

Matematika di balik fenomena alam: Dari Fibonacci hingga Fraktal

Ita Nuryanawati

Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

e-mail: 210601110037@student.uin-malang.ac.id

Kata Kunci:

Matematika; alam; fenomena; barisan Fibonacci; Fraktal.

Keywords:

Mathematics; nature; phenomena; Fibonacci series; fractals.

ABSTRAK

Matematika memainkan peran yang sangat penting dalam memahami alam semesta. Artikel ini bertujuan untuk mengungkap cara di mana konsep-konsep matematis seperti barisan Fibonacci dan Fraktal terkait erat dengan jaringan kehidupan dan lingkungan. Barisan Fibonacci, ditemukan oleh Leonardo Fibonacci pada abad ke-13, hadir dalam berbagai bentuk di alam, seperti pola bunga matahari, spiral cangkang siput, dan struktur kristal. Di sisi lain, konsep Fraktal, yang diperkenalkan oleh Benoit Mandelbrot pada tahun 1975, membantu menjelaskan struktur kompleks yang berulang pada berbagai skala, seperti kepingan salju, kulit pohon, bentuk gunung, dan garis pantai.

Sifat-sifat matematis dari barisan Fibonacci dan Fraktal memberikan wawasan mendalam tentang bagaimana pola-pola ini terbentuk dan berkembang secara alami, menunjukkan keterkaitan erat antara matematika dan alam.

ABSTRACT

Mathematics plays a very important role in understanding the universe. This article aims to reveal the way in which mathematical concepts such as the Fibonacci sequence and Fractals are closely related to the web of life and the environment. The Fibonacci sequence, discovered by Leonardo Fibonacci in the 13th century, occurs in many forms in nature, such as sunflower patterns, snail shell spirals, and crystal structures. On the other hand, the concept of Fractals, introduced by Benoit Mandelbrot in 1975, helps explain complex structures that repeat at various scales, such as snowflakes, tree bark, mountain shapes, and coastlines. The mathematical properties of the Fibonacci sequence and Fractals provide deep insight into how these patterns form and develop naturally, demonstrating the close connection between mathematics and nature.

Pendahuluan

Taman-taman yang sering dikunjungi oleh orang-orang sering kali menawarkan pemandangan yang memukau, di mana keindahan alam dan kompleksitas ekosistem dapat dilihat dengan jelas. Di sana, Anda dapat menemukan lebah berdengung di sekitar bunga yang kelopaknya tersusun rapi. Tidak jauh dari situ, biji bunga matahari tampak tersusun dalam pola indah dan kompleks, yang seolah-olah dirancang dengan teliti oleh alam. Selain itu, jika Anda memperhatikan lebih dekat, Anda mungkin akan menemukan siput kecil yang merayap perlahan dengan rumah cangkang spiral di punggungnya. Peneliti terdahulu telah menunjukkan bahwa di balik keindahan itu terdapat prinsip-prinsip matematika yang mendasari fenomena-fenomena tersebut. Salah satu konsep



This is an open access article under the [CC BY-NC-SA](#) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

matematika kuno, barisan Fibonacci, muncul secara misterius dalam berbagai bentuk kehidupan di taman tersebut, mengikuti pola yang teratur dan harmonis.

Tidak hanya barisan Fibonacci, konsep matematika lainnya seperti Fraktal juga sering ditemui dalam fenomena alam. Daun pakis yang setiap anak daunnya merupakan salinan miniatur dari keseluruhan daun. Selain itu, cabang-cabang pohon yang bercabang lagi menjadi cabang yang lebih kecil dengan pola yang serupa. Bahkan, pola aliran sungai dan garis pantai dapat menunjukkan sifat Fraktal, di mana setiap lekukan dan percabangan mencerminkan pola serupa dalam skala yang lebih kecil. Fenomena ini mengungkap bagaimana alam mengorganisasi dirinya dengan cara yang efisien dan estetis, menggunakan prinsip-prinsip matematika sebagai fondasi struktur dan pola yang terlihat dalam kehidupan dan lingkungan.

Prinsip-prinsip matematika dapat digunakan sebagai alat untuk menggambarkan dan memahami fenomena alam yang kompleks. Dengan mengidentifikasi pola-pola sistematis seperti barisan Fibonacci dan pola Fraktal, artikel ini akan mengungkap bagaimana cara matematika dapat berkaitan erat dengan jaringan kehidupan dan lingkungan. Penelitian ini melibatkan penelusuran jurnal-jurnal ilmah, buku, dan sumber-sumber akademik lainnya yang relevan untuk memahami dasar-dasar teori serta contoh-contoh empiris dari pola matematika dalam alam.

Dari pemahaman ini, diharapkan kita dapat memperoleh wawasan yang lebih dalam tentang keindahan dan kompleksitas alam, serta bagaimana prinsip-prinsip matematika membantu kita menggali rahasia dibaliknya. Penelitian ini penting karena memperlihatkan bagaimana matematika tidak hanya menjadi alat bagi ilmuwan dan matematikawan, tetapi juga bagi pecinta alam yang ingin memahami dunia di sekitar mereka. Selain itu, pemahaman matematika yang lebih mendalam tentang alam juga dapat berkontribusi pada aplikasi praktis, seperti dalam desain arsitektur yang efisien, pengembangan teknologi hijau, dan konservasi ekosistem.

Pembahasan

Matematika telah lama berfungsi sebagai alat yang ampuh untuk memahami dan memodelkan fenomena alam. Dua konsep matematika yang menonjol dalam konteks ini adalah barisan Fibonacci dan Fraktal. Pembahasan kali ini akan menjelajahi sejarah dan pengenalan barisan Fibonacci serta Fraktal, serta melihat penerapannya pada alam untuk memahami bagaimana matematika menjadi alat yang tak tergantikan dalam memodelkan fenomena-fenomena tersebut.

Sejarah dan Pengenalan Barisan Fibonacci

Barisan Fibonacci ditemukan oleh Leonardo Fibonacci pada abad ke-13. Menurut Keith (2011) Leonardo lahir sekitar tahun 1170 di dekat Pisa, Italia. Nama Fibonacci berarti “rumah Bonacci,” namun ia dikenal sebagai Leonardo Pisano atau Leonardo dari Pisa, merujuk dari kota asalnya. Ayahnya, yang bernama Guilielmo Bonacci, adalah seorang saudagar dari Pisa. Pada masa itu, Pisa adalah pusat perdagangan internasional yang berkembang pesat, dan para pedagang memainkan peran penting dalam masyarakat perdagangan internasional. Tumbuh di lingkungan perdagangan yang penuh dengan hiruk pikuk, Leonardo menyadari bahwa angka itu sangat penting. Karena pedagang

menetapkan harga dan mengukur barang, serta petugas bea cukai menentukan pajak atas impor, semua itu menggunakan angka dalam pelaksanaannya (Grigas, 2013).

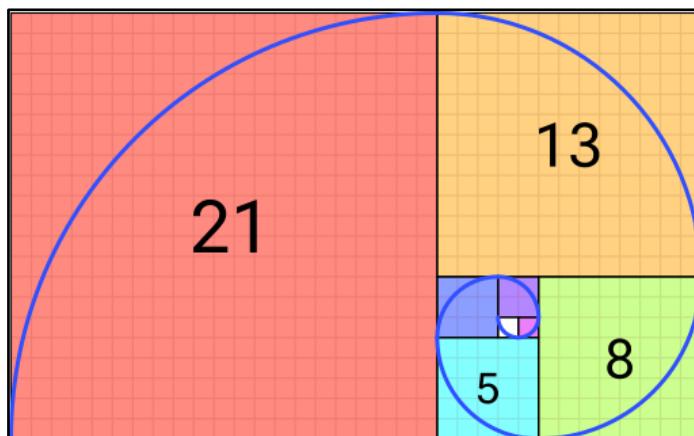
Menurut Dunlap (1997), barisan Fibonacci merupakan pola angka yang dihasilkan oleh aturan tertentu. Barisan ini dimulai dengan angka 0 dan 1, lalu dijumlahkan untuk mendapatkan angka 1. Kemudian angka 1 baru dan angka 1 sebelumnya dijumlahkan untuk mendapatkan angka 2. Pola tersebut akan terus berulang (Minarova, 2014).

$$1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, \dots$$

Rangkaian angka di atas dikenal sebagai barisan Fibonacci, di mana setiap elemen berikutnya diperoleh dengan menjumlahkan dua elemen sebelumnya. Barisan Fibonacci adalah salah satu barisan rekursif tertua yang diketahui, yaitu barisan di mana setiap elemennya hanya dapat ditemukan melalui operasi pada elemen sebelumnya. Menariknya, Fibonacci tidak membahas sifat rekursif dari barisan ini. Hubungan antara elemen-elemen tersebut baru diidentifikasi dalam publikasi sekitar empat ratus tahun kemudian. Menurut Posamentier dan Lehmann (2007), pada abad ke-19 para matematikawan mulai tertarik dengan barisan yang kemudian dikenal sebagai angka Fibonacci (Grigas, 2013).

Barisan Fibonacci pada Alam

Ketika diatur dengan cara tertentu, barisan Fibonacci membentuk pola spiral yang unik. Pola ini bisa ditemukan di berbagai tempat di alam.



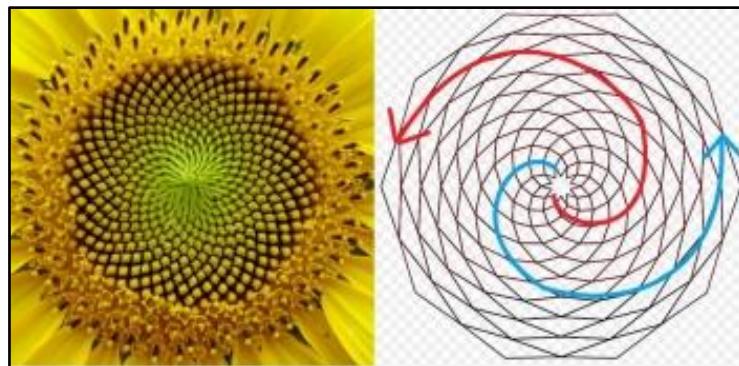
Gambar 1. Fibonacci Spiral

Sumber: https://id.m.wikipedia.org/wiki/Berkas:Fibonacci_Spiral.svg

Kotak-kotak digambar berdasarkan barisan Fibonacci seperti yang terlihat pada gambar di atas. Gunakan kotak persegi agar spiral terbentuk secara sempurna. Mulailah dengan menggambar kotak berukuran 1×1 , lalu 2×2 , 3×3 , 5×5 , dan seterusnya sesuai dengan urutan angka pada barisan Fibonacci. Langkah selanjutnya adalah menggambar kurva di setiap kotak, menciptakan bentuk seperti spiral. Seperempat lingkaran ditarik di setiap kotak. Spiral ini dapat memperluas dengan menambahkan lebih banyak kotak berdasarkan urutan barisan Fibonacci (Minarova, 2014).

Salah satu fenomena alam menarik yang secara konsisten menampilkan barisan Fibonacci adalah pola yang terdapat pada susunan biji bunga matahari. Dalam struktur

ini setiap putaran spiral biji, yang mengikuti urutan angka Fibonacci, menciptakan sebuah tata letak geometris yang harmonis dan efisien secara alami.



Gambar 2. Fibonacci pada Bunga Matahari

Sumber: <https://www.kompasiana.com>

Menurut Grob dkk (2007), urutan barisan Fibonacci memungkinkan penempatan jumlah biji maksimum dalam pola di kepala bunga matahari. Tidak ada kepadatan di bagian tengah dan tidak ada ruang kosong di tepinya, yang mengindikasi bahwa bunga matahari memiliki pengaturan ruang yang sempurna untuk bijinya. Menurut Segerman (2002), ini terjadi karena karakteristik pertumbuhan bunga matahari itu sendiri. Menurut Heimbuch (2002), biji-biji individual tumbuh dari tengah bunga dan terus bertambah, mendorong benih-benih yang sudah ada ke arah tepi. Ketika berkembang dalam pola Fibonacci, benih-benih selalu tersusun dengan rapi dan tetap kompak (Minarova, 2014).

Siput adalah contoh menarik lainnya dalam alam yang menampilkan barisan Fibonacci secara jelas. Saat seekor siput baru lahir, ia mulai tumbuh dan mengembangkan cangkangnya (Orhani, 2019).



Gambar 3. Fibonacci pada Siput

Sumber: <https://www.kompasiana.com>

Proses ini menghasilkan bilik-bilik di dalam cangkangnya. Yang menarik, setiap bilik baru dalam cangkang siput merupakan hasil penjumlahan dari dua bilik sebelumnya. Mirip dengan barisan Fibonacci, di mana setiap angka di deret tersebut adalah hasil penjumlahan dari dua angka sebelumnya, siput juga memperlihatkan pola pertumbuhan yang serupa, menciptakan spiral geometris yang indah pada cangkangnya.

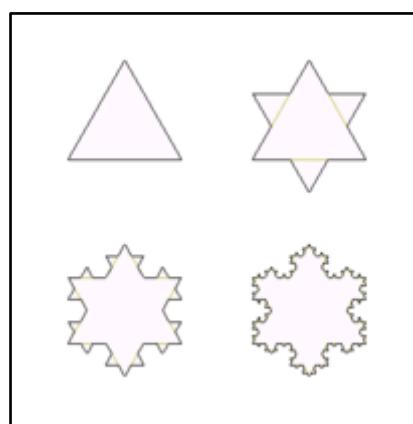
Sejarah dan Pengenalan Fraktal

Menurut Sulaiman, Firmasari (2020) dan Romadiastri (2017), geometri Fraktal adalah cabang matematika yang menjelaskan sifat dan bentuk berbagai Fraktal (Alghar et al., 2023). Kata Fraktal berasal dari bahasa Latin “fractus,” yang berarti “patah,” “rusak,” atau “tidak teratur.” Fraktal adalah objek geometris yang kasar pada berbagai macam skala dan tampak dipecah-pecah secara ekstrem (Sekawati, 2012). Banyak iterasi atau pecahan pada Fraktal ditentukan untuk memahami bentuk Fraktal yang digabungkan (Juhari, 2019). Terdapat banyak bentuk matematis yang merupakan Fraktal, seperti segitiga Sierpinski, kepingan salju Koch, kurva Peano, himpunan Mandelbrot, dan penarik Lorenz. Fraktal juga sering menggambarkan objek-objek di dunia nyata seperti awan, pegunungan, dan garis pantai yang memiliki geometri kompleks (Mandey et al., 2016).

Ilmuwan yang terlibat dalam penemuan dan perkembangan geometri Fraktal mencakup Karl Theodor Wilhelm Weierstrass, Helge von Koch, Paul Pierre Levy, Georg Cantor, Benoit Mandelbrot, dan lainnya. Pada tahun 1872, Karl Theodor Wilhelm Weierstrass menemukan contoh fungsi yang memiliki sifat tidak intuitif, yaitu kontinu di mana-mana. Tetapi tidak terdiferensiasi di mana-mana. Grafik dari fungsi ini akan disebut Fraktal di masa kini. Pada tahun 1904, Helge von Koch memberikan definisi yang lebih jelas untuk fungsi serupa yang sekarang dikenal sebagai kepingan salju Koch. Selanjutnya, Paul Pierre Levy mengembangkan konsep kurva Fraktal yang dikenal sebagai kurva Levy C dalam tulisannya yang berjudul “Plane or Space Curves and Surfaces Consisting of Parts Similar to the Whole” pada tahun 1938. Setelah itu, Georg Cantor memperkenalkan himpunan Cantor, himpunan bagian dari garis riil dengan sifat yang tidak biasa, yang kemudian juga dikenal sebagai Fraktal. Akhirnya bapak Fraktal, Benoit Mandelbrot, mulai menyelidiki konsep keserupaan diri dalam berbagai tulisannya pada tahun 1960-an (Sekawati, 2012).

Fraktal pada Alam

Salah satu bentuk Fraktal yang hadir di alam adalah bunga salju atau kepingan salju Koch. Bunga salju Koch adalah sebuah Fraktal yang terbentuk dari gabungan daerah-daerah berbentuk segitiga yang jumlahnya tak hingga (Mandey et al., 2016).



Gambar 4. Bunga Salju Koch

Sumber: <https://id.wikipedia.org/wiki/Fraktal>

Proses pembentukan Fraktal ini dimulai dengan menggambar segitiga sama sisi. Pada setiap tahap iterasi, setiap sisi segitiga dibagi menjadi tiga bagian yang sama panjang, dan segitiga sama sisi baru ditambahkan di tengah-tengah setiap segmen yang dibagi tersebut. Proses ini terus diulang, menghasilkan pola yang semakin kompleks dengan setiap iterasi. Meskipun luas total bunga salju Koch tetap terbatas, panjang kelilingnya bertambah tanpa batas, menunjukkan sifat tak hingga dari Fraktal ini. Keindahan dan keunikan bunga salju Koch tidak hanya menarik bagi ahli matematika, tetapi juga bagi seniman dan ilmuwan di berbagai bidang. Karena ini merupakan konsep ketakhinggaan dan kehalusan struktur yang luar biasa.

Selain bunga salju, garis pantai adalah contoh menarik fenomena alam yang bisa dijelaskan dengan konsep Fraktal. Pola lekukan pada garis pantai menunjukkan kemiripan yang berulang antara satu bagian dengan bagian lainnya. Jika terus-menerus dipotong dan diperbesar, pola tersebut akan terus menampilkan struktur yang serupa dengan struktur sebelumnya, konsep yang dikenal sebagai *self-similarity* (Fransiska et al., 2020).



Gambar 4. Garis Pantai
Sumber: Fransiska et al. (2020)

Pola *self-similarity* inilah yang merupakan karakteristik utama dari Fraktal. *Self-similarity* mengacu pada sifat di mana struktur pada suatu objek mirip dengan struktur pada bagian lain dari objek tersebut. Bahkan jika diperbesar atau diperkecil. Dalam kasus garis pantai ini, ketika kita terus memperbesar potongan-potongan kecil dari garis pantai tersebut, kita akan terus menemukan pola yang serupa dengan pola pada skala yang lebih besar.

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas, beberapa kesimpulan yang dapat diperoleh adalah:

1. Pada susunan biji bunga matahari maupun struktur cangkang siput, terdapat pola pertumbuhan yang mengikuti urutan barisan Fibonacci. Pola ini memungkinkan pengaturan yang efisien dan harmonis dalam pertumbuhan organisme tersebut.

2. Berbagai contoh Fraktal dapat ditemukan dalam alam, seperti bunga salju Koch dan garis pantai. Fraktal menciptakan pola-pola yang kompleks dan memperlihatkan sifat *self-similarity*, di mana struktur pada berbagai skala menunjukkan kemiripan yang berulang.
3. Studi tentang pola-pola matematika seperti Fraktal dan barisan Fibonacci membantu kita memahami fenomena alam dengan lebih dalam. Keterkaitan ini tidak hanya menarik dari sudut pandang ilmiah, tetapi juga memperluas pemahaman kita tentang keindahan dan kompleksitas alam.
4. Pembahasan ini menyoroti keindahan dan keunikan alam, serta mengajak kita untuk menghargai dan memahami lebih dalam tentang bagaimana alam menghasilkan pola-pola yang kompleks dan harmonis.

Daftar Pustaka

- Alghar, M. Z., Walidah, N. Z., & Marhayati, M. (2023). Ethnomathematics: The exploration of fractal geometry in Tian Ti Pagoda using the Lindenmayer system. *Alifmatika: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika*, 5(1), 57–69.
<https://doi.org/10.35316/alifmatika.2023.v5i1.57-69>
- Fransiska, B., Nurhasanah, N., & Adriat, R. (2020). Perhitungan Panjang Garis Pantai Kota Singkawang Menggunakan Dimensi Fraktal. *Prisma Fisika*, 8(3), 216.
<https://doi.org/10.26418/pf.v8i3.43762>
- Grigas, A. (2013). *The Fibonacci Sequence: Its History, Significance, and Manifestations in Nature*. Liberty University.
- Juhari, J. (2019). The Study Geometry Fractals Designed on Batik Motives. *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni Dan Aplikasi*, 6(1), 34–39.
<https://doi.org/10.18860/ca.v6i1.8081>
- Mandey, J., Waani, J., & Sangkertadi, S. (2016). Penerapan Fraktal Pada Desain Arsitektur Apartemen. *Jurnal Arsitektur DASENG*, 5(1), 132–143.
- Minarova, N. (2014). The Fibonacci Sequence: Nature's Little Secret. *CRIS - Bulletin of the Centre for Research and Interdisciplinary Study*, 2014(1), 7–17.
<https://doi.org/10.2478/cris-2014-0001>
- Orhani, S. (2019). Fibonacci Numbers as a Natural Phenomenon. *International Jurnal Of Scientific Research And Innovative Studies*, 1(July), 1–7.
- Sekawati, L. (2012). *Teknik Penggambaran Bentuk dan Citra Alamiah Berbasis Dimensi Fraktal*. 13512029, 54.