

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perumusan masalah, tujuan penelitian, serta metodologi yang telah dikembangkan dalam karya ilmiah ini mengenai Analisis Kinerja *Improved Spread Spectrum Steganography* pada Binaural Audio Menggunakan Penilaian Subjektif, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengujian keberhasilan teknik steganografi dalam binaural audio, seluruh variasi penyisipan pesan terhadap semua sampel audio menunjukkan keberhasilan dalam proses ekstraksi. Pengujian membuktikan bahwa nilai *watermark energy* berbanding terbalik dengan *error probability*. Pengujian tiap audio dengan berbagai variasi menunjukkan bahwa audio pada *frame* 102.400 dengan *bitrate* 256 kbps lebih baik daripada *bitrate* 128 kbps karena memiliki nilai *watermark Energy* dan *error probability* yang lebih kecil. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses *embedding* pada variasi tersebut dapat menghasilkan sinyal stego yang lebih stabil daripada variasi yang lainnya. Variasi ini dapat menciptakan audio dengan tingkat distorsi yang kecil dan tingkat deteksi yang kecil dari variasi lainnya
2. Hasil pengujian *signal to noise ratio* (SNR) menunjukkan bahwa semakin besar tingkat *bitrate* dan panjang *frame* akan menghasilkan nilai SNR yang lebih tinggi. Nilai SNR yang tinggi akan menghasilkan tingkat kebisingan yang lebih rendah dengan kualitas dari audio stego paling mendekati audio aslinya.
3. Pengujian *objective difference grade* (ODG) juga menunjukkan peningkatan mendekati nol jika memiliki nilai panjang *frame* dan *bitrate* yang semakin besar. Nilai ODG mendekati nol menunjukkan bahwa sebuah audio stego semakin sulit dideteksi perbedaannya dengan audio asli oleh pendengaran manusia.
4. Pengujian subjektif dilakukan dengan audio yang dipilih berdasarkan penilaian SNR dan ODG. Rata-rata audio dengan panjang *frame*

204.800 telah mencapai nilai yang valid untuk digunakan pada penilaian subjektif. Walaupun masih ada nilai yang lebih baik, angka ini lebih direkomendasikan karena penggunaan *frame size* yang besar itu akan membutuhkan rentang sinyal yang lebih panjang untuk penyisipan satu bit pesan. Akibatnya proses *embedding* akan berlangsung lebih lama dan penyisipan pesan juga akan lebih sedikit.

5. Hasil pengujian Subjective Difference Grade (SDG) menunjukkan bahwa penyisipan pesan dengan ukuran frame 204.800 memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan ukuran frame 51.200. Peningkatan kualitas audio secara subjektif terlihat dari pergeseran kategori, yang sebelumnya berada pada kategori "*perceptible, but not annoying*" menjadi "*imperceptible*". Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan ukuran frame yang lebih besar lebih efektif dalam mempertahankan kualitas audio secara subjektif.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut.

1. Penelitian selanjutnya dapat memperluas pengujian dengan menggunakan jenis audio lain, baik mono, stereo, maupun format rekaman binaural yang berbeda, untuk mengetahui konsistensi performa metode *Improved Spread Spectrum* pada berbagai karakteristik sinyal.
2. Disarankan untuk mengembangkan analisis pada berbagai codec audio, seperti Opus, khususnya pada aplikasi multichannel, untuk mengevaluasi ketahanan metode ISS terhadap proses kompresi modern yang umum digunakan.