

Pengolahan Citra Digital pada Pembuatan Motif Keramik Menggunakan Grup Simetri

Steven Ray¹, Yessica Nataliani²

^{1,2}Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana
Salatiga
Jl. Dr. O. Notohamidjojo, Kota Salatiga, 50715, Jawa Tengah, Indonesia
Email: ¹682017162@student.uksw.edu, ²yessica.nataliani@uksw.edu

Abstract. *Digital Image Processing in Making Ceramic Patterns Using Symmetry Groups.* The large number of requests for ceramic motifs makes ceramic craftsmen have to create a new and fast ceramic motif design idea. The generation of patterns on ceramic motifs digitally can be used by ceramic craftsmen. This study discusses the pattern of ceramic patterns using digital image processing with digital applications. The ceramic pattern design is made with a symmetrical pattern by the process of translation, rotation, reflection, and sliding reflection. The purpose of this research is to develop various ceramic patterns by applying symmetrical groups as motif designs on ceramics. The application is expected to make it easier for designers to find or create new designs from a basic pattern or what is commonly called a unit pattern or unit grid. The results obtained from this study are 17 patterns from 17 symmetric groups originating from one basic pattern. The combination of several patterns is also formed from the symmetry group into a new, more varied pattern.

Keywords: Symmetric Group, Ceramic, Crystallography, Transformation.

Abstrak. Banyaknya permintaan motif keramik membuat pengrajin keramik harus menciptakan sebuah ide desain motif keramik yang baru dan cepat. Pembangkitan pola pada motif keramik secara digital dapat digunakan oleh para pengrajin keramik. Penelitian ini membahas pola motif keramik menggunakan pengolahan citra digital dengan aplikasi digital. Desain motif keramik tersebut dibuat dengan pola simetris dari proses translasi, rotasi, refleksi, dan refleksi luncur. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan berbagai macam pola keramik dengan menerapkan grup simetris sebagai desain motif pada keramik. Aplikasi diharapkan dapat memudahkan para desainer untuk menemukan atau menciptakan desain-desain baru dari sebuah pola dasar atau yang biasa disebut pola satuan atau kisi satuan. Hasil yang didapat dari penelitian ini berupa 17 pola dari 17 grup simetri yang berasal dari satu pola dasar. Gabungan beberapa pola juga dibentuk dari grup simetri menjadi pola baru yang lebih bervariasi.

Kata Kunci: Grup Simetris, Keramik, Kristalografi, Transformasi.

1. Pendahuluan

Indonesia sampai saat ini dikenal sebagai negara dengan beribu kultur dan budaya, karena di setiap aspek kehidupan masyarakat di Indonesia memiliki keunikannya masing-masing. Keramik tidak luput dari sekian banyak aspek industri di Indonesia yang memiliki berbagai macam ragam [1], karena setiap daerah di Indonesia memiliki model khas tersendiri. Seni kerajinan keramik memiliki gaya dan ciri khas yang berbeda seperti seni kerajinan keramik Plered di Jawa Barat, keramik Kasongan di Yogyakarta, keramik Dinoyo di Malang, keramik Singkawang di Kalimantan, keramik Bayat di Klaten Jawa Tengah, dan keramik Banyumulek di Lombok [2].

Keramik di Indonesia sudah dikenal dari jaman neolithikum, sekitar tahun 2500-1000 SM. Keramik dipercaya merupakan peninggalan dari para Imigran Asia Tenggara, yang berupa perkakas-perkakas untuk rumah tangga, seperti piring, pot bunga, lemari, dan lain-lain. Seiring berkembangnya jaman, keramik pun mulai berevolusi dari yang mulanya dijadikan perkakas

rumah tangga menjadi macam-macam benda yang berguna untuk kelangsungan hidup manusia, terlebih di bidang seni, contohnya untuk dibuat sebagai lantai rumah.

Sejak didirikan Laboratorium Keramik atau “Het Keramische Laboratorium” pada tahun 1922 di Bandung [3], teknologi pembuatan keramik mulai berkembang. Laboratorium ini memiliki fungsi utama yaitu sebagai pusat penelitian bahan bangunan seperti genteng, bata, saluran air dan bahan bangunan apapun yang terbuat dari tanah liat. Selain itu dikembangkan juga teknologi “aardewerk” [4], yaitu sebuah teknologi glasir untuk barang gerabah halus. Laboratorium Keramik atau “Het Keramische Laboratorium” diubah nama menjadi “Toki Shinkenjo” pada saat tentara Jepang masuk ke Indonesia. Fungsi dari Laboratorium ini sebagai balai penelitian untuk meneliti, mengembangkan dan memproduksi barang-barang keramik dengan suhu bakar tinggi. Produk yang telah dihasilkan antara lain botol sake, bata tahan api, dan sebagainya. Produk yang telah dihasilkan tersebut digunakan untuk keperluan tentara Jepang yang saat itu berada di Indonesia. Laboratorium “Toki Shinkenjo” berubah nama menjadi “Balai Penyelidikan Keramik (BPK)” sejak dipegang pemerintah Republik Indonesia, serta dilengkapi alat-alat produksi dan pengujian yang lebih modern. Dengan dilengkapinya alat modern tersebut dan bahan mentah yang berlimpah seperti *felspard*, kaolin, kwarsa sehingga dapat menghasilkan produk seperti benda hias, peralatan makan dan minum, barang tahan api, bata tahan api, alat-alat teknik, gips, email, dan keramik bahan bangunan yang terbuat dari gerabah, porselin, dan *stoneware*.

Masalah yang terjadi saat ini adalah kebanyakan orang sudah mulai mengenal segala sesuatu dengan sentuhan sedikit seni pada bendanya. Permasalahannya adalah akan sangat sulit untuk membentuk banyak desain dengan instan dan mudah jika hanya mengandalkan pola pikir manusia. Terlebih bagi para pengrajin yang akan sangat sulit untuk membentuk desain sesuai permintaan jika hanya dengan tangan kosong. Saat terjadinya Evolusi Pasar maka dibutuhkan reduksi *time-to-market* karena siklus hidup produk yang semakin pendek dan pentingnya produksi secara lebih cepat dari konsep awal (*ide*) menjadi sistem produksi massa. Perusahaan sekarang dituntut untuk membangkitkan satu pola dasar menjadi beberapa pola baru yang akan menjadi desain untuk produknya (keramik). Salah satu cara untuk dapat mencapai tujuan tersebut yaitu dengan teknologi *Rapid Prototyping* (RP) dan *Reverse Engineering* (RE). Metode RP merupakan teknologi yang dapat mewujudkan konseptualisasi desain produk secara cepat [5], sedangkan metode RE merupakan teknologi terkini untuk melakukan pengembangan sebuah produk [6]. Metode RE memudahkan peneliti untuk memasukkan fitur-fitur baru ke dalam *software* yang digunakan. Selain itu, metode ini sangat dipercaya untuk mengidentifikasi pola dan cara kerja dari objek yang ingin diteliti. Metode RP digunakan karena dapat menghemat waktu pengerjaan, membantu mendeteksi kesalahan desain, sehingga menghemat waktu penelitian.

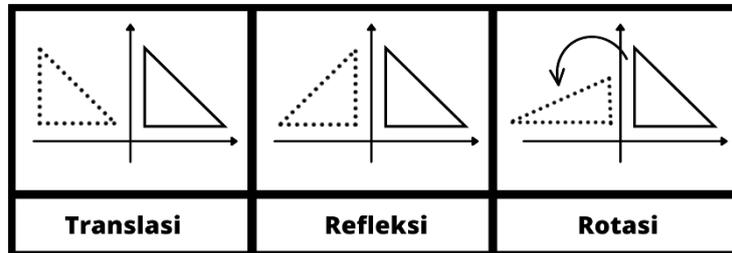
Tujuan penelitian ini adalah untuk membangkitkan suatu pola dasar menjadi beragam pola lain. Algoritma digunakan untuk mengidentifikasi pola dasar tersebut dan membentuk pola-pola baru yang cocok untuk motif keramik. Penelitian ini diharapkan dapat membantu perusahaan-perusahaan terutama di bidang keramik untuk memprediksi waktu produksi barang agar dapat menghasilkan produk jumlah besar dalam waktu yang singkat. Selain itu, penelitian ini bermanfaat bagi para pengrajin untuk dapat lebih mudah memenuhi permintaan para *customer*. Penelitian ini akan mengarah pada pengelompokan pola-pola dasar yang diproses akan masuk ke dalam grup apa. Hasil penelitian ini adalah pola-pola baru yang terbentuk dari gabungan pola dasar yang siap dicetak sebagai motif pada keramik.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Grup simetri

Pada ilmu matematika grup simetri didefinisikan sebagai suatu grup yang dibentuk dari suatu himpunan yang isinya merupakan permutasi-permutasi dengan operasi perkalian. Salah satu bentuk pengaplikasian dari grup simetri adalah kristalografi [7]. Konsep kristalografi saat ini dikembangkan untuk mempelajari dan meneliti lebih dalam lagi tentang sifat geometri bidang datar (dua dimensi), sehingga poligon yang memiliki bentuk dan ukuran yang sama dapat mengisi bidang tersebut tanpa adanya tumpang tindih [8].

Ketika poligon yang memiliki bentuk dan ukuran yang sama ditata dan memenuhi suatu bidang datar, maka terbentuk suatu grup simetri baru yang mencakup poligon yang kongruen dan tidak tumpang tindih. Transformasi berupa rotasi, translasi, dan refleksi dapat dilakukan pada poligon, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Contoh Polygon Kongruen yang Terkena Transformasi

Terdapat empat jenis transformasi yang digunakan dalam grup simetri, yaitu (1) Translasi merupakan pergeseran atau pemindahan objek dari satu titik ke titik lain dengan sebuah vektor tanpa mengubah bentuk benda. Simetri yang lebih rumit terjadi karena kombinasi dari pemindahan objek. Simetri juga digunakan dalam disiplin pengetahuan lain seperti kimia, geometri, seni, matematika, fisika, dan biologi; (2) Refleksi merupakan pemindahan sebuah objek dengan menggunakan sifat pembentukan bayangan oleh sebuah cermin; (3) Rotasi merupakan perputaran suatu objek dengan titik sebagai pusat. Contoh: segitiga sama sisi memiliki simetri rotasi dengan sudut 120° ; (4) Refleksi luncur (*glide reflection*) merupakan refleksi yang terjadi pada suatu baris. Pada penelitian terdahulu juga sudah di teliti bagaimana suatu proses grup simetri akan menghasilkan pola dengan grup tertentu, yang mana di dalam proses tersebut pasti terdapat salah satu dari antar translasi, refleksi, maupun rotasi.

2.2. Grup Simetri

Grup simetri pada konsep kristalografi terdiri dari 17 grup [9]. 17 grup tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Poligon terkecil dari masing-masing grup dinamakan kisi satuan (*lattice*). Masing-masing notasi pada Tabel 1 dapat dijelaskan sebagai berikut. Grup yang tidak mengandung rotasi adalah (1) Grup $p1$, merupakan grup yang mengandung translasi saja. (2) Grup pm , adalah grup simetri yang terdiri dari refleksi saja, yang sumbunya sejajar dengan sumbu x atau y . (3) Grup pg , adalah grup simetri yang terdiri dari refleksi luncur saja, dimana sumbunya sejajar dengan sumbu x atau y (tidak keduanya), lalu dilakukan translasi sesuai dengan sumbu refleksi tersebut. (4) Grup cm , adalah sebuah grup simetri yang terdiri dari refleksi dan juga refleksi luncur, dimana sumbu-sumbunya sejajar.

Grup yang mengandung rotasi 180° adalah sebagai berikut. (5) Grup $p2$, adalah pengembangan dari grup $p1$ yang mengaplikasikan rotasi 180° . (6) Grup pmm , adalah grup simetri yang terdiri dari refleksi, selain rotasi 180° . Dua buah sumbu refleksi saling berpotongan tegak lurus dan beririsan. (7) Grup pmg , adalah grup simetri yang terdiri dari refleksi dan refleksi luncur, selain rotasi 180° . (8) Grup pgg , adalah grup simetri yang memiliki refleksi luncur, selain rotasi 180° . Titik rotasi pada grup ini tidak terletak pada sumbu refleksi. (9) Grup cmm , adalah grup simetri yang memiliki rotasi 180° dan refleksi, dengan dua sumbu refleksinya saling tegak lurus. Pusat rotasinya tidak pada sumbu refleksi.

Selanjutnya, grup yang mengandung rotasi 90° adalah (10) Grup $p4$, adalah grup simetri yang terdiri dari rotasi 90° saja. (11) Grup $p4m$, adalah pengembangan dari grup $p4$ yang mengandung rotasi 90° dan refleksi ke empat sumbu. Titik rotasi ada di sumbu refleksinya. (12) Grup $p4g$, adalah pengembangan dari grup $p4$ yang mengandung refleksi pada empat sumbunya, selain rotasi 90° , tetapi tidak semua titik rotasinya ada di sumbu refleksi.

Grup yang mengandung rotasi 120° , dijelaskan sebagai berikut. (13) Grup $p3$, adalah grup simetri yang terdiri dari rotasi 120° saja. (14) Grup $p31m$, adalah pengembangan dari grup $p3$ yang mengandung refleksi pada tiga sumbu, selain rotasi 120° , dimana tidak semua titik rotasinya

ada di sumbu refleksi. (15) Grup $p3m1$, adalah pengembangan dari grup $p3$ yang mengandung refleksi pada tiga sumbu, selain rotasi 120° . Semua titik rotasinya ada pada sumbu refleksi.

Selanjutnya, grup yang mengandung rotasi 60° adalah (16) Grup $p6$, adalah grup simetri yang terdiri dari rotasi 60° saja. (17) Grup $p6m$, adalah pengembangan dari grup $p6$ yang mengandung refleksi pada enam sumbunya, selain rotasi 60° , dimana semua titik rotasi ada pada sumbu refleksi.

Tabel 1. 17 Grup Simetri

Grup	Notasi	Rotasi	Refleksi	Refleksi luncur	Lattice (kisi)
1	$p1$	Tidak	Tidak	Tidak	Jajaran genjang
2	pm	Tidak	Paralel	Tidak	Persegi panjang
3	pg	Tidak	Tidak	Ya	Persegi panjang
4	cm	Tidak	Paralel	Ya	Belah ketupat
5	$p2$	Orde 2 (180°)	Tidak	Tidak	Jajaran genjang
6	pmm	Orde 2 (180°)	Tegak lurus	Tidak	Persegi panjang
7	pmg	Orde 2 (180°)	Paralel	Ya	Persegi panjang
8	pgg	Orde 2 (180°)	Tidak	Ya	Persegi panjang
9	cmm	Orde 2 (180°)	Tegak lurus	Tidak	Belah ketupat
10	$p4$	Orde 4 (90°)	Tidak	Tidak	Bujur sangkar
11	$p4m$	Orde 4+ (90°)	45°	Ya	Bujur sangkar
12	$p4g$	Orde 4* (90°)	90°	Ya	Bujur sangkar
13	$p3$	Orde 3 (120°)	Tidak	Tidak	Heksagonal
14	$p3lm$	Orde 3* (120°)	60°	Ya	Heksagonal
15	$p3m1$	Orde 3+ (120°)	30°	Ya	Heksagonal
16	$p6$	Orde 6 (60°)	Tidak	Tidak	Heksagonal
17	$p6m$	Orde 6 (60°)	30°	Ya	Heksagonal

dimana + menyatakan pusat rotasi ada pada sumbu refleksi dan * menyatakan tidak semua pusat rotasi ada pada sumbu refleksi.

Pada dasarnya, notasi grup dapat didefinisikan dengan empat karakter [10]. Huruf p atau c di urutan pertama, yang mempunyai arti sel primitif untuk p dan sel terpusat (*center*) untuk c . Di urutan kedua terdapat angka. Angka tersebut menyatakan orde rotasi tertinggi. Selanjutnya, pada urutan ketiga dan keempat terdapat huruf m dan g . Huruf-huruf tersebut menyatakan ada tidaknya sumbu refleksi untuk m (*mirror*) dan ada tidaknya refleksi luncur untuk g (*glide*). Beberapa notasi disederhanakan sehingga lebih mudah ditulis, sebagai contoh $p2gg$, yang disederhanakan menjadi pgg .

Beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang pemanfaatan grup simetri dijelaskan pada Tabel 2 sebagai berikut.

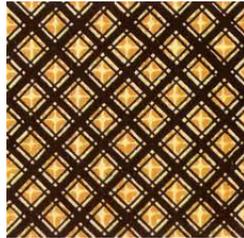
Tabel 2. Penelitian Terdahulu

Judul	Hasil	Keunggulan
Kajian etnomatematika pola batik keraton Surakarta melalui analisis simetri [7]	Penelitian membahas kajian etnomatematika pada batik Keraton Surakarta yang digunakan dalam upacara menggunakan analisis simetri.	Penelitian membangkitkan pola lain dari suatu pola dasar.
Identifikasi pola simetri menggunakan teori grup [8]	Penelitian membahas identifikasi dekorasi pada rumah adat Dayak.	Penelitian membangkitkan pola lain dari suatu pola dasar.
Pembangkitan pola menggunakan konsep grup kertas dinding [11]	Penelitian membahas dasar-dasar pengklasifikasian menggunakan rumus dari grup simetri dan algoritma Crowe untuk pengklasifikasiannya. Grup simetri membantu dalam proses transformasi pola dasar menjadi pola baru yang berulang	Penelitian menghasilkan contoh-contoh pola baru yang dihasilkan melalui aplikasi citra digital.
Pembangkitan pola simetri rotasi 90° dari simulasi sistem dinamik [12]	Pola simetri jenis $p4$ berwarna memiliki simetri rotasi 90° dan simetri translasi dengan periode T masing-masing sepanjang sumbu- x dan sumbu- y .	Penelitian membahas 17 pola grup simetri, tidak hanya $p4$.

3. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan metode kualitatif, karena pada dasarnya akan dilakukan eksperimen mengenai pengklasifikasian suatu pola baru yang terbentuk melalui proses grup simetri. Data disaring dan dikelompokkan ke dalam masing-masing grup yang sudah ada dan sudah diteliti oleh peneliti terdahulu. Dasar dari klasifikasi ditentukan oleh ada tidaknya rotasi, refleksi, dan translasi pada pola yang akan diproses [13]. Dalam penelitian ini dapat ditentukan dan dibangkitkan pola dasar untuk dapat digunakan dalam pembentukan pola lain.

Hal yang sulit dilakukan adalah untuk menentukan atau mendefinisikan suatu pola gambar termasuk di dalam grup yang mana. Pada Gambar 2, dapat dilihat satu buah gambar yang terbuat dari pola dasar huruf L yang mengalami proses rotasi, translasi, dan refleksi, sehingga gambar tersebut masuk ke dalam grup $p6m$ [14].



Gambar 2. Contoh Poligon Kongruen yang Terkena Transformasi

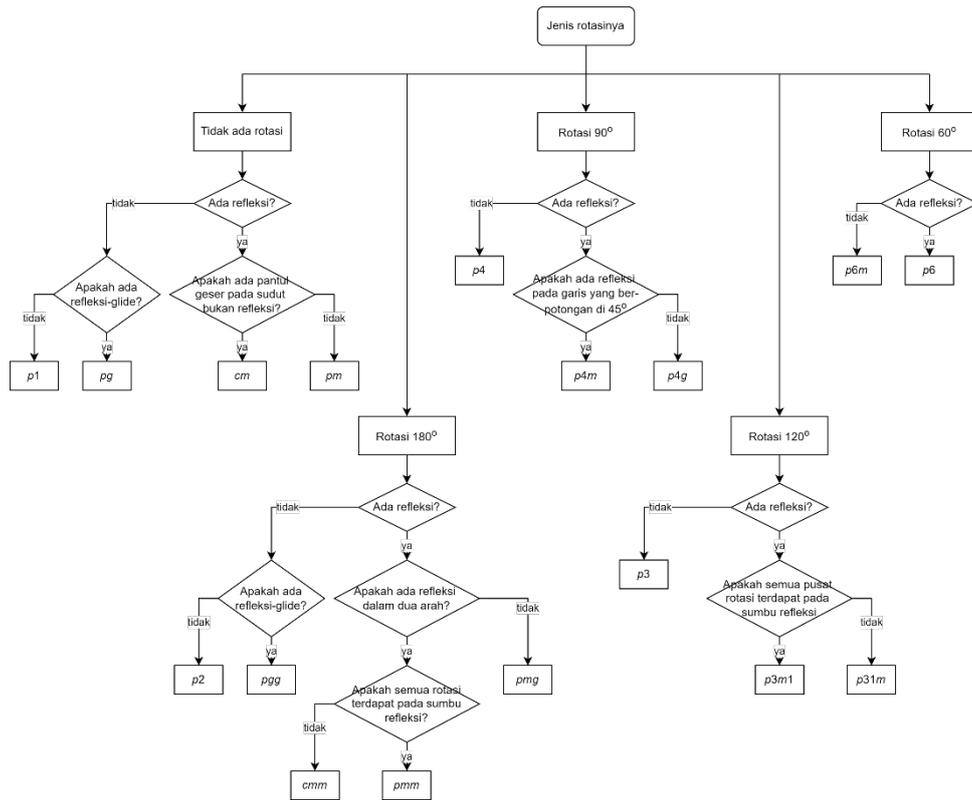
Algoritma untuk mengidentifikasi klasifikasi 17 grup simetri bermanfaat jika diterapkan untuk mengembangkan pola keramik yang dikerjakan oleh pengrajin [15]. Gambar 3 merupakan *flowchart* yang sudah dibentuk untuk mempermudah dalam pengidentifikasian grup simetri. Pada algoritma tersebut dijabarkan mulai dari adanya rotasi atau tidak dan adanya refleksi atau tidak, sehingga akan menunjukkan suatu pola akan masuk ke klasifikasi grup tertentu.

Berdasarkan [16][17], model komputasi yang dilakukan dalam pengolahan citra digital untuk pembuatan motif keramik dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Segmentasi gambar, dimana motif keramik yang sudah ada diambil.
2. Ekstraksi objek, dimana gambar yang telah diambil diekstrak menjadi struktur data vektor.
3. Penciptaan motif, dimana dari struktur data vektor yang terbentuk dapat dibentuk bermacam-macam motif.
4. Deteksi kisi, dimana motif yang telah terbentuk dideteksi kisinya.
5. Klasifikasi, dimana terjadi klasifikasi terhadap 17 pola grup simetri.

Dalam penelitian ini tidak dilakukan pengambilan motif keramik yang sudah ada, tetapi dilakukan pembangkitan pola dari suatu pola dasar. Oleh karena itu, model komputasi untuk segmentasi gambar dan ekstraksi objek tidak dilakukan. Berdasarkan model komputasi tersebut, maka langkah-langkah pengolahan citra digital dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

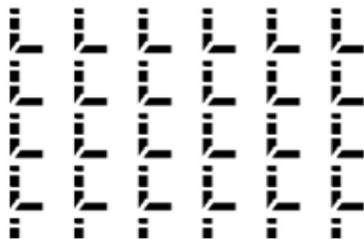
1. Pembuatan motif atau pola dasar.
2. Penentuan grup simetri dan pengklasifikasian grup simetri untuk membangkitkan pola baru dengan program GeCla.
3. Penggabungan beberapa pola yang terbentuk pada Langkah 2 untuk dijadikan pola dasar dan dibangkitkan pola baru lainnya.



Gambar 3. Flowchart Klasifikasi 17 Grup Simetri

4. Hasil dan Diskusi

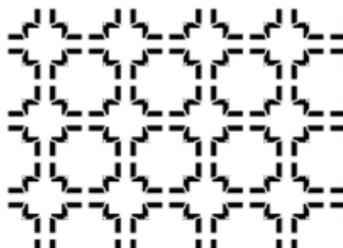
Pada bagian ini akan ditunjukkan 17 pola yang dibentuk dari 17 grup simetri yang berasal dari satu pola dasar, berdasarkan model komputasi dan langkah yang telah dijelaskan pada bagian Metode. Pola dasar yang digunakan berbentuk “L”. Kisi untuk masing-masing grup mengacu pada Tabel 1. Dengan proses transformasi yang terdiri dari refleksi, rotasi, dan refleksi luncur, dibentuk 17 pola dari grup simetri, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 sampai Gambar 20.



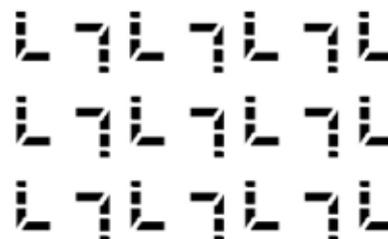
Gambar 4. Notasi p1



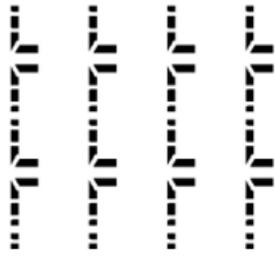
Gambar 6. Notasi p4



Gambar 5. Notasi p4m



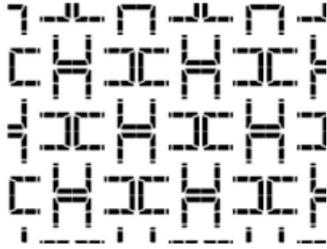
Gambar 7. Notasi p2



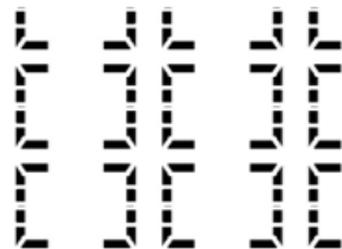
Gambar 8. Notasi pm



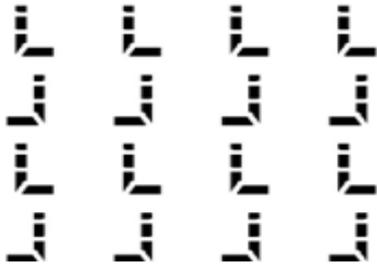
Gambar 13. Notasi $p31m$



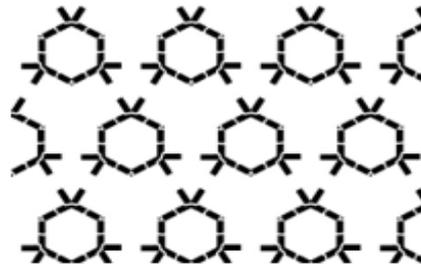
Gambar 9. Notasi $p4g$



Gambar 14. Notasi pmm



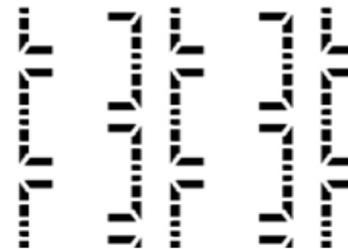
Gambar 10. Notasi pg



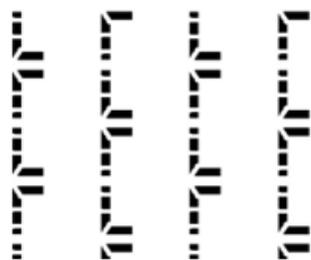
Gambar 15. Notasi $p3m1$



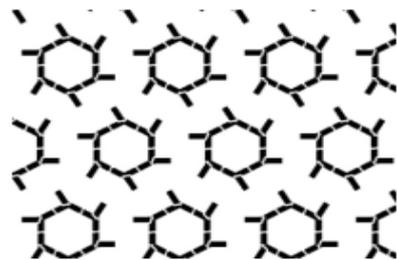
Gambar 11. Notasi $p3$



Gambar 16. Notasi pmg



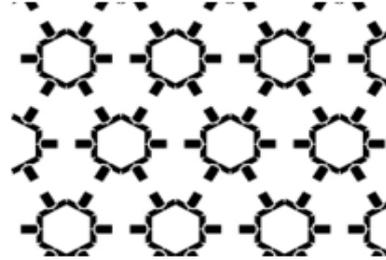
Gambar 12. Notasi cm



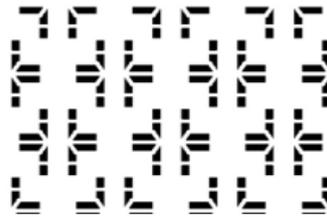
Gambar 17. Notasi $p6$



Gambar 18. Notasi *pgg*



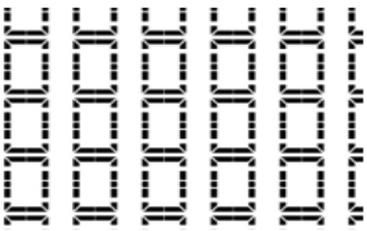
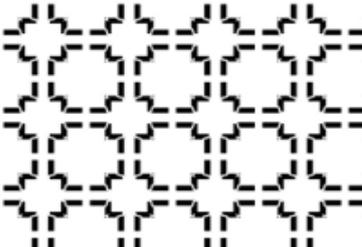
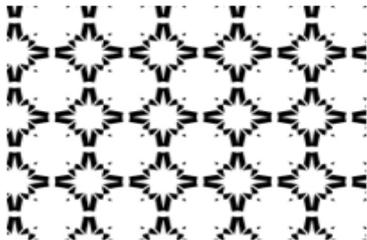
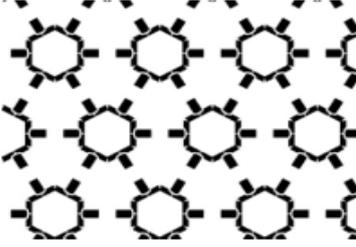
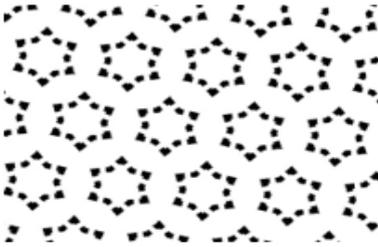
Gambar 19. Notasi *p6m*



Gambar 20. Notasi *cmm*

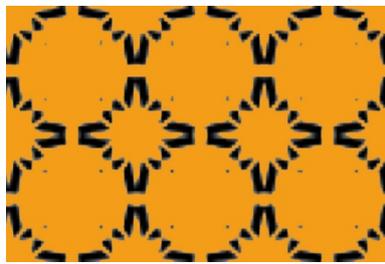
Dari sekian banyak pola yang sudah dipaparkan di Gambar 4 sampai Gambar 20, beberapa pola yang bisa digunakan sebagai motif keramik dapat dibangkitkan dari grup simetri. Pada Tabel 3 dilampirkan gambar yang menunjukkan hasil dari pembangkitan pola dasar menjadi motif keramik baru dengan pengidentifikasian pola grup simetri yang telah dibahas pada bagian sebelumnya.

Tabel 3. Hasil pembangkitan motif keramik dari beberapa grup simetri

No.	Jenis grup simetri (a)	Hasil dari pembangkitan pola (b)	
1.	Grup <i>pmm</i>		
2.	Grup <i>p4m</i>		
3.	Grup <i>p6m</i>		

Tabel 3 dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada hasil pengembangan pola grup simetri dari grup simetri pmm pada Tabel 2 nomor 1(b), terbentuk pola baru yang disebabkan oleh suatu pola dasar yang berulang yang direfleksikan sejajar sumbu x dan mendapat rotasi sebanyak 180° . Pola ini juga mengandung unsur refleksi luncur, sehingga motif ini diklasifikasikan ke dalam $p2$. Pola baru yang terbentuk dari grup simetri $p4m$ pada Tabel 2 nomor 2(b) terbentuk karena adanya pengulangan dari suatu pola dasar yang diaplikasikan refleksi luncur, sehingga dapat disimpulkan bahwa pola tersebut akan masuk ke dalam grup pg . Pada pola baru yang terbentuk dari pola dasar yang berulang yang dirotasikan sebanyak 180° yang didapat dari grup simetri $p6m$ pada Tabel 2 nomor 3(b), dapat diklasifikasikan ke dalam grup $p2$.

Gambar 21 sampai 23 merupakan contoh pola yang sudah diberi latar belakang, sehingga dapat dicetak sebagai motif keramik. Gambar 21 merupakan motif keramik yang diberi latar belakang berwarna kuning dengan pola yang termasuk ke dalam grup simetri $p4m$, karena pola tersebut sudah direflesi pada keempat sumbunya dan sudah dirotasi sebesar 90° . Gambar 22 pada dasarnya memiliki prinsip dan grup simetri yang sama dengan Gambar 21, hanya saja pola pada Gambar 22 dimodifikasi sehingga menjadi berbeda tampilannya Gambar 23 merupakan motif keramik yang diberi latar belakang polos berwarna abu-abu dengan pola yang termasuk ke dalam grup simetri $p6m$, karena pola tersebut direflesi pada keenam sumbunya dan dirotasi sebesar 60° .



Gambar 21. Contoh Motif Keramik 1



Gambar 22. Contoh Motif Keramik 2



Gambar 23. Contoh Motif Keramik 3

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap keramik dengan teori-teori yang ada mengenai grup simetri, dapat disimpulkan bahwa dengan memanfaatkan aplikasi digital dapat memperluas referensi tentang desain keramik, yang dapat membangkitkan satu pola dasar menjadi banyak pola baru melalui grup simetri. Pola-pola yang sudah terbentuk dapat diaplikasikan untuk membuat desain keramik, batik, ornamen dinding, dan lain lain. Dengan aplikasi digital yang ada, suatu pola dapat dikenali masuk ke dalam grup simetri apa. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat dibentuk dan dibangkitkan pola-pola baru dari satu pola dasar sehingga pola-pola baru tersebut dapat dijadikan sebagai referensi untuk para pengrajin keramik untuk membuat keramik yang memiliki pola yang lebih menarik. Hasil penelitian ini juga berupa penggabungan beberapa pola dasar menjadi satu pola baru melalui aplikasi digital yang ada. Penelitian masih dapat dikembangkan dengan menambahkan dan memperluas hasil dari

grup simetri yang sudah ada, dan lebih bisa dieksplorasi lagi jika dilakukan dan diteliti dengan mengembangkan aplikasi digital yang dirancang sendiri.

Referensi

- [1] D. Yana, R. D. Dienaputra, A. S. Suryadimulya, and Y. Y. Sunarya, "Budaya Tradisi Sebagai Identitas dan Basis Pengembangan Keramik Sitiwangun di Kabupaten Cirebon," *Panggung*, vol. 30, no. 2, pp. 204–220, 2020, doi: 10.26742/panggung.v30i2.1045.
- [2] Irfan, Dharsono, S. Gustami, and Guntur, "Keramik Takalar 1981-2010: Ragam Bentuk dan Perubahan," *Panggung*, vol. 29, no. 1, pp. 73–87, 2019, doi: 10.26742/panggung.v29i1.815.
- [3] P. N. Adhi, "Pasang Surut Sentra Industri Keramik dan Dampaknya Bagi Kehidupan Sosial Ekonomi Masyarakat di Kecamatan Purworejo Klampok Kabupaten Banjarnegara Tahun 1975 - 1998," Universitas Diponegoro, Semarang, 2019.
- [4] A. A. Muhydy, J. Jalil, and I. Irfan, "Pemanfaatan Bahan Baku Lokal untuk di Glasir Guna Meningkatkan kualitas Gerabah (Earthenware) Menjadi Keramik Di Dusun Sandi Kecamatan Pattallassang Kabupaten Takalar," in *Prosiding Seminar Nasional "Membangun Indonesia Melalui Hasil Riset"*, 2017, pp. 169–174.
- [5] M. Masy'ari, A. D. Prasetyo, and E. Karyadi, "Pembuatan Prototipe Aluminium Cylinder Head Engine dengan Metode Rapid Prototyping dan Investment Casting," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 1, pp. 142–151, 2021, doi: 10.24127/trb.v10i1.1519.
- [6] R. N. Hadinugroho, "Perancangan Ulang Penghapus Whiteboard Menggunakan Metode Reverse Engineering," Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2018.
- [7] M. G. Astriandini and D. K. Yosep, "Kajian Etnomatematika Pola Batik Keraton Surakarta Melalui Analisis Simetri," *Mosharafa J. Pendidik. Mat.*, vol. 10, no. 1, pp. 13–24, 2021, doi: 10.31980/mosharafa.v10i1.831.
- [8] F. Fran, E. W. Ramadhani, and H. Helmi, "Identifikasi Pola Simetri Menggunakan Teori Grup," in *Prosiding Seminar Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat*, 2017, pp. 61–65.
- [9] S. Mulyaningsih, *Kristtalografi & Mineralogi*, Edisi 1. Yogyakarta, 2018.
- [10] T. Wahyuni, "Memroses Motif Jumpitan di Atas Keramik," *J. Senirupa Warn.*, vol. 6, no. 1, pp. 113–133, 2018, doi: 10.36806/v6i1.55.
- [11] Y. Nataliani, T. Wellem, and A. Iriani, "Pembangkitan pola menggunakan konsep grup kertas dinding," *Aiti*, vol. 18, no. 1, pp. 1–13, 2021, doi: 10.24246/aiti.v18i1.1-13.
- [12] K. F. Kania, M. Syafwan, and S. Bahri, "Pembangkitan Pola Simetri Rotasi 90° dari Simulasi Sistem Dinamik," *J. Mat. Unand*, vol. 10, no. 1, pp. 20–28, 2021, doi: 10.25077/jmu.10.1.20-28.2021.
- [13] R. Hermita and N. E. Sianturi, "Penerapan Ornamen Motif Gorga Pada Hiasan Dinding," *PROPORSI*, vol. 6, no. 1, pp. 45–55, 2020, doi: 10.22303/proporsi.6.1.2020.44-55.
- [14] E. Sonalitha, D. Yuniawan, N. C. E. Yuliati, and D. Yuniawan, "Keramik Motif Batik Malangan Sebagai Ikon Baru Kampung Keramik Dinoyo Kota Malang Jawa Timur," *Community Dev. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 156–163, Dec. 2020, doi: 10.33086/cdj.v4i2.1771.
- [15] A. A. N. G. Marhendra, A. E. Budiwaspada, and S. K. L. Nilotama, "Perancangan Identitas Visual Rebranding Citra Perusahaan Cemara Ceramics (Design of Cemara Ceramics Visual Rebranding Identity)," *J. Seni dan Reka Ranc.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–20, 2021, doi: 10.25105/jsrr.v4i1.9967.
- [16] Y. Liu, R. T. Collins, and Y. Tsin, "A Computational Model for Periodic Pattern Perception Based on Frieze and Wallpaper Groups," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 26, no. 3, pp. 354–371, 2004, doi: 10.1109/TPAMI.2004.1262332.
- [17] J. M. Valiente, F. Albert, and J. M. Gomis, "A Computational Model for Pattern and Tile Designs Classification Using Plane Symmetry Groups," in *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis and Applications*, 2005, vol. 3773 LNCS, pp. 849–860, doi: 10.1007/11578079_88.