

Perbandingan Algoritma *Run Length Encoding* (RLE) dan Algoritma *Variable Length Binary Encoding* (VLBE) dalam Mengkompresi *File* Video Untuk Menghemat Penyimpanan

Nur Adillah Siregar^{1✉}, Yusuf Ramadhan Nasution², Armansyah³

^{1, 2, 3} Ilmu Komputer, Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 22-07-2023

Direvisi : 06-08-2023

Diterima : 09-08-2023

Kata Kunci:

Kompresi, RLE, VLBE

Keywords :

Compression, RLE, VLBE

ABSTRAK

Kompresi dilakukan guna membuat ukuran *file* tersebut lebih kecil. Algoritma merupakan urutan langkah-langkah yang bertujuan untuk menyelesaikan suatu persoalan. Pada penelitian ini menggunakan algoritma *Run Length Encoding* (RLE) dan algoritma *Variable Length Binary Encoding* (VLBE). Format *file* video yang dalam penelitian ini adalah .avi dan .mp4 dan menggunakan *Microsoft Visual Studio* dengan bahasa pemrograman C# berbasis *desktop*. Hasil dari penelitian ini adalah *file* yang video yang telah dikompresi akan memperlihatkan performanya dan parameter perbandingan berdasarkan *Ratio of Compression* (RC), *Compression Ratio* (CR), dan *Redudancy* (RD) diantara algoritma *Run Length Encoding* (RLE) dan algoritma *Variable Length Binary Encoding* (VLBE). Dengan permasalahan tersebut penulis ingin membuat suatu penelitian skripsi yang berjudul 'Perbandingan Algoritma *Run Length Encoding* (RLE) Dan Algoritma *Variable Length Binary Encoding* (VLBE) Dalam Mengkompresi *File* Video Untuk Menghemat Penyimpanan'.

ABSTRACT

Compression is done to make the file size smaller. An algorithm is a sequence of steps that aim to solve a problem. This study uses the Run Length Encoding (RLE) algorithm and the Variable Length Binary Encoding (VLBE) algorithm. The video file formats in this study are .avi and .mp4 and use Microsoft Visual Studio with the desktop-based C# programming language. The results of this study are compressed video files that will show their performance and comparison parameters based on the Ratio of Compression (RC), Compression Ratio (CR), and Redundancy (RD) between the Run Length Encoding (RLE) algorithm and the Variable Length Binary Encoding algorithm. (VLBE). With these problems the author wants to make a thesis research entitled 'Comparison of the Run Length Encoding (RLE) Algorithm and the Variable Length Binary Encoding (VLBE) Algorithm in Compressing Video Files to Save Storage'.

Corresponding Author :

Nur Adillah Siregar

Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
Jl. Lap. Golf, Kp. Tengah, Kec. Pancur Batu, Kab. Deli Serdang, Kota Medan, Sumatera Utara

Email: nuradillahsiregar0710@gmail.com

PENDAHULUAN

Kompresi dilakukan guna membuat ukuran *file* tersebut lebih kecil, sehingga tidak memakan banyak ruang penyimpanan. Kompresi merupakan proses yang dilakukan dalam

kegiatan yang bertujuan mengubah *file* besar menjadi *file* yang lebih kecil dari sebelumnya (aslanya) (Pu, 2005). Penyimpanan (*storage*) merupakan tempat yang dipergunakan guna menyimpan data (*file*) jangka panjang ataupun pendek yang diolah oleh komputer (Fahrizal, 2017). Maka dari itu dibutuhkan ruang penyimpanan (*storage*) yang dapat menampung banyak *file*, walaupun ukuran *file* yang besar. *File* video merupakan media audio visual yang memperlihatkan gambar serta suara yang bisa membuat objek bergerak secara bersamaan dengan suara (Melinda et al., 2018). *File* video mempunyai dua ukuran, yaitu resolusi serta *bitrate* (*bandwidth*). Jika resolusi serta *bitrate* makin besar makadari itu ukuran *file* video tentu semakin besar pula. Oleh karena itu, penulis ingin melakukan kompresi *file* video ini dilakukan menggunakan beberapa algoritma yang mendukung pemrosesan kompresi. Diketahui bahwa algoritma merupakan urutan langkah-langkah yang bertujuan untuk menyelesaikan suatu persoalan (Munir, 2016). Algoritma yang baik itu adalah "jika untuk setiap *inputnya* (masukan) menghasilkan *output* (keluaran) yang benar pula"(Kurniadi, 2011).

Algoritma pada kompresi ada beberapa diantaranya adalah algoritma *Run Length Encoding* (RLE) dan algoritma *Variable Length Binary Encoding* (VLBE). Algoritma RLE merupakan algoritma dengan kompresi *file* yang sungguh mudah diterapkan serta memiliki kecepatan yang tinggi dalam melakukan eksekusi. Algoritma RLE beroperasi dengan memperkecil ukuran *file* secara fisik, dimana kode-kode yang berulang akan direduksi dengan pengkodean yang lebih singkat (Sinaga et al., 2018). Dikerjakan dengan cara membuat seluruh baris citra menjadi baris *run*, kemudian menghitung panjang baris untuk setiap derajat keabuan yang berurutan (Dimyati, 2018). Langkah-langkah melakukan kompresi menggunakan algoritma RLE adalah sebagai berikut : 1. Beri penanda pada data yang dikompresi. 2. Menambahkan deretan bit yang menyatakan jumlah dari nilai data yang berurutan. 3. Menambahkan deretan bit yang memperlihatkan karakter yang berulang. 4. Konversikan semua data kompresi. Untuk nomor 2 dan 3 boleh dilakukan dari nomor 2 ke 3 atau pun sebaliknya 3 ke 2. Karena hasil akhirnya sama saja. Misalnya AAABBBBBCAADDDDD sebanyak 16 digit, dikompresi dengan menggunakan algoritma RLE maka hasilnya adalah #3A#2B#4C#2A#5D.

Algoritma VLBE merupakan algoritma kompresi *file* dengan mengkodekan setiap karakter lalu mengurutkan karakternya berdasarkan frekuensi serta juga disortir dengan stabil hingga membentuk menjadi beberapa rangkaian bit (Lubis, 2018).

Tabel 1. Kode VLBE. Sumber: (D. Salomon, 2007)

N	Kode VLBE
1	0
2	10
3	110
4	1110
5	11110
6	111110
7	1111111

Bahasa pemrograman C# ialah salah satu bahasa pemrograman yang digemari karena sederhana serta mudah dipelajari. Bahasa C# gabungan dari bahasa C, C++, serta Java). C# bersifat *case sensitive*, besar kecil huruf sangat berpengaruh (Aziz, Abdul, 2021). *Microsoft Visual Studio* ini adalah *Integrated Development Environment* (IDE) lingkungan pengembangan terpadu oleh *Microsoft*. *Microsoft Visual Studio* adalah *software* yang lengkap yang bisa mengembangkan aplikasi komputer, web, dan *mobile* (Blazing, 2018). Parameter yang digunakan dalam penelitian ini ialah :

a. *Ratio of Compression* (RC)

$$RC = \frac{\text{ukuran sebelum dikompresi}}{\text{ukuran sesudah dikompresi}} \quad (1)$$

b. *Compression Ratio* (CR)

$$RC = \frac{\text{ukuran sesudah dikompresi}}{\text{ukuran sebelum dikompresi}} \times 100 \quad (2)$$

c. *Redudancy* (RD)

$$RD = 100 \% - CR \quad (3)$$

Keterangan :

- (1) Perbandingan ukuran *file* sebelum dikompresi dengan ukuran *file* sesudah dikompresi.
- (2) Persentase antara ukuran *file* yang sudah dikompresi yang mana hasilnya didapat dari ukuran *file* yang sudah dikompresi dengan ukuran *file* yang belum dikompresi.
- (3) Persentase selisih antara *file* yang sebelum dikompresi dengan *file* yang sudah dikompresi (penyimpanan yang berhasil dikurangi) (D. G. M. Salomon, 2010).

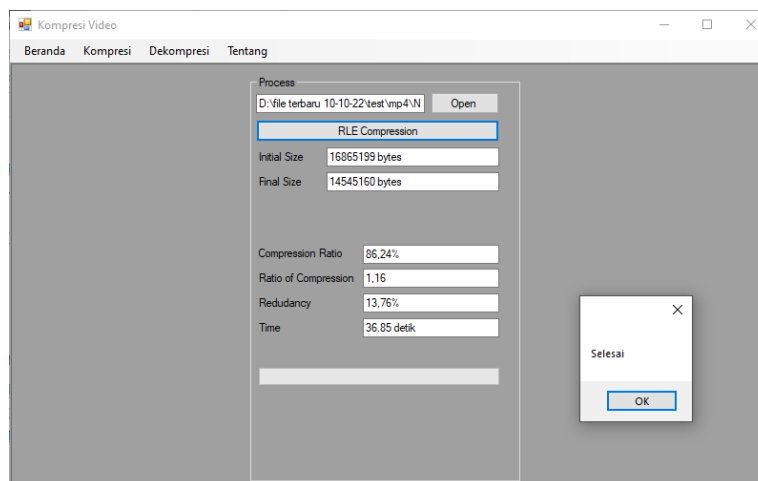
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan. Cara kerja pada sistem memakai *Microsoft Visual Studio* dengan bahasa pemrograman C# berbasis *desktop* dengan format *file* video yang dalam penelitian ini adalah .avi dan .mp4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Kompresi RLE

Kompresi RLE Dengan Format .mp4 dengan *file* video 'NUSSA - JUM'AT HARI RAYA 1 mp4'



Gambar 1. Kompresi RLE Dengan Format .mp4

Dimana *initial* sizenya 16865199 *bytes* dan *final* sizenya 14545160 *bytes* dan waktu kompresinya 36,85 detik. Maka hasil kompresi video dengan format .mp4 pada gambar 1 dengan menggunakan algoritma RLE bisa dihitung kinerja parameter perbandingan kompresinya, yakni :

a. *Ratio of Compression* (RC)

$$RC = \frac{\text{ukuran sebelum dikompresi}}{\text{ukuran sesudah dikompresi}} = \frac{16865199}{14545160} = 1,159505911$$

$$= 1,16$$

b. *Compression Ratio (CR)*

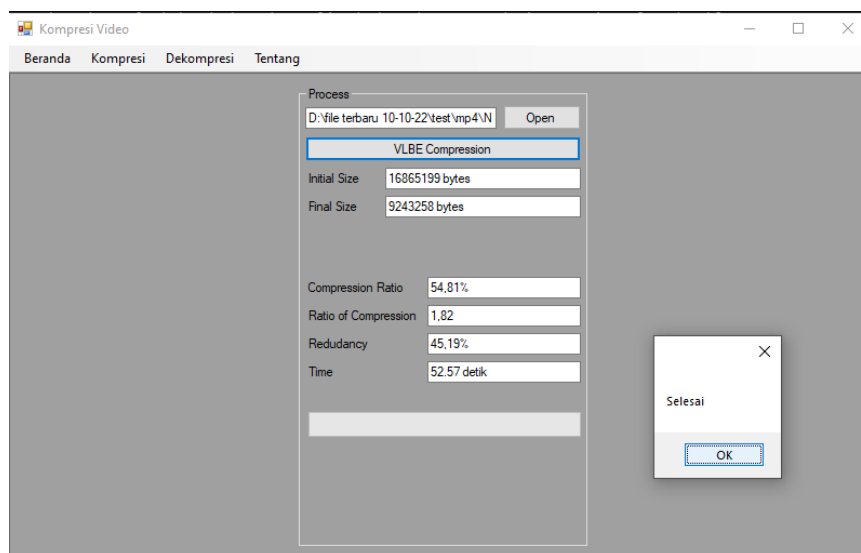
$$RC = \frac{\text{ukuran sesudah dikompresi}}{\text{ukuran sebelum dikompresi}} \times 100 = \frac{14545160}{16865199} \times 100 \% = 86,24363104 \% \\ = 86,24 \%$$

c. *Redudancy (RD)*

$$RD = 100 \% - CR \\ = 100 \% - 86,24 \% \\ = 13,76 \%$$

2. Pengujian Kompresi VLBE

Kompresi VLBE Dengan Format .mp4 dengan *file* video 'NUSSA - JUM'AT HARI RAYA 1 mp4'



Gambar 2. Kompresi VLBE Dengan Format .mp4

Dimana *initial* sizenya 16865199 *bytes* dan *final* sizenya 9243258 *bytes* dan waktu kompresinya 52,57 detik. Maka hasil kompresi video dengan format .mp4 pada gambar 2 dengan menggunakan algoritma VLBE bisa dihitung kinerja parameter perbandingan kompresinya, yakni :

a. *Ratio of Compression (RC)*

$$RC = \frac{\text{ukuran sebelum dikompresi}}{\text{ukuran sesudah dikompresi}} = \frac{16865199}{9243258} = 1,82459464 \\ = 1,82$$

b. *Compression Ratio (CR)*

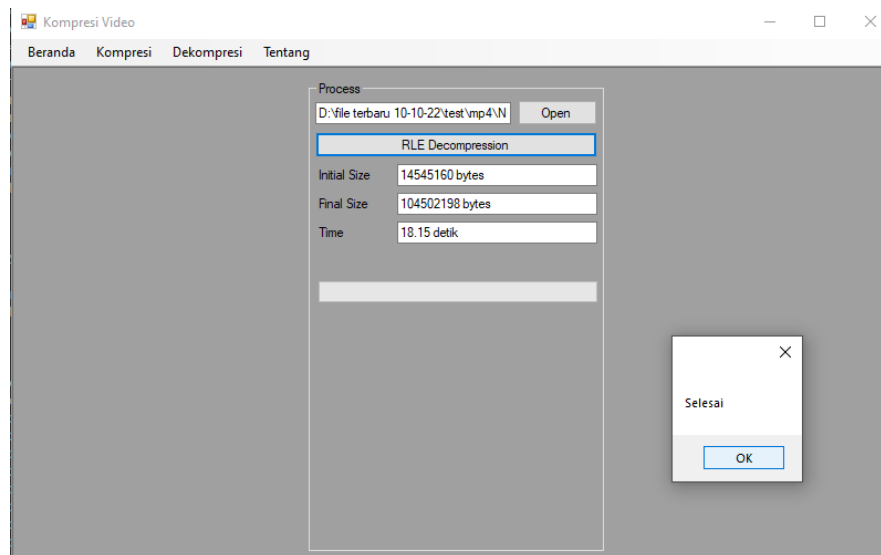
$$RC = \frac{\text{ukuran sesudah dikompresi}}{\text{ukuran sebelum dikompresi}} \times 100 = \frac{9243258}{16865199} \times 100 \% = 54,80669395 \% \\ = 54,81 \%$$

c. *Redudancy (RD)*

$$RD = 100 \% - CR \\ = 100 \% - 54,81 \% \\ = 45,19 \%$$

3. Pengujian Dekompresi RLE

Dekompresi RLE Dengan Format .mp4 dengan *file* video 'NUSSA - JUM'AT HARI RAYA 1 mp4'

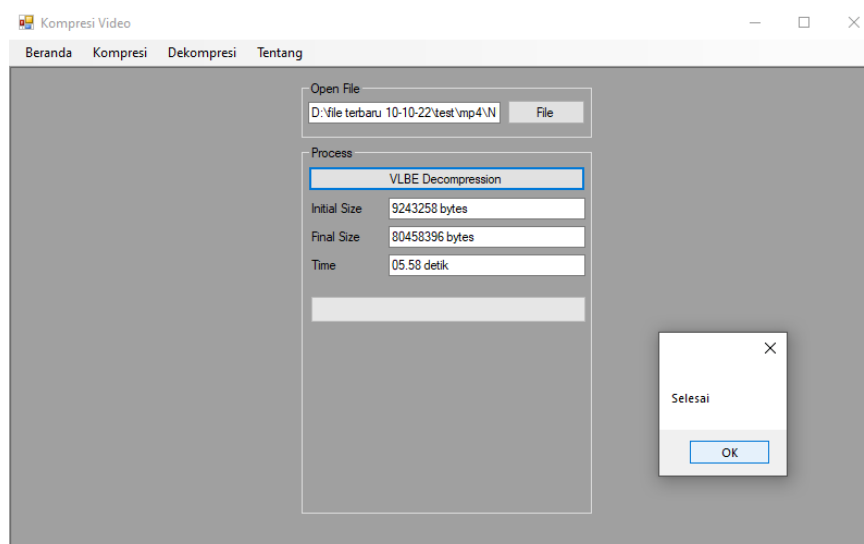


Gambar 3. Dekompresi RLE Dengan Format .mp4

Dimana *initial sizenya* 14545160 *bytes* dan *final sizenya* 104502198 *bytes* dan waktu dekompresinya 18,15 detik.

4). Pengujian Dekompresi VLBE

Dekompresi VLBE Dengan Format .mp4 dengan *file* video 'NUSSA - JUM'AT HARI RAYA 1 mp4'



Gambar 4. Dekompresi VLBE Dengan Format .mp4

Dimana *initial sizenya* 9243258 *bytes* dan *final sizenya* 80458396 *bytes* dan waktu dekompresinya 05,58 detik.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kompresi Video Format .avi Algoritma RLE Dan Algoritma VLBE

Algoritma	Nama File	Sebelum Dikompresi (MB)	Sesudah Dikompresi (MB)	CR (%)	RC	RD (%)	Waktu Kompresi (Detik)
RLE	Sang Dewi 1 avi	30,7	42,0	137	0,73	-37	40,24
	Beruang Es Yang Baik avi	28,2	33,9	120,54	0,83	-20,54	21,44
	inspirasi avi	24,4	19,3	78,9	1,27	21,1	17,88
	Jadoo Menjadi Dewasa avi	22,8	30,5	133,95	0,75	-33,95	44,99
	NUSSA - JUM'AT HARI RAYA 1 avi	16,0	11,8	73,69	1,36	26,31	11,82
	Pramuka 1 avi	14,7	35,7	241,97	0,41	-141,97	31,51
	BLACKPINK WORLD TOUR avi	12,7	10,4	81,85	1,22	18,15	06,48
	Peran Internet Dalam Masa Pandemi Covid-19 avi	12,2	20,9	171,49	0,58	-71,49	14,68
	manggang-manggang avi	5,55	4,86	87,57	1,14	12,43	01,87
	video 1 (2) avi	4,17	2,78	66,78	1,5	33,22	01,65
	Rata-rata		21,214	119,374	0,979	-19,374	19,256
	Sang Dewi 1 avi	30,7	28,5	93,03	1,07	6,97	08,44
	Beruang Es Yang Baik avi	28,2	23,1	82,09	1,22	17,91	31,56
	inspirasi avi	24,4	17,3	70,77	1,41	29,23	32,75
VLBE	Jadoo Menjadi Dewasa avi	22,8	17,9	78,64	1,27	21,36	03,70
	NUSSA - JUM'AT HARI RAYA 1 avi	16,0	8,95	55,70	1,80	44,30	06,93
	Pramuka 1 avi	14,7	14,2	96,22	1,04	3,78	17,76
	BLACKPINK WORLD TOUR avi	12,7	8,44	66,39	1,51	33,61	37,79
	Peran Internet Dalam Masa Pandemi Covid-19 avi	12,2	7,76	63,59	1,57	36,41	19,27
	manggang-manggang avi	5,55	5,35	96,52	1,04	3,48	44,29
	video 1 (2) avi	4,17	3,39	81,26	1,23	18,74	38,93
	Rata-rata		13,489	78,421	1,316	21,579	24,142

Pengujian kompresi video format .avi menggunakan algoritma RLE didapatkan rata-rata sebesar 21,214 MB, CR 119,374 %, RC 0,978, RD -19,374 % dan waktu kompresi 19,256 detik, sedangkan untuk kompresi video format .avi menggunakan algoritma VLBE didapatkan rata-rata sebesar 13,489 MB, CR 78,421 %, RC 1,316, RD 21,579 % dan waktu kompresi 24,142 detik.

Tabel 3. Hasil Pengujian Dekompresi Video Format .avi Algoritma RLE Dan Algoritma VLBE

Algoritma	Nama File	Sebelum Dikompresi (MB)	Dikompresi (MB)	Dekompresi (MB)	Waktu Dekompresi (MB)
RLE	Sang Dewi 1 avi	30,7	42,0	211	34,34
	Beruang Es Yang Baik avi	28,2	33,9	124	45,99
	inspirasi avi	24,4	19,3	79,5	15,01
	Jadoo Menjadi Dewasa avi	22,8	30,5	84,9	19,71
	NUSSA - JUM'AT HARI RAYA 1 avi	16,0	11,8	40,3	02,25
	Pramuka 1 avi	14,7	35,7	72,9	41,59
	BLACKPINK WORLD TOUR avi	12,7	10,4	48,9	11,48
	Peran Internet Dalam Masa Pandemi Covid-19 avi	12,2	20,9	35,4	27,13
	manggang-manggang avi	5,55	4,86	28,8	55,23
	video 1 (2) avi	4,17	2,78	16,9	44,88
	Rata-rata			74,26	29,761
	Sang Dewi 1 avi	30,7	28,5	346	14,14
	Beruang Es Yang Baik avi	28,2	23,1	142	33,84
	inspirasi avi	24,4	17,3	189	53,65
VLBE	Jadoo Menjadi Dewasa avi	22,8	17,9	52,0	15,08
	NUSSA - JUM'AT HARI RAYA 1 avi	16,0	8,95	76,8	58,43
	Pramuka 1 avi	14,7	14,2	59,1	23,39
	BLACKPINK WORLD TOUR avi	12,7	8,44	82,8	05,47
	Peran Internet Dalam Masa Pandemi Covid-19 avi	12,2	7,76	42,6	29,40
	manggang-manggang avi	5,55	5,35	62,3	49,63
	video 1 (2) avi	4,17	3,39	40,7	46,13
	Rata-rata			109,33	32,916

Pengujian dekomposisi video format .avi menggunakan algoritma RLE didapatkan rata-rata sebesar 74,26 MB dan waktu dekomposisi 29,761 detik, sedangkan untuk dekomposisi video format .avi menggunakan algoritma VLBE didapatkan rata-rata sebesar 109,33 MB dan waktu dekomposisi 32,916 detik.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kompresi Video Format .mp4 Algoritma RLE Dan Algoritma VLBE

Algoritma	Nama File	Sebelum Dikompresi (MB)	Sesudah Dikompresi (MB)	CR (%)	RC	RD (%)	Waktu Kompresi (Detik)
	Sang Dewi 1 mp4	30,7	45,7	149,01	0,67	-49,01	06,79
	Beruang Es Yang Baik mp4	28,2	32,9	116,72	0,86	-16,72	20,43
	inspirasi mp4	24,4	26,1	107,03	0,93	-7,03	59,52
	Jadoo Menjadi Dewasa mp4	22,8	21,5	94,15	1,06	5,85	19,84
	NUSSA - JUM'AT HARI RAYA 1 mp4	16,0	13,8	86,24	1,16	13,76	36,85

Algoritma	Nama File	Sebelum Dikompresi (MB)	Sesudah Dikompresi (MB)	CR (%)	RC	RD (%)	Waktu Kompresi (Detik)
RLE	Pramuka 1 mp4	14,7	17,6	119,59	0,84	-19,59	06,92
	BLACKPINK WORLD TOUR mp4	12,7	13,2	103,82	0,96	-3,82	29,10
	Peran Internet Dalam Masa Pandemi Covid-19 mp4	12,2	10,7	87,82	1,14	12,18	40,61
	manggang-manggang mp4	5,55	8,36	150,59	0,66	-50,59	10,05
	video 1 (2) mp4	4,17	5,10	122,23	0,82	-22,23	09,49
	Rata-rata		19,496	113,72	0,91	-13,72	23,96
	Sang Dewi 1 mp4	30,7	28,4	92,57	1,08	7,43	46,97
	Beruang Es Yang Baik mp4	28,2	23,0	81,64	1,22	18,36	09,21
	inspirasi mp4	24,4	17,1	70,08	1,43	29,92	21,92
	Jadoo Menjadi Dewasa mp4	22,8	17,7	77,66	1,29	22,34	14,63
	NUSSA - JUM'AT HARI RAYA 1 mp4	16,0	8,81	54,81	1,82	45,19	52,57
VLBE	Pramuka 1 mp4	14,7	13,9	94,18	1,06	5,82	37,87
	BLACKPINK WORLD TOUR mp4	12,7	8,41	66,14	1,51	33,86	03,83
	Peran Internet Dalam Masa Pandemi Covid-19 mp4	12,2	7,68	63,00	1,59	37,00	26,15
	manggang-manggang mp4	5,55	5,33	96,17	1,04	3,83	38,94
	video 1 (2) mp4	4,17	3,33	79,97	1,25	20,03	45,45
	Rata-rata		13,366	77,622	1,329	22,378	29,754

Pengujian kompresi video format .mp4 menggunakan algoritma RLE didapatkan rata-rata sebesar 19,496 MB, CR 113,72 %, RC 0,91, RD -13,72 % dan waktu kompresi 23,96 detik, sedangkan untuk kompresi video format .mp4 menggunakan algoritma VLBE didapatkan rata-rata sebesar 13,366 MB, CR 77,622 %, RC 1,329, RD 22,378 % dan waktu kompresi 29,754 detik.

Tabel 5. Hasil Pengujian Dekompresi Video Format .mp4 Algoritma RLE Dan Algoritma VLBE

Algoritma	Nama File	Sebelum Dikompresi (MB)	Dikompresi (MB)	Dekompresi (MB)	Waktu Dekompresi (MB)
	Sang Dewi 1 mp4	30,7	45,7	553	19,20
	Beruang Es Yang Baik mp4	28,2	32,9	170	55,96
	inspirasi mp4	24,4	26,1	254	33,64

RLE	Jadoo Menjadi Dewasa mp4	22,8	21,5	64,2	42,59
	NUSSA - JUM'AT HARI RAYA 1 mp4	16,0	13,8	99,6	18,15
	Pramuka 1 mp4	14,7	17,6	64,4	28,62
	BLACKPINK WORLD TOUR mp4	12,7	13,2	111	09,08
	Peran Internet Dalam Masa Pandemi Covid-19 mp4	12,2	10,7	52,1	16,03
	manggang-manggang mp4	5,55	8,36	77,3	54,60
	video 1 (2) mp4	4,17	5,10	47,7	23,76
	Rata-rata			149,33	30,163
	Sang Dewi 1 mp4	30,7	28,4	346	45,13
	Beruang Es Yang Baik mp4	28,2	23,0	142	22,72
VLBE	inspirasi mp4	24,4	17,1	189	49,48
	Jadoo Menjadi Dewasa mp4	22,8	17,7	51,8	38,41
	NUSSA - JUM'AT HARI RAYA 1 mp4	16,0	8,81	76,7	05,58
	Pramuka 1 mp4	14,7	13,9	58,8	55,73
	BLACKPINK WORLD TOUR mp4	12,7	8,41	82,7	04,69
	Peran Internet Dalam Masa Pandemi Covid-19 mp4	12,2	7,68	42,5	09,67
	manggang-manggang mp4	5,55	5,33	62,3	13,78
	video 1 (2) mp4	4,17	3,33	40,7	14,35
	Rata-rata			109,25	25,954

Pengujian dekompresi video format .mp4 menggunakan algoritma RLE didapatkan rata-rata sebesar 149,33 MB dan waktu dekompresi 30,163 detik, sedangkan untuk dekompresi video format .mp4 menggunakan algoritma VLBE didapatkan rata-rata sebesar 109,25 MB dan waktu dekompresi 25,954 detik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Algoritma RLE format .avi berhasil mengkompresi 5 *file* video, dan algoritma VLBE berhasil mengkompresi semua *file* video yang diuji (10 *file*). Sedangkan algoritma RLE format .mp4 berhasil mengkompresi sebanyak 3 *file* video, dan algoritma VLBE berhasil mengkompresi semua *file* video yang diuji (10 *file*). Pengujian dari kedua algoritma dan kedua format *file* video tersebut lebih baik menggunakan algoritma VLBE, karena hasil dari algoritma RLE CRnya diatas 100, RC hasil awalnya 0 dan RD hasilnya negatif (-) yang berarti hasil kompresinya lebih besar dari *file* sebelum dikompresi. Dan hasil dari dekompresi kedua algoritma dan kedua format video tersebut, lebih besar hasil dekompresi menggunakan algoritma RLE dibandingkan menggunakan algoritma VLBE serta ukuran *file* video kedua format dan kedua algoritma tersebut lebih besar hasil dekompresi dari pada *file* sebelum dilakukannya kompresi. Kualitas

tampilan video kompresi dan dekompresi dengan format .avi menggunakan algoritma RLE kurang bagus, sedangkan kompresi dan dekompresi dengan format .avi menggunakan algoritma VLBE bagus seperti *file* aslinya. Sedangkan untuk kualitas tampilan video kompresi dan dekompresi dengan format .mp4 kedua algoritma tersebut bagus seperti *file* aslinya. Hasil kompresi dan dekompresi menggunakan kedua algoritma dan kedua format tersebut tidak mempengaruhi durasi *file* video dan suara dari *file* video asli. Video dengan ukuran MB yang besar tidak dapat diproses dikarenakan spesifikasi laptop yang kurang memadai.

Saran

Penulis sadar penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, karena hal tersebut penulis berharap penelitian ini bisa dikembangkan guna penelitian kedepannya. Beberapa saran yang bisa dipertimbangkan untuk penelitian yang akan datang yaitu melakukan kompresi video dengan format selain .avi dan .mp4 seperti .mkv, .wmv dan lain-lain, serta menggunakan bahasa pemrograman selain C# dan menggunakan algoritma selain RLE dan VLBE. Dan juga menggunakan spesifikasi laptop yang lebih *update* dan lebih bagus, juga menggunakan platform selain desktop seperti web maupun *mobile*.

REFERENSI

- Aziz, Abdul, dkk. (2021). *Pemrograman Visual dengan C# dan Devexpress Buku 1*. Banyumas: Zahira Media Publisher.
- Blazing, A. (2018). *Pemrograman Windows Dengan Visual Basic.Net: Praktikum Pemrograman VB*. kliksolusi.com.
- Dimyati, L. K. H. (2018). *Perbandingan Hasil Kompresi Video Dengan Menggunakan Algoritma Run Length Encoding (RLE) Dan Huffman*. Skripsi. Universitas Islam Sultan Agung.
- Fahrizal, R. A. (2017). *Perbandingan Nilai Efektivitas Antara Virtual Storage Dengan Physical Storage*. Doctoral Dissertation. Bandung: Universitas Pasundan.
- Kurniadi, I. (2011). *Logika Dan Algoritma Dasar Menggunakan Bahasa C++*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Lubis, D. R. P. (2018). *Kompresi File Teks Dengan Hybrid Algoritma Run Length Encoding Dengan Even Rodeh Code Dan Variable Length Binary Encoding Untuk Menghemat Ruang Penyimpanan*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Melinda, V. A., Nyoman, I., Degeng, S., & Kuswandi, D. (2018). Pengembangan Media Video Pembelajaran Ips Berbasis Virtual Field Trip (Vft) Pada Kelas V Sdnu Kraton-Kencong. *JINOTEP (Jurnal Inovasi Dan Teknologi Pembelajaran): Kajian Dan Riset Dalam Teknologi Pembelajaran*, 3(2), 158–164.
- Munir, R. L. L. (2016). *Algoritma Dan Pemrograman : Dalam Bahasa Pascal, C, C++* (6th ed.). Bandung: Informatika.
- Pu, I. M. (2005). *Fundamental Data Compression*. Belanda: Elsevier Science.
- Salomon, D. (2007). *Data Compression : The Complete Reference*. New York: Springer.
- Salomon, D. G. M. (2010). *Handbook of Data Compression* (Fifth Edition). New York: Spinger.
- Sinaga, H., Sihombing, P., & Handrizal, H. (2018). Perbandingan Algoritma Huffman dan Run Length Encoding Untuk Kompresi File Audio. *Talenta Conference Series: Science and Technology (ST)*, 1(1), 10–15.