

Transformasi Geometri Rotasi Citra Digital Untuk Mendapatkan Kompresi Optimal Menggunakan Metode Lossless Dan Lossy

Hastha Sunardi ¹⁾, Zulkifli ²⁾, Fery Antony ³⁾

¹⁾²⁾³⁾ Program Studi Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indo Global Mandiri
Jl. Jend Sudirman No.629 KM.4 Palembang Kode Pos 30129
Email: hastha_s@uigm.ac.id ¹⁾, zulkifli@uigm.ac.id ²⁾, feryantony@uigm.ac.id ³⁾

ABSTRACT

Data has a fairly important meaning, because it contains the information needed. Besides being important, the process of data exchange and storage certainly requires space and requires high costs. For this reason, data compression is an interesting topic for continuous research. The success of previous research in obtaining optimal compression, it will be more interesting, if tested on the Lossless and Lossy Compression Methods, which of the two methods results in more optimal compression. The amount of the compression ratio without the image rotation process. For regular images obtained Huffman Compression Ratio 48.7076% and Wavelet Compression 47.3888%. If we compare the compression ratio by comparing the initial file size without playback compared with the final file size after 90 degrees of playback, the ratio is 61.03%. Meanwhile, for irregular images, a ratio of 49.79% was obtained at 180 degrees of image rotation. The results of compression, both without and with rotation, Wavelet Compression is more optimal than Huffman Compression.

Keywords: Digital Image, Test Image, Lossless, Lossy, Huffmann Algorithm, Haar Wavelet

ABSTRAK

Data memiliki arti yang cukup penting, karena mengandung informasi yang dibutuhkan. Disamping penting, proses pertukaran data dan penyimpanannya tentu membutuhkan tempat dan memerlukan biaya yang mahal. Karena itulah, kompresi data merupakan topik yang menarik untuk terus dilakukan penelitian. Keberhasilan penelitian sebelumnya mendapatkan kompresi optimal, akan lebih menarik, jika diujikan pada Metode Kompresi Lossless dan Lossy, diantara metode keduanya mana yang menghasilkan kompresi yang lebih optimal. Besarnya rasio kompresi tanpa proses transformasi perputaran citra. Untuk Citra Beraturan diperoleh Rasio Kompresi Huffman 48,7076 % dan Kompresi Wavelet 47,3888 %. Jika kita bandingkan rasio kompresi dengan membandingkan ukuran file awal tanpa pemutaran dibandingkan dengan ukuran file akhir setelah dilakukan pemutaran 90 derajat, diperoleh rasio sebesar 61,03 %. Sedangkan untuk Citra Tak Beraturan diperoleh rasio sebesar 49,79 % pada perputaran citra 180 derajat. Hasil kompresi, baik tanpa dan dengan perputaran, Kompresi Wavelet lebih optimal dibandingkan Kompresi Huffman.

Kata Kunci : Citra Digital, Citra Uji, Lossless, Lossy, Algoritma Huffmann,, Wavelet Haar

1. Pendahuluan

Bicara data kapanpun akan terus memiliki arti yang cukup penting, karena mengandung informasi yang dibutuhkan. Disamping penting, proses pertukaran data dan penyimpanannya tentu membutuhkan tempat dan memerlukan biaya yang mahal. Karena itulah, kompresi data merupakan topik yang menarik untuk terus dilakukan penelitian.

Analisis terhadap kompresi data yang dilakukan oleh para peneliti begitu beragam, mulai dari jenis seperti berupa data teks, gambar, audio atau video. Dari sisi perhitungan algoritma, peneliti melakukan analisis dengan membandingkan kinerja algoritma kompresi dan objek diperlakukan beragam dengan bermacam jenis format citra digital, seperti membandingkan Algoritma *Transformasi Wavelet Haar (TWH)* dengan *Embedded Zerotree Wavelet (EZW)* pada citra. Algoritma *TWH* ternyata memiliki keunggulan waktu kompresi dibandingkan *EZW* dengan selang waktu 8 detik (Novamizanti & Kurnia, 2015), dan lain-lain. Dari sisi lain ada peneliti yang memandang pentingnya objek dari sisi penyimpanan, seperti objek gambar hasil foto medis dan kompresi jenis ini banyak menggunakan metode lossless, dimana data asal tetap utuh selama proses kompresi dan dekompresi. Hal ini diperlukan, karena data medis begitu penting bagi pasien. Peneliti membandingkan dua algoritma kompresi menggunakan *Wavelet Packet Transform (PWT)* dan *Run Length Encoding (RLE)* (Atmaja, 2018). dan lain-lain.

Pada penelitian ini, merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya Transformasi Citra Digital Untuk Mendapatkan Kompresi Optimal Dengan Metode Lossless (H, Sunardi, Zulkifli, 2020). Dimana pada penelitian awal dilakukan rekayasa transformasi geometri rotasi dua citra uji (beraturan dan tak beraturan) yang bertujuan mendapatkan besar sudut yang menghasilkan ukuran file terendah dibandingkan citra asal (sebelum dirotasi). File terendah inilah kemudian dilakukan kompresi dengan metode kompresi Lossless, hasilnya kompresi optimal diperoleh. Karena menarik, penelitian lanjutan ini, pada proses kompresi akan dilakukan dengan menggunakan dua metode kompresi Lossless dan Lossy, guna untuk mengetahui mana dari kedua metode tersebut menghasilkan kompresi yang optimal. Kedua metode tersebut diimplementasikan teknik kompresi Algoritma Huffmann dan Transformasi Wavelet Haar.

A. Batasan Masalah

Dua parameter yang diambil sebagai batasan masalah pada penelitian ini :

1. Bentuk dan warna kedua citra uji yang dibandingkan berbeda, yakni beraturan dan tak beraturan.
2. Citra uji berukuran 250 x 250 piksel.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

Bagaimana rekayasa kompresi transformasi geometri

rotasi citra digital untuk menghasilkan kopresi optimal dengan membandingkan antara metode kompresi lossless dan lossy, yakni antara *Algoritma Huffmann* dan *Transformasi Wavelet Haar*, guna mengetahui mana diantara keduanya menghasilkan kompresi yang lebih optimal.

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan sudut rotasi yang menghasilkan ukuran file terendah dari dua citra uji pada proses transformasi geometri rotasi melalui aplikasi perputaran citra guna mendapatkan kompresi optimal, dengan cara dua citra hasil uji yang menghasilkan sudut putar dan ukuran file terendah dari proses transformasi geometri rotasi, lalu dikompresi dengan dua metode kompresi yang berbeda, yakni *Algoritma Huffmann* dan *Transformasi Wavelet Haar*. Hasil pengujian dianalisis, sehingga dapat diperoleh kesimpulan mana yang lebih optimal hasil kompresinya.

Adapun manfaatnya adalah memberikan suatu model atau pendekatan baru proses kompresi citra digital melalui rekayasa transformasi geometri rotasi sebelum dilakukan proses kompresi, sehingga menghasilkan kompresi optimal.

D. Konsep Citra

Citra pada awalnya berupa citra tiruan dari suatu objek yang diperoleh melalui proses melukis, atau dapat juga diperlihatkan melalui alat elektronik berupa layar kaca, seperti tv, monitor, proyektor, dan lainnya. Seiring dengan kemajuan teknologi optik, maka melalui kamera digital, citra kontinu dapat direkam menjadi tiruannya berupa citra digital. Maka munculah beberapa definisi citra digital, diantaranya menyatakan bahwa citra digital adalah suatu duplikasi dari suatu objek yang direkam yang sama sekali sama dengan bentuk objek aslinya.

Bagaimana konsep citra digital? Intinya bahwa citra merupakan sekumpulan titik-titik perpotongan antara baris dan kolom yang dinamakan piksel, sehingga citra digital dengan jelas direpresentasikan dalam bentuk matriks. Konsep lain bahwa citra digital gambar dua dimensi, melalui proses pencontohan (*sampling*) dari gambar analog dikoversi menjadi digital yang bersifat diskrit (Ikhwan, 2017).

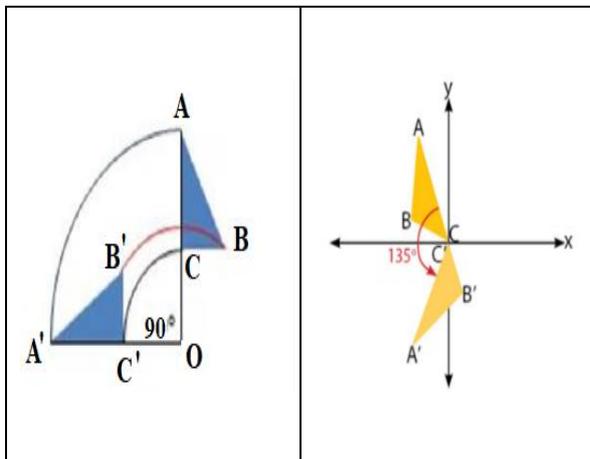
Hal terpenting dari citra yang berkaitan dengan penelitian ini adalah bahwa citra digital semuanya memiliki warna, walaupun berupa warna hitam dan putih, karena hitam dan putih adalah bagian dari konsep warna RGB, selanjutnya disebut dengan citra RGB. Dimana citra warna yang digambarkan dengan suatu matriks berordo $M \times N$, setiap nilai pada elemennya mencerminkan warna, karena citra digital bersifat diskrit, yakni terpotong-potong. Singkatan RGB mencerminkan simbol warna pokok, yaitu *Red* (Merah), *Green* (Biru) dan *Blue* (Biru), dimana masing-masing terdiri atas 8 bit dan memiliki warna berbeda-beda dengan jangkauan warna dari 0 sampai 255. Jika kita hitung, maka banyaknya warna adalah 255 kita pangkatkan dengan bilangan 3 yang akan menghasilkan warna berjumlah 15.581.375 buah.

E. Transformasi Geometri

Transformasi geometri diperlakukan pada suatu citra akan terjadi perubahan titik-titik potong antara komponen baris x dan komponen kolom y, berakibat nilai pikselnya pun berubah. Disamping itu jelas titik yang berada pada bidang geometri berubah. Ingat, bahwa setiap rotasi, maka ada titik pusat rotasi yang biasanya adalah titik O(0,0).

Bagaimana transformasi bisa merubah ukuran file? Kaitannya dengan masalah ini, tentunya kembali kepada konsep bagaimana ukuran suatu file dapat dihitung berdasarkan nilai elemen matriks dari suatu representasi citra digital. Sudah jelas, bahwa akibat rotasi dengan pusat rotasi pada titik koordinat O (0,0), akan terjadi perubahan titik-titik pada sepanjang busur, perubahan ini berakibat perubahan elemen-elemen perpotongan baris dan kolom dari suatu citra yang tentunya pada akhirnya selalu direpresentasikan dalam bentuk matriks. Perubahan elemen, berakibat perubahan struktur warna, hal ini tentunya perubahan nilai RGB. Jika hal ini kita kembalikan ke konsep perhitungan ukuran file, maka jelas ukuran filenya berubah. Inilah yang mendasari peneliti dalam mendapatkan kompresi yang optimal.

Ada aturan yang harus kita patuhi, bahwa tanda akan bertanda positif pada rotasi yang berlawanan dengan perputaran jarum jam dan bertanda negatif untuk yang searah jarum jam (Mulyanto, 2020).



Gambar 1. Perputaran 90° & 135°, Pusat O(0,0)

Perputaran geometri rotasi tentunya akan merubah nilai elemen dari matriks dari suatu citra digital. Perubahan terjadi, sebagai akibat perputaran dengan besar sudut x derajat yang berpusat pada sumbu koordinat O titik (0,0). Pada citra yang berbentuk segitiga dapat dilihat dengan jelas perbandingan citra sebelum dan sesudah dilakukan transformasi geometri rotasi. Terlihat titik-titik disepanjang busur, akan sama jaraknya terhadap titik pusat O(0,0) saat dilakukan perputaran dengan jarak tertentu (Tiyas, 2020).

Berikut gambar rotasi dan bentuk persamaan rotasi pada Diagram Cartesian Tabel 1.

Tabel 1. Rotasi Dalam Diagram Cartesius

| BENTUK ROTASI | GAMBAR ROTASI | BENTUK PERSAMAAN |
|---------------------------|---------------|---|
| Rotasi pada titik O (0,0) | | $\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ |
| Rotasi pada titik P (a,b) | | $\begin{pmatrix} x' - a \\ y' - b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x - a \\ y - b \end{pmatrix}$ |

F. Teknik Kompresi

Teknik kompresi dikelompokkan berdasarkan hasil kerja kompresi, yaitu mempertahankan kandungan data dan mengabaikan atau membuang kandungan data yang tidak penting. Kedua teknik kompresi itu adalah Kompresi Lossless dan Kompresi Lossy. Semua teknik kompresi berorientasi kepada bagaimana mengkompresi data atau citra digital sekecil mungkin. Jika dipandang dari sudut matematis, teknik kompresi adalah rekayasa perubahan data dalam bentuk angka atau kode ASCII menjadi sekumpulan sandi atau kode, dengan merekayasa kode tersebut untuk dikembalikan ke dalam bentuk data semula. Secara singkat teknik kompresi lossless dan lossy dijabarkan secara singkat sebagai berikut :

1. Kompresi Lossless, proses kompresinya tetap berorientasi pada keutuhan, karenanya pada tahap kompresi dan dekomposisi terjaga kerusakannya. Pemilihan jenis ini biasanya untuk kompresi yang mengandung data penting, seperti informasi diagnosa medis, informasi kejahatan, dan lainnya. Metode Kompresi Lossless yang dipilih pada penelitian ini adalah Algoritma Huffman, dengan beberapa alasan, diantaranya:

- 1) Data asli dapat diperoleh kembali secara identik. Proses kompresi dan dekomposisi mampu mempertahankan kandungan data.
- 2) Kompresi optimal dapat diperoleh berdasarkan rasio kompresi yang rendah.
- 3) Karakter berulang yang ada pada data mampu untuk dieliminasi, baik berupa data : teks, citra, audio, maupun video.

2. Kompresi Lossy, proses kompresi yang mengabaikan bagian citra gambar yang tidak penting, sehingga kandungan data pada bagian tersebut dibuang, sehingga tidak terjadi penumpukan data.

Adapun bagian citra yang dilakukan pembuangan, contohnya bingkai, ruang kosong dan lainnya. Pada penelitian ini, salah satu teknik kompresi yang dipilih adalah Transformasi Wavelet Haar.

G. Algoritma Kompresi

Konsep dan cara kompresi dan dekompresi dari setiap model perhitungan/penkodean atau algoritma dari kompresi masing-masing memiliki cara yang berbeda, seperti ada yang menggunakan metode statistik atau aljabar, juga ada yang dengan konsep transformasi dari suatu domain ke domain lainnya. Akan tetapi pada dasarnya bermuara pada formulasi matematis. Gambaran umum penjelasan singkat tentang algoritma kompresi yaitu :

1. Transformasi Kosinus Diskrit, orientasi utama dari transformasi ini meminimalisir jumlah data citra, dengan cara mengkonversi domain sinyal dari domain spasial menjadi domain frekuensi.
2. Transformasi Wavelet Haar transformasi ini bertujuan melakukan penkodean dalam domain wavelet yang memungkinkan transformasi wavelet terjadi baik pada masing-masing blok citra atau juga dapat dilakukan pada keseluruhan citra.
3. Algoritma Huffman prinsip dari Algoritma Huffman mendapatkan kode yang efisien melalui pembangkitan pohon biner yang membentuk suatu kode dari suatu karakter, sehingga karakter tersebut memiliki rangkaian bit yang lebih pendek dibandingkan yang sebelumnya. Tahapan singkatnya adalah membentuk matriks citra, menghitung frekuensi kemunculan, membangun Pohon Huffmann, penelusuran nilai piksel, dan mengkonversi frekuensi kemunculan menjadi Kode Huffmann dalam digital (bilangan biner).

H. Parameter Kompresi

Keberhasilan suatu kompresi dari suatu algoritma atau metode kompresi dapat dilihat dengan melihat nilai parameter *PeakSignal-to-Noise Ratio (PSNR)*, sebagai indikator untuk mengukur kemiripan dua buah citra. *PSNR*, satuannya dinyatakan dengan decibel. Sebagai pedoman mendapatkan tingkat kemiripan dari dua buah citra digital, adalah dengan mendapatkan nilai *PSNR* dari dua buah citra yang dibandingkan hingga di bawah 30 dB. Parameter ikutan lainnya yaitu *MSE* dan *RMSE* tanpa satuan, sebagai parameter pengukur kemiripan dua buah citra yang ditunjukkan dengan semakin kecil nilainya, menunjukkan semakin tinggi tingkat kemiripannya.

Adapun formulasi ketiga parameter tersebut sebagai berikut :

$$MSE = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} [f(i, j) - g(i, j)]^2 \quad (2.1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{m \times n} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} [f(i, j) - g(i, j)]^2} \quad (2.2)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (2.3)$$

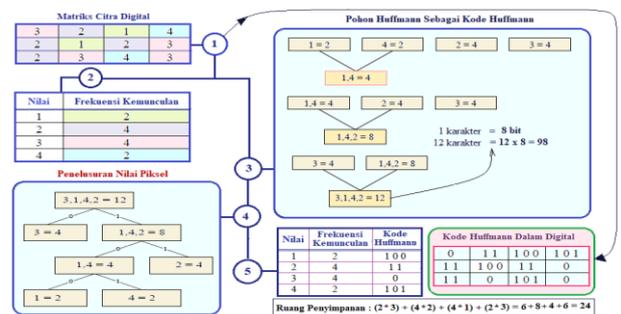
I. Kompresi Huffmann

Algoritma Huffman pertama kali dipublikasikan oleh David A. Huffman pada tahun 1952 yang masih berstatus sebagai mahasiswa di MIT, dalam papernya berjudul "A Method for the Construction of Minimum-Redundancy Codes", yakni suatu metode meminimumkan kode-kode berulang/berganda, dengan prinsip dasar dari Algoritma Huffmann menggunakan teori probabilitas atau kemungkinan, yakni tentang kemunculan karakter, berupa nilai elemen matriks dihitung tingkat kemunculannya dan direperentasikan dalam bentuk tabel kemunculan. Selanjutnya frekuensi kemunculan karakter, digunakan untuk mendapatkan Kode Huffmann. Adapun Kode Huffmann ini merupakan penggambaran dari setiap karakter yang dikonversi menjadi kode atau string biner.

J. Tahapan Algoritma Huffmann

Yang perlu diingat bahwa dalam membangun pohon, Algoritma Huffman memperhitungkan kemunculan setiap karakter, sehingga terdapat unsur probabilitas. Secara singkat, langkah-langkah dalam membangun Algoritma Huffman dijabarkan sebagai berikut (Darma Putra : 2010):

1. Reperentasikan citra digital ke dalam bentuk matriks berordo M x N, hitung kemunculan setiap karakter dalam bentuk tabel (masing-masing kolom berisi simbol ASCII dan frekuensi).
2. Perhatikan karakter nilai kemunculan karakter, lalu pilih dua karakter dengan nilai kemunculan terendah, inilah berhak menjadi simpul awal pohon huffmann.
3. Dua karakter inilah yang berhak menjadi simpul induk atau sebagai jumlah frekuensi dua simpul awal.
4. Hapuslah dua simpul dari tabel, lalu jadikan simpul induk. Ingat bahwa simpul ini jadikanlah sebagai acuan untuk membentuk pohon.
5. Dengan melakukan pengulangan poin 3 dan 4, hingga tabel berisi satu saja, inilah simpul bebas atau simpul akar.
6. Beri nilai nol untuk frekuensi kemunculan bernilai lebih besar (posisi kiri) dan posisi kanan, dengan kemunculan lebih kecil diberi nilai satu.
7. Saat pembacaan dimulai simpul akar menuju simpul daun, beserta nilai setiap cabangnya.



Gambar 2. Algoritma Huffmann

K. Transformasi Wavelet Haar

Algoritma transformasi dikatakan sederhana dan dapat dikatakan transformasi wavelet tertua, awalnya dikemukakan Alfred Harr 1909, dengan tahapannya :

1. Lakukan normalisasi citra.

2. Dekomposisi citra menyeluruh terhadap citra, baik secara horizontal dan vertikal.
3. Dapatkan koefisien aproksimasi sesuai tingkat yang diinginkan, dengan cara mengulang-ulang proses.

Dua proses yang utama pada kompresi Transformasi Wavelet Haar yaitu proses dekomposisi, dimana adanya proses pererataan dan proses pengurangan nilai elemen. Adapun proses pererataan diawali menghitung dua kolom 1 dan 2 pada baris yang sama lalu dibagi dua, hasilnya isikan ke kolom 1 pada baris yang baru. Cara yang sama lakukan untuk seluruh kolom pada baris tersebut. Pada sebagian kolom dari baris baru (kolom ke-5), lakukan proses pengurangan, yaitu kurangkan nilai rerata pada kolom awal baris baru dengan nilai kolom 1 pada baris sebelumnya, yakni $(225-250 = 25)$, lalu nilai ini isikanlah pada kolom 5 baris baru. Lakukanlah untuk mengisi kolom berikutnya pada baris baru (sesudah). Berikut gambarannya prosesnya:

| | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Sebelum | 250 | 200 | 300 | 350 | 400 | 200 | 200 | 200 |
| Sesudah | 225 | 325 | 300 | 200 | 25 | -25 | 100 | 0 |

Gambar 3. Nilai Hasi Perataan pada suatu baris

Proses pererataan dan pengurangan pada satu baris terhitung $(^2\log n)$ kali dengan n kolom, dengan tidak mengganti bagian koefisien detail. Proses pererataan dan pengurangan, lakukan untuk seluruh kolom sesuai ordo dari matriks citra digital, hasilnya :

| | | | | | | | | |
|---------|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Sebelum | 250 | 200 | 300 | 350 | 400 | 200 | 200 | 200 |
| I | 225 | 325 | 300 | 200 | 25 | -25 | 100 | 0 |
| II | 275 | 250 | -50 | 50 | 25 | -25 | 100 | 0 |
| III | 262.5 | 12.5 | -50 | 50 | 25 | -25 | 100 | 0 |

Gambar 4. Proses Averaging dan Differencing

L. Wavelet Haar Pendekatan Aljabar Linier

Proses transformasi Haar Wavelet dapat dilakukan dengan menerapkan prinsip dari transpose dan invers matriks. Misalkan diberikan sebuah matriks A 8×8 yang merepresentasikan suatu *pixel* 8×8 dari sebuah gambar. Melalui transformasi Haar Wavelet, akan didapat sebuah matriks B sebagai hasil kompresi dari A dengan menggunakan persamaan :

$$B = ((AW^T)W)^T = W^T P W \tag{2.5}$$

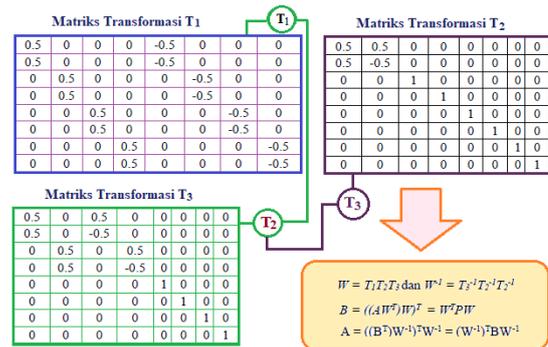
Dari hasil kompresi gambar B , kita juga dapat mencari A dengan menggunakan persamaan:

$$A = ((B^T W^{-1})^T W^{-1}) = (W^{-1})^T B W^{-1} \tag{2.6}$$

W merupakan matriks transformasi yang dihasilkan dari perkalian tiga buah matriks transformasi untuk proses *averaging* dan *differencing*. Matriks tersebut berjumlah tiga karena matriks A akan melalui proses *averaging* dan *differencing* yang dilakukan tiga kali pada setiap baris dan kolom $(^2\log 8)$.

$$W = T_1 T_2 T_3 \text{ dan } W^{-1} = T_3^{-1} T_2^{-1} T_1^{-1} \tag{2.7}$$

Jika pada matriks 8×8 , nilai dari setiap elemen ketiga matriks transformasi diketahui sebagai T_1, T_2 dan T_3 maka matriks B sebagai hasil kompresi dari A akan diperoleh:



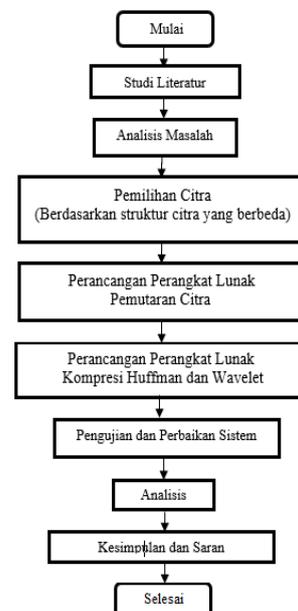
Gambar 5. Tahapan Kompresi Wavelet Haar

2. Pembahasan

Pada penelitian lanjutan ini, membandingkan dua Teknik Kompresi yaitu *Lossless (Algoritma Huffmann)* dan *Lossy (Transformasi Wavelet Haar)*. Yakni Citra Uji hasil transformasi dengan ukuran file terendah dikompresi dengan menggunakan Algoritma Huffmann dan Transformasi Wavelet, lalu dibandingkan hasilnya untuk melihat mana yang menghasilkan kompresi yang lebih optimal.

A. Kerangka Kerja

Sebagaimana penelitiannya sebelumnya melalui transformasi geometri rotasi, kompresi optimal diperoleh besar sudut putar untuk dua jenis citra uji dengan besar berbeda. Hasil ini akan diujikan pada dua metode kompresi yang berbeda, sehingga menghasilkan pilihan kompresi yang lebih optimal.



Gambar 6. Diagram Kerangka Kerja

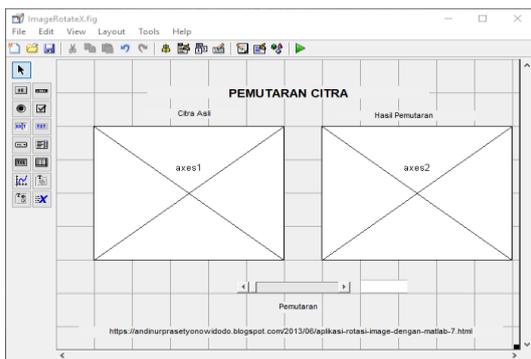
B. Hipotesis

Kita ketahui bahwa komponen utama yang sangat menentukan dari suatu citra digital adalah piksel yang merupakan pencerminan titik potong antara baris dan kolom yang mengandung konfigurasi warna RGB dengan total warna 255^3 buah warna. Perubahan geometris dari suatu citra, tentunya akan membawa perubahan warna, dengan kata lain nilai piksel juga akan berubah. Disisi lain nilai piksel akan mempengaruhi ukuran dari suatu citra digital. Hal ini cukup menarik, jika suatu objek citra dengan struktur yang beraturan, baik dari segi bentuk maupun kompenen warnanya. Sejauh mana suatu citra dengan struktur beraturan (bentuk dan warnanya) disebut Citra Beraturan, akan dibandingkan dengan suatu citra tak beraturan (bentuk dan warnanya). Jika kedua citra uji dilakukan transformasi rotasi, tentunya struktur warna akan berubah seiring perubahan bentuk, akibatnya nilai piksel berubah. Lalu akibat perubahan piksel, maka berakibat perubahan ukuran file. Bertolak dari sebab akibat diatas, maka akan dilakukan beberapa uji transformasi rotasi terhadap citra uji, dengan tujuan untuk mendapatkan ukuran file yang lebih rendah dari citra uji sebelum dilakukan transformasi rotasi. Citra Uji hasil rotasi dengan ukuran file terendah, tentunya akan diperoleh kesebandingan bahwa jika dilakukan kompresi akan menghasilkan ukuran file yang lebih rendah, yang dalam penelitian ini disebut kompresi optimal. Hal ini telah dilakukan pada penelitian sebelumnya (Hastha & Zulkifli, 2020).

Pada penelitian lanjutan ini, membandingkan dua Teknik Kompresi yaitu *Lossless (Algoritma Huffman)* dan *Lossy (Transformasi Wavelet Haar)*. Yakni Citra Uji hasil transformasi dengan ukuran file terendah dikompresi dengan menggunakan Algoritma Huffman dan Transformasi Wavelet, lalu dibandingkan hasilnya untuk melihat mana yang menghasilkan kompresi yang lebih optimal.

C. Perancangan Sistem dan Hasil Pengujian

Aplikasi pemutar citra dan Kompresi Huffman telah tersedia pada penelitian sebelumnya, sehingga pada penelitian lanjutan ini, hanya membangun aplikasi Kompresi Transformasi Wavelet Haar yang dibangun berdasarkan konsep kerja metode kompresi lossy. Aplikasi pemutar citra dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 7. Aplikasi Pemutar Citra

Aplikasi pemutar citra berupa transformasi geometri rotasi akan menguji dua citra uji yang beraturan (*logo Chrome*) dan tak beraturan (*logo UIGM*) yang kedua citra uji diharap diperoleh sudut yang menghasil ukuran file terkecil. Sehingga proses pada aplikasi pemutar, yakni input berupa citra, prose berupa merubah-ubah sudut rotasi citra, dan outputnya berupa ukuran file.

Tabel 2. Struktur Citra Uji

| No. | Logo | Nama | Tipe |
|-----|--|----------------------|---------------------|
| 1. |  | Logo Google Chrome | Citra Beraturan |
| 2. |  | Logo Universitas IGM | Citra Tak Beraturan |

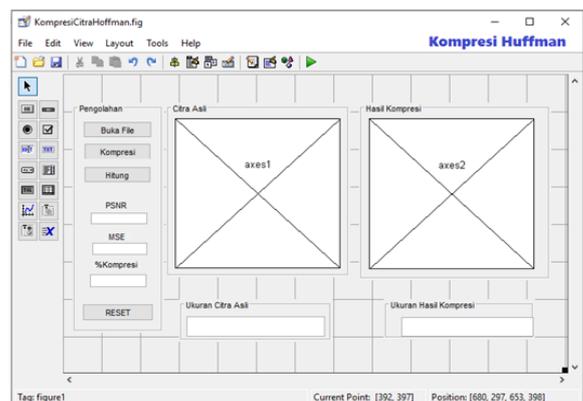
Hasil dari aplikasi ditabulasikan, sehingga kita dapat melihat besar sudut yang menghasilkan ukuran file terkecil pada kedua citra uji. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil pemutaran dan ukuran filenya lihat gambar berikut (H. Sunardi, Zulkifli, 2020) :

Pada penelitian lanjutan ini, untuk dapat membandingkan dua metode kompresi, maka dibangun aplikasi yang mewakili metode lossy, yaitu transformasi wavelet Haar.

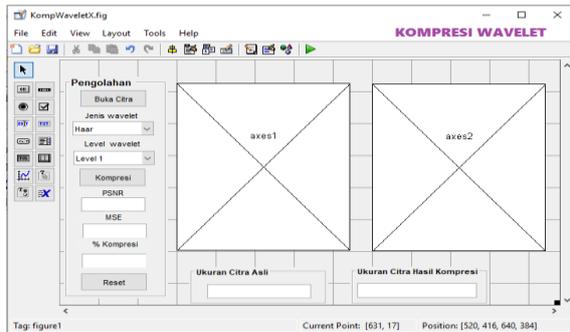


Gambar 8. Citra Asli dan Hasil Pemutaran

Aplikasi ini dibangun dengan mengacu pada komsep kerja Transformasi Wavelet Haar, sedangkan aplikasi yang mewakili kompresi lossless sudah dibangun pada penelitian seblumnya. Aplikasi keduanya ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 9. Kompresi Huffman



Gambar 10. Kompresi Transformasi Wavelet Haar

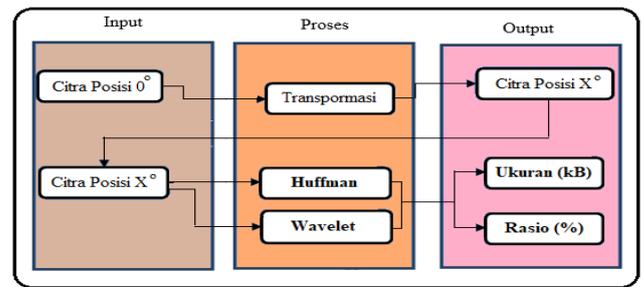
Input pada kedua aplikasi kompresi berupa citra digital (citra uji) terlihat pada Tabel 1, lalu sesuai konsep kerja kedua metode kompresi, menghasilkan output berupa Ukuran File (kB), PNSR, MSE dan besar persentase Rasio (%). Namun yang diambil dalam penelitian ini hanya Ukuran File (kB) dan Rasio sebelum dan sesudah Kompresi (%). Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.

Secara menyeluruh, hasil pengujian, mulai dari proses transformasi citra melalui rotasi dari dua citra uji ditunjukkan pada Tabel 3. Dimana sudut citra uji yang ditabulasikan, hanya sudut pemutaran yang menghasilkan ukuran file yang terkecil dari dua jenis citra uji. Hasil pada Tabel 3, memberikan gambaran bagaimana dua metode kompresi, yakni metode lossless dan metode lossy, dapat terlihat mana yang lebih optimal hasil kompresinya.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kompresi dan Parameternya

| No. | Pemutaran Citra (derajat) | Variabel Pengukuran | Kompresi (Citra Beraturan) | | Kompresi (Citra Tak Beraturan) | |
|-----|---------------------------|---------------------|----------------------------|---------|--------------------------------|---------|
| | | | Huffman | Wavelet | Huffman | Wavelet |
| 1. | Asal | Sebelum (kB) | 16,6611 | 16,6611 | 12,9287 | 12,9287 |
| | | Setelah (kB) | 8,1152 | 7,8955 | 7,1152 | 7,1426 |
| | | Rasio (%) | 48,7076 | 47,3888 | 55,0344 | 55,2459 |
| | | PNSR | 34,4523 | 66,123 | 43,9863 | 47,0346 |
| | | MSE | 0,00012 | 0,00529 | 0,00013 | 0,17664 |
| 2. | 45 | Sebelum (kB) | 12,1494 | 12,9287 | 12,1221 | 12,9287 |
| | | Setelah (kB) | 7,2529 | 7,1426 | 7,2314 | 7,1426 |
| | | Rasio (%) | 59,6978 | 12,1494 | 59,6352 | 12,1221 |
| | | PNSR | 34,2334 | 47,0346 | 42,1783 | 47,0346 |
| | | MSE | 0,00013 | 0,17664 | 0,00002 | 0,17664 |
| 3. | 90 | Sebelum (kB) | 11,6494 | 11,6494 | 10,7041 | 10,7041 |
| | | Setelah (kB) | 7,0898 | 6,8857 | 6,4473 | 6,4082 |
| | | Rasio (%) | 60,8601 | 59,1081 | 60,2317 | 59,8668 |
| | | PNSR | 34,2584 | 67,0587 | 42,2339 | 46,4262 |
| | | MSE | 0,00012 | 0,00427 | 0,000019 | 0,25599 |
| 4. | 180 | Sebelum (kB) | 11,7573 | 11,7578 | 10,6523 | 10,6523 |
| | | Setelah (kB) | 7,0742 | 6,7520 | 6,4912 | 6,4463 |
| | | Rasio (%) | 60,166 | 57,4252 | 60,9369 | 60,5152 |
| | | PNSR | 34,3702 | 45,1300 | 42,2401 | 46,6798 |
| | | MSE | 0,00012 | 0,34862 | 0,00002 | 0,23842 |
| 5. | 225 | Sebelum (kB) | 12,2627 | 12,2627 | 12,1533 | 12,1533 |
| | | Setelah (kB) | 7,3115 | 6,9111 | 7,2295 | 7,1367 |
| | | Rasio (%) | 59,6241 | 56,3590 | 59,4857 | 58,7224 |
| | | PNSR | 33,9838 | 43,6995 | 42,0332 | 43,6422 |
| | | MSE | 0,00013 | 0,47991 | 0,00002 | 0,47703 |
| 6. | 270 | Sebelum (kB) | 11,9180 | 11,9180 | 11,6250 | 11,6250 |
| | | Setelah (kB) | 7,1592 | 6,8135 | 7,0449 | 6,99824 |
| | | Rasio (%) | 60,0705 | 57,1698 | 60,6015 | 60,0638 |
| | | PNSR | 34,0588 | 44,9374 | 41,8596 | 45,3707 |
| | | MSE | 0,00013 | 0,36572 | 0,00002 | 0,32464 |

Secara menyeluruh, tahapan pengujian dari penelitian ini dapat dijelaskan sebagaimana gambar diagram blok berikut :



Gambar 11. Blok Diagram Sistem

Tahap awal dilakukan transformasi geometri rotasi, dua jenis citra uji melalui aplikasi rotasi citra dilakukan beberapa jenis pemutaran yang dimulai dari citra asli dengan sudut awal 0° dan hasilnya ditabulasi, guna mendapatkan besar sudut putar yang menghasilkan ukuran file terkecil. Ukuran file terkecil tersebut, lalu dibandingkan dengan ukuran file citra asal (sudut putar 0°). Tahap kedua dilakukan pengukuman kompresi dari setiap citra hasil transformasi geometri rotasi, juga semua parameter yang mengikutinya. Adapun secara rinci tahapan pengujian sebagai berikut :

- Input citra asal dari kedua citra uji dilakukan proses pemutaran mulai dari nol derajat sampai 225° dengan kenaikan 45°, sehingga diperoleh beberapa citra dari hasil pemutaran.
- Menghitung kompresi dari beberapa citra hasil pemutaran sebagai input pada aplikasi kompresi citra Algoritma Huffman dan Transformasi Wavelet Haar, sehingga diperoleh Ukuran File dalam (kB), PNSR, MSE dan Rasio Kompresi (%). Namun yang diambil dalam penelitian ini hanya Ukuran File (kB) dan Rasio sebelum dan sesudah Kompresi (%).
- Hasil pengujian langkah a dan b ditabulasi untuk kemudian dilakukan analisis dan guna mendapatkan hasil kompresi yang optimal (rasio kopresi tersendah).

D. Analisis

Tahapan analisis dilakukan sedapat mungkin dapat menjawab dari tujuan penelitian.

Adapun tahapan analisis yang dilakukan :

- Membandingkan hasil ukuran file hasil kompresi dari dua metode untuk citra beraturan dan citra tak beraturan sebelum dilakukan pemutaran (citra asli). Tujuannya untuk melihat metode yang menghasilkan nilai hasil kompresi yang optimal. Pada Tabel 5.1, terlihat bahwa pada Citra Beraturan setelah kompresi ukuran file Metode Huffman 8,1152 kB dan Metode Wavelet sebesar 7,8955 kB. Metode Wavelet menghasilkan ukuran file yang lebih kecil, maka Kompresi Wavelet dikatakan lebih optimal dibanding Kompresi Huffman (ditulis $W > H$). Juga dapat dilihat dari nilai Rasio Kompresi, dimana semakin kecil Nilai Rasio Kompresi, dikatakan semakin optimal. Sedangkan pada Citra Tak Beraturan setelah kompresi ukuran file Metode Huffman 7,1152 kB dan Metode Wavelet sebesar 7,1426 kB. Metode Huffman menghasilkan ukuran file yang lebih kecil, maka Kompresi Huffman dikatakan lebih optimal dibanding Kompresi Wavelet ($H > W$).

untuk citra tak beraturan. Juga dapat dilihat dari nilai Rasio Kompresi, dimana semakin kecil Nilai Rasio Kompresi, dikatakan semakin optimal.

2. Menentukan hasil kompresi terkecil dari setiap putaran untuk kedua tipe citra uji. Berdasarkan Tabel 5.1 diperoleh bahwa untuk Citra Beraturan, nilai hasil kompresi dihasilkan dari perputaran citra uji sebesar 90 derajat. Besarnya ukuran file hasil kompresi dari kedua metode kompresi, yaitu Kompresi Huffman sebesar 7,0898 kB dan Kompresi Wavelet 6,8857 kB. Pada citra beraturan, dikatakan bahwa Kompresi Wavelet lebih optimal dibandingkan Kompresi Huffman. Sedangkan untuk citra uji Citra Tak Beraturan, nilai hasil kompresi dihasilkan dari perputaran citra uji sebesar 180 derajat. Besarnya ukuran file hasil kompresi dari kedua metode kompresi, yaitu Kompresi Huffman sebesar 6,4912 kB dan Kompresi Wavelet 6,4463 kB. Pada citra tak beraturan, dikatakan bahwa Kompresi Wavelet lebih optimal dibandingkan Kompresi Huffman.
3. Besarnya rasio kompresi tanpa proses transpormasi perputaran citra. Citra Beraturan diperoleh Rasio Kompresi Huffman 48,7076 % dan Kompresi Wavelet 47,3888 %. Jika kita bandingkan rasio kompresi dengan membandingkan ukuran file awal file awal tanpa pemutaran dibandingkan dengan ukuran file akhir setelah dilakukan pemutaran 90 derajat, diperoleh rasio sebesar 61,03 %. Sedangkan untuk Citra Tak Beraturan diperoleh rasio sebesar 49,79 % pada perputaran citra 180 derajat.

3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari hasil pengukuran kompresi dari berbagai posisi citra beraturan da citra tak beraturan dengan menggunakan Kompresi Huffman dan Kompresi Wavelet, dapat disimpulkan :

1. Kompresi citra asli (belum diputar) untuk kasus Citra Beraturan, menghasil ukuran file Kompresi Huffman 8,1152 kB dan Kompresi Wavelet 7,8955 kB, dapat dikatakan bahwa Kompresi Wavelet lebih optimal dibanding Kompresi Huffman. Sedangkan untuk Citra Tak Beraturan sebaliknya Kompresi Huffman 7,1152 kB dan Kompresi Wavelet 7,1426 kB, ternyata Kompresi Huffman lebih optimal dibandingkan Kompresi Wavelet.
2. Pada perputaran citra, untuk kasus Citra Beraturan perputaran yang menghasilkan ukuran file minimum adalah pada sudut putar sebesar 90 derajat sebesar 11,6494 kB dan setelah dikompresi, menghasilkan Kompresi Huffman 7,0898 kB dan Kompresi Wavelet 6,8857 kB. Terlihat untuk citra beraturan Kompresi Wavelet selalu lebih optimal disbanding Kompresi Huffman.
3. Pada perputaran citra, untuk kasus Citra Tak Beraturan perputaran yang menghasilkan ukuran file minimum adalah pada sudut putar sebesar 180 derajat sebesar 10,6523 kB dan setelah dikompresi, menghasilkan Kompresi Huffman 6,4912 kB dan Kompresi Wavelet 6,4463 kB. Terlihat disini, bahwa

- untuk citra tak beraturan, menghasilkan Kompresi Wavelet juga lebih optimal dari Kompresi Huffman
4. Hasil kompresi, baik tanpa dan dengan perputaran, Kompresi Wavelet lebih optimal dibandingkan Kompresi Huffman.

Saran

Untuk melanjutkan penelitian ini, peneliti mempunyai beberapa saran pengembangan penelitian yaitu:

1. Penelitian lanjutan tentang bagaimana membangun suatu algoritma kompresi yang diawali dengan proses transpormasi citra untuk menghasilkan citra ukuran minimum, lalu dikombinasikan dengan metode kompresi yang sudah dikenal, seperti Huffman, Wavelet, dan lainnya.
2. Penelitian kompresi yang serupa, juga dapat dilakukan untuk data berupa audio dan video.

Daftar Pustaka

- Atmaja, I. M. A. D. S. (2018). Kompresi Citra Medis Menggunakan Packet Wavelet Transform Dan Run Length Encoding. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 8(1), 10. <https://doi.org/10.31940/matrix.v8i1.739>
- Hastha, S., & Zulkifli. (2020). Transformasi Citra Digital Untuk Mendapatkan Kompresi Optimal Dengan Metode Lossless. *Jurnal Teknomatika*, 10(02), 183–192. <http://ojs.palcomtech.com/index.php/teknomatika/issue/view/25>
- Ikhwan, A. (2017). Aplikasi Metode Transformasi Wavelet Diskrit untuk Kompresi Citra pada Pengolahan Citra Digital. *Jurnal SAINTIKOM*, 16(1), 31–40.
- Mulyanto, A. (2020). *Transformasi Geometri*. Studio Belajar.Com. www.studiobelajar.com/transformasi-geometri/ Diakses 21 Desember 2020
- Novamizanti, L., & Kurnia, A. (2015). *Analisis Perbandingan Kompresi Haar Wavelet Transform dengan Embedded Zerotree Wavelet pada Citra*.
- Sari, Y. (2019). Implementasi Algoritma Transformasi Wavelet Dan Metode Recursive Splitting Huffmann Pada Kompresi Citra Rontgen. *Majalah Inti*, 6, 366–369.
- Tiyas. (2020). *Transformasi Geometri*. Yuksinau. [https://www.yuksinau.id/transformasi-geometri/#3_Rotasi_\(Perputaran\)](https://www.yuksinau.id/transformasi-geometri/#3_Rotasi_(Perputaran)) Diakses 26 Desember 2020