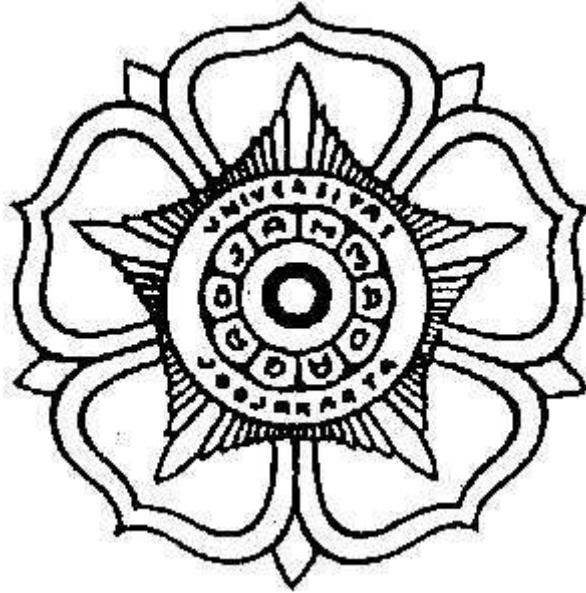


# **Laporan Akhir Program Kreativitas Mahasiswa (PKM)**



**Pembuatan Software Explorasi Fractal  
Jenis kegiatan: PKMM**

**Anggota:**

Agro Rachmatullah (03/165399/PA/09374)

Wijaya Adhi Surya (03/165672/PA/09459)

Danik Juliastuti (03/166504/PA/09412)

Iqbal Miftahul Ilmi (01/147308/PA/08602)

Ahmad Dian Safira (03/169401/PA/09708)

**Dosen Pendamping**

Drs. Janoe Hendarto, M.Kom. (131 789 763)

**Fakultas Matematika dan  
Ilmu Pengetahuan Alam  
Yogyakarta  
2005**

## **Program Kreativitas Mahasiswa**

1. Judul kegiatan : Pembuatan Software Explorasi Fractal
  2. Bentuk kegiatan : PKMM
  3. Ketua pelaksana : Agro Rachmatullah (03/165399/PA/09374)
  4. Anggota lain
    - a) Wijaya Adhi Surya (03/165672/PA/09459)
    - b) Danik Juliastuti (03/166504/PA/09412)
    - c) Iqbal Miftahul Ilmi (01/147308/PA/08602)
    - d) Ahmad Dian Safira (03/169401/PA/09708)
- (semua anggota dari program studi Ilmu Komputer fakultas MIPA UGM)
5. Dosen Pendamping : Drs. Janoe Hendarto, M.Kom. (131 789 763)
  6. Biaya kegiatan
    - a) DIKTI : Rp 2.000.000,00

Yogyakarta, 30 April 2005

Dosen pendamping,

Ketua pelaksana,

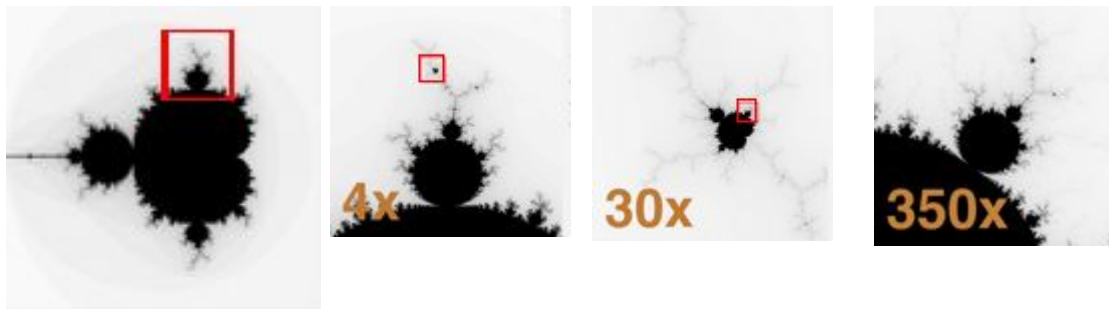
Drs. Janoe Hendarto, M.Kom.  
131 789 763

Agro Rachmatullah  
03/165399/PA/09374

## A. Latar Belakang Masalah

### i. Apa itu Fractal?

Fractal adalah benda geometri dengan sifat-sifat tertentu yang “aneh” dan “menarik”. Contoh sifat-sifatnya adalah kemiripan terhadap diri sendiri dan detail bentuk yang tidak pernah habis walaupun gambarnya diperbesar. Di bawah ditunjukkan sebuah contoh fractal.



Sebuah himpunan Mandelbrot yang diperbesar hingga 350x.

Geometri fractal adalah cabang matematika yang relatif baru. Istilah fractal dimunculkan oleh Benoit Mandelbrot pada tahun 1975 dari bahasa Latin fractus yang berarti “patah”. Dalam banyak hal, fractal berbeda dengan benda-benda geometri yang biasa dikenal seperti potongan garis, lingkaran, persegi panjang, dan segitiga. Secara visual hal ini sangat jelas.

Beberapa contoh fractal adalah himpunan Mandelbrot (ditunjukkan di atas), himpunan Julia, fractal Lyapunov, himpunan Cantor, karpet beserta segitiga Sierpinski, kurva Peano, dan salju Koch. Beberapa gambar fractal dapat dilihat di lampiran.

### ii. Aplikasi Fractal

Berbagai jenis fractal pada awalnya dipelajari sebagai benda-benda matematis, dan kata “fractal” sendiri telah diberi beberapa definisi oleh matematikawan. Selain merupakan objek matematika yang menarik, misterius, dan indah, ilmu fractal telah diaplikasikan ke teknologi, seni, dan berbagai bidang sains. Inilah beberapa contohnya:

**Ilmu komputer:** Fractal menjadi dasar dalam dibuatnya beberapa algoritma modern, contohnya algoritma kompresi gambar fractal dan algoritma texture mapping fractal.

**Ilmu alam:** Banyak benda-benda alami seperti tanaman, sistem geologi, sistem transportasi darah hewan, dan awan yang dapat direpresentasikan dengan fractal. Fenomena-fenomena alam seperti pertumbuhan pohon, perubahan populasi, dan terbentuknya muara sungai juga dapat dimodel dan dianalisa dengan ilmu fractal.

**Seni:** Kini telah banyak dibuat lukisan-lukisan fractal dan sudah ada juga yang membuat musik fractal.

### **iii. Adanya suatu Kesenjangan**

Di dunia penelitian internasional, geometri fractal adalah salah satu cabang matematika yang saat ini aktif diteliti dan dikembangkan. Berbagai hasil penelitian muncul secara berkala baik yang berkaitan dengan perkembangan geometri fractal sendiri maupun penerapannya pada bidang ilmu lain.

Ketertarikan pada bidang fractal tidak hanya terbatas di dunia universitas. Di beberapa sekolah di luar negeri, benda-benda fractal sudah mulai diperkenalkan sejak SD. Murid-murid diajak untuk mengenali berbagai bentuk fractal, menyadari keberadaan fractal-fractal alami, sampai membuat beberapa bangun fractal.

Di Indonesia keadaannya jauh berbeda. Riset tentang fractal atau riset yang menggunakan fractal sebagai alat masih sangat sedikit. Bahkan banyak orang di kalangan akademik yang belum mengenal fractal. Tidak diragukan lagi bahwa keberadaan dan penggunaan geometri fractal akan semakin terasa di masa yang akan datang. Pemahaman tentang fractal tentunya diperlukan kalau kita ingin sumber daya manusia yang kompetitif secara global.

### **iv. Ketersediaan Software Fractal**

Sebetulnya sudah tersedia software-software fractal seperti Ultra Fractal dan Fractal

Vision, namun ada beberapa kekurangan yang bisa menghambat penggunaannya bagi masyarakat Indonesia:

1. Software-software yang disebutkan merupakan produk komersial sehingga untuk menggunakannya dibutuhkan biaya yang tidak sedikit.
2. Untuk bisa menggunakan software tersebut dengan efektif, kita perlu mengikuti panduan/help yang disediakan. Padahal panduan yang ada hanya tersedia dalam Bahasa Inggris.

Karena hal itulah kami merasa bahwa dengan mengembangkan software fractal yang mengatasi kedua masalah yang disebutkan di atas, kami bisa memberikan sumbangan yang berarti bagi dunia akademik Indonesia.

## **B. Perumusan Masalah**

Masalah yang dihadapi adalah bagaimana membuat software bebas (free) berbahasa Indonesia yang dapat digunakan untuk mengeksplorasi dunia geometri fractal. Maksudnya software tersebut dapat digunakan untuk membuat berbagai bangun fractal dan menyelidiki sifat-sifatnya secara visual.

Inilah penguraian masalahnya secara lebih spesifik:

- Bagaimana agar software tersebut mudah dipakai, namun juga memiliki fitur-fitur tingkat lanjut yang membuatnya layak digunakan sebagai alat penelitian
- Bagaimana agar software tersebut dapat berjalan di berbagai sistem operasi, misalnya GNU/Linux dan Windows.
- Bagaimana menyertakan dokumentasi untuk membantu penggunaan program
- Bagaimana memperkenalkan software tersebut kepada masyarakat luas (secara khususnya kalangan akademik)

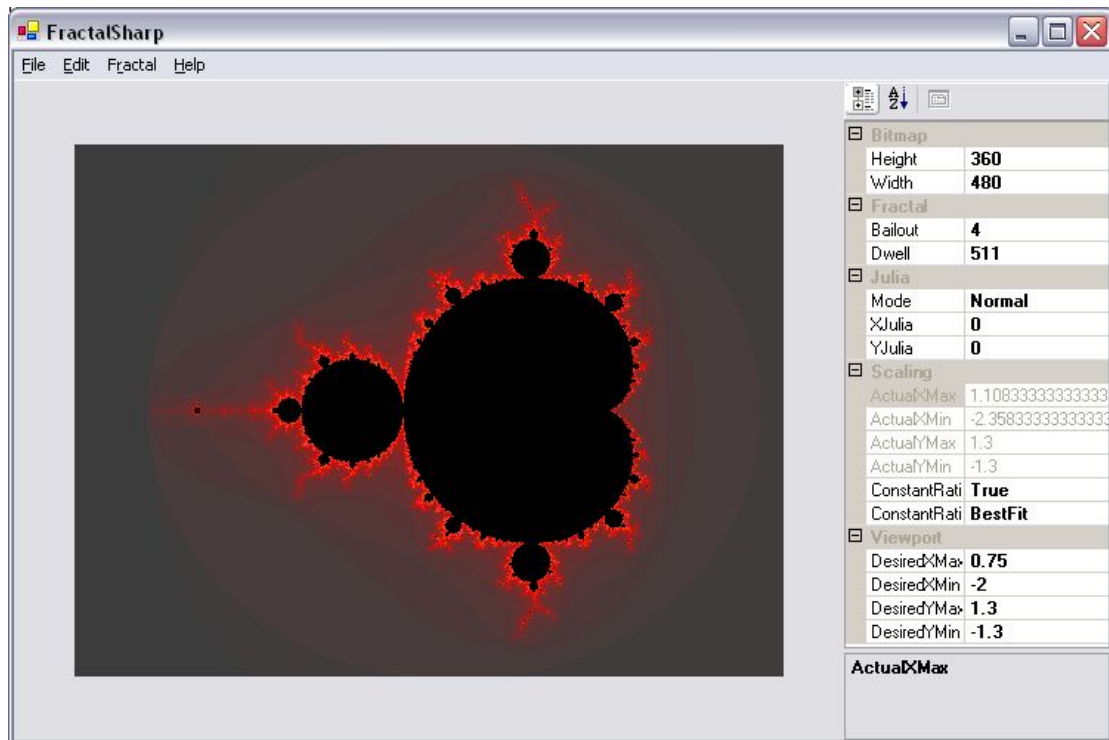
Beberapa kegunaan yang diharapkan dari program yang dihasilkan:

- Mengenalkan Fractal kepada masyarakat Indonesia, khususnya kalangan akademik, sehingga tumbuh apresiasi terhadap bidang ilmu tersebut
- Menimbulkan minat untuk mempelajari Fractal secara lebih mendalam
- Sebagai alat bantu belajar bagi mereka yang mempelajari Fractal
- Sebagai alat penelitian di bidang Fractal
- Sebagai software untuk menghasilkan berbagai karya seni Fractal

## C. Hasil Kegiatan

### i. Tinjauan Umum

Kegiatan dimulai pada Maret 2005 dan selesai pada Juni 2005. Dalam jangka waktu 4 bulan tersebut kami berhasil membuat program yang dideskripsikan pada bagian “Perumusan Masalah”. Inilah tampilan awal program saat dijalankan:



Program yang kami buat diberi nama FractalSharp. Program tersebut dibuat sepenuhnya dengan bahasa C# dan berjalan di atas CLR. Artinya, program tersebut dapat berjalan di sistem operasi apapun asalkan terdapat CLR dan pustaka kelas yang diperlukan. Untuk menjalankannya di Windows, Microsoft .NET Framework 1.1 perlu terinstall. Untuk menjalankannya di Linux, Mono 1.1.8 atau yang lebih baru perlu terinstall.

Program tersebut berlisensi GPL jadi siapapun bebas menggunakannya dan melihat kode sumbernya. Program tersebut bisa didapatkan di internet dari web site

<http://agro.web.ugm.ac.id/fractalsharp.htm>.

## ii. Fractal yang didukung

FractalSharp mendukung cukup banyak Fractal. Fractal-fractal yang bisa digambar

oleh FractalSharp adalah:

- Mandelbrot beserta Julia yang bersangkutan ( $f(z) = z^2 + C$ )
- Mandelbrot3 beserta Julia yang bersangkutan ( $f(z) = z^3 + C$ )
- Mandelbrot4 beserta Julia yang bersangkutan ( $f(z) = z^4 + C$ )
- Mandelbrot5 beserta Julia yang bersangkutan ( $f(z) = z^5 + C$ )
- Mandelbrot6 beserta Julia yang bersangkutan ( $f(z) = z^6 + C$ )
- Barnsley1 beserta Julia yang bersangkutan
- Barnsley2 beserta Julia yang bersangkutan
- Barnsley3 beserta Julia yang bersangkutan
- Spider beserta Julia yang bersangkutan
- ManOWar beserta Julia yang bersangkutan
- Lambda
- Sierpinski Gasket yang menggunakan algoritma escape-time
- Pohon fractal sederhana
- IFS (termasuk di dalamnya adalah segitiga Sierpinski, Barnsley's Fern, dan debu Cantor)
- Fractal yang dibuat dengan initiator dan generator (termasuk di dalamnya adalah salju Koch dan kurva Gosper)
- Atraktor Lorenz
- Diagram bifurkasi ( $f(x) = kx(1 - x)$ )
- Atraktor Pickover

## iii. Mode Pewarnaan

Beberapa fractal seperti himpunan Mandelbrot dapat diwarnai menggunakan algoritma tertentu. Algoritma-algoritma pewarnaan yang didukung oleh FractalSharp adalah:

- Pewarnaan grayscale
- Pewarnaan konstan
- Pewarnaan menggunakan pallete
- Pewarnaan sinus
- 11 buah pewarnaan yang didefinisikan oleh program fractal Xaos

## iv. Shape Editor

Untuk fractal InitiatorGenerator, kita dapat menentukan bentuknya dengan memasukkan koordinat-koordinat bentuk awal dan koordinat-koordinat generator. Hal tersebut memungkinkan kita mengisi nilai-nilai yang akurat, namun cukup melelahkan. Untuk bereksperimen secara grafis, disediakan fasilitas shape editor.

Dengan shape editor kita bisa secara cepat membuat bentuk initiator dan generator.

Shape editor juga dilengkapi fasilitas untuk menyimpan bentuk ke file dan meload bentuk yang telah disimpan dalam file.

#### **v. Copy to Clipboard**

FractalSharp memungkinkan kita untuk menyalin gambar fractal yang telah dibuat ke clipboard. Setelah disalin ke clipboard, gambar dapat dimasukkan ke program lain misalnya word processor dan image editor.

#### **vi. Save Image**

Terdapat fitur save image yang memungkinkan kita untuk menyimpan gambar fractal ke dalam suatu file secara langsung.

#### **vii. Dokumentasi**

Disertakan tutorial yang menjelaskan cara-cara menggunakan FractalSharp. Tutorial tersebut ditulis menggunakan bahasa Indonesia.

#### **viii. Pengembangan Lebih Lanjut**

Segala pengembangan lebih lanjut akan diberitakan di web site

<http://agro.web.ugm.ac.id/fractalsharp.htm>.

## **Lampiran A. Sejarah Singkat Fractal**

Di dalam bukunya, "Fractal Programming in C", Roger T. Stevens mengatakan bahwa selama berabad-abad, matematikawan merasa nyaman dengan intuisi mereka saat mereka menuliskan suatu sistem persamaan. Persamaan-persamaan yang sederhana akan menghasilkan solusi yang sederhana juga. Persamaan-persamaan yang ditulis juga dapat divisualisasikan dengan cukup mudah.

Namun di akhir abad 19 dan di awal abad 20, matematikawan seperti Cantor, von Koch, dan Peano mulai menggambar kurva-kurva yang belum pernah dikenal matematikawan sebelumnya. Kurva-kurva tersebut pada umumnya tidak bisa dicari turunannya, dan mereka memiliki kemiripan terhadap diri sendiri (bentuk dari sebuah segmen kurva tersebut sama dengan bentuk dari segmen yang lebih besar lagi). Panjang mereka tidak bisa dengan mudah diukur dan didefinisikan.

Matematikawan tradisional menjuluki kurva-kurva tersebut "monster" dan "patologis" dan lebih memilih untuk menghiraukan mereka. Karena tidak adanya perlengkapan modern seperti komputer, tidak banyak kemajuan yang terjadi selama sekitar satu abad sebab menggambar kurva-kurva tersebut dengan tangan membutuhkan waktu yang sangat lama dan melelahkan.

Revolusi mulai terjadi sekitar tahun 1961. Edward Lorenz dari MIT waktu itu sedang mengembangkan sebuah model yang memungkinkan prediksi cuaca yang lebih akurat. Modelnya sepertinya merepresentasikan pola-pola cuaca dengan cukup baik, yang jika dijalankan memprediksi hasil yang mirip dengan cuaca yang sebenarnya terjadi.

Suatu hari, Lorenz mengulangi simulasinya untuk menganalisisnya secara lebih teliti. Dia memasukkan datanya dan menjalankan simulasinya. Dia sangat kaget karena pada awalnya hasilnya sama dengan simulasi sebelumnya namun semakin lama semakin berbeda. Setelah memastikan bahwa tidak ada kesalahan di programnya, dia akhirnya

sadar kalau penyebabnya adalah bahwa angka yang dia masukkan beda di decimal ke empat dibandingkan angka sebelumnya.

Ini sepertinya merupakan berita buruk bagi bidang prediksi cuaca, jika setelah periode beberapa minggu pola cuaca yang diprediksi akan jauh berbeda karena input yang kurang akurat (misal beda mulai decimal ke 4). Sepertinya kemungkinannya kecil bahwa kita dapat mengumpulkan data yang begitu akurat untuk melakukan prediksi jangka panjang. Akhirnya Lorenz menyederhanakan modelnya menjadi tiga persamaan diferensial sederhana, dan kurva-kurva yang dibentuk olehnya dinamakan “Lorenz attractors”. “Lorenz attractors” pada akhirnya akan menjadi salah satu benda yang dipelajari dalam geometri fractal.

Komputer digital yang semakin banyak tersedia membuat investigasi fractal menjadi bidang yang menarik banyak peneliti. Sekitar tahun 1970, Benoit Mandelbrot dari Pusat Riset Thomas J. Watson IBM sedang memusatkan perhatiannya pada kurva-kurva Peano dan van Koch. Pada masa itulah Mandelbrot melahirkan istilah “Fractal” beserta definisi matematisnya. Mandelbrot adalah orang pertama yang menggunakan komputer digital untuk menginvestigasi fractal secara mendalam, dan waktu itu hasilnya tidaklah disambut dengan baik oleh matematikawan tradisional.

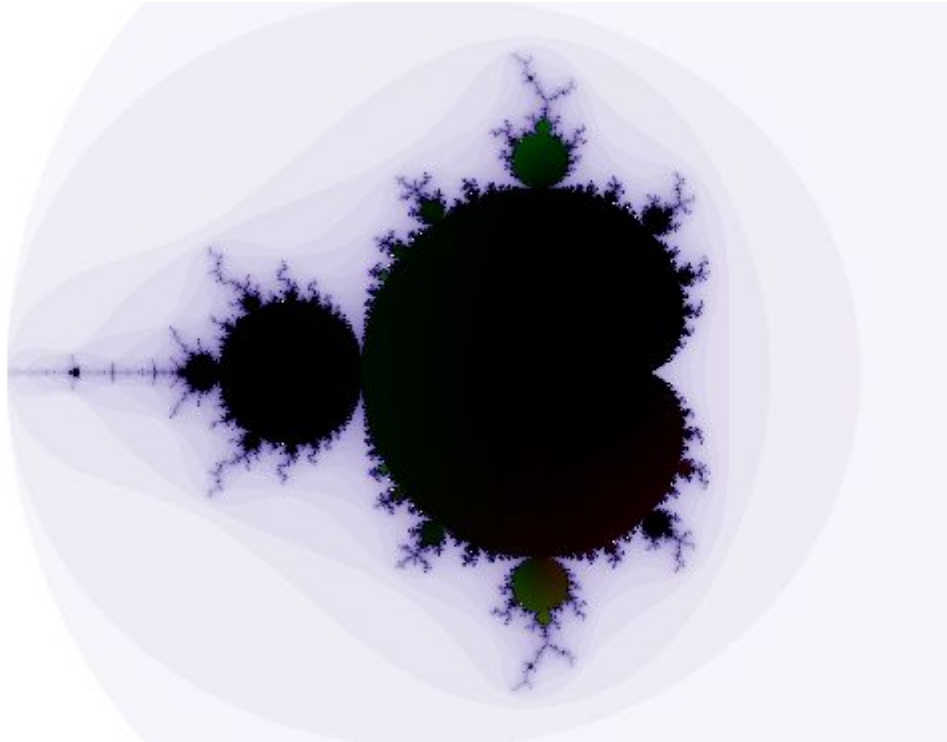
Mandelbrot mengatakan bahwa sebagaimana bangun-bangun dalam geometri tradisional adalah cara yang alami untuk melambangkan benda-benda buatan manusia (persegi, lingkaran, segitiga, dsb), maka bangun-bangun fractal adalah cara yang alami untuk melambangkan benda-benda alami seperti pohon, pegunungan, dan awan.

Saat ini fractal telah diaplikasikan ke banyak bidang. Selain memiliki nilai seni fractal juga memungkinkan kita merepresentasikan hal-hal yang muncul di alam. Lebih dari itu, fractal juga muncul secara alami dalam model-model matematis untuk fenomena-fenomena yang beragam mulai dari prediksi cuaca, aliran turbulen dalam fluida, dan

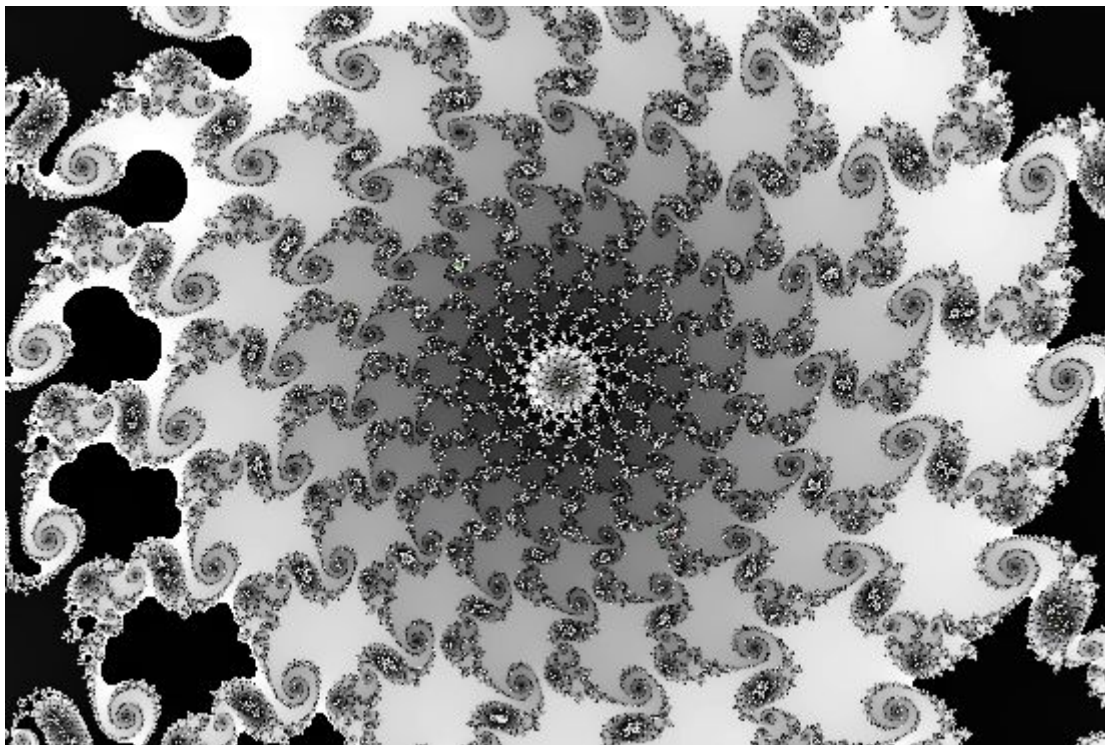
pertumbuhan populasi. Fractal juga berguna dalam transformasi dimensi yang bisa digunakan untuk representasi dan kompresi data gambar. Model fractal yang memprediksi naik turunnya harga saham juga telah dibuat dengan prediksi yang lebih akurat dari model sebelumnya. Jadi, mengabaikan nilai artistik fractal, pertanyaan terbaik dari pertanyaan “Apa kegunaan fractal?” adalah “Fractal sepertinya menjadi solusi dari berbagai masalah yang dulunya tidak terjawab di berbagai bidang keilmuan”.

## Lampiran B. Gambar-Gambar Fractal

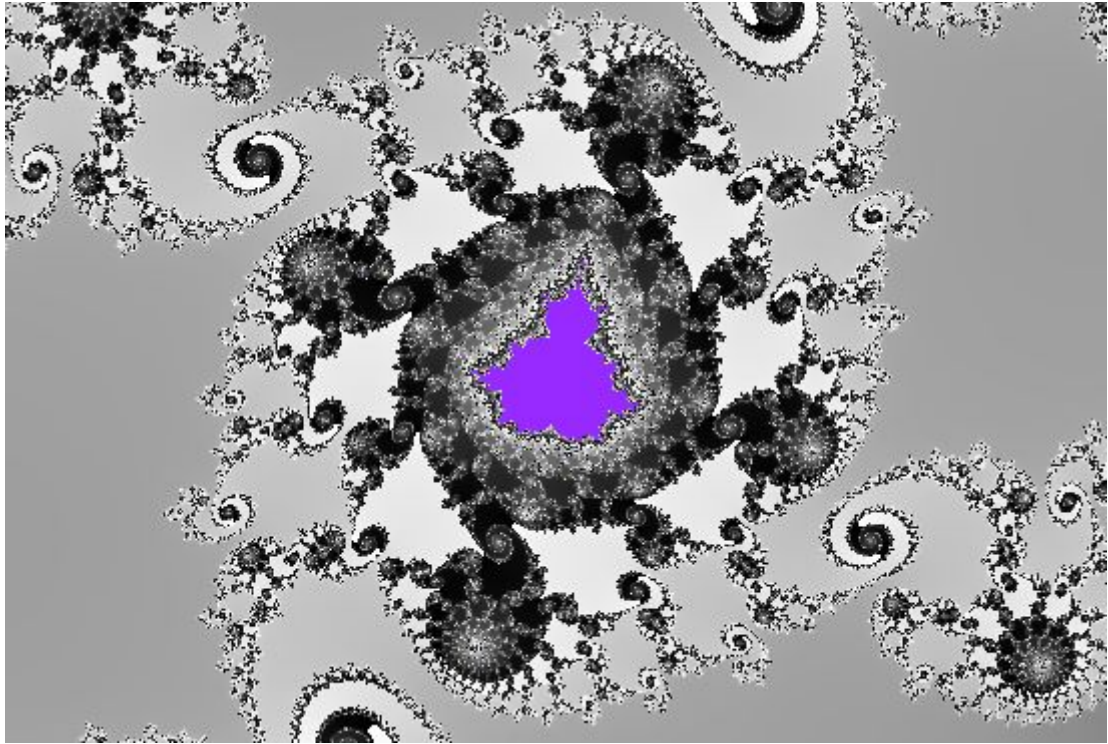
Semua gambar di bagian ini dibuat dengan FractalSharp.



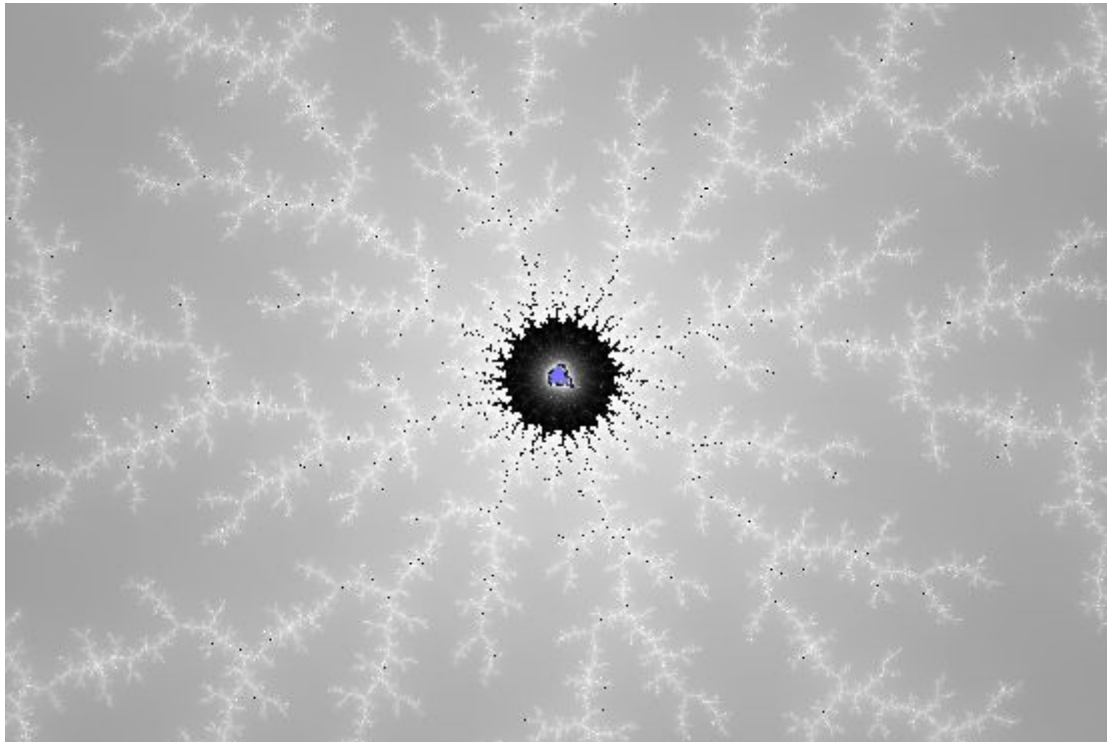
Mandelbrot [-2, 0.75] x [-1.3, 1.3]



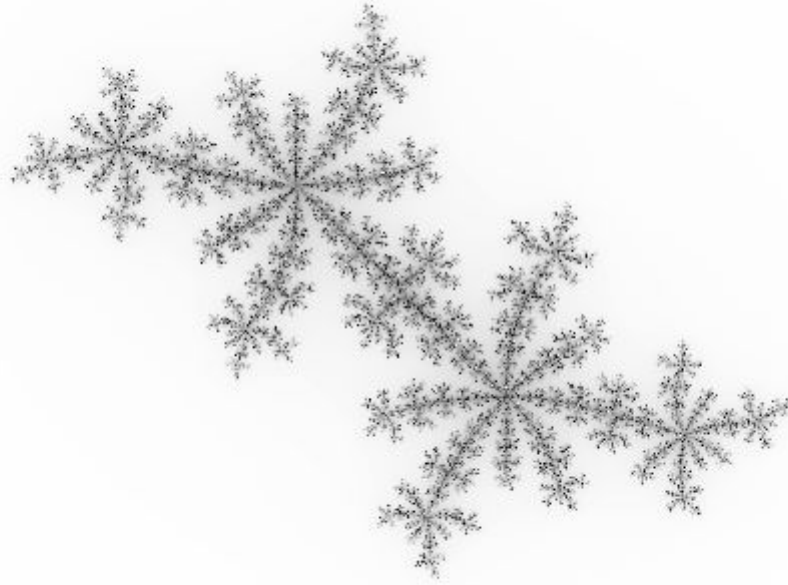
Mandelbrot [-0.76310068751252358, -0.76304171435479551] x  
[0.094708396684186763, 0.094668723832624258]



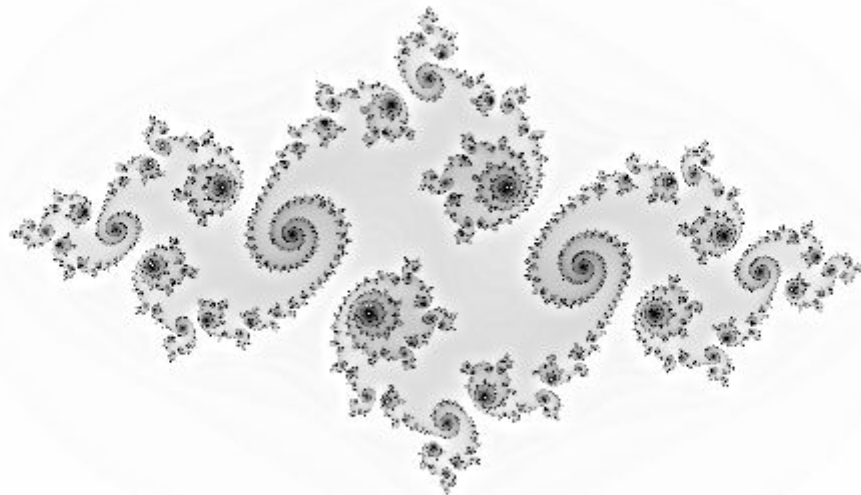
Mandelbrot [-0.76285885996910763, -0.76282937339024348] x  
[0.094948772233999668, 0.094928935808218345]



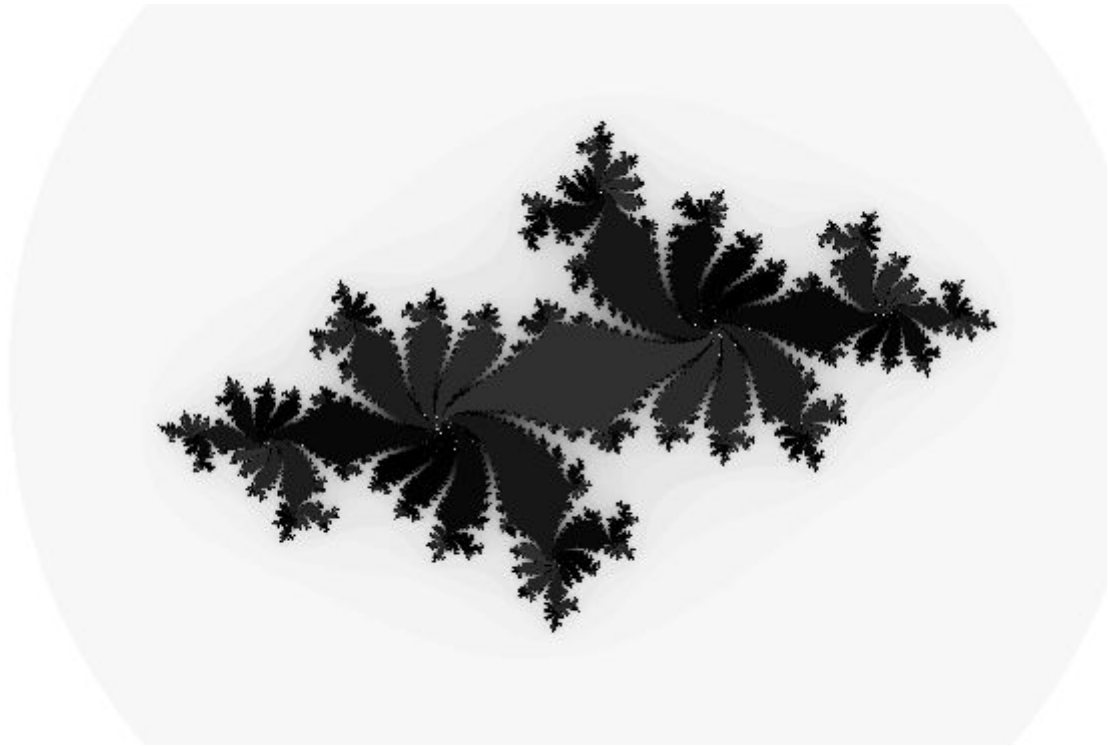
Mandelbrot [-0.09127443206881565, -0.091274431168956519] x  
[0.90283573800027583, 0.9028357386056356]



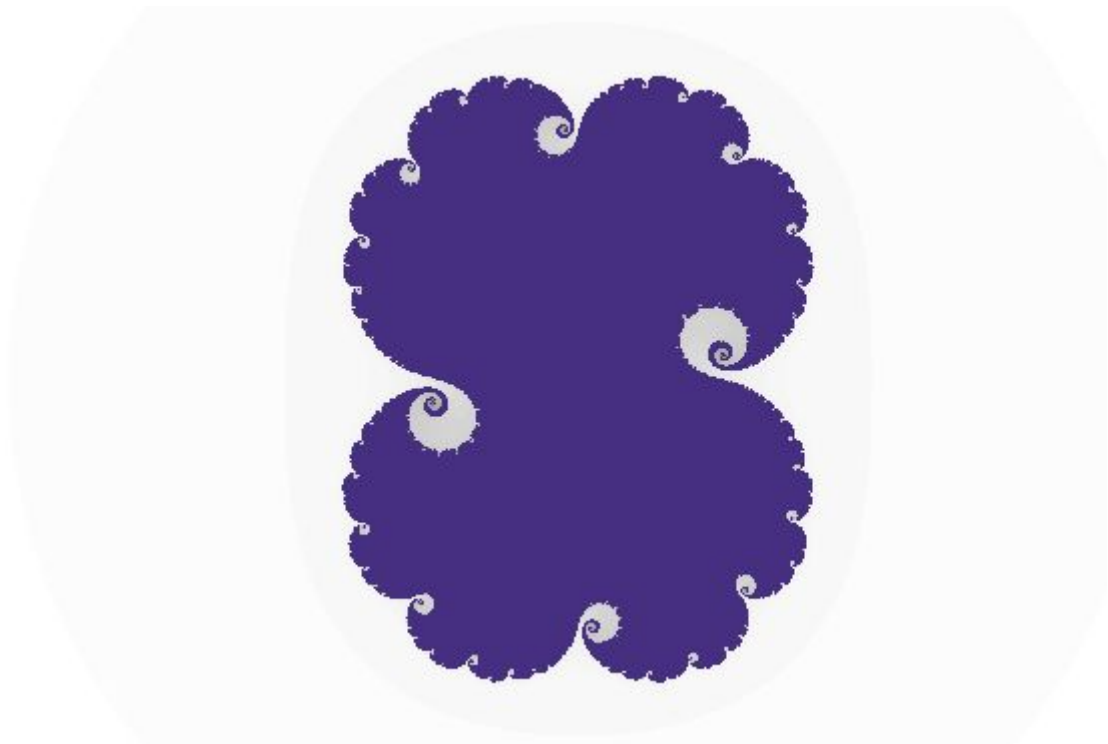
Mandelbrot (mode Julia (-0.3680463250135384, 0.6447154471544716))  
[-1.9696069019839517, 1.8952579628809132] x [-1.268292682926829,  
1.3317073170731708]



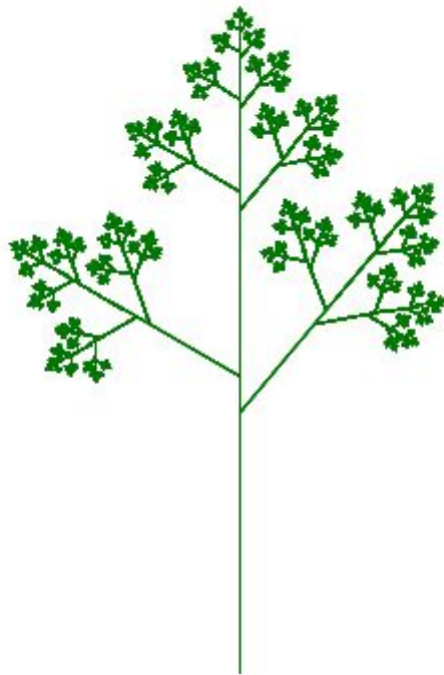
Mandelbrot (mode Julia (-0.76755649091714784, 0.11449864498644968))  
[-2.01008590557771, 1.8547789592871551] x [-1.2911924119241196,  
1.3088075880758805]



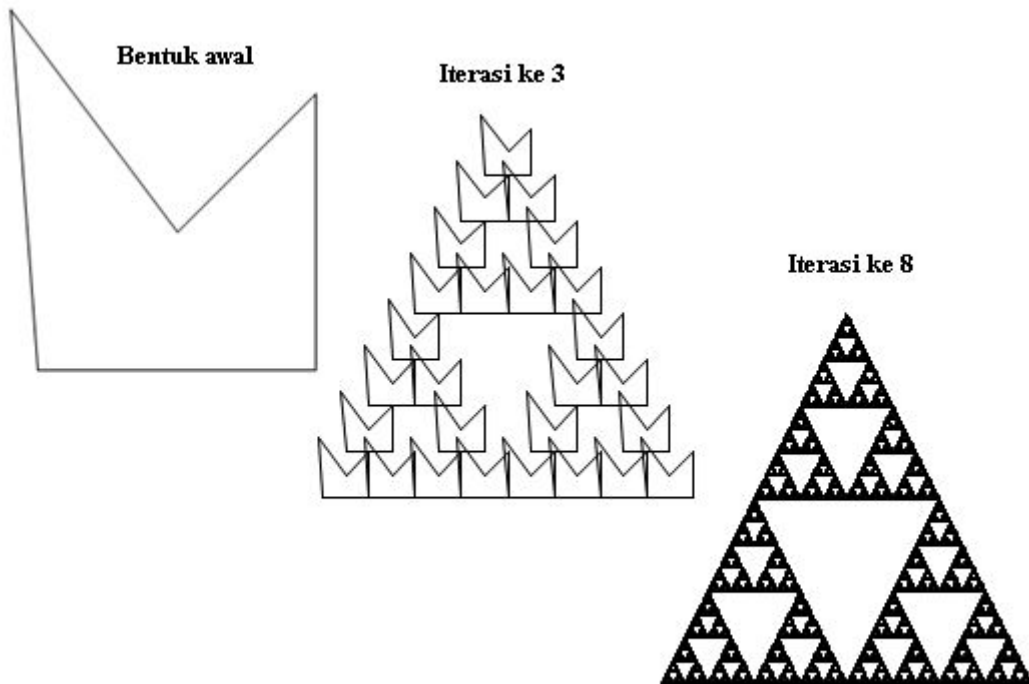
Mandelbrot (mode Julia (-0.67251883030571635, -0.3329268292682932))  
[-2.01008590557771, 1.8547789592871551] x [-1.2911924119241196,  
1.3088075880758805]



Mandelbrot (mode Julia (0.25673829567272088, -0.0017615176151764))  
[-2.01008590557771, 1.8547789592871551] x [-1.2911924119241196,  
1.3088075880758805]



Pohon fractal IFS



Demonstrasi konvergensi IFS segitiga Sierpinski

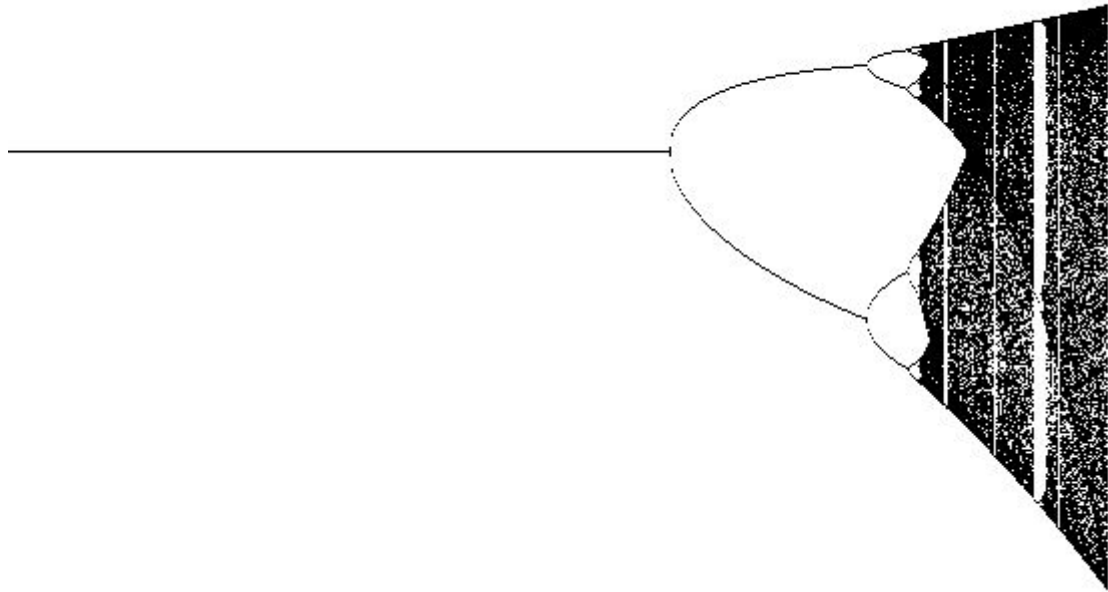
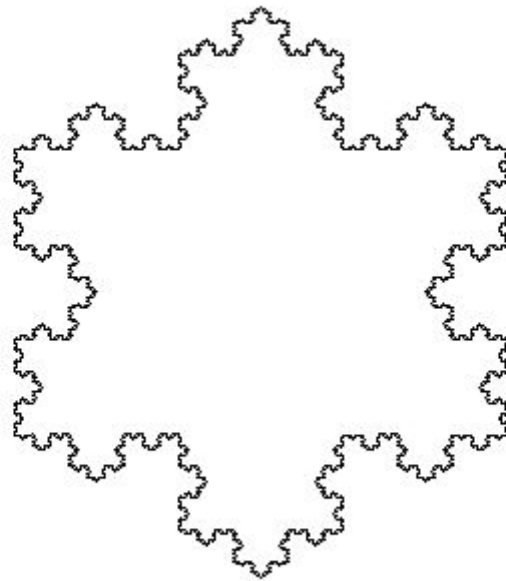
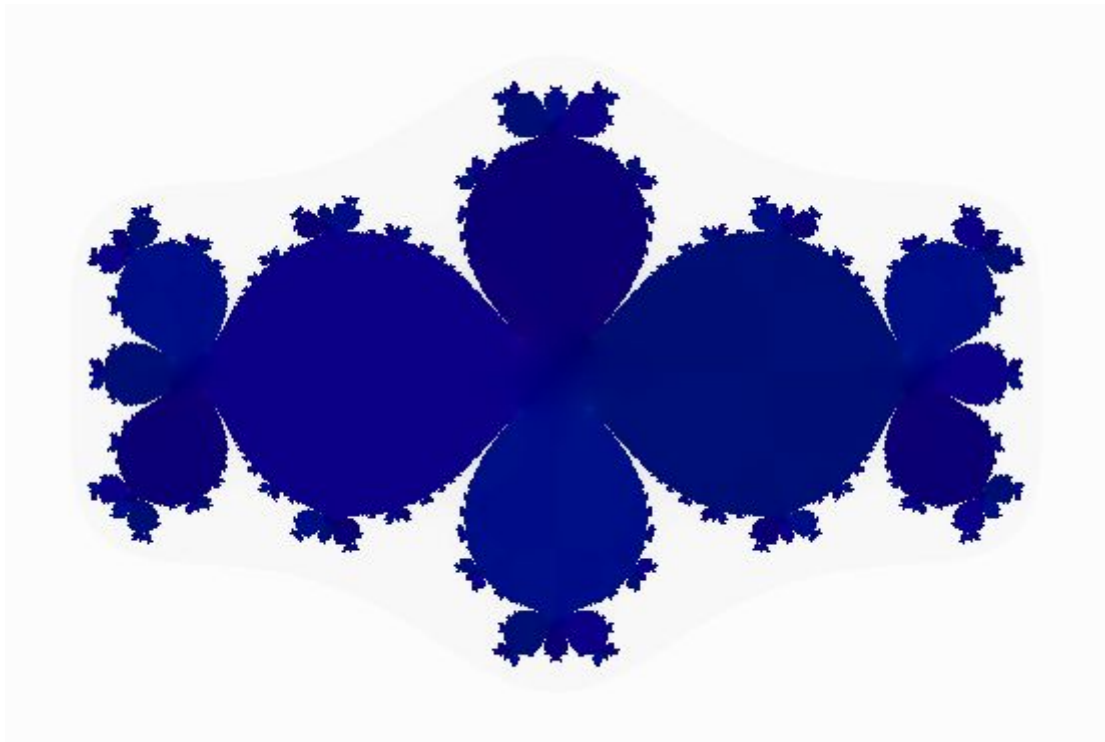


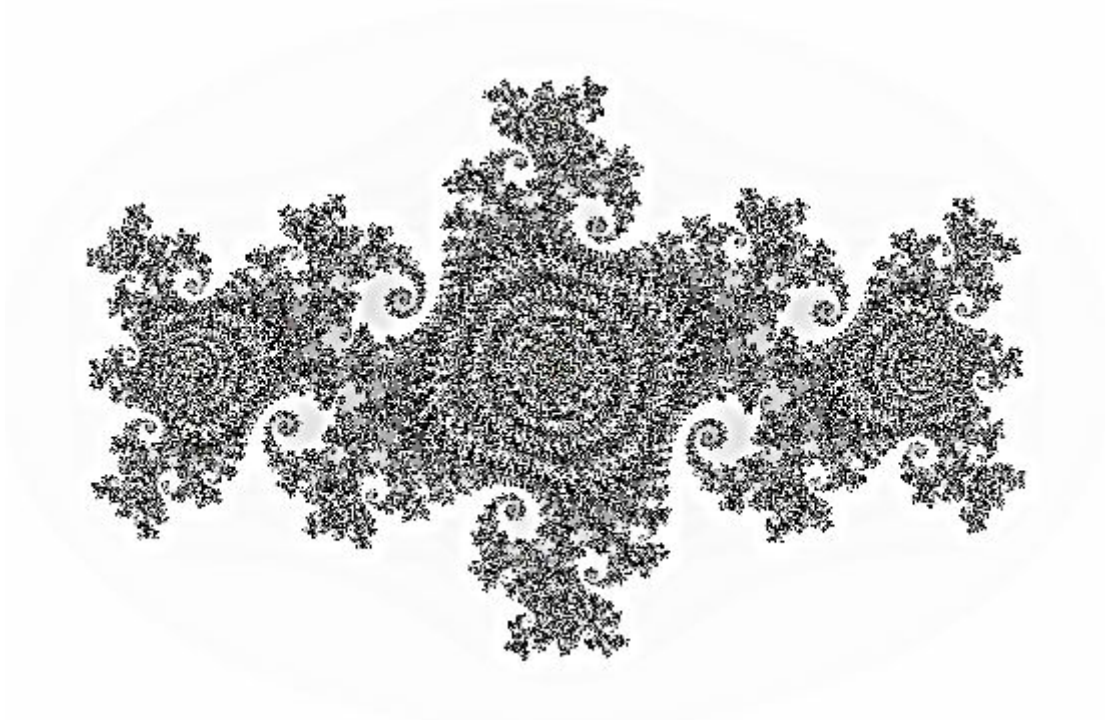
Diagram bifurkasi  $kx(1 - x)$



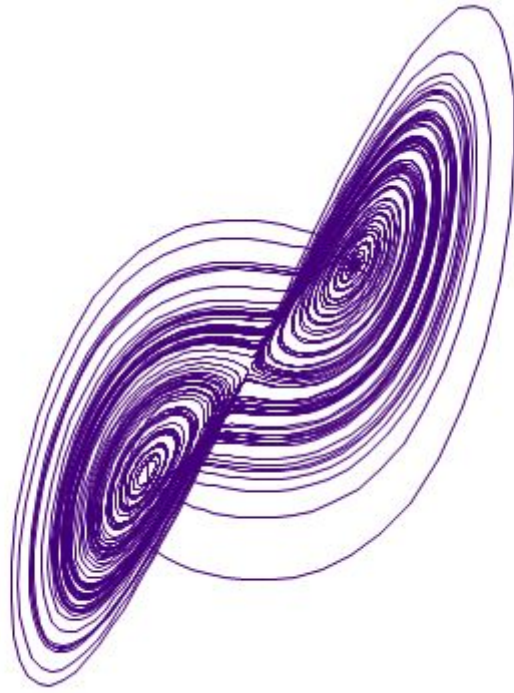
Salju Koch



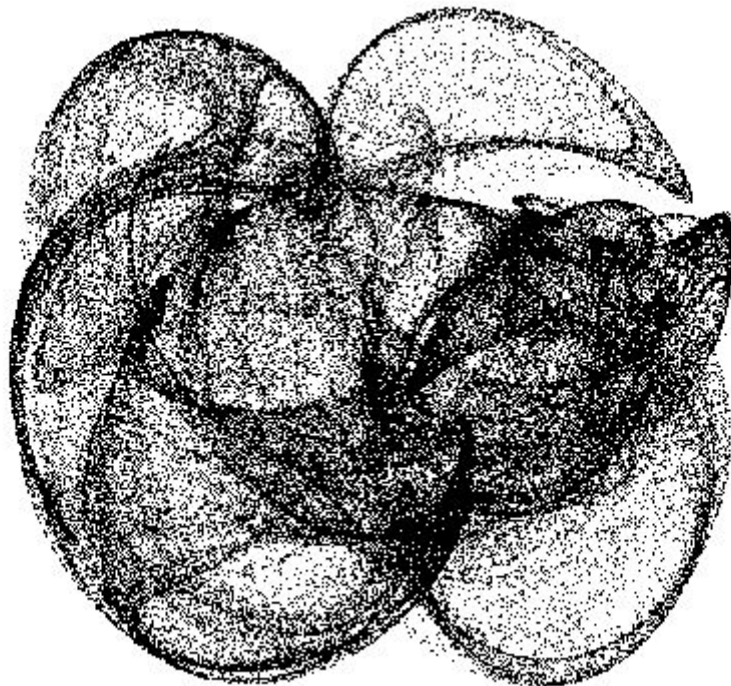
Lambda (1, 0) [-1.5, 1.5] x [-0.9, 0.9]



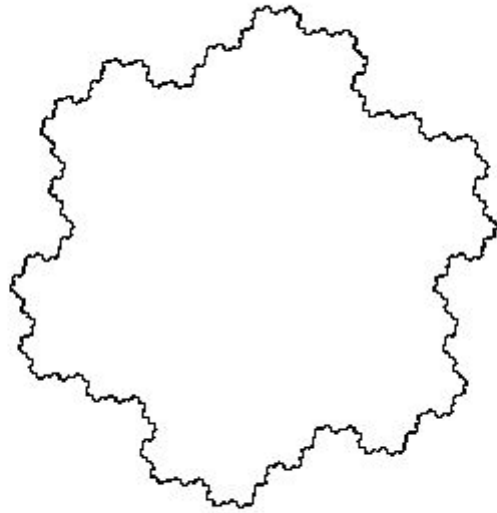
Lambda (0.05, 1) [-1.5, 1.5] x [-0.9, 0.9]



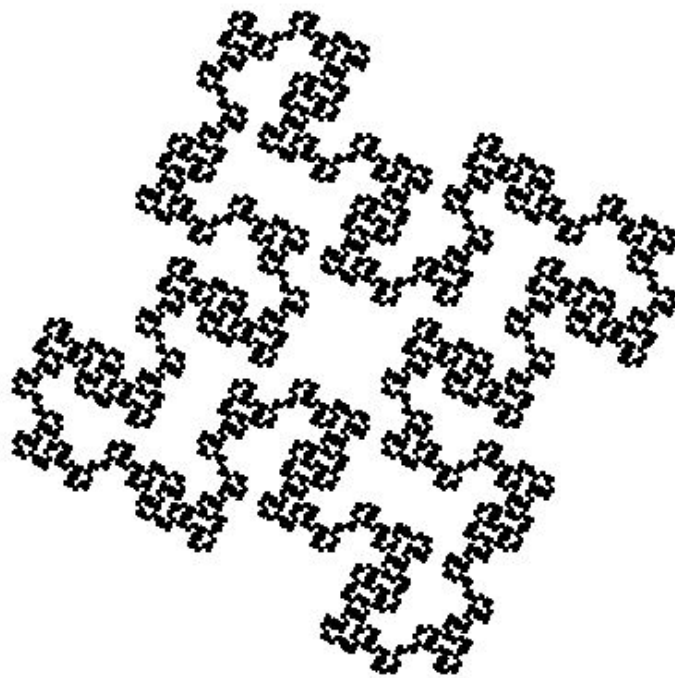
Atraktor Lorenz



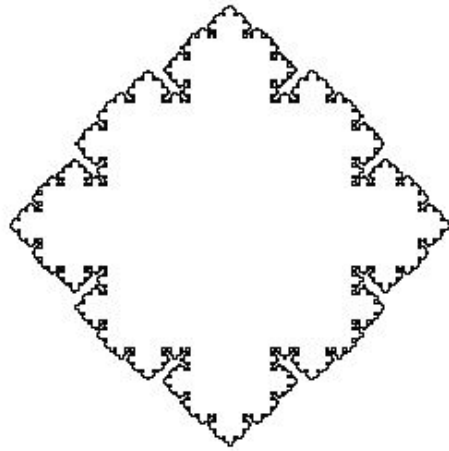
Atraktor Pickover ( $A = 2.24$ ,  $B = 0.43$ ,  $C = -0.65$ ,  $D = -2.43$ ,  $E = 1$ )



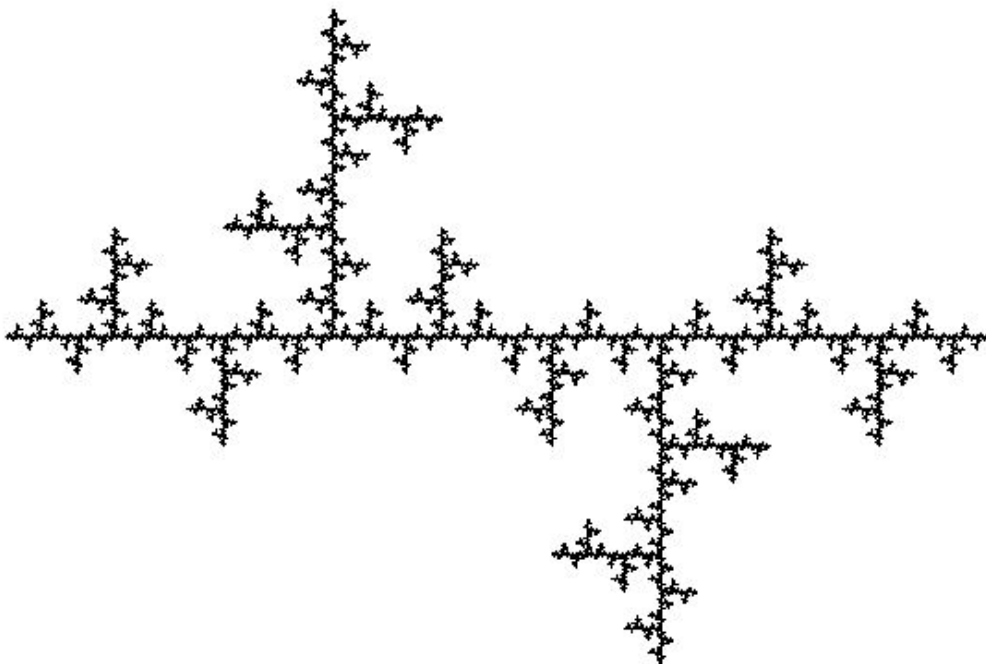
Kurva Gosper



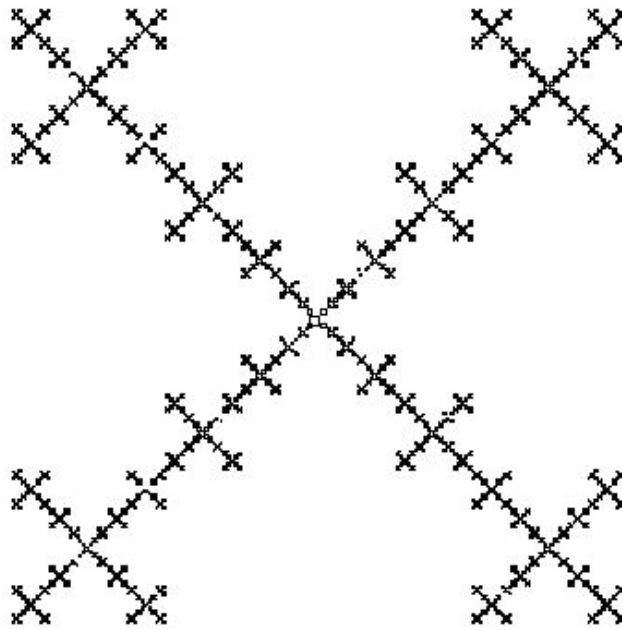
Kurva von Koch 18 segmen



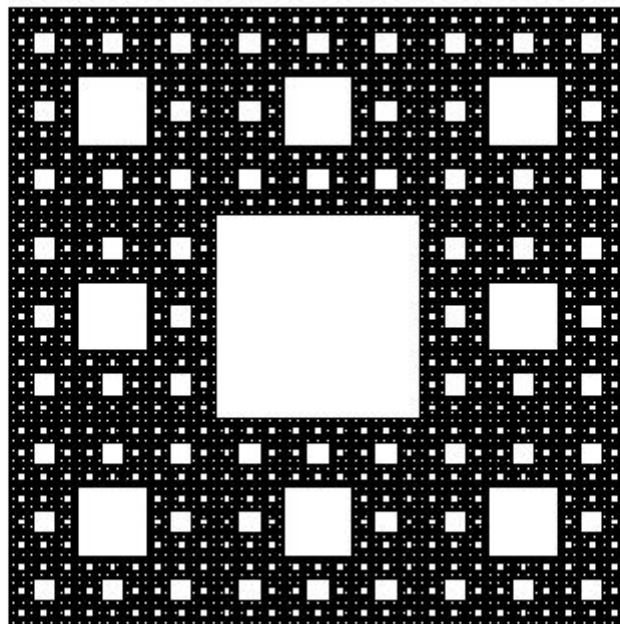
Nama tidak diketahui (dibuat dengan initiator-generator)



Nama tidak diketahui (dibuat dengan initiator-generator)



Nama tidak diketahui (dibuat dengan IFS)



Karpet Sierpinski

## **Lampiran C. Nama dan Biodata Ketua , Anggota, serta Dosen Pendamping**

### **1. Ketua Pelaksanaan Kegiatan**

Nama Lengkap : Agro Rachmatullah  
NIM : 03/165399/PA/09374  
Fakultas/Program Studi : MIPA/Ilmu Komputer  
Perguruan Tinggi : UGM

### **2. Anggota:**

Nama Lengkap : Iqbal Miftahul Ilmi  
NIM : 01/147308/PA/08602  
Fakultas/Program Studi : MIPA/Ilmu Komputer  
Perguruan Tinggi : UGM

Nama Lengkap : Wijaya Adhi Surya  
NIM : 03/165672/PA/09459  
Fakultas/Program Studi : MIPA/Ilmu Komputer  
Perguruan Tinggi : UGM

Nama Lengkap : Danik Juliastuti  
NIM : 03/166504/PA/09412  
Fakultas/Program Studi : MIPA/Ilmu Komputer  
Perguruan Tinggi : UGM

Nama Lengkap : Ahmad Dian Safira  
NIM : 03/169401/PA/09708  
Fakultas/Program Studi : MIPA/Ilmu Komputer  
Perguruan Tinggi : UGM

### **3. Dosen Pendamping**

Nama Lengkap dan Gelar : Drs. Janoe Hendarto M.Kom.  
Tempat dan Tanggal lahir : Jember, 9 Januari 1963.  
Jenis Kelamin : Laki-laki.

Agama : Islam  
Pangkat/Jabatan/Golongan : Penata Muda Tk.I / Asisten Ahli / IIIb  
Jabatan Struktural : Kepala Jurusan Ekstensi Ilmu Komputer  
NIP : 131 789 763  
Bidang Keahlian : Ilmu Komputer  
Fakultas/Jurusan : FMIPA / Matematika

## **Lampiran D. Daftar Pustaka**

Fractal Programming in C, Roger T. Stevens, M&T Books, 1989

Fractals, Graphics, and Mathematics Education, M. L. Frame dan B. B.

Mandelbrot. MAA Notes 58. 2002

Fractals Everywhere, Michael Barnsley, Academic Press, Inc., 1988

Fractal Geometry of Nature, B. B. Mandelbrot, Freeman, 1982

An Introduction to Fractals, Jenny Harisson, American Math Society,

Proceedings of Symposia in Applied Mathematics vol. 39

“Real-World Fractals”, Finlay, M. dan Banton, K., M&T Books, New York.,

1993