

Perancangan Aplikasi Kompresi File Audio Menggunakan Algoritma Transformasi Walsh Hadamard

Romaito siregar

Fakultas Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi, Prodi Studi Teknik Informatika, Universitas Budi Darma, Kota, Indonesia

Jl. Sisingamangaraja No. 338, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

Email: romaitosiregar22@gmail.com

Abstrak— Perkembangan teknologi informasi ternyata berdampak pada perkembangan ilmu pengetahuan yang lain. Berbagai macam fasilitas teknologi terus dikembangkan agar masyarakat dapat melakukan pertukaran informasi dalam bentuk teks, gambar, audio dan video dengan baik. Semakin tingginya permintaan informasi yang real-time, menjadikan perpindahan data harus semakin cepat dan akurat. Solusi yang dapat memecahkan masalah diatas yaitu dengan cara melakukan kompresi. Kompresi adalah pengubahan data yang berupa kumpulan karakter menjadi bentuk kode dengan tujuan untuk menghemat kebutuhan tempat penyimpanan dan waktu transmisi data. Dengan menggunakan algoritma Transformasi Walsh Hadamard, penulis berhasil mengkompresi suatu file audio dengan cukup baik, yaitu memapatkan ukuran file audio dari nilai data audio $f(x) = (98\ 98\ 30\ 01\ 77\ 58)$ menjadi $f(x) = (60.33,\ 8,\ 50,\ -1.66,\ 15.33,\ 1.66)$. Dengan rasio kompresi 60%.

Kata Kunci: Kompresi, Transformasi, Algoritma, Walsh Hadamard, File, Audio.

Abstract— The development of information technology turned out to have an impact on the development of other sciences. Various kinds of technological facilities continue to be developed so that people can exchange information in the form of text, images, audio and video properly. The higher the demand for real-time information, the faster and more accurate data transfer must be. The solution that can solve the above problem is by doing compression. Compression is converting data in the form of a set of characters into a coded form with the aim of saving the need for storage space and data transmission time. By using the Walsh Hadamard Transformation algorithm, the author succeeded in compressing an audio file quite well, namely compressing the audio file size from the audio data value $f(x) = (98\ 98\ 30\ 01\ 77\ 58)$ to $f(x) = (60.33,\ 8,\ 50,\ -1.66,\ 15.33,\ 1.66)$. With a compression ratio of 60%.

Keywords: Compression, Transformation, Algorithm, Walsh Hadamard, File, Audio.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi ternyata berdampak pada perkembangan ilmu pengetahuan yang lain. Berbagai macam fasilitas teknologi terus dikembangkan agar masyarakat dapat melakukan pertukaran informasi dalam bentuk teks, gambar, audio dan video dengan baik. Semakin tingginya permintaan informasi yang real-time, menjadikan perpindahan data harus semakin cepat dan akurat. Hal tersebut menjadi masalah, dimana jalur komunikasi khususnya spotify masih berada dalam kategori lambat dan sering bermasalah, dengan demikian data yang berukuran kecil akan dipilih karena akan lebih cepat dikirim dan lebih menghemat tempat penyimpanan.

Dalam ilmu komputer kompresi audio bertujuan untuk meminimalkan jumlah bit yang diperlukan untuk merepresentasikan file audio. Audio adalah fenomena fisik yang dihasilkan oleh getaran suatu benda yang berupa sinyal analog dengan amplitude yang berubah ubah secara kontinu terhadap waktu yang disebut frekuensi. File audio yang memiliki ukuran yang besar megakibatkan pengiriman data semakin lama sehingga penggunaan media penyimpanan semakin sedikit. Maka untuk menghemat media penyimpanan dan mempercepat proses pengiriman file Audio, perlu dilakukan proses kompresi agar ukuran file audio menjadi lebih kecil. Ada Beberapa format file audio antaranya MP3, WAV, AAC,RMA,WMA,dan sebagainya.

Kompresi audio dikembangkan untuk memudahkan penyimpanan dan pengiriman audio. Kompresi data adalah proses yang mengkonversi sebuah masukan berupa aliran data (the source atau data asli mentah) menjadi suatu aliran data lain (the Output, aliran bit atau aliran sudah dikompres) yang memiliki ukuran yang lebih kecil. Berdasarkan adanya kemungkinan data setelah dikompres dapat direkonstruksi kembali ke data yang asli, teknik kompresi data dibagi menjadi dua bagian yaitu kompresi lossless dan kompresi Lossy. Kompresi lossless memungkinkan data dapat dikembalikan ke data yang asli secara utuh atau tanpa ada informasi yang hilang dalam data tersebut. Sedangkan kompresi Lossy tidak dapat mengembalikan data yang telah dikompres secara utuh dari data yang asli pada saat proses dekompresi.

Pada penelitian terdahulu dalam jurnal penelitian ini Satyanaryana Volume, 3 No. 3, ISSN : 2231-2803 (2012), yang berjudul “ Pengurangan Aritmatika Kompleksitas Menggunakan Algoritma Transformasi Walsh- Hadamard-Fourier”, Transformasi WalshHadamard (WHT) adalah transformasi yang sederhana dan diaplikasikan dalam kompresi data terkait proses transmisi gambar dan penyimpanan. Diantara transformasi orthogonal diskrit lainnya, HT memiliki biaya komputasi terendah. HT sangat berguna untuk aplikasi pemrosesan gambar dan sinyal dimana implementasi waktu nyata sangatlah penting. Karhunen-Loeve Transform (KLT) secara statistik merupakan transformasi yang optimal karena matrixnya yang diagonal, tapi tidak optimal dari segi biaya komputasi dan generasi transform. Sementara Discrete Cosine Transform (DCT) telah menunjukkan bahwa performasi statistik-nya adalah yang paling mendekati KLT. Ketika beroperasi pada gambar residual pada beberapa bit rate, DCT tidak bekerja secara signifikan lebih baik dibanding transformasi yang lebih sederhana, seperti WHT.[1]

Dalam pembahasan ini proses yang akan dilakukan adalah Dengan menerapkan algoritma walsh-hadamard mengetahui kinerja kompresi apabila dilakukan dengan mengkompresi file audio, sehingga file audio yang berukuran

besar akan dikompresi menjadi ukuran yang lebih kecil, sehingga proses transmisi yang dilakukan lebih cepat serta memperkecil lokasi media penyimpanan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan penulis dalam penelitian terdiri dari beberapa tahap, adapun tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Studi Pustaka (library Study)
Penelitian yang dilakukan berdasarkan dari pengumpulan referensi yang diperoleh dari teori buku-buku, artikel, jurnal, situs-situs online yang berhubungan dengan kompresi, file audio dan algoritma walsh-hadamard.
- b. Analisis Sistem
Pada langkah ini analisis sistem yang akan dibuat, batasan sistem, kinerja sistem dan cara kerja sistem. Sehingga sistem ini akan diimplementasikan menggunakan algoritma walsh-hadamard.
- c. Perancangan Sistem
Perancangan sistem menggunakan UML, dan penulis menggunakan Visual Basic. Net 2008 untuk merancang dan membangun aplikasi
- d. Uji Coba dan Evaluasi
Sistem yang telah dibuat ini juga akan di uji coba dan dilakukan evaluasi untuk mengetahui kelayakan sistem tersebut dan sejauh mana sistem tersebut dapat diimplementasikan.
- e. Implementasi sistem
Pada tahap ini penulis mengimplementasikan sistem menggunakan algoritma walsh-hadamard.
- f. Dokumentasi
Pada tahap akhir ini dimulai dari tahap awal hingga tahap sistem uji coba dan evaluasi disusun dalam bentuk buku sebagai dokumentasi dari skripsi berupa bentuk laporan penelitian.

2.2 Kompresi.

Kompresi adalah proses mengubah sebuah aliran data input menjadi aliran data baru yang memiliki ukuran lebih kecil. Aliran yang dimaksud adalah berupa file ataupun buffer dalam memori. Terdapat banyak metode untuk kompresi data. Lossy compression dan Lossless compression adalah pengelompokan metode berdasarkan ketentuan data. Lossy Compression menghilangkan beberapa data untuk memperoleh kompresi yang lebih baik, seperti Linier Predictive Coding, A-Law Algorithm, Mu-Law Algorithm, Fractal Compression, dan lain-lain. Ketika proses kompresi dilakukan maka output yang dihasilkan tidak sama dengan data aslinya. Metode kompresi ini lebih efektif untuk mengkompresi data gambar, Video, atau audio. Sedangkan Lossless Compression tidak menghilangkan data sama sekali, sehingga cocok untuk data berupa teks. Yang termasuk Lossless Compression adalah Burrows-Wheeler, DEFLATE, LZW, FLBE, VLBE, Huffman, PPM, Shanno-Fano, Sequitur dan lain-lain. Dekompreksi data merupakan suatu data yang dikompresi tentunya harus dapat dikembalikan lagi kebentuk aslinya, prinsip ini dinamakan dekompreksi [3].

2.3 File Audio

Audio adalah fenomena fisik yang dihasilkan oleh getaran suatu benda yang berupa sinyal analog dengan amplitudo yang berubah ubah secara kontinyu terhadap waktu yang disebut frekuensi. Selama getaran, perbedaan tekanan terjadi di udara sekitarnya. Pola osilasi yang terjadi dinamakan sebagai gelombang. Gelombang mempunyai pola sama yang berulang pada interval tertentu yang disebut sebagai periode [4].

2.4 Algoritma Transformasi Walsh Hadamard

Transformasi walsh hadamard merupakan transformasi yang hanya memiliki fungsi basis dalam dua jenis nilai yaitu -1 dan 1. Transformasi walsh hadamard dapat digunakan untuk melakukan kompresi citra dengan sifat kompresi yaitu lossy dimana diperbolehkan terjadinya kehilangan beberapa data maupun sebagian besar data. Langkah-langkah untuk proses kompresi menggunakan transformasi walsh hadamard adalah sebagai berikut:

- a. Ambil nilai data yang terdapat didalam file audio.
- b. Lakukan proses perhitungan dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan dengan memanfaatkan nilai data dan nilai kernel yang telah dibuat dengan rumus sebagai berikut.

$$g(x, u) = \frac{1}{N} (-1)^{\sum_{i=0}^{n-1} bi(x)bi(u)}$$

Dengan $u=0,1,2,\dots,N-1$, dan $x=0,1,2,\dots,N-1$ sedangkan nilai n mengikuti aturan $N=2^n$. dari rumus diatas N merupakan banyaknya data, $bi(x)$ menyatakan bit ke-i dari representasi biner x,begitu juga dengan $bi(u)$ dimana bitnya tergantung pada nilai u.

- c. Setelah diperoleh matriks kemudian matriks dikalikan dengan nilai pixel kemudian dilakukan lagi perhitungan pembentukan matriks transformasinya dengan rumus sebagai berikut:

$$H(u) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} f(x)(-1)^{\sum_{i=0}^{n-1} bi(x)bi(u)}$$

Persamaan diatas digunakan untuk melakukan proses kompresi ,dimana bi merupakan posisi nilai biner dan x maupun u.dimana (fx) merupakan nilai fungsi yang assli sebelum dilakukan proses kompresi, sedangkan nilai -1 merupakan nilai ketetapan dari algoritma walsh-hadamard.

- d. Setelah nilai matriks transformasinya diperoleh kemudian dilakukan proses dekompresi atau fungsi balik dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

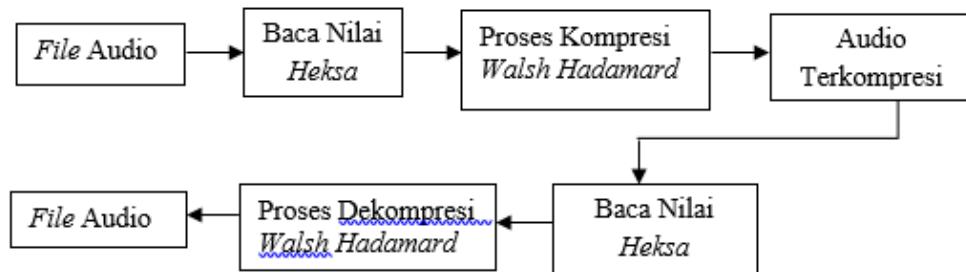
$$f(x) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} H(u)(-1)^{\sum_{i=0}^{n-1} bi(x)bi(u)}$$

Persamaan diatas merupakan proses dekompresi terhadap file yang sudah dikompres. Dimana nilai H(u) inilah yang digunakan untuk mendapatkan nilai balik yang menjadi hasil dari proses dekompresi menggunakan metode walsh-hadamard.

- e. Setelah nilai perhitungan diperoleh kemudian simpan nilai dari perhitungan tersebut, dan nilai 0 tidak perlu disimpan.[1]

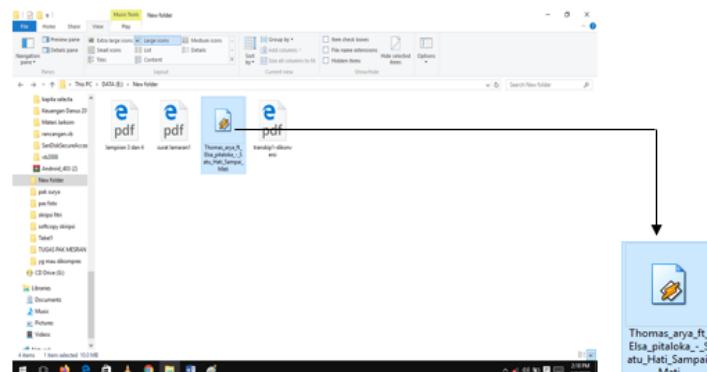
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini akan dilakukan analisa dan implementasi pengkompresian file audio dengan menggunakan algoritma transformassi walsh-hadamard. Algoritma Transformassi walsh-hadamard merupakan salah satu teknik kompresi lossy yang dapat memperkecil suatu data berdasarkan dengan proses kompresi yang dilakukan. Dalam melakukan kompresi file audio sebelumnya harus dilakukan analisa terhadap file audio. File audio yang akan dianalisa yaitu file audio berformat MP3. Format file MP3 merupakan format yang minim kompresi, sehingga ukurannya cukup besar dan memerlukan pengkompresan file. Adapun tujuan dari analisa terhadap sistem yang akan dirancang yaitu untuk mengetahui dan merumuskan kebutuhan dari sistem serta membantu meminimalisir sumber daya yang belebih. Dalam proses kompresi dilakukan penerapan algoritma transformasi walsh-hadamard terhadap file audio yang memiliki ukuran yang relatif besar. Kompresi data merupakan teknik pemampatan data, sehingga diperoleh ukuran file yang lebih kecil dari aslinya. File audio memiliki ukuran relatif besar, semakin lama durasi file audio maka semakin besar alokasi penyimpanan yang dibutuhkan.



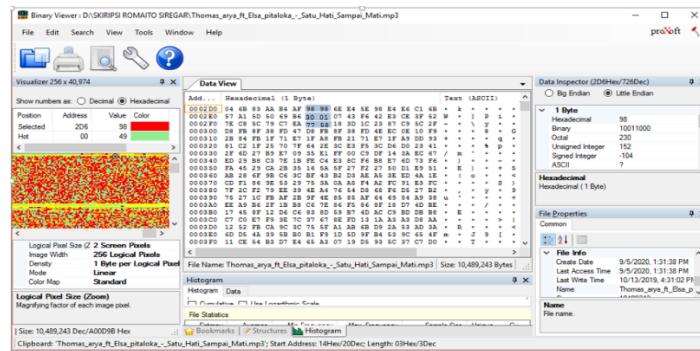
Gambar 1. Prosedur Kompresi Dekompreksi File Audio

Dalam penelitian ini, akan membahas 2 proses utama proses kompresi dan proses dekompreksi, peneliti akan mengkompresi audio dengan menggunakan algoritma transformasi walsh-hadamard merupakan salah satu algoritma yang termasuk di dalam metode lossy data. Sebelum file dikompresi, terlebih dahulu dilakukan pembacaan biner yang terdapat pada file audio untuk mendapatkan data berupa data biner. Membaca biner yang terdapat pada file audio menggunakan aplikasi Binery Viewer untuk mencari nilai biner pada file audio. Berikut adalah contoh file audio yang akan di kompresi dan didekompreksi.



Gambar 2. File Audio

Berdasarkan gambar 2 di atas terdapat nilai binery viewer, adapun nilai hexadecimal dari gambar 2 file audio tersebut adalah:



Gambar 3. Nilai Heksadesimal dari file audio

Nilai Hekxa Berdasarkan Binery Viewer:

98	98
30	01
77	58

Berdasarkan pada gambar 3.3 di atas maka didapatkan nilai heksa sebagai berikut: 98, 98, 30, 01, 77, 58.

3.1 Penerapan Metode Transformasi Walsh-Hadamard

3.1.1 Proses Kompresi

Didalam melakukan kompresi terhadap file audio terdapat proses-proses perhitungan yang perlu diketahui, terlebih dahulu diambil sebuah nilai hekxa dengan ukuran 3x2. Proses perhitungan ini digunakan untuk mempermudah didalam menganalisa kemampuan dari setiap metode sejauh mana metode-metode yang digunakan bekerja dari segi kemampuan mengkompres file audio, dan seberapa cepat metode tersebut dapat mengkompres nilai hexa input. Untuk lebih jelasnya lihat proses perhitungan untuk metode walsh hadamard berikut ini.

$$\text{Input nilai hekxa} = \begin{vmatrix} 98 & 98 \\ 30 & 01 \\ 77 & 58 \end{vmatrix}$$

Langkah pertama gabungkan seluruh data seperti sebelumnya. Kemudian hitung nilai kernel dari nilai hekxa tersebut. Pertama sekali cari nilai b, untuk lebih jelasnya perhitungan kernel dari nilai hexadesimal tersebut dapat dilihat pada perhitungan berikut ini.

$$f(x) = 98 \ 98 \ 30 \ 01 \ 77 \ 58$$

$$N=6$$

$$n=3$$

$$b(0) = 000$$

$$b(1) = 001$$

$$b(2) = 010$$

$$b(3) = 011$$

Setelah nilai b diperoleh langkah selanjutnya cari nilai $g(x,u)$, nilai $g(x,u)$ inilah yang nantinya akan digunakan untuk membentuk kernel dari metode *walsh-hadamard*. Untuk lebih jelasnya lihat perhitungan berikut ini.

$$g(0,0) = (-1)^{(0)(0)+(0)(0)+(0)(0)} = -1^0 = 1$$

$$g(1,0) = (-1)^{(1)(0)+(0)(0)+(0)(0)} = -1^0 = 1$$

$$g(2,0) = (-1)^{(0)(0)+(1)(0)+(0)(0)} = -1^0 = 1$$

$$g(3,0) = (-1)^{(1)(0)+(1)(0)+(0)(0)} = -1^0 = 1$$

$$g(4,0) = (-1)^{(0)(0)+(0)(0)+(1)(0)} = -1^0 = 1$$

$$g(5,0) = (-1)^{(1)(0)+(0)(0)+(1)(0)} = -1^0 = 1$$

Lakukan perhitungan sampai $g(5,5)$, setelah dilakukan perhitungan pencarian kernel walsh-hadamard diperoleh hasilnya pada tabel 1. berikut ini.

Tabel 1. Hasil kernel walsh-hadamard

$u \setminus x$	0	1	2	3	4	5
0	1	1	1	1	1	1
1	1	-1	1	-1	1	-1
2	1	1	-1	-1	1	1
3	1	-1	-1	1	1	-1
4	1	1	1	1	-1	-1
5	1	-1	1	-1	-1	1

Setelah kernel terbentuk langkah selanjutnya yaitu memproses nilai data diikuti dengan nilai pada kernel $f(x) = (98\ 98\ 30\ 01\ 77\ 58)$. Transformasi walsh hadamard dari $f(x)$ tersebut dapat dihitung dengan cara berikut.

$$H(U=0) = (98+98+30+01+77+58)/6 = 60.33$$

$$H(U=1) = (98 - 98 + 30 - 01 + 77 - 58)/6 = 8$$

$$H(U=2) = (98+98 - 30 - 01 + 77 + 58)/6 = 50$$

$$H(U=3) = (98 - 98 - 30 + 01 + 77 - 58)/6 = -1.66$$

$$H(U=4) = (98+98+30+01-77-58)/6 = 15.33$$

$$H(U=5) = (98-98+30-01-77+58)/6 = 1.66$$

Dari perhitungan diatas Jika terdapat nilai 0, maka nilai 0 ini nantinya tidak akan disimpan. Hal ini dikarenakan file akan dilakukan kompresi.Untuk lebih jelasnya perhitungan rasio dari nilai input menggunakan metode walsh-hadamard adalah sebagai berikut. Yang dimana nilai asli dari file audio yang akan dikompres adalah 362 bit yang merupakan hasil dari penjumlahan nilai heksa (fx), dan nilai setelah dikompresi adalah 133,66 bit yang merupakan hasil dari nilai heksa yang sudah dikompresi menggunakan rumus algoritma transformasi walsh hadamard yang sudah ditentukan.

$$R = \frac{\text{Ukuran Asli} - \text{Ukuran Kompresi}}{\text{Ukuran Asli}} \times 100\%$$

$$R = \frac{362 - 133,66}{362} \times 100\% = 63,07\%$$

Jadi dari hasil perhitungan metode walsh-hadamard ini. Metode ini cocok digunakan untuk contoh kasus seperti diatas, hal ini disebabkan rasio kompresi dari metode ini jauh lebih tinggi yaitu sebesar 63.07%.

3.1.2 Proses Dekompreksi

Dalam melakukan proses kompreksi pastilah setelah itu dilakukan proses dekompreksi ulang, proses dekompreksi dilakukan untuk mengembalikan file kebentuk aslinya dengan menggunakan metode yang sama pada saat melakukan kompreksi terhadap file tersebut. proses dekompreksi pada file hasil kompreksi menggunakan metode walsh-hadamard dan masih menggunakan kernel hadamard seperti sebelumnya. Data dari proses kompreksi sebelumnya adalah sebagai berikut. $f(x) = (60.33, 8, 50, -1.66, 15.33, 1.66)$

Langkah selanjutnya lakukan proses dekompreksi ulang dengan memanfaatkan kernal yang ada. Untuk lebih jelasnya mengenai perhitungan dekompreksi walsh hadamard ini dapat dilihat pada hasil perhitungan berikut ini.

$$H(u=0) = (60.33 + 8 + 50 + (-1.66) + 15.33 + 1.66)/6 = 22.27$$

$$H(u=1) = (60.33 - 8 + 50 - (-1.66) + 15.33 - 1.66)/6 = 19.61$$

$$H(u=2) = (60.33 + 8 - 50 - (-1.66) + 15.33 + 1.66)/6 = 6.16$$

$$H(u=3) = (60.33 - 8 - 50 + (-1.66) + 15.33 - 1.66)/6 = 2.39$$

$$H(u=4) = (60.33 + 8 + 50 + (-1.66) - 15.33 - 1.66)/6 = 16.61$$

$$H(u=5) = (60.33 - 8 + 50 - (-1.66) - 15.33 + 1.66)/6 = 15.05$$

Dari hasil dekompreksi diperoleh nilai-nilai sebagai berikut dan juga disertakan nilai asli dari file audio tersebut sebagai perbandingan.

Hasil Dekompreksi = 22.27, 19.61, 6.16, 2.39, 16.61, 15.05

Nilai Asli = 98 98 30 01 77 58

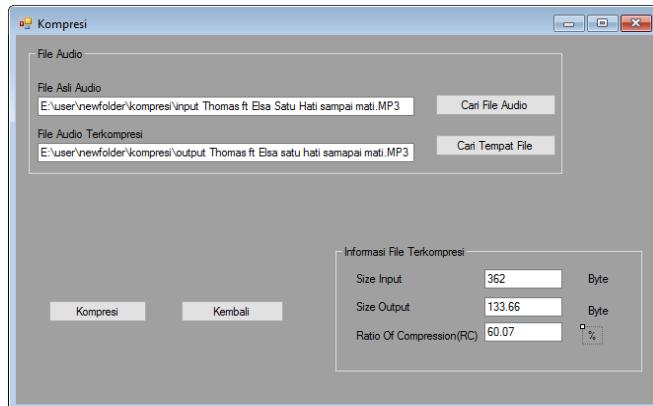
Dari hasil dekompreksi menggunakan metode walsh-hadamard diperoleh bahwa nilai tersebut mengalami kehilangan data hal ini disebabkan metode kompreksi walsh-hadamard bersifat lossy yang artinya metode ini mengizinkan terjadinya kehilangan data pada saat proses kompreksi terhadap file audio tersebut. Jadi dapat disimpulkan bahwa metode walsh-hadamard ini tidak cocok untuk diterapkan pada citra digital, karena metode walsh-hadamard ini menyebabkan terjadinya kehilangan data terhadap file yang dikompresi.

3.2 Implementasi

Impelementasi merupakan lanjutan dari tahap analisa pada keadaan sebenarnya, sehingga dapat diketahui apakah aplikasi yang dibuat dapat menghasilkan tujuan yang di inginkan atau tidak. Pada bagian ini akan diberikan gambaran mengenai implementasi parangkat lunak kompresi.

a. Proses Kompreksi

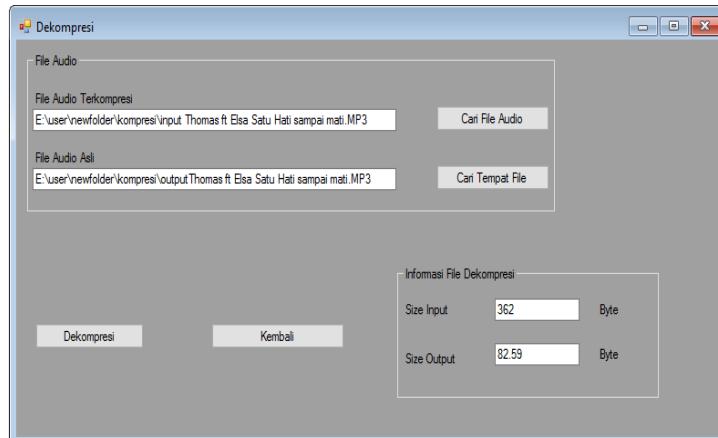
Pada proses kompreksi hal pertama yang dilakukan adalah mencari file input atau file audio yang akan dikompresi, kemudian mencari lokasi tempat penyimpanan file audio yang sudah terkompresi, selanjutnya menekan tombol button kompreksi untuk memulai proses kompreksi sampai muncul seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Proses Kompresi

b. Proses Dekompreksi

Pada proses dekompreksi hal pertama yang dilakukan adalah mencari file input atau file audio yang akan didekompreksi, kemudian mencari lokasi tempat penyimpanan file gambar yang sudah terdekompreksi, selanjutnya menekan tombol button dekompreksi untuk memulai proses dekompreksi sampai muncul seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses Dekompreksi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, kesimpulan yang saya ambil dari penelitian dengan menggunakan algoritma Transformasi Walsh Hadamard dalam melakukan kompresi yaitu, berdasarkan prosedur kompresi dengan menggunakan algoritma Transformasi Walsh Hadamard telah berhasil melakukan proses kompresi file audio berformat MP3 sehingga proses kompresi dapat berjalan sesuai dengan teknik kompresi. Berdasarkan menerapkan algoritma Transformasi Walsh Hadamard telah membuktikan bahwa suatu file audio yang memiliki ukuran cukup besar dapat dikompresi menjadi ukuran yang lebih kecil dari ukuran sebelum dikompresi, sehingga cocok digunakan untuk mengkompresi file audio dengan walsh hadamard. Kompresi file audio dapat dirancang dan dibangun menggunakan software Microsoft Visual Basic Studio 2008 dengan menerapkan algoritma Transformasi Walsh Hadamard sehingga dapat memudahkan penulis dalam mengkompresi ukuran file audio.

REFERENCES

- [1] A. Transformasi and W. Hadamard, "Perancangan Aplikasi Kompresi Citra Menggunakan," pp. 33–39, 2017.
- [2] Sembiring Sandro, "Perancangan Aplikasi Steganografi Untuk Menyisipkan Pesan Teks Pada Gambar Dengan Metode End of File," *Pelita Inform. Budi Darma*, vol. IV, no. Agustus, pp. 45–51, 2013.
- [3] R. D. Pratiwi, S. D. Nasution, and F. Fadlina, "PERANCANGAN APLIKASI KOMPRESI FILE TEKS DENGAN MENERAPKAN ALGORITMA FIXED LENGTH BINARY ENCODING (FLBE)," *J. MEDIA Inform. BUDIDARMA*, vol. 2, no. 1, pp. 10–14, Jan. 2018, doi: 10.30865/mib.v2i1.813.
- [4] P. Masyarakat, T. Tayangan, and S. Kopi, "Universitas Sumatera Utara - Campak," no. x, pp. 84–90, 2017.
- [5] T. P. Sari, S. D. Nasution, and R. K. Hondro, "PENERAPAN ALGORITMA LEVENSTEIN PADA APLIKASI KOMPRESI FILE MP3," *KOMIK (Konferensi Nas. Teknol. Inf. dan Komputer)*, vol. 2, no. 1, Oct. 2018, doi: 10.30865/komik.v2i1.946.
- [6] R. A.S and S. M., *Modul Pembelajaran Rekayasa Perangkat Lunak (Terstruktur dan Berorientasi Obyek)*. 2013.
- [7] A.K dan A.Su.santo, *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta:ANDI, 2013.

- [8] Rosa A.S and M.Shalahuddin, *Rekayasa Perangkat Lunak*. Bandung INFORMATIKA Bandung, 2014.
- [9] A.P. Aditya, *Dasar-Dasar Pemrograman Database Dekstop Dengan Visual Basic.Net 2008*. Jakarta:PT.Elex Media Komputindo, 2013.