BAB II

LANDASAN TEORI

II.1 Citra Digital

Citra *digital* sebenarnya bukanlah sebuah data *digital* yang normal, melainkan sebuah representasi dari citra asal yang bersifat analog [3]. Citra *digital* ditampilkan pada layar komputer dengan berbagai macam susunan warna dan tingkat kecerahan. Susunan warna inilah yang menyebabkan sebuah citra bersifat analog. Hal ini disebabkan karena susunan warna yang dimiliki dalam sebuah citra mengandung jumlah warna dan tingkat kecerahan yang tidak terbatas [3]. Citra yang ditampilkan pada layar komputer ini, yang sebenarnya merupakan sebuah representasi analog, juga tersu sun dari sebuah rentang tak terbatas dari nilai cahaya yang dipantulkan atau cahaya yang ditransmisikan. Jadi secara umum citra memiliki sifat kontinu dalam tampilan warna dan tingkat kecerahannya.

II.2 Pembentukan Citra Digital

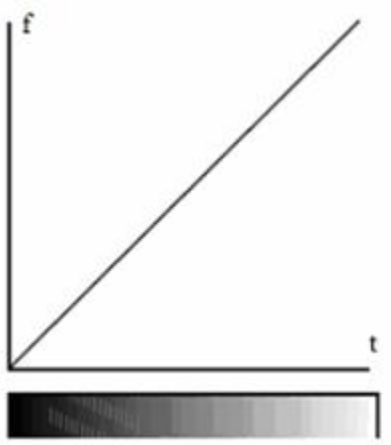
Komputer merupakan alat yang beroperasi dalam sistem *digital* yang menggunakan *bit* atau *byte* dalam pengukuran datanya, dan yang terpenting dalam sistem *digital* adalah sifatnya yang diskrit, bukan kontinu. Hal ini berlawanan dengan citra *digital* yang sebenarnya merupakan representasi citra asal yang bersifat kontinu. Untuk mengubah citra yang bersifat kontinu diperlukan sebuah cara untuk mengubahnya dalam bentuk data *digital*. Komputer menggunakan sistem bilangan biner dalam pemecahan masalah ini [3]. Dengan penggunaan sistem bilangan biner ini, citra dapat diproses dalam komputer dengan sebelumnya

mengekstrak informasi citra analog asli dan mengirimkannya ke komputer dalam bentuk biner. Proses ini disebut dengan digitisasi [1]. Digitisasi dapat dilakukan oleh alat seperti kamera *digital* atau *scanner*. Kedua alat ini selain dapat mengambil atau menangkap sebuah citra, juga dapat bertindak sebagai alat *input* (masukan) bagi komputer. Alat penangkap citra *digital* ini dapat menyediakan aliran data biner bagi komputer yang didapatkan dari pembacaan tingkat kecerahan pada sebuah citra asli dalam interval sumbu *x* dan sumbu *y* [1].

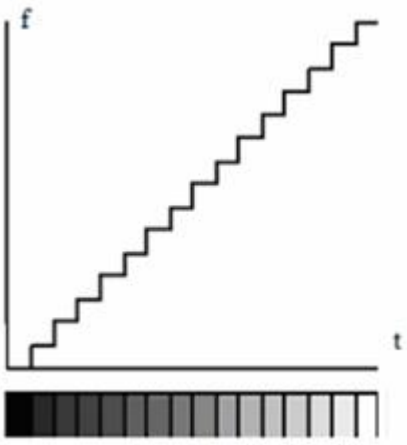
Citra *digital* merupakan citra yang tersusun dari piksel diskrit dari tingkat kecerahan dan warna yang telah terkuantisasi [2]. Jadi, pada dasarnya adalah sebuah citra yang memiliki warna dan tingkat kecerahan yang kontinu perlu diubah dalam bentuk informasi warna, tingkat kecerahan, dsb yang bersifat diskrit untuk dapat menjadi sebuah citra *digital*. Pada Gambar 2.1 diperlihatkan kurva tingkat kecerahan yang kontinu dengan nilai hitam dan putih yang tidak terbatas (a) dan kurva tingkat kecerahan setelah mengalami kuantisasi dalam 16 tingkatan diskrit (b).

Tingkat kecerahan pada Gambar 2.1 yang bersifat kontinu dapat diubah menjadi tingkat kecerahan seperti Gambar 2.2 dengan pembacaan tingkat kecerahan menggunakan interval tertentu pada sumbu x dan y seperti yang telah disebutkan di atas.

Pembagian seperti pada pembagian tingkat kecerahan ini juga berlaku untuk warna agar nilai warna dapat menjadi diskrit.



Gambar 2.1 Tingkat kecerahan yang kontinu



Gambar 2.2 tingkat kecerahan setelah mengalami kuantisasi 16 tingkatan diskrit.

II.3 Watermarking Citra Digital

Perkembangan teknologi komputer telah mengakibatkan terjadinya transformasi penyajian informasi dan data dari domain analog ke domain digital. Pada saat ini hampir semua informasi disajikanke publik secara *full digital*. Jika berada dalam domain digital, informasi akan memiliki karakteristik mudah diolah dan mudah didistribusikan. Sebuah foto yang telah dibuat dalam format digital,

misalnya dalam format bitmap atau JPEG, sangat mudah dimodifikasi dengan berbagai perangkat lunak. Contoh perangkat lunak yang amat populer digunakan untuk modifikasi semacam ini adalah *Adobe Photoshop*. Dalam pendistribusiannya, jaringan internet merupakan sarana distribusi informasi tercepat dan terlengkap di dunia. Kemudahan pengolahan dan pendistribusian ini selain memberikan banyak keuntungan juga dapat membawa kerugian. Kedua hal tersebut akan merugikan apabila informasi yang diolah dan disebarluaskan adalah informasi yang memiliki hak cipta. Tanpa adanya pengawasan dan kontrol, maka yang terjadi adalah pelanggaran terhadap hak cipta yang serius. Diperlukan suatu cara untuk mengatasi hal yang berkaitan dengan pelanggaran hak cipta yang memiliki sifat-sifat seperti:

1. **Invisible atau inaudible** : Tidak tampak (untuk data digital seperti citra, video, text) atau tidak kedengaran (untuk jenis audio) oleh pihak lain dengan menggunakan panca indera kita (dalam hal ini terutama mata dan telinga manusia).
2. ***Robustness*** : Tidak mudah dihapus/diubah secara langsung oleh pihak yang tidak bertanggung jawab, dan tidak mudah terhabus/terubah dengan adanya proses pengolahan sinyal digital, seperti kompresi,filter,pemotongan dan sebagainya.
3. ***Trackable :*** Tidak menghambat proses penduplikasian tetapi penyebaran data digital tersebut tetap dapat dikendalikan dan diketahui. Solusi yang umum yang digunakan untuk mengatasi masalah ini adalah dengan enkripsi. Dengan menggunakan enkripsi, informasi akan diolah sedemikian rupa sehingga kita bisa menentukan siapa saja yang dapat menyusun kembali

informasi tersebut, namun tentunya harus menggunakan kode khusus. Kode tersebut dikenal dengan nama *key*.

Sebenarnya enkripsi tidak dapat menyelesaikan masalah pelanggaran hak cipta secara penuh. Enkripsi sangat berguna terutama dalam pendistribusiannya. Sehingga tak sembarang pihak dapat memperoleh suatu informasi tersebut. Namun setelah informasi tersebut dideskripsi tak ada lagi perlindungan yang diberikan. Oleh karena itu, digunakan alternatif solusi lain dengan menggunakan *watermarking*. Teknik *Watermarking* tampaknya memiliki ketiga sifat sifat diatas, karena faktor-faktor invisibility dan robustness dapat diatur, dan data terwatermark dapat diduplikasi seperti layaknya data digital. *Watermarking digital* merupakan penanaman suatu *watermark digita*l ke data utama atau *carrier/host*. Digital *watermark* merupakan sinyal digital yang disisipkan ke dalam data seperti teks, citra, video atau suara untuk berbagai keperluan. Sinyal tersebut disisipkan sedemikian rupa sehingga keberadaannya tidak teramati oleh indera penglihatan atau pendengaran manusia. Tidak teramati karena pada dasarnya indera manusia sangat sulit membedakan antara data yang telah disisipi *watermark* dan data yang belum. Walaupun demikian komputer dapat mendeteksi keberadaan watermark dengan mudah, tentunya dengan algoritma tertentu. Sinyal *watermark* tersebut biasanya mempresentasikan informasi tertentu misalnya label pengenal, sehingga dengan *watermark* ini kepemilikan sebuah informasi dapat ditentukan dengan jelas.

Watermarking dapat diterapkan dalam berbagai domain,baik itu dalam domain spasial maupun dalam domain frekuensi.Penerapan *watermarking* pada data digital seperti teks, citra, video dan audio, dapat dilakukan secara langsung

pada domain jenis data digital tersebut atau terlebih dahulu dilakukan transformasi ke dalam domain yang lain.Berbagai transformasi yang dikenal dalam pemrosesan sinyal digital seperti:FFT (*Fast Fourier Transform*), DCT (*Discrete Cosine Transform*), *Wavelet Transform*, dan sebagainya.

II.3.1 Faktor-faktor penyebab dibutuhkan watermarking

Ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam teknik *watermarking* untuk menjamin proteksi terhadap bukti kepemilikan dan autentifikasi.. Syarat-syarat tersebut diantaranya adalah *watermark* harus sulit untuk dideteksi dan dihilangkan dan tidak merusak kualitas media yang disisipinya dan memiliki ketahanan terhadap modifikasi yang dilakukan pada media yang disisipinya. Dengan kata lain, *watermarking* citra yang handal harus memiliki sifat *robust* tinggi dan *hidden* tinggi. *Watermarking* citra digital adalah proses penyisipan suatu *watermark* digital ke dalam media citra digital. Secara visual, watermarking dibedakan menjadi dua macam, yaitu *robust watermarking* dan *hidden watermarking*. Pada *robust watermarking*, *watermark* digital tampak pada citra asli sedangkan pada *hidden watermarking*, watermark digital tidak tampak pada citra asli.

Beberapa aplikasi *watermarking* sering digunakan adalah untuk hal-hal Sebagai berikut :

a. *Owner identification* (tanda pengenalan kepemilikan)

Pada aplikasi ini pemilik data dapat menanamkan informasi hak cipta pada data host, sehingga usaha untuk menghilangkan informasi hak cipta akan berdampak menurunnya kualitas data host.

b. *Proof of ownership* (Bukti kepemilikan)

Selain digunakan sebagai tanda pengenalan pemilikan, *watermarking* juga dapat digunakan sebagai bukti kepemilikan. Pembuktian ini diperlukan bilamana terjadi perselisihan hak kepemilikan atas data digital.

c. *Authentication* (Keaslian)

Watermarking dapat juga digunakan sebagai teknik untuk membuktikan keaslian suatu data digital. Hal ini disebabkan, *watermark* akan selalu melekat pada data host. Sehingga jika data host mengalami perubahan baik di crooping atau diubah ke dalam format lainnya maka *watermark*nya akan selalu bersama dengan data host.

d. Fingerprinting

Fingerprinting digunakan untuk menelusuri penggandaan ilegal terhadap data host. Pemilik data host dapat menanamkan *watermark* berbeda ke data host yang akan didistribusikan ke pelanggan yang berbeda. Dengan cara ini maka penggandaan ke pihak ketiga akan dapat dideteksi, karena adanya *watermark* yang berbeda untuk pelanggan yang berbeda.

e. Medical safety

Pada aplikasi ini, *watermark* yang berupa data pasien (nama, tanggal) dapat ditanamkan ke data host (medical image) sehingga dapat meminimalisir adanya kesalahan data.

f. Broadcast Monitoring

Pada aplikasi ini *watermark* ditanamkan ke dalam tiap video maupun suara sebelum ditayangkan oleh stasiun televisi atau radio. Untuk itu diperlukan stasiun pengamat otomatis yang akan menerima tayangan tersebut sehingga akan dapat

mengekstrak informasi *watermark* yang dibawa dan sekaligus mencatat informasi tayangan yang muncul.

II.4 Perbedaan Antara Format File dan Kompresi

Citra *digital* adalah sebuah *file* yang tersimpan sebagai nilai numerik dalam media magnetic atau media optikal [4]. Ditinjau dari bentuknya yang merupakan sebuah *file*, citra *digital* memiliki berbagai jenis format, antara lain JPEG, GIF, PNG, BMP, dsb. Format-format *file* untuk citra *digital* ini memiliki keunggulan, kelemahan, dan tingkat komersialitasnya masing- masing. Format *file* merupakan rangkaian data yang teratur dan digunakan untuk mengkodekan informasi dalam penyimpanan atau pertukaran data [4]. Format *file* dapat digambarkan sebagai sebuah bahasa tulis yang memiliki aturan-aturan sendiri dalam penulisannya. Jika digambarkan, setiap format *file* citra memiliki cara pembentukan struktur yang berbeda dimana setiap struktur ini memiliki *header* dan *body*. Umumnya *header* diikuti dengan *body* yang mengandung sebagian besar data. Kompresi merupakan cara pengkodean data *file* agar lebih ringkas dan efisien. Seperti yang diketahui, kompresi terhadap sebuah *file* memerlukan algoritma juga. Algoritma ini berguna dalam mendefinisikan langkah –langkah yang diperlukan untuk mengurangi ukuran *file*, yang dalam hal ini merupakan tujuan dari kompresi. Kesalahan yang sering muncul adalah pembedaan antara format *file* dengan kompresi.

Contoh yang paling sering muncul adalah pembedaan antara kompresi JPEG dengan JFIF (JPEG *File Interchange Fomat*). JFIF yang diberi ekstensi *file* .jpg sering disebut *file* dengan format JPEG, bukan *file* yang dikompresi menggunakan jenis kompresi JPEG.

II.5 Singular Value Decomposition

Metode *Singular Value Decomposition* (SVD) adalah salah satu teknik dalam analisis numerik yang digunakan untuk "mendiagonalkan" matriks. Dalam sudut pandang pengolahan citra, *singular value* dari suatu citra memiliki stabilitas yang baik, dimana ketika ada sedikit gangguan diberikan pada citra tersebut, singular value tidak berubah secara signifikan. Keuntungan lain adalah ukuran matriks dari transformasi metode SVD tidak tetap dan dapat berupa persegi atau lingkaran. Kemudian singular value mengandung informasi properti persamaan linear citra / gambar.

Misalkan A adalah sebuah matriks tidak nol berukuran m x n, maka a dapat direpresentasikan sebagai sebuah perkalian berikut:

$$A = USV^T \qquad (2)$$

U pada persamaan diatas adalah matriks orthogonal berukuran *m x m*, *V* adalah matriks *orthogonal* berukuran *m x n* dan *S* adalah matriks diagonal tidak bujur sangkar berukuran *n x m*. Dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$S = \begin{bmatrix} \sigma_{1,1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_{2,2} & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_{n,n} \end{bmatrix} \quad \sigma_{1,1} \geq \sigma_{2,2} \geq \cdots \geq \sigma_{n,n} \geq 0 \qquad (3)$$

Dekomposisi diatas disebut sebagai singular value decomposition. nilai $\sigma_{1,1} \cdots \sigma_{n,n}$ dari S disebut sebagai nilai-nilai singular dari A, kolom-kolom dari U yang merupakan vektor ortonormal disebut sebagai vektor-vektor singular kiri dari A dan kolom-kolom dari V disebut sebagai vektor singular kanan dari A. Jika A

adalah sebuah citra maka S mempunyai nilai-nlai luminance dari lapisan-lapisan citra yang dihasilkan oleh vektor-vektor singular kiri dan kanan. Vektor-vektor singular kanan merepresentasikan detail-detail horisontal, sedangkan vektor-vektor singular kiri merepresentasikan detail-detail vertikal dari citra. Pengubahan sedikit pada nilai-nilai singular tidak mempengaruhi kualitas citra.

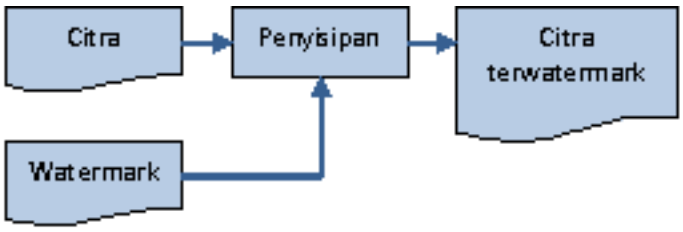
Pada penelitian ini, penyisipan *Watermark* dilakukan pada ranah spasial. Secara umum *Watermarking* dibagi menjadi dua bagian, yaitu proses penyisipan dan proses ekstraksi atau deteksi. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

A. Tahap Penyisipan

Pada tahap penyisipan, langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memilih citra (gambar digital) yang akan digunakan sebagai citra pembawa watermark. Citra yang dipilih adalah citra grayscale dengan dimensi dua.
2. Memilih citra yang akan dijadikan watermark. Citra watermark dipilih citra biner dengan ukuran yang lebih kecil dari citra pembawa.
3. Menentukan algoritma yang digunakan untuk penyisipan.
4. Membuat matriks penampung citra dan melakukan penyesuaian untuk citra watermark karena besarnya tidak sama dengan citra pembawa.

Tahap penyisipan diatas dapat dilihat pada gambar 2.15 sebagai berikut:



Gambar 2.3 Alur Tahap Penyisipan Pada Metode SVD

Algoritma yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma yang di usulkan oleh Ruizhen Liu dan Tieniu Tan. Yaitu dengan menjumlahkan secara langsung antara citra *watermark* pada intensitas tertentu dengan matriks diagonal hasil dekomposisi SVD dari citra pembawa. Penyesuaian harus dilakukan jika ukuran watermark tidak sama dengan ukuran matriks S. hal ini dapat dilakukan dengan meletakkan watermark pada suatu matriks nol berukuran sama dengan S pada posisi tertentu.

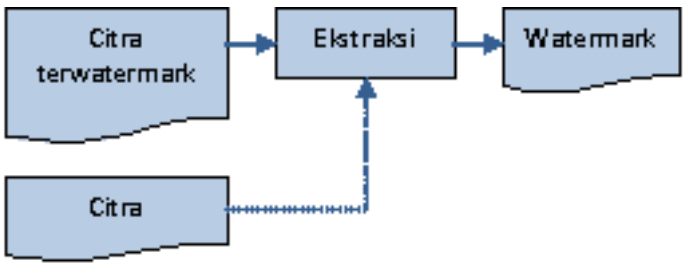
Algoritma yang diusulkan bertipe *non-blind*, artinya hasil proses penyisipan tidak hanya berupa citra yang mengandung *watermark*, tetapi juga ada informasi tambahan yang didapat dari hasil perhitungan SVD pada citra pembawa dan citra *watermark*. Informasi tambahan tersebut tidak disebarluaskan bersama citra yang sudah disisipi *watermark*, tapi untuk disimpan sendiri guna kepentingan ekstraksi selanjutnya. Algoritma penyisipan Liu tersebut terlihat seperti pada *pseudo code* berikut ini:

```
1. INPUT  citra A, watermark W,
   intensitas a
2. OUTPUT citra terwatermark Aw
3. Langkah 1  [U, S, V] = svd(A);
4. Langkah 2  St = S + a.W
5. Langkah 3  [Uw, Sw, Vw] = svd(St);
6. Langkah 4  Aw = U.Sw.V^T
7. Langkah 5  OUTPUT(Aw, S, Uw, Vw, a)
              STOP
```

B. Tahap Ekstraksi

Pada tahap ekstraksi, langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memilih citra yang sudah disisipi watermark.
2. Menyediakan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam ekstraksi yaitu: citra asli, citra watermark, matriks S, V dan U serta intensitasnya. Parameter-parameter tersebut dihasilkan dalam proses penyisipan sebelumnya.
3. Melakukan ekstraksi.
4. Mengembalikan citra watermark yang ukurannya disesuaikan dengan citra pembawa.
5. Tahap ekstraksi diatas dapat dilihat pada gambar 2.16 sebagai berikut:



Gambar 2.4Alur Tahap Ekstraksi Pada Metode SVD

Algoritma ekstraksi Liu terlihat seperti pada *pseudo code* berikut ini:

1. INPUT Aw, S, Uw, Vw, a
2. OUTPUT watermark W
3. Langkah 1 [U, Sw, V] = svd(Aw);
4. Langkah 2 $W = \frac{UwSw(Vw)^T - S}{a}$
5. Langkah 3 OUTPUT(W)
   STOP