

PENERAPAN KONSEP BILANGAN FRAKTAL DALAM ANALISIS TEKSTUR KAIN TRADISIONAL KHAS ACEH

Was'ul Fikri¹, Irma Aryani²

^{1,2)} Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu
Pendidikan, Universitas Abulyatama, Jl. Blang Bintang Lama Km 8,5 Lampoh Keude
Aceh Besar, email: irmaaryani_pmtk@abulyatama.ac.id

Abstract: *This study examines the application of fractal number concepts in the texture analysis of traditional Aceh fabrics as part of an ethnomathematics study. The main problem raised is the limited mathematical analysis of complex and repetitive local motif structures. Using the library research method, this study dissects various literatures regarding the use of fractal dimensions in identifying traditional ornaments. Research findings show that traditional Aceh fabrics, specifically in pinto aceh and flower motifs, contain fractal geometry principles in the form of pattern repetition at different scales. The results of the study show that fractal dimensions can be a tool to mathematically validate the beauty of motifs through precise quantitative parameters. The conclusion of this study confirms that the integration between modern science and local wisdom can enrich mathematics education content while preserving Aceh's cultural heritage. This is expected to encourage students to better appreciate the application of mathematics in daily life through cultural contexts that are close to them.*

Keywords : *fractal numbers, traditional aceh fabric, ethnomathematics, texture analysis, pinto aceh, mathematics education*

Abstrak: Penelitian ini mengkaji penerapan konsep bilangan fraktal dalam analisis tekstur kain tradisional khas Aceh sebagai bagian dari kajian etnomatematika. Masalah utama yang diangkat adalah keterbatasan analisis matematis terhadap struktur motif lokal yang rumit dan repetitif. Menggunakan metode studi pustaka, penelitian ini membedah berbagai literatur mengenai penggunaan dimensi fraktal dalam identifikasi ragam hias tradisional. Temuan penelitian menunjukkan bahwa kain tradisional Aceh, khususnya pada **motif pinto aceh dan motif bunga**, mengandung prinsip geometri fraktal berupa pengulangan pola pada skala yang berbeda. Hasil kajian menunjukkan bahwa dimensi fraktal dapat menjadi alat bantu untuk memvalidasi keindahan motif secara matematis melalui parameter kuantitatif yang presisi. Simpulan penelitian ini menegaskan bahwa integrasi antara sains modern dan kearifan lokal dapat memperkaya konten pendidikan matematika sekaligus melestarikan warisan budaya Aceh. Hal ini diharapkan mampu mendorong peserta didik untuk lebih mengapresiasi penerapan matematika dalam kehidupan sehari-hari melalui konteks budaya yang dekat dengan mereka.

Kata kunci : *bilangan fraktal, kain tradisional aceh, etnomatematika, analisis tekstur, pinto aceh, pendidikan matematika*

Kain tradisional khas Aceh merupakan salah satu warisan budaya Indonesia yang memiliki nilai estetika tinggi dan motif yang kaya akan makna filosofis. Secara visual, motif-

motif tersebut menampilkan pola geometris yang kompleks dan repetitif, seperti yang terlihat pada motif *pinto aceh* dan berbagai motif bunga. Motif *pinto aceh* sendiri memiliki sejarah unik yang diciptakan oleh Utoh Mud pada tahun 1935, yang terinspirasi dari struktur bangunan monumen bersejarah *Pinto Khop* (Azizi, 2011). Keunikan visual motif ini terbentuk dari susunan elemen yang sangat detail, meliputi perpaduan motif geometris garis lurus dan lengkung serta motif flora seperti *pucok paku* dan *bungong meulu* (Azizi, 2011). Kompleksitas elemen pembentuk tersebut menciptakan tekstur visual yang khas dan menjadikannya sebagai ikon budaya daerah yang diakui secara luas (Azizi, 2011). Namun, karakteristik geometris yang rumit dan berulang pada motif tradisional ini sering kali sulit didefinisikan secara presisi hanya dengan pendekatan deskriptif, sehingga memerlukan analisis matematis yang lebih mendalam untuk mengungkap struktur di balik keindahannya (Mandelbrot, 1982).

Dalam perspektif matematika, struktur motif kain tradisional Aceh yang rumit dan berulang tersebut sulit dijelaskan secara akurat menggunakan geometri Euclid konvensional. Hal ini dikarenakan geometri klasik cenderung berfokus pada bentuk-bentuk ideal yang kaku seperti garis, lingkaran, dan bidang datar, sehingga sering kali gagal dalam merepresentasikan detail objek yang tidak beraturan di alam maupun karya seni manusia (Palma & Nadiasari, 2022). Ketidakmampuan instrumen geometri tradisional dalam mendeskripsikan pola-pola yang tidak biasa tersebut memicu perlunya pendekatan geometri modern, yaitu konsep geometri fraktal. Geometri fraktal muncul sebagai solusi ketika ditemukan struktur matematika yang tidak sesuai dengan pola Euclid, di mana konsep ini mengedepankan prinsip kemiripan diri (*self-similarity*) dan pengulangan skala (Palma & Nadiasari, 2022). Oleh karena itu, masalah utama yang mendasari penulisan ini adalah bagaimana implementasi bilangan fraktal dapat memberikan parameter kuantitatif yang objektif untuk menganalisis tekstur kain tradisional Aceh. Melalui perhitungan dimensi fraktal, kerumitan visual yang sebelumnya hanya dapat dinilai secara subjektif kini dapat didefinisikan secara saintifik, memberikan pemahaman baru mengenai keteraturan di balik ketidakteraturan motif tradisional tersebut.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara teoretis penerapan konsep fraktal dan dimensi fraktal dalam membedah kompleksitas motif

kain Aceh. Penggunaan parameter dimensi fraktal menjadi sangat krusial sebagai alat ukur untuk mengkuantifikasi tingkat kerumitan (*fractality*) karya seni tradisional agar tetap berada dalam rentang estetika yang konsisten (Hariadi dkk., 2013). Melalui pendekatan etnomatematika, diharapkan kajian ini dapat memperkuat pelestarian kearifan lokal sekaligus memberikan kontribusi nyata pada pengembangan media pembelajaran matematika yang lebih kontekstual. Integrasi motif budaya seperti *pinto aceh* dan motif bunga dalam pendidikan tidak hanya berfungsi sebagai objek visual, tetapi juga sebagai sarana untuk menginternalisasi nilai-nilai karakter dan filosofi luhur yang terkandung di dalamnya (Ula, 2021). Dengan demikian, kajian ini diharapkan mampu memberikan inspirasi bagi pendidik untuk menciptakan desain pembelajaran yang inovatif, di mana matematika tidak lagi dipandang sebagai kumpulan rumus abstrak, melainkan sebagai alat untuk memahami dan mengapresiasi kekayaan budaya bangsa sendiri.

KAJIAN PUSTAKA

Geometri Fraktal dan Dimensi Fraktal

Geometri fraktal merupakan cabang matematika yang mempelajari objek-objek dengan struktur kompleks yang memiliki sifat kemiripan diri (*self-similarity*) pada berbagai skala (Palma & Nadiasari, 2022). Berbeda dengan geometri Euclid yang berfokus pada dimensi bulat, geometri fraktal menggunakan dimensi pecahan untuk mengukur seberapa padat suatu pola mengisi ruang (Handayani & Susanto, 2016). Karakteristik utama fraktal adalah adanya pengulangan pola atau iterasi, di mana bagian terkecil dari objek tersebut mencerminkan bentuk keseluruhannya (Mandelbrot, 1982). Dalam analisis karya seni, dimensi fraktal sering digunakan sebagai alat ukur kuantitatif untuk menentukan tingkat kerumitan visual (*fractality*) suatu motif (Hariadi dkk., 2013). Salah satu metode yang umum digunakan untuk membuktikan karakteristik fraktal pada tekstur adalah melalui Transformasi Fourier dan metode *box-counting*, yang mampu mengklasifikasikan motif berdasarkan keteraturan polanya dengan menggunakan persamaan:

$$D = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \left\{ \frac{\log N(\varepsilon)}{\log \left(\frac{1}{\varepsilon} \right)} \right\} \quad (1)$$

Di mana $N(\varepsilon)$ adalah jumlah kotak berukuran (ε) yang diperlukan untuk menutupi objek tersebut.

Etnomatematika pada Ragam Hias Tradisional

Di sisi lain, etnomatematika hadir sebagai jembatan antara matematika formal dan budaya lokal, dalam hal ini adalah kain tradisional Aceh. Integrasi etnomatematika dalam analisis kain tradisional ini memungkinkan proses identifikasi ragam hias melalui parameter ilmiah (Ula, 2021). Penggunaan konteks budaya dalam pendidikan matematika bertujuan untuk mengaitkan konsep abstrak dengan kearifan lokal agar pembelajaran menjadi lebih bermakna (Palma & Nadiasari, 2022). Selain aspek teknis, kajian etnomatematika pada motif Aceh juga mengandung nilai filosofis dan pendidikan karakter yang dapat diimplementasikan dalam pembelajaran matematika kontekstual (Ula, 2021).

Struktur dan Filosofi Motif Kain Aceh

Motif pada kain Aceh, seperti *pinto aceh* dan motif bunga, bukan sekadar hiasan estetik, melainkan mengandung prinsip geometris yang konsisten. Motif *pinto aceh* secara struktural terdiri dari perpaduan elemen geometris garis serta motif flora seperti *pucok paku* dan *bungong meulu* yang disusun secara simetris dan berulang. Motif ini awalnya diciptakan pada tahun 1935 oleh Utoh Mud dan kini telah menjadi ikon daerah Aceh. Dengan demikian, penggabungan teori fraktal dan etnomatematika memberikan kerangka kerja yang komprehensif untuk melestarikan warisan budaya melalui pendekatan sains modern.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam kajian ini adalah studi kepustakaan (*library research*). Bahan-bahan utama yang digunakan sebagai sumber data adalah literatur sekunder berupa artikel jurnal ilmiah, buku teks geometri modern, serta dokumen kebudayaan yang berkaitan dengan ragam hias Aceh. Data dikumpulkan melalui penelusuran pustaka pada pangkalan data digital seperti *Google Scholar* dan *CORE* dengan fokus pada keterkaitan antara teori fraktal, etnomatematika, dan visualisasi motif *pinto aceh*.

Dalam proses pemecahan masalah, penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif-kualitatif dengan pendekatan etnomatematika. Penggunaan pendekatan etnomatematika dalam penelitian ini bertujuan untuk membedah karakteristik visual motif tradisional melalui kacamata geometri modern guna mengidentifikasi adanya sifat self-similarity dan iterasi yang melekat pada artefak budaya (Palma & Nadiasari, 2022). Teknik analisis dilakukan dengan menelaah konsep matematis yang tersembunyi (*frozen*

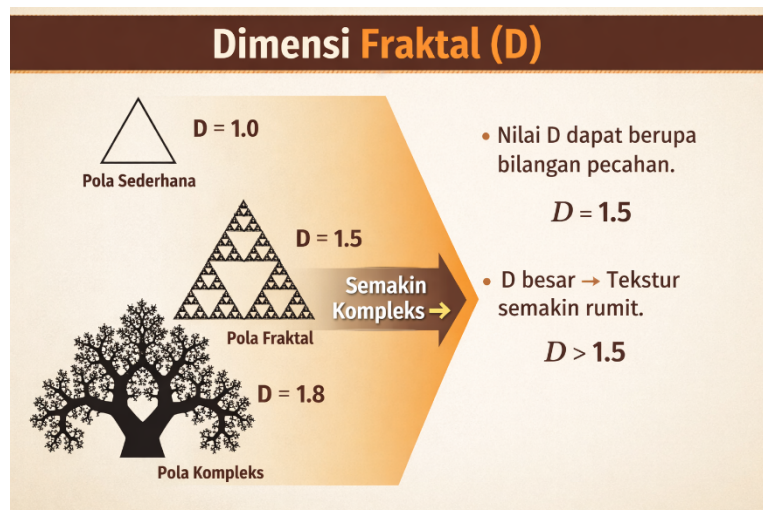
mathematics) dalam motif kain Aceh, kemudian menyintesisnya dengan teori bilangan fraktal untuk mendapatkan parameter analisis yang objektif. Proses ini mencakup reduksi data, penyajian data secara sistematis, serta penarikan kesimpulan untuk mengungkap relevansi antara keteraturan matematis dengan keindahan artistik warisan lokal Aceh

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Karakteristik Fraktal pada Motif Kain Aceh

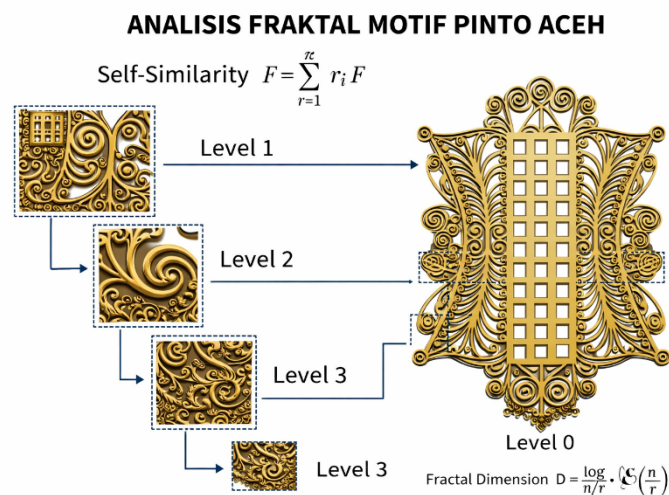
Berdasarkan hasil analisis teoretis terhadap tekstur kain tradisional Aceh, ditemukan bahwa motif *pinto aceh* dan berbagai motif bunga secara konsisten menunjukkan karakteristik geometri fraktal. Struktur visual pada motif-motif tersebut tidak hanya bersifat dekoratif, tetapi memenuhi prinsip *self-similarity* (kemiripan diri) di mana unit terkecil dari desain mencerminkan pola keseluruhannya (Palma & Nadiasari, 2022). Pada motif *pinto aceh*, misalnya, elemen geometris berupa lengkungan dan garis pada bagian *pinto khop* disusun melalui proses iterasi atau pengulangan skala yang teratur. Unit-unit flora seperti *pucok paku* (pakis) dan *bungong meulu* (melati) berfungsi sebagai generator pola yang jika diperbesar atau diperkecil akan tetap mempertahankan identitas bentuk dasarnya.

Kehadiran sifat fraktal ini memberikan parameter kuantitatif yang objektif melalui perhitungan dimensi fraktal (D). Secara matematis, tekstur kain Aceh yang cenderung padat dan memiliki kerumitan tinggi akan menghasilkan nilai dimensi yang lebih besar dibandingkan motif sederhana (Handayani & Susanto, 2016). Hal ini membuktikan bahwa para pengrajin tradisional Aceh telah menerapkan prinsip "matematika yang membeku" (*frozen mathematics*) secara intuitif. Kompleksitas visual yang dihasilkan bukan merupakan ketidakteraturan acak, melainkan sebuah bentuk keteraturan matematis modern yang mampu memberikan dampak estetika yang stabil dan konsisten (Hariadi dkk., 2013).



Gambar 1. Perbandingan pola sederhana, pola fraktal, dan pola kompleks berdasarkan parameter dimensi fraktal (D).

Sumber: Hasil olahan visual peneliti (2025).



Gambar 2. Struktur fraktal motif Pinto Aceh yang menunjukkan keserupaan pola dari skala besar hingga mikro (self-similarity).

Sumber: Hasil olahan visual peneliti (2025).

Implikasi Etnomatematika dalam Pendidikan

Temuan mengenai struktur fraktal pada kain tradisional Aceh memiliki implikasi signifikan terhadap pengembangan media pembelajaran matematika yang kontekstual. Integrasi motif lokal ke dalam kurikulum memungkinkan konsep matematika yang bersifat abstrak, seperti limit dan geometri modern, menjadi lebih mudah dipahami oleh peserta didik melalui artefak budaya yang akrab dengan lingkungan mereka. Sifat iteratif pada motif *pinto aceh* dapat dimanfaatkan sebagai model visual untuk menjelaskan konsep deret

geometri tak hingga dan transformasi geometri secara nyata.

Selain penguatan aspek kognitif, pendekatan etnomatematika ini juga berperan penting dalam internalisasi nilai-nilai karakter dan pelestarian kearifan lokal (Ula, 2021). Dengan mengeksplorasi matematika di balik kain tradisional, siswa diajak untuk menyadari bahwa ilmu pengetahuan tidak terlepas dari produk budaya mereka sendiri. Hal ini diharapkan dapat menumbuhkan rasa bangga terhadap identitas daerah sekaligus meningkatkan motivasi belajar melalui materi yang lebih relevan dan bermakna. Dengan demikian, kajian ini memberikan landasan baru bagi pendidik untuk menyusun desain instruksional yang tidak hanya fokus pada perhitungan manual, tetapi juga pada apresiasi terhadap keindahan matematis dalam budaya bangsa

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil kajian pustaka dan analisis deskriptif yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kain tradisional Aceh, khususnya motif *pinto aceh* dan motif bunga, memiliki karakteristik geometri fraktal yang kuat. Hal ini dibuktikan dengan adanya sifat kemiripan diri (*self-similarity*) dan proses iterasi pada penyusunan elemen flora serta geometrisnya. Penggunaan bilangan fraktal melalui parameter dimensi fraktal terbukti dapat menjadi instrumen kuantitatif dalam membedah kompleksitas tekstur kain tradisional secara objektif (Hariadi dkk., 2013). Secara etnomatematika, motif tersebut bukan sekadar produk estetika, melainkan manifestasi dari konsep matematika yang terintegrasi dalam kearifan lokal masyarakat Aceh. Implementasi temuan ini dalam dunia pendidikan memberikan peluang besar bagi pengembangan pembelajaran matematika yang lebih kontekstual, bermakna, dan berbasis budaya (Ula, 2021).

Saran

Penelitian ini masih terbatas pada kajian literatur mengenai karakteristik fraktal secara umum. Oleh karena itu, disarankan bagi peneliti selanjutnya untuk melakukan analisis komputasi menggunakan perangkat lunak khusus guna menghitung nilai eksak dimensi fraktal pada berbagai variasi motif Aceh lainnya. Bagi para praktisi pendidikan, disarankan untuk mulai mengintegrasikan visualisasi motif tradisional ini ke dalam modul ajar geometri guna meningkatkan literasi budaya dan motivasi belajar siswa (Palma & Nadiasari, 2022).

Selain itu, diperlukan kolaborasi antara akademisi dan pengrajin lokal untuk mendokumentasikan pola-pola matematis ini sebagai upaya digitalisasi dan pelestarian warisan budaya Aceh di masa depan.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Handayani, S., & Susanto, H. (2016). Analisis Geometri Fraktal pada Motif Batik Tradisional menggunakan Metode Box-Counting. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Pendidikan Matematika*, 8(2), 45-56.
- Rahayu, S., & Fitriani, N. (2023). Analisis Etnomatematika pada Motif Pinto Aceh dalam Meningkatkan Kemampuan Geometri Siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika Aceh*, 11(2), 88-97.
- Ula, M. (2021). Implementasi Etnomatematika Motif Pinto Aceh sebagai Media Pembelajaran Geometri Kontekstual. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 3(2), 101-115.
- Nadiasari, D., & Palma, A. (2022). Eksplorasi Geometri Fraktal pada Ragam Hias Nusantara sebagai Media Pembelajaran Matematika Kontekstual. *Jurnal Elemen*, 8(1), 112-125. <https://doi.org/10.29408/jel.v8i1.4532>
- Saraswati, I., & Utomo, R. B. (2020). Fractal Dimension Analysis of Traditional Textile Patterns using Box-Counting Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1566(1), 012104. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1566/1/012104>
- Hariadi, Y., Lukman, M., & Destiarmono, R. (2013). *Batik Fractal: Marriage of Art and Science*. Bandung: Gramedia Pustaka Utama