



Analisis Fraktal untuk Pengembangan Motif Batik Indonesia: Perpaduan Fisika dan Budaya

Siti Ayu Kumala^{1,*}), Didik Nur Huda², Retno Nengsih³

^{1,2,3}Universitas Indraprasta PGRI

Jl Raya Tengah no.80 Pasar Rebo, Jakarta Timur, DKI Jakarta, Indonesia

*E-mail korespondensi: sitikumala7891@gmail.com

Info Artikel:

Dikirim:
12 Agustus 2025
Revisi:
8 Desember 2025
Diterima:
27 Desember
2025

Kata Kunci:

Fractal; Julia set;
Batik motifs

Abstract

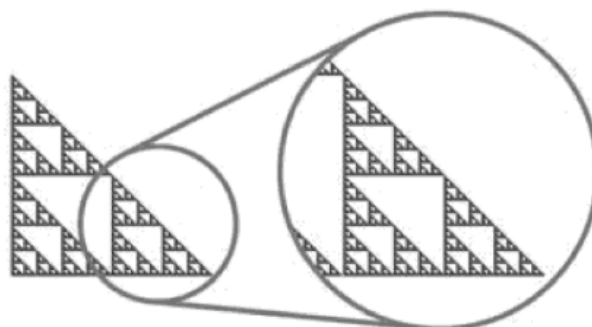
Batik as part of the Indonesian culture was recognized as an Intangible Cultural Heritage by UNESCO in 2009. Batik is not only a cultural product, but also a representation of a complex visual structure. As science and technology develop, a physico-mathematical approach to batik motifs, particularly through fractal theory, has begun to attract the attention of researchers. A fractal is a geometric shape that has a repeating pattern at various scales. This study aims to develop a fractal pattern using the Julia set to obtain a batik motif pattern. This will greatly assist the batik industry in producing batik with various motifs automatically. The method used is to modify the Julia equation, the next step is to perform a transformation in the form of rotation or dilation. Then the results obtained are visualized using Python programming. The constants used are varied with a value of $-1 < c < 1$, the order of the equation also uses a higher order. The visualization results are then compared with existing batik motifs and the best one is selected. The results showed that certain parameter modifications produced fractal patterns similar to traditional designs such as kawung batik, while others revealed unexpected analogies to natural and physical phenomena like dicotyledonous and monocotyledonous stems patterns and floral motifs.

PENDAHULUAN

Batik sebagai bagian dari budaya Nusantara telah diakui sebagai Warisan Budaya Takbenda oleh UNESCO pada tahun 2009. Batik tidak hanya merupakan produk budaya, tetapi juga representasi dari struktur visual yang kompleks. Seiring berkembangnya sains dan teknologi, pendekatan fisika-matematis terhadap motif batik, khususnya melalui teori fraktal, mulai menarik perhatian peneliti. Faktal adalah bentuk geometris yang memiliki pola berulang pada berbagai skala[1]. Dalam fraktal, bentuk geometri pada bagian detail memiliki kemiripan bentuk dengan geometri semula. Kemiripan bentuk ini tidak mutlak harus sama persis, karena dalam pembentukan fraktal ini dilakukan beberapa proses transformasi yang kadang mengubah bentuk geometri semula. Teori fraktal dapat digunakan untuk memahami kompleksitas dan estetika batik secara lebih objektif. Setiap daerah memiliki ciri khasnya sendiri dipengaruhi bagaimana kondisi alam, daerah, kebudayaan, serta adat istiadat masyarakat setempat. Ciri khas ini dikembangkan untuk menjadi motif batik tiap daerah di Indonesia.

Dalam perkembangannya, fraktal kini dapat diterapkan ke dalam batik, terutama batik yang memiliki bentuk geometri pada motifnya. Beberapa bentuk geometri fraktal seperti segitiga atau karpet sierpinski, koch snowflake, kurva naga, dll, dapat dijadikan sebagai motif dalam batik. Sehingga terdapat sebuah batik bernama batik fraktal, yaitu batik yang menggunakan rumus matematika dalam pembuatannya. Motif batik tradisional yang sudah diteliti sebelumnya, seperti parang, kawung, dan mega mendung, menunjukkan struktur yang mendekati fraktal. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode box-counting, nilai dimensi fraktal dari motif batik berkisar antara 1,4 hingga 1,8, menandakan adanya keteraturan dan kompleksitas tinggi dalam desain tersebut. Misalnya, motif parang memiliki pengulangan diagonal yang terstruktur, sedangkan motif mega mendung menyajikan lengkungan berlapis menyerupai awan, mirip dengan pola fraktal seperti Koch curve atau Sierpinski carpet.[2] Pada penelitian kali ini kami menggunakan analisis terbalik berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, yaitu dengan menerapkan persamaan fungsi fraktal yang telah dibuat sedemikian rupa dengan mempertimbangkan tinjauan literatur, yang kemudian dicari kemiripan dengan beberapa motif batik tradisional Indonesia. Sehingga dengan analisis ini dapat diperoleh fungsi persamaan yang dapat dikembangkan menjadi batik fraktal untuk motif batik tradisional Indonesia selanjutnya.

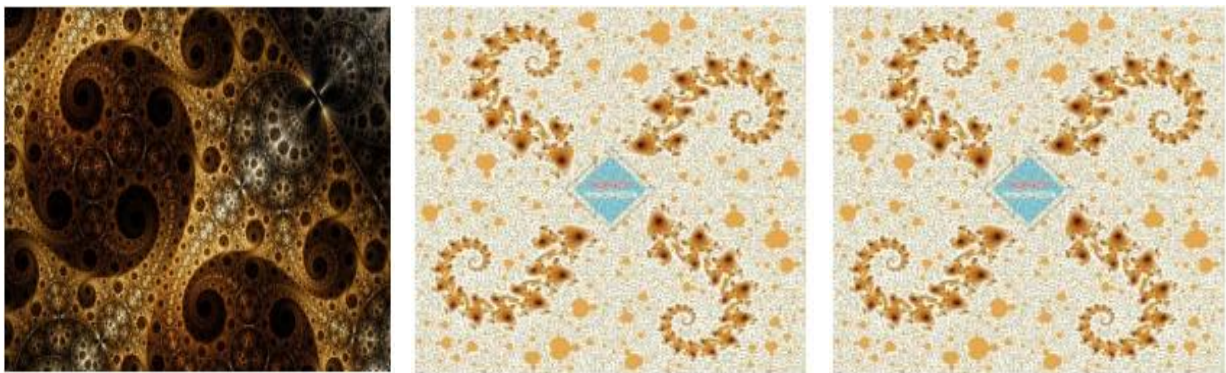
Fraktal berasal dari kata fractus dalam bahasa Yunani yang artinya pecah-didefinisikan sebagai bentuk geometri yang tidak teratur namun memiliki kemiripan dengan dirinya sendiri (self-similarity) [3] Dalam fraktal, bentuk geometri pada bagian detail memiliki kemiripan bentuk dengan geometri semula. Kemiripan bentuk ini tidak mutlak harus sama persis, karena dalam pembentukan fraktal ini dilakukan beberapa proses transformasi yang kadang mengubah bentuk geometri semula.



Gambar 1. Segitiga Sierpinski dan sifat kesamaan pada dirinya sendiri[3]

Contoh paling tepat dan sederhana yang menggambarkan fraktal adalah segitiga Sierpinski pada Gambar 1. Ketika kita amati secara lebih detail, maka terjadi pembentukan segitiga kecil di dalam segitiga besar yang serupa dengan segitiga besar. Demikian terus sampai jumlahnya tak terhingga. Aturan geometri dengan pola berulang terus menerus dengan skala yang berbeda namun memiliki kesamaan dengan pola awal ini merupakan contoh paling sederhana dari fraktal. Fraktal dalam fisika merujuk pada struktur atau fenomena yang menunjukkan pola berulang pada berbagai skala, yang sering kali tidak dapat dijelaskan dengan pendekatan geometri klasik. Konsep ini berguna untuk memodelkan sistem fisik yang kompleks dan tidak teratur, seperti turbulensi fluida, pertumbuhan kristal, atau distribusi galaksi[4] Fraktal telah diterapkan dalam berbagai bidang fisika modern, mulai dari fisika plasma, pengolahan sinyal dalam fisika medis (misalnya dalam MRI), hingga kosmologi untuk menggambarkan distribusi materi gelap dan struktur berskala besar alam semesta. Fraktal juga diterapkan dalam bidang geofisika seperti permeabilitas batuan berpori, porositas, resistivitas, retakan sesar, mitigasi bencana alam dan lain sebagainya[5]

Lebih dari sekadar kain bermotif, batik menyimpan filosofi mendalam dan mencerminkan keragaman budaya dari berbagai daerah di Indonesia. Motif-motif batik tradisional menjadi simbol identitas lokal, status sosial, hingga nilai-nilai spiritual yang dijunjung tinggi oleh masyarakat. Batik adalah teknik pewarnaan kain dengan menggunakan malam (lilin) untuk menahan warna pada bagian-bagian tertentu dari kain[6] Motif batik tradisional Indonesia tidak hanya menampilkan estetika budaya yang tinggi, tetapi juga memperlihatkan pola geometris kompleks yang dapat dianalisis secara matematis, salah satunya dengan pendekatan teori fraktal. Ada banyak bentuk matematis yang merupakan fraktal, antara lain Sierpinski triangle, Koch snowflake, Peano curve, Mandelbrot set, dan Julia set/himpunan julia[7]. Berikut beberapa motif batik fraktal yang dikembangkan dari analisis geometri fraktal dituangkan dalam gambar 2. Proses pembuatan motif Batik Fraktal dapat memecahkan masalah keterbatasan desain motif batik, bahkan dapat menghasilkan banyak motif secara cepat hal ini sangat membantu dunia industri untuk menghasilkan batik dengan cepat dan efisien.



Gambar 2. Contoh motif batik fraktal[8]

METODE PENELITIAN

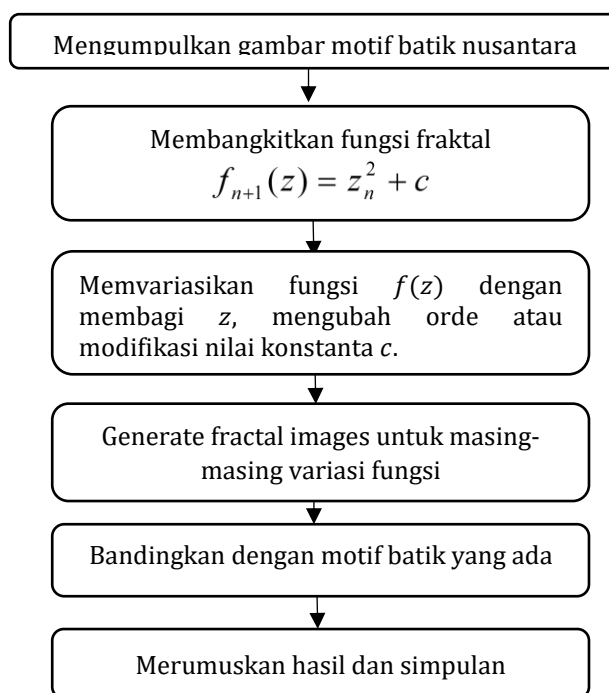
Metode Penelitian ini merupakan penelitian dasar (fundamental riset) yang ditujukan untuk menghasilkan pengetahuan baru dari analisis terhadap fenomena dan pengetahuan yang sudah ada sebelumnya. Dalam penelitian ini, terlebih dahulu dilakukan pengumpulan data gambar motif batik dari beberapa daerah di Indonesia menggunakan *google image search*. Lalu peneliti memulai dengan membangkitkan fungsi fraktal menggunakan himpunan julia (persamaan 1).

$$f_{n+1}(z) = z_n^2 + c \quad (1)$$

di mana n adalah banyaknya iterasi, z merupakan variabel yang memiliki orde tertentu, konstanta c merupakan parameter bilangan kompleks $c = a+bi$.

Diagram alir penelitian disajikan oleh gambar 3, penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan fungsi z pada himpunan julia dengan variasi orde, pembagi dan juga variasi konstanta c telah ditentukan sebelumnya. Nilai parameter $c = a+bi$ dibatasi pada nilai $-1 \leq a \leq 1$ dan nilai $-1 \leq b \leq 1$. Orde yang dipilih juga dibatasi pada pangkat 5. Setiap persamaan pangkat 2,3,4,5 dilakukan perubahan c untuk setiap selisih nilai a 0,5 dan selisih nilai b 0,01. Tidak ada alasan khusus untuk pemilihan nilai parameter c ini karena sifat keacakan fraktal. Sifat keacakan ini tidak dapat diprediksi secara pasti sehingga setiap peneliti bisa memilih nilai c dan batasannya sendiri. Kemudian persamaan-persamaan ini divisualisasikan dengan bantuan pemrograman python. Pada proses ini dilakukan iterasi n sebanyak 200 kali untuk setiap fungsi z . Pemilihan jumlah iterasi didasarkan pada kejelasan resolusi gambar yang dihasilkan. Semakin banyak iterasi akan semakin bagus resolusinya, namun membutuhkan waktu dan proses yang lebih lama. Hasil

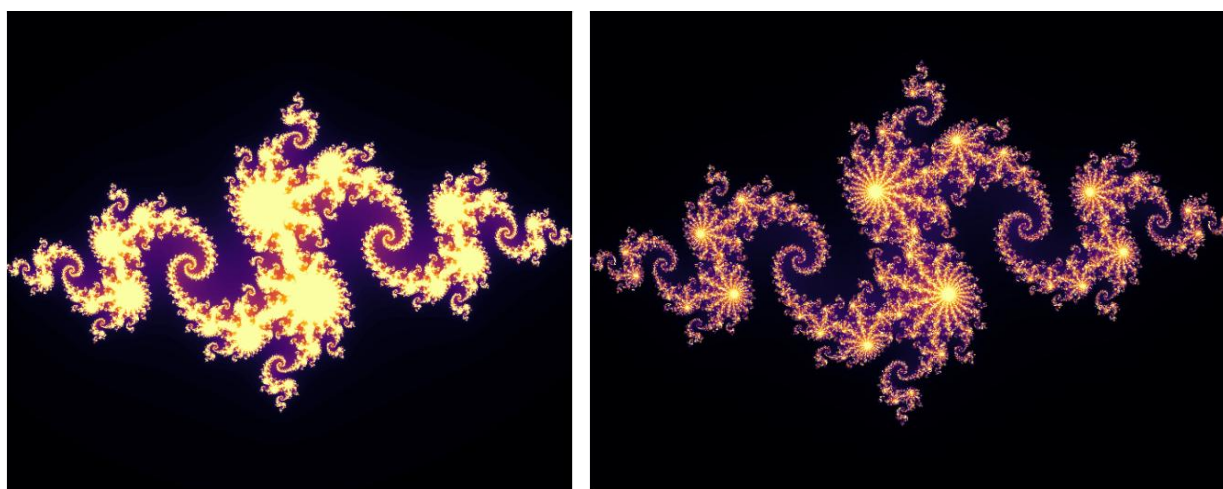
visualisasi kemudian dibandingkan dengan pola batik tradisional yang diperoleh dari basis data daring. Hanya hasil visualisasi 'terbaik' karena mendekati data gambar motif batik yang telah dikumpulkan yang ditampilkan pada artikel ini.



Gambar 3. Alur penelitian

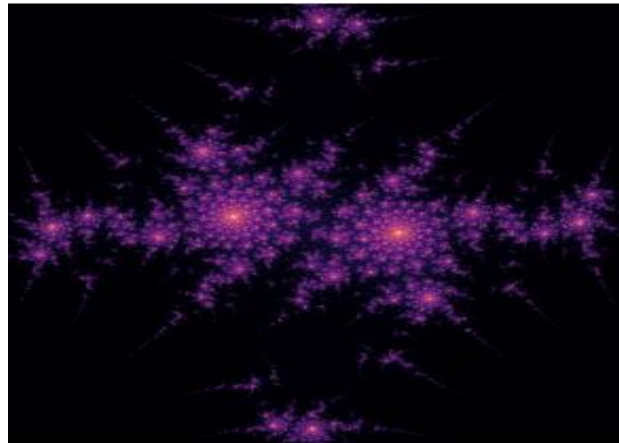
HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan pertama dimulai dengan memvariasikan nilai c pada persamaan awal himpunan julia yaitu orde dua. Pada nilai $c=0+0i$ maka hasil visualisasi himpunan julia hanya berupa lingkaran berjari-jari 1 dan bukan merupakan fraktal. Oleh karena itu nilai konstanta c harus tidak boleh 0 namun tetap kecil agar didapatkan grafik yang menarik. Pemilihan nilai ini sangat penting karena akan menentukan bentuk hasil visualisasi. Hasil gambar untuk beberapa variasi c pada persamaan dasar himpunan julia dimuat pada gambar 4.



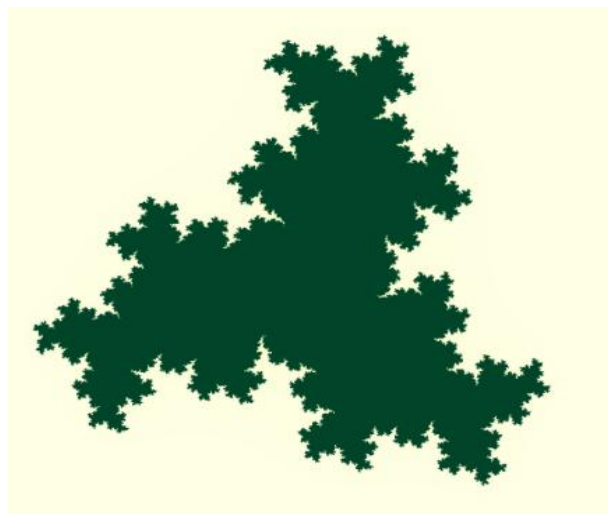
Gambar 4. Visualisasi fraktal himpunan julia dasar untuk nilai $c = -0,8 + 0,156i$

Hasil visualisasi yang didapatkan mirip dengan pola-pola melengkung pada motif batik padjajaran (Gambar 5). Pengembangan dari pola-pola lengkung tersebut dapat ditambahkan dengan motif bunga ataupun motif burung cendrawasih. Motif dengan nilai yang hampir mirip juga pernah dikembangkan untuk variasi motif batik minahasa[9]. Variasi nilai c yang berikutnya adalah $c=0,2+0,6i$ hasil yang didapatkan hampir mirip dengan sebelumnya, namun kali ini tidak didapatkan variasi motif melengkung tapi didapatkan motif parang pada ujung-ujung motif utama.



Gambar 5 . Visualisasi fraktal himpunan julia dasar untuk nilai $c = 0,2 + 0,6i$ iterasi 200

Pada percobaan selanjutnya peneliti memvariasikan orde pada persamaan himpunan julia. Berikut merupakan beberapa hasil untuk pangkat tiga, empat dan lima (Gambar 6).



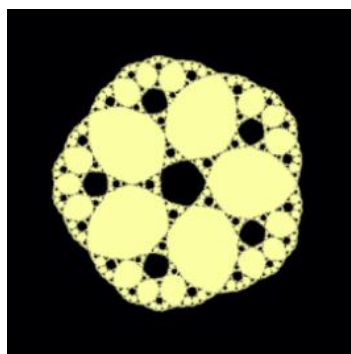
Gambar 6. Visualisasi fraktal persamaan $f(z) = z_n^3 + c$ untuk nilai $c = -0,4 + 0,6i$

Pada motif yang dihasilkan kali ini ada sedikit kemiripan dengan motif pucuk rebung yang biasanya terdapat pada motif batik Lampung. Motif yang terdapat pada Batik Lampung tidak jauh berbeda dari motif pada kain tapis[2] oleh karena itu pucuk rebung juga ada pada sulaman kain tapis. Pengembangan motif ini juga dapat dibangkitkan dari kurva koch.



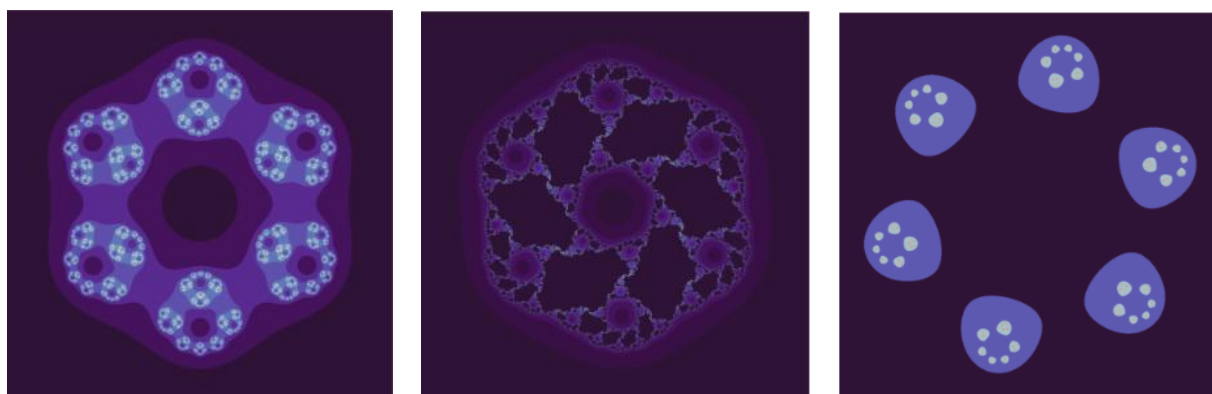
Gambar 7. Perkembangan Kurva Koch[10]

Hasil yang berikutnya adalah dari persamaan fraktal orde 4 dengan variasi persamaan $f(z) = z^4 + \frac{c}{z}$, dan nilai $c = 0,17+0.009i$.



Gambar 8. Visualisasi Fraktal persamaan $f(z) = z^4 + \frac{c}{z}$

Dengan mengubah sedikit ordenya saja menjadi $f(z) = z^5 + \frac{c}{z}$ terjadi perubahan yang besar pada struktur. Sebaliknya, menerapkan variasi yang lebih besar menghasilkan pola berbeda seperti ditunjukkan pada gambar 9.



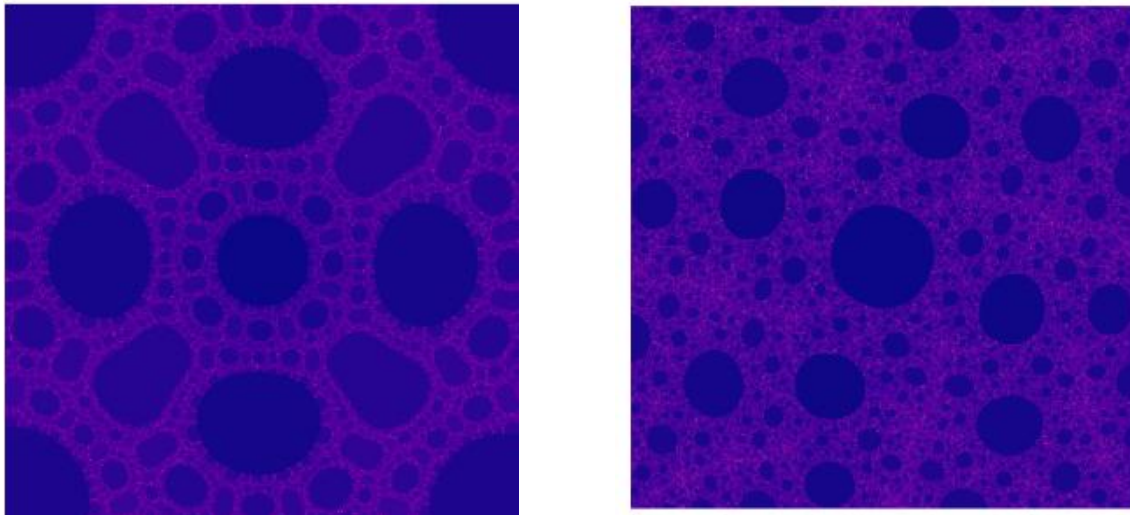
Gambar 9. Visualisasi fraktal untuk nilai (a) $c = 0,55+0.01i$ (b) $c = 0,255-0.1i$ (c) $c = 0,255-1i$

Dari gambar 9 terlihat bahwa perubahan nilai konstanta pada persamaan yang sama akan menghasilkan visualisasi yang berbeda, ini memberikan pilihan yang banyak untuk pengembangan motif batik. Penggabungan dengan hasil gambar dari beberapa persamaan akan menghasilkan motif yang berbeda dan beragam pula. Seperti menggabungkan bentuk spiral dengan persamaan pada gambar 7 c akan menghasilkan motif mirip dengan batik truntum (Gambar 10). Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa Batik Truntum memiliki unsur matematika yang memiliki motif inti berupa bunga tanjung kecil dan berkelap-kelip yang mana kedua motif inti tersebut membentuk pola barisan dan deret hitung[11].



Gambar 10. Motif Batik Tuntrum

Semakin tinggi pangkat dari persamaan himpunan julia yang dimodifikasi, maka akan semakin banyak pula pola inti motif batik yang dihasilkan. Terakhir dengan memvariasikan persamaan fungsi dengan penambahan koefisien pada pembagi. Kemudian nilai c juga diubah sedikit yang ternyata menghasilkan perubahan bentuk yang signifikan.



Gambar 11. Fungsi $f(z) = \frac{(z^4+c)}{4z^2}$ dengan variasi nilai c $(-0.5 + 0.05i)$ dan $(-1 + 0.5i)$

Dari gambar 11 terlihat bahwa dengan nilai fungsi yang sama menghasilkan gambar yang berbeda hanya dengan mengubah nilai c sedikit saja. Motif yang pertama mirip gambar penampang lintang batang dikotil, sedangkan motif kedua(kanan) mirip gambar penampang lintang batang monokotil[12]. Dalam fisika pola-pola fraktal pada motif batik didapatkan dari prinsip-prinsip simetri, frekuensi, dan pembentukan pola yang lebih mendalam. Dari semua persamaan yang sudah diujicobakan dalam penelitian ini membuktikan bahwa motif-motif batik dapat dikembangkan dengan persamaan fraktal. Namun untuk mendapatkan hasil yang kompleks dibutuhkan kombinasi dari beberapa persamaan fraktal atau dengan persamaan matematika lainnya. Namun hal ini akan memudahkan dunia industri untuk pembuatan motif batik selanjutnya.[13]

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan pembangkitan fraktal dari persamaan himpunan julia $f_{n+1}(z) = z_n^2 + c$, $f(z) = z^3 + c$, $f(z) = z^4 + \frac{c}{z}$, dan $f(z) = \frac{(z^4+c)}{4z^2}$ untuk visualisasi motif

batik dengan berbagai variasi nilai konstanta c dengan nilai $1 \leq a \leq 1$ dan nilai $-1 \leq b \leq 1$. Perubahan sedikit saja nilai c dapat mempengaruhi bentuk yang dihasilkan. Terdapat beberapa motif batik tradisional yang mirip dengan hasil visualisasi dari persamaan fraktal yang telah dibuat seperti motif batik padjajaran, parang, pucuk rebung dan tuntrum. Sehingga persamaan-persamaan tersebut dapat dikembangkan untuk variasi motif batik. Namun untuk menghasilkan motif batik yang lebih kompleks dibutuhkan penggabungan beberapa persamaan fraktal atau dengan persamaan matematis yang lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan penghargaan dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Indraprasta PGRI atas dukungan dana yang diberikan melalui program penelitian hibah Unindra dengan nomer kontrak 0673/SP3/P/LLRPM/UNINDRA/VI/2025. Ucapan terimakasih juga ditujukan kepada Lembaga Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LRPM) Universitas Indraprasta PGRI atas dukungan dan fasilitas yang diberikan sehingga terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. Muharani, Marwan, and Q. Aini, "INTERPOLASI FRAKTAL PADA ANALISIS PERGERAKAN HARGA SAHAM PT. AMMAN MINERAL INTERNASIONAL Tbk (AMMN)," in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SAINTEK) Universitas Mataram*, Jan. 2025.
- [2] Femmy, "PENGEMBANGAN PROTOTYPE BATIK LAMPUNG MOTIF FRAKTAL DENGAN APLIKASI GEOGEBRA," UIN Raden Intan Lampung, Bandar Lampung, 2019.
- [3] H. Situngkir, D. Rolan, and Y. Suya, *Fisika Batik*, 3rd ed. Bandung: PT Gramedia Pustaka Utama, 2013.
- [4] S. H. S. Herho and R. Suwarman, *Pengantar Dinamika Fluida Geofisika*. authorea, 2024. doi: 10.22541/au.173456157.70907949/v1.
- [5] E. Yuliora, A. M. Ilmah, and L. Hendrajaya, "Pengaruh Resistivitas Listrik Terhadap Evaluasi Parameter Fisika secara fraktal untuk analisa Data Well Logging," in *SKF 2015*, Dec. 2015, pp. 116–119.
- [6] Wulandari, *Batik Nusantara: Makna filosofis, cara pembuatan, dan industri Batik*, 5th ed. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2022.
- [7] R. Agustina, R. R. Dari, and E. Indriani, "GEOMETRI FRAKTAL UNTUK RE-DESAIN MOTIF BATIK GAJAH OLING BANYUWANGI," *ASIOMA Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 5, no. 2, pp. 222–231, 2016.
- [8] Y. Romadiastri and R. A. Ardani, "Pengembangan Bahan Ajar Bilingual Pengantar Dasar Matematika Berbasis Unity of Sciences dan Local Wisdom," *Square: Journal of Mathematics and Mathematics Education*, vol. 5, no. 2, pp. 83–92, Oct. 2023, doi: 10.21580/square.2023.5.2.20786.
- [9] R. F. Kodri and J. Titaley, "Variasi Motif Batik Minahasa Berbasis Julia Set," *Jurnal MIPA UNSRAT ONLINE*, no. 6, pp. 81–85, 2017.
- [10] K. D. Purnomo, S. Fatimah, and B. Juliyanto, "Generation of Fractal Objects with Iterated Function System on the Developments of Trellis Ornament Designs," *BERKALA SAINSTEK*, vol. 13, no. 1, pp. 1–7, Apr. 2025, doi: 10.19184/bst.v13i1.25656.
- [11] A. Nurcahyo, N. Ishartono, A. Y. Candra Pratiwi, and M. Waluyo, "EXPLORATION OF MATHEMATICAL CONCEPTS IN BATIK TRUNTUM SURAKARTA," *Infinity Journal of Mathematics Education*, vol. 13, no. 2, Sep. 2024.

- [12] Ardian PGS, *Ensiklopedi Anatomi Tumbuhan Sifat-sifat Batang serta Struktur dan Fungsi Jaringan Batang*. Yogyakarta: Hikam Pustaka, 2021.
- [13] Ma. Pasaribu, M. Ibrohim Nasution, A. Mardiana, P. Cahaya, and D. Kartika, "Muhammad Ibrohim Nasution, Annisya Mardiana, Puspa Cahaya," *Dinda Kartika INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, vol. 4, pp. 8578–8589, 2024.