

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pengujian tentang teknik steganografi pada audio dengan menggunakan metode *improved closed-loop spread spectrum*, *improved spread spectrum*, dan *spread spectrum* telah dilakukan dalam penelitian ini. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penelitian ini berhasil merancang sistem *improved closed-loop* pada steganografi audio *spread spectrum*, di mana pada sistem *improved closed-loop* terdapat penambahan proses yaitu *transmission line* dan *error detection* pada sisi pengirim sebelum dikirimkan ke sisi penerima. Pada proses *transmission line* dilakukan proses kompresi dan dekompresi lalu akan diteruskan audio yang telah dikompresi dan dekompresi tersebut ke proses *error detection*. Pada proses deteksi dilakukan deteksi pada *chip sequence level* yang digunakan sudah tidak terdapat *error* pada bit yang ditransmisikan atau perlu ditingkatkan lagi agar bit yang ditransmisikan tidak terdapat *error* kembali. Dari rancangan sistem *Improved Closed-loop SS* tersebut, diperoleh kinerja yang signifikan dibandingkan metode lainnya. Hal ini dikarenakan nilai dari *chip sequence level* tersebut tidak konstan pada tiap sampel. Sehingga nilai dari perhitungan level deteksi yang lebih baik dari metode lainnya, menyebabkan audio stego yang dihasilkan sangat sulit untuk dideteksi.
2. Sistem *improved closed-loop* yang telah dirancang pada steganografi audio *spread spectrum* menunjukkan kinerja yang signifikan dibandingkan metode *spread spectrum* standar dan juga *improved spread spectrum* pada berbagai *frame size*. Metode *improved closed-loop spread spectrum* hanya membutuhkan *watermark energy* sekitar 4.54 untuk mencapai *error probability* -18 pada *frame size* 204800, sementara metode *improved spread spectrum* untuk mencapai *error probability* -18 membutuhkan sekitar 63.37 dan *improved spread spectrum* membutuhkan sekitar 30.08. Pada *frame size* 409600 dan 819200 juga menunjukkan dengan *improved closed-loop spread spectrum* memiliki kinerja yang lebih baik daripada metode *spread spectrum* dan *improved spread spectrum*.
3. Pada perhitungan *Signal to Noise Ratio* sebagai pembuktian level deteksi dari perhitungan *watermark energy*, pada sistem *improved closed-loop* menunjukkan nilai yang lebih signifikan dibandingkan dengan metode *spread spectrum* standar dan juga *improved spread spectrum* pada berbagai *frame size*. Metode *improved closed-loop spread spectrum* memiliki nilai SNR sebesar 81 pada *frame size* 204800. Dengan menggunakan metode *improved spread spectrum*, nilai SNR yang dihasilkan sebesar 35 dB. Lalu dengan

metode *spread spectrum* menghasilkan nilai SNR yang lebih rendah dibandingkan metode lainnya yaitu sebesar 31 dB. Pada *frame size* 409600 dan 819200 juga menunjukkan dengan sistem *improved closed-loop*, memiliki nilai SNR 2 kali lebih besar daripada metode *improved spread spectrum* dan *spread spectrum*. Dari dua pengujian yang mewakili level deteksi tersebut, menunjukkan dengan menggunakan metode *improved closed-loop spread spectrum* memiliki audio stego yang lebih sulit dideteksi dibandingkan metode *improved spread spectrum* dan *spread spectrum*.

4. Dari analisis grafik chip sequence, terlihat bahwa metode *Improved Closed-loop* SS menghasilkan kinerja terbaik dalam menjaga keseimbangan antara *watermark energy* dengan *error probability*. Metode ini secara adaptif menyesuaikan *chip sequence level* berdasarkan error detection, sehingga mampu menghasilkan *watermark energy* yang rendah tanpa menghasilkan *error* bit informasi yang disisipkan. ISS menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan SS standar karena mempertimbangkan karakteristik sinyal dalam pembangkitan chip sequence. Namun, SS standar memiliki keterbatasan signifikan karena chip sequence yang digunakan bersifat tetap, yang menghasilkan *embedding energy* yang lebih besar dan lebih mudah dideteksi dibandingkan metode *Improved Closed-loop* SS dan ISS. Sehingga metode *Improved Closed-loop* SS merupakan pilihan terbaik untuk steganografi audio berbasis spread spectrum dalam aplikasi multimedia modern.

5.2 Saran

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

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menggunakan metode lain seperti *Improved Spread Spectrum* untuk pengujian sistem *Improved Closed-loop*. Dimana pada sistem *Improved Closed-loop* dilakukan penambahan proses yaitu proses *transmission lines* dan juga proses *error detection* untuk mengetahui apakah dengan *chip sequence level* yang digunakan sudah tidak terdapat *error* pada pesan yang ditransmisikan.
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menggunakan format audio lain, format audio lain dapat berupa *multichannel audio* untuk pengujian sistem *Improved Closed-loop*.