SIMULASI DAN ANALISIS STEGANOGRAFI BERBASIS DETEKSI PITA FREKUENSI PADA *FRAME* AUDIO

SIMULATION AND ANALYSIS OF STEGANOGRAPHY BASED ON THE DETECTION OF BAND FREQUENCY IN THE AUDIO FRAME

Alifdio Hendra Putra[1], Dr.Ir. Bambang Hidayat, DEA[2], Nur Andini, S.T., M.T.[3]
[1,2,3]Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
[1]alifdiohendra@students.telkomuniversity.ac.id, [2]bhidayat@telkomuniversity.com,
[3]nurandini@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Seiring dengan berjalannya waktu, teknologi menjadi semakin maju. Hal tersebut dapat dimanfaatkan juga oleh pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab dan dapat menimbulkan ketidaknyamanan saat melakukan proses komunikasi karena distribusi informasi dapat terganggu. Salah satu solusi untuk memberikan rasa aman adalah dengan proses Steganografi. Metode LSB dianggap sebagai metode yang paling sederhana dan efisien untuk proses audio Steganografi. Namun metode ini masih memiliki kekurangan, yaitu pesan rahasia masih dapat terdeteksi karena proses penyisipan pesan hanya dilakukan pada bit paling rendah (LSB) dalam tiap byte *file host*. Pada penelitian ini dirancang sebuah modifikasi dari proses Steganografi. Sebelum memulai penyisipan informasi, akan dilakukan proses segmentasi (*framing*) terhadap *file* audio, dimana *frame* audio sebagai tempat penyisipannya. Lalu ditentukan nilai rentang *band* frekuensi sebagai acuan dimulainya proses penyisipan pesan rahasia dengan bantuan realisasi algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT). Metode yang digunakan pada saat proses Steganografi adalah *Least Significant Bit* (LSB). Dengan metode penyisipan LSB, menguji ukuran panjang *frame* dan panjang pesan, serta melakukan pemilihan di beberapa nilai rentang *band* frekuensi, didapatkan nilai-nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) yang baik, yaitu masih diatas 20 dB. Nilai MSE terbesar didapat $1{,}50.10^{-12}$ dan nilai BER yang didapat adalah 0. Hasil *Mean Opinion Score* (MOS) yang didapatkan memiliki nilai rata-rata total sebesar 3,84. Saat menyisipkan pesan sepanjang 25% dari kapasitasnya didapatkan nilai 4,2. Saat penyisipan pesan 50% dan 75% dari kapasitas masing-masing memiliki nilai 3,7 dan 3,6. Waktu komputasi terbesar yaitu pada penyisipan pesan sebesar 280 bit, panjang *frame* 128 *sample*, dan rentang nilai pita frekuensi 300-550 Hz dengan waktu penyisipan 1,2 detik dan waktu ekstraksi 0,85 detik.

Kata kunci: Audio, FFT, LSB, Pita Frekuensi, Segmentasi, Steganografi

Abstract

Over time, technology becomes more advanced. It can be used also by parties who are not responsible and can cause discomfort when performing the communication process because the distribution of information can be disrupted. One solution to give a sense of security is the Steganography process. LSB method is considered as the simplest and efficient to process audio Steganography. However, this method still has shortcomings, namely a secret message can still be detected because the message insertion process is only done at the lowest bit (LSB) in each byte file hosts. In this study, designed a modification of process Steganography. Before starting the insertion of information, first process is doing segmentation to the audio file, while the audio frame as a place for insertion. Then the specified value of frequency band ranges would be determided as a reference point to start embedding process with the help of algorithms FFT. The method used during the process of Steganography is the Least Significant Bit (LSB). With LSB insertion method, test some long-frame size and length of the message, as well as an election at some value ranges of frequency band obtained values of Signal to Noise Ratio (SNR) that is better, which is still above 20 dB. The largest value of MSE is $1{,}50.10^{-12}$ and the average value of BER is 0. Results of Mean Opinion Score (MOS) were found to have an average total value of 3.84. When the message of the 25% of its capacity obtained average value of 4.2. Currently message insertion of 50% and 75% of capacity each have a value of 3.7 and 3.6. The longest computing time is when the message insertion of 280 bits, 128 sample frame length, and the value range of frequency band is 300-550 Hz with embedding time is 1,2 seconds and extraction time is 0,85 seconds.

Keyword: Audio, FFT, Frequency Bands, LSB, Segmentation, Steganography

1. Pendahuluan

Steganografi adalah sebuah ilmu dan seni menyembunyikan pesan rahasia di dalam suatu media sehingga keberadaan pesan tersebut sulit untuk diidentifikasi. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk merealisasikan proses steganografi, seperti metode *Least Significant Bit* (LSB), *Wavelet*, operasi XOR, *Discrete Cosine Transform* (DCT), dan masih banyak lagi. Metode LSB dianggap sebagai metode yang paling sederhana dan efisien untuk proses audio Steganografi, selain itu data pada *host* juga tidak mengalami perubahan ukuran atau tampak seperti *file* normal, sehingga tidak mengakibatkan kecurigaan akan adanya pesan rahasia dalam audio [4]. Namun metode ini masih memiliki kekurangan, yaitu pesan rahasia masih dapat terdeteksi karena proses penyisipan pesan hanya dilakukan pada bit paling rendah (LSB) dalam tiap byte *file host* [3]. Oleh karena itu untuk meningkatkan kualitas steganografi, tempat penyisipan akan dilaksanakan secara acak pada beberapa *frame* audio yang merupakan hasil dari proses segmentasi audio dan awal penyisipan pesan rahasia akan dilakukan berdasarkan nilai rentang pita frekuensi pada sinyal audio yang telah ditentukan. *Band* frekuensi acuan tersebut akan didapat menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT). Jika pada suatu *frame* audio terdapat salah satu nilai dari rentang pita frekuensi acuan, maka *frame* tersebut akan dipilih untuk disisipi teks yang merupakan pesan rahasia pada media tersebut. Untuk mendapatkan kembali pesan rahasia yang tersembunyi pada *file* audio dilakukan proses ekstraksi pada *file* hasil Steganografi.

2. Landasan Teori

A. Audio Digital

Gelombang suara analog tidak dapat langsung direpresentasikan pada komputer. Komputer mengukur amplitudo pada satuan waktu tertentu untuk menghasilkan sejumlah angka. Tiap satuan pengukuran ini disebut "*sample*". *Analog to Digital Converter* (ADC) adalah proses mengubah amplitudo gelombang bunyi ke dalam waktu interval tertentu (*sampling*), sehingga menghasilkan representasi digital dari suara.

Dalam teknik *sampling* dikenal istilah *sampling rate* yaitu beberapa gelombang yang diambil dalam satu detik. Sebagai contoh jika kualitas CD Audio dikatakan memiliki frekuensi sebesar 44100 Hz, berarti jumlah *sample* sebesar 44100 per detik [5].

B. Steganografi

Steganografi berasal dari bahasa Yunani *steganos* yang artinya "tersembunyi" dan *graphein* yang artinya "menulis" [4]. Steganografi (*steganography*) adalah ilmu dan seni menyembunyikan pesan rahasia (*hiding message*) sedemikian sehingga keberadaan (eksistensi) pesan tidak terdeteksi oleh indera manusia.

Suatu *file* dapat dikatakan sebagai sebuah *file* stego yang baik yaitu apabila dapat memenuhi syarat-syarat berikut [1] :

1. ***Capability***

Kemampuan tentang berapa besar kapasitas pesan rahasia yang dapat tertanam dalam *host message*.

2. ***Transparency***

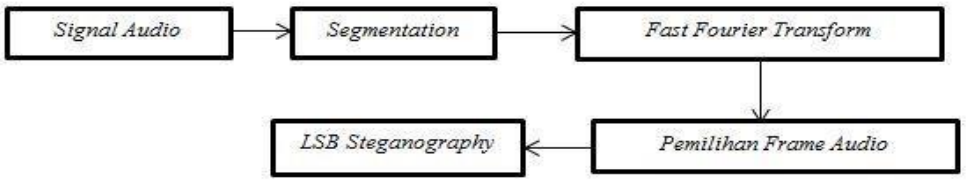
Seberapa baik kualitas pesan rahasia yang dapat ditanamkan. Sebuah *file stego* seharusnya tidak dapat terdeteksi oleh indera manusia bahwa *file* tersebut telah disisipkan pesan rahasia. Misalnya, *file* audio hasil steganografi harus sangat sama dengan audio *host* jika dibandingkan, serta tidak dapat dilihat apakah memiliki perbedaan diantara keduanya.

3. ***Robustness***

Hal ini bergantung pada seberapa sulitnya seorang *steganalyst* untuk mengetahui ada atau tidaknya pesan rahasia yang telah disisipkan dalam suatu *file* audio. Pesan yang disembunyikan harus tahan terhadap berbagai serangan, seperti manipulasi pada media *host*..

3. Perancangan dan Implementasi Sistem

Dalam proses perancangan sebuah sistem, diperlukan sebuah skenario yang terstruktur dengan baik. Untuk memudahkan proses perancangan implementasi diperlukan gambaran model sistem secara umum yang dapat membantu dalam memahami proses perancangan yang akan dilakukan.



Gambar 3.1 Model Sistem

A. Proses Penyisipan Pesan

Untuk tahapan proses penyisipan pesan akan melalui tiga tahapan utama, yaitu proses segmentasi, penentuan nilai pita frekuensi, lalu kemudian dilakukan penyisipan pesan rahasianya.

B. Proses Segmentasi

Proses segmentasi dilakukan untuk mengelompokkan sinyal audio tersebut menjadi beberapa *frame* dengan panjang *frame* sesuai dengan kebutuhan [2]. Pada penelitian ini, penulis akan melakukan beberapa percobaan dengan mengubah panjang *frame*, yaitu sepanjang 128, 256, dan 512 *sample* tanpa adanya proses *overlapping*. *Frame* tersebut akan digunakan dan dipilih sebagai area yang akan dijadikan tempat untuk penyisipan pesan rahasianya sesuai dengan nilai pita frekuensi yang telah ditentukan.

Frame N : *Sample* awal = ( )
Sample akhir = ( ) (3.1)

Dimana :

N = Frame ke-N
a = Jumlah *sample* per *frame*

C. Proses Penentuan Pita Frekuensi

Sebelum memulai penyisipan pesan rahasia akan ditentukan terlebih dahulu nilai pita frekuensi acuannya dalam suatu rentang nilai. Audio *host* yang sebelumnya dalam domain waktu akan dikonversi menjadi domain frekuensi dengan menggunakan metode *Fast Fourier Transform*. Kemudian akan ditentukan nilai frekuensinya, misalkan nilai pita frekuensi yang ditentukan pada nilai 300 Hz sampai 550 Hz, maka sistem tersebut akan terus mencari nilai-nilai yang berada pada rentang tersebut dalam *frame* audio untuk memulai proses penyisipan pesan rahasianya. Pada penelitian yang dilakukan oleh penulis, nilai rentang pita frekuensi yang digunakan adalah 300-350 Hz, 300-400 Hz, dan 300-550 Hz.

D. Proses Penyisipan Bit

Proses penyisipan pesan dengan metode *Least Significant Bit* (LSB) ini akan dilakukan dengan menyisipkan bit data pesan rahasia pada bit paling kanan dalam audio host.

E. Proses Ekstraksi

Proses ekstraksi adalah proses kebalikan dari proses penyisipan. Data yang telah tersisipkan diubah menjadi bentuk bilangan biner 8 bit, kemudian akan dilihat berdasarkan pita frekuensi yang telah ditentukan sebelumnya dalam *frame-frame* audio stego. Pemilihan bit dan sampel untuk mendapatkan bit-bit pesan satu-persatu mengikuti aturan LSB. Bit-bit pesan yang telah didapatkan kemudian diubah menjadi nilai desimal yang mewakili nilai ASCII dari setiap karakter kemudian nilai ASCII tersebut diterjemahkan kembali menjadi deretan karakter.

4. Pengujian dan Analisis

Pada bab ini membahas mengenai analisis hasil perancangan yang telah dilakukan. Analisis yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui performansi sistem yang telah dirancang. Pengujian sistem dalam penelitian ini dilakukan untuk mencari nilai dari beberapa parameter pengujiannya, yaitu nilai MSE, SNR, BER, waktu komputasi, dan MOS. Adapun pengukuran yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

A. Pengaruh rentang nilai pita frekuensi terhadap nilai SNR dan MSE

a. Sistematika Pengukuran
Pengukuran nilai rata-rata SNR dan MSE akan dilakukan dengan menggunakan rentang nilai pita frekuensi sebesar 300-350 Hz, 300-400 Hz, dan 300-550 Hz.

b. Hasil Pengukuran

Tabel 4.1 (a) Pengaruh rentang nilai pita frekuensi terhadap SNR (b) Tabel pengaruh rentang nilai pita frekuensi terhadap MSE

	Pop	Klasik	Jazz
300 – 350 Hz	121,13 dB	120,89 dB	121,3 dB
300 – 400 Hz	121,29 dB	121,19 dB	121,24 dB
300 – 550 Hz	121,25 dB	121,17 dB	121,38 dB

(a)

	Pop	Klasik	Jazz
300 – 350 H	$7{,}77.10^{-13}$	$8{,}17.10^{-13}$	$7{,}25.10^{-13}$
300 – 400 H	$7{,}47.10^{-13}$	$7{,}62.10^{-13}$	$7{,}53.10^{-13}$
300 – 550 H	$7{,}54.10^{-13}$	$7{,}65.10^{-13}$	$7{,}28.10^{-13}$

(b)

c. Analisis Hasil Pengukuran
Ketika nilai frekuensi yang telah ditentukan sebelumnya terdeteksi cukup banyak pada suatu data audio *host*, maka data audio tersebut akan memiliki tempat penyisipan yang banyak pula, sehingga nilai SNR dan MSE pada data audio stego yang dihasilkan akan menyesuaikan dengan banyak pesan yang akan disisipkan nantinya. Ketika tempat penyisipan yang tersedia cukup banyak tetapi pesan yang disisipkan hanya sedikit, maka nilai SNR akan semakin tinggi dan nilai MSE akan rendah, begitu juga sebaliknya.

B. Pengaruh panjang *frame* terhadap nilai SNR dan MSE

a. Tujuan Pengukuran
Tujuan pengukuran panjang *frame* adalah untuk mengetahui pengaruh ukuran panjang *frame* terhadap nilai rata-rata SNR dan MSE. Panjang *frame* yang digunakan adalah sebesar 128, 256, dan 512 *sample*.

b. Hasil Pengukuran

Tabel 4.2 (a) Pengaruh ukuran panjang *frame* terhadap SNR (b) Tabel pengaruh ukuran panjang *frame* terhadap MSE

	Pop	Klasik	Jazz
128 sample	121,14 dB	120,92 dB	121,19 dB
256 sample	121,35 dB	121,09 dB	121,24 dB
512 sample	121,25 dB	121,17 dB	121,38 dB

(a)

	Pop	Klasik	Jazz
128 sample	$7{,}71.10^{-13}$	$8{,}09.10^{-13}$	$7{,}63.10^{-13}$
256 sample	$7{,}34.10^{-13}$	$7{,}79.10^{-13}$	$7{,}53.10^{-13}$
512 sample	$7{,}54.10^{-13}$	$7{,}65.10^{-13}$	$7{,}28.10^{-13}$

(b)

c. Analisis Hasil Pengukuran
Jumlah dan posisi pita frekuensi acuan yang telah ditetapkan sebelumnya akan berbeda di setiap ukuran panjang *frame* pada masing-masing data audio *host* yang akan disisipkan pesan rahasia, sehingga jalannya proses penyisipan pesan pun jadi berbeda. Ketika pada suatu *frame* terdeteksi nilai frekuensi yang sudah ditetapkan sebelumnya, maka *frame* tersebut dapat dijadikan sebagai tempat penyisipan, bila pada suatu *frame* tidak terdapat nilai frekuensi acuan, maka *frame* tersebut tidak dijadikan sebagai tempat penyisipan pesan. Semakin banyak *frame* yang memiliki nilai frekuensi acuan, maka semakin banyak tempat untuk penyisipan pesannya. Hal tersebut mempengaruhi nilai rata-rata SNR dan MSE yang dihasilkan dan akan disesuaikan dengan banyaknya pesan yang disisipkan.

C. Pengaruh panjang pesan terhadap nilai SNR, MSE, dan BER

a. Tujuan Pengukuran
Tujuan pengukuran panjang pesan adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kepada sistem jika pesan yang disisipkan semakin sedikit ataupun semakin banyak.

b. Sistematika Pengukuran
Pengukuran dilaksanakan dengan melakukan penyisipan pesan dengan panjang pesan tersebut sebesar 80 bit, 160 bit, dan 280 bit. Setelah itu dapat dilihat nilai rata-rata dari MSE, SNR, dan BER yang dihasilkan.

c. Hasil Pengukuran

Tabel 4.3 (a) Tabel pengaruh ukuran panjang pesan terhadap SNR (b) Pengaruh ukuran panjang pesan terhadap MSE

	Pop	Klasik	Jazz
80 bit	123,91 dB	123,78 dB	123,4 dB
160 bit	121,25 dB	121,17 dB	121,38 dB
280 bit	118,64 dB	118,91 dB	119,03 dB

(a)

	Pop	Klasik	Jazz
80 bit	$4{,}13.10^{-13}$	$4{,}20.10^{-13}$	$4{,}60.10^{-13}$
160 bit	$7{,}54.10^{-13}$	$7{,}65.10^{-13}$	$7{,}28.10^{-13}$
280 bit	$1{,}37.10^{-12}$	$1{,}31.10^{-12}$	$1{,}25.10^{-12}$

(b)

d. Analisis Hasil Pengukuran

Dari tabel 4.3 dapat terlihat bahwa semakin besar ukuran panjang pesan yang disisipkan akan mengakibatkan nilai rata-rata MSE menjadi lebih besar, sedangkan untuk nilai rata-rata SNR akan semakin menurun. Hal tersebut disebabkan ketika panjang pesan yang akan disisipkan semakin besar maka semakin banyak pula bit yang harus disisipkan pada data audio *host*, artinya semakin banyak derau atau *noise* yang ditambahkan ke dalam data audio *host* tersebut. Hal tersebut berhubungan dengan syarat kualitas steganografi yang baik, yaitu dari segi *capability*. Kapasitas untuk penyisipan pesan pada sistem steganografi yang telah dirancang sangat bergantung dengan banyaknya nilai pita frekuensi acuan yang dimiliki oleh suatu data audio *host*. Semakin banyak nilai frekuensi acuan yang dimiliki, maka semakin baik nilai *capability* dari sistem steganografi berbasis deteksi pita frekuensi. Semakin besar kapasitas untuk penyisipan pesan, semakin baik pula nilai SNR dan MSE yang akan dihasilkan walaupun panjang pesan akan bertambah. Untuk nilai BER yang didapat dari hasil pengukuran adalah 0, hal tersebut menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan nilai *bit error* antara pesan asli yang belum disisipkan dan pesan hasil yang didapatkan dari proses ekstraksi.

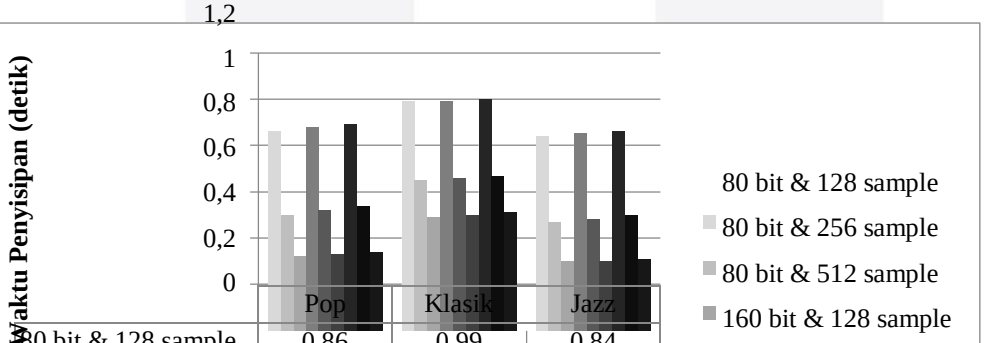
D. Waktu Komputasi

a. Sistematika Pengukuran

Data audio *host* disisipkan pesan rahasia dengan ukuran panjang pesan sebesar 80 bit, 160 bit, dan 280 bit. Untuk panjang *frame* yang digunakan adalah sebesar 128, 256, dan 512 *sample*. Selain itu rentang nilai pita frekuensi yang digunakan adalah 300-550 Hz. Kemudian dihitung waktu komputasi untuk proses penyisipan dan proses ekstraksi pesan rahasia tersebut.

b. Hasil Pengukuran

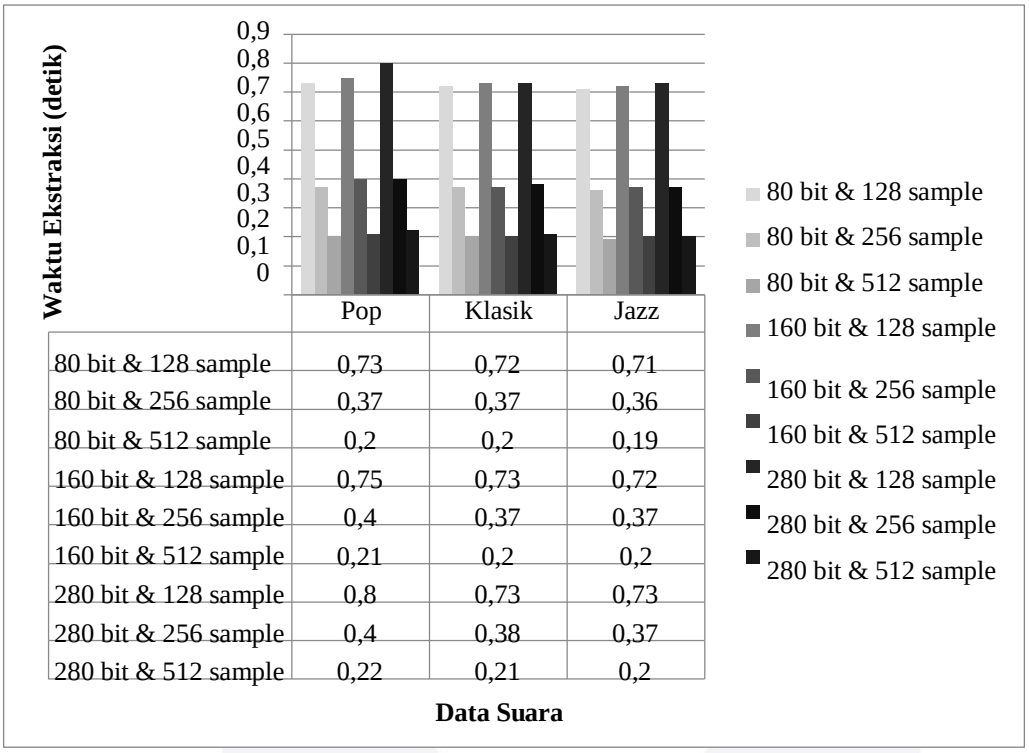
Untuk hasil pengukuran waktu komputasi penyisipan dan ekstraksi pesan dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2.



	Pop	Klasik	Jazz
80 bit & 128 sample	0,86	0,99	0,84
80 bit & 256 sample	0,5	0,65	0,47
80 bit & 512 sample	0,32	0,49	0,3
160 bit & 128 sample	0,88	0,99	0,85
160 bit & 256 sample	0,52	0,66	0,48
160 bit & 512 sample	0,33	0,5	0,3
280 bit & 128 sample	0,89	1	0,86
280 bit & 256 sample	0,54	0,67	0,5
280 bit & 512 sample	0,34	0,51	0,31

Data Suara

Gambar 4.1 Waktu rata-rata yang diperlukan untuk penyisipan pesan rahasia



	Pop	Klasik	Jazz
80 bit & 128 sample	0,73	0,72	0,71
80 bit & 256 sample	0,37	0,37	0,36
80 bit & 512 sample	0,2	0,2	0,19
160 bit & 128 sample	0,75	0,73	0,72
160 bit & 256 sample	0,4	0,37	0,37
160 bit & 512 sample	0,21	0,2	0,2
280 bit & 128 sample	0,8	0,73	0,73
280 bit & 256 sample	0,4	0,38	0,37
280 bit & 512 sample	0,22	0,21	0,2

Gambar 4.2 Waktu rata-rata yang diperlukan untuk ekstraksi pesan rahasia

c. Analisis Hasil Pengukuran

Dari gambar grafik 4.1 dan 4.2 dapat dilihat bahwa ukuran panjang pesan dan ukuran panjang *frame* sangat mempengaruhi waktu komputasi saat proses penyisipan dan proses ekstraksi pesan rahasia ke dalam audio *host*. Semakin besar panjang pesan yang digunakan, maka semakin lama waktu komputasi yang diperlukan saat proses penyisipan dan ekstraksi pesan, karena semakin banyak juga bit yang harus disisipkan pada audio *host*. Sedangkan semakin besar ukuran panjang *frame* yang digunakan, maka semakin kecil waktu komputasi yang diperlukan saat proses penyisipan dan ekstraksi pesan rahasia tersebut. Hal tersebut disebabkan oleh jumlah *sample* yang dapat disisipkan pesan rahasia semakin banyak saat terdeteksi nilai *band* frekuensi acuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Proses pencarian nilai *band* frekuensi tidak akan memakan waktu yang lama jika ukuran panjang *frame* semakin besar.

E. Mean Opinion Score (MOS)

a. Sistematika Pengukuran

MOS didapatkan setelah melakukan survey minimal terhadap 30 responden. MOS dilakukan untuk mengetahui kualitas sistem yang telah berhasil dirancang.

b. Hasil Pengukuran

Setelah melakukan survey terhadap 30 responden, didapatkan nilai diatas 4 untuk ukuran panjang pesan yang digunakan yaitu 25% dari kapasitas yang dapat disisipkan pada audio *host*. Untuk panjang pesan yang disisipkan sebesar 50% dan 75% dari kapasitas penyisipan pada audio *host* mendapat nilai diatas 3. Dari hasil survey yang dilakukan dapat dilihat bahwa sistem steganografi yang telah dirancang masih memenuhi syarat *Transparency*, yaitu kualitas pesan rahasia yang ditanamkan masih sulit terdeteksi oleh indera manusia bahwa *file* tersebut telah disisipkan pesan rahasia.

5. Penutup

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil proses simulasi dan analisis maka dapat ditarik kesimpulan berikut.

1. Keberhasilan sistem saat menghasilkan audio stego bernilai SNR yang baik dipengaruhi oleh ukuran panjang pesan yang disisipkan pada data audio *host*. Untuk nilai SNR tertinggi yang didapat yaitu sebesar 124,46 dB, sedangkan yang terendah adalah sebesar 118,24 dB.
2. Nilai MSE akan semakin besar ketika ukuran panjang pesan yang akan disisipkan pada audio stego semakin besar. Nilai *Mean Square Error* (MSE) terbesar didapat saat panjang pesan 280 bit yaitu $1{,}50.10^{-12}$. Untuk nilai *Bit Error Rate* (BER) yang didapat setelah melakukan beberapa pengujian adalah 0, yang menunjukan bahwa tidak ada perbedaan antara pesan asli yang belum disisipkan dengan pesan hasil yang didapatkan dari proses ekstraksi.

3. Ukuran panjang pesan mempengaruhi waktu komputasi proses penyisipan dan ekstraksi pesan. Semakin besar ukuran panjang pesan, maka semakin lama waktu komputasi yang dibutuhkan untuk melakukan proses penyisipan dan ekstraksi pesan tersebut. Ukuran panjang *frame* juga mempengaruhi waktu komputasi. Ketika panjang *frame* yang digunakan semakin besar, maka semakin sedikit waktu yang dibutuhkan ketika melakukan proses penyisipan dan ekstraksi pesan rahasia. Waktu komputasi terbesar yaitu pada penyisipan pesan sebesar 280 bit dengan waktu penyisipan 1,20 detik dan waktu ekstraksi 0,85 detik.

B. Saran

Saran yang dapat diajukan untuk penelitian lebih lanjut mengenai topik ini adalah :

1. Sistem dapat disimulasikan lebih lanjut pada bahasa pemrograman yang lainnya, seperti bahasa java, C, dan sebagainya.
2. Sistem dapat disimulasikan dengan jenis data *host* yang lainnya, seperti *image*, *video*, dan musik.
3. Sistem dapat disimulasikan dengan jenis pesan yang lain, misal *image*, *video*, dan musik.
4. Dapat dikombinasikan dengan metode yang lainnya, seperti DCT, DWT, ELSB, dan lain sebagainya.
5. Untuk mengukur kualitas *robustness* pada sistem steganografi yang telah dirancang, sebaiknya dilakukan proses steganalisis pada audio stegonya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Asad, Muhammad., Junaid, Gilani, & Adnan, Khalid. “An Enhanced Least Significant Bit Modification Technique for Audio Steganography”. Rawalpindi, Pakistan, 2011.

[2] Muttaqin, Imam. 2013. “Simulasi dan Analisis Identifikasi Alat Musik Tradisional Berdasarkan Nada Bunyi Dengan Metode Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) Dan Support Vector Machine (SVM)”. Skripsi Sarjana Telkom University Bandung : tidak diterbitkan.

[3] Muzaqiyah, Miraz. 2014. “Steganalisis Pada Audio MP3 Dengan Metode *LSB (Least Significant Bit) Matching*”. Skripsi Sarjana Telkom University Bandung : tidak diterbitkan.

[4] Purba, Jhoni Verlando., Marihat, Situmorang, & Dedy, Arisandi. “Implementasi Steganografi Pesan Text Ke Dalam File Sound (.Wav) Dengan Modifikasi Jarak Byte Pada Algoritma *Least Significant Bit (Lsb)*”. Universitas Sumatera Utara, Indonesia, 2012.

[5] Qiao, Mengyu., Andrew, H.S, & Qingzhong, Liu. “*MP3 audio steganalysis*”. USA: Information Science. USA, 2012.