Steganalisis Audio Berbasis *Derivative Spectral* pada Domain *Fourier*

Audio Steganalysis Based on Derivative Spectral in Fourier Domain

Adhika Widya Prastomo[1], Rimba Whidiana Ciptasari[2], Febriyanti Sthevanie[3]

[1,2,3] Fakultas Teknik Informatika – Universitas Telkom
[1]badik186@gmail.com [2]rimbawh@gmail.com [3]febryantisthevanie@gmail.com

Abstrak

Steganografi data digital saat sekarang ini tidak hanya digunakan untuk kepentingan yang bersifat tidak melanggar hukum namun juga sudah digunakan sebagai cara untuk melakukan tindak kejahatan. Untuk ini perlu adanya pengawasan terhadap pertukaran data untuk mengindikasi apakah dalam suatu objek terdapat pesan rahasia yang berbahaya atau tidak. Steganalisis adalah salah satu metode pada komputer forensik yang digunakan untuk mendeteksi apakah sebuah objek berisi pesan tersembunyi atau tidak. Pada penelitian yang dilakukan oleh Min Ru dikembangkan steganalisis audio berbasis pada kumpulan fitur distorsi. Dan ada pula yang berfokus pada *mel-cepstrum* yang dikembangkan oleh Kraetzer.Pada tugas akhir ini akan dilakukan steganalisis pada media audio dengan menggunakan *Fourier Spectrum* dan dilakukan pengembangan dengan menambahkan kombinasi *feature-set* guna mengetahui kombinasi mana yang paling mempengaruhi deteksi dan menerapkan metode *framing* yang membagi sampel audio menjadi beberapa bagian untuk memeriksa setiap bagian sampel yang menjadi lokasi penyimpanan pesan. Lalu kemudian *Support Vector Machine* (SVM) digunakan sebagai *classifier* untuk menentukan indikasi *stego audio*. Dengan menerapkan metode ini dibangun sistem mampu mendeteksi *stego audio* dengan akurasi deteksi tertinggi adalah 78% namun AUC yang kurang memuaskan hanya 51%.

Kata kunci: Steganografi, steganalisis, *fourier spectrum*, *derivative spectral*, SVM.

1 Pendahuluan

Penggunaan data digital sudah sangat berkembang dewasa ini. Pertukarannya juga sudah sangat menjamur baik dilakukan pada dunia maya maupun di dunia nyata. Untuk itu keamanan dalam penyampaian informasi dalam media digital sangat diperlukan. Steganografi adalah sebuah teknik dan seni menyembunyikan pesan atau informasi pada sebuah media. Steganografi dewasa ini juga sudah berkembang dan teknik yang digunakan pun juga sudah mulai beragam [1]. Steganografi data digital saat sekarang ini tidak hanya digunakan untuk kepentingan yang bersifat tidak melanggar hukum namun juga sudah digunakan sebagai cara untuk melakukan tindak kejahatan. Untuk ini perlu adanya pengawasan terhadap pertukaran data untuk mengindikasi apakah dalam suatu objek terdapat pesan rahasia yang berbahaya atau tidak. Steganalisis adalah seni dan teknik yang digunakan dalam komputer forensik untuk mendeteksi pesan rahasia dalam sebuah objek. Steganalisis dapat digunakan untuk menjaga data dari penyalahgunaan steganografi oleh pelanggar hukum.

Media digital sebagai *cover* untuk steganografi sudah banyak tersebar dan *tools* untuk melakukan steganografi juga sudah banyak tersedia. Untuk itu diperlukan pengembangan terhadap metode deteksi sebagai antisipasi tindak kejahatan bagi penegak hukum yang bersangkutan dalam perdagangan bahan terlarang melalui gambar, halaman *web*, audio, dan transmisi lain melalui internet dan komputer [1]. Dewasa ini teknik steganalisis juga sudah mulai dikembangkan,yang kebanyakan berfokus pada media gambar seperti yang ada pada [2]. Dan referensi lain steganalisis pada gambar dari [3] dan [4]. Sedangkan pada media audio masih sedikit dikembangkan, karena perbedaan karakteristik dan tingkat kerumitannya. Contoh yang sudah dikembangkan sebelumnya steganalisis audio berbasis pada kumpulan fitur distorsi [5]. Dan ada pula yang berfokus pada *mel-cepstrum* [6] yang kemudian dikembangkan menjadi *temporal derivative spectrum* dan *mel-cepstrum* [7]. Sementara *Fourier Spectrum Steganalysis* (FSS) yang berfokus pada statistik *derivative spectrum* dari sinyal audio [8].

Pada tugas akhir ini akan dilakukan steganalisis pada media audio dengan menggunakan *Fourier Spectrum Steganalysis*. Dan dilakukan pengembangan dengan menambahkan kombinasi *feature-set* guna mengetahui kombinasi ciri mana yang paling mempengaruhi deteksi dan menerapkan metode *framing* yang membagi sampel audio menjadi beberapa bagian untuk memeriksa setiap bagian sampel yang menjadi lokasi penyisipan pesan.

2 Dasar Teori

2.1 Steganographi

Steganografi berasal dari Bahasa yunani diambil dari kata dasar stegos yang berarti ditutupi atau dilindungi. Steganografi adalah sebuah teknik untuk menyembunyikan sebuah pesan rahasia dalam sebuah media. Media yang

dapat digunakan pada steganografi seperti media digital berupa teks, gambar, audio dan video. Steganografi adalah salah satu teknik untuk proteksi data yang sering digunakan selain kriptografi dan *watermarking*. Tujuan utama dari steganografi adalah untuk mengirim informasi secara tersembunyi tanpa memperlihatkan ciri tampak [9].

2.2 Steganalisis

Steganalisis adalah metode yang digunakan untuk menganalisa sebuah media digital yang dikenai atau disisipi pesan didalamnya. Penyembunyian pesan pada media digital pasti memiliki dampak pada objek yang dikenai, misalnya terdapat perubahan karakteristik objek [10]. Steganalisis dapat dibedakan menjadi dua metode :

1. *Targeted Steganalysis*
   Steganalisis yang diterapkan pada berkas stego yang sudah diketahui bagaimana teknik penanaman pesan yang diterapkan pada berkas tersebut.
2. *Blind Steganalysis*
   Steganalisis yang diterapkan pada berkas stego yang belum diketahui bagaimana teknik penanaman pesan yang diterapkan pada berkas tersebut.

Tabel 2.1 Tenknik steganalisis audio yang sudah Ada sebelumnya

Metode	Teknik Steganalisis	Kelebihan	Kekurangan
Steganalysis Attacking Steghide	Menggunakan *Discrete Wavlet Transform* dan *Linier Prediction*	Hasil deteksi cukup baik pada Steghide	*Linier Prediction* yang digunakan hanya berfokus pada audio tipe *speech*
Content-Independent Distortion Measures	Menggunakan *Distortion measure* sebagai ciri	Hasil deteksi baik pada steganografi dengan metode *spread spectrum* dan *echo hiding*	Tipe data yang digunakan hanya *speech* dan hasil masih kurang bagus pada Steghide
Mel-Cepstrum Based Steganalysis	Ekstraksi ciri menggunakan MFCC		Proses terlalu rumit dan Hasil deteksi tertinggi hanya 52% dan digunakan pada audio tipe *speech*
Fourier Spectrum Steganalysis	Ekstraksi ciri menggunakan *Fourier Spectrum*	Hasil deteksi baik pada Hide4GP	Hanya menggunakan sedikit ciri dan terfokus pada frekuensi tinggi

2.3 *Discrete Fourier Transform* (DFT)

Discrete Fourier Transform (DFT) adalah prosedur powerful yang digunakan dalam pemrosesan sinyal digital dan filterisasi digital. DFT menungkinkan kita untuk menganalisa, memanipulasi dan mensintesis sinyal yang tidak mungkin dapat dilakukan dalam pemrosesan sinyal analog [11]. Dan DFT merupakan gambaran karakteristik spektrum periodik dari suatu sampel data. DFT memiliki spektrum garis yang mewakili periode sekuensial N. Adanya istilah "*discrete fourier transform*" karena DFT memberikan gambaran deret fourier untuk sekuens terbatas [12].

Berdasarkan kedua pengertian tersebut, maka dengan kata lain DFT merupakan prosedur matematika yang dapat digunakan untuk menentukan harmonik atau frekuensi, yang merupakan bagian dari urutan sinyal diskrit [13]. DFT berasal dari transformasi *fourier continue* $X(k)$ yang didefinisikan sebagai :

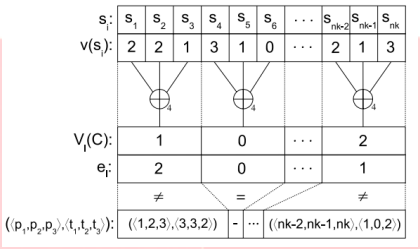
$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{\frac{-i2\pi nk}{N}} \tag{2.1}$$

DFT dapat dibalik dengan menggunakan *inverse discrete Fourier transform* (IDFT) :

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X(k) e^{\frac{i2\pi nk}{N}} \tag{2.2}$$

2.4 Steghide

Steghide adalah program steganografi yang mampu menyembunyikan data dalam berbagai macam gambar dan file audio. Warna-masing-masing sampel-frekuensi yang tidak berubah sehingga membuat embedding tahan terhadap orde pertama uji statistik [14]. Steghide menggunakan *graph-theoretic approach* sebagai *stego-system.*



Gambar 2.1 **Contoh pembangunan vertex dengan k = 3 dan m = 4** *[15]*

2.5 S-tools

S-Tools adalah alat steganografi yang menyembunyikan file dalam BMP, GIF, dan file WAV. Menggunakannya cukup mudah, cukup buka S-Tools lalu seret gambar dan suara ke S-Tools. Untuk menyembunyikan file Anda hanya menyeret pesan ke jendela suara / gambar yang terbuka. Anda dapat menyembunyikan beberapa file dalam satu suara / gambar dan data Anda dikompresi sebelum dienkripsi kemudian disembunyikan [16]. S-Tools memiliki 4 algoritma untuk enkripsi pesan, yaitu IDEA, DES, Triple DES, dan MDC.

2.6 Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif adalah cabang ilmu statistik yang dikhususkan untuk meringkas dan mendeskripsikan data. Statistik deskriptif meliputi pembangunan grafik, diagram, dan tabel, dan perhitungan berbagai langkah deskriptif seperti rata-rata, ukuran variasi, dan persentil [17].

2.7 Support Vector Machine (SVM)

Support vector machine adalah sebuah metode pembelajaran mesin yang berguna untuk klasifikasi kelompok. Ide dari metodei ini adalah memetakan vektor linier pada dimensi fitur yang tinggi. Pengambilan keputusan dibangun pada dimensi fitur ini. Sifat khusus dari keputusan menjadi jaminan untuk kemampuan mesin dalam bekerja [18]. Penggunaan SVM sebagai classifier dikarenakan metode ini memiliki performansi yang baik [19]. Metode ini adalah pengembangan dari metode *liniar regression classifier.* Data yang tersedia dinotasikan sebagai $x_i \in \Re^d$ sedangkan label masing-masing dinotasikan $y_i \in \{-1, +1\}$ untuk $i = 1,2, \dots l$, dimana l adalahbanyaknya data. Diasumsikan kedua kelas -1 dan +1 dapat terpisah secara sempurna oleh *hyperline* berdimensi d, yang didefinisikan

$$\bar{w}\bar{x} + b = 0 \tag{2.3}$$

Pattern $\bar{x_i}$ yang termasuk kelas -1 dapat dirumuskan se bagai pattern yang memenuhi pertidaksamaan

$$\bar{w}\bar{x} + b \leq -1 \tag{2.4}$$

Sedangkan untuk $\bar{x_i}$ yang termasuk kelas +1

$$\bar{w}\bar{x} + b \geq +1 \tag{2.5}$$

3 Metode Penelitian

3.1 Formulasi Permasalahan

Berikut ini merupakan formulasi permasalahan dari sistem steganalisis pada audio :

Dilakukan tinjauan terhadap sebuah set audio yang terdiri dari berkas asli $f(t)$, kemudian berkas asli tersebut diberi pesan sisipan $h(t)$ sehingga membentuk berkas baru yang disebut berkas stego $s(t)$ dengan persamaan $s(t) \approx f(t) + h(t)$. Dari pengamatan yang dilakukan, didapat bahwa berkas stego mengalami perubahan nilai statistik yaitu, *kurtosis, mean, skewness* dan deviasi standar (k, μ, s, σ). Dari hal tersebut dapat dinyatakan bahwa penyisipan pesan dapat merubah nilai statistik dari *derivative*-nya [20].

3.2 Definisi Stego Audio

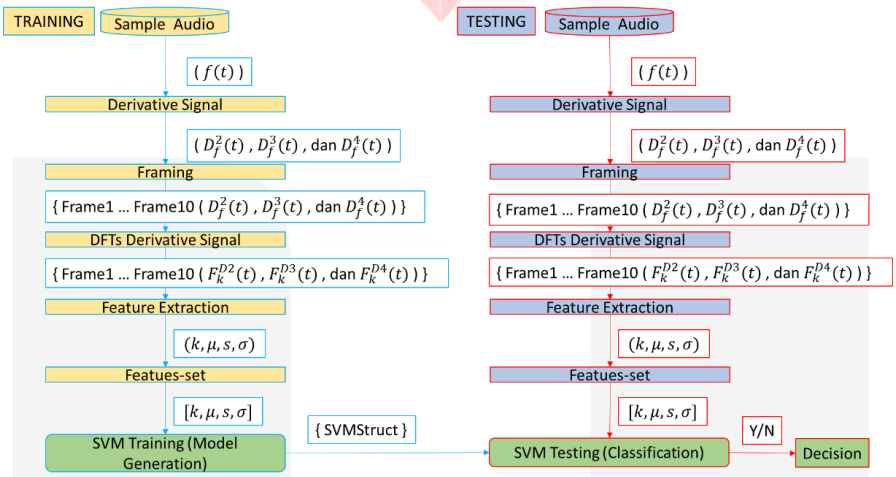
Diasumsikan kita memiliki sejumlah berkas asli dan telah mengestimasi parameter pembanding C_f. Kemudian dimiliki juga sejumlah berkas stego dengan parameter pembanding C_s, lalu sebuah *tools machine learning* dibangun untuk melakukan proses learning perbedaan antara C_f dan C_s. Yang kemudian dengan proses testing terhadap berkas , dapat didefinisikan bahwa Jika selisih nilai statistik berkas X dengan parameter *stego audio* C_s lebih kecil dibanding selisih nilai statistik berkas X dengan parameter *cover audio* C_f maka berkas X dikatakan sebagai *stego audio*.

$$\left(X_{(t)} - C_s\right) < \left(X_{(t)} - C_f\right) \tag{3.1}$$

Dan sebaliknya jika selisih nilai statistik berkas X dengan parameter *stego audio* C_f lebih kecil dibanding selisih nilai statistik berkas X dengan parameter *cover audio* C_s maka berkas X dikatakan sebagai *cover audio*.

$$\left(X_{(t)} - C_f\right) < \left(X_{(t)} - C_s\right) \tag{3.2}$$

3.3 Model dan Deskripsi Sistem

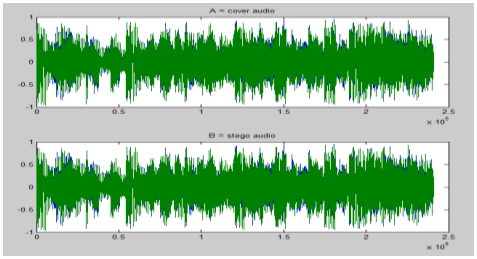


Gambar 3.1 Gambaran Umum Sistem

Sistem yang akan dibangun adalah sistem untuk menganalisis dan mendeteksi sebuah berkas apakah berisi pesan tersembunyi atau tidak. Inputan dari sistem berupa berkas audio dengan format .WAV. Tahapan awal dari proses adalah mendapatkan nilai *derivative* pada sinyal audio. Kemudian mendapatkan spektrum DFT dari *derivative* sinyal audio. Setelah itu, dilakukan *framing* terhadap spektrum DFT yang sudah didapat. Kemudian dilakukan ekstraksi ciri dengan menghitung nilai *mean*, standar deviasi, *skewness* dan *kurtosis* dari masing-masing *frame* yang sudah didapat sebelumnya. Setelah didapat ciri dari spektrum, dibangunlah *feature-set* untuk proses klasifikasi dari ciri yang telah diekstrak dan kombinasi dari ciri tersebut menggunakan menggunakan SVM. Gambaran sistem secara umum dapat dilihat pada (Gambar 3.1).

3.3.1 Sampel Audio Masukan

Masukan dari sistem adalah berkas audio dengan format WAV terdiri dari berkas *cover* dan berkas *stego* yang disisipi pesan berbeda-beda. Sampel audio berdurasi 5 detik dari berkas jenis musik dan *speech*.



Gambar 3.2 Plot sinyal *cover* audio dan *stego* audio

Secara kasat mata dilihat pada (Gambar 3.2) bahwa bentuk sinyal dari berkas *cover* dan berkas *stego* tidak terdapat perbedaan. Maka dari itu digunakan analisis deskriptif untuk mengetahui perbedaan dari kedua sinyal.

3.3.2 Mendapatkan *Derivative Signal* Audio

Setelah membaca berkas audio *cover* atau pun *stego* kemudian sinyal-sinyal tersebut diambil nilai *derivative*-nya. Pada pemrosesan citra ,*second order derivative* telah dikembangkan untuk mendeteksi titik dan sisi [21]. Dan *second order derivative* terbukti mengalami perubahan nilai statistik setelah disiipi pesan [20]. Pada tugas akhir ini *second order derivative* dikembangkan lagi dengan menaikkan levelnya. Sinyal audio dilambangkan dengan $f(t)$ dimana t adalah waktu dan $t = 0,1,2, \dots, N-1$. *Derivative* kedua, ketiga dan keempat dilambangkan dengan $D_f^2(t)$, $D_f^3(t)$, dan $D_f^4(t)$ dimana

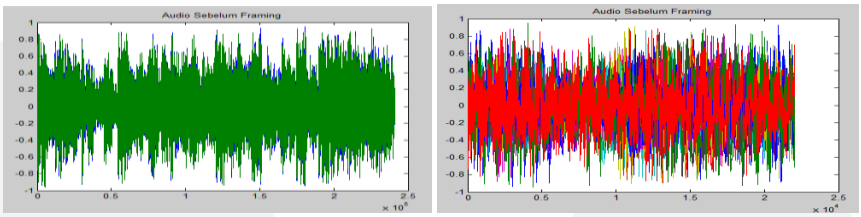
$$D_f^2(t) \equiv \frac{d^2 f}{dt^2} = f(t+2) - 2 * f(t+1) + f(t) \quad t = 0,1,2, \dots, N-3. \tag{3.3}$$

$$D_f^3(t) \equiv \frac{d^3 f}{dt^3} = f(t+3) - 3 * f(t+2) + 3 * f(t+1) - f(t) \quad \mathrm{t} = 0,1,2, \dots, \mathrm{N}-4. \tag{3.4}$$

$$D_f^4(t) \equiv \frac{d^4 f}{dt^4} = f(t+4) - 4 * f(t+3) + 6 * f(t+2) - 4 * f(t+1) + f(t) \quad \mathrm{t} = 0,1,2, \dots, \mathrm{N}-5 \tag{3.5}$$

3.3.3 Framing

Framing adalah proses membagi sampel audio menjadi beberapa segmen atau bagian untuk memudahkan analisis dari nilai statistik. Dari berkas dengan durasi 5 detik, digunakan *frame* sebesar 500 ms, sehingga akan menghasilkan sekitar 10 *frame* dari satu sampel.



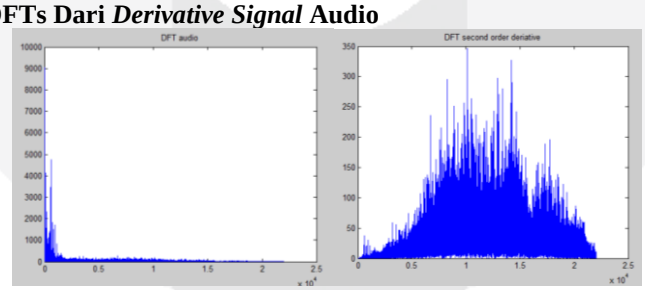
Gambar 3.3 Sinyal audio sesudah *framing*

Dari (Gambar 3.4) dapat dilihat hasil segmentasi audio masukan menjadi beberapa bagian. Metode ini digunakan untuk memeriksa *frame* per *frame* sampel audio dari durasi yang relatif singkat.

3.3.4 Ekstraksi Ciri

Setelah mendapatkan nilai *derivative* dari sinyal audio, dan sinyal sudah dibagi menjadi beberapa *frame*, kemudian dilakukan ekstraksi ciri dari sinyal audio.

3.3.5 Mendapatkan DFTs Dari *Derivative Signal* Audio



Gambar 3.4 DFT dari sinyal audio dan DFT dari *derivative* kedua

Metode yang dilakukan adalah dengan *Discrete Fourier Transform* (DFT). DFT dipilih karena implementasinya adalah mengubah kawasan waktu menjadi kawasan frekuensi. DFT yang dikenakan pada sinyal akan menghasilkan spektrum frekuensi yang terdiri dari spektrum *magnitude* dan spektrum fasa yang menunjukan hubungan antara *magnitude*, fasa dengan frekuensi. Artinya kita dapat melihat komponen penyusun sinyal tersebut dari *magnitude* sinyal pada rentang frekuensi. Pada (Gambar 3.4) dapat dilihat bagaimana hubungan antara *magnitude* pada rentang frekuensi.

3.3.6 Mendapatkan nilai statistik dari DFTs

Tahapan selanjutnya adalah mendapatkan nilai dari statistik deskriptif sebelum dilakukan klasifikasi. Akan diambil 4 nilai statistik sebagai ciri yakninya, *mean*, deviasi standar, *kurtosis* dan *skewness.* Setelah nilai didapat dan dikumpulkan, kemudian dibangunlah *feature-set* guna proses klasifikasi.

3.3.7 Klasifikasi dengan SVM

Klasifikasi dilakukan untuk menentukan manakah berkas yang termasuk jenis *cover* audio atau *stego* audio. Penentuan berdasarkan dari statistik deskriptif masing-masing berkas latih. Metode yang digunakan pada tahapan ini adalah *Support Vector Machine* (SVM). Metode ini bekerja dengen mencari suatu *hyperplane* atau fungsi pemisah terbaik dari kelas yang ada. Objek terluar dari suaru kelas disebut *support vector*, sedangkan jarak antara dua buah *support vector* disebut dengan *margin.*

Kernel yang digunakan pada klasifikasi ini adalah *kernel* RBF *nonlinier*. Pada kernel RBF digunakan parameter gamma. Parameter gamma berfungsi untuk mengatur dan mengontrol tingkat fleksibilitas hasil klasifikasi sistem. Semakin besar parameter gamma, maka tingkat akurasi yang dihasilkan akan semakin kecil disebabkan adanya overfitting terhadap data pada *hyperplane* [22].

$$k(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = \exp(-\frac{\|\bar{x}_i - \bar{x}_y\|^2}{2\sigma^2}) \quad (2.12)$$

4 Hasil dan Pembahasan

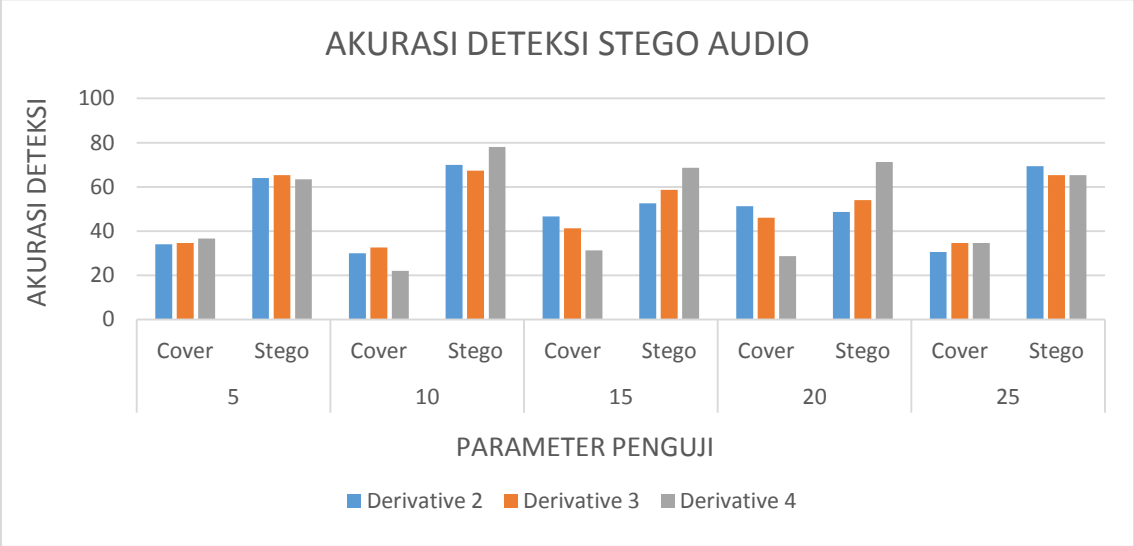
4.1 Dataset

Dalam tugas akhir ini dirancang suatu *dataset* untuk proses membangun sistem. *Dataset* digunakan pada proses *training* dan *testing* untuk membangun *classifier*. Adapun dataset dibuat dengan format berkas. WAV dibagi menjadi 2 kategori, yaitu *cover-audio* dan *stego-audio*. Dataset berformat .WAV dengan sample rate 44100 Khz durasi 5 detik. Jumlah *cover audio* adalah 250 buah.

4.2 Hasil Pengujian

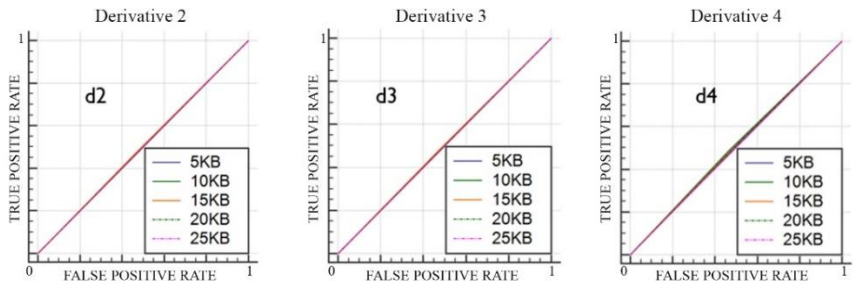
Sistem memiliki 2 tahapan dalam pembangunannya, yaitu proses *training* dan *testing*. *Dataset* untuk proses training merupakan kumpulan *cover-audio* dan *stego-audio* berjumlah 300 buah (100 *cover*, 100 Steghide dan 100 Stools). *Dataset* untuk proses *testing* merupakan kumpulan *cover-audio* dan *stego-audio* berjumlah 450 buah (150 *cover*, 150 Steghide dan 150 Stools). Pengujian dilakukan berdasarkan besar ukuran pesan sisipan mulai dari 5KB, 10KB, 15KB, 20KB dan 25KB.

Setelah proses training dilakukan maka terbentuklah beberapa model classifier. Model yang dibangun menggunakan SVM merupakan hasil training kombinasi dari *feature-set* yang sudah ditentukan dan memiliki hasil yang berbeda masing-masingnya. Hasil yang didapat berupa performansi sistem secara keseluruhan berdasrkan parameter yang ditentukan. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil berupa performansi secara keseluruhan sistem. Kemudian dihitung akurasi sistem dalam mendeteksi *stego audio* sebagai berikut :



Gambar 4.1 Akurasi deteksi stego audio

Dari hasil pengujian dilakukan analisa menggunakan *Receiver Operating Characteristic Curve (ROC Curve)*, dengan parameter TP (*True Positive*) menunjukkan berkas stego yang terdeteksi benar dan FP (*False Negative*) adalah berkas asli yang terdeteksi salah. AUC yang dihasilkan dari ROC hanya menghasilkan nilai tertinggi 51%.



Gambar 4.2ROC derivative kedua(kiri), ketiga(tengah) dan keempat(kanan)

Dari analisa yang dilakukan terhadap hasil pengujian didapatkan poin-poin sebagai berikut :

1. Dalam pengujian kali ini dengan menggunakan jumlah sampel audio sebanyak 450 buah, sistem sudah mampu melakukan pendeteksian berkas yang tersisipi pesan dengan akurasi tertinggi mendeteksi *stego audio* adalah 78%.
2. Dapat dilihat juga, bahwa besar pesan sisipan tidak terlalu mempengaruhi pendeteksian pesan oleh sistem. Dimana pengujian pada berkas yang disisipi pesan 25KB akurasi deteksi tertinggi hanya 69,3% sedangkan pada berkas yang lebih kecil pesan sisipannya ada yang menunjukkan akurasi yang lebih tinggi yakninya berkas dengan sisipan 10KB dengan akurasi deteksi sebesar 78% dan berkas dengan sisipan 20KB dengan akurasi deteksi sebesar 71,3%.
3. Dari pengujian yang dilakukan dapat dilihat pula bahwa semakin tinggi nilai *derivative* yang digunakan semakin baik pula akuras deteksi dari sistem.
4. Performansi keseluruhan sistem dalam mendeteksi terhitung masih kurang baik, karena hanya mampu menghasilkan nilai AUC rata-rata 51%. Hal ini diindikasi pada parameter ciri yang digunakan untuk data latih dan data uji memiliki variansi yang sangat kecil.
5. Dari pengujian juga dapat dilihat bahwa ciri yang sangat berpengaruh dalam pendeteksian *stego audio* adalah deviasi standar dan *mean.*

4.3 Evaluasi keterbatasan sistem

Sistem yang dibangun sudah mampu mendeteksi stego audio namun hanya memiliki AUC tertinggi sebesar 51%. Hal ini dikarenakan masih tingginya nilai *False Positive* atau berkas asli yang terdeteksi sebagai berkas stego. Rata-rata nilai *False Positive* yang dihasilkan sistem mencapai 35%. Hal ini disebabkan karena variasi ciri yang didapat antara berkas asli dan berkas stego sangat kecil. Ekstraksi ciri sudah dilakukan pada *second order statistic spectrum* namun masih menghasilkan variansi nilai yang kecil.

5 Kesimpulan

Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pada tugas akhir ini telah dibangun sistem audio steganalisis menggunakan metode Fourier Spectrum Steganalysis dengan menambahkan metode Framming dan klasifikasi menggunakan SVM.
2. Sistem mampu mendeteksi stego audio dengan akurasi deteksi tertinggi adalah 78% dan rata-rata False Positive 35%
3. Feature-set yang paling berpengaruh dalam pendeteksian stego audio adalah mean dan deviasi standar.

Daftar Pustaka

[1] N. F. Johnsonn and S. Jajodia, "Steganalysis: The Investigation of Hidden Information," in *Information Technology Conference, 1998. IEEE,* Syracuse, NY, 1998.

[2] J. Fridrich and M. Goljan, "Practical Steganalysis of Digital Images – State of the Art," vol. 4675, no. Security and Watermarking of Multimedia Contents, pp. 1-13, 2002.

[3] J. Fridrich, "Feature-based steganalysis for JPEG images and its implications for future design of steganographic schemes," *Springer Berlin Heidelberg,* pp. 67-81, 2005.

[4] H. Farid and S. Lyu, "Steganalysis using higher-order image statistics," *IEEE*, vol. 1, no. 1, pp. 111 - 119, 2006.

[5] A. I, "Audio steganalysis with content-independent distortion measures," *IEEE*, vol. 12, no. 2, 2006.

[6] C. Kraetzera and J. Dittmann, "Mel-Cepstrum Based Steganalysis for VoIP-Steganography," *SPIE*, vol. 6505, p. 650505, 2007.

[7] Q. Liu, A. H. Sung and M. Qiao, "Temporal Derivative-Based Spectrum and," *IEEE*, vol. 4, pp. 359-368, 2009.

[8] Q. Liu, A. H. Sung and M. Qiao, "Spectrum Steganalysis of WAV Audio Streams," in *Machine Learning and Data Mining in Pattern Recognition*, Leipzig, Germany, Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 582-593.

[9] F. Djebar, "Comparative Study of Digital Audio Steganography Techniques," *Springer*, 9 October 2012.

[10] N. F. Johnson and S. Jajodia, "Steganalysis: The Investigation of Hidden Information," *IEEE*, pp. 113 - 116, 1998.

[11] R. G. Lyons , Understanding Digital Signal Processing 2nd Edition, Prentice Hall, 2004.

[12] D. F. Elliott , Handbook of Digital Signal Processing: Engineering Applications, Academic Press, 1988.

[13] T. A. Kurniawan, "Taufiq Alif Kurniawan's Blog," [Online]. Available: https://taufiqalif.wordpress.com/2010/02/05/the-di. [Accessed 4 August 2015].

[14] S. Hetzl , "Manual Steghide," 2003.

[15] S. Hetzl and P. Mutzel, "A Graph–Theoretic Approach to Steganography," in *9th IFIP TC-6 TC-11International Conference, CMS 2005, September 19 – 21*, Salzburg, Austria, 2005.

[16] Security Tube, "Security Tube," [Online]. Available: http://www.securitytube.net/video/908. [Accessed 4 August 2015].

[17] I. Jarkko , "Basics of Statistics".

[18] C. Cortes and V. Vapnik, "Support-vector networks," *Springer*, vol. 20, no. 3, pp. 273-297, 1995.

[19] V. Vapnik, The Nature of Statistical Learning Theory, New York: Springer, 1995.

[20] L. Qingzhong, A. H. Sung and M. Qiao, "Detecting Information-Hiding in WAV Audios," in *Pattern Recognition, 2008. ICPR 2008. 19th International Conference on*, Tampa, FL, 2008.

[21] W. Gonzales R, Digital Image Processing, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 2008.

[22] B. Hur, "A User's Guide to Support Vector Machine," *Springer* , 2009.