

## PENGGUNAAN CITRA HIMPUNAN JULIA SEBAGAI CITRA SAMPUL UNTUK MENYEMBUNYIKAN CITRA RAHASIA

Janoe Hendarto

Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Gadjah Mada  
email : [jhendarto@ugm.ac.id](mailto:jhendarto@ugm.ac.id)

### Abstraksi

Steganografi dengan metode fraktal (fractal steganography) adalah teknik menyembunyikan informasi atau pesan, yang dapat berupa citra rahasia, dalam suatu citra sampul (cover image) yang berupa citra fraktal (fractal image). Dalam penelitian ini digunakan citra fraktal matematis yaitu citra himpunan Julia dari fungsi kompleks  $z^2 - c$ , dengan memanfaatkan sifat-sifat fraktalnya yaitu antara lain sensitif terhadap nilai awal, kesamaan diri dan iteratif.

Pertama, dibahas bagaimana menyembunyikan citra rahasia dalam suatu citra sampul yaitu citra himpunan Julia dari fungsi kompleks  $z^2 - c$  dengan nilai  $c$  dijadikan salah satu komponen dari kunci(key) dan juga menggunakan manipulasi warna (RGB) dari citra sampul, suatu pesan berupa citra rahasia yang sudah dikonversi dalam bentuk matrik biner 0,1 dapat disembunyikan sehingga menghasilkan citra stego (stego image) yang secara visual sama dengan citra sampulnya dan diharapkan tahan terhadap serangan. Kemudian, dibuat program komputer yang mampu menyembunyikan dan mengambil kembali citra rahasia pada citra sampul himpunan. Dari analisis hasil program komputer yang dibuat, perbandingan antara citra sampul dan citra stego berukuran 512x512 pixel, didapat bahwa rata-rata RMSE 0,2305 dan rata-rata PSNR 60,88 db dari 12 set data uji, hal ini menunjukkan bahwa kedua citra sangat mirip sehingga sulit dibedakan mana citra yang memuat citra rahasia dengan ukuran citra rahasia paling besar 128x85 pixel atau 261.120 bits. Waktu proses penyembunyian citra rahasia rata-rata 1,626 detik (tidak termasuk waktu pembuatan citra sampul) sedangkan waktu proses pengambilan kembali citra rahasia rata-rata 4,526 detik.

**Kata kunci:** Steganografi fraktal, Himpunan Julia, Citra sampul, Citra rahasia, Citra stego.

### Abstract

Fractal steganography is a technique to hide information or messages, which can be a secret image, in the fractal image as a cover image. In this research, the image of Julia's set of the complex functions  $z^2 - c$  are used, with utilizing the properties of fractals, which are sensitive to initial value, self-similarity and iterative.

First, it discussed how to hide the secret image in a cover image, the image of the Julia set of the complex function  $z^2 - c$  with the value  $c$  being one of the components of the key and also using color manipulation (RGB) of the cover image, the secret image that has been converted in the form of a binary matrix 0,1 can be hidden so as to produce a stego image which is visually the same as the cover image and is expected to be resistant to attacks. Then, the computer program is created that is able to hide and retrieve the secret image in the cover image of Julia set. From the analysis of the results of the computer program, the comparison between the cover image and the stego image with 512x512 pixels, it is found that the average of RMSE is 0.2305 and the average of PSNR is 60.88 db from 12 data sets, this shows that the two images are very similar so that it is difficult to distinguish which image contains a secret image with the largest secret image size of 128x85 pixels or 261,120 bits. The average time for hiding the secret image is 1.626 seconds (not including the time for making the cover image), while the time for retrieving the secret image is 4.526 seconds on average.

**Keywords:** Fractal steganography, Julia set, Cover image, Secret image, Stego image.

## PENDAHULUAN

Menyembunyikan citra rahasia ke dalam gambar himpunan Julia dengan metode fraktal adalah termasuk steganografi fraktal (*fractal steganography*) yaitu teknik menyembunyikan informasi dalam suatu citra sampul (*cover image*) yang berupa citra fraktal (*fractal image*) dan memanfaatkan sifat-sifat fraktalnya yaitu antara lain sensitif terhadap nilai awal, kesamaan diri dan iteratif (Agaian dan Susmilch, 2006).

Kelebihan citra fraktal sebagai citra sampul adalah citra fraktal dapat dikodekan, yaitu dicari sistem fungsi iterasinya, dan juga citra fraktal sensitif terhadap nilai parameter dari sistem fungsi iterasinya (bersifat kaotik). Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan penyembunyian pesan berupa teks pada citra sampul himpunan Julia, akan tetapi ukuran pesan teksnya sangat terbatas dikarenakan ragam citra himpunan Julianya masih belum begitu banyak dan metodenya belum optimal (Hendarto, 2019). Untuk menyembunyikan citra rahasia diperlukan metode yang mampu menyembunyikan data biner dengan ukuran lebih besar.

Pada penelitian ini dielaborasi dan dikaji (a). Bagaimana menyembunyikan sebuah citra rahasia dalam suatu citra sampul berupa citra himpunan Julia. (b). Bagaimana efisiensi dari metode penyembunyiannya, dengan menentukan ukuran maksimal citra rahasia yang dapat disembunyikan, dan kualitas dari citra hasil (citra stego). Kemudian bagaimana pengaruh bentuk citra sampul, yaitu citra himpunan Julia terhadap efisiensi metode penyembunyiannya. (c). Bagaimana program komputer untuk menyembunyikan citra rahasia dalam citra sampul berupa citra himpunan Julia tersebut dan mengambil kembali citra rahasia dari citra hasil.

**Tabel 1. Hasil tinjauan pustaka tentang steganografi menggunakan dengan metode fraktal**

Peneliti	Topik Penelitian, Metode yang digunakan	Kekurangan/kelemahan
Agaian dan Susmilch, 2006	Algoritme global untuk menyusun citra fraktal dengan transformasi Affine, kemudian membahas langkah-langkah global untuk menyembunyikan dan mengambil informasi pada citra fraktal berupa citra pohon dan citra Voncoch, juga dibahas steganografi pada citra Lenna dan citra Rose.	Pesan yang dapat disembunyikan ukurannya relatif kecil yaitu 3500 bit, sedangkan steganografi pada citra Lenna dan citra Rose RMSE nya masih agak tinggi.
Kiani, K. dan Soleimani, M.A.V., 2010	Pendekatan baru penyembunyian data otentikasi ( <i>digital watermarking</i> ) menggunakan fraktal dan <i>chaos</i> . Menggunakan pengkodean fraktal (SFI) untuk menganalisis metode watermarking yang diusulkan.	Akurasi pesan yang disembunyikan dapat diambil kembali sekitar 80% dan citra sampul yang digunakan citra keabuan.
Zhang, H. dkk., 2011	Mengusulkan skema steganografi berbasis citra fraktal, yaitu citra himpunan Julia, yang diharapkan lebih tahan terhadap serangan. Algoritme untuk ekstraksi informasi menggunakan yang hampir sama dengan algoritme untuk menyembunyikan informasi.	RMSE dari citra stegonya masih tinggi, secara visual untuk menyembunyikan pesan 32000 bit citra stegonya sangat terlihat beda sekali.
Patel, H.N. dkk., 2017	Mengusulkan metode steganografi fraktal berbasis palet warna dengan citra sampulnya adalah citra himpunan Julia, proses penanaman bit dari pesan menggunakan pengurutan terhadap palet warna berdasarkan nilai iluminasi dari pikselnya.	Yang disembunyikan adalah citra berukuran 90x90 dengan PSNR rata-rata 59.
Gupta, R. dkk., 2018	Skema pengkodean citra digital dalam steganografi menggunakan teknik fraktal dalam meningkatkan efisiensi algoritmenya, dengan menggunakan sifat kesamaan diri dari citra fraktal dan transformasi region, percobaan dilakukan terhadap citra sampul warna dan keabuan.	PSNR rata-ratanya 56,45 db masih bisa ditingkatkan.
Hosam, O., 2018	Steganografi untuk menyembunyikan bitcoin ke dalam citra pohon fraktal. Penyisipan kunci dilakukan dengan menggambar pohon fraktal. Sedangkan proses ekstraksi dilakukan dengan menerapkan prosedur pemrosesan citra fraktal.	Untuk pesan yang disembunyikan berukuran 40000 bit menghasilkan error ekstraksi sebesar 0,987.

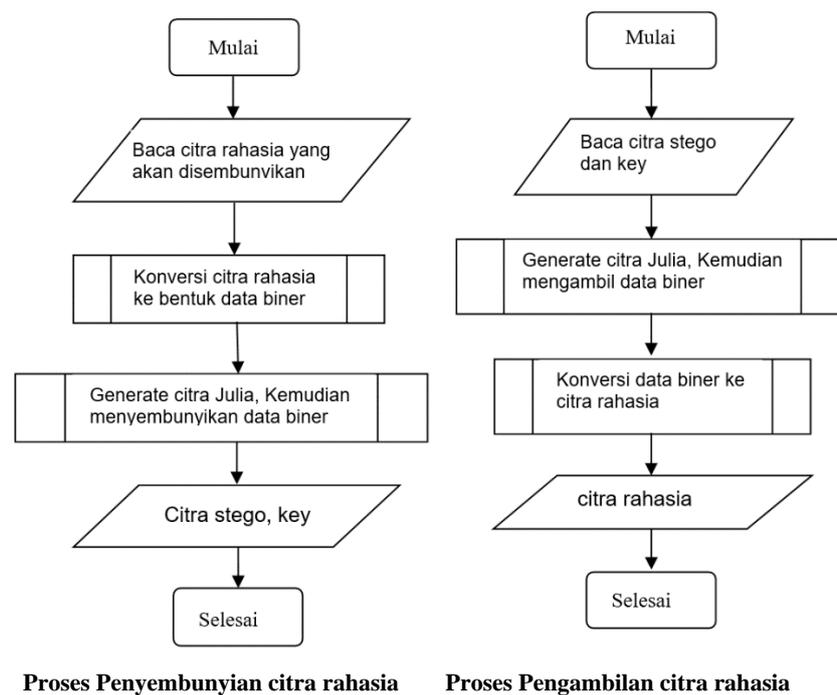
Kaur, G. dan Verma, S.K. ,2018	Teknik watermarking yang mengkombinasikan RSA dan pengkodean citra dapat mengatasi kelemahan dari metode watermarking sebelumnya. Algoritme dapat meningkatkan keamanan terhadap serangan seperti pemotongan, pemberian noise acak dan kompresi JPEG	Citra yang disembunyikan citra khusus <i>watermark</i> dan citra sampulnya bukan himpunan Julia.
Mohammed, N.Q. dkk. , 2018	Kelemahan dan keterbatasan citra himpunan Julia sebagai citra sampul dalam menyembunyikan informasi, kemudian mengusulkan langkah-langkah untuk mengatasi kelemahan tersebut yaitu dengan menentukan jangkauan nilai parameter dari himpunan Julia sehingga diharapkan lebih aman.	Yang disembunyikan pesan teks, belum membahas bagaimana menyembunyikan citra rahasia pada citra sampul himpunan Julia.
Hendarto, J., 2019	Melakukan penyembunyian pesan berupa teks pada beberapa macam citra sampul himpunan Julia berukuran 500x500 pixel, dengan ukuran pesan teksnya sangat terbatas yaitu maksimum 80.000 bits, dikarenakan metodenya belum optimal.	Yang disembunyikan pesan teks, metodenya belum optimal, pesan yang disembunyikan berukuran kecil.

Dari penelitian-penelitian di atas, sebagian besar membahas penyembunyian informasi berupa pesan teks, data otentikasi (*watermark*) dan bitcoin, dan hanya menggunakan satu atau dua macam citra sampul/citra fraktal. Pada penelitian ini akan dibahas penyembunyian sebuah citra rahasia menggunakan citra fraktal himpunan Julia sebagai citra sampulnya dan akan dicari citra himpunan Julia yang mampu menyembunyikan ukuran citra rahasia semaksimal mungkin dengan mempertahankan kualitas dari citra hasilnya (citra stego).

## METODE PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Studi pustaka, mulai dari referensi buku hingga mempelajari paper-paper mengenai steganografi secara umum dan steganografi dengan metode fraktal.
2. Analisis permasalahan dan analisis terhadap metode/algoritme steganografi dengan menggunakan metode fraktal, terutama permasalahan menyembunyikan citra rahasia pada citra sampul himpunan Julia.
3. Perancangan aplikasi penyembunyian citra rahasia dalam citra sampul berupa citra himpunan Julia dengan metode fraktal, secara garis besar langkah-langkah penyembunyian dan pengambilan citra rahasia dengan metode fraktal dapat dinyatakan dengan diagram alir pada Gambar 1.
4. Mengimplementasikan aplikasi dalam bentuk program, dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi.
5. Menguji program aplikasi penyembunyian dan pengambilan citra rahasia dengan metode fraktal dengan menggunakan data uji yaitu beberapa citra sampul himpunan Julia dan beberapa citra rahasia yang akan disembunyikan, kemudian dihitung *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) serta waktu prosesnya dari citra hasil steganografi.



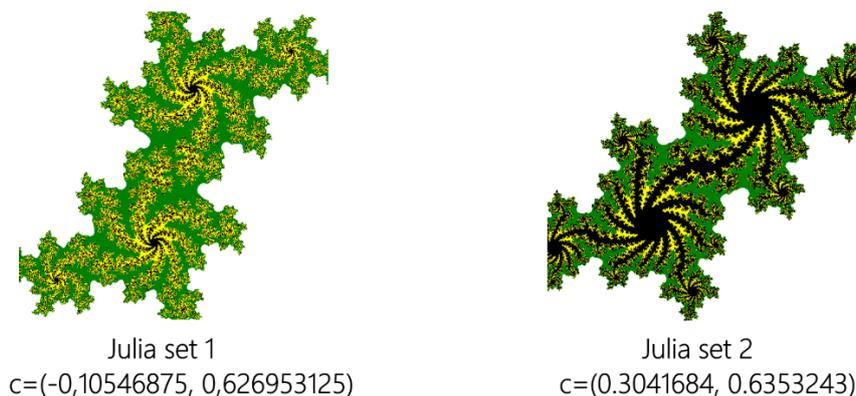
**Gambar 1. Diagram alir penyembunyian dan pengambilan citra rahasia**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertama akan disiapkan citra sampul (*cover image*) yang berupa gambar himpunan Julia, serta menyiapkan data uji beberapa citra rahasia yang akan disembunyikan, kemudian dirancang algoritme dan program komputer untuk menyembunyikan citra rahasia dan mengambil kembali citra rahasia dengan metode fraktal dan akhirnya dianalisis hasil program komputernya.

### A. Penyiapan Citra Sampul dan Citra Rahasia

Citra sampul yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra fraktal berukuran 512x512 pixel, yaitu gambar himpunan Julia dari fungsi kompleks  $z^2 - c$  dengan berbagai nilai  $c$  yang dapat dicari melalui gambar himpunan Mandelbrot dari fungsi kompleks yang sama, contoh citra himpunan Julia yang digunakan sebagai citra sampul dapat dilihat pada Gambar 2. Sedangkan untuk citra rahasia yang akan disembunyikan berupa 6 citra warna yaitu citra Lenna (a), citra Barbara (b), citra Pepper(c), citra Baboon(d), citra UGM(e) dan citra Sailboat(f) dengan berbagai ukuran yaitu 128x85 pixel, 64x85 pixel, 64x43 pixel dan 32x43 pixel, selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Citra Sampul Himpunan Julia untuk beberapa nilai C**



Gambar 3. Beberapa Citra Rahasia serbagai citra uji

### B. Algoritme dan Program menyembunyikan dan mengambil citra rahasia pada gambar himpunan Julia.

Menyembunyikan citra rahasia ke dalam gambar himpunan Julia dengan metode fraktal adalah termasuk steganografi fraktal yaitu teknik menyembunyikan pesan atau informasi dalam suatu citra sampul yang berupa citra fraktal (*fractal image*) dan memanfaatkan sifat-sifat fraktalnya yaitu antara lain sensitif terhadap nilai awal, kesamaan diri dan iteratif (Agaian dan Susmilch, 2006).

Proses penyembunyian citra rahasia, pertama citra rahasia diubah ke dalam bentuk data biner yaitu berupa matrik yang elemennya 0 atau 1, kemudian dilakukan pembuatan citra sampul berupa gambar himpunan Julia dari fungsi kompleks  $z^2 - c$ , dengan menggunakan algoritme *escape-time* yaitu menggunakan iterasi dan pewarnaan berdasarkan nilai-nilai iterasi tertentu ( $n_0, n_1$  dan  $n_2$ ) dan parameter R yaitu nilai batas daerah bidang kompleks yang keduanya menentukan variasi warnanya, pada penelitian ini digunakan nilai  $R=400$  dan 4 macam warna (hitam, putih, kuning dan hijau), yang dijadikan key pada penelitian ini adalah nilai  $c, n_0, n_1, n_2$  dan ukuran matrik binernya. Proses penyembunyian citra rahasia dilakukan dengan merubah nilai warna RGB (menambah atau mengurangi satu poin) dari pixel citra sampul berdasarkan matrik biner dari citra rahasia didapat citra stego dan key. Sedangkan proses pengambilan citra rahasia dari citra stego dilakukan dengan membuat ulang gambar himpunan Julia berdasarkan key kemudian membandingkannya dengan citra stego didapat matrik biner, kemudian matrik biner diubah menjadi citra rahasia.

Telah dirancang algoritme dan program komputer untuk melakukan penyembunyian dan pengambilan atau ekstraksi citra rahasia menggunakan metode fraktal, dimana citra sampul berupa gambar himpunan Julia yang bisa dicari secara interaktif berdasarkan nilai parameter  $c$  dan nilai iterasi  $n$  dan kemudian citra rahasia disembunyikan pada citra sampul menghasilkan citra stego dan citra rahasia dapat diambil Kembali dari citra stego. Program yang dibuat juga menampilkan waktu yang diperlukan untuk melakukan penyembunyian dan pengambilan kembali serta menampilkan nilai parameter kemiripan antara citra sampul dan citra stegonya yaitu RMSE (*Root Mean Squared Error*) dan PSNR (*Peak Signal-to-Noise Ratio*).

Algoritme versi delphi untuk membuat citra sampul himpunan Julia :

```
Begin
  R:=400;
  for j:=Yvmin to Yvmax do
  for i:=Xvmin to Xvmax do begin
    ViewportToWindow(i,j,x,y);
    n:=1;
    while n<=n2 do begin
      yb:=2*x*y-beta;
      xb:=x*x-y*y-alpha;
      x:=xb;y:=yb;
      if x*x+y*y > R then begin
```

```

    if n<=n0 then CANVAS.Pixels[i,j]:=clwhite;
    else
      if n<=n1 then CANVAS.Pixels[i,j]:=clgreen;
      else CANVAS.Pixels[i,j]:=clyellow;
      n:=n2;
    end;
    inc(n);
  end;
end;
end;
end;

```

Algoritme versi delphi untuk mengubah citra rahasia menjadi matrik biner 0,1 :

```

begin
  citrarhs:=tbitmap.create;
  citrarhs.LoadFromFile(namafileCitraRahasia);
  ii:=0;
  for i:=0 to citrarhs.height-1 do begin
    for j:=0 to citrarhs.Width-1 do begin
      if j<64 then begin
        wr:=getRvalue(citarhs.Canvas.Pixels[j,i]); konversiBiner(wr,Br);
        for k:=0 to 7 do MatrikBiner[ii,j*8+k]:=Br[k+1];
        wg:=getGvalue(citarhs.Canvas.Pixels[j,i]); konversiBiner(wg,Bg);
        for k:=0 to 7 do MatrikBiner[ii+2,j*8+k]:=Bg[k+1];
        wb:=getBvalue(citarhs.Canvas.Pixels[j,i]); konversiBiner(wb,Bb);
        for k:=0 to 7 do MatrikBiner[ii+4,j*8+k]:=Bb[k+1];
      end
      else begin
        if j=64 then jj:=0;
        wr:=getRvalue(citarhs.Canvas.Pixels[j,i]); konversiBiner(wr,Br);
        for k:=0 to 7 do MatrikBiner[ii+1,jj*8+k]:=Br[k+1];
        wg:=getGvalue(citarhs.Canvas.Pixels[j,i]); konversiBiner(wg,Bg);
        for k:=0 to 7 do MatrikBiner[ii+3,jj*8+k]:=Bg[k+1];
        wb:=getBvalue(citarhs.Canvas.Pixels[j,i]); konversiBiner(wb,Bb);
        for k:=0 to 7 do MatrikBiner[ii+5,jj*8+k]:=Bb[k+1];
        inc(jj);
      end;
    end;
  end;
  inc(ii,6);
end;
end;

```

Algoritme versi delphi untuk melakukan penyembunyian citra rahasia adalah sebagai berikut :

```

Begin
  citraSampul:=tbitmap.create;
  citraSampul.LoadFromFile(namafileCitraSampul);
  citraStego:=tbitmap.create;
  MaxMin(MatrikBiner,cmax,cmin);
  SimpanKey(c,n0,n1,n2,cmax,cmin);
  for j:=Yvmin to Yvmax do
    for i:=Xvmin to Xvmax do begin
      if Matrikbiner[j,i]=cmin then begin
        if citraSampul.Canvas.pixels[i,j]=clwhite then citraStego.Canvas.Pixels[i,j]:=RGB(255,254,255) else
        if citraSampul.Canvas.pixels[i,j]=clgreen then citraStego.Canvas.Pixels[i,j]:=RGB(0,127,0) else
        if citraSampul.Canvas.pixels[i,j]=clyellow then citraStego.Canvas.Pixels[i,j]:=RGB(255,254,0) else

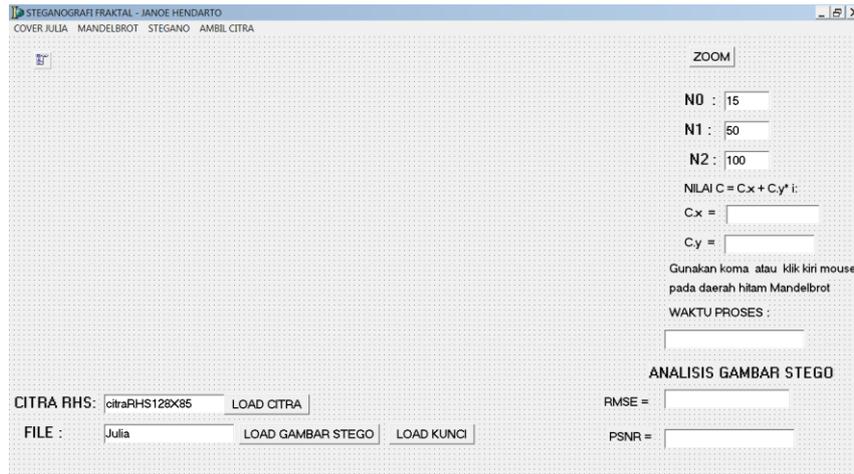
```

```
        if citraSampul.Canvas.pixels[i,j]=clblack then  citraStego.Canvas.Pixels[i,j]:=RGB(0,1,0);
    end else
        citraStego.Canvas.Pixels[i,j]:= citraSampul.Canvas.Pixels[i,j];
    end;
end;
end;
```

Sedangkan Algoritme versi delphi untuk melakukan pengambilan citra rahasia adalah sebagai berikut :

```
Begin
    BacaKey(c,n0,n1,n2,cmax,cmin);
    citraStego :=tbitmap.create;
    citraStego.LoadFromFile(namafileCitraStego);
    citraSampul:=tbitmap.create;
    citraSampul.LoadFromFile(namafileCitraSampul);
    citraRahasia:=tbitmap.create;
    for j:=Yvmin to Yvmax do
        for i:=Xvmin to Xvmax do
            if (citraSampul.canvas.Pixels[i,j]=citraStego.Canvas.Pixels[i,j]; then MatrikBiner[j,i]:=cmax
                else MatrikBinerH[j,i]:=cmin;
            // Ubah MatrikBiner menjadi citra rahasia
            ii:=0;jj:=0;
            for i:=0 to citrarhsH.height-1 do begin
                for j:=0 to citrarhsH.Width-1 do begin
                    if j<64 then begin
                        B:="";
                        for k:=0 to 7 do B:=B+MatrikBinerH[ii,j*8+k]; KonversiDesimal(B,wr);
                        B:="";
                        for k:=0 to 7 do B:=B+MatrikBinerH[ii+2,j*8+k]; KonversiDesimal(B,wg);
                        B:="";
                        for k:=0 to 7 do B:=B+MatrikBinerH[ii+4,j*8+k]; KonversiDesimal(B,wb);
                        citraRahasia.Canvas.Pixels[j,i]:=RGB(wr,wg,wb);
                    end else begin
                        B:="";
                        for k:=0 to 7 do B:=B+MatrikBinerH[ii+1,jj*8+k]; KonversiDesimal(B,wr);
                        B:="";
                        for k:=0 to 7 do B:=B+MatrikBinerH[ii+3,jj*8+k]; KonversiDesimal(B,wg);
                        B:="";
                        for k:=0 to 7 do B:=B+MatrikBinerH[ii+5,jj*8+k]; KonversiDesimal(B,wb);
                        citraRahasia.Canvas.Pixels[j,i]:=RGB(wr,wg,wb);
                    end;
                end;
            end;
            inc(ii,6);
        end;
    end;
    citraRahasia.SaveToFile(namafileCitraRahasia);
end;
```

Tampilan dari program yang dibuat hanya terdiri 1 tampilan utama yang mempunyai fasilitas untuk membuat citra sampul, citra stego dan proses ambil citra serta fasilitas lainnya. Tampilan utama program dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Program Penyembunyian dan Pengambilan Citra Rahasia

Program dapat membuat berbagai citra sampul dengan menentukan nilai  $c$  dan nilai iterasi  $N_0$ ,  $N_1$  dan  $N_2$ . Nilai  $c$  menentukan bentuk polanya, dua gambar himpunan Julia yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 di atas.

### C. Analisis Hasil Program Penyembunyian dan Pengambilan Citra Rahasia

Untuk mengukur kemiripan dari citra hasil steganografi (citra stego) terhadap citra sampulnya diperlukan parameter PSNR :

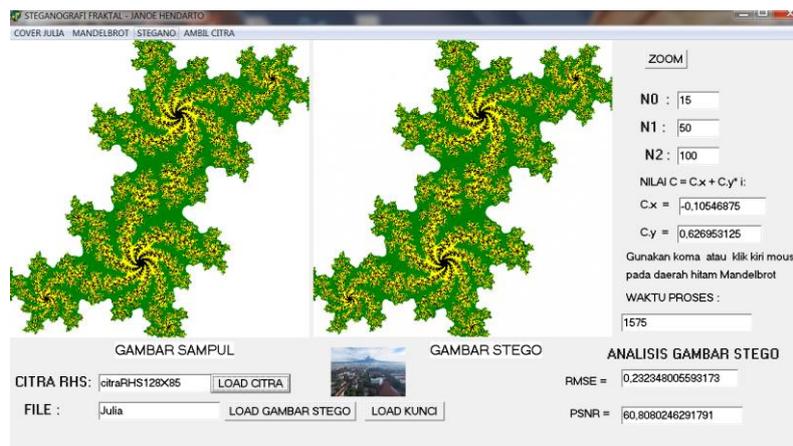
$$\text{PSNR} = 20 \cdot \log_{10} (255 / \text{RMSE}) \quad (\text{untuk citra RGB})$$

$$\text{dengan RMSE adalah} = \sqrt{\frac{\sum_{0 \leq i \leq m-1; 0 \leq j \leq n-1} (Z_{i,j} - Y_{i,j})^2}{m \cdot n}}$$

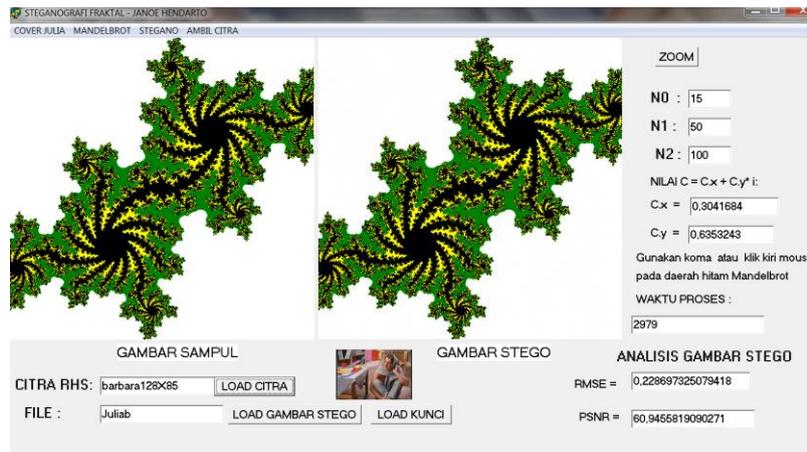
dengan  $Z_{i,j}$  nilai warna pixel  $(i,j)$  dari citra hasil steganografi dan  $Y_{i,j}$  nilai warna pixel  $(i,j)$  dari citra sampul.

$m$  dan  $n$  adalah ukuran lebar dan tinggi citra ( $m=512$ ,  $n=512$ ).

Nilai RMSE dan PSNR dari hasil program dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5, dari kedua gambar tersebut terlihat bahwa secara visual sulit dibedakan antara citra sampul dan citra stego, kemudian terlihat juga nilai RMSE dan PSNR hampir sama untuk citra rahasia yang berbeda dengan ukuran sama walaupun beda citra sampulnya.



Gambar 4. Hasil Program Penyembunyian Citra UGM pada Citra Sampul Julia Set 1



Gambar 5. Hasil Program Penyembunyian Citra Barbara pada Citra Sampul Julia Set 2

Dari beberapa hasil percobaan dengan menggunakan 12 data uji yaitu 6 macam citra rahasia dengan ukuran 128x85 pixel dan 2 macam citra sampul yaitu himpunan Julia dari fungsi kompleks  $z^2 - c$  dengan  $c=(-0,10546875, 0,626953125)$  untuk Julia set 1 dan  $c=(0,3041684, 0,6353243)$  untuk Julia set 2 dengan ukuran 512 x 512 pixel dan untuk nilai iterasi  $n = 15, 50$  dan  $100$ , didapat hasil seperti pada tabel 2. Untuk melihat pengaruh ukuran citra rahasia terhadap kualitas gambar stego dilakukan uji untuk 4 macam ukuran citra rahasia, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil uji terhadap beberapa citra rahasia dan citra sampul.

No.	Citra RHS	Citra Sampul	Waktu (ms)		RMSE	PSNR
			Hide	Unhide		
1	Lenna 128x85	Julia set 1	1.572	4.716	0,2339	60,7504
		Julia set 2	1.667	4.307		
2	Barbara 128x85	Julia set 1	1.552	4.746	0,2287	60,9456
		Julia set 2	1.627	4.379		
3	SaiLBoat 128x85	Julia set 1	1.627	4.678	0,2328	60,7924
		Julia set 2	1.612	4.292		
4	Pepper 128x85	Julia set 1	1.606	4.773	0,2263	61,0357
		Julia set 2	1.651	4.369		
5	Baboon 128x85	Julia set 1	1.527	4.710	0,2290	60,9353
		Julia set 2	1.741	4.347		
6	UGM 128x85	Julia set 1	1.648	4.670	0,2323	60,8080
		Julia set 2	1.683	4.320		
Rata-rata			<b>1.626</b>	<b>4.526</b>	<b>0,2305</b>	<b>60,8779</b>

Tabel 3. Hasil uji terhadap beberapa macam ukuran citra rahasia

No.	Citra RHS	Jumlah bits	Waktu (ms)		RMSE	PSNR
			Hide	UnHide		
1	Lenna 128x85	261.120	1.572	4.716	0,2339	60,7504
2	Lenna 64x85	130.560	1.342	4.524	0,1658	63,7393
3	Lenna 64x43	66.048	1.248	4.431	0,1180	66,6953
4	Lenna 32x43	33.024	1.233	4.400	0,0831	69,7378

Dari tabel 2 di atas, terlihat bahwa nilai rata-rata RMSE adalah 0,2305, sedangkan nilai rata-rata PSNR adalah 60,8779, hal ini menunjukkan bahwa citra stego hasil penyembunyian citra rahasia tidak berbeda jauh dengan citra sampul, secara visual tidak dapat dilihat perbedaannya, dan juga terlihat bahwa nilai RMSE dan PSNR sama untuk citra sampul yang berbeda. Waktu proses penyembunyian citra rahasia (Hide) rata-rata 1,626 detik (tidak termasuk waktu pembuatan citra sampul) sedangkan waktu proses pengambilan kembali citra rahasia (UnHide) rata-rata 4,526 detik. Dari Tabel 3 di atas, terlihat waktu yang diperlukan untuk proses penyembunyian dan pengambilan citra rahasia sedikit berpengaruh terhadap ukuran citra rahasia, sedangkan untuk RMSE dan PSNR (mengukur kualitas citra stego) sangat berpengaruh terhadap ukuran citra rahasia, semakin kecil ukuran citra rahasia semakin kecil RMSEnya dan semakin besar PSNRnya.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah berhasil disusun algoritme dan program untuk melakukan penyembunyian dan pengambilan citra rahasia pada gambar Himpunan Julia  $z^2 - c$ .
2. Program yang dibuat dapat melakukan pemilihan gambar himpunan Julia sebagai gambar sampul sekaligus membuat kunci (nilai  $c$ ), kemudian dapat melakukan penyembunyian dan pengambilan citra rahasia
3. Ukuran citra rahasia yang dapat disembunyikan bergantung pada ukuran gambar sampulnya, untuk ukuran gambar sampul 512x512 (262144 pixel) dapat disembunyikan citra rahasia 24 bit warna berukuran maksimal 128x85 (261120 bit).
4. Citra stego diukur terhadap citra sampul, untuk 6 macam citra rahasia dengan ukuran maksimal dan 2 macam citra sampul, didapat nilai rata-rata PSNR adalah 60,8779 dengan rata-rata RMSE adalah 0,2305 dan kedua nilai tersebut dipengaruhi oleh ukuran citra rahasianya, sedangkan macam citra sampul tidak mempengaruhi nilai RMSE dan PSNR. Waktu proses penyembunyian (Hide) rata-rata 1.626 detik sedangkan waktu proses pengambilan (UnHide) rata-rata 4.526 detik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Agaian, S.S. dan Susmilch, J.M., 2006, "Fractal Steganography Using Artificially Generated Images", pp. 312-317, 1-4244-0359-6/06/\$20.00 ©2006 IEEE.
- [2]. Gupta, R. dkk., 2018, " Digital Image Encoding Scheme using Fractal Approach ", 978-1-5386-2615-3/18/\$31.00 @2018 IEEE.
- [3]. Hendaro, J., 2019, "Steganografi Menggunakan Citra Fraktal Himpunan Julia", ISSN: 2548-8082 Jurnal PRODUKTIF Vol 3 No.2 Edisi Desember 2019.
- [4]. Hosam, O., 2018, "Hiding Bitcoins in Steganographic Fractals", pp. 512-519, 978-1-5386-7568-7/18/\$31.00 ©2018 IEEE.
- [5]. Kaur, G. dan Verma, S.K., 2018, "Multi- Level Secured Encryption Technique Using Enhanced Fractal Image Watermarking", pp. 314-322, 978-1-5386-2456-2/18/\$31.00 ©2018 IEEE.
- [6]. Kiani, K. dan Soleimani, M.A.V., 2010, "Image Authentication Using Fractal Watermarking and Chaos Theory", 978-1-4244-7907-8/10/\$26.00 ©2010 IEEE.
- [7]. Mohammed, N.Q. dkk., 2018, "Suitability of Using Julia Set Images as a Cover for Hiding Information", pp. 71-74, 978-1-5386-8452-8/18/\$31.00 ©2018 IEEE.
- [8]. Patel, H.N. dkk., 2017, "Design of a Color Palette Based Image Steganography Algorithm for Fractal Images", pp.2584-2589, 978-1-5090-4442-9/17/\$31.00\_c 2017 IEEE.
- [9]. Zhang, H. dkk., 2011, "A Steganography Scheme Based on Fractal Images", 2011 Second International Conference on Networking and Distributed Computing, pp. 28-31, 978-0-7695-4427-4/11 \$26.00 © 2011 IEEE.

## Biodata Penulis

**Drs. Janoe Hendaro M.Kom.**, memperoleh gelar Sarjana Matematika (Drs.), Program Studi Matematika FMIPA UGM, lulus tahun 1986. Tahun 1992 memperoleh gelar Magister Komputer (M.Kom) dari Program Studi Ilmu Komputer Program Pascasarjana UI. Saat ini sebagai Staf Pengajar program studi S1 Ilmu Komputer Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika FMIPA Universitas Gadjah Mada.