gambar atau *image compression* [1].

Seiring dengan meningkatnya data volume data eksperimen dan komputasi, teknik-teknik yang berkaitan dengan *image compression* menjadi sangat penting dalam perkembangan terkini. *Image compression* merupakan proses mengurangi ukuran *file* gambar digital dengan mengkarakterisasi data sehingga fitur-fitur penting yang terdapat dalam gambar dapat diekstraksi dengan mudah tanpa mengurangi kualitas gambar secara signifikan. Banyak aplikasi yang membutuhkan transmisi dan penyimpanan gambar. Biaya transmisi dan penyimpanan akan lebih rendah jika gambar memiliki ukuran yang lebih kecil. Akibatnya, *image compression* diperlukan untuk mengurangi jumlah ruang penyimpanan yang diperlukan oleh suatu gambar [2].

Penelitian mengenai kompresi gambar telah mengalami perkembangan pesat dari berbagai perspektif. Seiring dengan banyaknya metode kompresi yang telah dikembangkan, dibutuhkan tinjauan pustaka yang komprehensif untuk merangkum dan mengevaluasi kemajuan metode tersebut. Beberapa studi literature review terdahulu telah menyoroti topik ini, seperti penelitian Al-Jawaherry & Hamid (2021) yang membahas dari sisi metode, dengan mengklasifikasikan kompresi gambar menjadi dua kategori utama, yaitu lossless (tanpa kehilangan data) dan lossy (dengan kehilangan data) [3]. Sementara itu, penelitian terbaru oleh Ungureanu et al. (2024) berfokus pada penerapan praktis dari metode kompresi gambar di berbagai konteks [4]. Penelitian ini berbeda dari studi-studi sebelumnya karena memiliki fokus yang lebih mendalam terhadap tiga aspek utama dalam kompresi citra, yakni jenis-jenis gambar, metode dan algoritma kompresi, serta metrik evaluasi kualitas yang digunakan. Kajian ini bertujuan untuk menyusun panduan metodologi tentang bukti-bukti empiris, mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan setiap metode kompresi citra, serta memberikan saran dan kerangka kerja untuk penelitian mendatang [33]. Lebih dari itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi utama dalam pemilihan metode kompresi gambar yang optimal, sesuai dengan kebutuhan spesifik terkait penyimpanan, transmisi data, dan kualitas gambar. Dengan pendekatan sistematis, hasil kajian ini akan memberikan saran dan wawasan praktis yang dapat mendukung pengembangan teknologi kompresi citra yang lebih efisien dan inovatif di masa depan.

2. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan riset ini, peneliti berpedoman pada Kitchenham's Guidelines for Performing Systematic Literature Review in Software Engineering Version 2.3 [5], [6]. Pada petunjuk tersebut, terdapat tiga Langkah, yaitu perencanaan, peninjauan, dan pelaporan. Dalam melakukan perencanaan, peneliti mengidentifikasi kebutuhan, kriteria, dan prosedur, serta evaluasi dan laporan. Tahapan selanjutnya adalah melakukan peninjauan. Dalam melakukan peninjauan review, terdapat 6 tahap yang terdiri dari pertanyaan penelitian, strategi pencarian, kriteria seleksi penelitian, kriteria penelitian mutu, ekstraksi dan pemantauan, serta sintesis data. Lebih jelasnya, tahapan penelitian ini dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**

Pertanyaan penelitian (RQ) bertujuan untuk mengidentifikasi penelitian yang relevan dengan topik penelitian. Dalam penelitian ini, beberapa pertanyaan penelitian tentang resizing image telah didefinisikan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pertanyaan Penelitian

No.	Pertanyaan Penelitian	Tujuan
1.	Jenis gambar apa yang digunakan dalam <i>resizing image</i> ?	Mengetahui jenis gambar apa yang digunakan dalam <i>resizing image</i>
2.	Algoritma dan metode apa yang digunakan dalam <i>resizing image</i> ?	Menunjukkan variasi algoritma dan kerangka metode yang digunakan dalam <i>resizing image</i>
3.	Indikator dan metode apa yang digunakan untuk mengukur hasil <i>resizing image</i> ?	Mencari indikator dan metode yang paling sering digunakan untuk mengukur hasil <i>resizing image</i>

Strategi Pencarian ditetapkan untuk menemukan studi-studi terkait sebanyak mungkin. Semua jurnal didapat dari berbagai macam sumber dan didapatkan total 28 jurnal. Rentang pencarian jurnal dari 22 September sampai 16 Oktober 2024. Tahapan selanjutnya adalah kriteria seleksi penelitian, yang menentukan kriteria jurnal yang akan digunakan dalam penelitian. Kriteria pertama, tahun penerbitan artikel dalam rentang 2014-2024. Kriteria Kedua, memilih jurnal kompresi image yang menerapkan pendekatan aljabar linier dalam metodenya. Selanjutnya, hasil penelitian jurnal dijelaskan secara jelas dan transparan berdasarkan bukti penelitian yang empiris.

Penilaian mutu jurnal penelitian dilakukan dengan cermat untuk memastikan kualitas studi yang memenuhi standar tertinggi. Kriteria utama meliputi indeksasi pada Scopus dan Scimago Journal Rank (SJR), dengan fokus pada penelitian yang objektif, transparan, serta mampu meminimalkan bias dan memaksimalkan validitas. Dengan pendekatan ini, hanya publikasi terbaik yang diakui sebagai referensi terpercaya. Dari proses seleksi tersebut, didapatkan 23 jurnal yang memenuhi kriteria sebagai referensi terpercaya. Setelah penilaian mutu, tahapan selanjutnya adalah Ekstraksi dan pemantauan data. Dalam tahap ini akan menentukan bagaimana informasi yang diperlukan diekstraksi dan didokumentasikan. Fase ini menjelaskan sistem yang digunakan untuk mengekstrak data dari jurnal dan studi yang telah dikumpulkan. Penulis dan waktu publikasi untuk mencatat nama penulis atau tim penulis dan waktu publikasi. Metode dan kategori, yang mencatat metode yang direkomendasikan dalam jurnal dan mengkategorikan metode. Jenis gambar dan kategorikan gambar. Pengukuran mencatat pengukuran yang digunakan untuk mengukur keakuratan metode yang digunakan dalam journal.

Data sintesis, dilakukan untuk merapikan dan menyimpulkan hasil tinjauan sistematis. Tahapan ini merangkum temuan dari ekstraksi data yang direpresentasikan dari pertanyaan penelitian. Setelah dikumpulkan, data akan dianalisis untuk diekstraksi lebih lanjut. Tahap terakhir adalah Melaporkan hasil tinjauan. Hasil tinjauan dilaporkan secara sistematis dalam format yang sesuai dengan target pembaca.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinjauan sistematis terhadap literatur dilakukan dengan tujuan mengidentifikasi penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan teknik *image compressing* atau kompresi citra. Berdasarkan studi kepustakaan yang telah dilakukan, diperoleh 23 dari 28 jurnal yang memenuhi kriteria inklusi dengan fokus penelitian pada aplikasi matriks pada kompresi citra. Jurnal yang dipilih mencakup periode tahun 2014 hingga 2024, dengan publikasi tertua berasal dari tahun 2014 dan publikasi terbaru diterbitkan pada tahun 2024. Secara keseluruhan, daftar jurnal yang telah dikumpulkan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar Jurnal Referensi

No. Jurnal	Referensi	No Jurnal	Referensi
[A1]	Dash et al. (2014).	[A13]	Nag (2019).
[A2]	Hundet et al. (2014).	[A14]	Pati, et al. (2015).
[A3]	El Asnaoui (2020).	[A15]	Irawati & Suksmono (2016).
[A4]	Wang et al. (2023).	[A16]	Nasrullah, et al (2018).
[A5]	Occorsio et al. (2022).	[A17]	Vinay & Natarjan (2017).
[A6]	Bilal et al. (2024).	[A18]	Alotaibi & Elrefaei (2019).
[A7]	Durafe & Patidar (2022).	[A19]	Huang, et al. (2023).
[A8]	Gani et al. (2022).	[A20]	Chowduri et al. (2023).
[A9]	Garg & Kumar (2022).	[A21]	Swathi et al. (2017).

[A10]	Strümpfer et al. (2022).	[A22]	Zhong et al. (2019).
[A11]	Kurniawan et al. (2017).	[A23]	Zhongeng & Chen (2017).
[A12]	Alsayyih et al. (2017).		

3.1. Jenis Citra Kompresi

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap 23 jurnal yang sesuai dengan kriteria, jenis citra yang digunakan dapat dikategorikan menjadi enam kelompok seperti yang terlihat pada Tabel 3, yaitu citra hasil komputerisasi, citra *grayscale*, citra manusia, objek fotografi, stego *image*, dan teks. Citra hasil komputerisasi didefinisikan sebagai citra yang dibuat atau telah mengalami proses modifikasi secara digital. Membahas mengenai tingkat kecerahan, citra yang hanya menggunakan kombinasi warna hitam, putih, dan abu-abu dalam berbagai tingkat kecerahan didefinisikan sebagai citra *grayscale*. Citra manusia didefinisikan sebagai citra yang menampilkan objek manusia sebagai subjek utama, sedangkan objek fotografi merujuk pada segala sesuatu yang menjadi subjek utama dalam sebuah foto. Di sisi lain, citra yang mengandung informasi rahasia dan tidak dapat dilihat secara kasat mata disebut sebagai stego *image*. Selain itu, jenis citra berupa teks didefinisikan sebagai citra yang berisi teks, baik foto teks, ilustrasi teks, maupun lukisan teks. Citra *grayscale*, citra hasil komputerisasi, dan objek fotografi merupakan tiga dari enam jenis citra yang paling sering digunakan dalam teknik kompresi citra dengan persentase sebesar 36%, 27%, dan 19% secara berturut-turut. Sementara itu, jenis citra yang paling jarang digunakan dalam kompresi citra adalah teks.

Kesederhanaan, keefektifan dalam penggunaan teknologi komunikasi, dan performa kompresi yang tinggi yang dapat dicapai dengan menggunakan berbagai algoritma kompresi menjadi latar belakang penggunaan citra *grayscale* sebagai media kompresi citra yang mendominasi dibandingkan dengan jenis citra yang lainnya. Intensitas abu-abu sebagai satu-satunya atribut warna dalam citra *grayscale* membuatnya lebih sederhana dan mudah untuk dikompresi daripada gambar dengan citra RGB yang memiliki tiga atribut warna. Dalam dunia komunikasi digital, citra *grayscale* sering digunakan karena citra tersebut hanya memerlukan *bandwidth* yang relatif rendah untuk diproses. Hal tersebut relevan dengan kasus transmisi data melalui saluran telekomunikasi yang memiliki batasan kapasitas. Selain itu, algoritma kompresi seperti Vector Quantization (VQ), Discrete Cosine Transform (DCT), dan Embedded ZeroTree Wavelet (EZW) dirancang untuk optimalisasi gambar grayscale. VQ membagi gambar menjadi blok kecil dan menggunakan blok-blok kecil ini sebagai vektor, yang efektif untuk gambar grayscale. Studi tentang kompresi gambar grayscale menunjukkan bahwa rasio kompresi yang signifikan dapat dicapai tanpa mengorbankan kualitas gambar [29], [30], [31].

Tabel 3. Jenis Citra Yang Digunakan Dalam Kompresi Citra

Tipe Gambar	Total	No. Jurnal	Persentase
Gambar Hasil Komputerisasi	10	[A3], [A4], [A5], [A7], [A8], [A9], [A12], [A13], [A14], [A19]	27%
Black and White (<i>grayscale</i>)	13	[A1], [A2], [A4], [A6], [A9], [A11], [A13], [A14], [A15], [A16], [A19], [A22], [A23]	36%
Human	2	[A5], [A9]	5%
Photography Object	7	[A1], [A3], [A5], [A9], [A9], [A13], [A21]	19%
Stego Image	3	[A7], [A19], [A20]	8%
Text	1	[A18]	3%

Meskipun berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa citra *grayscale* paling banyak digunakan dalam kompresi gambar, gambar dengan jenis citra tersebut tetap memiliki kekurangan untuk digunakan dalam konteks tersebut sehingga perlu pertimbangan lebih lanjut dalam menggunakannya. Untuk melakukan kompresi gambar pada gambar medis atau seni visual, penggunaan citra *grayscale* dapat menjadi masalah karena warna memiliki peran yang sangat penting dalam pengolahan citra jenis tersebut. Hal tersebut menunjukkan bahwa citra *grayscale* memiliki batasan dalam mengenali objek atau fitur tertentu yang membutuhkan warna sebagai informasi krusial untuk akurasi. Selain itu, kualitas kompresi citra *grayscale* juga bergantung pada algoritma dan resolusi gambar yang digunakan. Gambar dengan resolusi

rendah dan beberapa algoritma memungkinkan hasil kompresi dengan kehilangan banyak detail [32], [33].

3.2. Algoritma dan Metode Kompresi Citra

Tinjauan terhadap lima belas algoritma kompresi citra yang berbeda menunjukkan bahwa satu jurnal dapat menggunakan lebih dari satu algoritma, mengembangkan algoritma yang ada, atau menggabungkan beberapa algoritma. Berdasarkan Tabel 4, algoritma berbasis SVD mendominasi dengan persentase penggunaan sebesar 17%, diikuti oleh algoritma IWT dengan persentase sebesar 14%, serta BCS, dan DCT dengan persentase yang sama sebesar 11%. Sedangkan sisa sebelas algoritma lainnya hanya memiliki persentase penggunaan kurang dari 10%.

Algoritma SVD tidak hanya paling banyak diaplikasikan, tetapi juga menjadi subjek penelitian para peneliti untuk kemudian dikembangkan. Berbagai jurnal telah melakukan penelitian tentang kombinasi SVD dengan metode lain seperti PCA, DWT, IWT, dan DCT. SVD merupakan algoritma kompresi gambar yang sangat populer karena kemampuannya untuk menguraikan matriks gambar menjadi tiga matriks. Tiga matriks tersebut adalah matriks orthogonal yang menunjukkan baris dan kolom gambar serta matriks diagonal yang berisi nilai singular di mana nilai singular tersebut menunjukkan komponen gambar yang penting. Dengan demikian, SVD memungkinkan untuk mengidentifikasi komponen penting dan tidak penting dalam gambar sehingga kompresi dapat dilakukan secara efisien tanpa kehilangan banyak informasi penting dan tetap mampu mengurangi ukuran gambar.

Tabel 4. Algoritma dan Metode Yang Digunakan Dalam Kompresi Citra

Algoritma dan Metode	Total	No. Jurnal	Persentase
Principal Component Analysis (PCA)	1	[A1]	3%
Singular Value Decomposition (SVD)	6	[A1], [A3], [A7], [A8], [A9], [A21]	17%
Block Comparative Sensing (BCS)	4	[A2], [A4], [A22], [A23]	11%
Orthogonal Matching Pursuit (OMP)	3	[A4], [A14], [A15]	8%
Lagrange-Chebyshev Interpolation (LCI)	1	[A5]	3%
Linde Buzo Gray (LBG)	2	[A6], [A13]	5%
Discrete Wavelet Transform (DWT)	3	[A7], [A11], [A12]	8%
Integer Wavelet Transform (IWT)	5	[A7], [A16], [A18], [A19], [A20]	14%
Discrete Cosine Transform (DCT)	4	[A9], [A11], [A12], [A18]	11%
Discrete Fourier Transform (DFT)	1	[A11]	3%
Iteratively Reweighted Least Squares (IRLS)	1	[A15]	3%
Set Partitioning in Hierarchical Trees (SPIHT)	1	[A16]	3%
Kd-Tree	1	[A16]	3%
Region of Interest (ROI)	2	[A17], [A20]	5%
Embedded Zero-Tree Wavelet (EZW)	1	[A17]	3%

Kompresi gambar dengan metode *Singular Value Decomposition* (SVD) memiliki banyak kelebihan. Metode SVD memungkinkan pengurangan dimensi yang signifikan tanpa kehilangan banyak informasi penting. Hal tersebut berarti bahwa gambar dapat disimpan dalam ukuran *file* yang lebih kecil tetapi kualitas visualnya tetap baik. Sifat stabilitas numerik metode ini yang berupa ketahanan terhadap

noise atau kesalahan data input membuatnya cocok untuk aplikasi yang membutuhkan keakuratan yang tinggi. Selain itu, SVD memiliki fleksibilitas yang baik untuk digunakan dalam berbagai jenis data, baik gambar berwarna maupun *grayscale*, sehingga dapat disesuaikan dengan berbagai kebutuhan kompresi [34], [35].

Namun, SVD tetap memiliki beberapa kekurangan. Untuk gambar dengan resolusi tinggi, proses komputasi yang kompleks membutuhkan banyak waktu dan sumber daya yang besar. Tingkat kompresi yang tinggi juga berisiko terhadap menurunnya kualitas gambar secara drastis karena beberapa informasi penting mungkin diabaikan. Meskipun SVD memiliki fleksibilitas untuk berbagai jenis gambar tetapi metode ini kurang ideal dan optimal untuk jenis gambar dengan detail yang rumit dan kompleks. Selain itu, SVD memerlukan kapasitas penyimpanan tambahan untuk menyimpan tiga matriks hasil dekomposisi di mana hal ini dapat menjadi masalah ketika ruang penyimpanan yang dimiliki terbatas [34], [35], [36].

3.3. Metrik Evaluasi Kompresi Citra

Tabel 5 menunjukkan hasil analisis keakuratan penggunaan algoritma kompresi gambar pada 23 jurnal penelitian. Dalam kompresi gambar, PSNR dan MSE merupakan algoritma yang paling umum digunakan dengan persentase sebesar 30% dan 18% yang kemudian diikuti oleh algoritma *Compression Ratio* dan SSIM. Sementara itu, algoritma lainnya memiliki persentase penggunaan yang lebih rendah, yaitu di bawah 10%. PSNR mengevaluasi kualitas gambar berdasarkan perbedaan antara gambar asli dan gambar yang telah dikompresi, sedangkan MSE mengukur kesalahan kompresi dengan menghitung rata-rata perbedaan kuadrat antara kedua gambar tersebut. Meskipun demikian, tidak ada satu algoritma kompresi gambar yang benar untuk semua situasi. Pilihan yang tepat bergantung pada banyak faktor, seperti kecepatan kompresi, sumber daya komputasi, tujuan kompresi, dan kualitas gambar asli. Dengan demikian, pemilihan algoritma kompresi yang tepat memerlukan pertimbangan yang cermat terhadap kebutuhan spesifik dari setiap kasus penelitian.

Dalam kompresi gambar, metrik yang umum digunakan untuk mengukur kualitas gambar yang telah dikompresi adalah Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR). PSNR, yang diukur dalam desibel (dB), menunjukkan seberapa baik citra yang dikompresi mempertahankan kualitas dibandingkan dengan citra asli. Ini dipilih karena mudah dihitung, korelasinya dengan persepsi visual, statusnya sebagai standar dalam penelitian, kemudahan perhitungan, dan relevansinya dalam berbagai metode kompresi. Nilai PSNR yang lebih tinggi menunjukkan kualitas citra yang lebih baik, dan meskipun PSNR tidak selalu sempurna, PSNR sering kali berkorelasi dengan kualitas Nilai Mean Squared Error (MSE) antara gambar asli dan terkompresi juga dapat dihitung dengan mudah [37], [38], [39], [40], [41], [42].

Tabel 5. Metrik Evaluasi Yang Digunakan Dalam Kompresi Citra

Metrik Evaluasi	Total	No. Jurnal	Persentase
SSIM	8	[A4], [A5], [A6], [A7], [A16], [A18], [A20], [A22]	13%
PSNR	18	[A2], [A3], [A4], [A5], [A6], [A7], [A9], [A12], [A13], [A14], [A15], [A16], [A17], [A18], [A19], [A20], [A22], [A23]	30%
RMSE	2	[A3], [A8]	3%
Compression Ratio	10	[A1], [A3], [A8], [A9], [A11], [A12], [A15], [A16], [A19], [A21]	17%
Storage Space	1	[A9]	2%
CPU Time	3	[A15], [A16], [A19]	5%
MSE	11	[A2], [A3], [A4], [A5], [A6], [A7], [A10], [A12], [A18], [A19], [A21]	18%
BRISQUE	1	[A7]	2%
BPP	1	[A7]	2%
NC	4	[A9], [A18], [A19], [A209]	6%
Universal Quality Index (UQI)	1	[A18]	2%

PSNR dan MSE memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. PSNR yang diukur dalam desibel (dB) memiliki keunggulan dalam interpretasi yang mudah sehingga membuatnya lebih mudah dipahami dalam konteks kualitas visual. Nilai yang lebih tinggi menunjukkan kualitas gambar yang lebih baik. Selain itu, PSNR sering digunakan sebagai standar industri untuk membandingkan berbagai algoritma kompresi karena kemampuannya dalam memahami sensitivitas terhadap *noise* yang dapat memberikan gambaran seberapa besar gangguan yang dihasilkan dari proses kompresi. Namun, PSNR tidak selalu menunjukkan kualitas visual yang dirasakan oleh manusia. Contohnya ketika terjadi distorsi atau kehilangan detail yang tidak dapat dideteksi oleh metrik ini, gambar dengan PSNR tinggi mungkin tetap terlihat buruk secara subjektif [43], [44], [45].

Perhitungan rata-rata kuadrat perbedaan antara pixel asli dan terkompresi menawarkan kelebihan MSE dalam hal kesederhanaan perhitungan. MSE juga bermanfaat dalam melakukan analisis matematis secara lebih lanjut karena adanya nilai kuantitatif dari kesalahan yang dihasilkan. Namun berkaitan dengan perspektif subjektif manusia terhadap gambar, MSE tetap membutuhkan kombinasi dengan beberapa metrik yang lain untuk menilai keakuratan hasil kompresi. Hal tersebut dilandasi oleh adanya keterbatasan dalam menangkap kualitas visual dari perspektif manusia yang dimiliki oleh MSE. Selain itu, MSE seringkali sulit untuk diterjemahkan ke dalam konteks kualitas gambar karena nilainya seringkali tidak jelas akibat tidak adanya satuan yang jelas [46], [47].

4. KESIMPULAN

Tinjauan sistematis literatur terhadap sebelas jurnal penelitian yang berkaitan dengan kompresi citra menunjukkan tren penggunaan jenis citra, algoritma dan metode, serta metrik evaluasi. Citra *grayscale*, citra hasil komputerisasi, dan objek fotografi merupakan jenis citra yang paling sering digunakan sebagai media kompresi. Algoritma SVD mendominasi sebagai metode kompresi, sementara PSNR dan MSE menjadi metrik yang paling umum digunakan untuk menilai keakuratan metode kompresi. Metode SVD menunjukkan potensi yang signifikan untuk optimasi kompresi gambar di lingkungan berbasis komunikasi data rendah. Keanekaragaman teknik kompresi yang ditemukan dalam literatur menunjukkan adanya kemajuan besar dan pesat dalam teknologi kompresi citra. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi acuan dan pedoman bagi peneliti selanjutnya dalam memilih metode kompresi yang efektif untuk mengurangi ruang penyimpanan dan biaya transmisi tanpa mengorbankan informasi penting yang terdapat dalam gambar [6]. Selain itu, melalui tinjauan literatur yang telah dilakukan, ditemukan adanya peluang eksplorasi lebih lanjut terhadap kombinasi algoritma kompresi guna meningkatkan efisiensi penyimpanan dan transmisi data tanpa mengurangi kualitas gambar. Dengan demikian, jurnal ini dapat berperan sebagai referensi bernilai dalam pengembangan penelitian serupa di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. J. Audu, "Application of Singular Value Decomposition technique for compressing images," *Gadua Journal of Pure and Allied Sciences*, vol. 1, no. 2, 2022, doi: 10.54117/gjpas.v1i2.21.
- [2] K. El Asnaoui, "Image Compression Based on Block SVD Power Method," *Journal of Intelligent Systems*, vol. 29, no. 1, 2020, doi: 10.1515/jisys-2018-0034.
- [3] M. A. Al-jawaherry and S. Y. Hamid, "Image Compression Techniques: Literature Review," *Journal of Al-Qadisiyah for Computer Science and Mathematics*, vol. 13, no. 4, 2021, doi: 10.29304/jqcm.2021.13.4.860.
- [4] V. I. Ungureanu, P. Negirla, and A. Korodi, "Image-Compression Techniques: Classical and 'Region-of-Interest-Based' Approaches Presented in Recent Papers," 2024. doi: 10.3390/s24030791.
- [5] B. Kitchenham and K. Staffs, "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering," *Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE*, no. January 2007, pp. 1–57, 2007.
- [6] R. Oetama, D. Tjahjana, I. Prasetiawan, and C. Anastasia, "Image Error Detection: A Systematic Literature Review," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 7, no. 3, pp. 837–846, 2023, doi: 10.33379/gtech.v7i3.2494.

- [7] P. Dash, M. Nayak, and G. Prasad Das, "Principal Component Analysis using Singular Value Decomposition for Image Compression," *Int J Comput Appl*, vol. 93, no. 9, 2014, doi: 10.5120/16243-5795.
- [8] S. Nag, "Vector quantization using the improved differential evolution algorithm for image compression," *Genet Program Evolvable Mach*, vol. 20, no. 2, pp. 187–212, Jun. 2019, doi: 10.1007/s10710-019-09342-8.
- [9] A. Hundet, R. C. Jain, and V. Sharma, "Block based compressive sensing algorithm using Eigen vectors for image compression," in *2014 International Conference on Advances in Engineering and Technology Research, ICAETR 2014*, 2014. doi: 10.1109/ICAETR.2014.7012884.
- [10] N. Pati, A. Pradhan, L. K. Kanoje, and T. K. Das, "An approach to Image Compression by using Sparse Approximation Technique," in *Procedia Computer Science*, 2015. doi: 10.1016/j.procs.2015.04.213.
- [11] I. D. Irawati and A. B. Suksmono, "Image reconstruction based on compressive sampling using irls and omp algorithm," *J Teknol*, vol. 78, no. 5, 2016, doi: 10.11113/jt.v78.8327.
- [12] Z. Wang, Y. Jiang, and S. Chen, "Image parallel block compressive sensing scheme using DFT measurement matrix," *Multimed Tools Appl*, vol. 82, no. 14, 2023, doi: 10.1007/s11042-022-14176-1.
- [13] Nasrullah, J. Sang, M. A. Akbar, B. Cai, H. Xiang, and H. Hu, "Joint image compression and encryption using IWT with SPIHT, kd-tree and chaotic maps," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 8, no. 10, 2018, doi: 10.3390/app8101963.
- [14] D. Occorsio, G. Ramella, and W. Themistoclakis, "Lagrange–Chebyshev Interpolation for image resizing," *Math Comput Simul*, vol. 197, 2022, doi: 10.1016/j.matcom.2022.01.017.
- [15] A. Vinay and S. Natarajan, "Satellite image compression using ROI based EZW algorithm," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 5, no. 4, 2017, doi: 10.11591/ijeei.v5i4.368.
- [16] M. Bilal, Z. Ullah, O. Mujahid, and T. Fouzder, "Fast Linde–Buzo–Gray (FLBG) Algorithm for Image Compression through Rescaling Using Bilinear Interpolation," *J Imaging*, vol. 10, no. 5, May 2024, doi: 10.3390/jimaging10050124.
- [17] R. A. Alotaibi and L. A. Elrefaei, "Text-image watermarking based on integer wavelet transform (IWT) and discrete cosine transform (DCT)," *Applied Computing and Informatics*, vol. 15, no. 2, 2019, doi: 10.1016/j.aci.2018.06.003.
- [18] A. Durafe and V. Patidar, "Development and analysis of IWT-SVD and DWT-SVD steganography using fractal cover," *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, vol. 34, no. 7, 2022, doi: 10.1016/j.jksuci.2020.10.008.
- [19] X. Huang, Y. Dong, G. Ye, and Y. Shi, "Meaningful image encryption algorithm based on compressive sensing and integer wavelet transform," *Front Comput Sci*, vol. 17, no. 3, 2023, doi: 10.1007/s11704-022-1419-8.
- [20] S. F. A. Gani, R. A. Hamzah, R. Latip, S. Salam, F. Noraqillah, and A. I. Herman, "Image compression using singular value decomposition by extracting red, green, and blue channel colors," *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 11, no. 1, 2022, doi: 10.11591/eei.v11i1.2602.
- [21] P. Chowdhuri, P. Pal, and T. Si, "A novel steganographic technique for medical image using SVM and IWT," *Multimed Tools Appl*, vol. 82, no. 13, 2023, doi: 10.1007/s11042-022-14301-0.
- [22] G. Garg and R. Kumar, "A Multi-Level Enhanced Color Image Compression Algorithm using SVD & DCT," *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, vol. 10, no. 1, 2022, doi: 10.17762/ijritcc.v10i1s.5817.
- [23] H. R. Swathi, S. Sohini, Surbhi, and G. Gopichand, "Image compression using singular value decomposition," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Dec. 2017. doi: 10.1088/1757-899X/263/4/042082.
- [24] Y. Strümpfer, J. Postels, R. Yang, L. Van Gool, and F. Tombari, "Implicit Neural Representations for Image Compression," in *Lecture Notes in Computer Science (including*

- subseries *Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics*), 2022. doi: 10.1007/978-3-031-19809-0_5.
- [25] Y. Zhong, J. Zhang, X. Cheng, G. Huang, Z. Zhou, and Z. Huang, "Reconstruction for block-based compressive sensing of image with reweighted double sparse constraint," *EURASIP J Image Video Process*, vol. 2019, no. 1, 2019, doi: 10.1186/s13640-019-0464-1.
- [26] A. Kurniawan, T. W. Purboyo, and A. L. Prasasti, "Implementation of Image Compression Using Discrete Cosine Transform (DCT) and Discrete Wavelet Transform (DWT)," 2017. [Online]. Available: <http://www.ripublication.com>
- [27] W. Zhongeng and S. Chen, "Performance comparison of image block compressive sensing based on chaotic sensing matrix using different basis matrices," in *2017 2nd International Conference on Image, Vision and Computing, ICIVC 2017*, 2017. doi: 10.1109/ICIVC.2017.7984630.
- [28] M. A. M. Y. Alsayyih, D. Mohamad, T. Saba, A. Rehman, and J. S. AlGhamdi, "A novel fused image compression technique using DFT, DWT, and DCT," *Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, vol. 8, no. 2, 2017.
- [29] Zahraa. H. Abeda and G. K. AL-Khafaji, "Pixel Based Techniques for Gray Image Compression: A review," *Journal of Al-Qadisiyah for Computer Science and Mathematics*, vol. 14, no. 2, 2022, doi: 10.29304/jqcm.2022.14.2.967.
- [30] N. Vij and J. Singh, "Gray scale image compression using PSO with guided filter and DWT," in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2017. doi: 10.1007/978-981-10-3153-3_23.
- [31] Y.-C. Hu, W.-L. Chen, and P.-Y. Tsai, "Refined codebook for grayscale image coding based on vector quantization," *Optical Engineering*, vol. 54, no. 7, 2015, doi: 10.1117/1.oe.54.7.073110.
- [32] M. Sari and W. Lubis, "Penerapan Algoritma Levenstein Pada Aplikasi Kompresi File Gambar," *Jurnal Pelita Informatika*, vol. 8, no. April, 2020, doi: 10.30865/komik.v2i1.946.
- [33] C. T. Utari, "IMPLEMENTASI ALGORITMA RUN LENGTH ENCODING UNTUK PERANCANGAN APLIKASI KOMPRESI DAN DEKOMPRESI FILE CITRA," *Jurnal TIMES*, vol. 5, no. 2, 2017, doi: 10.51351/jtm.5.2.2016553.
- [34] M. Rizqi, E. Suhartono, and I. N. A. Ramantryana, "Compressive Sensing Berbasis Dct-Dwt Untuk Kompresi Watermark Pada Watermarking Citra Digital Dengan Domain Swt-Svd Compressive," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 6, no. 1, 2019.
- [35] R. A. Wahyu Fibriyanti and K. Karyati, "Aplikasi Dekomposisi Nilai Singlar Matriks Quaternion terhadap Perbaikan Citra Low dan High Pass Filtering," *Jurnal Sains Dasar*, vol. 11, no. 1, 2022, doi: 10.21831/jsd.v11i1.41951.
- [36] E. N. F. Astuti, G. Budiman, and L. Novamizanti, "Perancangan Teknik LWT-DCT-SVD Pada Audio Watermarking Stereo Dengan Sinkronisasi Dan Compressive Sampling," *Prosiding Seminar Nasional XII "Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi"*, 2017.
- [37] U. Suwardoyo and D. Dwiyantri, "Implementasi Algoritma Discrete Cosine Transform Pada Kompresi Citra," *Jurnal Sintaks Logika*, vol. 3, no. 2, 2023, doi: 10.31850/jsilog.v3i2.2522.
- [38] W. Widiyono, "Metode Fuzzy Vector Quantization Untuk Kompresi Citra RGB Motif Batik Pekalongan," *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, vol. 11, no. 1, 2022, doi: 10.30591/smartcomp.v11i1.3235.
- [39] J. Chen and S. W. Son, "PSNR-Aware Quantization for DCT-based Lossy Compression," in *Proceedings - 2023 IEEE International Conference on Big Data, BigData 2023*, 2023. doi: 10.1109/BigData59044.2023.10386333.
- [40] C. Wang, Y. Yang, and J. Shen, "PSNR estimate for JPEG compression," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2018. doi: 10.1007/978-3-319-77383-4_68.
- [41] T. B. Taha, "Modified PSNR Metric for Watermarked-Image Assessment," in *2023 20th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices, SSD 2023*, 2023. doi: 10.1109/SSD58187.2023.10411302.
- [42] O. Keles, M. A. Yilmaz, A. M. Tekalp, C. Korkmaz, and Z. Dogan, "On the Computation of PSNR for a Set of Images or Video," in *2021 Picture Coding Symposium, PCS 2021 - Proceedings*, 2021. doi: 10.1109/PCS50896.2021.9477470.

- [43] S. Dost, F. Saud, M. Shabbir, M. G. Khan, M. Shahid, and B. Lovstrom, "Reduced reference image and video quality assessments: review of methods," 2022. doi: 10.1186/s13640-021-00578-y.
- [44] S. Jamil, "Review of the Image Quality Assessment Methods for the Compressed Images," *SSRN Electronic Journal*, 2024, doi: 10.2139/ssrn.4694365.
- [45] R. Cheng, Y. Yu, D. Shi, and W. Cai, "The critical review of image and video quality assessment methods," 2022. doi: 10.11834/jig.210314.
- [46] N. Tariq, R. A. Hamzah, T. F. Ng, S. L. Wang, and H. Ibrahim, "Quality Assessment Methods to Evaluate the Performance of Edge Detection Algorithms for Digital Image: A Systematic Literature Review," *IEEE Access*, vol. 9, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3089210.
- [47] M. T. Rasheed, D. Shi, and H. Khan, "A comprehensive experiment-based review of low-light image enhancement methods and benchmarking low-light image quality assessment," 2023. doi: 10.1016/j.sigpro.2022.108821.