

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring berkembangnya zaman, kini peradaban manusia sudah berada pada era digital dimana banyak aspek kehidupan manusia yang sangat bergantung pada teknologi, khususnya teknologi telekomunikasi dan informasi seperti internet. Di dalam internet, banyak terjadi pertukaran data dan konten digital antar pengirim dan penerima layaknya konten *image*, video, dan audio. Hal ini mengakibatkan munculnya permasalahan keamanan terhadap konten digital seperti pembajakan dan pencurian hak cipta. Teknik *watermarking* dianggap sebagai solusi permasalahan tersebut, dengan cara menyisipkan informasi (*watermark*) kedalam konten digital berupa *image*, video, atau audio secara rahasia, sehingga dapat melindungi hak cipta konten digital tersebut[1].

Perlindungan hak cipta konten digital yang akan dibahas pada penelitian tugas akhir ini adalah perlindungan pada konten audio, dengan menyisipkan informasi berupa *watermark* kedalam sinyal audio sebagai *host*-nya secara rahasia, hal ini disebut sebagai audio *watermarking*. Dalam merancang sistem audio *watermarking* tentu dibutuhkan beberapa teknik atau metode audio *watermarking* yang terbagi atas beberapa tahap yaitu pra-penyisipan, penyisipan, pengujian berupa penyerangan, dan ekstraksi, serta satu metode tambahan diluar rangkaian tahapan utamanya.

Menggunakan penggabungan 3 metode pada tahap pra-penyisipan, yaitu metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT) untuk dekomposisi sinyal audio berdasarkan frekuensinya seperti pada penelitian [1] sampai [5]. Pada penelitian [4], [6] sampai [10], metode *Discrete Cosine Transform* (DCT) digunakan untuk transformasi sinyal *host* audio. Metode *Singular Value Decomposition* (SVD) digunakan untuk dekomposisi sinyal *host* audio menjadi submatriks U , V , dan S seperti pada penelitian [2], [8] sampai [13]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Budiman *et al* [6] dan Dhar *et al* [14], Metode *Cartesian to Polar Transformation* (CPT) digunakan sebagai metode tambahan sebagai perlindungan terhadap

serangan perubahan nilai 2lternati (*amplitude scalling*) pada sinyal audio ter-*watermark*. Metode *Quantization Index Modulation* (QIM) digunakan sebagai metode pada tahap penyisipan *watermark* pada sinyal *host* audio menghasilkan sinyal audio ter-*watermark* seperti pada penelitian [6], [11], [15], dan [16]. Kemudian sinyal audio ter-*watermark* akan melalui proses sinkronisasi (*sync*) untuk menentukan posisi awal *watermark* pada sinyal audio ter-*watermark* di sisi penerima setelah proses pengiriman dan penyerangan. Sehingga, dapat dihitung nilai parameter – parameter kualitas audio *watermarking* seperti *Bit Error Rate* (BER), *Signal to Noise Ratio* (SNR), dan *Objective Difference Grade* (ODG), *Subjective Difference Grade* (SDG), dan *Data Payload* agar dapat diketahui kualitas sistem audio *watermarking* yang dirancang.

Pengimplementasian sistem audio *watermarking* pada tugas akhir ini akan dilakukan pada Raspberry Pi dengan menggunakan bahasa pemrograman Python. Raspberry Pi merupakan komputer berukuran kecil yang dapat digunakan untuk menjalankan beberapa program komputasi. Ukurannya yang kecil dan kapabilitasnya menjalankan program audio *watermarking* yang dibuat memungkinkan dilakukannya audio *watermarking* secara praktis dan *portable* [17], serta menghasilkan sinyal audio ter-*watermark* yang tahan terhadap serangan (*Robust*), *watermark* yang disisipkannya sukses tidak terdeteksi oleh orang lain (*Imperceptible*) dan berukuran besar (*Huge Capacity*).

1.2 Penelitian Terkait

Terdapat 2 paper yang berjudul *DWT-SVD Based Blind Audio Watermarking Scheme For Copyright Protection* [2] dan *Audio Watermarking Based on Wavelet Transform and Quantization Index Modulation* [3], kedua penelitian tersebut menggunakan DWT sebagai metode untuk mendekomposisi sinyal audio kedalam subband *details coefficients* dan *approximate coefficients*, sebelum sinyal audio tersebut disisipkan *watermark*. Dari nilai *approximate coefficients* yang didapatkan, nilai tersebut dapat dilakukan dekomposisi DWT lagi untuk beberapa kali (*multi-level* DWT). Sehingga, metode DWT sangat efektif untuk mengidentifikasi dan memilah bagian sinyal audio yang ingin disisipkan *watermark* dan yang tidak [2], [3].

Pada paper yang berjudul *An Efficient and Simple Audio Watermarking Using DCT-SVD* [8], metode DCT digunakan untuk mengonversi sebuah sinyal kedalam domain frekuensi, yang disebut sebagai komponen frekuensi. Hasil konversi tersebut merupakan sinyal dalam bentuk deretan koefisien, diperoleh dari penjumlahan fungsi *cosinus* yang berosilasi pada *amplitude* dan frekuensi yang berbeda, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Budiman *et al* [6] dan Dhar *et al* [10]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Kansal *et al* [9], metode DCT bekerja lebih cepat jika dibandingkan *Discrete Fourier Transform* (DFT) karena persamaan yang digunakan pada proses transformasinya hanya fungsi *real cosinus*, sedangkan DFT menggunakan fungsi eksponensial kompleks seutuhnya. Selain itu, DCT juga memiliki kapabilitas untuk kompresi sebuah sinyal, dengan mengabaikan nilai – nilai koefisien *amplitude* yang rendah tanpa mengurangi akurasi dan kualitas sinyal saat rekonstruksi atau inversi DCT, seperti pada penelitian [6], [9], dan [10].

Pada 2 paper yang berjudul *DWT-SVD based blind audio watermarking scheme for copyright protection* [2] dan *An efficient and simple audio watermarking using DCT-SVD* [8], kedua penelitian tersebut menggunakan metode SVD sebagai metode matematis untuk mendekomposisi sinyal audio. Sinyal audio digital yang dinyatakan dalam bentuk matriks, didekomposisi menjadi 3 buah submatriks U , V , dan S . submatriks S merupakan submatriks diagonal yang nilainya merupakan nilai *eigen* dari matriks sinyal audio, disebut sebagai *singular value* (SVs). Kedua penelitian tersebut menggunakan SVs untuk disisipkan *watermark*, karena memanfaatkan sifat dari nilai SVs [2], [8]. Jika ada perubahan pada nilai SVs yang sedikit, hal tersebut tidak akan mengurangi kualitas sinyal saat di rekonstruksi. Selain itu, nilai SVs tidak berubah terlalu jauh jika dilakukan operasi pemrosesan sinyal, pada kasus ini yaitu serangan pemrosesan sinyal yang umum. Sehingga SVD dianggap sebagai metode dekomposisi yang memberi ketahanan (*robustness*) pada sinyal audio ter-*watermark* terhadap serangan [8].

Pada paper yang berjudul *QIM-Based Audio Watermarking with Combination Technique of DCT-QR-CPT* [6], metode CPT digunakan untuk mengubah sinyal yang nilainya berkoordinat *cartesian*, kedalam bentuk koordinat *polar*, yang terdiri atas *magnitude* dan fasa (*phase*). Kemudian *watermark* hanya disisipkan pada komponen fasa tersebut, sehingga memberi sinyal ter-*watermark*

ketahanan terhadap serangan *amplitude scalling*, yaitu serangan yang mengubah nilai besaran *magnitude* [6].

Pada paper yang berjudul *QIM-Based Audio Watermarking with Combination Technique of DCT-QR-CPT* [6], dilakukan penelitian audio *watermarking* menggunakan metode QIM sebagai metode penyisipan *watermark*-nya, karena memiliki tingkat kualitas *robustness* yang tinggi. Dengan memanfaatkan sifat kuantisasi dari metode QIM seperti pada penelitian [6], [11], [15], dan [16], dimana nilai lebar *step* kuantisasinya memberi efek perubahan pada kualitas sistem audio *watermarking*. Kondisi ketika nilai lebar *step* kuantisasi yang tinggi menyebabkan aspek *imperceptibility*-nya bagus, sedangkan jika nilai lebar *step* kuantisasinya rendah membuat aspek *robustness*-nya membaik. Sehingga seperti hasil dari penelitian [11], [15], dan [16], QIM merupakan metode dengan rasio *distortion-robustness trade-off* yang baik.

Pada paper yang berjudul *Raspberry Pi as Internet of Things hardware : Performances and Constraints* [17], penelitian yang dilakukan adalah membandingkan perangkat Raspberry Pi dengan perangkat sejenisnya (4alternativ), seperti Arduino, BeagleBone Black, Phidgets, dan Udoo. Hasilnya, Raspberry Pi unggul dalam banyak hal, seperti harga, ukuran, berat, kepraktisan, kapabilitas menjalankan aplikasi, sampai konsumsi daya [17]. Sehingga pada penelitian tugas akhir ini, mengadopsi perangkat Raspberry Pi sebagai media pengimplementasiannya.

Pada paper yang berjudul *Robust SVD-based audio watermarking scheme with differential evolution optimization* [18], penelitian yang dilakukan cukup fokus pada teknik sinkronisasinya dikombinasikan dengan teknik penyisipannya yaitu LWT-DCT-SVD dan DWT-DCT-SVD mampu menghasilkan *robustness* yang baik, terlihat dari perbandingan gambar watermark setelah diserang dan diekstraksi [18].

Pada paper yang berjudul *A robust audio watermarking scheme using mean quantization in the wavelet transform domain* [19], penelitian yang dilakukan menggunakan perhitungan matematis 4lternative yang memanfaatkan nilai *dither* atau *pseudo-random* sebagai cara modulasi atau penumpangan *watermark* kedalam audio *host* [19]. Cara 4lternative tersebut pun dimanfaatkan untuk penelitian [20].

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi dari latar belakang, dapat dirumuskan beberapa masalah pada tugas akhir, dinyatakan sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan sistem audio *watermarking* berbasis transformasi gabungan pada Raspberry Pi dengan menggunakan metode QIM?
2. Bagaimana kualitas audio hasil dari implementasi sistem audio *watermarking* berbasis transformasi gabungan menggunakan metode QIM pada Raspberry Pi berdasarkan penilaian subjektif dan objektif?
3. Bagaimana kualitas ketahanan *watermark* setelah dilakukan penyerangan pada tahap uji penyerangan dan optimasi?

1.4 Tujuan dan Manfaat

Berlandaskan rumusan masalah dan deskripsi, tujuan dari penelitian pada tugas akhir ini adalah:

1. Merancang sistem audio *watermarking* berbasis transformasi gabungan dengan menggunakan metode QIM.
2. Mengimplementasikan rancangan sistem audio *watermarking* berbasis transformasi gabungan menggunakan metode QIM pada Raspberry Pi.
3. Menganalisis tingkat kualitas sistem audio *watermarking* yang sudah diimplementasikan pada Raspberry Pi baik ditinjau secara objektif maupun subjektif.
4. Menganalisis kondisi sinyal ter-*watermark* setelah dilakukan penyerangan menggunakan parameter optimal, agar diketahui kelebihan dan kekurangan dari sistem audio *watermarking* yang telah dirancang.

Sehingga, manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Dapat merancang sistem audio *watermarking* berbasis transformasi gabungan dengan menggunakan metode QIM.
2. Dapat mengimplementasikan rancangan sistem audio *watermarking* berbasis transformasi gabungan menggunakan metode QIM kedalam Raspberry Pi, sehingga audio *watermarking* dapat dilakukan secara *portable* dan praktis.

3. Mengetahui tingkat kualitas sistem audio *watermarking* yang sudah dirancang dan diimplementasikan pada Raspberry Pi berdasarkan penilaian dari hasil audio ter-*watermark*-nya.
4. Memahami kekurangan dan kelebihan sistem audio *watermarking* yang dirancang, sekaligus mengetahui aspek baik yang dapat meminimalkan ataupun yang dapat menimbulkan kerusakan pada sinyal ter-*watermark*.

1.5 Batasan Masalah

Agar pembahasan pada penelitian tugas akhir ini tidak menyimpang dari permasalahan, maka 2lterna masalah yang dikaji adalah sebagai berikut:

1. Sinyal *host* audio menggunakan format .wav untuk disisipkan *watermark*.
2. Sinyal *host* audio dibaca sebagai sinyal digital dengan frekuensi sampling 44100 Hz dan kedalaman bit sebesar 16 bit.
3. Informasi yang disisipkan (*watermark*) berupa citra biner berukuran 16×16 .
4. Jenis serangan yang digunakan pada tahap uji penyerangan dan optimasi yaitu *Low Pass Filter* (LPF), *Band Pass Filter* (BPF), *Noise*, *Resampling*, *Time Scale Modification* (TSM), *Linear Speed Change*, *Pitch Shifting*, *Equalizer*, *Echo*, *MP3 Compression*, *AAC Compression*, *MP4 Compression*, dan *Delay*.
5. Parameter optimasi yang diuji dan dioptimalkan adalah Level Dekomposisi (N), Panjang *Frame* (N_{frame}), Jumlah Bit Kuantisasi (n_{bit}), Nilai *Threshold* (thr) untuk *wavelet transform*, Panjang Kode *Header Sinkronisasi* (n_{block}), Panjang *Header* bit – bit sinkronisasi (N_{bsi}), Penguat *Header Sinkronisasi* (α), dan versi perhitungan matematis untuk metode penyisipan QIM (*dither*).
6. Parameter kualitas yang digunakan untuk mengukur kualitas audio *watermarking* yaitu *Bit Error Rate* (BER), *Signal to Noise Ratio* (SNR), *Objective Different Grade* (ODG), *Subjective Difference Grade* (SDG) atau *Mean Opinion Score* (MOS), dan *Data Payload* (C atau *Capacity*).

7. Audio *watermarking* diimplementasikan pada perangkat Raspberry Pi 2 model B dengan menggunakan bahasa pemrograman Python dan *code editor* yaitu Visual Studio Code.
8. Simulasi desain sistem audio *watermarking* menggunakan MATLAB R2018a.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang diterapkan untuk menyelesaikan tugas akhir ini terbagi atas beberapa tahap, yaitu:

1. Studi literatur
Tahapan ini fokus pada mempelajari hasil riset – riset yang pernah dilakukan mengenai audio watermarking yang menggunakan metode QIM, dengan gabungan metode DWT, DCT, SVD, dan CPT.
2. Desain sistem
Pada tahapan ini, didesain sistem audio watermarking menggunakan metode gabungan DWT, DCT, SVD, dan CPT dengan metode penyisipan menggunakan QIM. Desain sistem dimulai dari proses pra-penyisipan, embedding, pasca-penyisipan atau inversi, serta ekstraksi.
3. Optimasi dan pengujian serangan
Dilakukan optimasi terlebih dahulu tanpa menggunakan penyerangan, hasilnya yaitu set parameter tanpa serangan. Kemudian dilakukan pengujian dengan prosedur serangan pada sistem *watermarking* menggunakan set parameter tanpa serangan. Kemudian dilakukan optimasi kembali setelah penyerangan untuk mendapatkan set parameter optimal.
4. Implementasi Desain Sistem
Menggunakan set parameter optimal, sistem audio *watermarking* diimplementasikan pada Raspberry Pi.
5. Penyimpulan hasil
Data hasil dari pengujian serangan akan dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan mengenai karakteristik sistem yang telah didesain, seperti keunggulan dan kelemahan dari sistem audio *watermarking*.