

Studi *Digital Watermarking* Citra *Bitmap* dalam Mode Warna *Hue Saturation Lightness*

Evan – 13506089

Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha 10, Bandung

E-mail : if16089@students.if.itb.ac.id

Abstrak

Digital watermarking dapat dilakukan dengan berbagai metode, di antaranya metode LSB (*Least Significant Bit*) yang bekerja dalam ranah spasial. Pada citra *bitmap*, metode LSB bekerja dalam mode warna RGB (*Red Green Blue*) dengan cara mengubah *byte-byte* yang merepresentasikan pewarnaan citra dalam mode RGB. Metode LSB ini merupakan metode *watermarking* yang paling sederhana dan mudah diimplementasikan. Sayangnya metode ini memiliki kelemahan yaitu citra berwatermark dapat dimanipulasi dengan mudah sehingga *watermark* yang disimpan tidak dapat ditelusuri kembali atau bahkan dihapus.

Warna dalam citra digital dapat direpresentasikan dalam beberapa mode, seperti mode RGB, CMYK, atau HSL (*Hue Saturation Lightness*). Mode HSL merupakan mode warna yang dapat ditransformasikan dari mode RGB secara *non-linear*. Karena sifatnya itu, penyembunyian pesan dalam mode HSL akan lebih sulit dideteksi maupun dimanipulasi dibandingkan penyembunyian pesan dalam mode RGB. Namun sifat tersebut menjadi masalah tersendiri karena tidak adanya pemetaan satu ke satu dari mode RGB ke HSL dan sebaliknya.

Makalah ini membahas tentang studi kemungkinan *watermarking* citra *bitmap* dalam mode warna HSL sebagai alternatif dari metode LSB yang bekerja di mode warna RGB. Warna-warna pada citra *bitmap* akan dikonversi terlebih dahulu ke dalam mode HSL, baru kemudian *watermark* disisipkan. Makalah ini akan mempelajari kemungkinan teknik-teknik yang dapat dipakai untuk menyisipkan *watermark* ke dalam mode HSL, kemudian menguji ketahanan *watermark* apabila dilakukan manipulasi pada citra.

Kata kunci: *digital watermarking*, citra *bitmap*, pixel, metode LSB, mode warna RGB dan HSL, pemetaan satu ke satu.

1. Pendahuluan

Digital watermarking merupakan proses menyisipkan informasi ke dalam sebuah dokumen digital. Informasi yang disisipkan dapat berupa teks, gambar, suara, dll. Dokumen digital yang disisipi informasi juga dapat berupa dokumen teks, gambar, suara, video, ebook, dll. Ada dua macam watermark: watermark yang terlihat dan yang tidak terlihat. Watermark yang kelihatan biasanya berupa logo yang diimbuhkan pada dokumen untuk menyatakan kepemilikan. Watermark tipe ini dapat dihapus atau diubah oleh orang lain untuk mengubah tanda kepemilikan. Watermark yang tidak terlihat lebih sulit untuk dimanipulasi karena keberadaannya pun sulit untuk dideteksi. Proses membuat watermark yang tidak terlihat tersebut merupakan salah satu penerapan steganography.

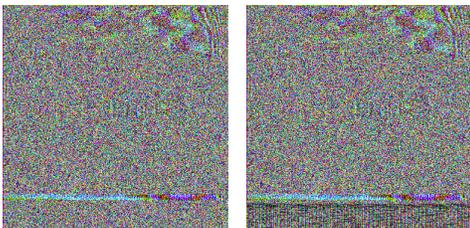
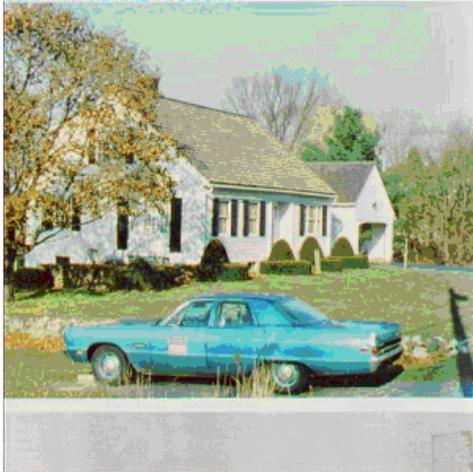
Citra *bitmap* merupakan salah satu media gambar yang sering digunakan sebagai

dokumen yang disisipi informasi. Citra *bitmap* merepresentasikan gambar sebagai kumpulan kotak-kotak kecil yang disebut pixel (*picture element*). Setiap pixel pada *bitmap* memiliki warna tertentu. Pada kebanyakan komputer setiap warna direpresentasikan sebagai barisan bit dengan panjang tertentu, misalnya 24 bit. Barisan bit tersebut merupakan gabungan dari 3 nilai: red, green, dan blue, yang masing-masing panjangnya 8 bit. Representasi warna dalam bentuk seperti ini disebut sebagai mode RGB (*Red Green Blue*). Karena setiap kanal warna panjangnya 8 bit, maka setiap kanal memiliki 256 kemungkinan warna.

Metode LSB (*Least Significant Bit*) merupakan salah satu metode *watermarking* yang bekerja dalam mode warna RGB. Metode ini bekerja dengan cara menyisipkan informasi pada bit-bit paling kanan dari setiap elemen RGB. Perubahan bit paling kanan hanya menimbulkan perubahan nilai RGB sebesar 1

dari 256 warna yang ada, yang tidak dapat dideteksi dengan mata telanjang.

Sayangnya watermark yang disembunyikan dengan metode LSB ini dapat dideteksi dengan menggunakan komputer, salah satunya dengan metode Enhanced LSB. Metode Enhanced LSB bekerja dengan mengganti seluruh bit pada kanal warna dengan nilai bit paling kanan. Dari citra yang dihasilkan dapat diketahui apakah citra tersebut mengandung watermark atau tidak. Sebagai contoh lihat gambar 1.



Gambar 1. Contoh citra hasil pengolahan metode Enhanced LSB. Gambar atas merupakan citra yang telah diberi watermark. Gambar kiri tidak mengandung watermark, gambar kanan mengandung watermark. Perhatikan bagian bawah gambar kanan yang terlihat memiliki pola.

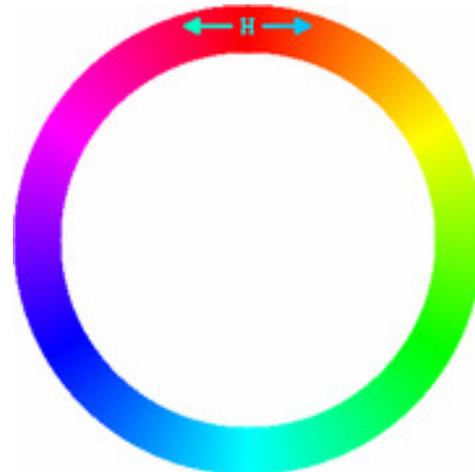
Metode LSB mudah untuk dideteksi karena penyisipan informasi dilakukan secara langsung dalam bit-bit dokumen tanpa melalui proses pengacakan. Selain metode LSB, metode lain juga sudah dikembangkan seperti misalnya metode Spread Spectrum yang bekerja di ranah frekuensi. Makalah ini mencoba mempelajari metode watermarking yang dapat digunakan dalam mode warna HSL.

2. Mode HSL

2.1. Penjelasan model HSL

Warna dalam media digital dapat direpresentasikan dalam berbagai cara. Mode RGB merepresentasikan semua warna sebagai campuran dari 3 cahaya merah, hijau, dan biru. Mode HSL merupakan mode yang ditemukan oleh Alvy Ray Smith pada tahun 1978. Mode ini merepresentasikan warna dalam 3 komponen: hue, saturation, dan lightness

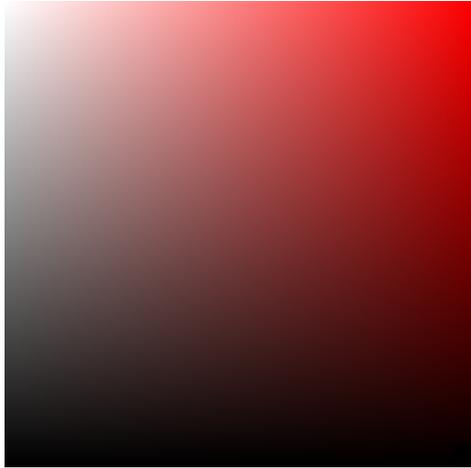
Hue merupakan corak warna atau pilihan warna yang meliputi spektrum warna pelangi seperti merah, kuning, hijau, dst. Hue seringkali direpresentasikan dalam bentuk lingkaran yang berisi warna-warna pelangi seperti pada gambar 2. Karena berbentuk lingkaran, hue memiliki nilai sebesar sudut lingkaran yaitu dari 0 sampai 360.



Gambar 2. Lingkaran hue

Saturation merupakan tingkat pewarnaan atau tingkat kemurnian sebuah warna. Warna dengan saturation tinggi memiliki corak warna yang terlihat jelas, sedangkan warna dengan saturation rendah terlihat sebagai percampuran antara beberapa warna. Warna grayscale (yang didapat dari percampuran warna-warna RGB dengan perbandingan 1:1:1) memiliki tingkat saturation yang paling rendah. Nilai saturation berkisar dari 0 sampai 100.

Lightness menyatakan tingkat terang sebuah warna. Warna putih yang merupakan percampuran warna RGB dengan nilai maksimum memiliki lightness paling tinggi, sedangkan warna hitam memiliki lightness paling rendah. Nilai lightness juga berkisar dari 0 sampai 100.



Gambar 3. Contoh saturation dan lightness pada warna merah. Sumbu x menyatakan saturitas, sumbu y menyatakan lightness.

2.2. Konversi RGB – HSL

Untuk mengkonversi dari mode RGB ke mode HSL, pertama hitung max sebagai nilai maksimum dari nilai red, green, blue, dan min sebagai nilai minimum dari nilai red, green, blue. Lalu gunakan rumus berikut.

$$h = \begin{cases} 0 & \text{if max} = \text{min} \\ (60^\circ \times \frac{g-b}{\text{max}-\text{min}} + 360^\circ) \bmod 360^\circ, & \text{if max} = r \\ 60^\circ \times \frac{b-r}{\text{max}-\text{min}} + 120^\circ, & \text{if max} = g \\ 60^\circ \times \frac{r-g}{\text{max}-\text{min}} + 240^\circ, & \text{if max} = b \end{cases}$$

$$l = \frac{1}{2}(\text{max} + \text{min})$$

$$s = \begin{cases} 0 & \text{if max} = \text{min} \\ \frac{\text{max}-\text{min}}{\text{max}+\text{min}} = \frac{\text{max}-\text{min}}{2l}, & \text{if } l \leq \frac{1}{2} \\ \frac{\text{max}-\text{min}}{2-(\text{max}+\text{min})} = \frac{\text{max}-\text{min}}{2-2l}, & \text{if } l > \frac{1}{2} \end{cases}$$

Rumus di atas menghasilkan nilai lightness dan saturation dalam jangkauan $[0,1]$. Kalikan dahulu dengan 100 untuk memperoleh nilai dengan jangkauan $[0,100]$.

Untuk konversi dari HSL ke RGB, pertama periksa dulu nilai saturation. Jika saturation 0, artinya warna termasuk grayscale, sehingga nilai R, G, dan B sama dengan nilai lightness. Nilai hue tidak diperhitungkan pada warna grayscale. Jika saturation tidak 0, gunakan rumus berikut.

$$q = \begin{cases} l \times (1 + s), & \text{if } l < \frac{1}{2} \\ l + s - (l \times s), & \text{if } l \geq \frac{1}{2} \end{cases}$$

$$p = 2 \times l - q$$

$$h_k = \frac{h}{360}$$

$$t_R = h_k + \frac{1}{3}$$

$$t_G = h_k$$

$$t_B = h_k - \frac{1}{3}$$

if $t_C < 0 \rightarrow t_C = t_C + 1.0$ for each $C \in \{R, G, B\}$
 if $t_C > 1 \rightarrow t_C = t_C - 1.0$ for each $C \in \{R, G, B\}$

$$\text{Color}_C = \begin{cases} p + ((q-p) \times 6 \times t_C), & \text{if } t_C < \frac{1}{6} \\ q, & \text{if } \frac{1}{6} \leq t_C < \frac{1}{2} \\ p + ((q-p) \times 6 \times (\frac{2}{3} - t_C)), & \text{if } \frac{1}{2} \leq t_C < \frac{2}{3} \\ p, & \text{otherwise} \end{cases}$$

for each $C \in \{R, G, B\}$

Rumus di atas menghasilkan nilai RGB dalam jangkauan $[0,1]$. Untuk jangkauan $[0,255]$, kalikan dahulu dengan 255.

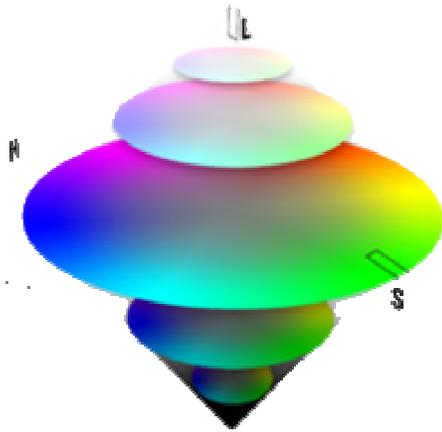
Konversi RGB ke HSL dan sebaliknya menghasilkan bilangan real, sementara media bitmap bekerja pada bilangan integer diskrit, karena itu kita perlu melakukan pembulatan. Hal ini menyebabkan pemetaan RGB dan HSL pada media digital tidak bersifat satu ke satu. Jumlah kemungkinan mode RGB ada $256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$ warna, sedangkan mode HSL ada $360 \times 100 \times 100$ warna. Jadi akan ada warna-warna yang jika dikonversikan hasilnya akan sama akibat pembulatan.

3. Metode watermarking

Seperti pada metode LSB yang memanfaatkan perbedaan 1 nilai yang tidak mudah terlihat oleh mata telanjang, metode watermarking pada mode HSL juga menggunakan sifat perbedaan tipis warna yang tidak dapat dideteksi mata tapi dapat terdeteksi oleh komputasi. Pada bab ini akan dibahas beberapa metode watermarking yang mungkin dapat digunakan pada metode HSL beserta analisis dan pembahasannya.

3.1. Penyamaran hue

Hue atau corak warna merupakan komponen HSL yang tidak mudah dibedakan, terutama pada warna-warna dengan saturitas rendah. Model warna HSL seringkali direpresentasikan sebagai sebuah kerucut ganda atau bola, di mana nilai lightness merupakan jarak pada sumbu vertikal, nilai hue merupakan nilai derajat pada bidang horizontal, dan nilai saturation merupakan jarak dari sumbu vertikal.



Gambar 4. HSL direpresentasikan sebagai kerucut ganda.

Pada gambar tersebut, kita dapat melihat bahwa dengan berkurangnya saturasi, jari-jari dan keliling penampang lingkaran semakin kecil sehingga alternatif hue semakin berkurang. Akibatnya warna-warna dengan saturitas rendah memiliki pilihan warna hue yang lebih sedikit. Selain itu tingkat saturasi juga menggambarkan tingkat kejelasan warna. Semakin tinggi saturasi, warna semakin jelas terlihat, sebaliknya semakin rendah saturasi warna semakin tidak jelas terlihat.

Akibat dari penjelasan di atas, warna-warna dengan saturasi rendah akan sulit untuk dibedakan sekalipun memiliki jangkauan hue yang berbeda cukup jauh. Sebagai gambaran, lihat gambar 5.



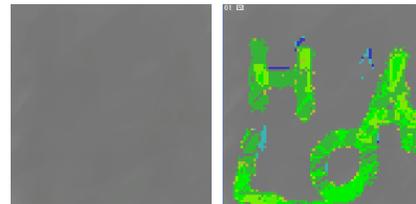
Gambar 5. Dua buah pita dengan jangkauan hue yang sama, tapi saturasi yang berbeda. Pita atas memiliki saturasi tinggi, pita bawah memiliki saturasi rendah.

Atribut ini dapat dimanfaatkan untuk watermarking pada citra bitmap yang memiliki saturasi rendah, terutama citra-citra grayscale. Caranya adalah dengan menset nilai hue pada warna bersaturasi rendah (hampir grayscale tapi bukan grayscale) dengan sebuah nilai tertentu yang ingin disembunyikan.

Sebagai contoh, di sini penulis membuat sebuah citra grayscale dengan kaskas Adobe Photoshop. Warna-warna grayscale dipilih yang memiliki nilai saturasi 0. Kemudian

penulis menyisipkan warna lain yang memiliki saturasi kecil (tapi tidak nol) dan nilai hue tertentu.

Pada contoh di bawah, gambar citra grayscale yang telah diwatermark terlihat sebagai warna-warna grayscale biasa, informasi tersembunyi pada citra tersebut sama sekali tidak terlihat dengan mata telanjang. Tapi setelah difilter, informasi yang disembunyikan dapat dilihat.



Gambar 6. Gambar sebelah kiri merupakan gambar citra grayscale berwatermark. Gambar sebelah kanan merupakan gambar sebelah kiri yang dikenai filter saturation.

Dengan kaskas Adobe Photoshop, watermark semacam ini dapat dideteksi dengan menggunakan fitur filter HSL. Nilai saturation seluruh gambar dinaikkan sehingga nilai hue warna-warna yang bukan grayscale akan terlihat dengan jelas.

3.2. Pengecekan paritas

Pengecekan paritas memiliki prinsip yang sama dengan LSB, yaitu mengecek apakah sebuah field bernilai ganjil atau genap. Field yang paling mungkin digunakan dalam mode HSL adalah field lightness, karena rumusnya yang mudah untuk dihitung. Lightness dihitung dari rata-rata antara nilai RGB tertinggi dengan terendah. Dengan menggunakan nilai RGB yang diskrit (integer), kita dapat memberikan paritas pada nilai lightness: apakah nilai lightness merupakan bilangan bulat (min + max genap) atau bilangan pecahan (min + max ganjil). Setiap paritas merepresentasikan bit 0 atau 1 pada watermark yang disembunyikan.

Algoritma watermarking dapat dilakukan sebagai berikut: jika paritas sudah sesuai dengan bit watermark, biarkan. Jika paritas belum sesuai, ubah salah satu dari min atau max sebesar 1 saja sehingga paritas (min + max) berubah. Kasus khusus terjadi jika terdapat 2 elemen RGB yang sama-sama menjadi nilai maksimum atau minimum. Dalam kasus ini jika salah satu dari kedua elemen tersebut diubah, paritas bisa tetap sama karena nilai maksimum/minimumnya tidak berubah. Dalam kasus ini, kita sebaiknya

mengubah elemen RGB yang satunya lagi (yang bukan salah satu dari kedua elemen yang bernilai sama).

4. Analisis

Pada bagian analisis penulis mencoba membahas metode-metode yang telah disampaikan pada bab sebelumnya.

Metode pertama, penyamaran hue, hanya dapat digunakan pada citra grayscale, atau sekurangnya citra yang memiliki bagian grayscale yang cukup untuk memuat informasi. Sebagai contoh gambar di bawah memperlihatkan citra bitmap yang memiliki watermark tersembunyi di bagian-bagian grayscale. Setelah ditingkatkan saturasi dan lightnessnya, barulah terlihat watermark yang disembunyikan.



Gambar 7. Citra yang mengandung grayscale dan hasil filternya

Karena watermark diimbuhkan langsung pada citra tanpa melalui proses pengacakan posisi, watermark yang dibuat dengan metode ini mudah untuk dihapus dan dimanipulasi. Selain itu informasi yang dapat disisipkan adalah informasi yang berupa gambar saja.

Metode kedua, metode pengecekan paritas pada field lightness, mirip dengan LSB namun jumlah informasi yang dapat disisipkan lebih sedikit. Satu buah warna (biasanya 3 byte atau 24 bit) hanya dapat menyimpan 1 bit informasi sehingga perbandingan ukuran watermark maksimum dengan ukuran dokumen adalah 1:24. Metode ini juga masih dapat dideteksi dengan cara yang mirip dengan Enhanced LSB. Caranya adalah dengan mengubah semua bit warna dengan paritas dari lightnessnya, sehingga seluruh citra menjadi tersusun atas 2 warna saja: hitam atau putih. Sama seperti metode Enhanced LSB, pada citra yang disisipi watermark akan terdapat pola tertentu yang biasanya dapat dikenali dengan mata telanjang.

5. Kesimpulan

Metode watermarking dalam mode HSL yang telah penulis pelajari sejauh ini secara umum lebih baik dari metode LSB dan tidak dapat dideteksi dengan mata telanjang, tapi secara komputasional masih dapat dideteksi dengan cukup mudah.

Daftar Pustaka:

Munir, Rinaldi. 2006. *Diktat Kuliah IF5054 Kriptografi*. Bandung: Informatika ITB.

Nugroho, Edhi. 2005. *Teori dan Praktek Grafika Komputer Menggunakan Delphi dan OpenGL*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

<http://www.forensicfocus.com/index.php?name=Content&pid=54&page=7>, diakses April 2009

<http://www.fortunecity.com/skyscraper/windows/364/bmpffrmt.html>, diakses Oktober 2005.

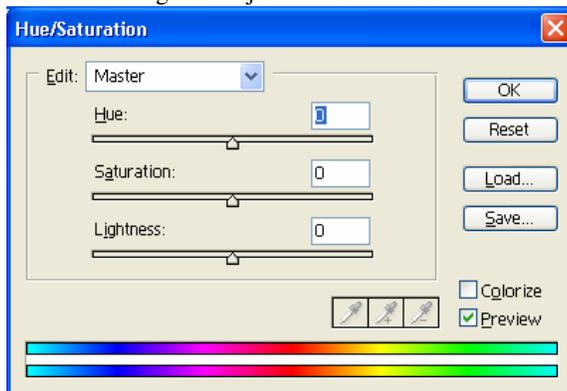
<http://www.mr01001101.co.uk/essays/huehide.html>, diakses Maret 2009

Lampiran

Cara penggunaan kaskas Adobe Photoshop 7.0 untuk mendeteksi watermark metode penyamaran hue.

Berikut ini dituliskan langkah-langkah penggunaan filter HSL pada Photoshop untuk mendeteksi watermark yang dibuat dengan metode penyembunyian hue pada citra grayscale.

1. Buka citra berwatermark dengan software Adobe Photoshop 7.0.
2. Pilih menu Image → Adjustments → Hue/Saturation. Photoshop akan memunculkan dialog berikut.



3. Geser slider saturation ke sebelah kanan untuk meningkatkan saturasi citra sampai watermark tersembunyi terlihat. Jika watermark belum terlihat, geser juga slider lightness untuk meningkatkan lightness dari citra.