


## Simetri dalam Desain: Aplikasi Web untuk Pembangkitan Motif Karpets Turki Berdasarkan Grup Frieze dan Kristalografi

Cindy Injilia S<sup>1\*</sup>, Muthia Shafa Nazahra<sup>2</sup>, Septika Aulia Putri<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Matematika, Universitas Negeri Medan, Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara

E-mail: [cindyinjilias794@mhs.unimed.ac.id](mailto:cindyinjilias794@mhs.unimed.ac.id)

\* Corresponding Author

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i4.1593>

### ARTICLE INFO

#### Article history

Received: 02 June 2025

Revised: 14 June 2025

Accepted: 30 June 2025

#### Kata Kunci:

Sosial Media Marketing,  
Brand Awareness,  
Engagement Rate, Instagram  
Insight.

#### Keywords:

Social Media Marketing,  
Brand Awareness,  
Engagement Rate,  
Instagram Insight.

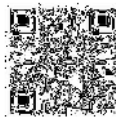
### ABSTRACT

Penelitian ini mengembangkan aplikasi berbasis web bernama Symmetry Studio untuk pembangkitan motif karpets Turki berdasarkan prinsip Grup Frieze dan Kristalografi. Penelitian ini mengatasi kebutuhan akan alat digital yang mengintegrasikan konsep simetri matematika dengan desain karpets tradisional. Menggunakan metodologi research and development (R&D), aplikasi dibangun dengan HTML, CSS, JavaScript, dan pustaka p5.js untuk visualisasi real-time. Aplikasi memiliki fitur interaktif meliputi pemilihan jenis pola (frieze, kristalografi, atau campuran), 21 gaya motif (bunga, bintang, spiral, pola geometris, dan sebagainya.), berbagai transformasi simetri (translasi, refleksi, rotasi, refleksi geser, dan sebagainya.), dan pengaturan warna yang dapat disesuaikan. Hasil menunjukkan bahwa aplikasi berhasil menghasilkan motif karpets Turki yang estetis melalui transformasi matematika, menghasilkan tiga jenis pola berbeda: pola Frieze untuk desain border, pola Kristalografi untuk permukaan utama karpets, dan pola campuran untuk efek ornamental yang dinamis. Platform berbasis web memberikan aksesibilitas melalui GitHub Pages, memungkinkan penggunaan luas dalam pendidikan, penelitian, dan industri kreatif. Penelitian ini berkontribusi pada pelestarian dan inovasi desain karpets tradisional sambil memperkuat integrasi matematika, seni, dan teknologi dalam metodologi desain digital.

*This research develops a web-based application named Symmetry Studio for the generation of Turkish carpet motifs based on the principles of Group Frieze and Crystallography. This research addresses the need for a digital tool that integrates the concept of mathematical symmetry with traditional carpet design. Using research and development (R&D) methodology, the application was built with HTML, CSS, JavaScript, and p5.js library for real-time visualization. The application has interactive features including pattern type selection (frieze, crystallography, or mixed), 21 motif styles (flower, star, spiral, geometric pattern, etc.), various symmetry transformations (translation, reflection, rotation, shear reflection, etc.), and customizable color settings. Results show that the application successfully generates aesthetically pleasing Turkish carpet motifs through mathematical transformations, producing three different types of patterns: Frieze patterns for border designs, Crystallographic patterns for the main surface of the carpet, and mixed patterns for dynamic ornamental effects. The web-based platform provides accessibility through GitHub Pages, enabling widespread use in education, research, and creative industries. This research contributes to the preservation and innovation of traditional carpet design while strengthening the integration of math, art, and technology in digital design methodologies.*



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



**How to Cite:** Cindy Injilia S, et al (2025). Simetri dalam Desain: Aplikasi Web untuk Pembangkitan Motif Karpets Turki Berdasarkan Grup Frieze dan Kristalografi, 3(4) 5957-5964. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i4.1593>

## PENDAHULUAN

Budaya dan matematika merupakan dua hal yang tidak dapat terpisah dengan lingkungan sekitar manusia. Peleburan matematika ke dalam kehidupan bermasyarakat diwadahi oleh pendekatan etnomatematika, yang dicanangkan pertama kali oleh d'Ambrosio. Etnomatematika dipandang sebagai praktik matematika dalam suatu kelompok budaya, seperti masyarakat daerah, buruh, anak-anak dengan usia tertentu, profesional, dan kelompok lainnya (Wulan et al., 2021).

Simetri adalah konsep matematika yang mendasari pola berulang yang ditemukan dalam berbagai bentuk, dan pola-pola tersebut dihasilkan melalui transformasi geometri, yang meliputi translasi (pergeseran), rotasi (perputaran), refleksi (pencerminan), dan refleksi geser (kombinasi refleksi dan translasi). Pada ilmu matematika grup simetri didefinisikan sebagai suatu grup yang dibentuk dari suatu himpunan yang isinya merupakan permutasi-permutasi dengan operasi perkalian (Ray & Nataliani, 2022). Grup simetri adalah himpunan isometri-isometri yang memenuhi aksioma-aksioma grup dengan operasi komposisi fungsi (Sinaga & Kartika, 2023). Studi matematika tentang pola berulang pada bidang yang dihasilkan oleh transformasi geometri ini merupakan bagian dari ranah grup simetri bidang, yang juga dikenal sebagai grup kristalografi bidang atau grup kertas dinding, dan terdiri dari 17 pola berbeda. konsep grup kertas dinding ini memungkinkan pembangkitan beragam pola dari pola dasar (Nataliani et al., 2021).

Grup Frieze adalah salah satu jenis grup simetri yang relevan dalam konteks desain motif linear. Frieze group merupakan subgrup dari grup simetri yang selalu dibangun oleh translasi satu arah. Setiap pola frieze dapat diklasifikasikan sebagai grup siklik atau dihedral (Rahmawati et al., 2018). Pola Frieze, sebagai subgrup dalam grup simetri, dibangun melalui translasi satu arah, menciptakan pola linear yang berulang dalam satu arah (Zainati et al., 2024). Panjaitan et al. (2022) mengkaji pola Frieze dalam motif Songket Melayu Deli, sementara Andriani & Muchyidin (2020) mengidentifikasi pola Frieze dalam konteks seni pertunjukan, yaitu gerakan Tari Buyung Kuningan. Grup Frieze memiliki 7 pola berbeda yang terbentuk dari kombinasi isometri, yaitu transformasi yang mempertahankan jarak dan sudut (Panjaitan et al., 2022; Silalahi et al., 2022).

Salah satu bentuk pengaplikasian dari grup simetri adalah kristalografi. Kristalografi, dalam konteks bidang dua dimensi, berkaitan dengan pola-pola yang membentuk kisi, yang seringkali direpresentasikan oleh 17 grup kertas dinding. Prabowo et al. (2022) meneliti pembangkitan pola simetri  $p2$ , salah satu pola kristalografi, menggunakan simulasi sistem dinamik, di mana pola  $p2$  dicirikan oleh simetri rotasi  $180^\circ$  dan simetri translasi di sepanjang sumbu-x dan sumbu-y.

Dalam konteks desain, pemahaman dan penerapan prinsip simetri, khususnya Grup Frieze dan Kristalografi, dapat menghasilkan motif yang estetis dan terstruktur secara matematis, seperti yang ditunjukkan oleh Sinaga & Kartika (2023) dalam pengembangan aplikasi untuk membangkitkan ornamen Gorga Batak Simalungun.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi web untuk pembangkitan motif karpet Turki berdasarkan prinsip simetri, di mana penelitian ini menerapkan konsep matematika dari Grup Frieze dan Kristalografi secara spesifik untuk menghasilkan motif karpet, menyediakan alat digital yang memungkinkan eksplorasi kreatif dan efisiensi dalam desain motif karpet, dan memberikan kontribusi pada pengembangan metodologi desain berbasis matematika dalam industri karpet. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang relevan dalam bidang desain karpet, matematika terapan, dan pengembangan alat bantu desain digital

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *research and development* (R&D) untuk merancang dan membangun sebuah aplikasi web interaktif yang memungkinkan pengguna mengeksplorasi berbagai pola motif berdasarkan simetri Frieze dan Kristalografi, sebagaimana ditemukan dalam seni karpet Turki. Metode ini bertujuan untuk menghasilkan produk melalui proses penemuan potensi masalah, mendesain dan mengembangkan suatu produk sebagai solusi terbaik (Waruwu, 2024). Proses pengembangan terdiri dari beberapa tahap yang terstruktur, yaitu:

### **Perancangan Sistem**

Proses Perancangan sistem dimulai dengan mengidentifikasi kebutuhan pengguna serta menentukan fitur utama aplikasi, antara lain:

1. Pemilihan jenis pola (frieze, kristalografi, campuran),
2. Pilihan gaya motif (bunga, bintang, spiral, dan sebagainya),
3. Pilihan jenis simetri (translasi, refleksi, rotasi, glide, dan sebagainya),
4. Pengaturan warna latar belakang dan warna motif,
5. Fungsi penyimpanan hasil pola sebagai gambar.

Perancangan antarmuka dilakukan dengan prinsip antarmuka grafis (*graphical user interface*), memanfaatkan elemen dropdown, tombol interaktif, dan kanvas visual.

### **Implementasi Aplikasi**

Implementasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman HTML, CSS, dan JavaScript dengan pustaka *p5.js* untuk keperluan visualisasi grafis dua dimensi. Seluruh proses pengembangan dilakukan menggunakan editor *Visual Studio Code* (VSCode), dengan *live preview* dan debugging lokal.

Kode dirancang modular, dengan fungsi terpisah untuk:

- Membuat dan menggambar motif,
- Menerapkan transformasi simetri,
- Mengelola interaksi pengguna,
- Menyimpan hasil karya.

Berikut ini adalah diagram alur proses pembuatan aplikasi:

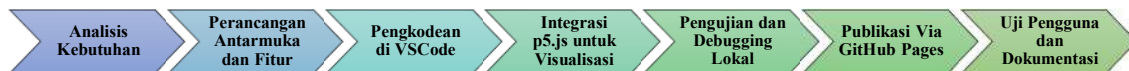


Diagram 1. Alur Penelitian

### **Visualisasi Motif dan Simetri**

Motif digambarkan secara parametrik menggunakan koordinat polar dan transformasi berbasis rotasi, translasi, dan refleksi. Pengguna dapat memilih kombinasi gaya dan simetri untuk melihat efeknya pada tampilan pola. Pemrosesan dilakukan secara *real-time* di kanvas *p5.js*. Setiap motif memiliki representasi bentuk yang dirender melalui fungsi *drawMotif()* dan kemudian dimodifikasi menggunakan *applySymmetry()* sesuai parameter yang dipilih.

### **Penyimpanan dan Publikasi**

Aplikasi disimpan sebagai repositori GitHub dan dipublikasikan menggunakan layanan GitHub Pages, memungkinkan akses publik melalui browser web tanpa perlu instalasi. Dengan demikian, aplikasi bersifat *platform-independen* dan dapat diakses secara langsung oleh pengguna umum maupun peneliti.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi interaktif berbasis web bernama *Symmetry Studio* yang dirancang untuk memvisualisasikan motif karpet Turki menggunakan prinsip-prinsip simetri dalam matematika, khususnya grup frieze dan grup kristalografi. Aplikasi ini dibangun sebagai bagian dari implementasi teori aljabar grup dalam bentuk visual dan estetis, serta sebagai media eksplorasi pembelajaran yang menggabungkan antara unsur matematika, seni, dan teknologi.

Aplikasi ini dikembangkan menggunakan *Visual Studio Code* (VS Code) sebagai lingkungan pengembangan terintegrasi (IDE) untuk menulis dan mengelola kode program. VS Code dipilih karena mendukung berbagai fitur modern seperti sintaks pewarnaan, pelengkapan otomatis, integrasi kontrol versi, dan manajemen proyek. Proyek ini memanfaatkan kombinasi teknologi sebagai berikut:

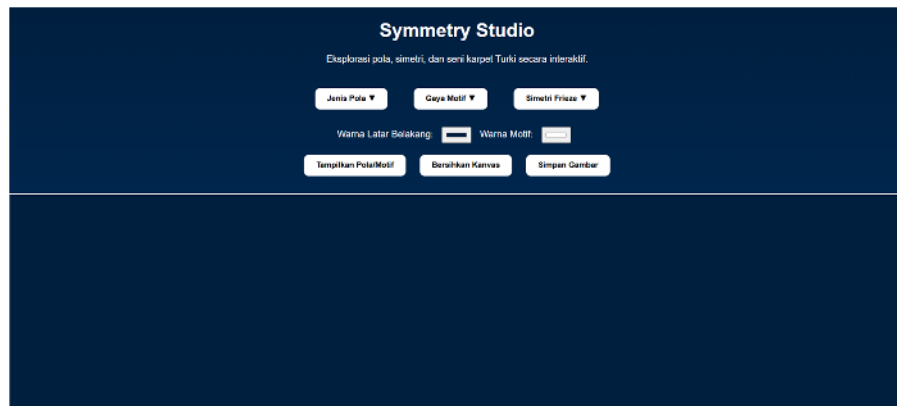
1. HTML (*HyperText Markup Language*): digunakan untuk membangun struktur halaman aplikasi, termasuk elemen antarmuka seperti dropdown, tombol, dan kanvas.
2. CSS (*Cascading Style Sheets*): digunakan untuk mengatur tampilan visual antarmuka seperti tata letak, warna, dan responsivitas.
3. JavaScript: digunakan untuk mengatur interaksi pengguna, menggambar pola simetri pada kanvas, serta menangani logika aplikasi berdasarkan input pengguna.
4. *p5.js*: pustaka JavaScript yang digunakan untuk menangani visualisasi grafis dua dimensi secara

dinamis. Integrasi p5.js memungkinkan pembuatan kanvas yang responsif, serta menyederhanakan proses penggambaran elemen geometris, penerapan transformasi simetri (translasi, rotasi, refleksi, glide reflection, dan sebagainya), dan pemrosesan visual secara *real-time* di dalam browser.

Seluruh kode program ditulis, diuji, dan disimpan dalam repositori GitHub, serta dipublikasikan melalui GitHub Pages sehingga dapat diakses secara daring oleh pengguna tanpa memerlukan instalasi lokal.

### **Tampilan dan Fitur Aplikasi**

Untuk mendukung kemudahan penggunaan dan daya tarik visual, aplikasi *Symmetry Studio* dirancang dengan antarmuka yang sederhana. Tampilan aplikasi mencerminkan keselarasan antara fungsi dan estetika, sementara fitur-fiturnya disusun secara sistematis agar memudahkan pengguna dalam mengeksplorasi berbagai jenis pola dan simetri secara interaktif. Aplikasi dapat diakses melalui <https://muthial511.github.io/SymmetryStudio/>. Tampilan aplikasinya sebagai berikut:



Gambar 1. Tampilan Aplikasi Web Symmetry Studio

Pada Gambar 1 ditunjukkan tampilan aplikasi *Symmetry Studio*. Terdapat beberapa fitur utama yang dapat digunakan oleh pengguna, antara lain:

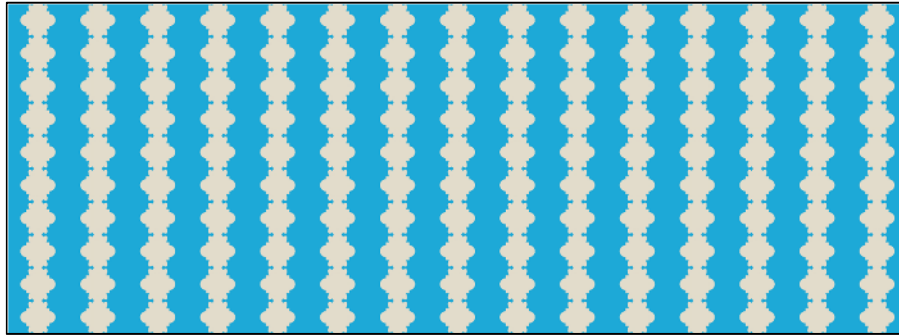
1. Dropdown Jenis Pola: Pengguna dapat memilih pola frieze, kristalografi, atau campuran keduanya. Fitur ini memungkinkan eksplorasi pola linear maupun pola kisi dua dimensi.
2. Dropdown Gaya Motif: Tersedia 21 pilihan motif dasar seperti bunga, bintang, matahari, daun, bulan, roset, geometris, burung, tulip, paisley, spiral, kubah masjid, hexagon, sisik ikan, titik, gelombang, star 8, medallion, kufic, spiralhorn, dan arabesque. Motif ini divisualisasikan secara parametrik menggunakan p5.js.
3. Dropdown Simetri Frieze: Pengguna dapat memilih jenis simetri, yaitu translasi, refleksi, rotasi, glide refleksi, refleksi alternatif, rotasi 180°, zigzag, diagonal, anti glide, dan refleksi geser. Setiap pilihan simetri menghasilkan pola pengulangan dan transformasi motif yang berbeda.
4. Pengaturan Warna: Pengguna dapat mengatur warna latar belakang dan warna motif sesuai preferensi. Fitur ini menambah fleksibilitas dalam eksplorasi estetika motif.
5. Tombol Interaktif: Terdapat tiga tombol utama, yaitu “Tampilkan Pola/Motif” untuk menampilkan hasil pembangkitan motif pada kanvas, “Bersihkan Kanvas” untuk menghapus pola yang sudah ada, dan “Simpan Gambar” untuk mengunduh hasil desain sebagai file gambar PNG.

### **Visualisasi Pola, Motif, dan Simetri**

Pada bagian bawah aplikasi terdapat kanvas visual yang akan menampilkan motif hasil eksplorasi pengguna seperti yang terlihat pada Gambar 1. Visualisasi ini bergantung pada kombinasi parameter yang dipilih melalui antarmuka aplikasi, seperti jenis pola, gaya motif, serta jenis simetri. Untuk menghasilkan visualisasi, pengguna dapat memilih parameter dari menu dropdown dan mengatur warna latar serta warna motif sesuai preferensi. Setelah itu, tombol Tampilkan Pola/Motif ditekan untuk merender pola ke dalam kanvas. Setiap perubahan pada dropdown atau pengaturan warna langsung divisualisasikan secara *real-time* di kanvas.

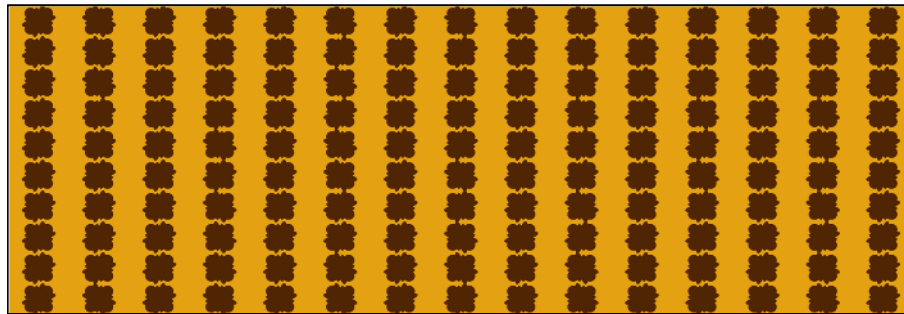
Di dalam aplikasi, saat memilih jenis pola kristalografi, lalu gaya motif tulip, kufic, dan medallion, serta simetri refleksi, aplikasi akan menampilkan visualisasi karpet Turki seperti pada Gambar 2 di

bawah ini, dengan susunan motif yang berulang secara vertikal dan seimbang di kedua sisi bidang. Motif tersusun rapi, menciptakan kesan visual yang menyerupai anyaman karpet Turki tradisional dengan unsur kesimetrian yang kuat.



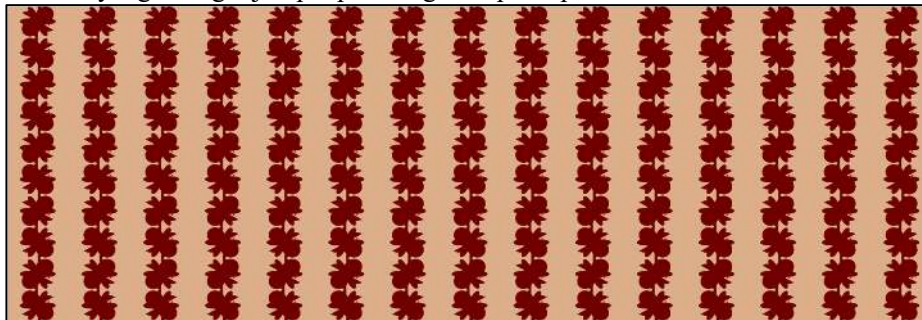
Gambar 2. Visual Karpet Turki dengan Pola, Motif, dan Simetri

Lalu, ketika memilih jenis pola dan gaya motif yang sama seperti di atas tetapi dengan simetri yang berbeda yaitu zigzag dan diagonal, aplikasi akan menampilkan visualisasi karpet Turki seperti pada Gambar 3 di bawah ini. Komposisi visual ini menghasilkan tampilan karpet yang lebih aktif dan ritmis.



Gambar 3. Visual Karpet Turki dengan Pola, Motif, dan Simetri

Selain itu, ada visual yang lebih menarik lagi yaitu saat memilih jenis pola kristalografi, lalu gaya motif tulip, paisley, titik, dan arabesque, serta simetri refleksi, aplikasi akan menampilkan visualisasi karpet Turki seperti pada Gambar 4 di bawah ini. Pola ini menghadirkan kesan formal dan klasik, dengan simetri refleksi yang memperkuat keseimbangan antar barisan. Komposisi visual seperti ini menonjolkan unsur keteraturan yang sering dijumpai pada bagian tepi karpet Turki tradisional.



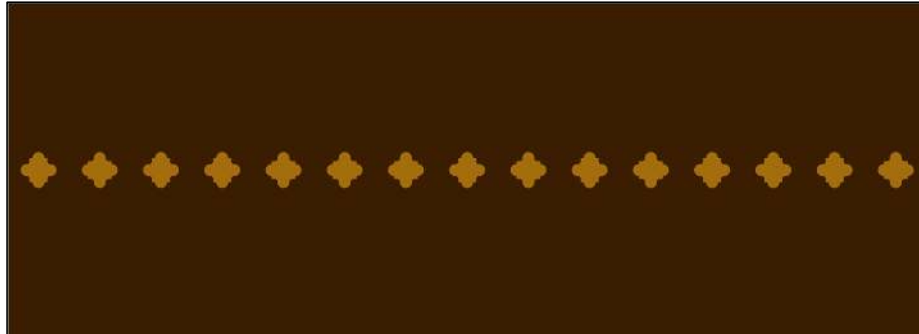
Gambar 4. Visual Karpet Turki dengan Pola, Motif, dan Simetri

### ***Motif Karpet Turki Berdasarkan Jenis Pola Grup***

Berdasarkan pengujian visual terhadap tiga jenis pola utama yang tersedia di aplikasi yaitu Frieze, Kristalografi, dan Campuran, diperoleh tiga motif yang menunjukkan karakteristik khas karpet Turki, seperti keteraturan, keseimbangan bentuk, dan komposisi warna yang harmonis. Setiap motif yang dihasilkan menggunakan gaya motif dan simetri yang sama yaitu gaya motif campuran dari medallion dan kufic serta simetri campuran dari translasi dan rotasi. Berikut adalah hasil motif karpet Turki dari masing-masing jenis pola:

1. Pola Frieze

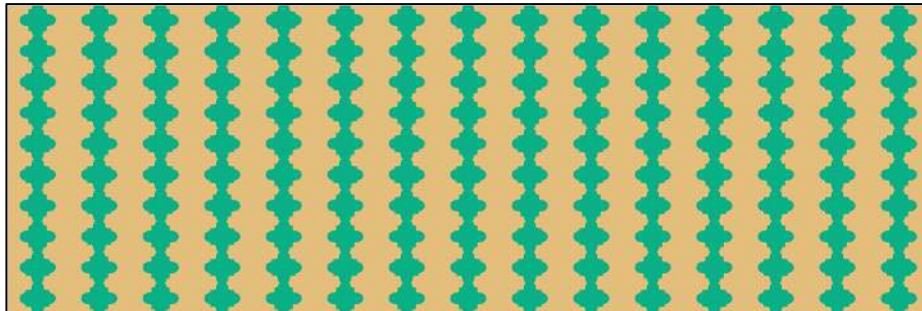
Jenis pola ini menghasilkan pengulangan satu arah secara horizontal. Pola ini mencerminkan kesederhanaan simetri namun tetap estetik, sesuai dengan desain karpet pinggir (border) pada karpet turki tradisional.



Gambar 5. Motif Karpet Turki Menggunakan Pola Frieze

2. Pola Kristalografi

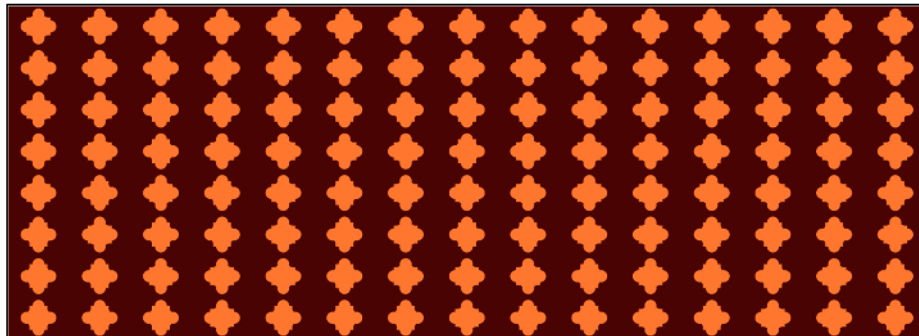
Pola ini menghasilkan pengulangan dua arah (horizontal dan vertikal), membentuk susunan grid yang rapat. Simetri yang digunakan mencakup translasi dan rotasi, menghasilkan pola yang lebih kompleks dan menyeluruh. Motif ini menyerupai permukaan utama dari karpet besar khas Turki.



Gambar 6. Motif Karpet Turki Menggunakan Pola Kristalografi

3. Pola Campuran (Frieze dan Kristalografi)

Pola ini merupakan kombinasi dari pola frieze dan kristalografi sehingga menghasilkan pola yang lebih dinamis. Bentuk dasar yang sama dapat terlihat dari berbagai arah, menimbulkan kesan simetri radial yang sering ditemukan dalam karpet Turki ornemental.



Gambar 7. Motif Karpet Turki Menggunakan Pola Campuran

Pengembangan aplikasi *Symmetry Studio* berhasil mengintegrasikan konsep matematika, seni, dan teknologi dalam satu platform digital yang interaktif. Hasil visualisasi motif karpet Turki yang dihasilkan aplikasi ini menunjukkan bahwa prinsip-prinsip simetri, khususnya grup frieze dan kristalografi, sangat efektif dalam membentuk pola-pola estetik yang merepresentasikan kekayaan

desain tradisional. Secara matematis, pemanfaatan transformasi seperti translasi, rotasi, dan refleksi memungkinkan terciptanya variasi pola yang beragam hanya dari satu motif dasar. Hal ini sejalan dengan karakteristik karpet Turki yang dikenal dengan pola berulang dan simetri tinggi.

Dari sisi pengguna, fitur interaktif seperti pemilihan jenis pola, gaya motif, jenis simetri, dan pengaturan warna memberikan kebebasan dalam eksplorasi desain. Hal ini tidak hanya meningkatkan kreativitas, tetapi juga memperkuat pemahaman pengguna terhadap konsep simetri dalam matematika. Kemudahan akses aplikasi melalui web juga menjadi nilai tambah, karena memungkinkan aplikasi ini digunakan secara luas baik dalam konteks pendidikan, penelitian, maupun industri kreatif.

Selain itu, integrasi teknologi *p5.js* terbukti sangat mendukung proses visualisasi grafis dua dimensi secara *real-time*, sehingga setiap perubahan parameter langsung dapat diamati pada kanvas. Hal ini menambah pengalaman belajar yang lebih intuitif dan menyenangkan, terutama bagi pelajar dan desainer pemula.

Secara keseluruhan, aplikasi ini tidak hanya memberikan solusi praktis dalam mendesain motif karpet berbasis simetri, tetapi juga membuka peluang penelitian lanjutan, seperti pengembangan motif-motif baru, personalisasi desain, dan integrasi dengan teknologi kecerdasan buatan untuk rekomendasi pola. Dengan demikian, *Symmetry Studio* dapat menjadi alat bantu yang inovatif dalam pelestarian dan pengembangan seni desain karpet tradisional berbasis matematika.

## SIMPULAN

Aplikasi *Symmetry Studio* yang dikembangkan dalam penelitian ini berhasil memfasilitasi eksplorasi dan pembangkitan motif karpet Turki berbasis prinsip simetri matematika, khususnya grup Frieze dan Kristalografi. Melalui fitur interaktif seperti pemilihan jenis pola, gaya motif, simetri, serta pengaturan warna, aplikasi ini mampu menghasilkan visualisasi motif karpet yang estetis, terstruktur, dan kaya akan nuansa tradisional. Hasil visualisasi menunjukkan bahwa transformasi matematis seperti translasi, rotasi, dan refleksi dapat diterapkan secara efektif untuk menciptakan variasi pola yang harmonis dan beragam dari satu motif dasar.

Secara keseluruhan, pengembangan aplikasi ini tidak hanya memberikan kontribusi pada pelestarian dan inovasi desain karpet tradisional, tetapi juga memperkuat integrasi antara matematika, seni, dan teknologi dalam pembelajaran maupun industri kreatif. *Symmetry Studio* dapat menjadi alat bantu yang bermanfaat bagi pendidik, desainer, dan peneliti untuk memahami serta mengembangkan motif berbasis simetri, sekaligus membuka peluang penelitian dan pengembangan lebih lanjut dalam bidang desain digital berbasis matematika.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak yang sudah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan artikel ini.

## REFERENSI

- Andriani, L., & Muchyidin, A. (2020). Pola Frieze Group Pada Gerakan Tari Buyung Kuningan. *JES-MAT*, 6(2), 81-100.
- Nataliani, Y. W. T., & Iriani, A. (2021). Pembangkitan Pola Menggunakan Konsep Grup Kertas Dinding. *AITI: Jurnal Teknologi Informasi*, 18(1), 1–13.
- Panjaitan, M. C., Kartika, D., Suwanto, F. R., & Niska, D. Y. (2022). Kajian Etnomatematika Motif Songket Melayu Deli Berdasarkan Pola Frieze dan Pola Kristalografi. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 5, 675–684.
- Prabowo, R., Syafwan, M., & Rudianto, B. (2022). Pembangkitan Pola Simetri P2 dari Simulasi Sistem Dinamik. *Jurnal Matematika UNAND*, 11(4), 210–219.
- Rahmawati, A., & Fran, F. (2018). Frieze Group pada Seni Dekoratif Masjid. *Buletin Ilmiah Math, Stat, dan Terapannya (Bimaster)*, 7(1), 23-32.
- Ray, S., & Nataliani, Y. (2022). Pengolahan Citra Digital pada Pembuatan Motif Keramik Menggunakan Grup Simetri. *Jurnal Buana Informatika*, 13(1), 11-20.

- Silalahi, R., Kartika, D., Suwanto, F. R., & Niska, D. Y. (2022). Pola Frieze dalam Kain Batik Sumatera Utara. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 5, 667–674. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/prisma/>
- Sinaga, M., & Kartika, D. (2023). Pembangkitan Ornamen (Gorga) Batak Simalungun Menggunakan Graphical User Interface Matlab dengan Memanfaatkan Grup Frieze dan Grup Kristalografi. *Prosiding Seminar Nasional Jurusan Matematika 2023*, 1090-1098, Medan: Universitas Negeri Medan.
- Waruwu, M. (2024). Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(2), 1220–1230. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i2.2141>
- Wulan, E. R., Inayah, A., Khusnah, L., & Rohmatin, U. (2021). Etnomatematika: Geometri Transformasi dalam Konteks Monumen Simpang Lima Gumul Kediri. *JMPM: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 6(2), 187-203.
- Zainati, D. Z., Angelita, H., Ambarwati, L., & Wiraningsih, E. D. (2024). Pola Frieze dan Pola Kertas Dinding pada Masjid Istiqlal. *JMT: Jurnal Matematika dan Terapan*, 6(1), 27–34. <https://doi.org/10.21009/jmt.6.1.4>