

Perancangan Aplikasi Kompresi File Video Menggunakan Algoritma SPIHT (Set Partioning In Hirarcical Tress)

Rita Megawati Siburian*, Mesran, Henry K Siburian

Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Budi Darma Medan, Indonesia
Email: rita.siburian160033@gmail.com
Email Penulis Korespondensi: rita.siburian160033@gmail.com

Abstrak-File video memiliki kapasitas yang cukup besar, dan untuk mengaksesnya dibutuhkan waktu yang lama, sehingga dibutuhkan sebuah teknik kompresi data. Dalam hal ini file video akan dikompresi dengan menggunakan algoritma SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees), SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees) merupakan algoritma kompresi file video yang mampu mencapai rasio kompresi yang tinggi. Permasalahan yang lahir karena besarnya ukuran file antara lain adalah borosnya media penyimpanan yang digunakan, serta memakan waktu lebih banyak dalam hal pertukaran data, transfer data melalui jaringan internet menjadi masalah besar di Indonesia karena kecepatan download dan upload yang sangat rendah. Untuk mengatasi masalah tersebut maka diperlukan teknik kompresi data. Konsep kompresi lahir sebagai solusi nyata dari permasalahan mengenai besarnya ruang yang dibutuhkan untuk menyimpan berbagai macam file digital, tidak terkecuali dengan file video berformat MKV (Matroska Video). Teknik kompresi merupakan teknik yang memadatkan isi file sehingga ukurannya menjadi lebih kecil dengan tetap menjaga kualitas representasi dari file tersebut. Melalui proses kompresi file video berformat MKV (Matroska video) menggunakan algoritma SPIHT (Set Partioning In Hirarcical Tress) diharapkan kedepannya sistem kompresi ini dapat berpengaruh besar terhadap penyimpanan file video dan dapat lebih menghemat ruang penyimpanan dan juga diharapkan algoritma ini dapat digunakan kepada objek lain yang akan dikompresi.

Kata Kunci: Kompresi; Algoritma Set Partioning In Hirarcical Tress; File video.

Abstract-Video files have a large enough capacity, and to access them takes a long time, so a data compression technique is needed. In this case the video file will be compressed using the SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees) algorithm, SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees) is a video file compression capable of achieving a high compression ratio. Problems that arise due to the large file size include the wasteful storage media used, as well as more time in terms of data exchange, data transfer over the internet is a big problem in Indonesia because of the very low download and upload speeds. To overcome this problem, data compression techniques are needed. The concept of compression was born as a real solution to problems regarding the space needed to store various digital files, including the MKV (Matroska Video) format video files. The compression technique is a technique that compresses files so that they become smaller in size while maintaining the quality of the representation of the file. Through the compression process of MKV (Matroska video) format video files using the SPIHT (Set Partioning In Hirarcical Tress) algorithm, it is hoped that in the future this compression system will have a major effect on video file storage and can increase storage and it is also hoped that this algorithm can be used for other objects to be compressed.

Keywords: Compression; Set Partioning In Hirarcical Tress Algorithm; Video Files.

1. PENDAHULUAN

SPIHT (Set Partitioning in Hierarchical Trees) kompresi berbasis wavelet yang menawarkan bit stream progresif penuh, rasio kompresi dan kualitas citra yang baik. Algoritma kompresi SPIHT (Set Partitioning in Hierarchical Trees) salah satu algoritma yang mengkodekan koefisien hasil transformasi wavelet secara bertahap. Algoritma kompresi SPIHT (Set Partitioning in Hierarchical Trees) bekerja dengan cara mengolah kesamaan turunan antar subband dalam dekomposisi wavelet pada citra.

SPIHT (Set Partitioning in Hierarchical Trees) terdiri atas dua tahap, yaitu tahap pensortiran (sorting pass) dan tahap penghalusan (refinement pass). Tahap penyortiran SPIHT (Set Partitioning in Hierarchical Trees) berusaha untuk mengurutkan koefisien berdasarkan besarnya, kemudian dalam tahap penghalusan kuantisasi koefisien diperhalus. Kedua tahap didasarkan atas nilai ambang tertentu. Nilai ambang pertama kali ditentukan atas kriteria tertentu, lalu dilanjutkan dengan nilai ambang yang semakin kecil.

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Ichan pada tahun 2011 dengan judul penelitian “Implementasi Teknik Kompresi Gambar.

Algoritma SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees)”, pada perangkat bergerak pada teknik kompresi menggunakan SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees), rasio persentase 55,4% dan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kompresi 104 detik[2]. Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Nia Maulidia pada tahun 2015 dengan judul penelitian “Analisa Pengiriman Citra Terkompresi SPIHT Dengan Teknik Spread Spectrum Direct Sequence (DS-SS) ”, pada laju kompresi yang sama kompresi citra SPIHT meningkatkan nilai PSNR rata-rata sebesar 1,31 dB untuk citra dengan aktivitas frekuensi rendah (citra Lena), 0,98 dB untuk citra dengan aktivitas frekuensi menengah (citra paprika), dan 0,76 dB untuk citra dengan aktivitas frekuensi tinggi (citra Baboon). [1].

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Prismahardi Aji Riyantoko pada tahun 2016 dengan judul “Restorasi Citra Pada Kompresi SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees) menggunakan metode Iterative LanczosHybrid Regularization”, berdasarkan analisis terhadap hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap sistem restorasi iterative lanczos hybrid regularization berbasis kompresi Set Partitioning In Hierarchical Trees dapat disimpulkan rata-rata dari selisih nilai target PSNR awal 25 dB dengan nilai hasil kompresi SPIHT adalah 2.28 dB. Sedangkan rata-rata dari selisih nilai target PSNR awal 35 dB dengan nilai hasil kompresi SPIHT adalah 0.71 dB.

Kenaikan nilai PSNR berdasarkan data uji coba nilai PSNR citra terkompresi awal 25 dB diperoleh rata-rata sebesar 0,91 dB. Sedangkan, data uji coba nilai PSNR citra terkompresi awal 35 dB mengalami kenaikan nilai PSNR rata-rata sebesar 0,57 dB. Waktu proses restorasi citra dengan data uji coba nilai PSNR awal 25 dB memiliki rata-rata 187,058 detik lebih lambat dari proses kompresi citra. Sedangkan, proses restorasi citra dengan data uji coba nilai PSNR citra sebesar 35 dB memiliki rata-rata 127,418 detik lebih cepat dari proses kompresi citra[2].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kompresi

Kompresi berarti memampatkan atau mengecilkan ukuran. Sedangkan kompresi data adalah proses mengkodekan informasi menggunakan bit atau information-bearing unit yang lain yang lebih rendah daripada representasi data yang tidak terkodekan dengan suatu sistem encoding tertentu. Contoh kompresi sederhana yang biasa dilakukan misalnya adalah menyingkat kata-kata yang sering digunakan tapi sudah memiliki konvensi umum, misalnya: kata “yang” dikompres menjadi kata “yg”[3]. Jenis-jenis kompresi data dapat dibedakan menjadi sebagai berikut ini:

1. Jenis Kompresi Data Berdasarkan Mode Penerimaan Data oleh Manusia Jenis kompresi data ini dapat dibedakan atas:
 - a. Dialogue Mode
Dialogue Mode yaitu proses penerimaan data di mana pengirim dan penerima seakan berdialog (real time), seperti pada contoh video conference. Di mana kompresi data harus berada dalam batas penglihatan dan pendengaran manusia. Waktu tunda (delay) tidak boleh lebih dari 150 ms, di mana 50 ms untuk proses kompresi dan dekompresi, 100 ms mentransmisikan data dalam jaringan.
 - b. Retrieval Mode
Retrieval Mode yaitu proses penerimaan data tidak dilakukan secara real time. Pada jenis ini dapat dilakukan fast forward dan fast rewind di client atau dapat dilakukan random access terhadap data dan dapat bersifat interaktif.
2. Jenis kompresi berdasarkan output dapat dibedakan atas
 - a. Lossy Compression
Lossy Compression memiliki batasan pada jumlah kompresi. Namun, dalam beberapa situasi, kita bisa mengorbankan akurasi untuk meningkatkan tingkat kompresi. Meskipun kita tidak mampu kehilangan informasi dalam kompresi teks, kita bisa membelinya ketika kita mengompresi gambar, video, dan audio. Misalnya, penglihatan manusia tidak dapat mendeteksi beberapa distorsi kecil yang dapat hasil dari kompresi lossy dari suatu gambar.
 - b. Lossless compression
Dalam Lossless compression, integritas data sangat terjaga karena algoritma kompresi dan dekompresi invers tepat satu sama lain: tidak ada bagian dari data yang hilang dalam proses. Metode kompresi lossless biasanya digunakan ketika kita tidak ingin kehilangan data apapun. Misalnya, kita tidak boleh kehilangan data ketika kita kompres file teks atau program aplikasi. Kompresi lossless juga diterapkan sebagai langkah terakhir dalam beberapa prosedur kompresi lossy untuk mengurangi ukuran data. Empat contoh metode kompresi lossless dalam bagian ini: run length coding, dictionary coding, Huffman coding, dan arithmetic coding[3].

2.2 Algoritma SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical)

SPIHT terdiri atas dua tahap, yaitu tahap penyortiran (sorting pass) dan tahap penghalusan (refinement pass). Pada tahap penyortiran SPIHT berusaha untuk mengurutkan koefisien berdasarkan besarnya, kemudian dalam tahap penghalusan kuantisasi koefisien diperhalus. Kedua tahap tersebut didasarkan atas nilai ambang tertentu. Nilai ambang pertama kali ditentukan atas kriteria tertentu, kemudian dilanjutkan dengan nilai ambang yang semakin kecil. Pada Algoritma SPIHT koefisien-koefisien diklasifikasikan kedalam tiga set, yaitu [4]:

- a. LIP (list of insignificant pixel) merupakan koordinat dari koefisien yang tidak signifikan berdasarkan threshold saat ini.
- b. LSP (list of significant pixel) merupakan koordinat dari koefisien yang signifikan berdasarkan threshold saat ini.
- c. LIS (list of insignificant sets) merupakan koordinat dari akar dengan sub pohon yang tidak signifikan.

Selama proses kompresi, set dari koefisien pada LIS diperbaharui dan jika koefisien menjadi signifikan dipindahkan dari LIP ke LSP. Dengan demikian bit stream dapat diorganisasi secara progressif. Dengan cara yang sama set secara berurutan dievaluasi sesuai LIS, dan saat set yang ditemukan signifikan ia dihilangkan dari daftar dan dipartisi. Sub set baru dengan lebih dari satu elemen ditambahkan kembali ke LIS, dengan set koordinat tunggal ditambahkan ke akhir LIP atau LSP, tergantung apakah mereka signifikan atau tidak [4].

2.3 Metode Dari Algoritma SPIHT

Berikut ini akan dijelaskan metode dari algoritma Set Partitioning In Hierarchical Trees:

- a. $O(i,j)$: Set seluruh koordinat keturunan (offspring) node (i,j) ; anak saja.
- b. $D(i,j)$: Set seluruh koordinat keturunan (descendants) node (i,j) ; anak, cucu, yang paling besar, dan sebagainya.
- c. $H(i,j)$: Set seluruh koordinat dari tata ruang pohon ; orang tua.
- d. $L(i,j)$: $D(i,j) - O(i,j)$ Seluruh keturunan (descendants) kecuali keturunan (offspring) ; cucu, yang paling besar, dan sebagainya [4].

2.4 Video MKV (Matroska Video)

MKV (Matroska Video) adalah salah satu format video yang mungkin sering dijumpai di internet. MKV (Matroska Video) merupakan alternatif format video selain beberapa format video Digital seperti MP4 (MPEG-4 part14), FLV (Flash Video) dimana masing-masing memiliki sifat dan kualitas yang berlainan. Format MKV (Matroska Video) biasanya digunakan untuk video dengan kualitas tinggi yang tidak semua aplikasi tidak mampu memutarnya. Sebuah file video digital dalam format MKV (Matroska Video) memiliki beberapa bagian, yaitu [5]:

- Video
- Audio
- Subtitle

Semua bagian ini terpisah, namun menjadi satu bagian didalam format MKV (Matroska Video). Bagian-bagian ini nantinya akan digabungkan menggunakan sebuah kode MKV (Matroska Video) sehingga video digital dalam format MKV (Matroska Video) ini dapat dibaca dan dijalankan menggunakan perangkat lunak multimedia player [5].

2.5 Unified Modelling Language (UML)

Unified Modelling Language (UML) merupakan suatu kumpulan teknik dalam memodelkan suatu system yang di bangun dengan bahwa pemrograman berorientasi objek. UML merupakan product dari sebuah organisasi international yang bernama Objek Manajemen Group (OMG) organisasi tersebut dibentuk dengan alasan untuk menyatukan pemikiran para ahli di bidang analisa dan desain sistem berorientasi objek. Oleh karena itu UML, kompetibel dengan bahasa. Dengan menggunakan UML (Unified Modelling Language) kita dapat membuat model untuk semua jenis aplikasi piranti lunak, di mana aplikasi tersebut dapat berjalan pada piranti keras. Sistem operasi dan jaringan apapun, serta di tulis dalam bentuk pemrograman[6].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees) terdiri atas dua tahap, yaitu tahap pensortiran (sorting pass) dan tahap penghalusan (refinement pass). Pada tahap penyortiran SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees) berusaha untuk mengurutkan koefisien berdasarkan besarnya, kemudian dalam tahap penghalusan kuantisasi koefisien diperhalus. Kedua tahap tersebut didasarkan atas nilai ambang tertentu. Nilai ambang pertama kali ditentukan atas kriteria tertentu, kemudian dilanjutkan dengan nilai ambang yang semakin kecil.

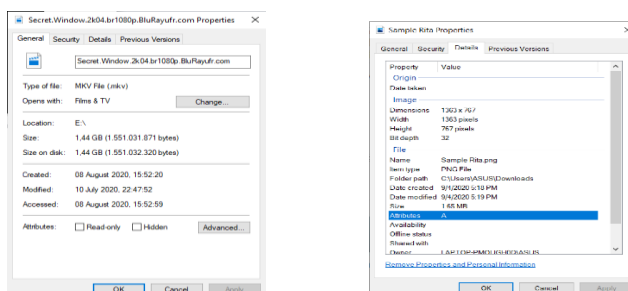
Ada beberapa koefisien-koefisien dari SPIHT yang diklasifikasikan kedalam tiga set, yaitu: LIP (list of insignificant pixel) merupakan koordinat dari koefisien yang tidak signifikan berdasarkan threshold saat ini. LSP (list of significant pixel) merupakan koordinat dari koefisien yang signifikan berdasarkan threshold saat ini dan LIS (list of insignificant sets) merupakan koordinat dari akar dengan sub pohon yang tidak signif.

3.1 Contoh Penerapan Algoritma

File video yang akan dikompresi terlebih dahulu harus diambil screenshot satu sample gambar untuk mengambil sample citra yang akan dikompresi, hal ini dilakukan karena algoritma SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees) merupakan algoritma untuk mengkopresi citra dan file video merupakan kumpulan beberapa citra yang berjalan secara frame by frame, jadi dalam kasus ini video yang akan dikompresi harus di screenshot terlebih dahulu sehingga menjadi citra gambar. Adapun contoh kasus kompresi menggunakan algoritma SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees) dengan menjadikan data sampel dengan ukuran 2.30 Mb dari beberapa bagian yaitu adalah sebagai berikut ini:

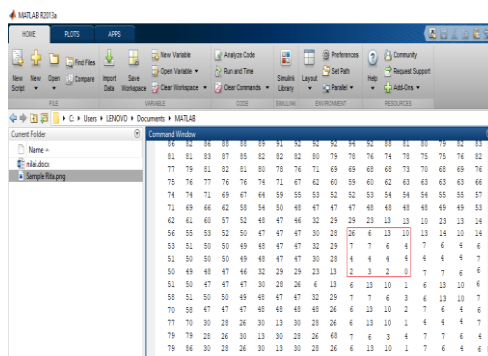


Gambar 1. Sampel Tampilan File Video MKV



Gambar 2. Tampilan Propertis Dari Sampel Citra Yang Dikompresi

Mencari nilai dari sebuah citra yang akan digunakan menjadi sampel perhitungan algoritma SPIHT menggunakan aplikasi MATLAB.



Gambar 3. Tampilan Nilai Pixel Sample Citra

Berikut ini contoh kompresi citra menggunakan algoritma SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees) :

1. Kita misalkan suatu gambar dibagi menjadi beberapa blok seperti tabel di bawah ini :

Tabel 1. Nilai Asli Citra

26	6	13	10
7	7	6	4
4	4	4	3
2	3	2	0

2. Lakukan proses inialisasi seperti gambar di bawah ini :

❖ Proses Inialisasi Yang Pertama Kali Dilakukan :

LIP $\rightarrow \{(0,0) 26, (0,1) 6, (1,0) 7, (1,1) 7\}$

LSP $\rightarrow \{\}$

LIS $\rightarrow \{(0,1)D : 13, 10, 6, 4\}$

$\{(1,0)D : 4, 4, 2, 3\}$

$\{(1,1)D : 4, 3, 2, 0\}$

Rumus mencari ambang batas

$$n = \lceil \log_2(26) \rceil = 4$$

(1)

Setelah berhasil melakukan proses inialisasi pertama kali dilakukan, didapat hasil setelah sorting pass tahap pertama, maka pada ambang batas $2^4 = 16$ dapat dilihat di bawah ini :

❖ Proses Inialisasi Setelah Sorting Pass Tahap Pertama :

LIP $\rightarrow \{(0,1) 6, (1,0) 7, (1,1) 7\}$

LSP $\rightarrow \{(0,0) 26\}$

LIS $\rightarrow \{(0,1)D : 13, 10, 6, 4\}$

$\{(1,0)D : 4, 4, 2, 3\}$

$\{(1,1)D : 4, 3, 2, 0\}$

Nilai biner yang didapat : 10000000

Seluruh D set tidak signifikan.

Dari keterangan diatas dapat dilihat koefisien (0,0) $\rightarrow 26$ yang sebelumnya terletak di bagan LIP pindah ke bagan LSP setelah sorting pass tahap pertama dilakukan.

3. Selanjutnya dilakukan proses perbaikan tahap kedua, pada ambang batas $2^3 = 8$, maka didapatkan proses perbaikan seperti pada gambar di bawah ini :

❖ Proses Perbaikan Tahapan pertama :

LIP $\rightarrow \{(0,1) 6, (1,0) 7, (1,1) 7, (1,2) 6, (1,3) 4\}$

LSP $\rightarrow \{(0,0) 26, (0,2) 13, (0,3) 10\}$

LIS $\rightarrow \{(1,0)D : 4, 4, 2, 3\}$

$\{(1,1)D : 4, 3, 2, 0\}$

Dari keterangan di atas dapat dilihat koefisien (0,1) D yang ada di bagian LIS merupakan koefisien yang signifikan. Pada tahap kedua nilai biner yang didapatkan adalah 0001101000001.

4. Setelah proses perbaikan tahap kedua, lakukan sorting pass tahap ketiga, dimana ambang batasnya $2^2 = 4$ seperti terlihat pada gambar di bawah ini :

❖ Tahapan Sorting Pass Tahap Kedua :

LIP $\rightarrow \{(3,0) 2, (3,1) 3, (2,3) 3, (3,2) 2, (3,3) 0\}$

LSP $\rightarrow \{(0,0) 26, (0,2) 13, (0,3) 10, (0,1) 6, (1,0) 7, (1,1) 7, (1,2) 6, (1,3) 4, (2,0) 4$
 $\rightarrow (2,2) 4\}$

LIS → Tidak ada nilai, karena semua nilai koordinat sudah signifikan

Dari keterangan dapat dilihat bahwa dari bagian LIS dimana koefisien (1,0) D => {4, 4, 2, 3} dibagi menuju dua bagian lainnya yaitu pada bagian LSP yang merupakan pixels yang signifikan yaitu {4, 4} dan pada bagian LIP yang merupakan pixels yang tidak signifikan yaitu {2, 3}. Dari perbaikan tahap ketiga diperoleh bilangan biner sebanyak 26 bit 10111010101101100110000010.

- Setelah kita melakukan tahap sorting pass perbaikan ketiga dan proses encoding selesai, selanjutnya kita akan melakukan proses decoding. Nilai sorting pass pertama adalah 10000000 dan ambang batasnya adalah 16:

❖ Tahapan Pertama Decoding :

LIP → {(0,0), (1,0), (1,1)}

LSP → { }

LIS → {(0,1)D, (1,0)D, (1,1)D}

Dari keterangan di atas, dapat dilihat pada saat proses encoding koefisien LSP tetap kosong, dalam proses encoding nilai baru akan disusun pada setiap nilai pixel dan akan memperoleh nilai baru di setiap pixel.

- Langkah kedua decoding dengan cara mengurangi nilai n satu per satu dan memeriksa aliran bit 0001101000001. Karena 3 bit pertama adalah 0 dan hanya ada 3 entri nilai di LIP, semua entri di LIP tidak signifikan. 9 bit berikutnya memberikan informasi tentang set di LIS. Bit keempat dari bitstream adalah 1 dan koordinat (0,1) signifikan. Bit 101000 berikutnya menunjukkan dua biner pertama signifikan pada tahap ini dan dua bit terakhir tidak signifikan. Nilai dua signifikan koefisien dalam rekonstruksi sebesar $1.5 \times 2^3 = 12$. Hapus (0,1) D dari LIS. Dua bit berikutnya sama-sama 0, menunjukkan bahwa dua set yang tersisa masih tidak signifikan. Bit terakhir sesuai dengan penyempurnaan adalah 1, jadi rekonstruksi file (0, 0) koefisien diperbarui menjadi $24 + 8/2 = 28$. Tabel citra pada tahap ini adalah :

Tabel 2. Penyusunan Nilai Baru Citra

28	0	12	12
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

❖ Proses Tahapan Kedua Decoding :

LIP → {(0,0), (0,1), (1,0), (1,1), (1,2), (1,3)}

LSP → {(0,0), (0,2), (0,3)}

LIS → {(0,0), (0,2), (0,3)}

- Proses ketiga kita mengurangi lagi n, yang sekarang menjadi 2, memberikan nilai ambang 4. Decoding bitstream yang dihasilkan selama lintasan ketiga (10111010101101100110000010), selanjutnya memperbarui tabel citra sebagai berikut:

Tabel 3. Penyusunan Nilai Baru Citra

26	6	14	10
6	6	6	6
6	6	6	0
0	0	0	0

❖ Proses Tahapan Ketiga Decoding :

LIP → {(3,0), (3,1)}

LSP → { (0,0), (0,2), (0,3), (0,1), (1,0), (1,1), (1,2), (2,0), (2,1), (3,2)}

LIS → { }

- Menghitung nilai Mean Square Error (MSE) dan nilai Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR), parameter ini digunakan sebagai indikator untuk mengukur kemiripan citra yang belum dikompresi dan sudah dikompresi.

$$MSE = \frac{(26 - 26)^2 + (6 - 6)^2 + (13 - 14)^2 + (10 - 10)^2 + (7 - 6)^2 + (7 - 6)^2 + (6 - 6)^2 + (4 - 6)^2 + (4 - 6)^2 + (4 - 6)^2 + (4 - 6)^2 + (3 - 0)^2 + (2 - 0)^2 + (2 - 0)^2 + (2 - 0)^2 + (0 - 0)^2}{4 \times 4}$$

$$MSE = \frac{0 + 0 + 1 + 0 + 1 + 1 + 0 + (-2) + (-2) + 2 + (-2) + 3 + 2 + 2 + 2 + 0}{4 \times 4}$$

$$MSE = \frac{10}{16} = 0.625$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{26}{0.625} \right)$$

$$PSNR = 16.190 \text{ dB}$$

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian yaitu algoritma SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees) merupakan algoritma kompresi file video yang mampu mencapai rasio kompresi yang tinggi. Dengan cara mengkodekan

koefisien hasil transformasi wavelet secara bertahap, dikarenakan aliran data terkompresi sangat rentan terhadap gangguan kanal. Algoritma SPIHT (Set Partitioning in Hierarchical Trees) proses kompresi bekerja dengan cara mengolah kesamaan turunan antar subband dalam dekomposisi wavelet pada citra.

REFERENCES

- [1] N. Maulidia, "Analisa Pengiriman Citra Terkompresi SPIHT dengan Teknik Spread Spectrum Direct Sequence (DS-SS)," *Multinetics*, vol. 1[1] N. Ma, no. 1, p. 47, 2015, doi: 10.32722/vol1.no1.2015.pp47-56.
- [2] P. A. Riyantoko, "RESTORASI CITRA PADA KOMPRESI SPIHT (SET PARTITIONING IN HIERARCHICAL TREES) MENGGUNAKAN METODE ITERATIF LANCZOS-HYBRID REGULARIZATION IMAGE RESTORATION FOR SPIHT (SET PARTITIONING IN HIERARCHICAL TREES) COMPRESSION USING ITERATIF LANCZOS-HYBRID REGUL," Thesis, pp. 83-85, 2016.
- [3] Sutoyo, *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Sutoyo.
- [4] Ichsan, "Implementasi Teknik Kompresi Gambar Dengan Algoritma Set Partitioning In Hierarchical Trees Pada Perangkat Bergerak," Skripsi, pp. 3-17, 2011.
- [5] P. Gunawan Hariyanto, "Studi dan Implementasi Steganografi pada Video Digital di Mobile Phone dengan DCT Modification LEMBAR PENGESAHAN Program Studi Sarjana Teknik Informatika," Program, no. 13504023, 2008.
- [6] A. Nugroho, *Rekayasa Perangkat Lunak Berbasis Objek dengan Metode USDP*. Yogyakarta, 2010.