

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pengujian tentang teknik steganografi pada audio dengan menggunakan metode spread spectrum steganografi standar dan spread spectrum steganografi yang menerapkan *Voice Activity Detection* (VAD) telah dilakukan dalam penelitian ini. Pengujian dilakukan terhadap beberapa parameter performa sistem, yaitu watermark energy, error probability, dan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), dengan memvariasikan nilai threshold VAD serta ukuran frame size. Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penerapan VAD terbukti berhasil meningkatkan performa sistem steganografi dalam hal keamanan dan kualitas audio. VAD bekerja secara efektif dengan menyisipkan bit pesan rahasia hanya pada bagian audio yang mengandung suara aktif, sehingga berhasil menghindari distorsi pada segmen senyap.
2. Penggunaan VAD secara signifikan menurunkan nilai *Watermark Energy* (WE) untuk mencapai *Error Probability* (EP) yang setara dengan sistem tanpa VAD. Sebagai contoh, untuk mencapai $EP \approx -2.3$, sistem standar memerlukan WE sebesar 47, sementara sistem VAD hanya memerlukan WE sebesar 5 pada konfigurasi terbaiknya. Hal ini menunjukkan bahwa sistem VAD jauh lebih efisien dalam penggunaan energi penyisipan.
3. Nilai *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) pada sistem dengan VAD jauh lebih tinggi dibandingkan sistem standar. Nilai SNR tertinggi tercapai sebesar 36,66 dB pada sistem VAD, sementara sistem standar mencapai nilai terendah hingga -11,08 dB. SNR yang tinggi ini mengindikasikan bahwa kualitas audio *stego* lebih baik dan pesan tersembunyi semakin sulit untuk dideteksi.
4. Semakin tinggi *threshold* yang digunakan maka semakin kecil nilai *watermark energy*. Hal ini disebabkan oleh nilai *watermark energy* berbanding terbalik dengan *energy frame*. Pada *threshold* yang tinggi *energy frame* nya tinggi, oleh karena itu semakin tinggi *threshold* maka semakin rendah nilai *watermark energy*.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat saran untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Selain menggunakan pengukuran objektif seperti SNR, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan penilaian subjektif oleh pendengar manusia. Metode seperti *Mean Opinion Score* (MOS) dapat digunakan untuk menilai tingkat *imperceptibility* (ketidakterdeteksian) pesan secara lebih komprehensif.

