

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era teknologi informasi dan komunikasi yang canggih saat ini, berbagai jenis data seperti teks, audio, gambar, dan lainnya telah dikonversi ke dalam format digital. Proses ini dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dalam pengiriman dan penyimpanan informasi secara digital. Data tersebut dapat dikirim melalui kabel atau secara nirkabel dan diterima oleh penerima informasi [1].

Dengan perkembangan teknologi yang pesat, perlindungan data menjadi sangat penting. Tanpa perlindungan yang memadai, data tersebut dapat diakses oleh pihak luar atau peretas secara tidak sah, baik disengaja maupun tidak. Data yang diretas dapat mengakibatkan berbagai dampak negatif yang signifikan, termasuk kerugian finansial, kerusakan reputasi, pelanggaran privasi, dan hilangnya kepercayaan konsumen. Misalnya, data pribadi yang jatuh ke tangan yang salah dapat digunakan untuk pencurian identitas, sedangkan data bisnis yang diretas dapat merusak posisi kompetitif perusahaan dan menyebabkan kerugian finansial yang besar [2].

Dampak dari peretasan data sangat serius. Salah satu contoh terbaru adalah serangan terhadap perusahaan besar seperti Equifax pada tahun 2017 [3], yang menyebabkan data pribadi dari 147 juta orang terekspos, termasuk nomor Jaminan sosial, tanggal lahir, dan alamat. Insiden ini menunjukkan betapa besarnya risiko yang dihadapi ketika data tidak dilindungi dengan baik. Tidak hanya perusahaan besar, organisasi kecil dan menengah juga menjadi target utama peretas karena sering kali mereka memiliki keamanan yang lebih lemah.

Selain itu, di era digital saat ini, data merupakan aset yang sangat berharga. Data digunakan untuk berbagai keperluan mulai dari analisis bisnis hingga pengambilan keputusan strategis. Oleh karena itu, perlindungan data menjadi aspek yang krusial untuk menjaga kelangsungan bisnis dan kepercayaan publik. Metode untuk menyimpan informasi secara rahasia yang hanya dapat diketahui oleh pengirim dan penerima menjadi sangat relevan dan mendesak untuk diterapkan [1].

Isu terkini mengenai keamanan data juga memperkuat pentingnya topik ini. Menurut laporan dari *Data Breach Investigations Report (DBIR) 2020* oleh Verizon [4], lebih dari 80% pelanggaran data melibatkan kredensial yang dicuri atau kata sandi yang lemah. Ini menunjukkan bahwa meskipun kesadaran akan pentingnya keamanan data meningkat, masih banyak organisasi yang belum menerapkan langkah-langkah keamanan yang memadai. Laporan ini juga menyoroti peningkatan serangan siber yang menargetkan data pribadi dan data bisnis, menekankan pentingnya perlindungan data yang lebih baik. Saat ini, terdapat tiga

teknik utama yang umum digunakan untuk melindungi data digital: kriptografi, *watermarking*, dan steganografi. Kriptografi melibatkan penyandian pesan sehingga menjadi format acak untuk menyembunyikan maknanya. *Watermarking*, di sisi lain, melibatkan penanaman data dalam media untuk tujuan pengenalan kepemilikan atau hak cipta. Meskipun memiliki kesamaan, steganografi lebih berfokus pada penyembunyian informasi secara tersembunyi sehingga tidak terdeteksi, sementara kriptografi dapat menimbulkan kecurigaan karena mengubah bentuk data. Secara visual, steganografi mirip dengan *watermarking*, tetapi memiliki tujuan yang berbeda [5].

Steganografi adalah suatu metode di mana informasi rahasia disamarkan dalam sebuah dokumen atau media. Teknik ini mengubah dokumen tersebut dengan cara menyisipkan pesan tersembunyi, sehingga tidak mudah terdeteksi. Hanya dengan menggunakan metode khusus, pesan tersebut bisa diungkap, memungkinkan hanya pengirim dan penerima yang dapat mengaksesnya. Dengan cara ini, informasi sensitif bisa disembunyikan secara digital tanpa sepengetahuan pihak yang tidak berhak [5].

Salah satu cara untuk menyampaikan pesan rahasia adalah dengan menggunakan teknik steganografi pada media audio. Meskipun steganografi yang berfokus pada audio jarang digunakan dibandingkan dengan penggunaan sebuah gambar, hal ini disebabkan oleh sensitivitas pendengaran manusia yang lebih tinggi dibandingkan dengan penglihatan. Oleh karena itu, penyisipan pesan rahasia dalam gambar cenderung kurang menimbulkan kecurigaan. Namun demikian, steganografi berbasis audio memiliki keunggulan karena dapat menyisipkan lebih banyak pesan dibandingkan dengan gambar, hal ini dikarenakan ukuran *file* audio yang lebih besar [6].

Terdapat berbagai metode yang digunakan dalam steganografi berbasis audio, seperti *Parity Coding*, *LSB Embedding*, *Echo Hiding*, dan *Phase Coding* dan *Spread Spectrum*. Masing-masing metode memiliki kelebihan dan kelemahan yang perlu dipertimbangkan. *Parity Coding* melibatkan penambahan bit tambahan untuk menyampaikan informasi tambahan, tetapi dapat terdeteksi jika analisis statistik dilakukan dengan cermat. *LSB Embedding* sederhana tetapi rentan terhadap deteksi dengan analisis statistik yang cermat. *Echo Hiding* menyembunyikan pesan dengan menciptakan *echo* yang hampir tidak terdengar, tetapi modifikasi audio bisa terdeteksi secara akustik. *Phase Coding* memanfaatkan perubahan fase yang sulit terdengar tetapi memerlukan proses ekstraksi yang rumit [7]-[9].

Spread Spectrum adalah metode steganografi di mana pesan rahasia disebar-kan ke seluruh spektrum frekuensi menggunakan kode yang tidak terkait dengan sinyal atau audio asli. Dalam konteks steganografi audio menggunakan *Spread Spectrum*, pesan rahasia dimodulasi dengan sinyal *pseudo random* dan dimasukkan ke dalam audio pembawa. Tingkat energi yang digunakan dalam sinyal *pseudo random* ini mempengaruhi proses ekstraksi pesan rahasia dari audio tersebut. Jika en-

energinya tinggi, pesan dapat diekstraksi dengan lebih mudah dari *audio cover*. Namun, jika energinya rendah, kemungkinan pesan yang diekstraksi tidak sesuai dengan pesan yang awalnya dikirim [10].

Pemilihan *Spread Spectrum* dalam steganografi dibandingkan dengan metode lain pada penelitian ini didasarkan pada beberapa keunggulan utamanya. Pertama, metode ini menawarkan tingkat keamanan yang lebih tinggi karena sinyal pesan tersebar di seluruh spektrum frekuensi, membuatnya lebih sulit untuk dideteksi oleh pihak yang tidak berwenang. Selain itu, *Spread Spectrum* lebih tahan terhadap berbagai jenis gangguan dan distorsi yang dapat terjadi selama transmisi sinyal, menjadikannya pilihan yang lebih andal dalam lingkungan yang berisik atau tidak stabil. Keunggulan lainnya adalah kemampuan *Spread Spectrum* untuk menyembunyikan pesan tanpa mempengaruhi kualitas audio asli secara signifikan. Metode ini menggunakan teknik pengkodean yang kompleks untuk memastikan bahwa sinyal pesan tetap tersembunyi dengan baik, bahkan ketika sinyal audio mengalami kompresi atau modifikasi lainnya [11].

Terdapat penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Pada penelitian yang dilakukan oleh R. A Saragih dengan judul “Metode *Parity Coding Versus Metode Spread Spectrum Pada Audio Steganography*” dibandingkan dua metode steganografi, yaitu *parity coding* dan *Spread Spectrum*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Spread Spectrum* memberikan keamanan data yang lebih tinggi karena menggunakan kode penyebar yang tidak diketahui oleh pihak lain. Keamanan ini dicapai meskipun nilai *signal rate to ratio* menurun seiring dengan peningkatan jumlah data yang disisipkan, menjadikan metode ini unggul dalam aplikasi yang memerlukan tingkat kerahasiaan tinggi [12].

Stereo adalah teknik reproduksi suara yang menggunakan dua atau lebih saluran audio independen untuk menciptakan ilusi suara yang berasal dari berbagai arah, seperti dalam pendengaran alami. Teknologi *stereo* bertujuan untuk meniru cara manusia mendengar suara di dunia nyata, di mana setiap telinga menerima suara dari arah yang sedikit berbeda, memungkinkan otak untuk menentukan sumber suara [13].

Dalam sistem *stereo* tradisional, dua *microphone* digunakan untuk merekam dua saluran audio yang kemudian diputar kembali melalui dua *speaker*. Teknik ini menghasilkan efek *stereo* yang di mana suara dapat didengar datang dari kiri, kanan, atau tengah antara kedua *speaker* tersebut. *Stereo* digunakan secara luas dalam musik, film, dan sistem audio rumah untuk memberikan pengalaman mendengarkan yang lebih imersif dan realistis [15].

Pada *stereo audio coding*, seperti MPEG-1 Layer 3 (MP3), biasanya mengkodekan setiap kanal audio secara terpisah atau menggunakan metode pengkodean *sum-difference (mid-side coding)* untuk mengurangi redundansi antar kanal. Teknik ini tidak menggunakan analisis parameter spasial tetapi lebih fokus pada pengkodean bentuk gelombang atau transformasi untuk setiap kanal audio.

Struktur *Decoder stereo* mendekode setiap kanal audio secara terpisah atau menggabungkan kembali sinyal *sum-difference* untuk menghasilkan kembali sinyal *Stereo* asli tanpa parameter spasial tambahan. Teknik ini mengandalkan model *masking psychoacoustic* untuk mengurangi laju bit dengan memanfaatkan redundansi sinyal dan irrelevansi perseptual [13].

Parametric Stereo adalah teknik untuk mengkodekan sinyal audio *stereo* secara efisien sebagai sinyal mono dengan sedikit tambahan parameter untuk mendeskripsikan audio *stereo*. Teknik ini menganalisis, mengkodekan, dan mengembalikan sifat *stereo* pada *Decoder* berdasarkan prinsip-prinsip psikoakustik spasial. Sinyal mono dapat dikodekan menggunakan pengkodean audio konvensional apa pun. Eksperimen menunjukkan bahwa deskripsi terparameterisasi dari sifat spasial memungkinkan representasi audio *stereo* yang sangat efisien dan berkualitas tinggi [14].

Parametric Stereo mengubah sinyal *stereo* menjadi sinyal mono dengan tambahan parameter spasial seperti *Inter-Channel Intensity Difference (IID)*, *Inter-Channel Phase Difference (IPD)*, dan *Inter-Channel Coherence (ICC)*. Proses ini menghasilkan pengurangan data yang signifikan, yang memungkinkan penyimpanan dan transmisi yang lebih efisien. Dengan penerapan *Spread Spectrum* pada pengujian ini pesan rahasia disebarkan di seluruh spektrum frekuensi dari sinyal mono dan parameter spasial diharapkan membuatnya lebih tahan terhadap gangguan dan deteksi oleh pihak ketiga. Keuntungan utama dari teknik ini adalah efisiensi tinggi dalam pengkodean dan penyimpanan, serta kapasitas penyembunyian data yang lebih besar [14].

Pada *Parametric Stereo coding*, struktur *encoder* terdiri dari analisis spasial dan *downmix*. Sinyal *stereo* input dianalisis untuk mengekstraksi parameter spasial seperti perbedaan intensitas antar kanal (*Inter-Channel Intensity Difference* atau IID), perbedaan fase antar kanal (*Inter-Channel Phase Difference* atau IPD), dan koherensi antar kanal (*Inter-Channel Coherence* atau ICC). Sinyal *stereo* kemudian di-*downmix* menjadi sinyal mono, dan parameter spasial dikodekan serta disisipkan ke dalam *bitstream* bersama dengan sinyal mono yang dikodekan. Struktur *Decoder Parametric Stereo* memisahkan parameter spasial dari *bitstream* yang diterima dan mendekode sinyal mono. Sinyal mono ini kemudian digunakan dalam tahap sintesis spasial untuk mengembalikan gambar *stereo* berdasarkan parameter spasial yang dikodekan [14].

Berdasarkan penelitian sebelumnya [14], pengkodean *Parametric Stereo* menghasilkan sinyal yang disintesis di sisi *Decoder*, berbeda dengan sinyal yang dikirimkan dari *encoder*. Proses sintesis ini menyebabkan perubahan sinyal yang lebih besar dibandingkan pengkodean *stereo* biasa, yang sinyalnya tetap konsisten antara *encoder* dan *Decoder*. Oleh karena itu, pengujian teknik *Spread Spectrum* pada pengkodean *Parametric Stereo* perlu dilakukan untuk memastikan bahwa pesan rahasia yang disisipkan tetap aman dan tidak rusak selama proses *encoding* dan

decoding yang kompleks. Penelitian ini akan mengukur apakah teknik *Spread Spectrum* dapat bertahan dalam lingkungan pengkodean yang lebih kompleks ini dan memastikan integritas serta keamanan data yang disembunyikan.

Lebih lanjut, konsep *Interaural Time Difference* (ITD) dan *Interaural Level Difference* (ILD) dalam pengkodean *stereo* parametris juga memainkan peran penting dalam persepsi spasial suara. ITD mengacu pada perbedaan waktu kedatangan suara antara kedua telinga, sedangkan ILD mengacu pada perbedaan level atau intensitas suara yang diterima oleh masing-masing telinga. Dengan memanfaatkan ITD dan ILD, pengkodean *Parametric Stereo* dapat mensimulasikan pengalaman mendengarkan suara tiga dimensi yang lebih realistis. Pengujian *Spread Spectrum* dalam konteks ini dapat mengungkap bagaimana teknik steganografi dapat disisipkan tanpa mengganggu persepsi spasial ini, serta seberapa efektif data tersembunyi dapat dilindungi dalam lingkungan audio yang kompleks [14].

Selain itu, pengkodean *Parametric Stereo* memiliki struktur data yang memungkinkan modifikasi tanpa mengorbankan perubahan sinyal audio, sehingga dapat meningkatkan kapasitas penyembunyian data. Dalam pengkodean *stereo* konvensional, *bitrate* yang digunakan biasanya terbagi menjadi dua saluran, misalnya 128 kbps menjadi 64 kbps per saluran. Sebaliknya, pengkodean *stereo* parametris hanya memerlukan *bitrate* untuk satu saluran mono (64 kbps), dengan tambahan parameter *stereo* sekitar 5 kbps, sehingga totalnya hanya sekitar 69 kbps. Ini menunjukkan efisiensi *bitrate* yang signifikan dibandingkan dengan pengkodean *stereo* konvensional, yang dapat mencapai 128 kbps [14].

Pada penelitian sebelumnya [14], penelitian ini juga mengembangkan teknik pengkodean audio *stereo* yang efisien, dengan fokus pada pengkodean sinyal audio *stereo* sebagai sinyal monaural yang ditambah dengan sejumlah kecil parameter untuk menggambarkan citra *stereo*. Penelitian ini mengungkapkan bahwa pengkodean *Parametric Stereo* mampu menghasilkan audio *stereo* berkualitas tinggi dengan bit-rate yang sangat rendah, berkisar antara 1,5 kbps hingga 8 kbps. Dari uji pendengaran, ditemukan bahwa pada bit-rate 8 kbps, kualitas audio yang dihasilkan setara dengan MP3 yang dikodekan pada 128 kbps. Meskipun kualitas audio lebih disukai saat diputar melalui *speaker* dibandingkan dengan *headphone*, temuan ini menunjukkan potensi besar pengkodean *Parametric Stereo* dalam aplikasi pengkodean audio. Selain itu, teknik pengkodean ini dapat dengan mudah diintegrasikan ke dalam sistem pengkodean audio mono berbasis transformasi dan *parametric* modern, seperti dalam profil HE-AAC v2 *Parametric Stereo*, yang menawarkan kombinasi efisiensi dan kualitas tinggi dalam pengkodean sinyal audio.

Namun, penerapan teknik steganografi dengan menggunakan metode *Spread Spectrum* pada pengkodean *Parametric Stereo* belum dilakukan atau diuji sebelumnya. Alasan utama pengujian ini adalah karena pengkodean *Parametric Stereo* merupakan metode kompresi audio yang kompleks dengan mengandalkan parameter spasial, pengujian ini dilakukan untuk menguji ketahanan penyisipan

pesan rahasia pada steganografi dengan metode *Spread Spectrum*. Sebagian besar metode steganografi dirancang untuk format audio konvensional. Oleh karena itu, pengujian ini berguna untuk mengisi celah pengetahuan tersebut, yaitu menganalisis secara spesifik bagaimana kinerja dan dampak teknik steganografi ketika diterapkan pada sistem yang mengandalkan parameter untuk merekonstruksi suara. Eksplorasi teknik steganografi pada teknologi ini dapat membuka peluang baru dalam penyembunyian data pada format audio modern. Kedua, di era digital saat ini, keamanan dan privasi data sangat krusial, terutama dalam aplikasi *streaming* audio dan komunikasi suara digital. *Spread Spectrum* dikenal dengan ketahanannya terhadap gangguan dan deteksi, sehingga dapat menjadi solusi tepat untuk kebutuhan penyembunyian data yang aman dalam aliran sinyal audio.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja dari Steganografi dengan 4 variasi *embedding* (Pesan Sama, Kanal Kiri Saja, Kanal Kanan Saja, Pesan Berbeda, dan Pesan Berbeda 2x) pada sistem kompresi *Parametric Stereo* dengan metode *Spread Spectrum*?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa kinerja dari Steganografi dengan 4 variasi *embedding* (Pesan Sama, Kanal Kiri Saja, Kanal Kanan Saja, Pesan Berbeda, dan Pesan Berbeda 2x) pada sistem kompresi *Parametric Stereo* dengan metode *Spread Spectrum*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini menguji variasi penyisipan data atau pesan rahasia dengan variasi penyisipan di kanal kanan tunggal, kanal kiri tunggal, kedua kanal dengan penyisipan data yang sama, kedua kanal dengan penyisipan pesan yang berbeda untuk menganalisis pengaruhnya terhadap ketahanan dan *level* terdeteksinya.
2. Sampel audio yang digunakan berformat *.wav*, memiliki durasi 48 detik, dengan laju pengambilan sampel (*sample rate*) sebesar 48 kHz.
3. Pesan yang disisipkan berupa teks yang telah dikonversi menjadi deretan bit digital.
4. Aplikasi yang digunakan dalam penyisipan pesan rahasia steganografi audio *Spread Spectrum* pada *Parametric Stereo* yaitu MATLAB.
5. Audio hasil penyisipan dikompresi menggunakan format *High Efficiency Advanced Audio Coding version 2* (HE-AAC v2) dengan *Nero AAC Codec*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu mengetahui performansi pada steganografi audio *Spread Spectrum* pada *Parametric Stereo* setelah penyisipan pesan rahasia.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori dasar yang mendukung dalam penelitian.

BAB II METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang penjelasan dan langkah-langkah mengenai penelitian yang dilakukan.

