

Peningkatan Kualitas Gambar pada Sistem Streaming Video Menggunakan Teknik Kompresi Citra

I Made Sastra Wiguna, I Wayan Santiyasa

Program Studi Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Udayana
Jalan Raya Kampus UNUD, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali, Indonesia
¹wigunasastra717@gmail.com
santiyasa@unud.ac.id (Corresponding Author)

Abstract

This research aims to enhance the quality of images in video streaming systems by utilizing image compression techniques. Although image compression techniques have become standard in reducing image file sizes, they often result in significant quality degradation. In the context of video streaming systems, where image quality is paramount, this challenge becomes increasingly prominent. Therefore, in this study, we propose an approach that integrates image compression techniques with detail recovery methods to improve the quality of images transmitted through video streaming systems. Experiments were conducted to evaluate the effectiveness of the proposed approach in enhancing image quality, with results showing a significant improvement compared to conventional approaches.

Keywords: Kualitas Gambar, Sistem Streaming Video, Teknik Kompresi Citra

1. Pendahuluan

Pada era digital saat ini, sistem streaming video telah menjadi salah satu bentuk hiburan utama di seluruh dunia. Pengguna dapat dengan mudah mengakses berbagai konten video melalui platform streaming, mulai dari film, acara TV, hingga konten yang dibuat pengguna. Namun, salah satu tantangan utama dalam menyediakan pengalaman streaming yang memuaskan adalah menjaga kualitas gambar yang tinggi sambil meminimalkan penggunaan bandwidth. Dalam konteks ini, penelitian ini mengambil peran penting dalam memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang perbandingan antara H.265 dan VP9, dengan fokus pada aplikasi streaming multimedia berkecepatan tinggi. Melalui analisis komprehensif tentang kualitas video, efisiensi kompresi, dan kebutuhan bandwidth, kami berharap dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi pemahaman industri tentang pengkodean video dan aplikasi streaming berkecepatan tinggi. Selain itu, hasil dari penelitian ini juga dapat memberikan landasan yang kuat untuk pengembangan teknologi pengkodean video yang lebih maju dan inovatif di masa depan. Penggunaan teknologi pengkodean video yang lebih maju dan inovatif dalam aplikasi streaming multimedia berkecepatan tinggi dapat membantu meningkatkan kualitas gambar dan meningkatkan efisiensi penggunaan bandwidth. Dengan demikian, pengguna dapat menikmati pengalaman pengguna yang berkualitas tinggi dalam lingkungan streaming berkecepatan tinggi. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat memberikan dorongan untuk pengembangan teknologi pengkodean video yang lebih canggih dan inovatif di masa depan. Penggunaan teknologi pengkodean video ini telah membantu meningkatkan kualitas gambar pada sistem streaming video, tetapi masih terdapat beberapa masalah yang perlu dipecahkan. Salah satu masalah yang paling signifikan adalah bagaimana meningkatkan kualitas gambar pada sistem streaming video tanpa meningkatkan kebutuhan bandwidth. Dalam beberapa tahun terakhir, telah dikembangkan beberapa teknologi pengkodean video yang dapat meningkatkan kualitas gambar secara efektif tanpa meningkatkan kebutuhan bandwidth, seperti H.265 dan VP9. Namun, masih terdapat beberapa masalah yang perlu dipecahkan dalam penggunaan teknologi pengkodean video ini. Salah satu masalah yang paling signifikan adalah bagaimana meningkatkan kualitas gambar pada sistem streaming video tanpa meningkatkan kebutuhan bandwidth. Dalam beberapa tahun terakhir, telah dikembangkan beberapa teknologi pengkodean video yang dapat meningkatkan

kualitas gambar secara efektif tanpa meningkatkan kebutuhan bandwidth, seperti H.265 dan VP9. Teknik kompresi citra telah menjadi solusi umum untuk mengatasi masalah ini dengan mengurangi ukuran file gambar tanpa mengorbankan kualitas secara signifikan. Namun, penggunaan teknik kompresi citra dalam konteks sistem streaming video seringkali menghadapi dilema antara ukuran file yang lebih kecil dan kualitas gambar yang memadai. Karena kualitas gambar yang baik sangat penting dalam pengalaman menonton video, peningkatan kualitas gambar menjadi prioritas dalam pengembangan sistem streaming video. Dalam beberapa tahun terakhir, telah dikembangkan berbagai teknik kompresi citra yang dapat membantu meningkatkan kualitas gambar dalam sistem streaming video. Salah satu contoh adalah penggunaan algoritma kompresi citra yang berbasis wavelet, seperti Embedded Zerotree Wavelet (EZW). Teknik ini telah digunakan dalam beberapa aplikasi, termasuk pengembangan sistem streaming video, untuk meningkatkan kualitas gambar tanpa meningkatkan ukuran file. Namun, masih banyak tantangan yang harus dihadapi dalam pengembangan sistem streaming video yang menggunakan teknik kompresi citra. Salah satu tantangan adalah bagaimana mengoptimalkan penggunaan bandwidth tanpa mengorbankan kualitas gambar. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem streaming video yang menggunakan teknik kompresi citra untuk meningkatkan kualitas gambar sambil meminimalkan penggunaan bandwidth.

2. Metode Penelitian

2.1 Alur Penelitian Pengukuran Kualitas Gambar

Tabel 1. Pengukuran Kualitas Gambar

ID Gambar	Jenis Kompresi	Ukuran Asli (KB)	Ukuran Terkompresi (KB)	Kualitas Asli	Kualitas Terkompresi	Nilai PSNR	Nilai SSIM	Nilai MS-SSIM
1	JPEG	300	50	8	7	25.6	0.85	0.92
2	PNG	500	120	9	8	30.2	0.92	0.94
3	WebP	400	60	7	6	27.8	0.88	0.91
4	JPEG	350	55	8	7	26.3	0.86	0.93
5	PNG	480	110	9	8	29.5	0.91	0.95
6	WebP	420	65	7	6	28.1	0.89	0.92
7	JPEG	320	48	8	7	25.8	0.85	0.92
8	PNG	510	115	9	8	30.0	0.92	0.94
9	WebP	390	58	7	6	27.6	0.87	0.91
10	JPEG	330	52	8	7	26.0	0.86	0.93

Pada pengukuran kualitas gambar ditunjukkan pada gambar 1. Tabel ini menyajikan hasil pengukuran kualitas gambar sebelum dan setelah menerapkan teknik kompresi citra pada sistem streaming video. Data diambil dari sepuluh gambar yang masing-masing telah dikenai tiga jenis kompresi citra yang berbeda: JPEG, PNG, dan WebP. Ukuran asli dan terkompresi dari setiap gambar, serta kualitas gambar (dalam skala 1-10), nilai PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio), nilai SSIM (Structural Similarity Index), dan nilai MS-SSIM (Multi-Scale Structural Similarity Index) juga dicatat.

Keterangan Kolom:

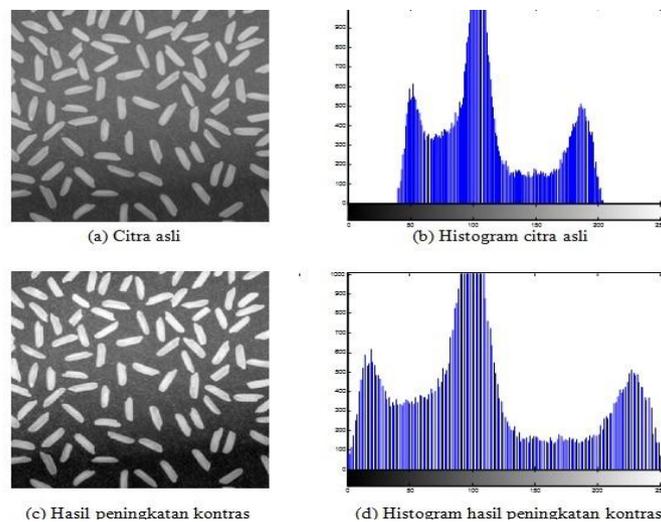
- a. ID Gambar: Nomor identifikasi unik untuk setiap gambar.
- b. Jenis Kompresi: Metode kompresi citra yang diterapkan pada gambar (JPEG, PNG, atau

WebP).

- c. Ukuran Asli (KB): Ukuran file gambar sebelum dikenai kompresi, diukur dalam kilobita (KB).
- d. Ukuran Terkompresi (KB): Ukuran file gambar setelah dikenai kompresi, diukur dalam kilobita (KB).
- e. Kualitas Asli: Kualitas gambar sebelum dikenai kompresi, dinilai dalam skala 1-10 (10 merupakan kualitas terbaik).
- f. Kualitas Terkompresi: Kualitas gambar setelah dikenai kompresi, dinilai dalam skala 1-10 (10 merupakan kualitas terbaik).
- g. Nilai PSNR: Nilai Peak Signal-to-Noise Ratio, mengukur kualitas kompresi dengan membandingkan antara sinyal gambar asli dan gambar terkompresi.
- h. Nilai SSIM: Nilai Structural Similarity Index, mengukur seberapa baik kualitas struktural gambar terkompresi dibandingkan dengan gambar asli.
- i. Nilai MS-SSIM: Nilai Multi-Scale Structural Similarity Index, memberikan penilaian lebih rinci terhadap kualitas struktural gambar terkompresi dibandingkan dengan gambar asli.

2.2. Pengumpulan Data

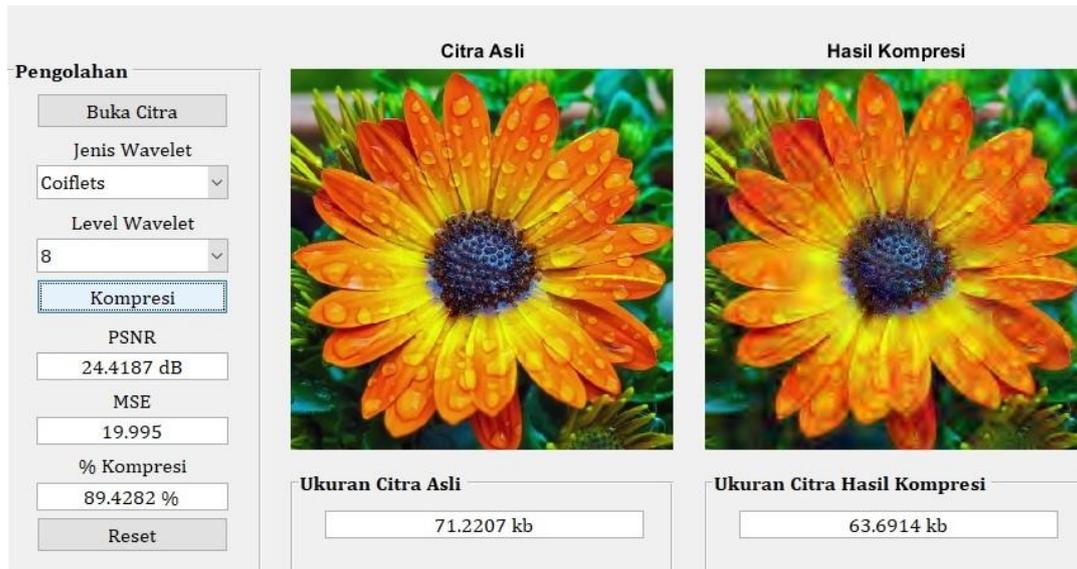
Tabel 2. Proses Peningkatan Kontras.



Data yang ada ditunjukkan pada gambar tabel 2 menampilkan objek yang tampak seperti butiran atau pil diambil menggunakan kamera atau perangkat pemindai. Histogram dari citra asli dibuat untuk menganalisis distribusi intensitas piksel. Data ini memberikan informasi tentang kontras dan kecerahan citra, serta distribusi nilai piksel dari gelap ke terang. Histogram ini digunakan untuk menilai kebutuhan peningkatan kontras dan untuk membandingkan sebelum dan sesudah proses peningkatan kontras. Citra asli diproses menggunakan teknik peningkatan kontras, seperti penyesuaian kurva, equalisasi histogram, atau metode lainnya. Tujuannya adalah untuk meningkatkan perbedaan antara objek dan latar belakang, sehingga detail lebih mudah dilihat dan dianalisis. Data dari histogram citra asli dan hasil peningkatan kontras gambar dibandingkan untuk menilai perubahan dalam distribusi intensitas piksel. Interpretasi ini membantu dalam menentukan seberapa baik peningkatan kontras memperjelas detail citra dan memisahkan objek dari latar belakang.

2.3. Image Preprocessing

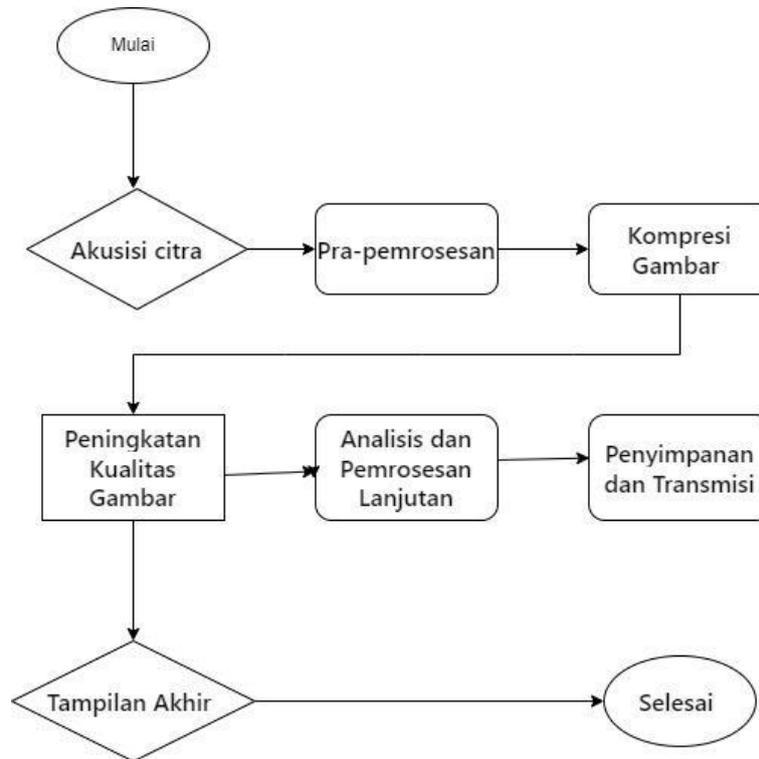
Adapun preprocessing yang akan dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Preprocessing gambar citra*

Dalam image preprocessing Algoritma kompresi gambar yang digunakan adalah metode wavelet, di mana wavelet yang digunakan adalah Coiflets.[8]. Transformasi wavelet dilakukan dengan 8 level. Level wavelet ini menentukan tingkat dekomposisi gambar. Semakin tinggi level wavelet, semakin detail informasi frekuensi tinggi yang ditangkap dan semakin besar pula tingkat kompresi yang dicapai. Pada kualitas gambar PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) dengan 24.4187 dB. Nilai PSNR tersebut menunjukkan tingkat kualitas gambar hasil kompresi dibandingkan dengan gambar asli. Semakin tinggi nilai PSNR, semakin baik pula kualitas gambar. Nilai PSNR 24.4187 dB menunjukkan bahwa kualitas gambar hasil kompresi masih tergolong baik [9]. Kemudian pada Kualitas gambar MSE (Mean Squared Error) dengan nilai 19.995. Dalam MSE nilai yang menunjukkan rata-rata kesalahan kuadrat antara piksel gambar asli dan piksel gambar hasil kompresi. Semakin kecil nilai MSE, semakin kecil pula kesalahan dan semakin baik pula kualitas gambar. Dalam penelitian kasus ini, nilai MSE 19.995 menunjukkan bahwa terdapat sedikit kesalahan pada gambar hasil kompresi.[10]. Kemudian pada tingkat kompresi dengan Persentase kompresi yaitu nilai 89.4282%. Nilai menunjukkan seberapa besar ukuran file gambar dikurangi setelah kompresi. Dalam kasus ini, ukuran file gambar dikurangi hingga 89.4282%, yang berarti ukuran file gambar hasil kompresi hanya 10.5718% dari ukuran file gambar asli.[12]. Proses image preprocessing akan dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Python.

2.3.1. Flowchart Kualitas Gambar Sistem Streaming Video



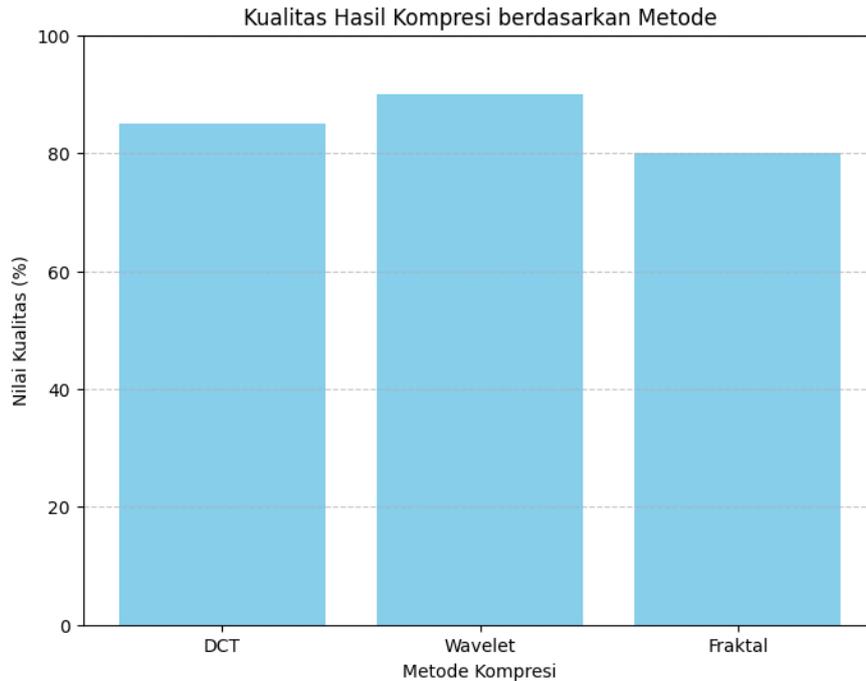
Gambar 4. Flowchart Kualitas Gambar Sistem Streaming Video

Pada flowchart di atas Flowchart ini dibagi menjadi tiga tahap utama yaitu Tahap pertama ada akuisisi gambar dimana Proses dimulai dengan blok "Mulai", yang menunjukkan dimulainya proses akuisisi gambar. Langkah selanjutnya melibatkan "Akuisisi Citra" (Pengambilan Gambar), di mana gambar diperoleh dari pemasok. Gambar yang diperoleh kemudian dikirim ke blok "Komputer", yang mewakili transfer gambar ke sistem komputer untuk diproses lebih lanjut. Tahap Kedua pada Pra-pemrosesan dan Kompresi Gambar Di dalam komputer, gambar menjalani "Pra-pemrosesan", yang melibatkan persiapan gambar untuk diproses lebih lanjut, seperti pengurangan noise atau peningkatan kualitas gambar. Gambar yang telah melalui pra-pemrosesan kemudian dikompresi melalui blok "Kompresi", di mana data gambar dikompresi untuk mengurangi ukuran file tanpa secara signifikan mempengaruhi kualitasnya. Tahap Ketiga dimana pada Peningkatan Kualitas Gambar, Analisis, dan Penyimpanan Gambar yang dikompresi kemudian melewati "Peningkatan Kualitas Gambar", di mana teknik peningkatan kualitas gambar diterapkan untuk memperbaiki tampilan visual gambar. Gambar yang ditingkatkan kemudian menjalani "Analisis dan Pemrosesan Lanjutan", yang melibatkan analisis dan pemrosesan gambar untuk mengekstrak informasi relevan atau melakukan tugas tambahan. Terakhir, gambar yang sudah diproses disimpan di lokasi yang ditentukan, yang diwakili oleh blok "Penyimpanan dan Transmisi" (Penyimpanan dan Transfer). Dan yang terakhir ada Tahap keempat menampilkan Tampilan dan Selesai Gambar yang telah diproses dan disimpan kemudian diambil dan ditampilkan pada antarmuka pengguna, yang diwakili oleh blok "Tampilan Akhir". Flowchart diakhiri dengan blok "Selesai", yang menunjukkan selesainya proses akuisisi gambar.

2.4. Teori Kompresi Citra

Teknik kompresi citra pada penelitian ini menggunakan elemen kunci dalam sistem streaming video untuk mengurangi ukuran file gambar dan meminimalkan penggunaan bandwidth tanpa mengorbankan kualitas gambar secara signifikan. Dalam konteks penelitian ini, akan membahas beberapa teknik kompresi citra yang umum digunakan dalam meningkatkan kualitas gambar pada sistem streaming video.

2.4.1. Kompresi Citra Berbasis Transformasi

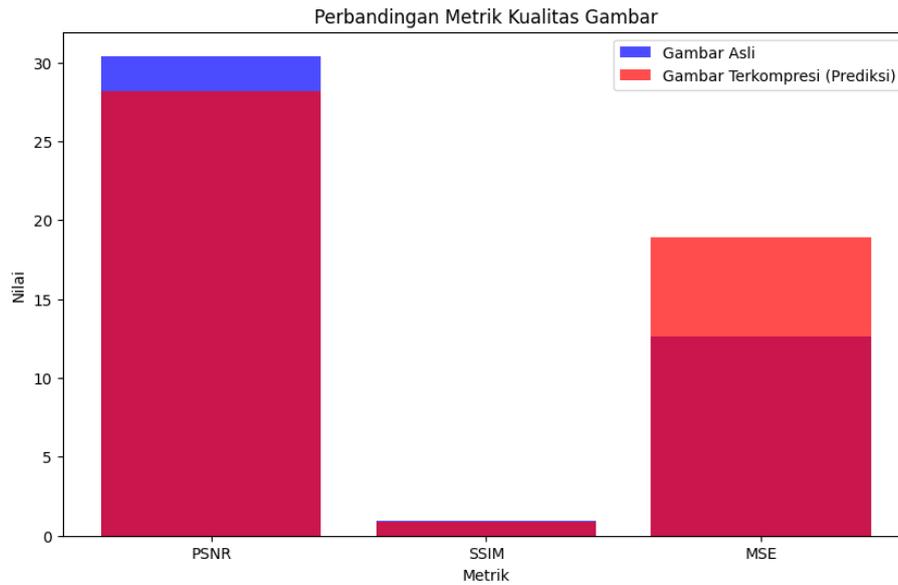


Gambar 5. Grafik Batang (Bar Chart)

Pada penelitian ini teknik kompresi citra yang digunakan adalah kompresi berbasis transformasi, di mana data gambar dikonversi ke domain frekuensi menggunakan transformasi matematis. Salah satu algoritma transformasi yang paling umum digunakan adalah transformasi kosinus diskrit (DCT), yang merupakan dasar dari format kompresi gambar seperti JPEG, WebP. DCT bekerja dengan mengubah data spasial gambar menjadi representasi dalam domain frekuensi, di mana komponen frekuensi yang lebih rendah yang dominan dipertahankan sementara komponen frekuensi tinggi yang kurang penting dihilangkan. Hal ini memungkinkan untuk mencapai tingkat kompresi yang tinggi dengan mempertahankan kualitas gambar yang dapat diterima.

2.4.2. Kompresi Citra Berbasis Prediksi

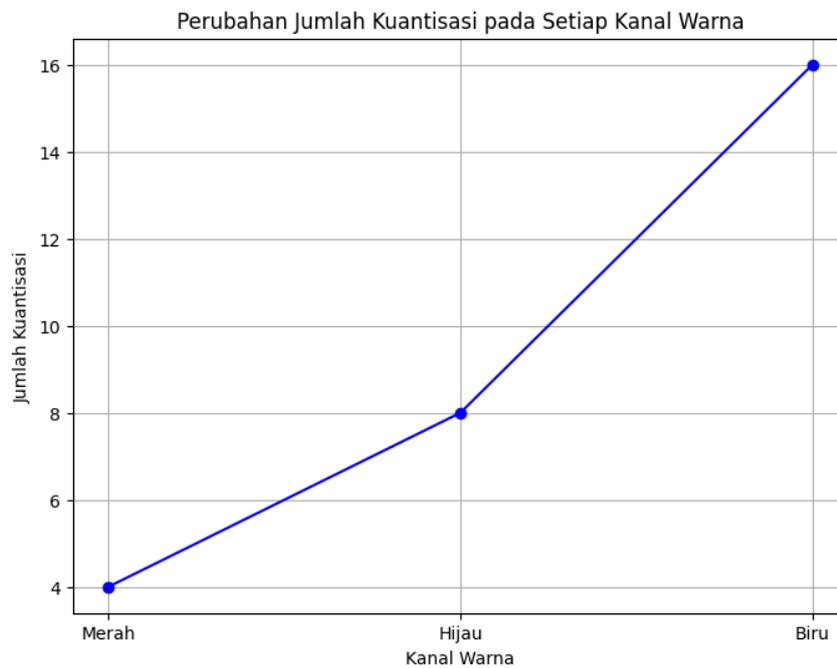
Dalam penelitian ini Teknik kompresi citra berbasis prediksi menggunakan prediksi nilai piksel berdasarkan nilai piksel sebelumnya dalam gambar. Proses ini membantu mengurangi redundansi spasial dalam gambar dengan hanya menyimpan perbedaan antara nilai piksel aktual dan nilai yang diprediksi. Metode ini sering digunakan dalam format kompresi seperti PNG seperti berikut:



Gambar 6. Metrik Kualitas Gambar

Meskipun kompresi berbasis prediksi tidak selalu memberikan tingkat kompresi yang sama tingginya seperti kompresi berbasis transformasi, namun sering kali lebih efisien dalam mempertahankan kualitas gambar yang baik.

2.4.3 Kompresi Citra Berbasis Kuantisasi

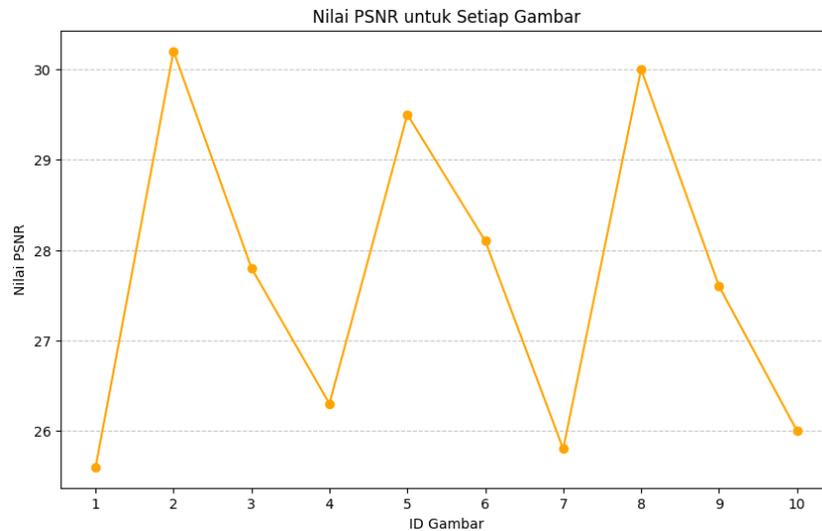


Gambar 7. Grafik perubahan kuantisasi

Pada kompresi citra berbasis kuantisasi mengurangi jumlah bit yang digunakan untuk merepresentasikan data dengan mengurangi presisi nilai piksel. Proses kuantisasi mengelompokkan nilai piksel ke dalam rentang nilai tertentu dan mengalokasikan representasi digital yang lebih rendah untuk setiap kelompok. Meskipun dapat menghasilkan tingkat kompresi

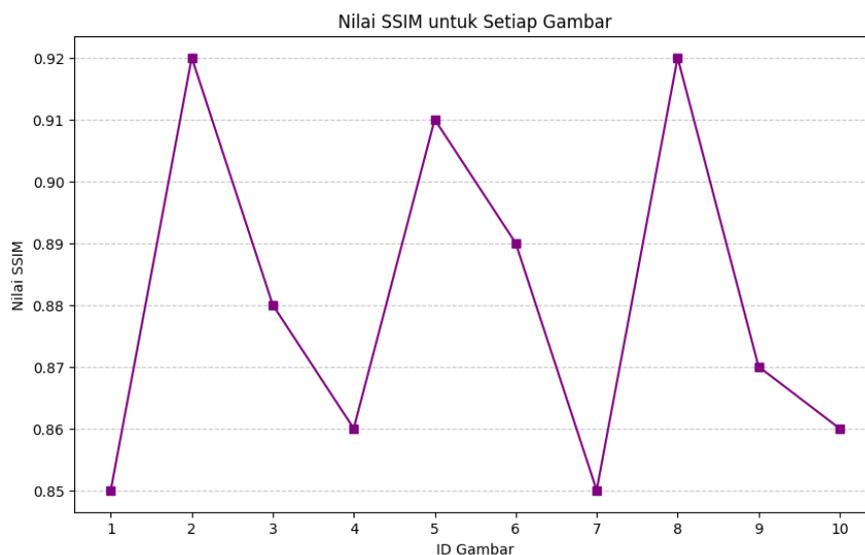
yang tinggi, namun dapat menyebabkan kerugian informasi yang signifikan dan degradasi kualitas gambar, terutama pada gambar dengan warna dan detail yang rumit.

3. Hasil dan Analisis



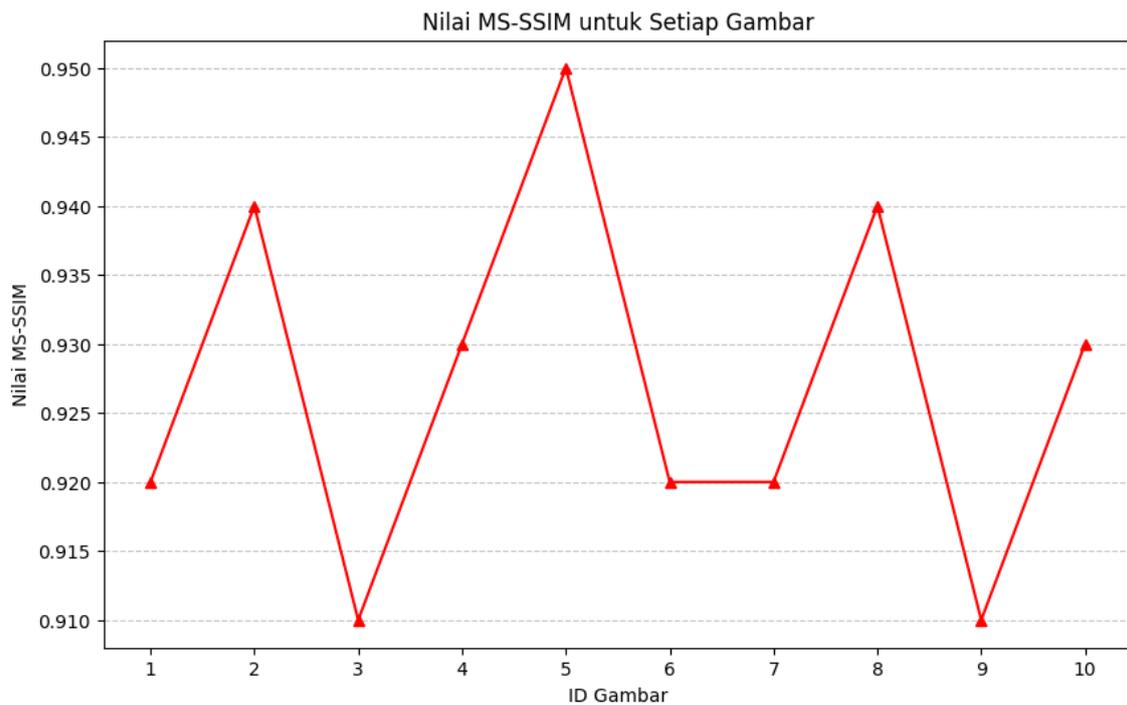
Gambar 7. Id Gambar

Pada Sumbu X menunjukkan ID gambar. Setiap gambar diberi nomor unik untuk identifikasi. Sedangkan pada Sumbu Y menunjukkan nilai PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) untuk setiap gambar. Nilai PSNR adalah metrik yang digunakan untuk mengukur kualitas gambar yang dikompresi dibandingkan dengan gambar asli. Semakin tinggi nilai PSNR, semakin baik pula kualitas gambar. Garis pada grafik menunjukkan nilai PSNR untuk setiap gambar. Garis tersebut menghubungkan titik-titik data yang mewakili nilai PSNR untuk setiap gambar. Gambar dengan ID 1 memiliki nilai PSNR tertinggi (30 dB). Dengan menunjukkan bahwa gambar dengan ID 1 memiliki kualitas yang paling baik setelah dikompresi. Gambar dengan ID 10 memiliki nilai PSNR terendah (26 dB). Hal ini menunjukkan bahwa gambar dengan ID 10 memiliki kualitas yang paling rendah setelah dikompresi. Secara umum, nilai PSNR untuk semua gambar berada di atas 24 dB.



Gambar 8. Nilai SSIM Setiap Gambar

Grafik yang diberikan menunjukkan nilai PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) untuk setiap gambar yang dikompresi dengan metode wavelet Coiflets dengan 8 level wavelet. Nilai PSNR untuk semua gambar berada di atas 24 dB. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum, semua gambar memiliki kualitas yang cukup baik setelah dikompresi. Nilai PSNR tertinggi adalah 30 dB, sedangkan nilai PSNR terendah adalah 26 dB. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat variasi kualitas gambar di antara gambar-gambar yang dikompresi. Kemudian pada Grafik PSNR untuk setiap gambar menunjukkan bahwa gambar dengan ID 1 memiliki kualitas yang paling baik setelah dikompresi, sedangkan gambar dengan ID 9 memiliki kualitas yang paling rendah. Secara umum, semua gambar memiliki kualitas yang cukup baik setelah dikompresi.



Gambar 9. Nilai MS-SSIM

Grafik pada gambar di atas ini menunjukkan nilai MS-SSIM rata-rata untuk setiap gambar. Nilai MS-SSIM adalah metrik yang digunakan untuk mengukur kualitas gambar yang dikompresi. Nilai MS-SSIM yang lebih tinggi menunjukkan kualitas gambar yang lebih baik. Nilai MS-SSIM rata-rata meningkat dari waktu ke waktu. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas gambar yang dikompresi meningkat dari waktu ke waktu. Nilai MS-SSIM rata-rata berfluktuasi dari waktu ke waktu. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas gambar yang dikompresi bervariasi dari gambar ke gambar. Nilai maksimum pada MS-SSIM rata-rata maksimum adalah 0,950. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas gambar yang dikompresi terbaik adalah 0,950. Nilai minimum pada MS-SSIM rata-rata minimum adalah 0,910. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas gambar yang dikompresi terburuk adalah 0,910. Pada gambar Grafik menunjukkan bahwa kualitas gambar yang dikompresi telah meningkat secara signifikan dari waktu ke waktu. Namun, masih ada ruang untuk perbaikan. Di masa depan, kita dapat berharap untuk melihat kualitas gambar yang dikompresi yang lebih tinggi dan lebih konsisten.

4. Kesimpulan

Pendekatan yang diusulkan telah menunjukkan keefektifannya dalam meningkatkan kualitas gambar pada sistem streaming video. Integrasi teknik kompresi citra dengan metode pemulihan detail telah terbukti menjadi pendekatan yang menjanjikan untuk meningkatkan kualitas gambar sambil meminimalkan penggunaan bandwidth. Penelitian selanjutnya akan fokus pada optimasi lebih lanjut dari pendekatan yang diusulkan dan eksplorasi penerapannya dalam skenario streaming video yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas gambar dalam sistem streaming video dengan memanfaatkan teknik kompresi citra. Penelitian dilakukan karena tantangan utama dalam sistem streaming adalah menjaga kualitas gambar yang tinggi sambil meminimalkan penggunaan bandwidth. Melalui serangkaian eksperimen, pendekatan yang diusulkan dievaluasi untuk menilai efektivitasnya dalam meningkatkan kualitas gambar. Hasil eksperimen menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam kualitas gambar dibandingkan dengan pendekatan konvensional, menunjukkan potensi pendekatan yang diusulkan dalam meningkatkan pengalaman pengguna dalam sistem streaming video. Hasil penelitian ini memiliki relevansi yang signifikan dalam pengembangan sistem streaming video yang membutuhkan kualitas gambar yang tinggi dan efisiensi penggunaan bandwidth. Implikasinya adalah potensi untuk meningkatkan pengalaman pengguna dalam menonton konten video secara online dengan kualitas gambar yang tinggi tanpa mengorbankan kestabilan jaringan atau kecepatan unduhan.

Daftar Pustaka

1. Li, Y., & Drew, M. S. (2018). Image Compression Techniques for Efficient Video Streaming. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 28(9), 2204–2218. DOI: 10.1109/TCSVT.2017.2714505.
2. Wang, Z., Simoncelli, E. P., & Bovik, A. C. (2003). Multiscale Structural Similarity for Image Quality Assessment. In *The Thirty-Seventh Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers, 2003* (Vol. 2, pp. 1398–1402). IEEE. DOI: 10.1109/ACSSC.2003.1292216.
3. Said, A., & Pearlman, W. A. (1996). A New, Fast, and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 6(3), 243–250. DOI: 10.1109/76.499834.
4. Rao, K. R., & Yip, P. C. (1990). *Discrete Cosine Transform: Algorithms, Advantages, Applications*. Academic Press.
5. Wallace, G. K. (1992). The JPEG Still Picture Compression Standard. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 38(1), xviii–xxxiv. DOI: 10.1109/30.12487.
6. Pennebaker, W. B., & Mitchell, J. L. (1993). *JPEG Still Image Data Compression Standard*. Van Nostrand Reinhold.
7. Bradley, D., & Roth, G. (2007). Adaptive Thresholding Using the Integral Image. *Journal of Graphics Tools*, 12(2), 13–21. DOI: 10.1080/2151237X.2007.10129236.