

# Kriptografi Visual Berwarna dengan Metode Halftone

Lio Franklyn Kemit - 13509053  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
lio.f.kemit@gmail.com

**Abstract**—Kriptografi tidak hanya dapat dilakukan pada ranah digital pada zaman ini. Namun juga dapat dilakukan pada objek fisik secara langsung. Kriptografi ini disebut kriptografi visual dimana pada kriptografi ini pesan yang digunakan adalah berupa gambar. Gambar tersebut akan dibagi ke dalam beberapa buah *share*. *Share* ini kemudian akan digunakan jika ingin mendekripsi pesan. Kriptografi visual berkembang dari menggunakan gambar hitam dan putih dan juga gambar berwarna. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk melakukan kriptografi visual. Salah satunya adalah Halftone yang dilakukan pada gambar hitam dan putih. Dalam makalah ini akan dilakukan percobaan penggunaan metode Halftone untuk gambar berwarna.

**Index Terms**—Kriptografi Visual, *share*, gambar berwarna, Halftone.

## I. PENDAHULUAN

Kriptografi sudah berkembang sejak zaman dahulu hingga sekarang, terdapat banyak metode-metode kriptografi yang ditemukan orang-orang yang digunakan untuk menjaga kerahasiaan pesan. Metode-metode yang dipakai dimulai dari melakukan substitusi huruf, melakukan perhitungan angka, memodifikasi pesan, dll. Namun, orang-orang selalu mencoba untuk mencari ide baru untuk menyembunyikan pesan agar keamanan pesan tersebut sangat terjaga tanpa dapat dipecahkan oleh orang lain dengan mudah.

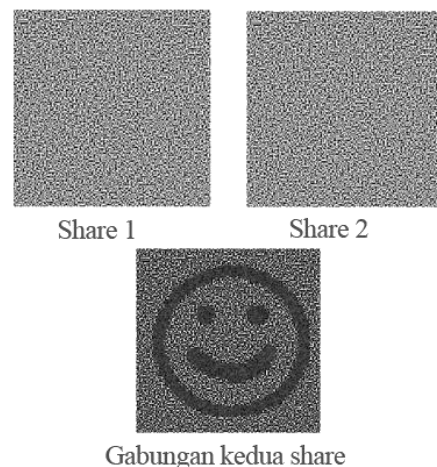
Beberapa algoritma yang digunakan dalam proses kriptografi terkadang memanfaatkan adanya keterbatasan dalam melakukan sesuatu, baik keterbatasan fisik maupun teknologi. Tujuan penggunaan keterbatasan ini adalah agar untuk memecahkan algoritma yang digunakan tidak mudah atau tidak cukup dengan hanya melakukan *brute force*. Salah satu algoritma yang memanfaatkan keterbatasan manusia dan teknologi adalah algoritma yang memanfaatkan keterbatasan untuk melakukan perhitungan atau pencarian bilangan prima yang besar. Salah satu metode kriptografi yang mempergunakan keterbatasan fisik manusia adalah kriptografi visual yang mana pada metode ini dilakukan pembagian gambar menjadi beberapa bagian sehingga jika hanya dilihat satu bagian saja tidak akan dapat didekripsi oleh mata manusia, namun ketika bagian-bagian tersebut digabung manusia dapat melihat pesan atau gambar yang

ada tersebut.

Kriptografi visual ini pertama sekali dimunculkan pada tahun 1994. Pada awalnya kriptografi visual ini diimplementasikan pada gambar yang hitam dan putih saja. Seiring perkembangan zaman, muncul beberapa metode kriptografi baru yang bukan hanya mengimplementasikan metodenya pada gambar hitam dan putih tetapi juga pada gambar berwarna.

## II. KRIPTOGRAFI VISUAL

Kriptografi visual pertama kali dikembangkan oleh Naor dan Shamir pada tahun 1994. Ide utama dari metode ini adalah membagi gambar menjadi dua bagian yang acak, disebut *share*, dan dicetak pada dua lembar bahan transparan. Lembaran yang berisi bagian dari gambar tersebut tidak akan menampilkan informasi apapun jika hanya dilihat satu lembar oleh mata manusia. Namun jika kedua lembar tersebut ditumpuk menjadi satu dan dilihat akan muncul gambar atau pesan asli yang tersimpan seperti pada gambar 1. Pada masa itu Naor dan Shamir mengimplementasi metode tersebut pada gambar hitam dan putih saja.

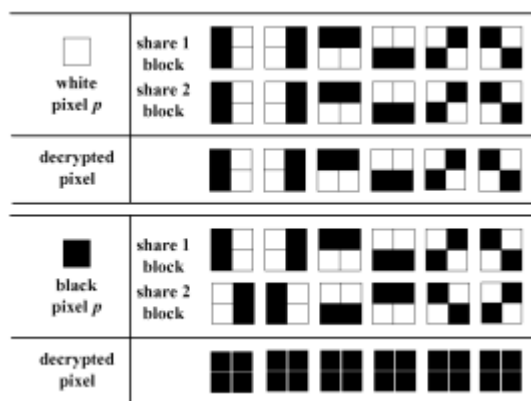


Gambar 1 Kriptografi visual hitam putih

Kriptografi visual dapat dilakukan dengan membagi pesan menjadi  $n$  buah *share*. Semakin banyak jumlah *share* yang digunakan, gambar hasil dekripsi akan cenderung lebih banyak *noise* bila dibandingkan dengan

kriptografi dengan *share* yang lebih sedikit. Namun seiring perkembangan zaman, untuk melakukan dekripsi sebuah kriptografi visual, tidak harus menggunakan keseluruhan  $n$  buah *share* yang ada. Ada beberapa algoritma yang memungkinkan agar ketika dilakukan dekripsi dapat dilakukan dengan jumlah  $share < n$ . Hal ini diaplikasikan untuk beberapa hal misalnya perbankan.

Salah satu pengembangan kriptografi visual adalah metode kriptografi visual dengan metode halftone. Ide utama dari metode ini adalah dengan menganggap suatu pixel gambar dapat dibagi dua untuk dua buah *share* dan nantinya akan menjadi satu lagi ketika kedua *share* tersebut digabungkan kembali. Pada implementasinya satu buah pixel direpresentasikan menjadi empat pixel berukuran 2x2 pixel. Pembagian satu pixel menjadi dua bagian berarti pada pixel 2x2, dua dari empat pixel akan berwarna hitam dan dua pixel lainnya akan berwarna transparan. Usaha penggabungan dilakukan agar ketika kedua *share* digabung menghasilkan warna hitam atau putih/transparan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Metode halftone hitam putih

Metode tersebut dapat dilakukan untuk gambar hitam dan putih. Misalnya ketika pixel pada gambar pesan berwarna putih, *share* yang akan digunakan dapat dipilih dari kombinasi enam *share* seperti pada gambar di atas. Ketika kombinasi *share* tersebut ditumpuk maka pixel gabungannya hanya terdiri dari dua dari empat pixel berwarna hitam sedangkan dua pixel lainnya transparan. Sedangkan jika kita ingin menampilkan pesan gambar berwarna hitam, dengan metode yang sama kita memilih kombinasi *share* yang ada sehingga ketika digabung akan berwarna hitam pada keempat pixel. Cara ini memang menimbulkan *noise* pada gambar yang menyebabkan gambar tidak mirip dengan gambar aslinya dan berukuran empat kali lebih besar dari gambar aslinya, namun metode ini lebih menjamin keamanan daripada hanya penggunaan satu pixel.

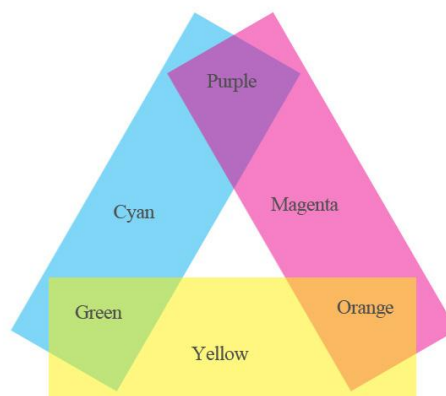
### III. COLOR HALFTONE

#### A. Ide

Kriptografi visual yang ada dahulu hanya digunakan untuk gambar hitam dan putih. Namun, para peneliti berusaha untuk membuat metode-metode untuk gambar berwarna. Metode yang sama dengan halftone hitam putih mungkin dapat kita gunakan juga untuk gambar berwarna. Namun sebelumnya dibutuhkan adaptasi agar metode tersebut sesuai dengan warna.

Ide dasar metode ini adalah memanfaatkan sifat spektrum warna yaitu dua buah warna dapat digabungkan untuk dapat menghasilkan warna baru. Warna sendiri didefinisikan dengan dua cara, yaitu RGB dan CMYK. RGB adalah singkatan dari Red Green Blue sedangkan CMYK adalah Cyan Magenta Yellow Black. RGB direpresentasikan dengan nilai 0-255 untuk setiap atributnya sedangkan CMYK direpresentasikan dengan nilai 0-100 untuk setiap atributnya.

Pada makalah ini akan digunakan definisi warna CMY tanpa K. Pada CMY, warna dasar dapat digabung menjadi warna baru. Dari tiga buah warna dasar, yaitu Cyan, Magenta, dan Yellow, dapat dibuat menjadi 6 buah warna dengan tiga buah tambahan warna, yaitu Purple, Orange dan Green. Selain itu dengan CMY ini juga dapat dihasilkan warna hitam dan putih. Warna hitam dapat diperoleh dengan menggabungkan ketiga warna sekaligus, sedangkan warna putih dapat diperoleh dengan menggunakan warna sesedikit mungkin atau tanpa menggunakan warna. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Kombinasi warna CMY

#### B. Rancangan dan Implementasi

Pendefinisian warna dengan CMYK didefinisikan dengan tiap warna direpresentasikan dengan angka 0-100 untuk tiap atribut warna. Jika ingin membuat warna dasar, maka salah satu atribut akan diberikan nilai 100 sedangkan atribut lain diberikan nilai 0. Misalkan jika warna yang diinginkan adalah cyan, maka nilai untuk atribut C adalah 100 sedangkan untuk atribut M dan Y akan diberikan nilai 0 dan begitu juga untuk warna dasar

lainnya, yaitu magenta, yellow, dan black. Sedangkan bila warna yang diinginkan adalah warna campuran, misalnya hijau, maka diberikan nilai 100 untuk atribut C dan Y sedangkan atribut lain diberikan nilai 0.

Pada rancangan ini, nilai CMY akan direpresentasikan dengan himpunan yang terdiri dari tiga buah angka. Tiap angka merepresentasikan tiap atribut pada CMY. Untuk tiap angka tersebut akan direpresentasikan dengan biner dimana angka 0 berarti atribut tersebut diberikan nilai 0 sedangkan angka 1 berarti atribut tersebut diberikan nilai 100. Jadi, jika himpunan yang ada adalah {0,0,0} berarti atribut C bernilai 0, atribut M bernilai 0, dan atribut Y bernilai 0. Dari konvensi tersebut, representasi setiap warna dapat dilihat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Representasi CMY

Warna	Representasi (C, M, Y)
White	{0, 0, 0}
Cyan	{1, 0, 0}
Magenta	{0, 1, 0}
Yellow	{0, 0, 1}
Purple	{1, 1, 0}
Orange	{0, 1, 1}
Green	{1, 0, 1}
Black	{1, 1, 1}

Dari representasi tersebut, coba dirancang kombinasi warna empat buah pixel untuk dua lembar share dan ketika kedua share tersebut digabung dapat menghasilkan warna tertentu. Keempat pixel tersebut akan diisi warna yang berbeda diantara cyan, magenta, yellow, atau transparan. Dengan memanfaatkan sifat penggabungan warna misalnya cyan ketika digabung dengan yellow menjadi green, dilakukan perancangan kombinasi dua buah share untuk menghasilkan warna yang diinginkan.

Setelah dilakukan percobaan terhadap warna tersebut, dibuat Tabel 2 yaitu tabel kombinasi dua buah share sebagai berikut.

Tabel 2 Kombinasi share

C, M, Y	Share 1	Share 2	Kombinasi
{0, 0, 0}			
{1, 0, 0}			
{0, 1, 0}			
{0, 0, 1}			
{1, 1, 0}			

{0, 1, 1}			
{1, 0, 1}			
{1, 1, 1}			

Untuk membuat kedua buah share tersebut dapat dilakukan dengan membuat algoritma yang dapat membangkitkan share. Pada share 1, share dapat dibuat secara acak dan tidak harus seperti pada Tabel 2. Sedangkan pada share 2, share yang dibuat harus menyesuaikan dengan warna yang ingin dibuat berdasarkan warna pada pixel gambar asal. Proses utama dalam pembuatan share 2 adalah menduplikasi gabungan empat pixel yang terdapat pada share 1 dan melakukan penukaran nilai pixel. Nilai pixel ditukarkan antar dua buah pixel agar kombinasi gabungan empat pixel pada share 2 menghasilkan warna yang sesuai dengan pixel pada gambar asli ketika ingin digabungkan dengan share 1. Dari hasil rancangan tersebut dibuat algoritma pembuatan share dari gambar sebagai berikut:

```

Procedure inisiasiTabel(P: Array
[1..lebarGambarAsli][1..panjangGambarAsli]
of RGB)
Algoritma
    untuk setiap pixelij pada gambar asli
        if (pixelij.C>50) then Pij.C=1
    else Pij.C=0
        if (pixelij.M>50) then Pij.M=1
    else Pij.M=0
        if (pixelij.Y>50) then Pij.Y=1
    else Pij.Y=0

Procedure buatshare(Sh1: Array
[1..2lebarGambarAsli][1..2panjangGambarAsli]
of Color, Sh2: Array
[1..2lebarGambarAsli][1..2panjangGambarAsli]
of Color)
Kamus
    P: Array
[1..lebarGambarAsli][1..panjangGambarAsli]
of RGB
Algoritma
    inisiasiTabel(P)
    untuk setiap Pij
        isi acak antara {0,1,2,3}
        secara unik pada Sh1ij, Sh1i+1j, Sh1ij+1,
        Sh1i+1j+1
        duplikasi Sh1 dengan Sh2
    untuk tiap empat pixel
        depend on Pij
        Pij.C=0 and Pij.M=0 and
        Pij.Y=0 : -
            Pij.C=1 and Pij.M=0 and
        Pij.Y=0 : tukarkan posisi Color=1 dengan
        Color=0 pada empat pixel Sh2
            Pij.C=0 and Pij.M=1 and
        Pij.Y=0 : tukarkan posisi Color=2 dengan
        Color=0 pada empat pixel Sh2
            Pij.C=0 and Pij.M=0 and

```

```

Pij.Y=1 : tukarkan posisi Color=3 dengan
Color=0 pada empat pixel Sh2
                Pij.C=1 and Pij.M=1 and
Pij.Y=0 : tukarkan posisi Color=1 dengan
Color=2 pada empat pixel Sh2
                Pij.C=0 and Pij.M=1 and
Pij.Y=1 : tukarkan posisi Color=2 dengan
Color=3 pada empat pixel Sh2
                Pij.C=1 and Pij.M=0 and
Pij.Y=1 : tukarkan posisi Color=1 dengan
Color=3 pada empat pixel Sh2
                Pij.C=1 and Pij.M=1 and
Pij.Y=1 : tukarkan posisi Color=2 dengan
Color=3 pada empat pixel Sh2
                tukarkan posisi Color=1 dengan
Color=0 pada empat pixel Sh2

```

Keterangan variabel:

- CMY : variabel bentukan yang terdiri atas 3 angka yang mrepresentasikan nilai C, M, Y
- Color : variabel yang merepresentasikan isi warna dengan angka, 0=transparant, 1=cyan, 2=magenta, 3=yellow

Algoritam diatas akan diimplementasikan dengan bahasa java. Hasil implementasi akan dilakukan uji coba dengan beberapa jenis objek uji. Dari hasil uji coba akan dilakukan analisis terhadap hasil yang diperoleh.

### C. Analisi dan Ujicoba

Jika setiap satu jenis warna yang ada pada gabungan empat buah pixel pada tiap *share* diberikan nilai kualitas  $\frac{1}{4}$ . Jika kontribusi warna pada kombinasi hanay pada satu bagian pixel akan diberi nilai  $\frac{1}{4}$  sedangkan jika lebih dari satu pixel akan diberikan nilai jumlah  $\times \frac{1}{4}$ . Jika dilakukan perhitungan terhadap semua kombinasi *share* maka kualitas pixel gambar yang dihasilkan ketika melakukan dekripsi adalah seperti pada Tabel 3.

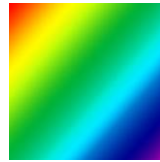
Tabel 3Kualitas kombinasi share

C, M, Y	Dominasi warna	Kualitas kombinasi
{0, 0, 0}	White	{ $\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{4}$ }
{1, 0, 0}	Cyan	{ $\frac{1}{2}$ , $\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{4}$ }
{0, 1, 0}	Magenta	{ $\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{2}$ , $\frac{1}{4}$ }
{0, 0, 1}	Yellow	{ $\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{2}$ }
{1, 1, 0}	Purple	{ $\frac{1}{2}$ , $\frac{1}{2}$ , $\frac{1}{4}$ }
{0, 1, 1}	Orange	{ $\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{2}$ , $\frac{1}{2}$ }
{1, 0, 1}	Green	{ $\frac{1}{2}$ , $\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{2}$ }
{1, 1, 1}	Black	{ $\frac{1}{2}$ , $\frac{1}{2}$ , $\frac{1}{2}$ }

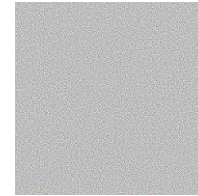
Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa kualitas gambar hasil kombinasi/dekripsi dari dua buah *share* memiliki batasan, batas atas dan bawah. Batas bawah adalah {  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$  } yang merepresentasikan putih yang mana seharusnya bernilai { 0, 0, 0 }. Sedangkan batas atas adalah {  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$  } yang merepresentasikan hitam yang mana seharusnya bernilai { 1, 1, 1 }.

### Uji coba 1

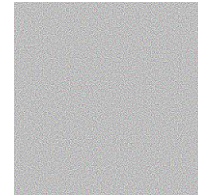
Nama File : Rainbow.jpg  
Ukuran : 250x250 pixel  
Gambar Asli:



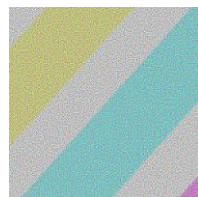
Share 1:



Share 2:



Kombinasi:



### Uji coba 2

Nama File : Rainbow.png  
Ukuran : 80x100 pixel  
Gambar Asli:



Share 1:



Share 2:



Kombinasi





### Uji Coba 3

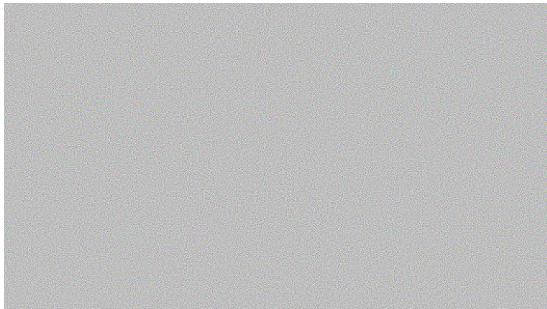
Nama File : Kitchen01.png

Ukuran : 800x450 pixel

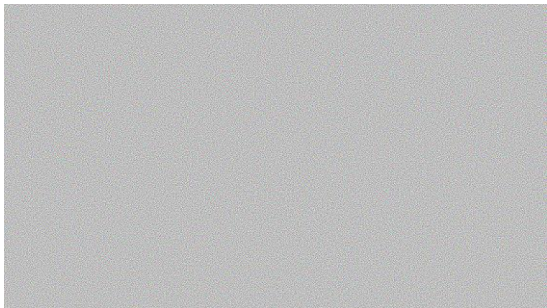
Gambar Asli:



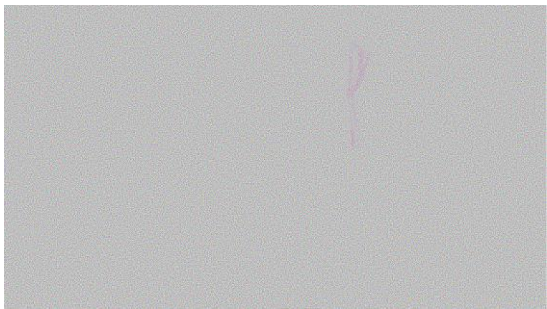
Share 1:



Share 2:



Kombinasi:



Dari ketiga ujicoba yang dilakukan dapat terlihat bahwa hasil kombinasi ketiga share yang dilakukan tidak memberikan hasil yang cukup baik. Ketiga hasil uji tidak memberikan gambar yang mirip dengan gambar aslinya. Hal ini mungkin terjadi karena beberapa hal, antara lain:

1. Metode ini hanya membagi tiap atribut warna menjadi dua bagian yaitu 0 dan 1. Pembagian yang hanya dilakukan ke dua bagian mungkin terlalu sedikit untuk mengklasifikasikan warna untuk masing-masing atribut. Hal ini mungkin terlihat pada Uji coba dua, yang mana gambar hasil penggabungan kedua buah *share* kurang terlihat. Hal ini terjadi dikarenakan warna dari gambar asli

cenderung merata pada keseluruhan gambar sehingga tergolong pada pixel bernilai 0.

2. Selain itu, kombinasi warna yang memungkinkan hanya ada delapan warna. Padahal manusia dapat membedakan ribuan jenis warna dengan matanya secara langsung. Pembagian kombinasi hanya menjadi delapan warna mungkin terlalu sedikit untuk dapat merepresentasikan gambar. Selain itu kombinasi warna yang ditetapkan cenderung kurang kontras antar satu warna gabungan dengan warna lainnya. Hal ini menyebabkan antara satu warna gabungan dengan warna gabungan lainnya sulit dibedakan.
3. Pemilihan pendefinisian warna yang kurang tepat. Pada makalah ini pendefinisian warna yang dipilih adalah CMYK. Pendefinisian warna ini cenderung bersifat lebih halus/*soft* jika dibandingkan dengan RGB. Hal ini menyebabkan kurangnya kontras perbedaan warna yang membuat mata sulit membedakan warna gabungan.
4. Terdapat perbedaan hasil jika ujicoba dilakukan pada gambar dengan warna yang lebih kontras dibandingkan dengan gambar dengan warna yang lebih halus. Hal ini terlihat dari hasil kombinasi Uji coba 1 dan Uji coba 2. Pada Uji coba 1, warna pada gambar asli lebih terang dan lebih kontras. Jika dilihat hasil kombinasinya, perbedaan warna terlihat lebih jelas. Sedangkan pada Uji coba 2, warna pada gambar asli cenderung lebih halus sehingga hasil gambar gabungan lebih sulit untuk dibedakan antara satu warna dengan warna lainnya. Hal ini juga terlihat pada Uji coba 3, dimana pada gambar gabungan yang terlihat hanya bagian gorden pada gambar yang mana diantara keseluruhan gambar, bagian itu adalah bagian yang paling kontras.
5. Metode ini cukup menimbulkan *noise* yang cukup besar. Hal ini dapat dilihat dengan membandingkan ketiga hasil uji coba. Semakin besar ukuran gambar yang digunakan maka *noise* yang muncul ketika menggabungkan gambar akan semakin besar. Hal ini juga disebabkan karena kualitas gambar yang dapat dikategorikan cukup rendah.
6. Dapat juga dilihat dari Tabel 3 bahwa jarak antara nilai kualitas gabungan terendah dan tertinggi yaitu  $\{ \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4} \}$  atau setara dengan 25% dan  $\{ \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2} \}$  atau setara dengan 50% hanya berjarak 25%. Dan kualitas gabungan tersebut dapat dikategorikan rendah.

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Metode Halftone dapat digunakan untuk melakukan kriptografi visual bukan hanya untuk gambar hitam dan putih, namun dapat juga diimplementasikan pada gambar berwarna dengan namun tidak menghasilkan gambar yang cukup bagus. Penggunaan metode ini paling efektif jika jumlah *share* yang digunakan berjumlah dua, dikarenakan jika lebih akan sulit untuk menentukan kombinasi warna

untuk share yang lebih dari dua tersebut. Jika metode ini digunakan untuk melakukan kriptografi visual gambar berwarna hanya memiliki tingkat kualitas gambar sebesar 25% hingga 50% dari gambar aslinya dan hal tersebut tergolong buruk. Selain itu, penggunaan metode ini juga menghasilkan noise yang cukup tinggi, sehingga menyebabkan gambar yang semakin besar akan semakin sulit untuk didekripsi oleh mata manusia.

Jadi secara keseluruhan, metode ini dapat dikategorikan sebagai metode yang kurang baik untuk melakukan kriptografi visual pada gambar berwarna.

Untuk percobaan yang serupa mungkin dapat memberikan hasil yang lebih baik jika pendefinisian warna yang digunakan adalah RGB. Selain itu memikirkan kombinasi warna lain yang lebih kontras antara satu kombinasi dengan kombinasi lain sehingga lebih mudah dibedakan.

## VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama sekali penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan, karena hanya berkat pertolongan-Nya penulisan makalah ini dapat diselesaikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Rinaldi Munir sebagai dosen kriptografi yang sudah mengajar kriptografi kepada penulis. Terakhir penulis mengucapkan terima kasih atas berbagai dukungan baik dari teman mau keluarga kepada penulis atas segala bantuan yang diperolehnya.

## REFERENSI

- [1] Inkoo, Gonzalo, dan Heung-Kyu. 2011. *Color Extended Visual Cryptography Using Error Diffusion*. IEEE
- [2] N. Krishna dan Prof. Govindaraju. 2007. *Visual Secret Sharing Schemes for Color Images using Halftoning*. IEEE
- [3] Z.Zhou, G.R.Arce, dan G.Di Crescenzo. 2006. *Halftone Visual Cryptography*. IEEE
- [4] F. Liu, C.K. Wu, dan X.J. Lin. 2008. *Color Visual Cryptography Schemes*. IEEE

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 13 Mei 2012

Lio Franklyn Kemit/13509053