

PENGUNAAN POLA FRAKTAL UNTUK PERANCANGAN MOTIF KAIN

Janoë Hendarto

*Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Gadjah Mada
email : jhendarto@ugm.ac.id*

Abstraksi

Fraktal semakin hari semakin berkembang seiring perkembangan teknologi komputer. Keunggulan fraktal terletak pada keragamannya yang luas, yang dapat diperoleh dengan melakukan sedikit perubahan pada parameter, sehingga manusia ingin memanfaatkan keunggulan ini. Selain itu, pola fraktal mempunyai sifat kesamaan diri, yang memastikan bahwa bentuk umum gambar tetap konsisten pada setiap tingkat pembesaran. Dengan menggunakan fraktal dapat diperoleh gambar-gambar yang bisa dijadikan pola pada perancangan motif kain.

Pertama, akan dibahas bagaimana mendapatkan pola fraktal yang cocok digunakan untuk perancangan motif kain yaitu seperti pola pada himpunan Mandelbrot, himpunan Julia dan segitiga Sierpinski, kemudian dirancang algoritma untuk melakukan eksplorasi pola fraktal tersebut antara lain dengan proses pembesaran pada area gambar tertentu yang dipilih dan mengatur jumlah iterasinya. Dan akhirnya, dibuat program komputer yang mampu melakukan eksplorasi pola fraktal dan menghasilkan banyak file gambar pola, yang dapat digunakan untuk perancangan motif kain, kemudian dilakukan uji coba dan analisis terhadap hasil programnya. Dari analisis hasil program, diketahui bahwa gambar hasil proses pembesaran terlihat bahwa polanya mirip dengan gambar pada daerah gambar yang dibesarkan, hanya berbeda ukurannya dan juga berbeda kombinasi warnanya. Gambar dari hasil pembesaran dapat dilakukan pembesaran lagi berkali-kali sehingga memungkinkan menghasilkan banyak ragam pola, pada penelitian ini ditampilkan 16 pola berupa gambar berukuran 400 x 400 titik yang disimpan dalam file berformat bmp.

Kata kunci: *Fraktal, kesamaan-diri, pembesaran.*

Abstract

Fractals have experienced rapid development along with advancements in computer technology. The advantage of fractals lies in their vast variety, which can be easily obtained by making slight changes to their parameters, which made humans eager to leverage these advantages. Additionally, fractal patterns exhibit self-similarity, ensuring that the general shape of the image remains consistent at every level of magnification. Utilizing fractals allows for the creation of images that have the potential to be used as patterns in fabric motif design.

First, it discusses how to obtain a fractal patterns suitable for fabric motif design, such as those based on the Mandelbrot set, the Julia set, and the Sierpinski triangle, then an algorithm is designed to explore the fractal pattern, including the zooming process on selected image areas and adjustments to the number of iterations. And finally, a computer program is developed to explore fractal patterns and produce many pattern image files. These images can then be utilized for fabric motif design. The developed program is tested and analyzed to evaluate its output. The analysis reveals that the magnified images exhibit patterns similar to those in the original image areas, with differences in size and color combinations. The zooming process can be repeated multiple times, enabling the generation of a wide variety of patterns. In this research, 16 patterns were produced in the form of 400 x 400 pixel images saved in BMP format.

Keywords: *Fractal, self-similarity, zooming.*

PENDAHULUAN

Pola fraktal adalah struktur geometris atau pola yang memiliki sifat kesamaan diri (*self-similarity*), yaitu pola yang sama atau mirip dapat dilihat pada berbagai skala pembesaran, yang mana fraktal semakin hari semakin berkembang seiring perkembangan teknologi komputer dan keinginan manusia untuk memanfaatkan kelebihan fraktal yaitu dapat menghasilkan gambar atau pola yang cukup beragam dan indah. Dengan menggunakan fraktal dapat diperoleh gambar-gambar yang bisa dijadikan pola pada kain.

Objek fraktal banyak ditemukan pada fenomena matematis, seperti pada himpunan Mandelbrot, himpunan Julia dan segitiga Sierpinski, yang mana pola atau gambarnya sangat beragam dan cukup indah yang selama ini belum banyak dimanfaatkan. Perkembangan motif kain saat ini mencerminkan inovasi teknologi, keberagaman budaya, dan kebutuhan pasar yang terus berkembang. Tren dan perkembangan motif kain modern cukup cepat, akan tetapi motifnya masih bisa dikembangkan lebih beragam. Pada penelitian ini, akan melakukan eksplorasi pola-pola fraktal yang kiranya cocok digunakan dalam perancangan motif kain, sehingga diharapkan dapat memperkaya motif kain.

Pada penelitian ini dielaborasi dan dikaji (a). Bagaimana membuat pola fraktal yang dapat dimanfaatkan dalam perancangan motif kain. (b). Bagaimana program komputer untuk melakukan eksplorasi pola fraktal yang cocok dijadikan motif kain.

Hasil tinjauan pustaka tentang penggunaan pola fraktal untuk perancangan motif kain dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel hasil tinjauan pustaka

Peneliti	Topik Penelitian, Metode yang digunakan	Kekurangan/kelemahan
Long, X., Li W. dan Luo W., 2009	Dibahas tentang seni pola fraktal adalah merupakan gabungan antara sains dan seni, yang dapat digunakan dalam perancangan seni <i>fashion</i> modern. Beberapa aspek yang dianalisis seperti warna, struktur dan pola dari disain <i>fashion</i> dalam rangka mendukung teori dan aplikasi pola fraktal pada disain <i>fashion</i> secara spesifik dan tepat.	Belum dibahas tentang eksplorasi pola fraktal untuk motif kain.
Lam, A.D.K. dan Hsu, Y.L., 2010	dibahas tentang teori fraktal, kemudian dilakukan analisis terhadap karakteristik dari bentuk pola kain. Akhirnya dibuat model matematika, algoritma dan program untuk menentukan dimensi fraktal dari pola kain tersebut.	Lebih menitik-beratkan dimensi fraktal, belum dibahas tentang eksplorasi ragam pola fraktal untuk motif kain.
Lam, A.D.K., 2017	Mengusulkan metodologi untuk metode pembangkitan himpunan Julia guna menghasilkan pola fraktal untuk desain tekstil. Pola fraktal estetika visual dihasilkan dari himpunan Julia berdasarkan algoritma <i>escape time</i> pada bidang bilangan kompleks.	Hanya menggunakan pola himpunan Julia, belum menggunakan pola fraktal dari himpunan Mandelbrot yang lebih indah dan beragam.
Hu, Y. dan Chen, M., 2019	Menggunakan desain fraktal dari pola tradisional bangsa Yi dibuat pola baru dengan mengeksplorasi metode baru desain inovatif pernis pola tradisional bangsa Yi. Pola baru dihasilkan melalui beberapa iterasi. Dengan menggabungkan pola tradisional dengan seni fraktal baru, metode baru menggunakan model matematika fraktal untuk menghasilkan pola dan menerapkannya pada dekorasi pola pernis.	Belum dibahas tentang eksplorasi pola fraktal untuk motif kain dengan menggunakan Himpunan Julia dan Mandelbrot.
Zhao, J. dan Shen, J., 2021	Membahas metode baru untuk mempelajari bentuk dan struktur berbagai entitas, dan juga membahas dasar teoritis bagi munculnya seni fraktal. Bertujuan untuk mengatasi cacat model matematika tunggal dan beberapa jenis grafik fraktal, mengusulkan cara pembuatan grafik fraktal berdasarkan transformasi nonlinier kombinasi diri dan mengembangkan berbagai model adaptif baru, dan mencapai pembuatan grafik seni fraktal secara batch melalui model kombinasi diri.	Masih bisa diperkaya pola fraktalnya, dengan melakukan eksplorasi pola fraktal pada himpunan Julia dan Mandelbrot.
Xiong, H. dan	Mengkaji metode penggunaan algoritma untuk	Belum dibahas tentang

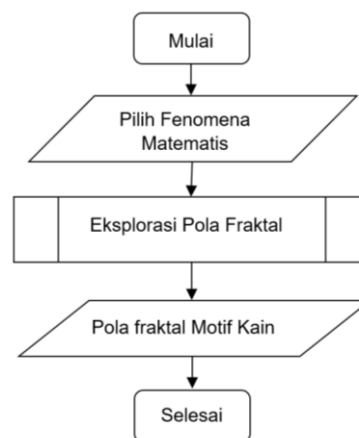
Zimin, Y., 2022	membuat desain pola seni fraktal yang disebut teknologi pemodelan algoritmik. Algoritma yang digunakan dalam teknologi ini bekerja berdasarkan persamaan matematika. Desain pola seni fraktal berbantuan komputer menggunakan rumus matematika dan algoritma untuk membuat pola yaitu didasarkan pada deret Fibonacci.	eksplorasi pola fraktal untuk motif kain dengan menggunakan Himpunan Julia dan Mandelbrot.
-----------------	--	--

Dari penelitian-penelitian di atas, sebagian besar membahas pembuatan pola fraktal untuk keperluan seni dan desain motif, akan tetapi belum banyak yang melakukan eksplorasi pola fraktal yang dapat menghasilkan pola fraktal yang dapat digunakan dalam perancangan motif kain. Pada penelitian ini dibahas bagaimana membuat pola fraktal yang dapat digunakan dalam perancangan motif kain dan kemudian membuat program komputer untuk melakukan eksplorasi pola fraktal pada himpunan Mandelbrot dan himpunan Julia serta segitiga Sierpinski untuk memperkaya motif kain, diharapkan pola-pola yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk keperluan perancangan motif kain.

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Studi pustaka, mulai dari referensi buku hingga mempelajari paper-paper mengenai penggunaan pola fraktal secara umum.
2. Analisis permasalahan dan analisis terhadap algoritme pembuatan pola fraktal dan ekplorasi pola fraktal untuk perancangan motif kain.
3. Perancangan aplikasi eksplorasi pola fraktal yaitu pertama ditentukan fenomena matematis yang akan digunakan apakah himpunan Julia atau himpunan Mandelbrot, kemudian dilakukan eksplorasi pola fraktal berdasarkan pilihan fenomena matematis dengan menentukan domain gambar dan melakukan pembesaran gambar untuk domain yang dipilih. Secara garis besar langkah-langkah penggunaan pola fraktal untuk perancangan motif kain dinyatakan dengan diagram alir pada Gambar 1.
4. Mengimplementasikan aplikasi eksplorasi pola fraktal dalam bentuk program komputer, dengan menggunakan bahasa pemrograman delphi.
5. Menguji kebenaran program dan menganalisis hasil program meliputi efisiensi algoritma dan kualitas output dari aplikasi eksplorasi pola fraktal.



Gambar 1. Diagram alir penggunaan pola fraktal untuk perancangan motif kain

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pertama dibahas tentang pembuatan pola fraktal yang akan digunakan dalam proses eksplorasi, kemudian dibahas algoritma dan program tentang eksplorasi pola fraktal yaitu menggunakan proses pembesaran gambar dan pengaturan jumlah iterasi, akhirnya dibahas analisis hasil programnya.

A. Pembuatan Pola Fraktal.

Untuk melakukan eksplorasi pola fraktal, diperlukan beberapa gambar fraktal. Pola fraktal dapat diperoleh dengan berbagai cara antara lain dari fenomena matematis yang diharapkan banyak menghasilkan pola fraktal, Fenomena matematis tersebut adalah himpunan Mandelbrot, yaitu himpunan parameter-parameter dimana himpunan Julia dari parameter tersebut adalah terhubung, sedangkan himpunan Julia adalah batas-batas dari himpunan titik-titik dalam bilangan kompleks dimana orbitnya tidak konvergen ke titik tak berhingga. Selain dari himpunan Mandelbrot, pola fraktal juga bisa diperoleh dari himpunan Julia itu sendiri dan segitiga Sierpinski. Dalam penelitian ini, digunakan pola fraktal berupa gambar fraktal berukuran 400 x 400 titik. Pola-pola tersebut dapat diperoleh dari gambar-gambar sebagai berikut :

1. Gambar Himpunan Mandelbrot

Gambar fraktal dari himpunan Mandelbrot banyak memuat pola pola tertentu, yang selanjutnya disebut pola Mandelbrot, Himpunan Mandelbrot yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah himpunan Mandelbrot dari himpunan Julia $J(c)$ dari fungsi kompleks $f(z) = z^2 - c$, dimana c adalah konstanta kompleks yang merupakan parameter dari himpunan Julia tersebut. Gambar himpunan Mandelbrot dibuat berdasarkan definisinya yaitu [Barnsley, 1988]:

$$M = \{ c \in \mathbb{C} : J(c) \text{ adalah terhubung} \}$$

Kemudian digunakan teorema berikut :

Himpunan Julia $J(c)$ dikatakan terhubung jika dan hanya jika orbit dari titik origin 0 adalah menuju titik tak hingga, yaitu :

$$M = \{ c \in \mathbb{C} : |f_c^{0n}(0)| \rightarrow \infty \text{ untuk } n \rightarrow \infty \}$$

Dari teorema di atas, dapat dibuat sebuah program untuk membuat gambar himpunan Mandelbrot, cuplikan programnya adalah sebagai berikut :

Begin

```
xwmin:= - 0.75; xwmax:= 2.25; ywmin:= - 1.5; ywmax:= 1.5; { Window yang digambar }
xvmin:= 0; xvmax:= 400; yvmin:= 0; yvmax:= 400; { Viewport pada layar }
r:=2000; { batas dianggap menuju ke titik tak hingga }
for i:=xvmin to xvmax do
  for j:=yvmin to yvmax do begin
    Viewport_to_Window(i,j,c.x,c.y);
    n:=1;
    alpa:=0; beta:=0;
    while n<=1000 do begin
      yb:=2*alpa*beta - c.y;
      xb:=alpa*alpa-beta*beta - c.x;
      alpa:=xb;beta:=yb;
      temp:=alpa*alpa+beta*beta; { menentukan f(z) = z2 - c }
      if temp > r then begin
        canvas.pixels[i,j]:= warna; { plot titik c dengan warna tertentu }
        n:=1000;
      end;
      inc(n);
    end;
  end;
end;
```

end;

Dari cuplikan program di atas didapat gambar himpunan Mandelbrot yang dapat dilihat pada Gambar 2.

2. Gambar Himpunan Julia.

Definisi himpunan Julia, yaitu untuk c suatu bilangan kompleks, *Filled-in Julia set* c adalah himpunan semua z yang iterasi $z \rightarrow z^2 + c$ tidak divergen ke tak hingga. Himpunan Julia $J(c)$ adalah batas dari *Filled-in Julia set* c . Untuk hampir semua c , set ini adalah fraktal dan disebut pola Julia.

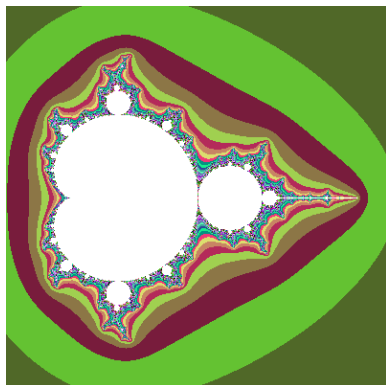
Dari definisi tersebut, dapat dibuat sebuah program untuk membuat gambar himpunan Julia dari $z^2 + c$, cuplikan programnya adalah sebagai berikut :

begin

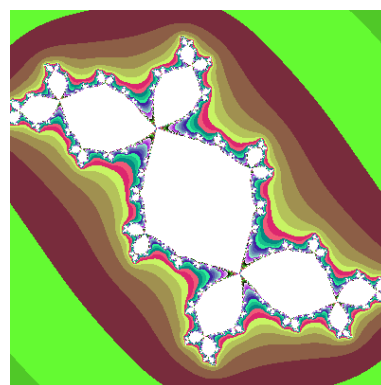
```
xwn:=-1.25;xwx:=1.25;ywn:=-1.25;ywx:=1.25;
xwmin:=xwn;xwmax:=xwx;ywmin:=ywn;ywmax:=ywx;
```

```
xvmin:=40;xvmax:=440;yvmin:=0;yvmax:=400;  
canvas.brush.color:=clblack;canvas.pen.color:=clblack;  
canvas.rectangle(xvmin,yvmin,xvmax,yvmax);  
alpa:=0.12;beta:=-0.74;  
r:=200000;  
for i:=xvmin to xvmax do  
for j:=yvmin to yvmax do begin  
vw(i,j,x,y);  
n:=1;  
while n<=1200 do begin  
yb:=2*x*y-beta;  
xb:=x*x-y*y-alpa;  
x:=xb;y:=yb;  
if x*x+y*y > r then begin  
canvas.pixels[i,j]:=rgb(20*n,50*n,10*n);  
n:=1200;  
end;  
inc(n);  
end;  
end;  
end;
```

Dari cuplikan program di atas didapat gambar himpunan Julia yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Gambar Himpunan Mandelbrot



Gambar 3. Gambar Himpunan Julia $z^2 + c$

Pola himpunan Julia yang lainnya adalah himpunan Julia transformasi Newton, yaitu

$$z_{n+1} = z_n - \frac{z_n^3 - 1}{3z_n^2}$$

Cuplikan program untuk membuat gambar himpunan Julia dari transformasi Newton adalah sebagai berikut :

```
begin  
xwn:=-1;xwx:=1;ywn:=-1;ywx:=1;  
xwmin:=xwn;xwmax:=xwx;ywmin:=ywn;ywmax:=ywx;  
xvmin:=40;xvmax:=440;yvmin:=0;yvmax:=400;  
canvas.brush.color:=clblack;canvas.pen.color:=clblack;  
canvas.rectangle(xvmin,yvmin,xvmax,yvmax);  
r:=200000;  
for i:=xvmin to xvmax do  
for j:=yvmin to yvmax do begin  
vw(i,j,x,y);  
n:=1;  
while n<=20 do begin
```

```

yb:=2*x*y;
xb:=x*x-y*y;
x1:=xb*x-yb*y;
y1:=xb*y+yb*x;
x2:=x1*x-y1*y;
y2:=x1*y+y1*x;
xa:=3*x2+1;
ya:=3*y2;
xb:=4*x1;
yb:=4*y1;
bagi(xa,ya,xb,yb,xh,yh);
x:=xh;y:=yh;
if x*x+y*y > r then begin
  canvas.pixels[i,j]:=rgb(20*n,50*n,10*n);
  n:=20;
end;
inc(n);
end;
end;

```

end;

Dari cuplikan program di atas didapat gambar himpunan Mandelbrot yang dapat dilihat pada Gambar 4.

3. Pola Sierpinski

Segitiga Sierpinski adalah objek fraktal yang dibentuk menggunakan 3 transformasi affine yang secara umum berbentuk:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a[i] & b[i] \\ c[i] & d[i] \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e[i] \\ f[i] \end{bmatrix} \text{ untuk } i=1,2,3.$$

Pola Sierpinski dibuat dari segitiga sierpinski dengan melakukan modifikasi yaitu menambah menjadi 5 transformasi Affine agar diperoleh gambar yang penuh dan dengan mengubah-ubah gambar awal dari proses iterasi serta pemberian warna tertentu pada proses pembuatannya. Sehingga didapat transformasi affine menjadi sebagai berikut :

```

a[1] = 0.5; b[1] = 0; c[1] = 0; d[1] = 0.5; e[1] = 0; f[1] = 0;
a[2] = 0.5; b[2] = 0; c[2] = 0; d[2] = 0.5; e[2] = 200; f[2] = 0;
a[3] = 0.5; b[3] = 0; c[3] = 0; d[3] = 0.5; e[3] = 100; f[3] = 200;
a[4] = 0.5; b[4] = 0; c[4] = 0; d[4] = - 0.5; e[4] = 0; f[4] = 400;
a[5] = 0.5; b[5] = 0; c[5] = 0; d[5] = - 0.5; e[5] = 200; f[5] = 400;

```

Cuplikan program untuk menggambar segitiga Sierpinski termodifikasi adalah sebagai berikut:

Begin

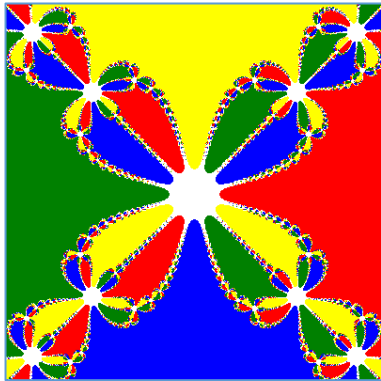
```

bm:=tbitmap.create;bm.width:=n;
bm.height:=n; iterasi :=1;
repeat
  bm.canvas.brush.color:=clwhite;
  bm.canvas.pen.color:=clwhite;
  bm.canvas.rectangle(0,0,n,n);
  for i:=0 to n do
    for j:=0 to n do
      if (canvas.pixels[i,j]<>clwhite) then
        for k := 1 to 5 do begin
          xb:=a[k]*i+b[k]*(n-j)+e[k];
          yb:=c[k]*i+d[k]*(n-j)+f[k];
          bm.canvas.pixels[xb,yb]:= canvas.pixels[i,j];
        end;
      canvas.copyrect(rect(0,0,n,n),
        bm.canvas,rect(0,0,n,n));
      inc(iterasi);
    until iterasi = numit;

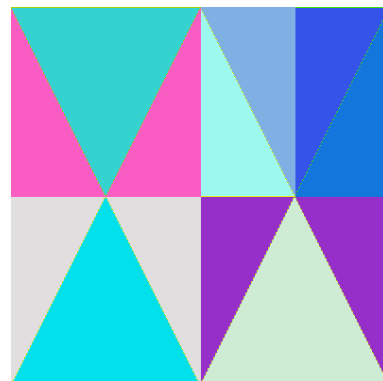
```

end;

Hasil gambar segitiga Sierpinski dengan 5 transformasi Affine dan jumlah iterasi = 1 diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Gambar Himpunan Julia Transformasi Newton



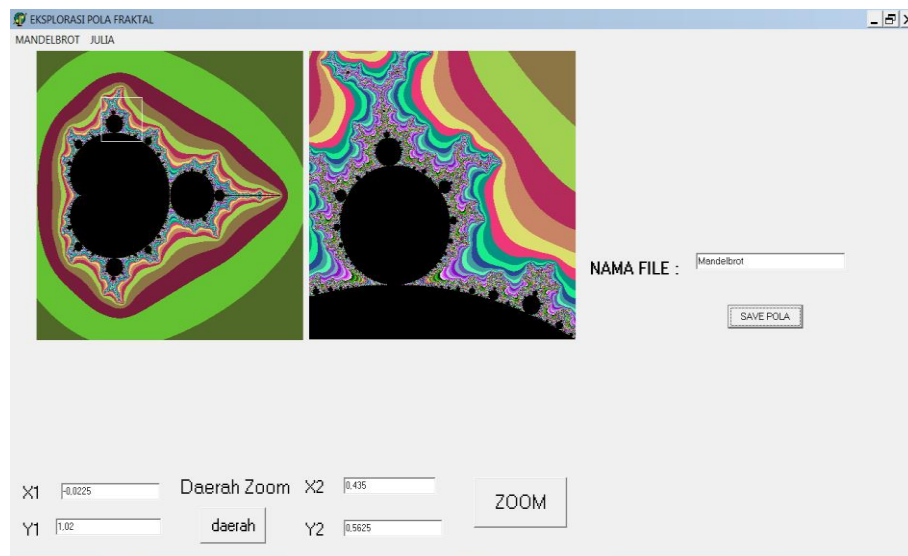
Gambar 5. Segitiga Sierpinski Termodifikasi

B. Eksplorasi Pola Fraktal.

Dari beberapa gambar fraktal di atas, dapat dilakukan eksplorasi untuk mendapatkan pola pola fraktal dengan melakukan pembesaran dari bagian-bagian tertentu dari gambar fraktal Mandelbrot maupun fraktal Julia. Pola Sierpinski diperoleh dengan melakukan uji coba untuk beberapa jumlah iterasi yang berbeda dan untuk beberapa gambar awal.

1. Proses Pembesaran

Proses pembesaran pada gambar fraktal dilakukan dengan merubah window, area gambar yang mau ditampilkan, yaitu windownya lebih kecil sementara viewportnya tetap. Antarmuka program untuk melakukan pembesaran gambar dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Gambar Antarmuka Proses Pembesaran

Pada antarmuka di atas, ada beberapa menu antara lain :

- Menu Mandelbrot dan Julia yaitu untuk memilih gambar utama yang akan di zoom.
- Menu Daerah, yaitu untuk melihat daerah pembesaran gambar yang ditandai dengan gambar persegi.
- Menu Zoom yaitu untuk melakukan proses pembesaran. Proses pembesaran dilakukan dengan menentukan daerah window baru sesuai yang diinginkan. Setelah daerah pembesaran didapat, dengan

menklik kanan dan kiri tombol pada mouse maka proses selanjutnya adalah penggambaran ulang berdasarkan daerah window yang baru ditentukan, biasanya daerahnya jauh lebih sempit.

d. Menu Save Pola yaitu untuk menyimpan pola yang didapat dari proses pembesaran gambar.

2. Hasil Eksplorasi

Hasil proses pembesaran gambar adalah sebuah gambar detail dari daerah gambar (*window*) tertentu, beberapa pola fraktal hasil proses pembesaran adalah sebagai berikut :

a. Pola Mandelbrot

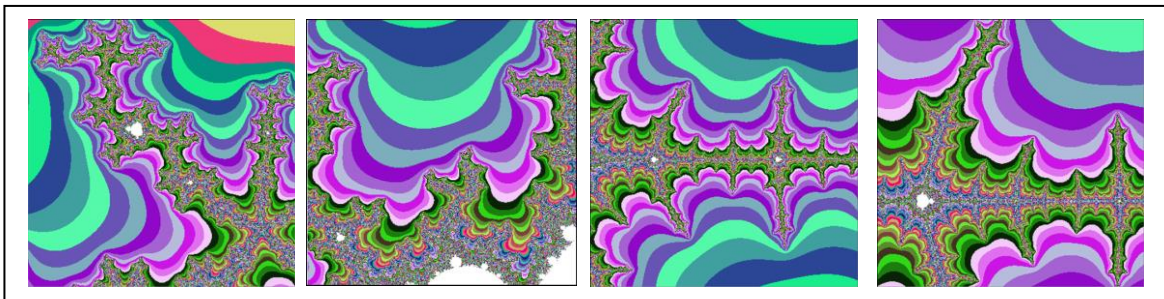
Pola Mandelbrot diperoleh dengan melakukan proses pembesaran pada area window tertentu dari gambar himpunan Mandelbrot. Ukuran dan koordinat window tertentu (terutama pada daerah batas yang berpola) akan menghasilkan pola tertentu, sehingga pada gambar himpunan Mandelbrot akan dihasilkan banyak pola Mandelbrot. Beberapa pola mandelbrot dapat dilihat pada Gambar 7.

b. Pola Julia

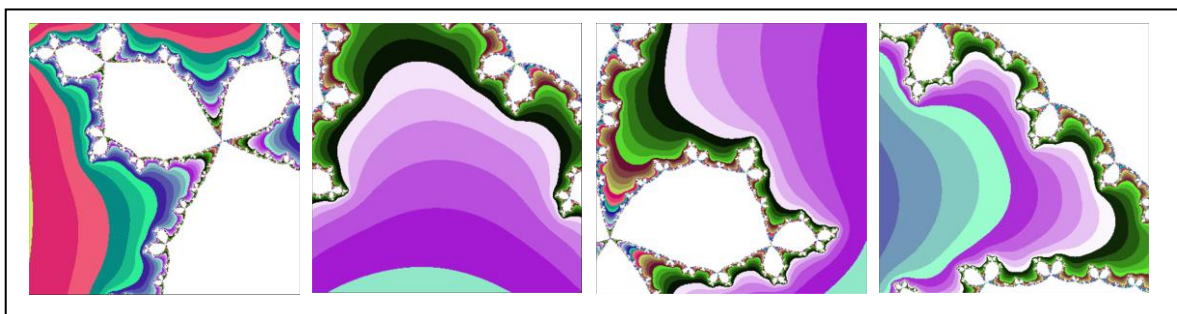
Pola Julia diperoleh dengan melakukan proses pembesaran pada area window tertentu dari gambar himpunan Julia. Ukuran dan koordinat window tertentu (terutama pada daerah batas yang berpola) akan menghasilkan pola tertentu, sehingga pada gambar himpunan Julia akan dihasilkan banyak pola Julia. Beberapa pola Julia dapat dilihat pada Gambar 8. dan Gambar 9.

c. Pola Sierpinski

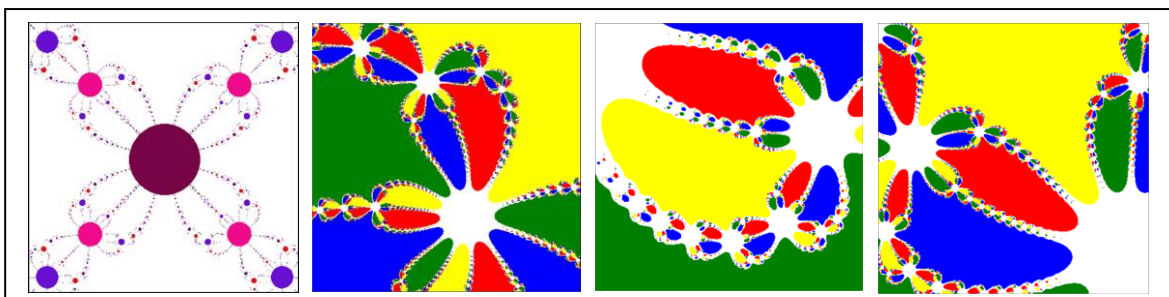
Pola Sierpinski diperoleh dengan mengatur jumlah iterasi dan memberikan gambar awal berbeda. Beberapa pola Sierpinski dapat dilihat pada Gambar 10.



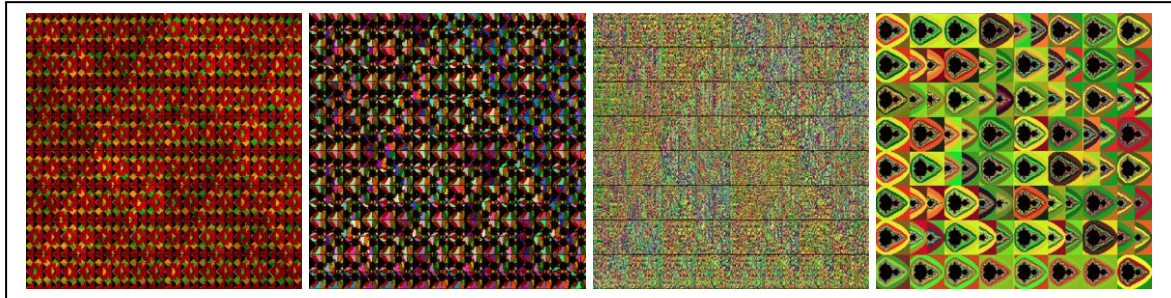
Gambar 7. Beberapa Pola Mandelbrot



Gambar 8. Beberapa Pola Julia $z^2 + c$



Gambar 9. Beberapa Pola Julia Transformasi Newton



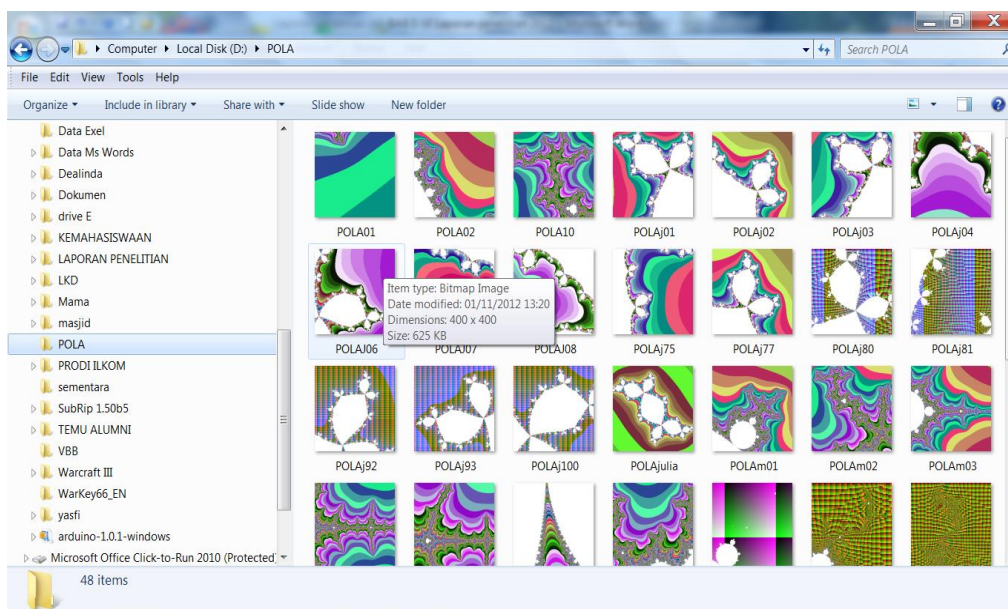
Gambar 10. Beberapa pola Sierpinski

C. Analisis Hasil Program Eksplorasi Pola Fraktal

Dari program yang dibuat untuk melakukan eksplorasi pola fraktal dengan proses pembesaran dan pengaturan jumlah iterasi, didapat beberapa pola fraktal, antara lain 16 pola fraktal, yang diharapkan dapat digunakan sebagai motif kain. Dari gambar hasil proses pembesaran terlihat bahwa polanya sama dengan daerah gambar yang dizoom, hanya berbeda ukurannya dan kombinasi warnanya.

Jika proses penggambaran ulangnya menggunakan kombinasi warna yang berbeda, yaitu RGB(20*n, 50*n,10*n) untuk gambar utamanya dan RGB(5*n, 20*n,10*n) untuk gambar hasil pembesarannya, maka gambar hasil proses pembesaran terlihat bahwa polanya tetap sama dengan daerah gambar yang dizoom, akan tetapi berbeda ukuran dan warnanya. Gambar hasil pembesaran ini dapat dijadikan sebagai gambar utama sehingga bisa dilakukan proses pembesaran berkali kali yang diharapkan mendapatkan lebih banyak pola, pola-pola tersebut sudah berhasil disimpan dalam file berformat bmp, hal ini dapat dilihat pada Gambar 11.

Sedangkan tentang waktu yang diperlukan untuk melakukan pembuatan gambar utama maupun gambar hasil pembesaran, yang keduanya berukuran sama yaitu 400 x 400 titik, adalah hampir sama yaitu sekitar 2 detik. Jika dikehendaki pola dengan ukuran lebih besar untuk keperluan perancangan motif kain cukup mudah dilakukan dan pola yang didapat juga bisa beragam tidak hanya 16 pola di atas.



Gambar 11. Gambar pola-pola yang tersimpan dalam format bmp

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Gambar fraktal yang digunakan dalam eksplorasi pola fraktal adalah gambar dari himpunan Mandelbrot, gambar himpunan Julia dari $z^2 + c$ dan gambar himpunan Julia dari transformasi Newton serta pola fraktal dari segitiga sierpinski.
2. Algoritma dan program yang dibuat dapat melakukan eksplorasi pola fraktal yaitu dengan proses pembesaran pada bagian gambar yang menarik dengan cara memilih daerah gambar secara interaktif menggunakan mouse. Gambar hasil pembesaran dapat dilakukan pembesaran lagi berkali kali sehingga memungkinkan menghasilkan banyak pola, pada penelitian ini ditampilkan 16 pola berupa gambar berukuran 400 x 400 titik.
3. Dari analisis hasil program, diketahui bahwa gambar hasil proses pembesaran terlihat bahwa polanya sama dengan gambar pada daerah gambar yang dizoom, hanya berbeda ukurannya dan juga berbeda kombinasi warnanya, hal ini menunjukkan sifat kesamaan diri dari pola fraktal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Barnsley, M., 1988, "Fraktals Everywhere", Academic Press, Inc., New York.
- [2]. Hu, Y. dan Chen, M., 2019, "Pattern Design of Yi Nationality Lacquerware Based on Fractal Algorithm", 978-1-7281-4076-6/19/\$31.00 ©2019 IEEE.
- [3]. Lam, A.D.K. dan Hsu Y., 2010, "Fraktal Dimension of the Surface Shape of Textile Patterns," mmit, vol. 1, pp.251-254, 2010 Second International Conference on MultiMedia and Information Technology, China.
- [4]. Lam, A.D.K., 2017, "A Study on Fractal Patterns for the Textile Design of the Fashion Design", Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Applied System Innovation IEEE-ICASI 2017 - Meen, Prior & Lam (Eds).
- [5]. Long X., Li W. dan Luo W., 2009, "Design and Application of Fraktal Pattern Art in the Fashion Design," iwcfata, pp.391-394, 2009 International Workshop on Chaos-Fraktals Theories and Applications, China.
- [6]. Xiong, H. dan Zimin, Y., 2022, "Algorithm modeling technology of computer aided fractal art pattern design", 2022 World Automation Congress (WAC), Hybrid, San Antonio, TX, USA
- [7]. Zhao, J. dan Shen, J., 2021, "Application of Fractal Geometry in Textile Digital Printing Pattern Design", 978-1-6654-2642-8/21/\$31.00 ©2021 IEEE.

Biodata Penulis

Drs. Janoe Hendarto 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.