

PEMODELAN KONTUR MENGGUNAKAN INTERPOLASI FRAKTAL

Janoë Hendarto

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

Abstraksi

Pemodelan fraktal berkembang dengan pesat dan semakin banyak dibutuhkan untuk memecahkan permasalahan pembuatan gambar objek alam seperti bukit, batuan, dll. Interpolasi fraktal merupakan metode untuk mencari grafik fungsi fraktal yang melalui beberapa titik interpolasi. Pertama, dirancang metode untuk melakukan pemodelan kontur dengan menggunakan interpolasi fraktal 2D dan 3D, fungsi interpolasi yang digunakan adalah transformasi affine sedangkan pemodelan konturnya dilakukan dengan menggambar grafik interpolasi berkali-kali dengan suatu iterasi berdasar parameter tertentu, kemudian ditentukan parameter apa saja yang dapat diubah secara interaktif. Akhirnya dibangun suatu program komputer yang mampu melakukan pemodelan kontur secara interaktif. Hasil uji coba program komputer yang dibuat menunjukkan bahwa kontur dapat dimodelkan dengan baik menggunakan grafik interpolasi 2D dan 3D, parameter yang dapat diubah secara interaktif untuk mendapatkan model kontur yang beragam adalah parameter faktor skala vertikal, dimensi dan koordinat titik interpolasinya.

Kata kunci: Kontur, Interpolasi fraktal, Interaktif.

Abstract

Fractal modeling is growing rapidly and is increasingly needed to solve the problem of building images of natural objects such as hills, rocks, etc. Fractal interpolation is a method for finding graph of fractal functions that through the interpolation points. First, will be designed a method of contour modeling by using 2D and 3D fractal interpolation, the interpolation function used is affine transformation whereas contour modeling is done by drawing interpolation graph repeatedly with an iteration based on certain parameters and specified parameter can be changed iteratively. Finally built a computer program of modeling contours interactively. The results of the computer program show that the contours can be modeled well using 2D and 3D fractal interpolation graphs, the parameters that can be changed interactively to get the various contour models are vertical scale factor parameters, dimensions and coordinates of interpolation points.

Keywords: Contour, Fractal Interpolation, Interactive.

Pendahuluan

Fraktal adalah struktur geometri yang sangat cocok untuk merepresentasikan objek alam. Pola fraktal dapat dibangun dengan berbagai cara, antara lain adalah dengan menggunakan SFI (Sistem Fungsi Iterasi), titik tetap/atraktor dari SFI inilah yang berupa gambar struktur kompleks yang bisa berbentuk objek alam yang mirip sebenarnya [1]. Fungsi interpolasi suatu data $\{(x_i, F_i) \in \mathbb{R}^2, i = 0, 1, \dots, N\}$ dengan $x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_N$, didefinisikan sebagai suatu fungsi kontinu $f : [x_0, x_N] \rightarrow \mathbb{R}$ sehingga $f(x_i) = F_i$ untuk $i = 0, 1, \dots, N$. Titik-titik $(x_i, F_i) \in \mathbb{R}^2, i = 0, 1, \dots, N$ disebut titik-titik interpolasi dan dikatakan bahwa fungsi f menginterpolasikan data tersebut dan grafik fungsi interpolasi f merupakan atraktor dari suatu SFI. Grafik interpolasi fraktal dapat digunakan untuk membuat kontur atau permukaan dari suatu objek alam seperti bukit, batuan dan gunung. Pada proses pemodelan kontur dengan grafik interpolasi fraktal, banyak parameter yang bisa diubah untuk mendapatkan permukaan yang dikehendaki, antara lain parameter koefisien dalam SFI, pewarnaan, serta parameter dari koordinat titik interpolasinya.

Pada penelitian ini dielaborasi dan dikaji (a).Bagaimana metode untuk melakukan pemodelan kontur dengan menggunakan interpolasi fraktal. (b).Parameter interpolasi apa saja yang dapat diubah-ubah secara interaktif untuk mendapatkan permukaan yang dikehendaki. (c).Bagaimana program komputer untuk melakukan pemodelan kontur secara interaktif yang mampu membangun permukaan secara cepat menggunakan interpolasi fraktal.

Hasil tinjauan pustaka tentang pemodelan kontur menggunakan interpolasi fraktal dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Hasil Tinjauan Pustaka

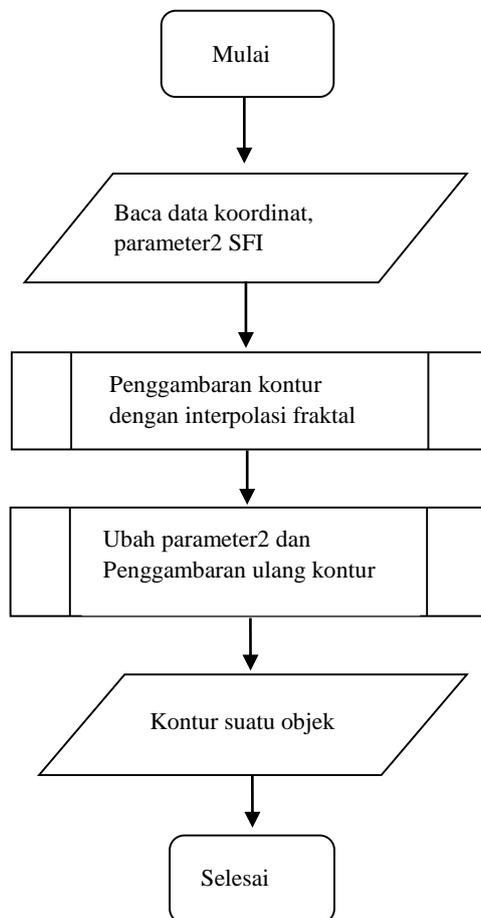
Peneliti	Topik Penelitian, Metode yang digunakan	Kekurangan/kelemahan
Barnsley, M., 1988	Interpolasi fraktal menggunakan SFI transformasi affine dan dimensi fraktal dari grafik fungsi interpolasi fraktal serta tentang variabel tersembunyi pada interpolasi fraktal, kemudian menggunakan interpolasi fraktal untuk membuat kurva <i>space-filling</i> yang dapat digunakan untuk menggambar objek alam	pemodelan konturnya hanya dengan menggunakan kurva <i>space-filling</i> , belum membahas pemodelan kontur yang interaktif.
Uemura dkk. , 2002	<i>Fractal Interpolation Functions</i> (FIF) untuk pemodelan <i>multiple-valued signal</i> yaitu mengembangkan FIF dengan menambah parameter baru serta dimensi fraktalnya, kemudian menggunakannya untuk merepresentasikan bentuk garis pantai kepulauan di Jepang.	pemodelan kontur hanya berupa bentuk garis pantai, belum membahas pemodelan kontur yang interaktif.
Manousopoulos dkk., 2007	Representasi kurva di R2 dan R3 menggunakan teknik interpolasi fraktal yang diaplikasikan pada beberapa set data seperti data geografis dan data medis, representasinya sangat efektif dan tepat untuk data yang tidak teratur dan kompleks. Interpolasi yang digunakan adalah SFI transformasi affine dengan parameter kontraksi tertentu.	Pemodelan dari data geografis dan data medis, belum membahas pemodelan kontur yang interaktif.
Sun , 2010	Menggunakan interpolasi fraktal untuk mensimulasikan data penurunan permukaan tanah pertambangan dan membandingkan hasil data simulasi dengan data pengukuran di lapangan, hasilnya data simulasi menggunakan interpolasi fraktal lebih baik dibandingkan dengan menggunakan interpolasi linear.	Pemodelan untuk penurunan permukaan tanah pertambangan, belum membahas pemodelan kontur yang interaktif.
Liu dkk., 2014	Mengembangkan <i>fractal interpolation function</i> (FIF) menjadi <i>fractal interpolation surface</i> (FIS) kemudian menggunakan FIS untuk membangun permukaan dasar laut dan hasilnya permukaan yang dibangun dengan FIS mempunyai presisi yang tinggi dan sisi yang halus dengan proses yang lebih sederhana.	Menggunakan <i>fractal interpolation surface</i> untuk membangun permukaan dasar laut, belum membahas pemodelan kontur yang interaktif.

Berdasarkan analisis terhadap hasil penelitian sebelumnya maka dapat dilihat bahwa permasalahan yang belum banyak diteliti adalah bagaimana algoritma pemodelan kontur dengan menggunakan interpolasi fraktal secara interaktif.

Metode Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Studi pustaka, mulai dari referensi buku hingga mempelajari paper-paper mengenai interpolasi fraktal dan penggunaannya untuk membangun permukaan objek.
2. Analisis permasalahan dan analisis terhadap metode pemodelan kontur dengan menggunakan interpolasi fraktal.
3. Perancangan aplikasi interaktif pemodelan kontur dengan menggunakan interpolasi fraktal, secara garis besar langkah-langkah pemodelan kontur dilakukan dengan melakukan penggambaran grafik interpolasi fraktal berkali kali dengan iterasi berdasarkan perubahan koordinat titik-titik interpolasinya, secara garis besar langkah-langkah pemodelan kontur dapat dinyatakan dengan diagram alir pada Gambar 1.
4. Mengimplementasikan aplikasi dalam bentuk program, dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi.
5. Menguji kebenaran, interaktifnya dan efisiensi (waktu dan memory) dari algoritma dan program aplikasi pemodelan kontur dengan menggunakan beberapa data uji secara interaktif.



Gambar 1. Diagram alir pemodelan kontur dengan menggunakan interpolasi fraktal

Hasil dan Pembahasan

Pertama akan dibahas tentang metode pemodelan kontur menggunakan interpolasi fraktal, kemudian dibahas algoritma dan program interaktif pemodelan kontur menggunakan interpolasi fraktal dan akhirnya dibahas analisis hasil programnya.

1. Metode pemodelan kontur dengan menggunakan interpolasi fraktal.

Pembuatan model kontur pada penelitian ini digunakan 2 metode yaitu pemodelan kontur menggunakan grafik interpolasi fraktal 2 dimensi dan pemodelan kontur menggunakan grafik interpolasi fraktal 3 dimensi. Dengan menggunakan kedua metode diharapkan dapat menghasilkan model kontur yang bermacam macam. Kedua metode tersebut akan dibahas secara lebih rinci sebagai berikut :

a. Pemodelan kontur menggunakan interpolasi fraktal 2 dimensi

Pertama akan dikonstruksikan SFI menggunakan transformasi affine, yang atraktornya merupakan grafik fungsi interpolasi fraktal 2 dimensi yang menginterpolasi titik-titik $(x_i, F_i) \in \mathbb{R}^2, i = 0, 1, \dots, N$. SFI = $\{\mathbb{R}^2; W_i, i=1, 2, \dots, N\}$ dengan W_i adalah transformasi affine yang berbentuk sebagai berikut :

$$W_i \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_i & 0 \\ c_i & d_i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_i \\ f_i \end{pmatrix} \tag{1}$$

dengan konstrain :

$$W_i \begin{pmatrix} a_i \\ F_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{i-1} \\ F_{i-1} \end{pmatrix} \text{ dan } W_i \begin{pmatrix} x_N \\ F_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_i \\ F_i \end{pmatrix} \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, N \tag{2}$$

Sehingga dari persamaan (1) dan (2) diperoleh rumus :

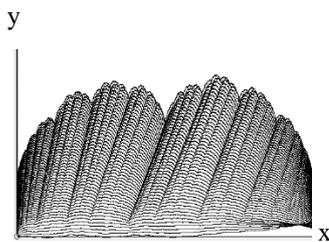
$$a_i = (x_i - x_{i-1}) / (x_N - x_0)$$

$$e_i = (x_N x_{i-1} - x_0 x_i) / (x_N - x_0)$$

$$c_i = (F_i - F_{i-1}) / (x_N - x_0) - d_i (F_N - F_0) / (x_N - x_0)$$

$$f_i = (x_N F_{i-1} - x_0 F_i) / (x_N - x_0) - d_i (x_N F_0 - x_0 F_N) / (x_N - x_0)$$

d_i merupakan faktor skala vertikal, merupakan parameter independen, yang dapat digunakan untuk mendapatkan grafik interpolasi dengan nilai dimensi fraktal tertentu. Hubungan nilai d_i dengan dimensi (D_m) adalah $\sum_1^N d_i = N^{D_m-1}$ Jika nilai d_i sama untuk semua i maka $d_i = (\pm 1) N^{D_m-2}$ dimana ± 1 digunakan untuk mengatur bentuk grafik interpolasinya. Pada penelitian ini nilai $N = 4$, digunakan 5 titik interpolasi, dimana ketentuan nilai x_i adalah $x_0 < x_1 < x_2 < x_3 < x_4$, sedangkan nilai y_i dapat dipilih sembarang. Untuk mendapatkan suatu kontur, grafik interpolasi fraktal tersebut dibuat berkali kali dengan melakukan iterasi serta mengubah titik-titik interpolasinya sedemikian hingga membentuk kontur 3 dimensi.



Gambar 2. Kontur fraktal dengan interpolasi 2D

Gambar 2. Menunjukkan hasil kontur fraktal menggunakan interpolasi fraktal 2D dengan iterasi sebanyak 50 dan koordinat x_i diubah dengan delta x adalah $dx_1 = -0.01; dx_2 = -0.015; dx_3 = -0.017$, sedangkan nilai y_i diubah dengan delta y adalah $dy_i = -y_i/M$ dan $d_i = N^{D_m-2}$

dengan $N = 4$ dan $D_m = 1, 2$, untuk $i = 0, 1, 2, 3, 4$.

b. Pemodelan kontur menggunakan interpolasi fraktal 3 dimensi

Pertama akan dikonstruksikan SFI menggunakan transformasi affine, yang atraktornya merupakan grafik fungsi interpolasi fraktal f 3 dimensi yang menginterpolasi titik-titik $(x_i, F_i, H_i) \in \mathbb{R}^3, i = 0, 1, \dots, N$. SFI = $\{\mathbb{R}^3; W_i, i=1, 2, \dots, N\}$ dengan W_i adalah transformasi affine yang berbentuk sebagai berikut :

$$W_i \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_i & 0 & 0 \\ b_i & d1_i & d2_i \\ c_i & d3_i & d4_i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_i \\ f_i \\ g_i \end{pmatrix} \tag{3}$$

dengan konstrain :

$$Wi \begin{pmatrix} x_0 \\ F_0 \\ H_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{i-1} \\ F_{i-1} \\ H_{i-1} \end{pmatrix} \text{ dan } Wi \begin{pmatrix} x_N \\ F_N \\ H_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_i \\ F_i \\ H_i \end{pmatrix} \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, N \quad (4)$$

Dengan cara yang identik dengan interpolasi fraktal 2 dimensi, maka menggunakan persamaan (3) dan (4) akan diperoleh rumus untuk $a_i, b_i, c_i, e_i, f_i, g_i$ dalam variabel titik-titik interpolasi dan parameter faktor skala vertikal $d1_i, d2_i, d3_i, d4_i$ sebagai berikut :

$$a_i = (x_i - x_{i-1}) / (x_N - x_0)$$

$$e_i = (x_N x_{i-1} - x_0 x_i) / (x_N - x_0)$$

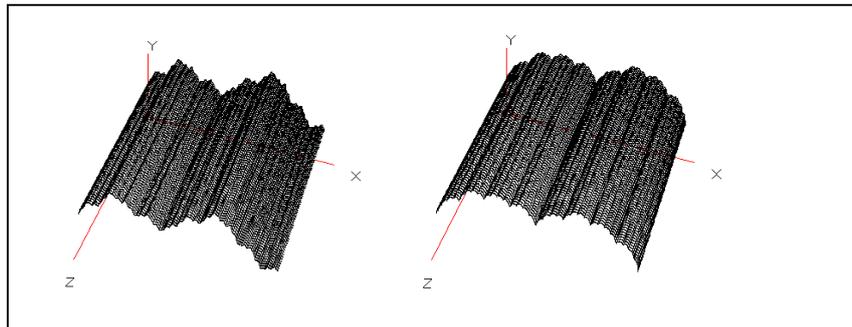
$$b_i = (F_i - F_{i-1}) / (x_N - x_0) - d1_i (F_N - F_0) / (x_N - x_0) - d2_i (H_N - H_0) / (x_N - x_0)$$

$$c_i = (H_i - H_{i-1}) / (x_N - x_0) - d3_i (H_N - H_0) / (x_N - x_0) - d4_i (H_N - H_0) / (x_N - x_0)$$

$$f_i = (x_N F_{i-1} - x_0 F_i) / (x_N - x_0) - d1_i (x_N F_0 - x_0 F_N) / (x_N - x_0) - d2_i (H_N - H_0) / (x_N - x_0)$$

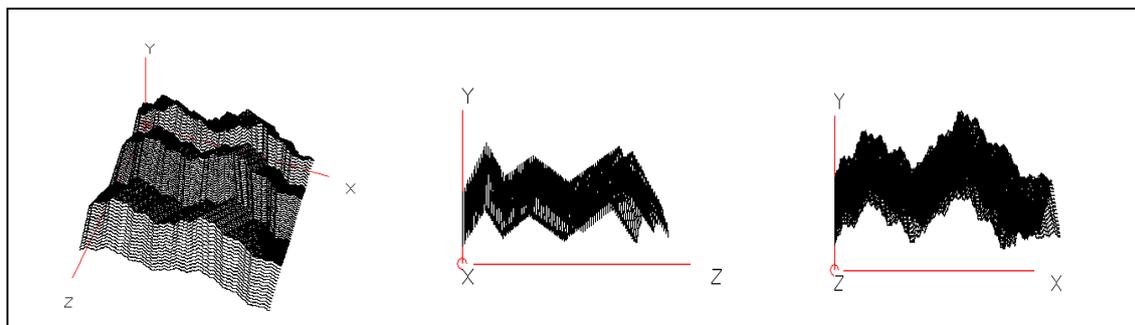
$$g_i = (x_N H_{i-1} - x_0 H_i) / (x_N - x_0) - d3_i (x_N F_0 - x_0 F_N) / (x_N - x_0) - d4_i (x_N H_0 - x_0 H_0) / (x_N - x_0)$$

Untuk mendapatkan suatu kontur, grafik interpolasi fraktal 3D tersebut dibuat berkali kali menggunakan iterasi dengan mengubah titik-titik interpolasinya sedemikian hingga membentuk kontur 3 dimensi, sebagai contoh dilakukan iterasi sebanyak 70 ($M=70$) dan nilai z_i diubah dengan delta z adalah $dz_i = 10/M$ untuk $i = 0, 1, 2, 3, 4$, sehingga nilai z_i berjalan dari 0 sampai dengan 10 sedangkan nilai x_i dan y_i tetap. Hasil Kontur dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kontur fraktal dengan interpolasi fraktal 3D

Kontur fraktal yang dihasilkan pada Gambar 2 terlihat masih lurus mendatar belum membentuk relief, agar dapat berbentuk seperti pegunungan maka perlu dilakukan modifikasi pada nilai parameter-parameternya, ada banyak parameter pada pemodelan kontur dengan menggunakan interpolasi fraktal 3D yaitu antara lain perubahan koordinat titik kontrolnya (x_i, y_i, z_i) dan juga perubahan nilai faktor skala ($d1_i, d2_i, d3_i, d4_i$).



Gambar 4. Kontur fraktal 3D Termodifikasi dengan tanpak samping dan depan

Modifikasi kontur fraktal antara lain dapat dilakukan dengan mengubah koordinator titik interpolasi, selain melakukan iterasi berdasarkan perubahan nilai z_i juga berdasarkan nilai x_i dan y_i dengan nilai delta x dan delta y yg bervariasi bergantung yang dikehendaki, hasil kontur fraktal 3D modifikasi iterasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

2. Algoritme dan Program interaktif pemodelan kontur menggunakan interpolasi fraktal

Pemodelan kontur dengan menggunakan interpolasi fraktal perlu dibuat program komputer yang interaktif, pertama akan dibahas algoritme untuk membuat grafik interpolasi fraktal kemudian dibahas algoritme pemodelannya itu sendiri. Algoritme untuk membuat grafik interpolasi fraktal baik 2 dimensi maupun 3 dimensi menggunakan algoritme iterasi random yaitu algoritme penggambaran atraktor dari suatu SFI, algoritmenya secara umum adalah sebagai berikut :

```

Input :
- SFI ( parameter affine  $a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, f_i, g_i$   $i = 1, 2, 3, \dots, N$ )
- Titik interpolasi  $((x_i, y_i)$  atau  $(x_i, y_i, z_i)$  untuk  $i=0, 1, 2, \dots, N$ )
-  $N_p$  : Banyak titik grafik interpolasi yang akan dibuat
Output : Grafik interpolasi fraktal
Begin
- Menentukan nilai awal titik  $x=0; y=0; z=0;$ 
- For  $i = 1$  to  $N_p$  do begin
  -  $r = \text{random}(1..N);$ 
  - Menghitung nilai  $x_w, y_w, z_w$  dengan melakukan transformasi affine ke- $r$  titik  $(x, y, z);$ 
  - Transformasi window_to_viewport  $(x_w, y_w, z_w)$  menjadi  $(x_v, y_v);$ 
  - Plot titik  $(x_v, y_v);$ 
  -  $x = x_w ; y = y_w ; z = z_w ;$ 
end;
end;
```

Sedangkan algoritme pemodelan kontur menggunakan interpolasi fraktal secara umum adalah sebagai berikut :

```

Input :
-  $M$  : banyak iterasi/grafik interpolasi yang akan dibuat;
- Parameter-parameter yang diperlukan;
Output : Kontur fraktal;
Begin
- Menentukan nilai delta sesuai kontur yang diinginkan,  $dx, dy, dz, \dots$ 
- For  $i = 1$  to  $M$  do begin
  - Hitung nilai komponen affine  $a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, f_i, g_i$   $i = 1, 2, 3, \dots, N$ )
  - Buat Grafik interpolasi fraktal;
  - Tambahkan  $x, y$  dan  $z$  dengan delta  $dx, dy$  dan  $dz;$ 
end;
end.
```

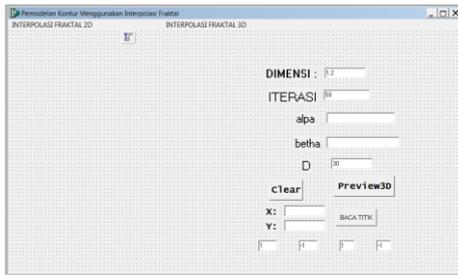
Cuplikan program komputer (Delphi) untuk membuat grafik interpolasi fraktal 3 dimensi adalah sebagai berikut :

```

X := 0; y := 0; z := 0; Np := 15000;
for i:=1 to Np do begin
  r:=random;
  if r<=p[1] then k:=1 else
    if r<=(p[1]+p[2]) then k:=2 else
      if r<=(p[1]+p[2]+p[3]) then k:=3 else k:=4;
  xw := a[k]*x+tx[k];
  yw := b[k]*x+d1[k]*y+d2[k]*z+ty[k];
  zw := c[k]*x+d3[k]*y+d4[k]*z+tz[k];
  Window_to_Viewport (xw,yw,zw,xv,yv);
  if i>10 then Canvas.Pixels[xv,yv]:=clblack;
  x := xw; y := yw; z := zw; end;
```

Cuplikan program untuk proses pemodelan kontur menggunakan interpolasi fraktal 3 dimensi adalah sebagai berikut :

```
procedure Interpolasi();
Var JT,iter,xv,yv: integer;
    a,b,c,d1,d2,d3,d4,tx,ty,tz,P : array[0..10] of real;
    Dm,r,x,y,z,xb,yb,zb,S : extended; sx,sy,sz : string;
begin
    xwmin:=0;xwmax:=5;ywmin:=0;ywmax:=5; xvmin:=10;xvmax:=510;yvmin:=10;yvmax:=510;
    N:=4;
    for i:=1 to 4 do begin
        d2[i]:=0.001;d3[i]:=0.001; d4[i]:=0.001;
    end;
    Dm:=strtofloat(form1.edit5.text);
    d1[1]:=c1*exp((Dm-2)*LN(N));d1[2]:=c2*exp((Dm-2)*LN(N));
    d1[3]:=c3*exp((Dm-2)*LN(N));d1[4]:=c4*exp((Dm-2)*LN(N));
    Xk[0]:=0;Xk[1]:=2.5;Xk[2]:=5;Xk[3]:=7.5;Xk[4]:=10;
    Yk[0]:=1;Yk[1]:=2.5;Yk[2]:=1.5;Yk[3]:=2.9;Yk[4]:=1;
    Zk[0]:=0;Zk[1]:=0;Zk[2]:=0; Zk[3]:=0;Zk[4]:=0;
    for iter:=1 to M do begin
        Zk[0]:=Zk[0]+10/M; Zk[1]:=Zk[1]+10/M; Zk[2]:=Zk[2]+10/M; Zk[3]:=Zk[3]+10/M;
        Zk[4]:=Zk[4]+10/M;
        for i:=1 to n do begin
            a[i]:=(Xk[i]-Xk[i-1])/(Xk[N]-Xk[0]);
            b[i]:=(Yk[i]-Yk[i-1])/(Xk[N]-Xk[0])-d1[i]*(Yk[N]-Yk[0])/(Xk[N]-Xk[0])-
                d2[i]*(Zk[N]-Zk[0])/(Xk[N]-Xk[0]);
            c[i]:=(Zk[i]-Zk[i-1])/(Xk[N]-Xk[0])-d3[i]*(Zk[N]-Zk[0])/(Xk[N]-Xk[0])-
                d4[i]*(Zk[N]-Zk[0])/(Xk[N]-Xk[0]);
            tx[i]:=(Xk[N]*Xk[i-1]-Xk[0]*Xk[i])/(Xk[N]-Xk[0]);
            ty[i]:=(Xk[N]*Yk[i-1]-Xk[0]*Yk[i])/(Xk[N]-Xk[0])-d1[i]*(Xk[N]*Yk[0]-
                Xk[0]*Yk[N])/(Xk[N]-Xk[0])-d2[i]*(Xk[N]*Zk[0]-Xk[0]*Zk[N])/(Xk[N]-Xk[0]);
            tz[i]:=(Xk[N]*Zk[i-1]-Xk[0]*Zk[i])/(Xk[N]-Xk[0])-d3[i]*(Xk[N]*Yk[0]-
                Xk[0]*Yk[N])/(Xk[N]-Xk[0])-d4[i]*(Xk[N]*Zk[0]-Xk[0]*Zk[N])/(Xk[N]-Xk[0]);
        end;
        S:=0;
        for i:=1 to N do s:=s+abs(a[i]*d1[i]*d4[i]);
        for i:=1 to N do
            if (a[i]*d1[i]*d4[i])=0 then p[i]:=0.001
            else p[i]:=abs(a[i]*d1[i]*d2[i])/s;
        x:=0;y:=0;z:=0;JT:=15000;
        for i:=1 to JT do begin
            r:=random;
            if r<=p[1] then k:=1 else
                if r<=(p[1]+p[2]) then k:=2 else
                    if r<=(p[1]+p[2]+p[3]) then k:=3 else k:=4;
            xb:=a[k]*x+tx[k];
            yb:=b[k]*x+d1[k]*y+d2[k]*z+ty[k];
            zb:=c[k]*x+d3[k]*y+d4[k]*z+tz[k];
            convert(xb,yb,zb,xv,yv);
            if i>10 then begin
                Canvas.Pixels[xv,yv]:=clblack;
                Pw[iter,i].x:=xb;Pw[iter,i].y:=yb;Pw[iter,i].z:=zb;
            end;
            x:=xb;y:=yb;z:=zb;
        end;
    end;
end;
```



Gambar 5. Rancangan Tampilan Utama

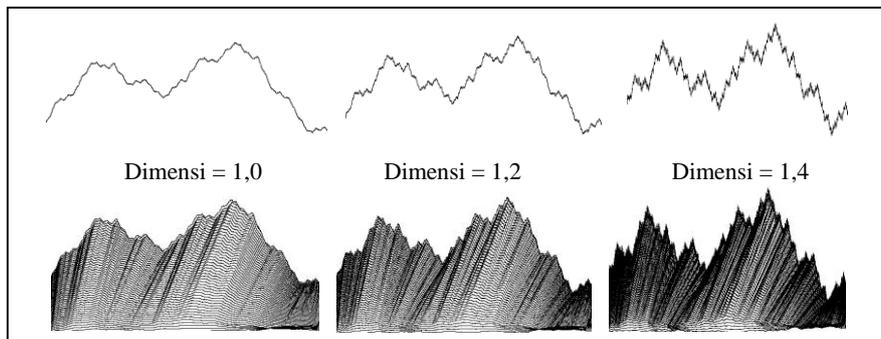
Gambar 5. Menunjukkan rancangan tampilan dari program yang dibuat hanya terdiri 1 tampilan utama yang mempunyai fasilitas untuk membuat model kontur menggunakan interpolasi fraktal 2 dimensi dan 3 dimensi, juga terdapat fasilitas perubahan parameter antara lain dimensi, banyak iterasi, titik-titik interpolasi, koefisien dari faktor skala vertikal serta sudut pandang untuk view 3 dimensi

3. Analisis Hasil Program Pemodelan Kontur menggunakan interpolasi Fraktal.

Model kontur yang dihasilkan dari program sangat beragam karena adanya banyak parameter yang dapat diubah ubah secara interaktif, analisis hasil program untuk masing-masing parameter adalah sebagai berikut :

a. Parameter Dimensi

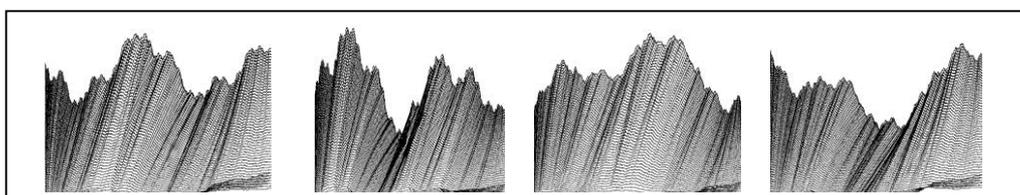
Dimensi yang diinginkan dari grafik interpolasi fraktal dapat menghasilkan kontur yang berbeda, semakin tinggi dimensinya semakin terlihat kekasaran grafik dan konturnya, Gambar 6. menunjukkan hasil grafik interpolasi 2 dimensi dan hasil konturnya untuk beberapa nilai dimensi yaitu 1,0 , 1,2 dan 1,4.



Gambar 6. Grafik interpolasi fraktal 2D dan hasil konturnya berdasarkan dimensi

b. Parameter koordinat titik interpolasi

Faktor yang sangat menentukan bentuk kontur yang dihasilkan adalah banyaknya titik interpolasi dan koordinatnya, semakin banyak jelas semakin kompleks kontur yang dihasilkan, pada penelitian ini dibatasi banyaknya titik interpolasi adalah 5, sehingga yang bisa diubah ubah adalah koordinat ke 5 titik interpolasinya yaitu dapat ditentukan secara interaktif terserah pengguna program hanya ada syarat menentukan ke 5 titiknya terurut dari kiri ke kanan berdasarkan nilai x. Gambar 7. menunjukkan hasil kontur yang berbeda beda karena pemilihan ke 5 titik interpolasinya berbeda semua sedangkan parameter lainnya, seperti dimensi, koefisien faktor skala dll. dibuat sama.

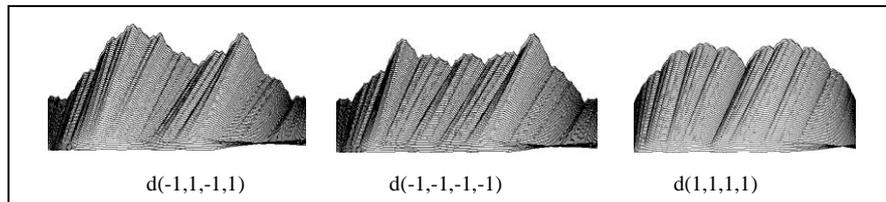


Gambar 7. Hasil kontur dengan titik interpolasinya berbeda beda

c. Parameter faktor skala vertikal

Faktor skala vertikal adalah faktor yg akan menentukan bentuk grafik interpolasinya secara vertikal yaitu nilai y nya, yang pada SFI interpolasinya adalah parameter d, untuk interpolasi fraktal 3 dimensi adalah d1, d2, d3, d4. Faktor skala vertikal ini sangat erat hubungannya dengan dimensi grafik interpolasinya, sudah dibahas di atas. Untuk nilai dimensi yang sama bentuk grafik interpolasinya bisa berbeda beda hal ini karena adanya koefisien

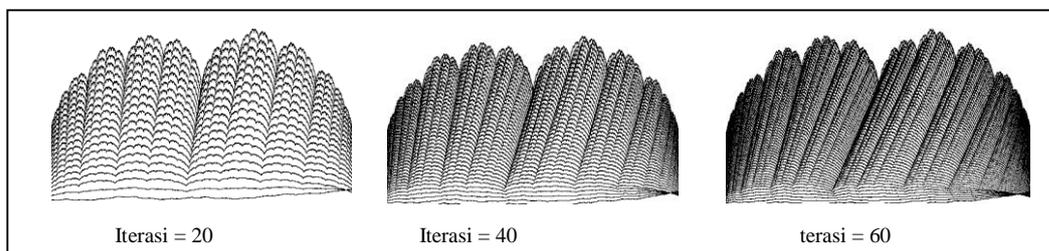
dari parameter d yang dibuat berbeda beda, koefisien yang dimaksud adalah sebagai berikut : $d_1 = c_1 N^{Dm-2}$; $d_2 = c_2 N^{Dm-2}$; $d_3 = c_3 N^{Dm-2}$; $d_4 = c_4 N^{Dm-2}$ dimana $N = 4$, Dm adalah dimensi dan c_1, c_2, c_3, c_4 adalah koefisien yang dimaksud, pada penelitian ini nilai nya -1 atau 1. Gambar 8. menunjukkan hasil kontur berbagai nilai koefisien dari d , dengan nilai parameter lainnya dibuat sama, yaitu dimensi = 1 dan banyak iterasi = 60.



Gambar 8. Hasil kontur dengan berbagai nilai koefisien d

d. Parameter banyaknya iterasi

Banyaknya iterasi, yaitu M , juga sangat berpengaruh pada kontur yang dihasilkan, semakin banyak iterasinya semakin halus konturnya, Gambar 9. menunjukkan hasil kontur fraktal berbagai nilai banyak iterasi sedangkan nilai parameter lainnya dibuat sama yaitu dimensi = 1,3.



Gambar 9. Hasil kontur dengan berbagai nilai iterasi

Waktu yang dibutuhkan dalam proses pemodelan kontur menggunakan interpolasi fraktal sangat bergantung pada banyaknya iterasi (M) yang dipilih serta banyak titik dari grafik interpolasinya (N_p), dari algoritmenya terlihat mempunyai kompleksitas waktu $O(M.N_p) = O(n)$, linear terhadap banyaknya titik pada kontur, dengan asumsi banyaknya titik interpolasi dianggap konstan.

Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah berhasil disusun algoritme dan program untuk melakukan pemodelan kontur menggunakan interpolasi fraktal baik 2 dimensi maupun 3 dimensi.
2. Pembuatan kontur dilakukan dengan melakukan penggambaran grafik interpolasi fraktal berkali kali dengan iterasi berdasarkan perubahan koordinat titik-titik interpolasinya.
3. Program yang dibuat dapat melakukan pemodelan kontur secara interaktif untuk mendapatkan kontur yang beragam.
4. Keragaman model kontur dapat diperoleh dengan pengaturan nilai beberapa parameter, yaitu dimensi, koordinat titik-titik interpolasi, faktor skala vertikal dan banyak iterasi yang dilakukan.

Daftar Pustaka

- [1] Barnsley, M., 1988, "Fractals Everywhere", Academic Press, Inc., New York.
- [2] Liu, L. dkk., 2014, "3D Seabed Terrain Establishment Based on Moving Fractal Interpolation", 978-1-4799-5372-1/14 \$31.00 ©2014 IEEE.
- [3] Manusopoulos, P. dkk., 2007, "Effective representation of 2D and 3D data using fractal interpolation", 2007 International Conference on Cyberworlds, 0-7695-3005-2/07 \$25.00 ©2007 IEEE.
- [4] Sun, H., 2010, "Application of Fractal Interpolation in the Law of Mining Subsidence", 2010 Sixth International Conference on Natural Computation (ICNC 2010).
- [5] Uemura, S. dkk., 2002, "Efficient Contour Shape Description By Using Fractal Interpolation Functions", 0-7803-7622-6/02/\$17.00 ©2002 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.