



Perancangan dan Analisis Kinerja Steganography pada MPEG SAOC Menggunakan Improved Spread Spectrum

Aggrivina Dwiharzandis¹, Amirul Luthfi², Ikhwana Elfitri³
^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas
ikhwana@eng.unand.ac.id

Abstract

Object-based audio technology is important for audio reproduction because of providing the users with an ability to change the audio composition. As a result, MPEG Spatial Audio Object Coding (SAOC) as an international standard for encoding object-based audio has been widely used in many applications. However, the object-based audio transmission scheme is different than conventional audio transmission technology, so the use of steganography in MPEG SAOC needs to be further studied. In this work, a steganography technique has been developed based on Improved Spread Spectrum (ISS). There are two embedding configurations used in this study: embedding on MPEG SAOC audio objects and embedding on MPEG SAOC downmix signals. The performance of these two embedding configurations was analyzed by measuring ISS embedding capacity. As a comparison to the ISS method on channel-based audio, the ISS is also applied to Advanced Audio Coding (AAC). Based on the experiments, the embedding capacity of both proposed configurations varies depending on the bandwidth of audio signals. However, the downmix signal has a capacity of 20% higher than the audio objects. Moreover, the ISS embedding capacity on the MPEG SAOC downmix signal is similar to the embedding capacity on the AAC.

Keywords: steganography, improved spread spectrum, spatial audio object coding

Abstrak

Teknologi audio berbasis objek saat ini sangat penting untuk reproduksi audio karena menyediakan fitur untuk mengubah komposisi suara (audio) yang didengarkan. Oleh karena itu, MPEG *Spatial Audio Object Coding* (SAOC) sebagai standar internasional untuk pengkodean audio berbasis objek, telah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi. Namun, model pentransmisi audio berbasis objek ini berbeda dibandingkan teknologi transmisi audio konvensional, sehingga pemanfaatan *steganography* pada MPEG SAOC perlu dipelajari lebih jauh. Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan analisis kinerja teknologi *steganography* berbasis metode *Improved Spread Spectrum* (ISS). Ada dua konfigurasi *embedding* yang diteliti, yaitu *embedding* pada objek audio MPEG SAOC dan *embedding* pada sinyal *downmix* MPEG SAOC. Kinerja kedua konfigurasi dianalisis dengan mengukur kapasitas *embedding* ISS. Untuk membandingkan implementasi ISS pada audio berbasis kanal, ISS juga diterapkan pada *Advanced Audio Coding* (AAC). Berdasarkan eksperimen, kapasitas *embedding* kedua konfigurasi bervariasi tergantung pada *bandwidth* kedua sinyal audio. Namun, sinyal *downmix* punya kapasitas 20% lebih banyak dibandingkan sinyal masing-masing objek audio. Selain itu, kapasitas *embedding* pada sinyal *downmix* MPEG SAOC sama besar dengan kapasitas *embedding* pada AAC.

Kata kunci: steganografi, *improved spread spectrum*, *spatial audio object coding*

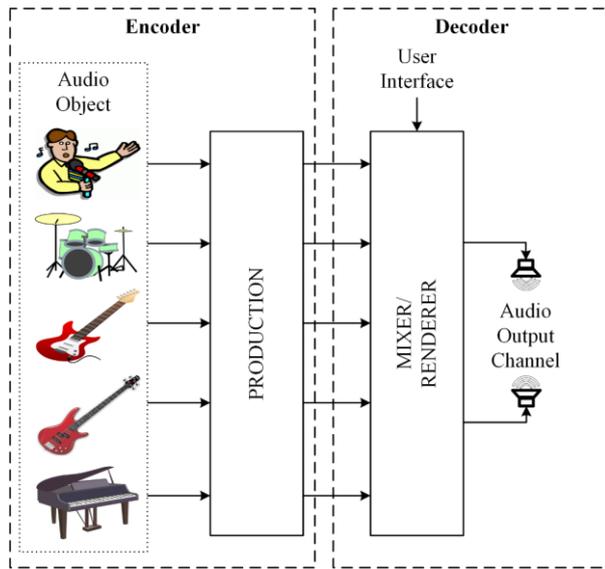
© 2019 Jurnal RESTI

1. Pendahuluan

Teknologi reproduksi audio (suara) saat ini semakin berkembang dengan adanya konsep audio berbasis objek. Audio berbasis objek memberi pendengar pengalaman yang berbeda dibandingkan teknologi audio konvensional berbasis kanal. Teknologi ini memungkinkan interaksi pengguna untuk mengubah komposisi masing-masing objek audio. Seperti pada

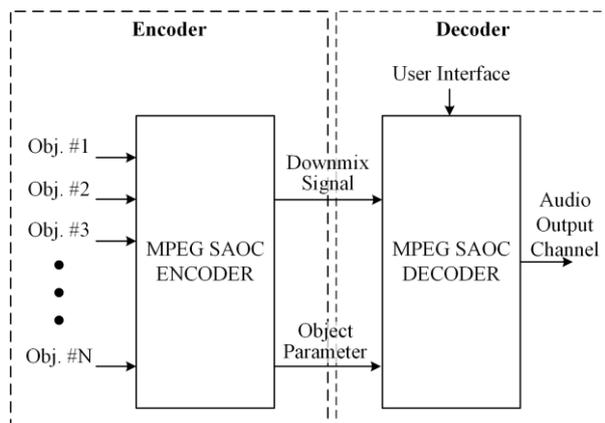
aplikasi musik interaktif, volume vokal, drum, gitar, gitar bas dan piano dapat diatur pada sisi penerima seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Teknologi ini memungkinkan pengguna mendapatkan keleluasaan untuk mengatur suara yang sesuai dengan keinginan [1-3]. Selain itu, teknologi audio berbasis objek juga digunakan pada teknologi video berbasis objek, sebuah teknologi masa depan yang memungkinkan pengguna untuk memilih objek yang dilihat [4-6]. Gabungan

keduanya berupa audio-video berbasis objek merupakan teknologi multimedia masa depan.



Gambar 1. Gambaran Umum Audio berbasis Objek

Penggunaan teknologi audio berbasis objek membutuhkan *bandwidth* yang lebih besar, karena masing-masing objek audio ditransmisikan secara independen. Gambar 2 menunjukkan MPEG *Spatial Audio Object Coding* (SAOC) yang merupakan standar pengkodean audio berbasis objek yang mampu mentransmisikan objek audio lebih efisien [7-10]. MPEG SAOC mengurangi penggunaan *bandwidth* dengan menggabungkan seluruh objek audio menjadi sebuah sinyal *downmix*. Agar volume dari masing-masing objek dapat diatur berdasarkan *user interface* pada sisi penerima, MPEG SAOC juga mentransmisikan *object parameter* dalam *bandwidth* yang sangat kecil. Pada sisi penerima, kanal audio dapat disintesis berdasarkan sinyal *downmix*, *object parameter*, dan pengaturan volume dari *user interface*.



Gambar 2. Struktur MPEG *Spatial Audio Object Coding*

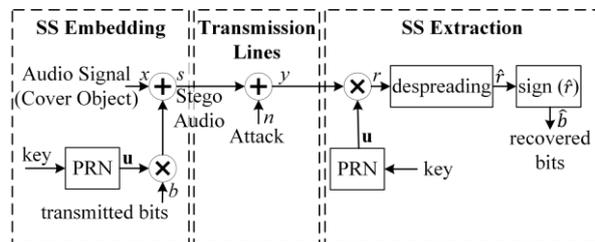
Untuk menghindari pihak lain memodifikasi keaslian konten audio yang dikodekan dengan MPEG SAOC dan menggunakan audio tersebut untuk mendapatkan

keuntungan dengan melanggar hak cipta pemilik asli [11], maka diperlukan metode penyimpanan data secara rahasia seperti steganografi atau *watermarking*. Steganografi merupakan sebuah metode pengiriman pesan rahasia dengan cara menyembunyikan pesan tersebut dalam media yang tersedia, bisa berupa gambar, audio, atau video. Terdapat beberapa metode steganografi pada audio, diantaranya *Least Significant Bit (LSB)*, *Phase Coding*, *Echo Hiding*, dan *Spread Spectrum (SS)* [12-19]. Namun, teknologi yang tersedia saat ini masih terbatas untuk pengkode audio konvensional [20-22]. Sedangkan model pentransmisian audio berbasis objek ini, sangat jauh berbeda. Sehingga, steganografi pada audio berbasis objek merupakan teknologi yang penting untuk segera dikembangkan.

Pada studi ini, dilakukan perancangan teknik steganografi *Improved Spread Spectrum (ISS)* yang merupakan pengembangan dari *Spread Spectrum (SS)* pada MPEG SAOC. ISS menunjukkan peningkatan yang cukup baik untuk menekan *error* pada bit-bit pesan rahasia dibandingkan dengan SS [23-26]. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kinerja ISS pada MPEG SAOC guna mengetahui potensi dan kelayakan penggunaan ISS pada pengkodean audio di masa depan. Selain itu, analisis juga dilakukan guna menemukan metode yang tepat dalam mengaplikasikan ISS pada pengkode ini.

2. Metode Penelitian

ISS bekerja dengan menyisipkan pesan rahasia pada spektrum sinyal audio, sama halnya dengan SS yang menjadi acuan pengembangannya. Secara umum, proses pengiriman pesan rahasia pada SS terdiri dari dua tahap yaitu *embedding* dan *extracting* seperti yang ditampilkan pada Gambar 3. *Embedding* merupakan proses penyisipan pesan rahasia pada audio (*cover object*) yang dilakukan pada sisi pengirim. Sedangkan *extracting* merupakan proses pada sisi penerima untuk mengambil kembali pesan rahasia dari audio yang telah di-*embedding*.



Gambar 3. Struktur *Spread Spectrum (SS)*

Proses *embedding* dimulai dengan membangkitkan *chip sequence (u)* yang dibuat menggunakan *Pseudo Random Noise (PRN)* berdasarkan sandi/*key* yang dimasukkan. *Chip* yang dibangkitkan terdiri atas $+\sigma_u$ dan $-\sigma_u$ yang memiliki dua sifat, yaitu:

1. Memiliki level energi yang meningkat sesuai panjang frame *chipsequence* (N) yang digunakan.

$$\mathbf{u}^2 = \sum_{i=0}^N [\mathbf{u}(i)]^2 = N\sigma_u \quad (1)$$

2. Memiliki penjumlahan nilai *chip sequence* dalam satu *frame* bernilai nol.

$$\mathbf{u} = \sum_{i=0}^N \mathbf{u}(i) = 0 \quad (2)$$

Kemudian *chip sequence* digunakan sebagai *carrier* (pembawa) bit-bit pesan rahasia (b) menggunakan modulasi *direct sequence*, yang mana satu *frame chip sequence* akan membawa satu bit data. Dengan demikian bit data akan ditransmisikan dalam laju $1/N$ bit/sample. Sehingga jika sinyal di-sampling dengan frekuensi *sampling* f_s , maka laju data yang dapat ditransmisikan adalah f_s/N bps.

Selanjutnya, *chip sequence* yang telah dimodulasi ini di-embedding ke dalam sinyal audio/*cover object* (x) menjadi *stego audio* (s) untuk selanjutnya ditransmisikan ke penerima. Metode *embedding* ini menyebabkan *chip sequence* membawa bit-bit pesan rahasia menyebar pada seluruh spektrum frekuensi. Secara matematis, proses *embedding* ditulis dalam persamaan

$$s = x + \mathbf{u}b \quad (3)$$

Dalam kondisi tanpa gangguan (*attack*), $y = s$, proses *extraction* diawali dengan persamaan matematis:

$$r = y\mathbf{u} = (x + \mathbf{u}b)\mathbf{u} = \mathbf{u}x + \mathbf{u}^2b \quad (4)$$

Jika dilakukan proses *despreading*, maka sinyal *despreading* (r) dalam satu frame

$$\hat{r} = \sum_{i=0}^N [\mathbf{u}(i)x(i) + \mathbf{u}(i)^2b] \quad (5)$$

Dengan demikian, memanfaatkan sifat *chip sequence* pada persamaan (1) dan (2) didapat

$$\hat{r} = \mathbf{u}x(i) + \mathbf{u}^2b = N\sigma_u b \quad (6)$$

Adapun bit yang ditransmisikan diwakili dengan +1 dan -1, sehingga persamaan 6 dapat diekspresikan dengan

$$\hat{r} = \begin{cases} N\sigma_u, & \text{untuk bit 1} \\ -N\sigma_u, & \text{untuk bit 0} \end{cases} \quad (7)$$

Dengan memanfaatkan fungsi signum maka

$$\hat{b} = \text{sign}(\hat{r}) = b \quad (8)$$

Persamaan 8 menunjukkan SS dapat bekerja baik dalam kondisi tanpa gangguan, Namun, gangguan dalam transmisi sinyal audio tidak dapat dihindari, karena bersumber dari pengkode audio yang digunakan. Gangguan pada pengkode audio berasal dari filter dan kompresi. Gangguan tersebut menyebabkan perubahan *chip-chip* yang dikirim ($\mathbf{u}(i)$) yang berpotensi mengakibatkan kegagalan proses *extraction*. Gagalnya proses *extraction* disebabkan oleh perubahan

magnitudo energi sinyal *despreading* (\hat{r}), sehingga bit data yang dideteksi oleh fungsi signum tidak sesuai dengan bit data yang dikirim.

ISS dirancang untuk meminimalisir kegagalan dalam proses ekstraksi dengan memodifikasi persamaan pada proses *embedding* menjadi

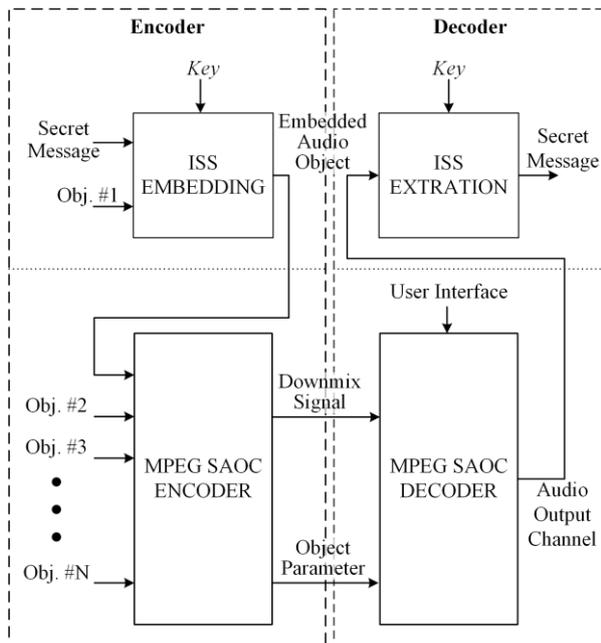
$$s = x + (\alpha b - \lambda x)\mathbf{u} \quad (9)$$

ISS memanfaatkan informasi pada sinyal audio masukan (*cover object*) untuk menyintesis sinyal \mathbf{x} , yang merupakan proyeksi *cover object* pada kondisi di-embedding. Selanjutnya Parameter α dan λ digunakan untuk kontrol level distorsi pada ISS. Pada SS kedua parameter diset pada $\alpha = 1$ dan $\lambda = 0$, sedangkan pada ISS kedua parameter diatur sesuai dengan level distorsi yang diinginkan. Metode *embedding* ini, dapat menurunkan kemungkinan terjadinya kegagalan proses *extraction* hingga 10 kali lipat [23],[24].

Sebagaimana telah dijelaskan pada bagian 1, pada studi ini dilakukan eksperimen untuk menerapkan ISS pada MPEG SAOC. Merujuk pada Gambar 2, terdapat 2 jenis audio pada sisi pengirim MPEG SAOC yaitu sinyal *downmix* dan objek audio. Kedua sinyal audio tersebut dapat digunakan sebagai media penyisipan (*cover object*) pada ISS. Penerapan ISS pada kedua jenis *cover object* inilah yang akan dianalisis dalam studi ini.

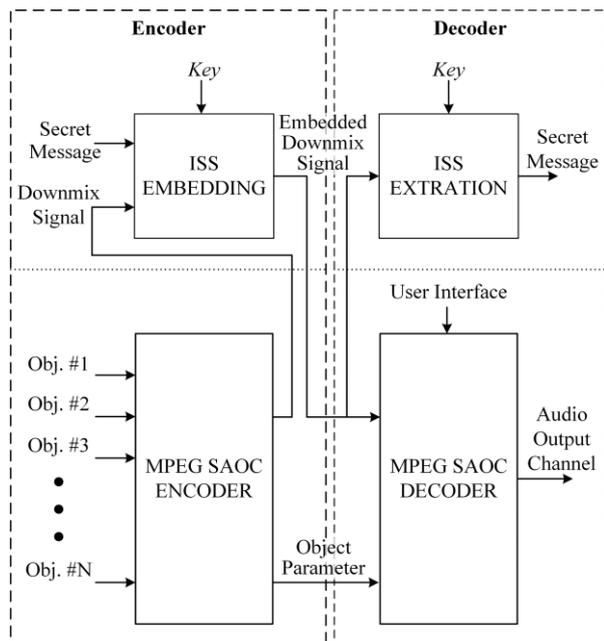
2.1. Embedding pada Objek Audio MPEG SAOC

Gambar 4 menunjukkan proses *embedding* steganografi yang terintegrasi pada salah satu masukan *encoder* MPEG SAOC. Terdapat 4 tahapan dalam *embedding* data pada objek audio. Tahap pertama yaitu proses *embedding* pesan. *Cover object* berupa salah satu objek audio akan disisipkan sebuah pesan, yang mana bit-bit informasi tersebut dimodulasi pada spektrum sinyal objek audio berdasarkan kunci pembangkitannya. Audio yang telah disisipi pesan ini disebut *stego/embedded audio*. *Stego audio* tersebut akan menjadi masukan untuk tahap kedua yaitu kompresi pada SAOC *Encoder* bersama dengan objek-objek audio lainnya. Pada SAOC *Encoder*, seluruh objek audio termasuk *stego audio* di-*downmix* menjadi satu sinyal mono sekaligus mengekstrak *object parameter*-nya. Kemudian audio yang telah di *downmix* ditransmisikan secara bersamaan dengan *object parameter* ke sisi penerima. Tahap ketiga dilakukan pada sisi penerima yaitu SAOC *Decoder*. Pada bagian penerima, SAOC menyintesis audio keluaran berdasarkan audio *downmix* dan *object parameter* yang ditransmisikan beserta informasi volume objek audio yang diperoleh dari antarmuka pengguna. Pada tahapan terakhir, pesan diekstrak dari audio keluaran SAOC dengan menggunakan kunci yang sama dengan kunci pada sisi penerima.



Gambar 4. MPEG SAOC dengan *Embedding* pada Objek Audio

diterima.



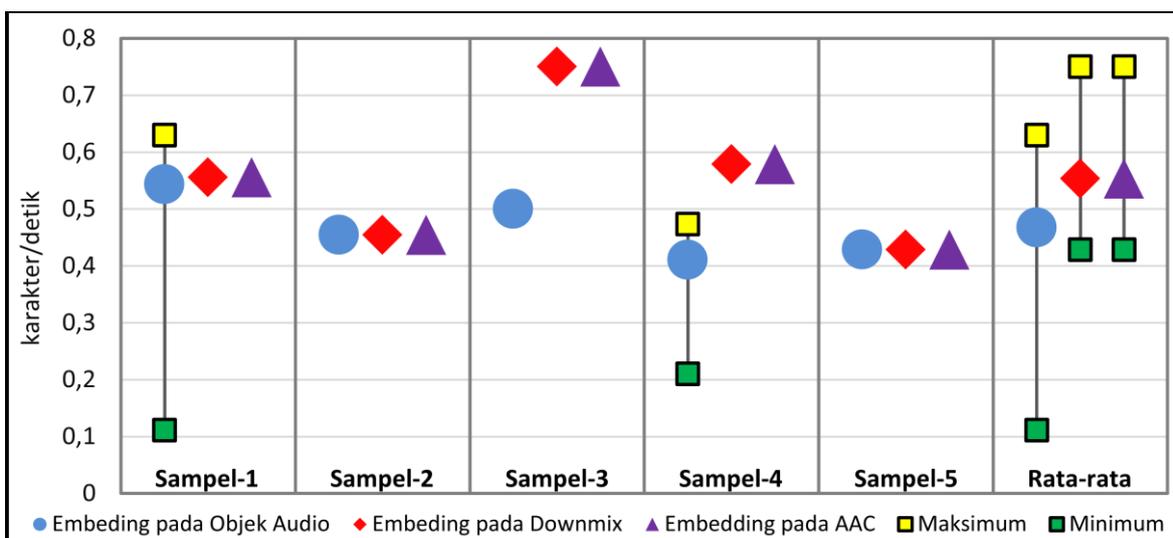
Gambar 5. MPEG SAOC dengan *Embedding* pada Sinyal *Downmix*

2.2. *Embedding* pada Objek Audio MPEG SAOC

Gambar 5 menunjukkan proses *embedding* ISS pada sinyal *downmix* MPEG SAOC. Berbeda dengan proses *embedding* pada objek audio, proses penyisipan pesan pada sinyal *downmix* hanya terdiri dari tiga tahap. Tahap pertama diawali dengan proses kompresi pada MPEG SAOC *Encoder* di mana seluruh objek audio di-*downmix* menjadi audio mono dan dilanjutkan dengan ekstraksi *object parameter*. Sinyal *downmix* selanjutnya dijadikan sebagai *cover object* pada tahap dua. Pesan rahasia di-*embedding* pada sinyal *downmix* menggunakan ISS untuk selanjutnya dikirim ke sisi penerima. Pada sisi penerima, ekstraksi dapat dilakukan tanpa melibatkan MPEG SAOC *Decoder*. Pesan rahasia dapat langsung diekstrak dari sinyal *downmix* yang

3. Hasil dan Pembahasan

Kemampuan ISS pada MPEG SAOC diuji dengan mengukur kapasitas maksimal *embedding* ISS dalam mengirim pesan rahasia berupa karakter acak. Kapasitas *embedding* ISS pada MPEG SAOC dinyatakan dalam karakter per detik. Sandi/kunci (*key*) yang digunakan dalam penelitian ini juga diacak untuk setiap pengambilan data. Sebagaimana dipaparkan pada bagian 2, terdapat dua cara *embedding* yang diujikan pada pengkode MPEG SAOC yaitu *embedding* pada objek audio dan *embedding* pada sinyal *downmix*. Selain itu ISS juga diterapkan pada *Advance Audio Coding* (AAC) sebagai perbandingan kinerja ISS pada



Gambar 6. Hasil pengujian kapasitas *embedding* ISS pada MPEG SAOC dan AAC

audio berbasis kanal. Kedua pengkode dioperasikan pada *bitrate* yang sama yaitu 160 kbps.

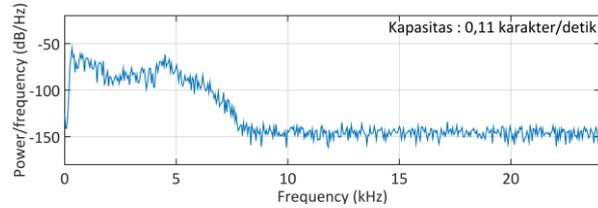
Tabel 1. Sampel Audio Musik Interaktif

No.	Judul Musik	Durasi (detik)	Komposisi Objek Audio
1.	Tak_Mau_Sendiri	27	Vokal, Piano, <i>Strings</i> , Gitar, Bass, Drum
2.	Bahane_Bana_Kar	11	Vokal, Piano, <i>Synth</i> , Gitar, Bass, Drum
3.	I_Wanna_Be	8	Vokal, Piano, Gitar, Bass, Drum
4.	Januari	19	Vokal, Piano, <i>Strings</i> , Bass, Drum
5.	No_Escape	14	Vokal, <i>Brass</i> , <i>Lead Guitar</i> , <i>Dist Guitar</i> , Bass, Drum

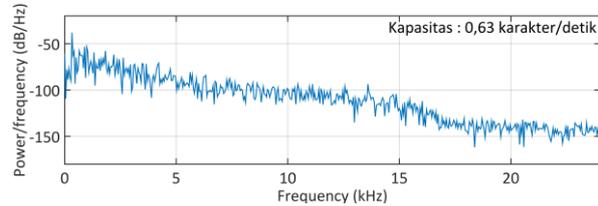
Eksperimen pada MPEG SAOC dilakukan menggunakan lima sampel audio berbasis objek untuk aplikasi musik interaktif yang memiliki durasi berbeda. Sedangkan eksperimen pada AAC dilakukan menggunakan sampel yang sama, namun dalam versi audio berbasis kanal-nya. Adapun rincian sampel yang digunakan pada penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian *embedding* ISS pada MPEG SAOC dan AAC. Berdasarkan kapasitas *embedding* rata-rata, kemampuan *embedding* ISS pada sinyal *downmix* lebih besar dibandingkan kemampuan *embedding* ISS pada objek audio. Bahkan, *embedding* ISS pada sinyal *downmix* sama dengan kemampuan *embedding* ISS pada AAC di seluruh sampel audio. Hasil eksperimen ini menunjukkan bahwa penerapan ISS pada sinyal *downmix* MPEG SAOC tidak mengakibatkan perubahan kinerja ISS sedikitpun dibandingkan penerapannya pada pengkode AAC.

Selain perbandingan kapasitas *embedding* rata-rata ketiga teknik tersebut, terdapat dua hal menarik untuk didiskusikan dari hasil eksperimen yang didapatkan pada Gambar 6 tersebut. Pertama, kapasitas *embedding* pada objek audio dalam satu sampel audio tidak selalu sama, yaitu pada sampel 1 dan 4. Bahkan pada sampel 1 perbedaan kapasitasnya mencapai hampir 6 kali lipat dari objek audio dengan kapasitas terkecil. Kedua, kapasitas *embedding* antara sinyal *downmix* dan objek audio dapat bervariasi. Contohnya, beberapa objek audio pada sampel 1 memiliki kapasitas *embedding* lebih besar dibandingkan sinyal *downmix*. Sebaliknya, kapasitas *embedding* pada sinyal *downmix* sampel 3 dan 4 lebih besar dari objek audionya. Sedangkan untuk dua sampel lainnya, kapasitas *embedding* pada keduanya persis sama. Oleh sebab itu, dilakukan eksperimen pengukuran spektrum rapat daya guna mengetahui penyebab dua keadaan tersebut.



(A)

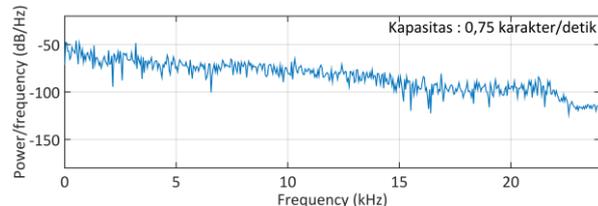


(B)

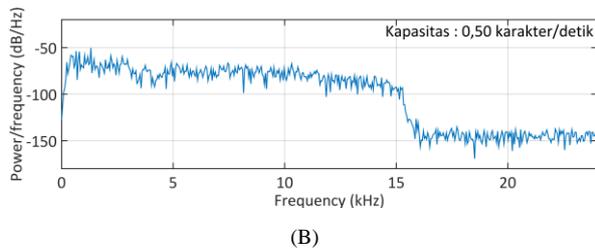
Gambar 7. Spektrum Rapat Daya Sampel -1 pada Objek Audio (A) Vokal dan (B) *Strings*

Gambar 7 menunjukkan sebaran spektrum rapat daya objek audio yang memiliki perbedaan kapasitas *embedding* cukup jauh, yaitu *strings* dan vokal pada sampel yang berjudul Tak_Mau_Sendiri. Kedua objek audio tersebut memiliki sebaran spektrum rapat daya yang berbeda cukup signifikan. Pada objek audio vokal, daya sinyal sudah diangka -150 dB (*noise level*) di frekuensi sekitar 7 kHz ke atas, sehingga hanya memiliki *bandwidth* audio kurang lebih 7 kHz. Sedangkan pada objek audio *strings*, *bandwidth*-nya mencapai sekitar 20 kHz. Perbedaan *bandwidth* audio inilah yang menyebabkan perbedaan kapasitas *embedding* pada objek audio MPEG SAOC, yang mana objek audio yang memiliki *bandwidth* lebar dapat disisipkan lebih banyak bit-bit pesan rahasia.

Perbedaan kapasitas *embedding* antara sinyal *downmix* dan objek audio juga dipengaruhi oleh *bandwidth* kedua sinyal. Gambar 8 menunjukkan spektrum rapat daya objek audio vokal dan sinyal *downmix* sampel-3 berjudul I_Wanna_Be. Hasil eksperimen menunjukkan, sampel audio ini memiliki perbedaan kapasitas *embedding* cukup besar yang mencapai 0,25 karakter/detik. Perbedaan kapasitas ini juga disebabkan oleh perbedaan *bandwidth* keduanya. Sinyal *downmix*-nya memiliki *bandwidth* hampir 24 kHz, jauh lebih besar dibandingkan objek audio vokal yang hanya memiliki *bandwidth* 16 kHz.



(A)



Gambar 8. Spektrum Rapat Daya Sampel-3 pada (A) Sinyal *Downmix* dan (B) Objek Audio Vokal

Berdasarkan dua sampel ini, *bandwidth* sinyal audio merupakan faktor yang paling mempengaruhi kapasitas *embedding* ISS baik pada objek audio maupun sinyal *downmix*. Perbedaan *bandwidth* sinyal audio baik pada objek audio maupun sinyal *downmix* terjadi secara natural tergantung objek audio yang dikodekan, dan hal tersebut tidak bisa dihindarkan. Sehingga, meskipun sinyal *downmix* memiliki kapasitas rata-rata *embedding* terbaik, tidak menjamin sinyal *downmix* menjadi pilihan terbaik dalam penerapan *embedding* ISS pada MPEG SAOC untuk seluruh sampel audio.

Pengaruh *bandwidth* terhadap kapasitas *embedding* ISS pada MPEG SAOC disebabkan oleh kompresi pada pengkode ini. MPEG SAOC merupakan pengkodean audio *lossy*, dimana *encoder* akan menghilangkan frekuensi sinyal yang tidak diperlukan. Dengan demikian, Pengkode hanya mentransmisikan frekuensi yang memiliki suara yang dapat didengar. Disisi lain, seperti yang telah dijelaskan pada bagian 2, *chip sequence* (CS) ISS menyebar pada seluruh spektrum frekuensi. Sehingga penerapan ISS pada MPEG SAOC menyebabkan beberapa komponen frekuensi CS akan hilang. MPEG SAOC hanya mentransmisikan komponen frekuensi CS yang memiliki frekuensi yang sama dengan suara yang dapat terdengar. Komponen frekuensi CS yang hilang menyebabkan level energinya berkurang terlebih jika CS ditumpangkan pada sinyal ber-*bandwidth* kecil. Seperti yang dijabarkan pada persamaan 7 dan 8, level energi CS menjadi informasi bagi penerima dalam mendekode bit rahasia yang ditransmisikan. Perubahan level energi ini, dikompensasi dengan memperbesar panjang *frame* (N). Persamaan 1 menunjukkan bahwa panjang *frame* berbanding lurus dengan level energi CS. Namun, bertambahnya panjang *frame* menyebabkan kapasitas transmisi data rahasia menjadi berkurang.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan dan analisis kinerja metode *Improved Spread Spectrum* (ISS) untuk penyimpanan data secara rahasia (*steganography*) pada MPEG *Spatial Audio Object Coding* (SAOC). Terdapat dua cara yang digunakan untuk *embedding* ISS pada MPEG SAOC, yaitu *embedding* pada objek audio dan sinyal *downmix*. Eksperimen menunjukkan kapasitas *embedding* pada MPEG SAOC baik pada objek audio maupun sinyal

downmix berkorelasi dengan *bandwidth* sinyal audionya, sehingga kapasitas *embedding* keduanya dapat berbeda-beda. Oleh sebab itu, pengembangan sistem deteksi *bandwidth* pada objek audio dan sinyal *downmix* MPEG SAOC dapat menjadi opsi lain guna mengoptimalkan kinerja ISS pada MPEG SAOC. Namun, secara keseluruhan kapasitas *embedding* pada sinyal *downmix* 20% lebih besar dibandingkan kapasitas *embedding* pada objek audio. Bahkan, kapasitas *embedding* ISS pada sinyal *downmix* mampu menyamai kapasitas *embedding* ISS pada pengkode konvensional. Dapat disimpulkan, melakukan *embedding* pada sinyal *downmix* merupakan pilihan yang lebih tepat untuk penerapan ISS pada MPEG SAOC.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didanai oleh Universitas Andalas, dengan kontrak No. 110/UN.16.17/PP.PGB/LPPM/2018. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Dr. Rahmadi Kurnia dan Mr. Baharudin yang telah memberi masukan untuk menyempurnakan penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] A. B. Robert Bleidt, Harald Fuchs, S. Merrill Weiss, "Object-Based Audio: Opportunities for Improved Listening Experience and Increased Listener Involvement" *Motion Imaging Journal, SMPTE*, vol. 124, 2015.
- [2] P. Coleman, "An Audio-Visual System for Object-Based Audio: From Recording to Listening," 2018.
- [3] T.-M. C. Kuo-Lun Huang, Pao-Chi Chang "An Object-Based Audio Rendering System using Spatial Parameters," *IEEE Global Conference on Consumer Electronics*, 2012.
- [4] P. M. K. S. T. Prof. Nitin. R. Talhar, "Real-time and Object-based Video Streaming Techniques with Application to Communication System," *International Symposium on Computing, Communication, and Control (ISCCC)*, 2011.
- [5] T. R. Juergen Wuenschmann, Christian Feller, Albrecht Roethermel, "Analysis and Improvements to the Object Based Video Encoder MPEG 4 Part 25," *IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 2011.
- [6] Q. W. X.Z. Yao, S.C. Chan, "An AVS- and object- based approach to scalable Coding of Plenoptic Videos", 2014.
- [7] H. P. Oliver Hellmuth, Jeroen Koppens, Jeroen Koppens, dkk, "MPEG Spatial Audio Object Coding – The ISO/MPEG Standard for Efficient Coding of Interactive Audio Scenes," *Audio Engineering Society*, vol. 60 Issue 9 pp. 655-673, 2012.
- [8] H. D. L. Amirul Luthfi, Ikhwana Elfitri, "Rendering Matrix Extraction in MPEG SAOC Encoder for Delivery of Multiple Multi-Channel Audio Objects," *Global Conference on Consumer Electronics*, 2017.
- [9] J. Paulus, "Parameter Domain Loudness Estimation in Parametric Audio Object Coding," *European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, 2018.
- [10] K. Kim, "Audio Object Editing Scheme in Spatial Audio Object Coding for User Interaction" *Advanced Science and Technology*, 2014.
- [11] B. S. Duba.Sriveni, "Improved Spread Spectrum : A New Method For Information Hiding and Optimum Detection Structure," *International Journal Of Advanced Research and Innovation* vol. 7, no. 2, 2014.
- [12] A. G. Mazhar Tayel, Hamed Shawky "A Proposed Implementation Method of an Audio Steganography Technique" *ICACT*, 2016.

- [13] M. B. Rohit Tanwar “Audio Steganography ” *International Conference on Reliability, Optimization and Information Technology -ICROIT*, 2014.
- [14] M. Ahmed Hussain Ali, LoayEdwar George “A Review on Audio Steganography Techniques,” *Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 2016.
- [15] P. S. K. J. Pooja P. Balgurgi, “Intelligent Processing : An Approach of Audio Steganography ” *International Conference on Communication, Information & Computing Technology (ICCICT)*, 2012.
- [16] M. S. R. Ifra Bilal , Rajiv Kumar, P K Mishra “Recent Advancement in Audio Steganography ” *International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing*, 2014.
- [17] P. Singh, “A Comparative Study of Audio Steganography Techniques,” *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 3, no. 4, 2016.
- [18] P. S. Anamika Sharma, “Semantic Analyzer for Audio Steganography,” *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 3, no. 1, 2014.
- [19] A. T. Ramandeep Kaur, Hardeep Singh Saini, Rajesh Kumar, “Enhanced Steganographic Method Preserving Base Quality of Information Using LSB, Parity and Spread Spectrum Technique,” *International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies*, 2015.
- [20] S. Sharma, “Improving the Robustness and Efficiency of Audio Steganography using Spread Spectrum Technique ” *International Journal for Scientific Research & Development*, vol. 3, no. 03, 2015.
- [21] D. G. S. Alaknanda S. Patil, “An Embedding of Secret Message in Audio Signal ” *International Conference for Convergence in Technology (I2CT)*, 2018.
- [22] S. C. C. Anjana Krishnan A, Suraj Kamal , Supriya M.H., “Spread Spectrum Based Encrypted Audio Steganographic System with Improved Security ” *Proceeding of Second International conference on Circuits, Controls and Communications*, 2017.
- [23] D. A. F. F. Henrique S. Malvar, “Improved Spread Spectrum: A New Modulation Technique for Robust Watermarking,” *IEEE Transaction On Signal Processing* vol. 51, 2003.
- [24] M. K. M. Neslihan Gerek “Generalized Improved Spread Spectrum Watermarking Robust Against Translation Attacks,” *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 2008.
- [25] Z. J. W. Amir Valizadeh, “Efficient blind decoders for additive spread spectrum embedding based data hiding,” *Journal on Advances in Signal Processing* 2012.
- [26] S. X. Peng Zhang, Huazhong Yang, “Robust and Transparent Audio Watermarking Based on Improved Spread Spectrum and Psychoacoustic Masking,” *IEEE International Conference on Information Science and Technology*, 2012.