

Comparative Study of Digital Image Optimal Compression Algorithm Using Python

Studi Perbandingan Algoritma Kompresi Optimal Citra Digital Menggunakan Python

Jonathan L. Phandany, Alwin M. Sambul, Arie S. M. Lumenta

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia

e-mails: jonathanphandany@gmail.com, 18021106003@unsrat.ac.id

Received: 10 December 2022; revised: 31 March 2022; accepted: 31 March 2022

Abstract — The increasingly advanced digital development, where digital image technology has become increasingly sophisticated, has resulted in the need for storage and transmission of digital images to increase. An important aspect in the rapid exchange of information is compression. Image is a picture, resemblance, or imitation of an object. With so many digital image compression algorithms that are diverse and have their own characteristics, analysis is needed to determine an optimal algorithm. The principle of digital imagery is based on the concept of eliminating the amount of uncertainty, this is what underlies the creation of the concept of compression. This study aims to analyze the image compression algorithms in the form of DCT, DWT, BTC, AMBTC, and SVD using the python programming language. The research process was measured based on the criteria for measuring Compression Ratio, MSE, and PSNR. The results of the research given that the average PSNR values for each algorithm are as follows, DCT 5.33 DWT 6.37 AMBTC 2.80 BTC 2.86 and SVD 2.81. Meanwhile, the Compression Ratio values for each algorithm are as follows, DCT 1.95 DWT 5.70 AMBTC 2.99 BTC 1.89 and SVD 2.30. Based on these results, it can be concluded that the optimal DWT algorithm for the Grayscale image type, and the optimal algorithm for the RGB image type is DCT for the best image quality and BTC for the lowest image size.

Key words — *Digital Image; Lossy Compression; DCT; DWT; BTC; AMBTC; SVD*

Abstrak — Perkembangan digital yang semakin maju, dimana teknologi gambar digital sudah semakin canggih menghasilkan kebutuhan penyimpanan dan transmisi gambar digital yang semakin meningkat. Aspek penting dalam pertukaran informasi yang cepat adalah kompresi. Citra merupakan gambaran, kemiripan, atau imitasi dari suatu objek. Dengan banyaknya algoritma kompresi citra digital yang beragam dan memiliki karakteristik masing-masing maka dibutuhkan analisis untuk menentukan suatu algoritma yang optimal. Prinsip citra digital didasari pada konsep menghilangkan jumlah ketidakpastian, hal tersebut yang mendasari terciptanya konsep kompresi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis algoritma kompresi citra berupa DCT, DWT, BTC, AMBTC, dan SVD menggunakan bahasa pemrograman python. Proses penelitian diukur berdasarkan kriteria pengukuran Rasio Kompresi, MSE, dan PSNR. Hasil penelitian yang diberikan bahwa nilai rata-rata PSNR untuk setiap algoritma sebagai berikut, DCT 5,33 DWT 6,37 AMBTC 2,80 BTC 2,86 dan SVD 2,81. Sedangkan untuk nilai Rasio Kompresi untuk setiap algoritma sebagai berikut DCT 1,95 DWT 5,70 AMBTC 2,99 BTC 1,89 dan SVD 2,30.

Berdasarkan hasil tersebut diperoleh kesimpulan bahwa algoritma DWT optimal dalam jenis citra Grayscale, dan algoritma yang optimal dalam jenis citra RGB adalah DCT untuk kualitas citra terbaik dan BTC untuk ukuran citra terendah.

Kata kunci — *Citra Digital; Lossy Compression; DCT; DWT; BTC; AMBTC; SVD*

I. PENDAHULUAN

Kemajuan terbaru dalam teknologi gambar digital, ditambah dengan terobosan dalam harga dan kinerja perangkat keras dan firmware digital, telah mendorong aplikasi bisnis pencitraan yang berkembang pesat, menghasilkan kebutuhan penyimpanan dan transmisi gambar digital yang semakin meningkat.[1] Salah satu aspek penting dalam pertukaran informasi yang cepat yaitu kompresi. Dengan kompresi, data dapat dimampatkan sehingga data dapat dikirimkan dan disimpan dengan lebih optimal.

Saat ini terdapat banyak sekali algoritma yang dapat digunakan pada proses kompresi citra digital seperti DCT, Huffman, Wavelet, RLE, JPEG, AMBTC, NMF, dan lain-lain. Setiap algoritma memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri tergantung citra sample yang digunakan untuk kompresi. Selain itu dimensional citra juga berpengaruh terhadap kualitas hasil kompresi.[2]

Dalam penelitian terdahulu, terdapat beberapa algoritma yang digunakan dalam menjalankan kompresi pada citra digital. Untuk itu setiap algoritma kompresi citra digital memiliki karakteristik dan keunikan masing-masing, sehingga setiap algoritma memiliki keunggulan dan kelemahan dalam melakukan kompresi pada citra digital dan hasil kompresi yang diberikan oleh setiap algoritma kompresi citra digital berbeda satu sama lain.

Penelitian yang dilakukan oleh Parmar (2014) bahwa algoritma transform coding (DCT dan DWT) efisien dalam melakukan kompresi pada citra namun memiliki kelemahan dengan fungsi dasar yang sangat panjang.[3] Dalam studi yang dilakukan oleh Yang (2020) bahwa algoritma BTC dan AMBTC menghasilkan rasio kompresi yang baik tetapi memiliki kelemahan dengan waktu pemrosesan yang tinggi.[4] Untuk algoritma SVD, Chandra (2011) memberikan

penjelasan bahwa algoritma SVD memiliki kompleksitas komputasi yang tinggi sehingga memiliki kelemahan yang lambat dalam melakukan komputasi pada kompresi citra digital.[5]

Algoritma-algoritma tersebut berperan sangat penting dalam kebutuhan medis, setiap citra medis yang akan diproses harus dikompresi secara benar agar citra tersebut tidak mengalami penurunan kualitas gambar yang akan berdampak pada hasil diagnosis yang tidak akurat.[6] Dalam dunia keamanan, algoritma yang digunakan dalam kompresi citra harus tepat agar citra tersebut dapat di enkripsi dengan baik sehingga tetap dapat menjaga kerahasiaan data pada citra.[7]

Oleh karena itu dibutuhkannya studi perbandingan untuk menggali dan menguji karakteristik dari setiap algoritma untuk menentukan algoritma yang tepat dan sesuai agar menghasilkan kompresi citra digital yang optimal berdasarkan kelemahan yang telah didapatkan oleh penelitian sebelumnya. Penelitian ini akan menganalisa algoritma menggunakan kajian perbandingan dari literatur untuk setiap algoritma khusus kompresi citra digital dalam membandingkan dan menentukan algoritma kompresi yang paling optimal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji setiap algoritma kompresi citra digital untuk mendapatkan algoritma kompresi citra digital yang optimal, dengan membandingkan tiap algoritma khusus citra digital dan menerapkan tiap algoritma pada citra yang sama dengan bahasa pemrograman python untuk dianalisis penerapan dan cara kerja dari algoritma yang akan menghasilkan grafik hasil pengukuran kualitas citra yang dapat mendasari karakteristik dari setiap algoritma hasil analisis.

A. Citra Digital

Kata “gambar” memiliki banyak arti dalam kehidupan sehari-hari. Secara teknis gambar atau citra adalah sinyal dua dimensi yang dirasakan oleh sistem visual manusia. Gambar bergerak seperti yang kita lihat di televisi, di film, adalah urutan gambar. Ketika sebuah gambar diubah ke dalam digital, itu menjadi citra digital. Citra digital adalah array dari sejumlah elemen gambar yang disebut piksel.[1]

Dengan demikian, suatu citra digital dapat dipandang sebagai sebuah matriks 2 dimensi yang elemen-elemennya menunjukkan cahaya berkuantitas. Citra digital bitmap disimpan sebagai array yang berisi nilai piksel sehingga baik digunakan dalam penelitian pengolahan citra.[8]

B. Prinsip Kompresi Citra Digital

Prinsip kompresi citra digital didasarkan pada Teori Informasi. Pada tahun 1948, Claude Shannon, bapak Teori Informasi, memperkenalkan ukuran informasi dalam makalah klasik miliknya, berdasarkan definisi probabilitas. Ukuran ini merupakan batu penjurur dalam teori komunikasi modern. Ini menggunakan konsep entropi untuk mengukur jumlah informasi yang dihasilkan sumber. Sebuah sumber secara acak menghasilkan simbol mengikuti model probabilitas tertentu. Jumlah informasi yang diterima seseorang dari suatu sumber setara dengan jumlah ketidakpastian yang telah dihilangkan.

Menghilangkan jumlah ketidakpastian merupakan awal mula terciptanya konsep kompresi. Prinsip pertama dari

kompresi citra digital yaitu mengurangi redundansi dalam data gambar, dan prinsip kedua yaitu memproduksi gambar yang direkonstruksi dari gambar asli dengan pengenalan kesalahan yang tidak signifikan untuk aplikasi yang dimaksud.[1]

C. Kompresi

Kompresi data dibagi atas 2 metode utama yaitu metode *lossless compression* dan metode *lossy compression*. *Lossless compression* adalah kelas dari algoritma data kompresi yang memungkinkan data yang asli dapat disusun kembali dari data kompresi. Kompresi data *lossless* digunakan dalam berbagai aplikasi seperti format ZIP dan GZIP. *Lossless* juga sering digunakan sebagai komponen dalam teknologi kompresi data *lossy*. Kompresi *lossless* digunakan ketika adanya sesuatu yang penting pada kondisi asli. Beberapa format gambar seperti PNG atau GIF hanya menggunakan kompresi *lossless*, sedangkan yang lainnya seperti TIFF dan MNG dapat menggunakan metode *lossy* atau *lossless*.[2]

Sedangkan *Lossy compression* adalah suatu metode untuk mengompres data dan sebaliknya (dekompresi), data yang diperoleh mungkin berbeda dari yang aslinya tetapi cukup dekat perbedaannya. *Lossy* kompresi ini paling sering digunakan untuk mengompres data multimedia (Audio dan gambar statis). Sebaliknya, kompresi *lossless* diperlukan untuk data teks dan file, seperti catatan bank, artikel teks dll.

D. Algoritma Kompresi Citra

Persyaratan paling dasar untuk kompresi gambar digital adalah digitalisasi objek gambar (atau hanya gambar) seperti gambar fisik, halaman dokumen, dan sejenisnya. Digitalisasi gambar melibatkan dua proses, sampling dan kuantitas. Proses pengambilan sampel memetakan gambar fisik ke dalam array piksel dengan titik pengambilan sampel spasial dari gambar fisik. Proses kuantitas, di sisi lain, menggunakan sejumlah bit untuk mewakili setiap piksel.[1] Berikut merupakan algoritma-algoritma kompresi citra digital.

1) Discrete Cosine Transform (DCT)

Algoritma yang menggunakan fungsi dari *transform coding* yaitu Discrete Cosine Transform (DCT). DCT digunakan sebagai teknik membuat suatu kode transformasi untuk memproses piksel. Pada kompresi citra menggunakan DCT, transformasi diterapkan pada blok 8x8, yang menghasilkan 64 koefisien. Elemen pertama adalah koefisien DC dan sisanya adalah koefisien AC.

2) Discrete Wavelet Transform (DWT)

Selain DCT terdapat algoritma yang menggunakan fungsi *transform coding* yaitu Discrete Wavelet Transform (DWT). Pada teknik kompresi menggunakan DWT, citra dilewatkan melalui rangkaian analisis filter bank. Bank filter analisis terdiri dari filter Low pass dan High-pass untuk mengekstrak informasi kasar dan informasi detail masing-masing. Gambar diproses dan menghasilkan *approximation and detail sub-bands*. Untuk merekonstruksi citra asli dari *sub-band*, DWT menggunakan bank filter sintesis. Keuntungan DWT dibandingkan DCT adalah bahwa koefisien DWT berbentuk lokalisasi, yang membantu dalam kompresi gambar dan tidak memiliki artefak blok. Koefisien DWT ini diberi kode entropi.[9]

3) Block Truncation Coding (BTC)

BTC adalah teknik kompresi *lossy* yang sederhana dan cepat untuk gambar digital, Algoritma BTC adalah domain spasial yang sederhana, berbasis blok, Teknik kompresi ini dikembangkan oleh Delp dan Mitchell. Ide utama dari BTC adalah untuk melakukan kuantitas *Moment Preserving* (MP) untuk blok piksel sehingga kualitas gambar akan tetap dapat diterima dan pada saat yang sama permintaan akan ruang penyimpanan akan berkurang.[10]

4) Absolute Moment Block Truncation Coding (AMBTC)

AMBTC merupakan sebuah metode kompresi citra yang bersifat *lossy*. Artinya, ketika sebuah citra dikompresi menggunakan AMBTC, maka akan ada data yang hilang. AMBTC menggunakan Teknik *block-based image coding* dan hanya memerlukan memori yang sedikit dan perhitungan yang sederhana.[8]

5) Singular Value Decomposition (SVD)

Algoritma Singular Value Decomposition (SVD) merupakan metode matematis untuk menguraikan matriks tunggal dengan melakukan kompresi menjadi tiga matriks yang lebih kecil dengan ukuran yang sama dengan mengurangi data pada kolom dan baris.[11]

E. Pengukuran Kinerja Kompresi Citra

Pengukuran kinerja kompresi citra dilakukan dengan menghitung Rasio Kompresi atau *Compression Ratio* (CR), MSE, dan PNSR. Rasio Kompresi merupakan perbandingan antar ukuran citra asli dan citra hasil proses kompresi. MSE atau *Mean Square Error* adalah nilai error kuadrat rata-rata selisih nilai piksel citra rekonstruksi dengan citra sumber. PSNR atau *Peak Signal to Noise Ratio* merupakan perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur dengan besarnya derau yang berpengaruh pada sinyal tersebut.[8]

F. Python

Python merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi (high level language) yang dikembangkan oleh Guido van Rossum pada tahun 1989 dan diperkenalkan untuk pertama kalinya pada tahun 1991. Python lahir atas dasar keinginan untuk mempermudah seorang programmer dalam menyelesaikan tugasnya dengan cepat. Python bisa digunakan untuk membuat program *standalone* dan pemrograman skrip.

Python memiliki beberapa kelebihan, yaitu pemrograman menggunakan Python jauh lebih cepat dan lebih pendek dibandingkan menggunakan C++ dan Java, mampu menangani pemrograman kompleks dan mendukung pemrograman grafis serta platform independent yang berarti bahwa program yang dibuat menggunakan Python dapat berjalan pada sistem operasi apa saja selama terdapat platform Python.[12]

II. METODE

A. Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan dengan mengumpulkan data terlebih dahulu dengan teknik pengumpulan data studi kepustakaan atau library research dimana penelitian ini dilakukan dengan teknik pengumpulan data dari berbagai

bahan pustaka yang relevan dan mempelajari yang berkaitan dengan masalah yang akan dibahas. Data yang diperoleh melalui studi pustaka adalah sumber informasi yang telah ditemukan oleh para ahli yang kompeten di bidangnya, dalam melakukan studi kepustakaan ini penulis berusaha mengumpulkan data dari beberapa referensi.[13]

Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan citra hasil rekonstruksi dengan citra sumber. Kriteria pengukuran yang digunakan adalah Rasio Kompresi (Compression Ratio), Mean Square Error (MSE), dan Peak Signal to Noise Ratio (PSNR). Proses kompresi dilakukan sebanyak 4 kali dengan parameter kompresi tiap algoritma yang berbeda-beda tergantung cara kerja dari algoritma tersebut.

B. Perancangan Sistem

Pembangunan sistem yang akan dirancang ini menggunakan model *waterfall* (Lihat Gambar 1). Model pengembangan *waterfall* dianggap lebih sesuai karena dalam prosesnya pengerjaan sistem dilakukan secara bertahap, sehingga dalam pelaksanaannya, proses tidak saling tumpang tindih.

1) Kebutuhan (requirement)

Kebutuhan dalam sistem yaitu bagaimana sistem tersebut menerima masukan berupa file citra, yang kemudian diproses untuk dikompresi dan menghasilkan file citra yang telah selesai dikompresi dengan tingkat pengukuran Rasio Kompresi, MSE, dan PSNR, yang berupa grafik agar dapat dianalisis.

2) Desain (design)

Setelah kebutuhan sistem telah dirinci dan jelas, tahapan yang dilakukan adalah perancangan desain sistem agar sesuai dengan ketentuan yang telah dibuat, sehingga perancangan sistem pada tahapan selanjutnya dapat dilakukan dengan mudah.

3) Implementasi (implementation)

Implementasinya berupa penulisan kode pemrograman menggunakan bahasa pemrograman Python, kemudian dengan bahan citra yang disiapkan untuk menguji tingkat optimal dari tiap algoritma citra digital.

4) Pengujian (verification)

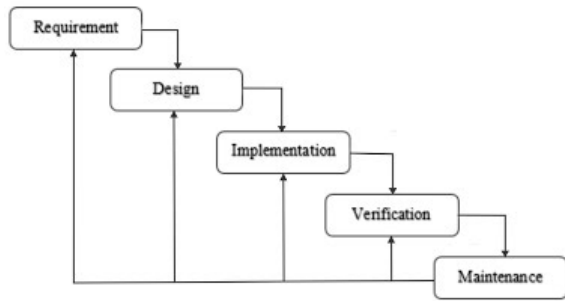
Pengujian sistem dengan menguji bahasa pemrograman menggunakan metode black box, dimana pengujian yang dilakukan hanya mengamati hasil eksekusi melalui data uji dan memeriksa fungsional dari perangkat lunak.

5) Pemeliharaan (maintenance)

Langkah terakhir yaitu melakukan pemeliharaan terhadap sistem kompresi citra dengan selalu menggunakan sistem agar dapat terus terjaga performa dan kinerja dari sistem.

C. Pengolahan Data

Dalam mengolah data, metode yang digunakan merupakan metode yang biasa digunakan dalam perbandingan yang juga digunakan dalam statistika yaitu metode Analisis Perbandingan dengan jenis Komparasi Berpasangan yang berarti objek yang digunakan itu sama namun perlakuan terhadap objek itu berbeda. Tujuan dalam penelitian yaitu untuk menguji setiap algoritma sehingga metode tersebut sesuai dengan tujuan penelitian.

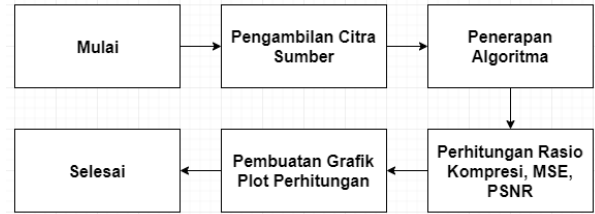


Gambar 1. Pengembangan Sistem Aplikasi menggunakan Model *Waterfall*

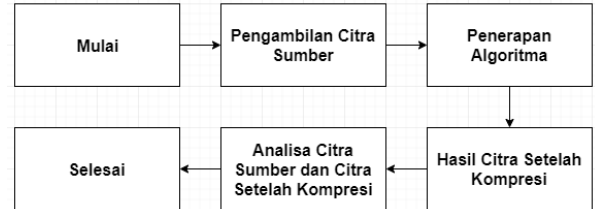
Dimana untuk objeknya merupakan citra digital dan perlakuan terhadap objek yaitu algoritma kompresi citra digital. Dalam penelitian ini sampelnya ditentukan berdasarkan area, dimana area ini mencakup format citra yang harus berformat Bitmap (.bmp) sebesar 24bit dan memiliki dimensi sebesar 512x512px. Skala yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Skala Rasio dikarenakan data-data yang digunakan dalam penelitian ini digunakan untuk saling membedakan, mengurutkan, dan membandingkan data. Juga data pada penelitian ini bersifat saling memisah, bersifat logis (mengikuti aturan) dan ditentukan oleh karakteristik khusus. Dalam penelitian terdapat uji validitas dan reliabilitas yang perlu ada dalam suatu penelitian. Uji validitas merupakan keadaan yang menggambarkan apakah instrumen yang digunakan mampu mengukur apa yang akan diukur, hasil yang diperoleh dari uji validitas adalah suatu instrumen yang valid atau sah. Sedangkan uji reliabilitas merupakan alat ukur atau kriteria pengukuran yang paling tidak memiliki tingkat perubahan yang kecil dari waktu ke waktu, atau dengan kata lain kriteria pengukuran yang dapat dipercaya dan diandalkan.

Uji validitas menggunakan uji Validitas Konstruk dimana Validitas Konstruk fokus pada sejauh mana kriteria pengukuran menunjukkan hasil pengukuran yang sesuai dengan definisinya. Kriteria pengukuran yang digunakan meliputi nilai MSE, PSNR, dan Rasio Kompresi. Definisi dari MSE jelas bahwa semakin kecil nilai MSE maka semakin baik kualitas citra yang dihasilkan, sebaliknya semakin besar nilai PSNR maka semakin baik juga kualitasnya, proses pembuktian validitas dapat dilihat langsung dengan sistem visual manusia dengan teliti, jika nilai dari MSE rendah atau nilai dari PSNR tinggi maka citra tersebut akan terlihat mendekati dengan citra aslinya, begitu juga sebaliknya.

Untuk uji reliabilitas dalam lingkup penelitian ini, menggunakan teknik pengulangan dimana teknik tersebut dilakukan secara berulang dengan objek yang sama, yang sebelumnya objek tersebut telah pernah menyelesaikan hal yang sama, sehingga kedua proses tersebut dapat dikorelasikan. Jadi dalam penelitian, proses kompresi dilakukan kepada citra yang sama dengan algoritma yang sama secara berulang dengan memperhatikan hasil kompresi citra yang diberikan. Dalam uji reliabilitas dalam lingkup luas (diluar penelitian) maka uji reliabilitas kemampuan algoritma diukur dengan nilai kriteria pengukuran hasil kompresi yaitu MSE, PSNR, dan Rasio Kompresi dengan cara membandingkan hasil penelitian terdahulu yang telah menggunakan algoritma kompresi citra digital yang sama dengan dataset yang sama yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2. Tahapan Pengukuran Algoritma Kompresi Citra Digital



Gambar 3. Tahapan Kompresi Citra Digital

Jika hasil kriteria pengukuran menunjukkan hasil yang mirip dengan penelitian sebelumnya maka dapat dipastikan bahwa algoritma yang digunakan dan diubah ke dalam bahasa pemrograman python bersifat valid dan sesuai dengan algoritma yang berlaku.

Sebagai final dari analisis data, teknik yang digunakan dalam mengolah dan menganalisis data yaitu menggunakan Statistik Inferensial dengan Teknik MANOVA atau Multivariate Analysis of Variance jadi MANOVA adalah uji statistik yang digunakan untuk mengukur pengaruh variabel independen yaitu Algoritma Kompresi Citra Digital dan algoritma dependen yaitu Kriteria Pengukuran Hasil Kompresi Citra Digital. Dikarenakan menggunakan teknik MANOVA sehingga setiap variabel independen yaitu algoritma kompresi diukur menggunakan setiap variabel dependen yaitu kriteria pengukuran hasil kompresi citra digital.

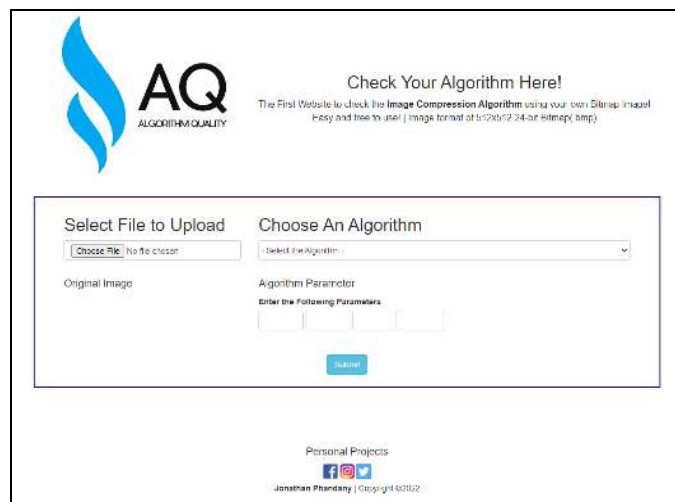
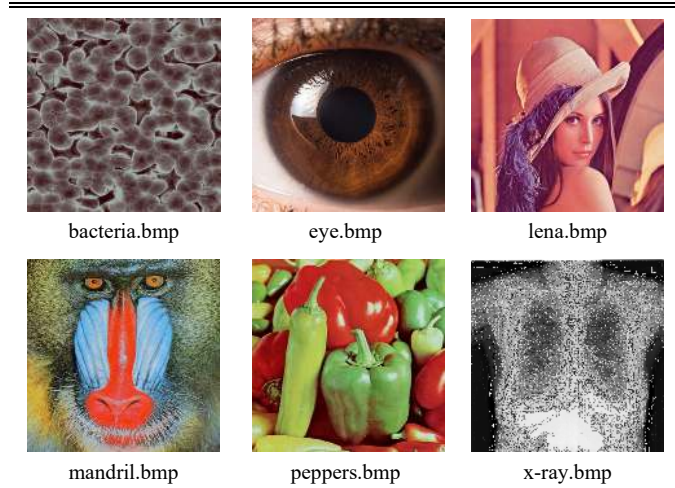
D. Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu tahapan pengukuran algoritma kompresi citra digital (Lihat Gambar 2) dan tahapan kompresi citra digital (Lihat Gambar 3).

Kompresi citra dimulai dengan membaca citra asli yang Bitmap (.BMP) yang akan dijadikan bahan untuk proses kompresi. Setelah citra dimasukkan maka algoritma DCT, DWT, AMBTC, BTC, dan SVD akan diuji untuk melakukan kompresi pada citra tersebut, yang kemudian kinerja akan diukur menggunakan kriteria pengukuran Rasio Kompresi, MSE, dan PSNR untuk selanjutnya dapat menentukan kompresi citra yang tepat dan sesuai. Tahapan pengukuran algoritma kompresi citra digital dapat dilihat pada Gambar 2.

Format yang digunakan untuk pengukuran yaitu format Bitmap (.BMP), dari hasil pengukuran kinerja kompresi citra selanjutnya hasil tersebut dianalisis antar citra sebelum dan sesudah hasil kompresi dan diambil kesimpulan untuk mendapatkan algoritma yang tepat dan sesuai untuk kompresi citra dari tiap algoritma yang diuji coba. Tahapan kompresi citra digital ditujukan seperti pada Gambar 3.

TABEL I
TAMPILAN VISUAL CITRA SUMBER



Gambar 4. Tampilan Awal Aplikasi Berbasis Website

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Citra Sumber

Citra sumber yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra digital bitmap berformat .BMP 24-bit (Bitmap) dalam sistem operasi Windows. Jumlah citra sample yang digunakan sebanyak 3 citra dengan dimensional yang sama yaitu 512x512 piksel dan ukuran yang sama 768 KB. Citra digital ini memuat array yang berisi data piksel RGB. Setiap piksel berukuran 3 bytes (24-bit) dan merupakan perpaduan dari komponen warna dasar red, green, dan blue yang masing-masing berukuran 1 byte. Citra Sumber yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel I.

B. Aplikasi Kompresi Citra Digital

Aplikasi pengujian algoritma kompresi citra digital dibuat dengan menggunakan Flask web framework. Flask menggunakan bahasa pemrograman Python yang digabungkan dengan Hypertext Markup Language (HTML) dan Cascading Style Sheets (CSS) untuk tampilan dari aplikasi web tersebut.

```
def DCT_main(img_name, img_arr, m, q_matrix, q_level):
    r, c = img_arr.shape
    img_arr = img_arr - 128
    dct2 = cv2.dct(img_arr)
    qnt_arr = np.zeros((r, c), dtype=np.int32)
    deqnt_arr = np.zeros((r, c), dtype=np.int32)

    def matrix(q_matrix, q_level):
        if q_level == 50:
            return q_matrix
        elif q_level < 50:
            q = 50/q_level
            for i in range(8):
                for j in range(8):
                    q_matrix[i, j] = q_matrix[i, j]*q
                    if q_matrix[i, j] > 255:
                        q_matrix[i, j] = 255
        else:
            q = (100-q_level)/50
            for i in range(8):
                for j in range(8):
                    q_matrix[i, j] = q_matrix[i, j]*q
            return q_matrix

    def quantization(dct_mask, q_matrix, qnt_mask, deqnt_mask):
        for i in range(8):
            for j in range(8):
                qnt_mask[i, j] = dct_mask[i, j]/q_matrix[i, j]

        deqnt_mask = qnt_mask*q_matrix

    return qnt_mask, deqnt_mask
```

Gambar 5. Kode Program Algoritma DCT

Tampilan aplikasi dapat dilihat pada Gambar 4, aplikasi siap untuk menerima citra dan siap untuk memilih algoritma apa yang akan digunakan, kemudian sertakan parameter-parameter dari algoritma tersebut, aplikasi tersebut akan melakukan kompresi pada citra sebanyak 4 kali sesuai dengan setiap parameter yang diberikan.

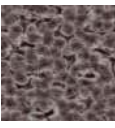
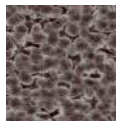
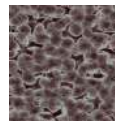
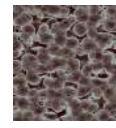





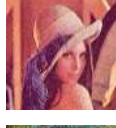
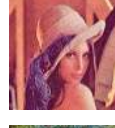
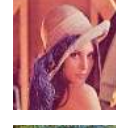












Dalam menyusun aplikasi tersebut, setiap algoritma kompresi citra digital dibuat ke dalam bahasa pemrograman python, Gambar 5 merupakan salah satu kode pemrograman yang berdasar pada algoritma DCT, program tersebut akan menerima citra dan memproses citra untuk melakukan kompresi, fungsi *matrix()* akan menguraikan citra menjadi array yang kemudian proses penghilangan array citra yang tidak perlu akan dilakukan, sedangkan fungsi *quantization()* berguna untuk menyatukan kembali array yang akan membentuk citra hasil kompresi.

C. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan citra hasil rekonstruksi dengan citra sumber. Alat ukur yang digunakan adalah Rasio Kompresi (Compression Ratio), Mean Square Error (MSE), dan Peak Signal to Noise Ratio (PSNR). Proses kompresi dilakukan sebanyak 4 kali dengan parameter kompresi tiap algoritma yang berbeda-beda tergantung cara kerja dari algoritma tersebut.

Setiap algoritma memiliki parameter masing-masing, algoritma DCT memiliki parameter *Quality Value* (QV), algoritma DWT memiliki parameter *Threshold Value* (TV), algoritma BTC memiliki parameter *Window Size* (WS), algoritma AMBTC memiliki parameter *Window Size* (WS), dan algoritma SVD memiliki parameter *Singular Value* (SV).

TABEL II
HASIL KOMPRESI CITRA ALGORITMA DCT

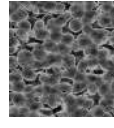
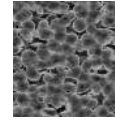
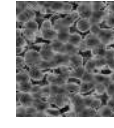
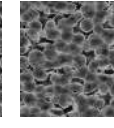



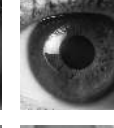
















Nama Citra	Parameter Algoritma DCT (Quality Value)			
	20% QV	40% QV	60% QV	80% QV
bacteria. bmp				
eye. bmp				
lena. bmp				
mandril. bmp				
peppers. bmp				
x-ray. bmp				

TABEL III
HASIL PENGUKURAN KUALITAS KOMPRESI CITRA ALGORITMA DCT

Nama Citra	Quality Value (%)	MSE	PSNR	Rasio Kompresi
bacteria. bmp	20%	70851.2	4.39854	2.64381
	40%	70964.3	4.39162	2.21543
	60%	68223	4.56271	2.06464
	80%	55676.9	5.44527	1.90933
eye. bmp	20%	79186.9	3.91548	3.42866
	40%	72506.7	4.29823	2.74021
	60%	67561.3	4.60504	2.42769
	80%	56069.2	5.41477	2.14625
lena. bmp	20%	82777.8	3.72288	2.0064
	40%	81054.1	3.81427	1.8216
	60%	78275.5	3.96576	1.74502
	80%	73152.1	4.25975	1.66293
mandril. bmp	20%	84188.2	3.6495	1.65018
	40%	83985	3.66	1.46919
	60%	84207.3	3.64852	1.38967
	80%	83203.7	3.70059	1.29722
peppers. bmp	20%	86032.0	3.55541	2.05737
	40%	83826.4	3.66821	1.91984
	60%	81560.9	3.7872	1.81909
	80%	78153.2	3.97255	1.68477
x-ray. bmp	20%	27551.3	8.5006	4.29598
	40%	26426.1	8.68169	3.70287
	60%	25689	8.80455	3.38429

80% 23660.4 9.16179 3.01728

TABEL IV
HASIL KOMPRESI CITRA ALGORITMA DWT

Nama Citra	Parameter Algoritma DWT (Threshold Value)			
	5 TV	10 TV	15 TV	20 TV
bacteria. bmp				
eye. bmp				
lena. bmp				
mandril. bmp				
peppers. bmp				
x-ray. bmp				

TABEL V
HASIL PENGUKURAN KUALITAS KOMPRESI CITRA ALGORITMA DWT

Nama Citra	Threshold Value	MSE	PSNR	Rasio Kompresi
bacteria. bmp	5	18728.1	5.40586	5.58671
	10	23769.6	4.37059	6.10029
	15	24710.4	4.202	6.31021
	20	24965.9	4.15733	6.41354
eye. bmp	5	14403.4	6.54616	6.59251
	10	17396.7	5.72613	7.21156
	15	17870.2	5.60952	7.48279
	20	17988.8	5.58079	7.58988
lena. bmp	5	19263.3	5.2835	5.30038
	10	23306.4	4.45604	5.93727
	15	24133	4.30469	6.23725
	20	24376.2	4.26114	6.40915
mandril. bmp	5	11506.2	7.5215	3.83626
	10	20276.5	5.06087	4.08176
	15	24172.3	4.29762	4.35112
	20	25960.1	3.98775	4.62408
peppers. bmp	5	14078.7	6.64519	5.20545
	10	22012.4	4.70412	6.01505
	15	24129.9	4.30524	6.56001
	20	24780	4.18979	6.79687
x-ray. bmp	5	13573.7	6.80383	7.69172
	10	15756.4	6.15623	8.174

15	16161.7	6.04594	8.32516
20	16265.6	6.01811	8.3699

TABEL VI
 HASIL KOMPRESI CITRA ALGORITMA BTC

Nama Citra	Parameter Algoritma BTC (Window Size)			
	2 WS	4 WS	8 WS	16 WS
bacteria. bmp				
eye. bmp				
lena. bmp				
mandril. bmp				
peppers. bmp				
x-ray. bmp				

TABEL VII
 HASIL PENGUKURAN KUALITAS KOMPRESI CITRA ALGORITMA BTC

Nama Citra	Window Size	MSE	PSNR	Rasio Kompresi
bacteria. bmp	2	393.1	2.69568	1.84919
	4	1765.7	2.0433	2.3234
	8	383.3	2.70667	3.40173
	16	1062.2	2.26399	5.15847
eye. bmp	2	600.2	2.51189	1.97271
	4	146.5	3.12436	2.47894
	8	1404.4	2.14271	3.23937
lena. bmp	2	1412	2.14036	4.23897
	4	628.2	2.49209	1.62909
	8	122	3.20379	1.88383
mandril. bmp	8	1999.2	1.98934	2.26266
	16	2708.7	1.85744	2.92333
	2	1494.5	2.11569	1.38948
peppers. bmp	4	1367.6	2.15426	1.69
	8	733.5	2.42480	2.04625
	16	690.2	2.45123	2.46226
x-ray. bmp	2	729.1	2.42744	1.54009
	4	2425.6	1.90538	1.90368
	8	134.2	3.16254	2.27402
x-ray. bmp	16	1712.5	2.05657	2.83986
	2	845.3	2.36321	2.43109

bmp	4	769.2	2.40419	2.85347
	8	2216.4	1.94454	3.95886
	16	142.7	3.13592	5.94512

TABEL VIII
 HASIL KOMPRESI CITRA ALGORITMA AMBTC

Nama Citra	Parameter Algoritma AMBTC (Window Size)			
	2 WS	4 WS	8 WS	16 WS
bacteria. bmp				
eye. bmp				
lena. bmp				
mandril. bmp				
peppers. bmp				
x-ray. bmp				

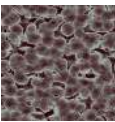
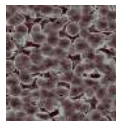
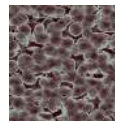
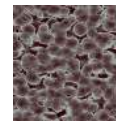






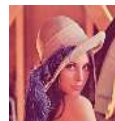













TABEL IX
 HASIL PENGUKURAN KUALITAS KOMPRESI CITRA ALGORITMA AMBTC

Nama Citra	Window Size	MSE	PSNR	Rasio Kompresi
bacteria. bmp	2	2555.4	1.88275	1.80671
	4	161.9	3.08084	1.9298
	8	1061.9	2.26412	2.04746
	16	1459.5	2.12599	2.13924
eye. bmp	2	1879.8	2.01608	2.00749
	4	347.5	2.74918	2.15165
	8	1560.2	2.09702	2.23995
	16	2497	1.89278	2.31001
lena. bmp	2	1814.3	2.0315	1.62167
	4	120.3	3.21002	1.70167
	8	519.8	2.57434	1.75541
	16	827.1	2.37265	1.81456
mandril. bmp	2	323.1	2.78086	1.36411
	4	1563.4	2.09614	1.44777
	8	1740.5	2.04952	1.5064
	16	1875.1	2.01718	1.55669
peppers. bmp	2	2055.4	1.97731	1.66269
	4	868.7	2.35134	1.78142
	8	2196.6	1.94844	1.8502
	16	2026.6	1.98343	1.91662

	2	2109	1.96613	2.26607
x-ray.	4	212.3	2.96329	2.41341
bmp	8	1005	2.28803	2.49536
	16	2303.6	1.92779	2.5988

	160	1274.7	2.1848	1.54462
x-ray.	130	2140.1	1.95977	5.12282
bmp	140	2237.4	1.94045	5.05906
	150	1232.9	2.19928	5.00717
	130	276.9	2.84793	4.96899

TABEL X
HASIL KOMPRESI CITRA ALGORITMA SVD

Nama Citra	Parameter Algoritma SVD (Singular Value)			
	130 SV	140 SV	150 SV	160 SV
bacteria. bmp				
eye. bmp				
lena. bmp				
mandril. bmp				
peppers. bmp				
x-ray. bmp				

TABEL XI
HASIL PENGUKURAN KUALITAS KOMPRESI CITRA ALGORITMA SVD

Nama Citra	Singular Value	MSE	PSNR	Rasio Kompresi
bacteria. bmp	130	2678.3	1.86234	2.01546
	140	1411	2.14067	2.00489
	150	55.3	3.54773	1.99707
	160	1367	2.15444	1.99126
eye.bmp	130	889.4	2.34112	2.15328
	140	220.4	2.94696	2.14246
	150	1378.4	2.15084	2.13364
	160	2564.9	1.88113	2.12696
lena.bmp	130	1961	1.99772	1.81934
	140	1467.7	2.12358	1.80155
	150	948.4	2.31319	1.78467
	160	363.9	2.72919	1.76982
mandril. bmp	130	957.2	2.30919	1.30623
	140	982.2	2.29801	1.29567
	150	971.1	2.30296	1.2866
	160	902.1	2.33497	1.2785
peppers. bmp	130	750.2	2.41503	1.61411
	140	851.8	2.35988	1.58626
	150	1080.3	2.25664	1.56354

D. Analisis Pengujian

Perbedaan citra sebelum dan sesudah kompresi sudah dapat dilihat untuk beberapa citra. Penglihatan manusia memiliki batasan dan bergantung pada kondisi pencahayaan, konteks citra, dan kelemahan mata manusia sehingga pengujian kualitas citra hasil kompresi menjadi bersifat subjektif.

Untuk membuktikan kualitas hasil kompresi citra dilakukan perhitungan matematis yaitu melalui rasio kompresi, MSE, dan PSNR. Rasio kompresi digunakan untuk melihat perbandingan ukuran citra sebelum dan sesudah proses kompresi. Sedangkan MSE dan PSNR digunakan untuk melihat kualitas dari citra hasil kompresi.

Dalam Tabel II dapat dilihat hasil kompresi algoritma DCT berdasarkan setiap parameter, berdasarkan Tabel III algoritma DCT memiliki hasil kualitas citra terbaik pada parameter 80% *Quality Value*. Untuk algoritma DWT dapat dilihat pada Tabel IV untuk setiap hasil kompresi berdasarkan parameter, dapat dilihat dalam Tabel V bahwa hasil kualitas citra terbaik algoritma DWT terdapat pada parameter 5 *Threshold Value*. Dilanjutkan dengan Tabel VI untuk algoritma BTC dan Tabel VIII untuk algoritma AMBTC, berdasarkan Tabel VII hasil kualitas citra terbaik untuk algoritma BTC memiliki parameter yang berbeda-beda tergantung citra sumber yang digunakan, demikian juga untuk algoritma AMBTC yang ditampilkan pada Tabel IX memiliki hasil kualitas citra terbaik dengan parameter yang berbeda-beda tergantung juga untuk citra sumber yang digunakan. Untuk algoritma SVD hasil kompresi citra digital berdasarkan setiap parameter terdapat pada tabel X, berdasarkan Tabel XI algoritma SVD memiliki hasil kompresi citra dengan kualitas terbaik pada parameter yang berbeda-beda juga tergantung citra sumber yang digunakan.

Kompresi citra dilakukan sebanyak 4 kali dengan parameter yang berbeda-beda, analisis yang akan diambil merupakan hasil kompresi dengan tingkat PSNR yang paling tinggi dari antara keempat citra hasil kompresi karena semakin tinggi nilai PSNR maka hasilnya semakin mendekati dengan citra sumber. Nilai MSE tidak dapat dijadikan ukuran untuk tiap algoritma yang berbeda dikarenakan cara kerja dari tiap algoritma menghasilkan MSE yang beragam dan memiliki format masing-masing, namun nilai MSE yang akan mempengaruhi perhitungan nilai PSNR.

Dengan mendapatkan nilai optimal dari PSNR maka nilai Rasio Kompresi yang paling optimal dan tetap mendapatkan informasi citra yang terbaik sesuai dengan nilai Rasio Kompresi pada parameter yang sama dengan nilai optimal dari PSNR.

Dalam Tabel XIII dapat dilihat bahwa Rasio Kompresi tertinggi didominasi oleh algoritma DWT dikarenakan jenis citra yang dihasilkan merupakan citra Grayscale, yang cocok untuk dijadikan bahan penelitian sains seperti *image*

TABEL XII
RANGKUMAN NILAI PSNR OPTIMAL

Nama Citra	Algoritma Kompresi	Parameter Optimal	Nilai PSNR Optimal	Jenis Citra Kompresi
bacteria.bmp	DCT	80%	5.445267066	RGB
	DWT	5	5.405857104	Grayscale
	BTC	8	2.706669075	RGB
	AMBTC	4	3.080840361	RGB
	SVD	150	3.547726286	RGB
eye.bmp	DCT	80%	5.414770838	RGB
	DWT	5	6.546162249	Grayscale
	BTC	8	2.142712013	RGB
	AMBTC	4	2.749184405	RGB
	SVD	140	2.946963699	RGB
lena.bmp	DCT	80%	4.259746564	RGB
	DWT	5	5.283502104	Grayscale
	BTC	4	3.203787384	RGB
	AMBTC	4	3.210023917	RGB
	SVD	160	2.729191808	RGB
mandril.bmp	DCT	80%	3.700588047	RGB
	DWT	5	7.521496387	Grayscale
	BTC	16	2.451232384	RGB
	AMBTC	2	2.780864576	RGB
	SVD	160	2.33496589	RGB
peppers.bmp	DCT	80%	3.972546331	RGB
	DWT	5	6.64518706	Grayscale
	BTC	8	3.16254202	RGB
	AMBTC	4	2.35133693	RGB
	SVD	130	2.415027537	RGB
x-ray.bmp	DCT	80%	9.161794365	RGB
	DWT	5	6.803829747	Grayscale
	BTC	16	3.135921163	RGB
	AMBTC	4	2.9632868	RGB
	SVD	160	2.847927747	RGB

processing dikarenakan ukuran data yang kecil yang dapat memungkinkan menjalankan operasi kompleks dengan lebih cepat. Untuk jenis citra RGB, algoritma yang memiliki ukuran citra tertinggi dimana dengan Rasio Kompresi yang rendah, rata-rata terdapat pada algoritma DCT, algoritma DCT baik digunakan dalam dunia fotografi, seni digital, dsb, karena menghasilkan kualitas citra yang jernih. Dalam Tabel XII dapat dilihat bahwa untuk jenis citra RGB algoritma DCT memiliki nilai PSNR yang tinggi yang artinya sangat mendekati dengan citra sumber namun memiliki kekurangan akan besarnya ukuran citra. Untuk algoritma SVD memiliki nilai PSNR yang baik dan Rasio Kompresi yang baik, cocok digunakan dalam dunia medis seperti pada contoh gambar x-ray.bmp dikarenakan gambar yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dengan ukuran citra yang tidak sebesar DCT, jadi dapat disimpan dan di transmisi dengan jumlah yang lebih besar, dengan masih mempertahankan kualitas citra. Dalam Tabel XIII dapat dilihat bahwa Rasio Kompresi tertinggi didominasi oleh algoritma DWT dikarenakan jenis citra yang dihasilkan merupakan citra Grayscale, yang cocok untuk dijadikan bahan penelitian sains seperti image processing dikarenakan ukuran data yang kecil yang dapat

TABEL XIII
RANGKUMAN NILAI RASIO KOMPRESI OPTIMAL

Nama Citra	Algoritma Kompresi	Citra Awal	Citra Hasil	Rasio Kompresi	Jenis Citra Kompresi
bacteria.bmp	DCT	768 KB	402 KB	1.909331249	RGB
	DWT	768 KB	137 KB	5.586710992	Grayscale
	BTC	768 KB	225 KB	3.401726629	RGB
	AMBTC	768 KB	397 KB	1.92979968	RGB
	SVD	768 KB	384 KB	1.997069727	RGB
eye.bmp	DCT	768 KB	357 KB	2.146247616	RGB
	DWT	768 KB	116 KB	6.592506287	Grayscale
	BTC	768 KB	389 KB	1.972710148	RGB
	AMBTC	768 KB	356 KB	2.151649536	RGB
	SVD	768 KB	358 KB	2.142464873	RGB
lena.bmp	DCT	768 KB	461 KB	1.662933369	RGB
	DWT	768 KB	144 KB	5.300378076	Grayscale
	BTC	768 KB	407 KB	1.883830388	RGB
	AMBTC	768 KB	451 KB	1.701672927	RGB
	SVD	768 KB	433 KB	1.76982225	RGB
mandril.bmp	DCT	768 KB	592 KB	1.297217324	RGB
	DWT	768 KB	200 KB	3.836255085	Grayscale
	BTC	768 KB	311 KB	2.462262379	RGB
	AMBTC	768 KB	563 KB	1.364112704	RGB
	SVD	768 KB	600 KB	1.278496013	RGB
peppers.bmp	DCT	768 KB	455 KB	1.684773574	RGB
	DWT	768 KB	147 KB	5.205448444	Grayscale
	BTC	768 KB	337 KB	2.274020766	RGB
	AMBTC	768 KB	431 KB	1.781419453	RGB
	SVD	768 KB	475 KB	1.614112499	RGB
x-ray.bmp	DCT	768 KB	254 KB	3.017275312	RGB
	DWT	768 KB	100 KB	7.691719396	Grayscale
	BTC	768 KB	129 KB	5.945120983	RGB
	AMBTC	768 KB	318 KB	2.413414713	RGB
	SVD	768 KB	154 KB	4.968985146	RGB

memungkinkan menjalankan operasi kompleks dengan lebih cepat.

Untuk jenis citra RGB, algoritma yang memiliki ukuran citra tertinggi dimana dengan Rasio Kompresi yang rendah, rata-rata terdapat pada algoritma DCT, algoritma DCT baik digunakan dalam dunia fotografi, seni digital, dsb, karena menghasilkan kualitas citra yang jernih.

Dalam Tabel XII dapat dilihat bahwa untuk jenis citra RGB algoritma DCT memiliki nilai PSNR yang tinggi yang artinya sangat mendekati dengan citra sumber namun memiliki kekurangan akan besarnya ukuran citra. Untuk algoritma SVD memiliki nilai PSNR yang baik dan Rasio Kompresi yang baik, cocok digunakan dalam dunia medis seperti pada contoh gambar x-ray.bmp dikarenakan gambar yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dengan ukuran citra yang tidak sebesar DCT, jadi dapat disimpan dan di transmisi dengan jumlah yang lebih besar, dengan masih mempertahankan kualitas citra.

Untuk algoritma BTC dan AMBTC dalam Tabel XIII dapat

TABEL XIV
RANGKUMAN NILAI RATA-RATA PSNR DAN CR OPTIMAL

Algoritma Kompresi	Rata-Rata PSNR	Rata-Rata CR	Jenis Citra Kompresi
DCT	5.33	1.95	RGB
DWT	6.37	5.70	Grayscale
AMBTC	2.80	2.99	RGB
BTC	2.86	1.89	RGB
SVD	2.81	2.30	RGB

dilihat bahwa Rasio Kompresi yang dihasilkan rata-rata tinggi pada jenis citra RGB, diantara algoritma DCT, sehingga menghasilkan citra dengan ukuran yang kecil namun dengan kualitas yang tidak sebaik dengan algoritma DCT. Untuk algoritma BTC dan AMBTC dalam Tabel XIII dapat dilihat bahwa Rasio Kompresi yang dihasilkan rata-rata tinggi pada jenis citra RGB, diantara algoritma DCT. Dengan demikian algoritma AMBTC dan BTC menghasilkan citra dengan ukuran yang kecil namun dengan kualitas yang tidak sebaik dengan algoritma DCT. Kedua algoritma ini cocok digunakan dalam dunia keamanan (*security*) yang membutuhkan pengiriman citra yang cepat dan akurat dalam jumlah yang besar, kecepatan menjadi kunci dalam dunia keamanan sehingga memerlukan citra dengan ukuran yang kecil, dan memiliki kualitas yang baik.

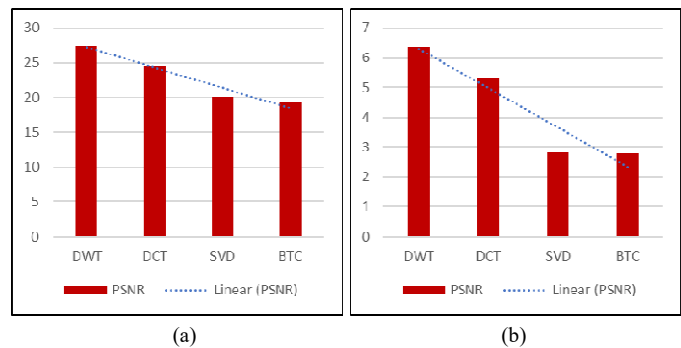
E. Validitas Algoritma

Dalam melakukan validasi pada algoritma, dilakukan perbandingan hasil kompresi citra digital dari setiap algoritma yaitu Discrete Cosine Transform (DCT), Discrete Wavelet Transform (DWT), Block Truncation Coding (BTC), Absolute Moment Block Truncation Coding (AMBTC), dan Singular Value Decomposition (SVD) dengan penelitian-penelitian terdahulu.

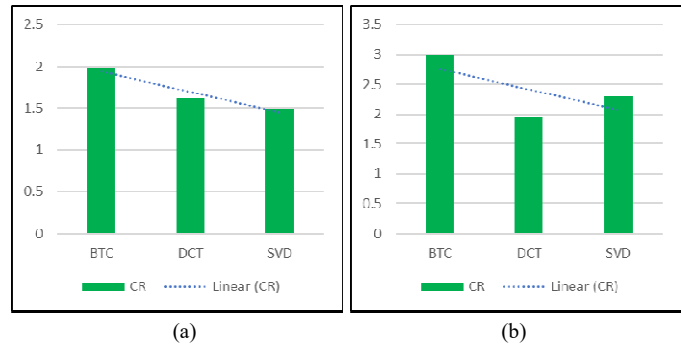
Berdasarkan nilai rata-rata PSNR dan CR dalam Tabel XIV diperoleh hasil bahwa algoritma DWT memiliki nilai PSNR tertinggi dibandingkan dengan algoritma yang lain, diikuti dengan algoritma DCT, AMBTC, SVD, dan BTC. Selanjutnya dengan rasio kompresi tertinggi pada citra khusus Grayscale dimiliki oleh algoritma DWT dan citra khusus RGB dimiliki oleh algoritma BTC yang diikuti dengan algoritma SVD, DCT, dan AMBTC.

Validasi dilakukan dengan membandingkan sifat dan trendline secara linear dari setiap algoritma kompresi citra digital. Untuk nilai PSNR dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Bhade (2018) yang melakukan studi perbandingan algoritma kompresi citra digital, dengan menggunakan algoritma DCT, DWT, BTC, dan SVD.[14] Hasil yang diperoleh akan dibandingkan dengan hasil pada penelitian ini, perbandingan algoritma kompresi citra digital dapat dilihat pada Gambar 6.

Dapat dilihat pada Gambar 6 bahwa nilai PSNR yang dihasilkan memiliki sifat dimana algoritma DWT selalu memiliki nilai PSNR tertinggi diikuti oleh DCT, SVD, dan BTC. Dapat dilihat juga untuk trendline dari grafik pada penelitian ini yang memiliki kemiripan dengan trendline penelitian yang dilakukan oleh Bhade (2018).



Gambar 6. Grafik Perbandingan (a) Penelitian Bhade (2018) (b) Penelitian Ini



Gambar 7. Grafik Perbandingan (a) Penelitian Bindu (2012) (b) Penelitian Ini

Untuk nilai CR dilakukan perbandingan dengan penelitian yang dilakukan oleh Bindu (2012) yang melakukan studi perbandingan algoritma kompresi citra digital, dengan menggunakan algoritma DCT, BTC, dan SVD.[15] Hasil perbandingan Rasio Kompresi dapat dilihat pada Gambar 7.

Dapat dilihat pada Gambar 7 bahwa nilai CR yang dihasilkan memiliki sifat dimana algoritma BTC selalu memiliki Rasio Kompresi tertinggi.

Walaupun nilai dari algoritma DCT dan SVD berlainan pada grafik perbandingan penelitian Bindu (2012) pada Gambar 7, tetapi trendline dalam grafik tetap menampilkan kemiripan antar penelitian tersebut.

F. Analisis Perbandingan

Setiap algoritma memiliki karakteristik dan cara kerja masing-masing, sehingga setiap algoritma menghasilkan nilai MSE, PSNR, dan Rasio Kompresi yang berbeda-beda dan memiliki keunikan satu sama lain. Dalam analisis pengujian, algoritma DWT bekerja dengan hanya menerima citra dalam bentuk 1 dimensi sehingga DWT memiliki nilai PSNR dan Rasio Kompresi terbaik dikarenakan DWT menghasilkan jenis citra Grayscale yang dimana ukuran citra Grayscale tidak sebesar ukuran citra RGB yang menyebabkan tingginya nilai Rasio Kompresi.

Berbeda dengan algoritma DWT yang memiliki Rasio Kompresi yang tinggi, algoritma DCT memiliki nilai PSNR yang tinggi namun dengan Rasio Kompresi yang rendah untuk jenis citra RGB. Citra memiliki data yang saling berkorelasi, untuk itu algoritma DCT sangat baik diterapkan pada citra karena memiliki kompleksitas komputasi yang tinggi dan pengemasan informasi yang baik sehingga citra yang dihasilkan berkualitas namun memiliki ukuran yang cukup besar.

Dalam algoritma BTC dan AMBTC, kedua algoritma

TABEL XV
DATA SAMPEL TEKNIK MANOVA

Subjek	X ₁		X ₂		X ₃		X ₄		X ₅	
	Y ₁	Y ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₁	Y ₂
1	5.5	1.9	5.4	5.6	2.7	3.4	3.1	1.9	3.6	2
2	5.4	2.2	6.6	6.6	2.1	2	2.8	2.2	3	2.1
3	4.3	1.7	5.3	5.3	3.2	1.9	3.2	1.7	2.7	1.8
4	3.7	1.3	7.5	3.9	2.5	2.5	2.8	1.4	2.3	1.3
5	4	1.7	6.7	5.2	3.2	2.3	2.4	1.8	2.4	1.6
6	9.2	3	6.8	7.7	3.1	6	3	2.4	2.9	5

TABEL XVI
STATISTIK DESKRIPTIF TEKNIK MANOVA

	Algoritma Kompresi	Mean	Std. Deviation	N
	DWT	6.3677	.86382	6
	BTC	2.8005	.44039	6
	AMBTC	2.8559	.30303	6
	SVD	2.8036	.43644	6
	Total	4.0307	1.81646	30
	DCT	1.9530	.59297	6
	DWT	5.7022	1.31561	6
Rasio Kompresi	BTC	2.9899	1.54608	6
	AMBTC	1.8903	.36546	6
	SVD	2.2952	1.34424	6
	Total	2.9661	1.78876	30

tersebut menghasilkan Rasio Kompresi yang lebih tinggi dibandingkan algoritma DCT namun dengan PSNR yang lebih rendah dibandingkan algoritma DCT. Hal tersebut dikarenakan cara kerja dari BTC dan AMBTC tidak memiliki kompleksitas dan kemampuan pengemasan informasi yang setinggi DCT. Walaupun kualitas citra yang dihasilkan tidak sebaik DCT namun ukuran citra dapat ditekan sehingga Rasio Kompresi dari BTC dan AMBTC lebih baik. Hal ini berbeda untuk kompresi menggunakan algoritma SVD. SVD memiliki nilai PSNR yang menyerupai algoritma BTC dan AMBTC dengan Rasio Kompresi yang menengah. Algoritma SVD memiliki kompleksitas yang tinggi untuk citra juga tetapi tidak sebaik DCT dalam mengemas informasi dari citra. Maka dari itu nilai PSNR yang dimiliki SVD rendah tetapi masih menjaga kualitas dari citra. Walaupun PSNR dari SVD rendah namun karena hal itulah ukuran citra dapat ditekan sedikit dengan mempertahankan kualitas citra yang baik.

G. Teknik MANOVA

MANOVA atau Multivariate Analysis of Variance adalah uji statistik yang digunakan untuk mengukur pengaruh variabel independen. Variabel independen terdiri dari Algoritma Kompresi Citra Digital dan algoritma dependen yaitu Kriteria Pengukuran Hasil Kompresi Citra Digital. Teknik MANOVA digunakan untuk memperdalam analisis data dan melihat data dari sudut pandang statistik.

Dalam penelitian yang menggunakan pendekatan kuantitatif ini, terdapat dua variabel yaitu variabel x dan variabel y, dimana variabel x merupakan Algoritma Kompresi Citra Digital dan variabel y merupakan Kriteria Pengukur Hasil Kompresi Citra Digital, dengan sub variabel x meliputi algoritma DCT, DWT, BTC, AMBTC, dan SVD, dengan sub

TABEL XVII
FAKTOR ANTAR SUBJEK TEKNIK MANOVA

	Value Label	N	
Algoritma_Kompresi	1	DCT	6
	2	DWT	6
	3	BTC	6
	4	AMBTC	6
	5	SVD	6

TABEL XVIII
HASIL BOX'S TEST KESETARAAN MATRIKS KOVARIANS TEKNIK MANOVA

Box's M	50.333
F	3.457
df1	12
df2	4632.353
Sig.	.000

variabel y meliputi kriteria pengukur MSE, PSNR, dan Rasio Kompresi. Berdasarkan bagian D Analisis Pengujian nilai dari MSE tidak bisa dibandingkan untuk antar algoritma, sehingga pengujian teknik MANOVA akan menggunakan kriteria pengukuran PSNR dan Rasio Kompresi. Aplikasi yang digunakan dalam menjalankan MANOVA yaitu IBM SPSS v16.0.

Langkah awal adalah dengan mempersiapkan data pada worksheet. Dengan menggunakan Microsoft Excel data sampel yang akan diuji untuk teknik MANOVA seperti yang ditampilkan pada Tabel XV.

Dengan hipotesis penelitian sebagai berikut, untuk hipotesis penelitian pertama (H_0) bahwa tidak ada perbedaan kriteria pengukuran PSNR dan Rasio Kompresi antara setiap citra dengan setiap algoritma kompresi citra digital. Untuk hipotesis penelitian kedua (H_1) bahwa ada perbedaan kriteria pengukuran PSNR dan Rasio Kompresi antara setiap citra dengan setiap algoritma kompresi citra digital. Berdasarkan hipotesis penelitian tersebut taraf signifikansi dapat ditentukan sebesar $\alpha=5\%$. Setelah keseluruhan data dimasukkan ke dalam SPSS maka aplikasi akan menjalankan perhitungan teknik MANOVA dengan significance level sebesar 0.05.

Significance level sebesar 0.05 yang berarti interval konsistensi teknik tersebut sebesar 95% dengan hasil perhitungan atau modelnya seperti pada Tabel XVI. Subjek untuk setiap faktor diperlihatkan pada Tabel XVII dimana setiap algoritma memiliki enam sampel gambar yang digunakan dalam pengujian kompresi citra digital.

Dalam Tabel XVI memperlihatkan nilai *mean* dan nilai *standard deviation* dari setiap algoritma kompresi citra digital berdasarkan kriteria pengukuran PSNR dan Rasio Kompresi, juga diperlihatkan jumlah sampel citra yang digunakan pada setiap algoritma, setiap nilai yang dihasilkan pada Tabel XVI membuktikan bahwa nilai rata-rata PSNR dan Rasio Kompresi yang telah dihasilkan sebelumnya bersifat valid. Sebelumnya terdapat dua keadaan saat menggunakan Box's Test yaitu keadaan saat angka < 0.05 yang berarti Hipotesis dari H_0 ditolak, sebaliknya jika angka > 0.05 berarti Hipotesis dari H_1 diterima.

Selanjutnya dengan menggunakan Box's Test pada Tabel XVIII Box's Test digunakan dalam menguji homogenitas kovarian antara kelompok. Dapat dilihat pada gambar di

sampling bahwa nilai dari signifikansi $0.000 < 0.05$ yang berarti terdapat perbedaan kovarian atau matriks varian antara kelompok, sehingga sampel tersebut bersifat tidak homogen atau plural.

Hal tersebut memenuhi faktor dimana hasil uji signifikansi (0.000) < taraf signifikansi (0.05) maka H_0 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan dari teknik MANOVA bahwa terdapat adanya perbedaan atau bersifat plural antar kriteria pengukuran PSNR dan Rasio Kompresi antara setiap citra dengan setiap algoritma kompresi citra digital.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan seluruh hasil tahapan penelitian yang telah dilakukan dalam penelitian ini dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa algoritma kompresi citra digital optimal didapatkan saat nilai PSNR dan Rasio Kompresi memperoleh nilai tertinggi dibandingkan dengan algoritma yang lain, dalam hal ini algoritma yang optimal dalam jenis citra Grayscale adalah DWT dan algoritma yang optimal dalam jenis citra RGB adalah DCT untuk kualitas citra terbaik dan BTC untuk ukuran citra terendah.

B. Saran

Adapun beberapa saran yang disampaikan untuk penelitian dalam bidang pengolahan citra digital dimana penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan studi perbandingan dan kajian analisis dengan algoritma citra digital yang tidak dianalisis dalam penelitian ini. Juga penelitian selanjutnya tidak terbatas dalam menganalisis algoritma kompresi citra digital namun dapat juga dianalisis untuk media yang lain seperti video, rekaman suara, dsb.

V. KUTIPAN

- [1] W. Kou, *Digital image compression: algorithms and standards*. 1995.
- [2] T. I. A. Satyapratama, M. Yunus, P. Studi, "Kompresi File Gambar Bmp Dan Png," *Ejurnal Stimata*, vol. 6, no. 69–81, p. 2, 2015.
- [3] H. M. Parmar, "Comparison of DCT and Wavelet based Image Compression Techniques," *Int. J. Eng. Dev. Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 2321–9939, 2014.
- [4] C. N. Yang, Y. C. Chou, T. K. Chang, and C. Kim, "An enhanced adaptive block truncation coding with edge quantization scheme," *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 20, pp. 1–15, 2020, doi: 10.3390/app10207340.
- [5] B. Chandra *et al.*, "A Comparative performance evaluation of SVD and Schur Decompositions for Image Watermarking," *IJCA Proc. Int. Conf. VLSI ...*, no. 1cvci, pp. 25–30, 2011, [Online]. Available: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:A+Comparative+performance+evaluation+of+SVD+and+Schur+Decompositions+for+Image+Watermarking#0>.
- [6] I. Q. Abduljaleel and A. H. Khaleel, "Significant medical image compression techniques: A review," *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control)*, vol. 19, no. 5, pp. 1612–1621, 2021, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v19i5.18767.
- [7] C. Priya, C. Ramya, R. V. Agashithiya, R. Hema, G. Mythily, and V. P. Preethi, "An efficient method for secure image compression," *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 8, no. 6, pp. 266–270, 2019.
- [8] S. I. Murpratiwi and I. M. O. Widyantara, "Pemilihan Algoritma Kompresi Optimal untuk Citra Digital Bitmap," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 1, pp. 94–101, 2018, doi: 10.24843/MITE.2018.v17i01.P13.
- [9] P. Madhatee Latha and A. Annis Fathima, "Collective compression of images using averaging and transform coding," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 135, no. December, pp. 795–805, 2019, doi:

- 10.1016/j.measurement.2018.12.035.
- [10] V. Vinayak and S. Jindal, "CBIR System using Color Moment and Color Auto-Correlogram with Block Truncation Coding," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 161, no. 9, pp. 1–7, 2017, doi: 10.5120/ijca2017913282.
- [11] Subinarto and E. Susanto, "Kompresi Citra Medis Menggunakan Metode Kombinasi Singular Value Decomposition (SVD) Dan Discrete Wavelet Transform (DWT) Untuk Meningkatkan Efisiensi Penyimpanan Dan Transmisi," *J. LINK*, vol. 12, no. 2, pp. 25–30, 2016, [Online]. Available: <http://ejournal.poltekkessmg.ac.id/ojs/index.php/link/article/viewFile/1386%0A/445%0A>.
- [12] N. L. Sugara, T. W. Purboyo, and A. L. Prasasti, "Implementasi Dan Analisis Efektivitas Discrete Wavelet Transform Dan Huffman Pada Berbagai Jenis Citra Digital," *e-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 6163–6170, 2019.
- [13] A. Agustin, "Tinjauan Atas Prosedur Simpan Pinjam pada Pusat Koperasi Polisi Daerah Jawa Barat," *Angew. Chemie Int. Ed. 6(11)*, 951–952., pp. 2013–2015, 2015.
- [14] U. Bhade, S. Kumar, P. Dwivedy, S. Soofi, and A. Ray, "Comparative study of DWT, DCT, BTC and SVD techniques for image compression," *Int. Conf. Recent Innov. Signal Process. Embed. Syst. RISE 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 279–283, 2018, doi: 10.1109/RISE.2017.8378167.
- [15] K. Bindu, A. Ganpati, and A. K. Sharma, "A Comparative Study of Image Compression Algorithms," *Int. J. Res. Comput. Sci.*, vol. 2, no. 5, pp. 37–42, 2012, doi: 10.7815/ijores.25.2012.046.

TENTANG PENULIS



Penulis bernama lengkap Jonathan Liow Phandany, lahir di Manado pada tanggal 19 Desember 2000. Penulis memulai pendidikan dari sekolah dasar di SD Kr. Eben Haezar Manado (2006–2012) kemudian melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Kr. Eben Haezar Manado (2012–2015) dan melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Kr. Eben Haezar Manado (2015–2018). Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan S1 di salah satu perguruan tinggi yang ada di Sulawesi Utara yaitu Universitas Sam Ratulangi dengan mengambil fakultas Teknik jurusan Elektro dengan program studi Informatika. Selama perkuliahan penulis tergabung dalam komunitas UNITY sebagai Koordinator Game Development, dan menjadi Koordinator Posko untuk KKT 126 Unsrat Posko Manado 24.