

**OPTIMALISASI *SPREAD SPECTRUM STEGANOGRAPHY*
MENGUNAKAN *IMPROVED CLOSED-LOOP* UNTUK
MENYEMBUNYIKAN INFORMASI SECARA AMAN**

TUGAS AKHIR

*Karya Ilmiah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang strata satu
(S-1) di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas*

Oleh:

Vigo Alfindo

2010953027

Pembimbing:

Amirul Luthfi, S.T., M.T.

NIP. 199312052019031014



**Program Studi Sarjana
Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Andalas
2025**

Judul	Optimalisasi <i>Spread Spectrum Steganography</i> Menggunakan <i>Improved Closed-loop</i> untuk Menyembunyikan Informasi secara Aman	Vigo Alfindo
Program Studi	Teknik Elektro	2010953027
Fakultas Teknik Universitas Andalas		
Abstrak Perlindungan data digital sangat penting untuk mencegah akses yang tidak sah, salah satunya melalui steganografi audio. Metode <i>spread spectrum</i> (SS) memiliki ketahanan yang tinggi terhadap interferensi dengan menyebarkan bit-bit pesan di seluruh spektrum frekuensi. Pengembangan lebih lanjut menghasilkan metode <i>improved spread spectrum</i> (ISS) yang lebih baik yang dapat meningkatkan kinerja dengan menyesuaikan <i>watermark energy</i> berdasarkan karakteristik sinyal. Namun, tantangan utama dalam metode SS dan ISS adalah menentukan <i>embedding energy</i> yang optimal agar pesan tetap tersembunyi dengan baik tanpa meningkatkan probabilitas kesalahan. Penelitian ini mengusulkan <i>Improved Closed-loop</i> dalam steganografi audio berbasis <i>Spread Spectrum</i> untuk mengoptimalkan <i>embedding energy</i> secara adaptif. Pengujian dilakukan pada audio terkompresi AAC dengan membandingkan SS, ISS, dan <i>Improved Closed-loop</i> SS berdasarkan <i>watermark energy</i>, <i>error probability</i>, dan <i>Signal-to-Noise Ratio</i> (SNR). Hasil menunjukkan bahwa metode <i>Improved Closed-loop</i> SS memberikan kinerja terbaik pada variasi kapasitas dengan <i>watermark energy</i> sebesar 4.54, 2.44, dan 4.42 pada <i>error probability</i> yang rendah dibandingkan dengan metode ISS dengan <i>watermark energy</i> sebesar 30.08, 7.77, dan 16.68 dan metode SS dengan <i>watermark energy</i> sebesar 63.37, 16.38, dan 26.39. Selain itu, analisis SNR menunjukkan bahwa metode <i>Improved Closed-loop</i> SS mampu mempertahankan kualitas audio stego 2 kali lebih besar dibandingkan metode SS dan ISS dengan nilai 81.1 dB, 88.2 dB, dan 88.4 dB pada kapasitas penyisipan informasi masing-masing sebesar 0.23 bps, 0.12 bps, dan 0.06 bps. Sementara itu, metode ISS dan SS memiliki SNR yang jauh lebih rendah, yaitu sekitar 35-45 dB pada semua variasi kapasitas. Dengan demikian, metode ini merupakan solusi yang efektif untuk aplikasi steganografi audio pada sistem multimedia modern. Kata Kunci : Steganografi, <i>Improved Closed-loop</i>, <i>Spread Spectrum</i>		

Title	<i>Spread Spectrum Steganography Optimization Using Improved Closed-loop for Secure Information Hiding</i>	Vigo Alfindo
Mayor	Electrical Engineering Department	2010953027
Engineering Faculty Universitas Andalas		
Abstract <i>Digital data protection is essential to prevent unauthorised access, one of which is through audio steganography. The spread spectrum (SS) method has high resistance to interference by spreading the message bits across the frequency spectrum. Further development resulted in the improved spread spectrum (ISS) method which can improve performance by adjusting the watermark energy based on signal characteristics. However, the main challenge in SS and ISS methods is to determine the optimal embedding energy so that the message remains well hidden without increasing the error probability. This research proposes an Improved Closed-loop method in SS-based audio steganography to adaptively optimise the embedding energy through an iterative closed-loop system. Embedding energy will be continuously adjusted until the best performance is obtained. This research measures the performance of steganography with SS, ISS, and Improved Closed-loop SS methods on audio compressed using Advanced Audio Coding (AAC), focusing on the relationship between watermark energy and error probability and Signal-to-Noise Ratio (SNR) values at various capacities. The test results show that the Improved Closed-loop SS method provides the best performance with the lowest watermark energy at a given error probability level compared to the ISS and SS methods. In addition, SNR analysis shows that the Improved Closed-loop SS method is able to maintain high stego audio quality with values of 81.1 dB, 88.2 dB, and 88.4 dB at information insertion capacities of 0.23 bps, 0.12 bps, and 0.06 bps, respectively. Meanwhile, the ISS and SS methods have a much lower SNR, which is around 35-45 dB at all capacity variations. Thus, this method is an effective solution for audio steganography applications in modern multimedia systems.</i> Keywords: <i>Steganography, Improved Closed-loop, Spread Spectrum</i>		