

ETNOMATEMATIKA MOTIF SONGKET LOMBOK SERTA IMPLIKASINYA PADA PENDIDIKAN STEM

Afifurrahman^{1*}, Parhaini Andriani²

^{1*,2}Universitas Islam Negeri Mataram, Indonesia

*Corresponding author, Jalan Gajah Mada No.100 Jempong Baru, Mataram 83116, Indonesia

E-mail: afif.rahman@uinmataram.ac.id^{1*)}
parhaini.andriani@uinmataram.ac.id²⁾

Received 31 October 2023; Received in revised form 05 June 2024; Accepted 20 June 2024

Abstrak

Selama beberapa tahun terakhir, etnomatematika khususnya di Indonesia didominasi oleh kajian tentang eksplorasi konsep serta aktivitas matematis pada hasil budaya lokal namun minim manifestasi dalam konteks pembelajaran. Etnomatematika belum banyak menyentuh aspek-aspek pendidikan matematika formal termasuk problematika yang muncul. Dalam penelitian suatu objek fraktal dirancang berdasarkan pola motif pada songket Lombok serta bentuk implikasinya dalam pembelajaran berbasis etno-STEM. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan yang menggunakan model ADDIE. Penelitian ini terdiri atas tiga tahapan yaitu *analysis*, *design* dan *develop* dimana tahap *design* terdiri atas dua fase, yaitu: fase pengembangan objek fraktal berdasarkan motif songket Lombok dan fase pengembangan bahan ajar berbasis etno-STEM. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa motif songket Lombok dapat digunakan sebagai pola dasar dalam perancangan suatu objek fraktal. Aplikasi MATLAB digunakan untuk memvisualisasikan objek fraktal tersebut. Adapun bahan ajar berbentuk slide *PowerPoint* dan lembar kerja mahasiswa memuat kaidah-kaidah geometri transformasi pada bidang, transformasi *affine* 2-dimensi dan penerapannya untuk merancang model matematika dari objek fraktal. Hasil uji validitas oleh dua orang ahli menunjukkan bahwa bahan ajar telah dinyatakan valid serta dapat digunakan pada tahap uji coba lapangan di masa mendatang.

Kata kunci: Etnomatematika; Fraktal; Pemodelan matematika; Pendidikan STEM

Abstract

Over the last few years, ethnomathematics, particularly in Indonesia, has been dominated by the explorative studies of mathematical concepts and activities on local culture products, with only few practical applications in the context of teaching and learning. Ethnomathematics as a research paradigm has not addressed many aspects of mathematics education in the classroom, including the challenges that arise. This study describes the construction of fractal occupying the preassigned textures of songket Lombok, as well as their implications for the ethno-STEM based learning. This type of research is referred to as research and development (R&D) and is designed following the ADDIE model, which has been modified to include the stages of analysis, design, and development. The design phase is divided into two parts: (1) developing fractal models based on the preassigned patterns, and (2) creating the ethno-STEM based teaching materials. This study produces fractal models which are then visualized using MATLAB programming language. Meanwhile, the developed teaching materials, e.g., PowerPoint presentation and student worksheets contain the rules of transformational geometry on the plane, 2-dimensional affine maps and their implementation for designing fractals. The content validity test conducted by two experts show that the teaching materials are valid and can be used for trials stage in the future research.

Keywords: Ethnomathematics; Fractal; Mathematical modelling; STEM education



This is an open access article under the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i4.8959>

PENDAHULUAN

Selama beberapa tahun terakhir, studi tentang etnomatematika di Indonesia menjadi *trend* di kalangan periset pendidikan matematika. Artikel-artikel ilmiah terkait etnomatematika ditujukan untuk para pembuat kebijakan publik dan praktisi pendidikan, agar mereka dapat merancang pembelajaran matematika berbasis kearifan dan budaya lokal, sehingga para siswa lebih termotivasi untuk belajar dan meningkatkan kemampuan matematis mereka (Manoy & Purbaningrum, 2021)

Di lain sisi, fakta menunjukkan bahwa riset-riset etnomatematika, misalkan pada produk budaya sasak, didominasi oleh kajian eksploratif objek matematika pada budaya setempat (Turmuzi et al., 2022). Implikasi etnomatematika dalam konteks pendidikan formal di sekolah belum banyak tersentuh, salah satunya ialah masih minimnya bahan ajar kontekstual yang dapat dimanfaatkan peserta didik selama proses pembelajaran. Sebagai contoh, untuk materi geometri fraktal peneliti mengidentifikasi dua penelitian terkait, yaitu: (1) pengembangan bahan ajar geometri fraktal berbasis eksperimen (Juniati & Budayasa, 2017), dan (2) pengembangan bahan ajar berbasis etnomatematika motif daun singkong bondowoso melalui pendekatan geometri fraktal (Dewi et al., 2022). Penelitian pertama tidak melakukan kajian etnomatematika sebagai suatu pendekatan ketika merancang bahan ajar, tetapi peneliti lebih menekankan pada keaktifan peserta didik dalam bereksperimen berbantuan teknologi untuk visualisasi objek-objek fraktal klasik yang banyak dipelajari pada buku-buku teks. Adapun penelitian kedua telah menggunakan etnomatematika dan juga teknologi digital sebagai pendekatan, tetapi bahan

ajar yang dikembangkan belum memuat secara spesifik pengalaman-pengalaman belajar peserta didik ketika mendesain objek fraktal, seperti penggunaan alat peraga serta implementasi model matematika berupa pemetaan *affine* (Afifurrahman, 2015; Barnsley, 1988). Padahal keberadaan alat peraga sifatnya urgen untuk membantu peserta didik dalam mengembangkan kemampuan representasi dan pemodelan matematis (Leung & Bolite-Frant, 2015).

Oleh karena itu, perlu dikembangkan suatu bahan ajar materi geometri fraktal yang dapat mengakomodir konten budaya lokal sebagai sumber dan inspirasi pembelajaran, penggunaan alat bantu baik digital maupun manual, serta pengetahuan matematika.

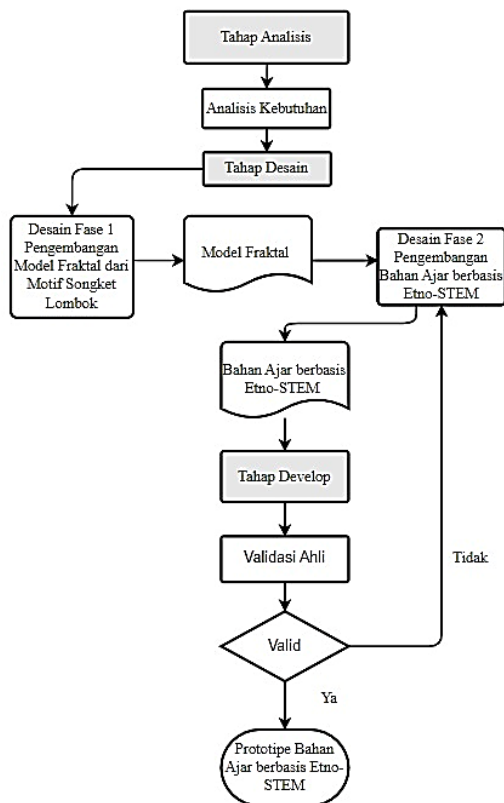
Ditinjau dari karakteristik geometri fraktal sebagai salah satu bidang matematika terapan, maka pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) dapat menjadi alternatif dalam merancang bahan ajar yang dimaksud. Pada dasarnya, STEM mengimplementasikan prinsip-prinsip Sains, Teknologi, Teknik dan Matematika dalam proses pembelajarannya (Li et al., 2020). Penggunaan STEM di kalangan pendidik sudah tidak asing lagi dan merupakan suatu keniscayaan dalam merespon perkembangan teknologi saat ini (Shernoff et al., 2017), tanpa terkecuali di Indonesia (Farwati et al., 2021).

Proses pengembangan bahan ajar dalam penelitian ini melibatkan kajian etnomatematika, matematika terapan serta pendidikan matematika. Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu model fraktal berbasis kajian etnomatematika pada motif songket Lombok, yang selanjutnya diimplementasikan dalam bentuk bahan ajar berbasis etno-STEM.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i4.8959>

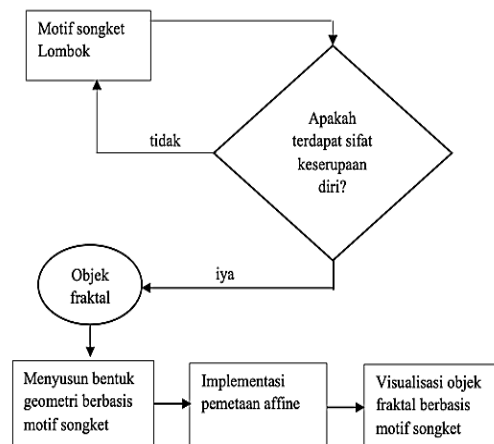
METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian pengembangan dan menggunakan model ADDIE yang dimodifikasi. Prosedur penelitian ini dijelaskan oleh bagan pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur penelitian

Gambar 1 menunjukkan bahwa prosedur penelitian diawali oleh tahap analisis kebutuhan terhadap kajian etnomatematika motif songket Lombok serta implementasinya untuk pembelajaran STEM pada materi geometri fraktal. Proses dilanjutkan ke tahap desain yang terbagi menjadi 2 fase, yaitu fase pengembangan model fraktal dan fase fase pengembangan bahan ajar berbasis etno-STEM yang dirancang berdasarkan *outcome* pada fase 1. Prosedur desain fase 1 ditampilkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Proses desain model fraktal berbasis motif songket Lombok.

Dalam desain fase kedua, hanya digunakan satu instrument penelitian yaitu lembar validasi ahli untuk bahan ajar berbasis etno-STEM. Hasil validasi bahan ajar pada fase 2 dianalisis secara kuantitatif melalui prosedur sebagai berikut. (1) dilakukan perhitungan rata-rata nilai yang diberikan oleh setiap validator untuk masing-masing dokumen, (2) dilakukan perhitungan rata-rata dari rata-rata nilai yang diperoleh dari poin (1), (3) setiap prototipe bahan ajar ditentukan validitasnya berdasarkan konversi nilai rata-rata yang diperoleh pada point (2) dengan interval tingkat validitas yang terdapat pada Tabel 1, (4) menyatakan hasil-hasil perhitungan pada tabel hasil validasi, dan (5) setiap perangkat pembelajaran dinyatakan memenuhi kriteria valid, jika minimal tingkat validitas yang dicapai ”cukup valid”.

Tabel 1. Kriteria validitas

No.	Rentang Nilai Validitas	Tingkat Kevalidan
1	$v = 5$	Sangat Valid
2	$4 \leq v < 5$	Valid
3	$3 \leq v < 4$	Cukup Valid
4	$2 \leq v < 3$	Kurang Valid
5	$1 \leq v < 2$	Tidak Valid

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i4.8959>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap analisis

Pada tahapan ini dilakukan analisis kebutuhan terhadap pengembangan kajian etnomatematika dan penerapannya dalam pembelajaran STEM. Dari perspektif etnomatematika, motif songket Lombok yang dipilih yaitu motif yang banyak memuat bentuk-bentuk geometri yang simetris dan berkaitan langsung dengan kajian objek fraktal dalam ilmu matematika terapan. Studi tentang model fraktal erat kaitannya dengan konsep geometri transformasi yang dipelajari mulai jenjang sekolah sampai perguruan tinggi. Parameter-parameter pada pemetaan *affine* dimensi-2 menentukan jenis transformasi geometri. Oleh karena itu, hasil kajian etnomatematika pada model fraktal dalam motif songket Lombok tersebut perlu diimplementasikan dalam pembelajaran, termasuk pada perkuliahan geometri transformasi dan (atau) fraktal yang berbasis etno-STEM. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Anggraini yang menunjukkan adanya keterkaitan antara konsep transformasi geometri dan fraktal (Anggraini, 2019).

Tahap desain: fase 1

Pada fase 1 dilakukan proses pendesainan model fraktal berdasarkan corak atau motif songket Lombok yang disajikan pada Gambar 3 dan 4. Untuk fase 1, peneliti hanya mengilustrasikan proses yang dimaksud untuk Gambar 3.



Gambar 3. Kain songket dengan motif Bulan.

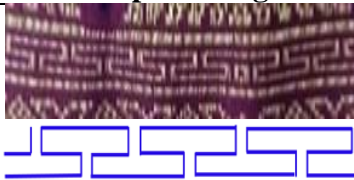

Gambar 3 dan 4 merupakan contoh kain songket yang didokumentasikan oleh Khadijah dkk dalam penelitiannya di Desa Sukarara, Kabupaten Lombok Tengah (Khadijah, Mahfudy, & Kurniawati, 2022). Kain songket pada Gambar 4 merupakan salah satu varian songket motif Bulan.


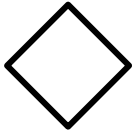


Gambar 4. Kain songket dengan motif Subhanale.

Motif songket pada Gambar 4 disebut sebagai motif Subhanale. Bentuk-bentuk geometri yang dapat ditemukan pada kedua motif tersebut di antaranya adalah garis, tetragon, dan oktagon. Dalam penelitian ini, Gambar 3 dan 4 juga digunakan sebagai materi pada bahan ajar yang dikembangkan pada fase 2.

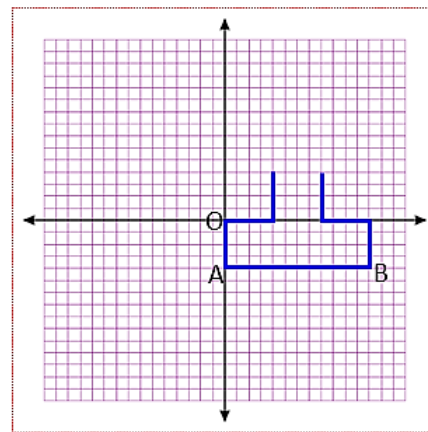
Tabel 2. Bentuk geometri pada motif songket Bulan.

No.	Motif pada songket	Bentuk geometri
1		Garis () Garis merupakan objek matematika berdimensi satu yang diperoleh dengan cara menghubungkan sebarang dua titik.

No.	Motif pada songket	Bentuk geometri
2		<p>Tetragon</p>  <p>Tetragon merupakan suatu poligon sederhana dengan 4 sisi. Istilah matematika lainnya dari tetragon adalah segiempat.</p>

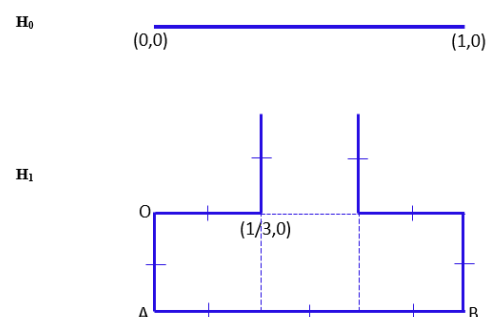
Beberapa kajian etnomatematika yang menganalisis kerajinan kain tenun menunjukkan eksistensi konsep geometri transformasi pada kain tenun termasuk batik dan songket (Bustan et al., 2022; Fachrunnisa & Sari, 2023; Indriati et al., 2022; Nursila et al., 2023; Purnama et al., 2020; Sudirman et al., 2018; Sutarto et al., 2021). Objek matematika tersebut juga ditemukan pada penelitian ini yang mencakup translasi (proses pergeseran), dilatasi (proses pengecilan atau perbesaran ukuran), dan refleksi (proses pencerminan).

Terdapat tiga proses utama yang perlu dilakukan untuk mengkonstruksi objek frakta, antara lain: (1) identifikasi sifat keserupaan diri (*self-similar properties*), (2) pemodelan matematika menggunakan pemetaan *affine*, dan (3) simulasi menggunakan bahasa pemrograman (*coding*). Sketsa motif songket pada Tabel 2 No.1 digunakan oleh peneliti untuk mendesain objek fraktal atas dasar pertimbangan bahwa motif tersebut memiliki sifat keserupaan diri, dan varian motif tersebut dapat digunakan untuk merancang kurva Koch yang sering dijadikan contoh dalam teori fraktal. Untuk lebih jelasnya, motif tersebut disketsa ulang dengan bantuan kertas milimeter blok sebagaimana terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sketsa motif No.1 Tabel 2.

Berdasarkan sketsa pada Gambar 5, diketahui bahwa $|AB| = 12$ satuan dan $|OA| = 4$ satuan dengan O adalah titik asal (0,0). Untuk menyederhanakan proses pemodelan matematika maka $|AB|$ dan $|OA|$ keduanya dibagi oleh 12 yang merupakan KPK (kelipatan persekutuan terkecil) dari 4 dan 12. Oleh karena itu, diperoleh $|AB| = 1$ satuan dan $|OA| = \frac{1}{3}$ satuan sebagaimana ditampilkan oleh H_1 pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses mendesain model fraktal motif Bulan

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i4.8959>

Berdasarkan Gambar 6, himpunan H_1 merupakan hasil penerapan prinsip-prinsip geometri transformasi pada objek garis H_0 . Misalkan, garis \overline{OA} adalah hasil dilatasi H_0 dengan ukuran skala $1/3$ yang dilanjutkan dengan rotasi (perputaran) terhadap titik pusat $O(0,0)$ sejauh 90° dan searah jarum jam. Himpunan H_1 disusun oleh 9 (sembilan) garis kongruen dengan panjang masing-masing yaitu $1/3$ satuan. Secara

matematis hubungan antara H_0 dengan H_1 diberikan oleh

$$H_1 = T_1(H_0)UT_2(H_0)U \cdots UT_9(H_0) \dots(1)$$

dimana T_n dan $1 \leq n \leq 9$ merupakan pemetaan *affine* ke- n dan vektor $\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \in H_0$. Formula T_n serta interpretasi geometris masing-masing persamaan ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Sistem pemetaan *affine* T_n untuk sketsa motif pada Gambar 5.

n	Rumus T_n	Deskripsi geometris
1	$T_1 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala $1/3$
2	$T_2 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{3} \\ 0 \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala $1/3$ + rotasi terhadap titik pusat O sebesar 90° berlawanan arah jarum jam + digeser terhadap sumbu-X sejauh $1/3$ satuan
3	$T_3 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan ukuran skala $1/3$ dan diputar terhadap titik pusat $O(0,0)$ sebesar 90° searah jarum jam
4	$T_4 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{2}{3} \\ 0 \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan faktor skala $1/3$ + diputar terhadap titik pusat $O(0,0)$ sebesar 90° dan berlawanan arah jarum jam + digeser terhadap sumbu-X sejauh $2/3$ satuan
5	$T_5 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{2}{3} \\ 0 \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan ukuran skala $1/3$ dan selanjutnya digeser terhadap sumbu-X sejauh $2/3$ satuan
6	$T_6 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan ukuran skala $1/3$ + diputar terhadap titik pusat $O(0,0)$ sebesar 90° dan searah jarum jam + ditranslasikan terhadap sumbu-X sejauh 1 satuan.
7	$T_7 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ -\frac{1}{3} \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala $1/3$ + digeser terhadap sumbu-Y sejauh $-1/3$ satuan
8	$T_8 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{3} \\ -\frac{1}{3} \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala $1/3$ + digeser terhadap sumbu-X sejauh $1/3$ satuan dan sumbu-Y sejauh $-1/3$
9	$T_9 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{2}{3} \\ -\frac{1}{3} \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala $1/3$ + digeser terhadap sumbu-X sejauh $2/3$ satuan dan sumbu-Y sejauh negatif $1/3$ satuan

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i4.8959>

Dengan cara yang sama seperti proses pada Gambar 6, diperoleh barisan himpunan $H_2, H_3, \dots, H_{i \rightarrow \infty}$ dimana i adalah objek pada waktu ke- i . Secara *iterative* diperoleh hubungan

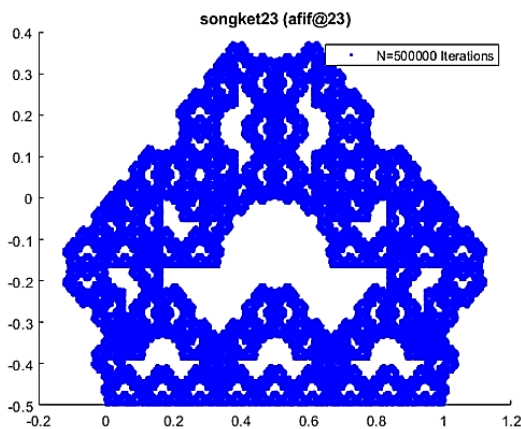
$$H_2 = T_1(H_1) \cup T_2(H_1) \cup \dots \cup T_9(H_1) \dots (2)$$

$$H_3 = T_1(H_2) \cup T_2(H_2) \cup \dots \cup T_9(H_2) \dots (3)$$

$$\vdots$$

$$H_{i+1} = T_1(H_i) \cup T_2(H_i) \cup \dots \cup T_9(H_i) \dots (4)$$

Hasil simulasi bahasa pemrograman MATLAB untuk objek fraktal berbasis sketsa motif Gambar 5 ditampilkan oleh Gambar 7.

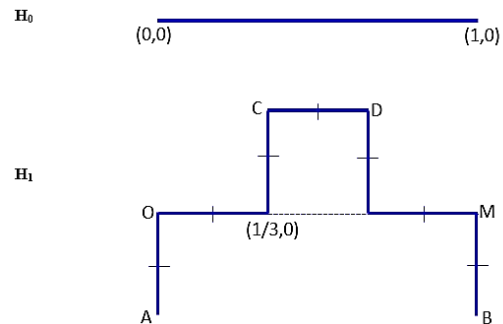


Gambar 7. Simulasi objek fraktal berdasarkan sketsa motif Gambar 5.

Gambar 6 mengilustrasikan proses konstruksi model fraktal berbasis motif songket pada Gambar 5. Proses diawali dengan himpunan H_0 pada waktu ke-0, H_1 pada waktu ke-1, H_2 waktu ke-3, dan seterusnya H_i untuk waktu ke- $i \rightarrow \infty$.

Pengubahan komponen-komponen transformasi geometri dari

H_0 ke H_1 akan mengubah barisan objek geometri $\{H_2, H_3, \dots, H_{i \rightarrow \infty}\}$. Sebagai ilustrasi, perhatikan Gambar 8.



Gambar 8. Proses desain varian model fraktal dari motif Bulan

Proses desain pada Gambar 6 dimodifikasi dengan cara mengeliminasi garis \overline{AB} dan menambahkan garis \overline{CD} sebagaimana ditampilkan oleh objek H_1 pada Gambar 8. Hasilnya, terdapat 7 (tujuh) garis kongruen, yang artinya terdapat 7 pemetaan *affine* yang terbentuk dari H_0 ke H_1 sehingga diperoleh hubungan

$$H_1 = T_1(H_0) \cup T_2(H_0) \cup \dots \cup T_7(H_0) \dots (5)$$

$$H_2 = T_1(H_1) \cup T_2(H_1) \cup \dots \cup T_7(H_1) \dots (6)$$

$$H_3 = T_1(H_2) \cup T_2(H_2) \cup \dots \cup T_7(H_2) \dots (7)$$

$$\vdots$$

$$H_{i+1} = T_1(H_i) \cup T_2(H_i) \cup \dots \cup T_7(H_i) \dots (8)$$

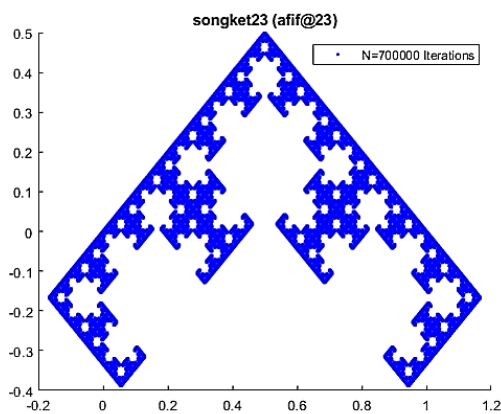
dengan rumus T_n beserta interpretasi geometris masing-masing persamaan ditampilkan oleh Tabel 4. Adapun Hasil simulasi pemrograman MATLAB untuk model fraktal tersebut diperlihatkan pada Gambar 9.

Tabel 4. Sistem pemetaan *affine* T_n untuk sketsa motif pada Gambar 8.

n	Rumus T_n	Interpretasi geometris
1	$T_1 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan ukuran skala 1/3

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i4.8959>

n	Rumus T_n	Interpretasi geometris
2	$T_2 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala $1/3$ + rotasi terhadap titik pusat O sebesar 90° berlawanan arah jarum jam + digeser terhadap sumbu-X sejauh $1/3$ satuan
3	$T_3 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala $1/3$ + rotasi terhadap titik pusat O sebesar 90° searah jarum jam
4	$T_4 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{2}{3} \\ \frac{2}{3} \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala $1/3$ + rotasi terhadap titik pusat O sebesar 90° berlawanan arah jarum jam + digeser terhadap sumbu-X sejauh $2/3$ satuan
5	$T_5 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{2}{3} \\ 0 \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala $1/3$ + digeser terhadap sumbu-X sejauh $2/3$ satuan
6	$T_6 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala $1/3$ + rotasi terhadap titik pusat O sebesar 90° searah jarum jam + digeser terhadap sumbu-X sejauh 1 satuan.
7	$T_7 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala $1/3$ + digeser terhadap sumbu-X sejauh $1/3$ satuan dan sumbu-Y sejauh $1/3$

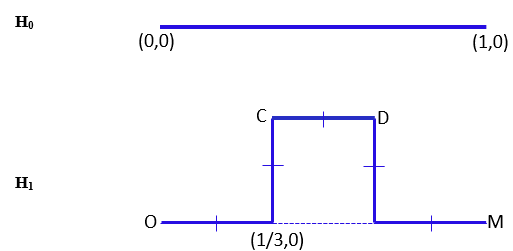


Gambar 9. Visualisasi objek fraktal berbasis sketsa Gambar 8.

Varian lainnya diilustrasikan pada Gambar 10. Dalam hal ini peneliti mengeliminasi garis \overline{OA} dan garis \overline{BM} pada Gambar 8 sehingga terdapat 5 (lima) pemetaan *affine* dari H_0 ke H_1 yang memenuhi hubungan

$$H_{i+1} = T_1(H_i) \cup T_2(H_i) \cup T_3(H_i) \cup T_4(H_i) \cup T_5(H_i) \dots (9)$$

dimana i adalah bilangan bulat non-negatif. Formula T_n serta interpretasi geometris masing-masing persamaan ditampilkan oleh Tabel 5. Sedangkan hasil simulasinya diperlihatkan pada Gambar 11.

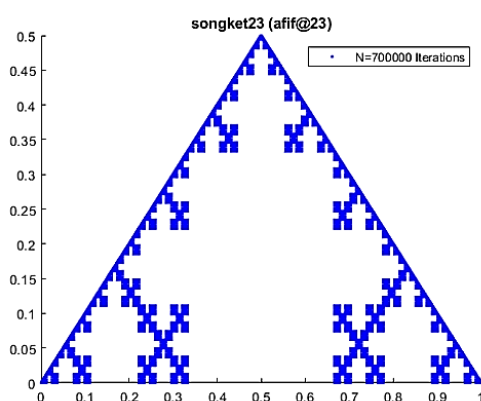


Gambar 10. Proses desain varian model fraktal dari motif Bulan

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i4.8959>

Tabel 5. Sistem pemetaan *affine* T_n untuk proses desain pada Gambar 10.

n	Rumus T_n	Interpretasi geometris
1	$T_1 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala 1/3
2	$T_2 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{3} \\ 0 \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala 1/3 + rotasi terhadap titik pusat O sebesar 90° berlawanan arah jarum jam + digeser terhadap sumbu-X sejauh 1/3 satuan
3	$T_3 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{2}{3} \\ 0 \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala 1/3 + rotasi terhadap titik pusat O sebesar 90° berlawanan arah jarum jam + digeser terhadap sumbu-X sejauh 2/3 satuan
4	$T_4 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{2}{3} \\ 0 \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala 1/3 + digeser terhadap sumbu-X sejauh 2/3 satuan
5	$T_5 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} \end{pmatrix}$	H_0 diperkecil dengan factor skala 1/3 + digeser terhadap sumbu-X sejauh 1/3 satuan dan sumbu-Y sejauh 1/3



Gambar 11. Visualisasi model fraktal berbasis sketsa Gambar 10.

Objek fraktal yang ditunjukkan oleh Gambar 11 tidak lain merupakan varian dari *type 1 quadratic Koch curves*.

Semua objek geometri yang diperoleh pada fase 1 merupakan model fraktal yang memiliki sifat keserupaan diri: bagian paling kecil memiliki bentuk yang sama dengan bagian paling besar. Hal tersebut mungkin tidak terlihat jelas pada Gambar 7, tetapi nampak jelas pada Gambar 9 dan 11.

Salah satu cara untuk menverifikas suatu objek geometri tergolong

fraktal atau bukan yaitu dengan menghitung dimensi objek tersebut. Objek geometri pada Gambar 11 memiliki dimensi sekitar 1.46 (*non-integer dimension*) menunjukkan bahwa objek tersebut merupakan fraktal (Wikipedia contributors, 2024). Untuk dua objek lainnya (Gambar 7 dan 9) belum dilakukan perhitungan dimensi fraktal.

Tahap desain: fase 2

Pada tahap desain fase 1, penelitian difokuskan pada pengembangan model fraktal berdasarkan pola yang ditemukan pada motif songket. Menggunakan teori aritmatika-aljabar serta transformasi *affine*, beberapa model fraktal dihasilkan dalam penelitian ini. Model fraktal tersebut dapat dijadikan sebagai contoh pembelajaran matakuliah geometri fraktal. Hasil pengembangan model fraktal pada fase 1 selanjutnya menjadi sebagai acuan dalam pengembangan bahan ajar berbasis Etno-STEM pada fase 2.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i4.8959>

Pada tahap awal konten matematika dipilih berdasarkan kurikulum KKNI yang digunakan di Program Studi Tadris Matematika, Universitas Islam Negeri Mataram, disertai dengan studi literatur tentang pembelajaran STEM pada matakuliah tersebut. Pengalaman belajar dirancang sedemikian sehingga peserta didik dapat menguasai masing-masing aspek, yaitu

1. *Technology* berupa penggunaan *software* MATLAB,
2. *Engineering* berupa keterampilan mengukur menggunakan alat dan bahan pembelajaran seperti milimeter block, penggaris, dan jangka, serta
3. *Mathematics* berupa kemampuan dalam merepresentasikan susunan-susunan objek geometri ke dalam bentuk bahasa (model) matematika.

Aspek *Science* dikecualikan dikecualikan dalam penelitian ini karena kajian etnomatematika terbatas pada kerajinan tenun/songket Lombok.

Salah satu bahan ajar yang dikembangkan yaitu slide *PowerPoint*. Dalam proses pengembangan, prototipe terdiri atas empat bagian, yaitu: (1) standar STEM yang diadopsi dari *Cross Cutting Concept (CCC)* dan *Science and Engineering Practices (SEP)*, (2) capaian pembelajaran, (3) alat dan bahan, dan (4) aktivitas selama pembelajaran.

Perkuliahan terdiri dari 3 sesi dengan durasi maksimal 3 SKS (3 x 50 menit) untuk setiap sesi. Materi perkuliahan pada sesi 1 yaitu analisis model transformasi geometri berdasarkan bentuk poligon sederhana yang terdapat pada motif Songket Lombok. Adapun perkuliahan pada sesi 2 yaitu mendesain model fraktal berbasis pada motif songket serta mensimulasikannya menggunakan

MATLAB. Sedangkan perkuliahan pada sesi 3 fokus pada aktivitas merancang dan simulasi model fraktal secara mandiri/pengayaan.

Untuk membantu peserta didik dalam proses belajar, maka pada setiap sesi perkuliahan dikembangkan tiga Lembar Kegiatan (LK) yang terdiri dari:

1. Lembar Kegiatan 1 (LK.1) memuat pengalaman-pengalaman belajar dalam menganalisis jenis transformasi geometri serta model matematisnya berdasarkan bentuk poligon sederhana yang terdapat pada motif Songket Lombok.
2. Lembar Kegiatan 2 (LK.2) memuat pengalaman-pengalaman belajar dalam menganalisis dan memvisualisasikan model fraktal menggunakan MATLAB.
3. Lembar Kegiatan 3 (LK.3) memuat pengalaman-pengalaman belajar dalam merancang secara mandiri suatu objek fraktal berdasarkan motif songket serta visualisasinya menggunakan MATLAB.

Gambar 12 (a)-(b) memperlihatkan tampilan depan (*cover*) bahan ajar berbasis Etno-STEM yang dikembangkan dalam penelitian ini.



Gambar 12(a). Tampilan prototipe *slide PowerPoint*.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i4.8959>

LEMBAR KERJA 1 (L.K. 1)

Tujuan:

1. Mahasiswa dapat mengidentifikasi poligon sederhana serta transformasi geometri terkait pada motif Songket Lombok.
2. Mahasiswa dapat membuat model matematika dari transformasi geometri.

Alat dan Bahan:

1. Motif Songket Lombok
2. Kertas grafik koordinat kartesius
3. Penggaris, Penghapus, Januka

Kegiatan:

1. Motif songket khas desa Sukarara, Lombok Tengah pada gambar di bawah ini dikenal dengan nama motif Bulan.



Temukan (minimal 1) bentuk poligon sederhana serta transformasi geometri poligon tersebut pada motif bulan! Jelaskan.

Jawab.

.....
.....
.....

Gambar 12(b). Tampilan prototipe Lembar Kerja Mahasiswa.

Fase develop

Pada fase develop dilakukan validasi pada bahan ajar berbasis Etno-STEM yang dikembangkan dengan melibatkan 1 orang ahli di bidang Pendidikan matematika (V1) dan 1 orang ahli di bidang matematika (V2).

Ada empat aspek yang divalidasi, yaitu konten, pedagogi, keberagaman, dan kepraktisan. Adapun tabulasi hasil angket validasi ahli dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil validasi bahan ajar Etno-STEM

No.	Kriteria Penilaian	V1	V2	Kriteria
1	Penyelarasan Konten	4.00	4.67	Valid
2	Efektivitas Pedagogis	4.75	4.75	Valid
3	Inklusivitas dan Keberagaman	4.33	3.67	Valid
4	Kegunaan dan Kepraktisan	4.6	4.4	Valid

Berdasarkan Tabel 6 diketahui bahwa kedua validator memberikan

nilai yang masuk kriteria valid pada keempat aspek penilaian bahan ajar. Ini menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan dapat diujicobakan ke lapangan (tahap *Implementation* dan *Evaluation*). Karena keterbatasan waktu tahap ujicoba belum dapat dilaksanakan.

Pada penelitian ini bahan ajar berbasis etno-STEM untuk matakuliah geometri transformasi dan fraktal dikembangkan sesuai dengan kurikulum KKNI yang digunakan pada Program Studi Tadris Matematika Universitas Islam Negeri Mataram. Para peserta didik telah memprogramkan matakuliah tersebut, namun konsep-konsep yang bersumber dari buku teks belum banyak memberikan contoh aplikatif secara kontekstual. Dalam perspektif pembelajaran matematika, poin tersebut sangat penting karena belajar yang bermakna (*meaningful learning*) akan tercipta ketika peserta didik mampu mengaitkan informasi baru dengan struktur pengetahuan yang telah diperoleh dari lingkungannya (Faizah et al., 2022). Secara teoretis hal tersebut berdampak pada meningkatnya motivasi maupun hasil belajar matematika peserta didik (Haji et al., 2017; Hudson & Whisler, 2008; Turmuzi, 2022).

Bahan ajar berupa *PowerPoint* serta lembar kerja mahasiswa dikembangkan sesuai dengan dengan pendekatan STEM, namun dibatasi pada aspek *Science*. Konten *Engineering* diperoleh peserta didik melalui penggunaan alat-alat bantu seperti kertas grafik, jangka dan penggaris ketika membuat sketsa poligon dan transformasinya. Adapun konten *Mathematics* berupa implementasi pemetaan *affine* diimplementasikan untuk membuat model matematika dari objek fraktal yang dikaji.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i4.8959>

Serangkaian pengalaman belajar yang disajikan dalam bahan ajar pada penelitian ini merupakan manifestasi dari prinsip *learning by doing* karena melibatkan aktivitas fisik maupun mental para peserta didik (Reese, 2011). Melalui prinsip tersebut, mereka tidak hanya mengembangkan pengetahuan prosedural dan konseptual, tetapi juga kemampuan operasional (*operational skill*), seperti cara menggunakan algoritma dengan benar (Österman & Bråting, 2019).

Materi geometri fraktal pada buku-buku teks selalu menyertakan *pseudocode* (deskripsi algoritma singkat dan sederhana) yang selanjutnya dapat diterjemahkan melalui bahasa pemrograman untuk proses simulasi objek fraktal. Berbeda dengan penelitian serupa terdahulu (Dewi et al., 2022; Rahmadhani et al., 2024), lembar kerja berbasis etno-STEM dalam penelitian ini memuat instruksi penggunaan *software* untuk proses visualisasi, sehingga peserta didik dapat bereksperimen secara mandiri ketika mendesain objek fraktal (Juniati & Budayasa, 2017). Implementasi *Technology* pembelajaran seperti Geogebra, Maple, maupun MATLAB terbukti efektif membantu peserta didik dalam memahami konsep-konsep geometri transformasi dan fraktal (Ratna Sari & Sari Faradiba, 2023), (Anggraini, 2019), (Slamet et al., 2023).

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menghasilkan bahan ajar geometri fraktal yang dirancang melalui pendekatan etnomatematika dan pembelajaran STEM. Bahan ajar tersebut berbentuk slide *PowerPoint* dan lembar kerja yang telah dinyatakan valid oleh kedua validator. Produk yang dikembangkan belum diujicoba baik dalam skala kecil maupun besar,

sehingga perlu dilanjutkan oleh penelitian-penelitian mendatang agar produk tersebut teruji secara teoretis maupun empiris. Selain itu, kajian etnomatematika yang diimplementasikan dalam pembelajaran berbasis STEM masih jarang dikaji. Oleh karena itu, perlu dikembangkan penelitian yang serupa pada konteks budaya serta materi matematika lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifurrahman, A. (2015). Implementasi Teorema Collage Untuk Mendesain Sistem Fungsi Iterasi (SFI): Studi Awal Mendesain Sfi Motif Songket Lombok. *Jurnal Pijar Mipa*, 10(2). <https://doi.org/10.29303/jpm.v10i2.21>
- Anggraini, L. D. F. (2019). Geometri Fraktal Dan Transformasi Geometri Sebagai Dasar Pengembangan Motif Batik Sekar Jagad. *Transformasi: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika*, 3(1), 1–14. <https://doi.org/10.36526/tr.v3i1.384>
- Barnsley, M. F. (1988). *Fractals Everywhere*. Academic Press. <https://books.google.co.id/books?id=5GzvAAAAMAAJ>
- Bustan, A. W., Salmin, M., & Talib, T. (2022). Eksplorasi Etnomatematika Terhadap Transformasi Geometri Pada Batik Malefo. *Jurnal Pendidikan Matematika (Jupitek)*, 4(2), 87–94. <https://doi.org/10.30598/jupitekvol4i2ss2pp87-94>
- Dewi, I. K. C., Yudianto, E., & Susanto. (2022). Development of Batik Daun Singkong Bondowoso motifs based on fractals as student worksheets. *AIP Conference Proceedings*, 2633(1), 030023. <https://doi.org/10.1063/5.0104379>
- Fachrunnisa, Y. N., & Sari, C. K. (2023). Etnomatematika : Eksplorasi Konsep Transformasi Geometri Pada Batik Melati Desa Kebon, Bayat.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i4.8959>

- AKSIOMA: *Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 12(1), 294. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v12i1.5961>
- Faizah, S., Rahmawati, N. D., & Sa'adah, N. (2022). *Teori Belajar Matematika* (C. Mashuri & I. Rodliyah, Eds.; 1st ed.). PT. Indonesia Emas Group. https://eprints.unhasy.ac.id/161/1/Teori%20Belajar%20Matematika_Ebook%20%282%29.pdf
- Farwati, R., Metafisika, K., Sari, I., Sitinjak, , Debora Suryani, Solikha, D. F., & Solfarina, S. (2021). STEM Education Implementation in Indonesia: A Scoping Review. *International Journal of STEM Education for Sustainability*, 1(1), 11–32. <https://doi.org/10.53889/ijses.v1i1.2>
- Haji, S., Abdullah, M. I., Maizora, S., & Yumiati, Y. (2017). Developing Students' Ability Of Mathematical Connection Through Using Outdoor Mathematics Learning. *Infinity Journal*, 6(1), 11. <https://doi.org/10.22460/infinity.v6i1.234>
- Hudson, C., & Whisler, V. R. (2008). Contextual Teaching and Learning for Practitioners. *Journal on Systemics, Cybernetics and Informatics*, 6, 54–58. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:10784496>
- Indriati, M., Turmudi, & Dahlan, J. A. (2022). Aplikasi transformasi geometri pada etnomatematika. *Math Educa*, 6(2), 105–119.
- Juniati, D., & Budayasa, I. K. (2017). Pengembangan Bahan Ajar Geometri Fraktal Berbasis Eksperimen Untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 36(1), 24–33. <https://doi.org/10.21831/cp.v36i1.11660>
- Leung, A., & Bolite-Frant, J. (2015). Designing Mathematics Tasks: The Role of Tools. In A. Watson & M. Ohtani (Eds.), *Task Design In Mathematics Education: an ICMI study 22* (pp. 191–225). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09629-2_6
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- Manoy, J. T., & Purbaningrum, M. (2021). Mathematical Literacy Based on Ethnomathematics of Batik Sidoarjo. *Jurnal Didaktik Matematika*, 8(2), 160–174. <https://doi.org/10.24815/jdm.v8i2.21644>
- Nursila, R., Saputri, S., & Zulkarnain, Z. (2023). Eksplorasi Etnomatematika Materi Geometri Pada Motif Kain Songket Melayu Pontianak. *Al-'Adad: Jurnal Tadris Matematika*, 2(1), 41–50. <https://doi.org/10.24260/add.v2i1.1594>
- Österman, T., & Bråting, K. (2019). Dewey and mathematical practice: revisiting the distinction between procedural and conceptual knowledge. *Journal of Curriculum Studies*, 51(4), 457–470. <https://doi.org/10.1080/00220272.2019.1594388>
- Purnama, R., Utami, C., & Prihatiningtyas, N. C. (2020). Ekplorasi Etnomatematika DEksplorasi Etnomatematika dalam Motif Tenun Kain Lunggi Sambas Kalimantan Barat dan Implikasinya terhadap Pembelajaran Matematikaalam Motif Tenun kain Lunggi Sambas kalimantan Barat

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i4.8959>

- Dan Implikasinya Terhadap Pembelajaran. *Variabel*, 3(1), 36. <https://doi.org/10.26737/var.v3i1.1307>
- Rahmadhani, S. E., Sabara, I. M., & Marhayati, M. (2024). Pengembangan LKPD Berbasis Etnomatematika Batik Kawung Pada Materi Unsur-Unsur Lingkaran. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 13(1), 116. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i1.8078>
- Ratna Sari, J. R., & Sari Faradiba, S. (2023). Pelatihan Aplikasi Geogebra Pada Materi Transformasi Geometri Pada Siswa Smp Assa'idiyyah Kepanjen. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 1(3), 132–139. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v1i3.29>
- Reese, H. W. (2011). The learning-by-doing principle. *Behavioral Development Bulletin*, 17(1), 1–19. <https://doi.org/10.1037/h0100597>
- Shernoff, D. J., Sinha, S., Bressler, D. M., & Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education*, 4(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0068-1>
- Slamet, Mufinnun, N. F., Sholahudin, Hidayati, W. S., & Trisanti, L. B. (2023). Implementasi media pembelajaran kalkulator transformasi geometri terhadap peningkatan pengetahuan peserta didik. *JP-Mas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat STKIP PGRI Jombang*, 5(2), 49–60. <https://doi.org/https://doi.org/10.32682/jp-mas.v5i2.3484>
- Sudirman, S., Son, A. L., & Rosyadi, R. (2018). Penggunaan Etnomatematika Pada Batik Paoman Dalam Pembelajaran Geometri Bidang di Sekolah Dasar. *IndoMath: Indonesia Mathematics Education*, 1(1), 27. <https://doi.org/10.30738/indomath.v1i1.2093>
- Sutarto, S., Hastuti, I. D., & Supiyati, S. (2021). Etnomatematika: Eksplorasi Transformasi Geometri Tenun Suku Sasak Sukarara. *Jurnal Elemen*, 7(2), 324–335. <https://doi.org/10.29408/jel.v7i2.3251>
- Turmuzi, M. (2022). Meta Analisis: Pengaruh Pembelajaran Berbasis Etnomatematika terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa. *JPMI: Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 5(5), 1525–1534.
- Turmuzi, M., Sudiarta, I. G., & Suharta, I. G. (2022). Systematic Literature Review: Etnomatematika Kearifan Lokal Budaya Sasak. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(1). <https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i1.1183>
- Wikipedia contributors. (2024, April 18). *Koch snowflake*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Koch_snowflake&oldid=1219579871