

# Rekonstruksi Model Matematis Pada Ornamen Pagoda Tian Ti Menggunakan Lindenmayer System

Muhammad Zia Alghar<sup>1</sup>, Hakmi Rais Fauzan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universitas Negeri Malang and [muhammadzia1904@gmail.com](mailto:muhammadzia1904@gmail.com)

<sup>2</sup> Universitas Negeri Malang and [raisfauzanhakmi@gmail.com](mailto:raisfauzanhakmi@gmail.com)

## ABSTRAK

Ornamen merupakan hiasan memiliki nilai seni dan budaya yang tinggi. Salah satu ornamen yang memiliki nilai budaya yang tinggi dapat ditemukan pada bangunan berbudaya, seperti Pagoda Tian Ti. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bentuk-bentuk ornamen yang ada pada Pagoda Tian Ti secara matematis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu lindenmayer system. Data diperoleh berdasarkan observasi lapangan, wawancara, dan studi literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ornamen pada Pagoda Tian Ti dapat dikaji secara matematis dengan L-system. Rekonstruksi ornamen dengan l-system juga menghasilkan bentuk-bentuk ornamen yang baru. Rekonstruksi ini didasarkan pada perubahan rasio, perubahan bentuk dasar, dan perubahan sudut. Hasil rekonstruksi ini menjadi jembatan bagi penelitian lain selanjutnya dalam merekonstruksi ornamen-ornamen berbudaya lainnya secara matematis.

*Kata Kunci:* Ornamen, Pagoda Tian Ti, Lindenmayer system, Etnomatematika

## ABSTRACT

Ornaments are decorations that have high artistic and cultural value. One of the ornaments with high cultural value can be found in cultural buildings, such as Tian Ti Pagoda. This research aims to develop the forms of ornaments in Tian Ti Pagoda mathematically. The method used in this research is the Lindenmayer system. Data is obtained based on field observations, interviews, and literature studies. The results showed that the ornaments on Tian Ti Pagoda can be studied mathematically with the L-system. Reconstruction of ornaments with L-system also produces new forms of ornaments. This reconstruction is based on ratio, shape, and angle changes. The results of this reconstruction become a bridge for further research in reconstructing other cultural ornaments mathematically.

*Keywords:* Ornament, Pagoda Tian Ti, Lindenmayer System, Ethnomathematics

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negeri yang kaya akan budaya. Wilayahnya yang terdiri atas berbagai pulau dan penduduknya yang banyak, menjadikan kekayaan Indonesia akan budaya melimpah ruah (Akhmad, 2020). Meskipun demikian, pelestarian budaya perlu dilakukan guna mencegah tergerusnya budaya yang telah di wariskan sejak zaman nenek moyang (Nahak, 2019; Orey & Rosa, 2021). Oleh karenanya, pelestarian budaya dilakukan dengan berbagai macam cara oleh berbagai pihak, salah satunya dilakukan oleh para pengajar dan akademisi di dunia pendidikan matematika (Akbar et al., 2023; Alghar et al., 2022; Küçük, 2014).

Dalam dunia pendidikan matematika, diperkenalkan sebuah terminologi yang mengintegrasikan matematika dan budaya yang disebut etnomatematika (D'Ambrosio, 2016). Etnomatematika merupakan sebuah pendekatan dalam pendidikan matematika yang menjembatani pembelajaran matematika dengan budaya (Alghar et al., 2022; Cortes et al., 2023; Orey, 2017). Hubungan yang dibangun antara matematika dan budaya tidak hanya memperkenalkan budaya ke dalam matematika, akan tetapi juga memperkenalkan konsep matematika yang terdapat dalam suatu budaya (Akbar et al., 2023; Rosa et al., 2016). Sehingga, integrasi yang dibangun dalam

ethnomatematika tidak hanya melibatkan satu arah antara budaya dan matematika, melainkan adanya hubungan dua arah.

Dalam ethnomatematika, terdapat berbagai kategori objek yang dikaji, yaitu artefak, mentifak, dan sosiofak (D'Ambrosio, 2015; Dutra et al., 2023). Artefak merupakan objek yang diwujudkan secara fisik dalam suatu budaya yang mengandung nilai matematis di dalamnya. Mentifak merupakan objek mental yang tidak berbentuk fisik yang mengandung nilai matematis di dalamnya. Sedangkan sosiofak merupakan struktur sosial yang mempengaruhi tingkat kemampuan matematis seseorang. Dalam hal ini, penelitian yang dikaji akan berfokus pada objek ethnomatematika yang berupa artefak.

Salah satu artefak yang bernilai budaya yang ada di Indonesia yaitu Pagoda Tian Ti. Pagoda ini merupakan replika dari Pagoda Temple of Heaven yang berada di China (Yuniana, 2016). Replikasi dari Pagoda tersebut tidak hanya berdasarkan ukuran dan bentuk semata, melainkan pada warna serta ornamen yang melekat di dalamnya (Alghar et al., 2023). Ornamen pada Pagoda Tian Ti memiliki bentuk yang teratur, geometris, dan seimbang (Alghar et al., 2023; Yuniana, 2016). Hal ini selaras dengan ornamen-ornamen tionghoa lainnya yang bergaya serupa, seperti pada Masjid Cheng Hoo, Masjid Jamik Sumenep, dan Keraton Sumenep (Alghar & Jamaluddin, 2024; Alghar & Marhayati, 2023; Ilmiyah et al., 2021).

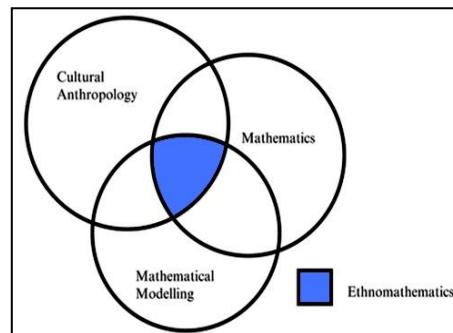
Bentuk ornamennya yang teratur, geometris, dan seimbang menjadikan ornamen ini memenuhi syarat untuk dikaji secara matematis. Di sisi lain, kajian matematis terhadap ornamen berbudaya telah banyak dilakukan, seperti pada Masjid Jamik Sumenep (Alghar & Marhayati, 2023), Masjid Cheng-Hoo (Ilmiyah et al., 2021), Keraton Sumenep (Alghar & Jamaluddin, 2024), Monumen Trikora (Radjak et al., 2022), Rumah Gadang (Fitriza, 2018), dan rumah adat Batak (Ditasona, 2018). Hasil dari kajian tersebut menunjukkan bahwa ornamen yang di kaji telah memiliki bentuk matematis berupa konsep transformasi geometri, rasio, skala, bangun datar, hingga geometri fraktal (Alghar & Marhayati, 2023; Ditasona, 2018; Fitriza, 2018; Radjak et al., 2022). Meskipun demikian, kajian yang merekonstruksi ornamen berbudaya secara matematis masih terbatas. Oleh karenanya penelitian ini mencoba untuk merekonstruksi ornamen yang Tionghoa secara matematis. Metode matematis yang digunakan untuk merekonstruksi ornamen Pagoda Tian Ti dengan Lindermyer system. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk merekonstruksi bentuk ornamen Pagoda Tian Ti menggunakan Lindenmayer System.

## LANDASAN TEORI

### A. Etnomatematika

Ethnomatematika merupakan istilah yang dibuat oleh D'Ambrosio, (1985) yang merepresentasikan pendekatan matematika dalam lingkup suatu budaya. Kajian ethnomatematika lahir sebagai bentuk perlawanan atas matematika formal yang dirasa terlalu menjajah dan melupakan matematika tradisional (Orey & Rosa, 2022; Rosa et al., 2016). Ethnomatematika berasal dari frasa ethno yang berarti budaya, mathema yang berkaitan matematika, dan tics yang berarti suatu teknik (Ari, 2022). Secara sederhana, ethnomatematika merupakan kajian yang melibatkan budaya, matematika, dan teknik (Alghar et al., 2022). Secara formal, ethnomatematika merupakan sebuah program yang mengkaji nilai matematika yang terdapat dalam budaya yang dikembangkan oleh suatu

kelompok etnik (Albanese & Perales, 2020; D'Ambrosio, 2016). Ethnomatematika mengakui, menghargai, dan melibatkan bentuk-bentuk matematika yang terdapat dalam suatu kelompok budaya. Adapun lingkup dalam ethnomatematika meliputi pendidikan matematika, antropologi budaya, dan pemodelan matematika (D'Ambrosio, 2016; Rosa & Orey, 2017). Interseksi dari ketiganya menghasilkan ethnomatematika, seperti yang disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Lingkup kajian dalam ethnomatematika

Dalam perkembangannya, kajian ethnomatematika semakin banyak diminati oleh berbagai peneliti, praktisi, dan akademisi. Hal ini dibuktikan dengan berkembangnya penelitian ethnomatematika dari waktu ke waktu. Perkembangan tersebut mencakup eksplorasi matematika dalam suatu budaya, penerapan nilai-nilai budaya ke dalam pembelajaran matematika, pengembangan perangkat pembelajaran berbasis budaya, hingga pengembangan model pembelajaran berbasis ethnomatematika (Kharisudin & Iqbal, 2021; Tamur et al., 2023). Perkembangan ethnomatematika juga ditunjukkan dengan adanya pendekatan yang lebih mendalam dalam ethnomatematika, yang disebut ethnomodelling (Alghar & Jamaluddin, 2024; Rosa & Orey, 2017). Secara lebih spesifik, ethnomodelling mengkaji model matematika yang terdapat dalam suatu budaya dan membawanya ke dalam pembelajaran matematika di kelas (Cortes et al., 2023; Dutra et al., 2021). Berbagai perkembangan dalam ethnomatematika menjadikannya sebagai salah satu bidang yang diminati dalam dunia pendidikan matematika saat ini.

## B. Ornamen

Ornamen berasal dari bahasa Yunani yaitu *ornare* yang bermakna perhiasan (Soepratno, 1997). Ornamen merupakan hiasan yang dibentuk dengan cara digambar, dipahat, maupun dicetak guna meningkatkan nilai suatu benda atau karya seni (Soepratno, 1997; Zilhão, 2007). Dalam suatu bangunan, ornamen mengandung nilai estetika yang dapat diterjemahkan maknanya secara objektif dan subjektif. Keindahan suatu ornamen tidak hanya dilihat melalui visual semata, melainkan terhadap pesan yang dibawa (Dye, 2012). Biasanya ornamen dibuat sesuai dengan fungsi benda yang digunakan (Dye, 2012; Riegl, 2018; Soepratno, 1997).

Ornamen bergaya tionghoa merupakan salah satu jenis ornamen budaya yang ada di Asia Tenggara (Alghar & Marhayati, 2023; Dye, 2012). Ornamen ini dapat ditemukan pada bangunan, benda, peralatan rumah tangga, hingga pakaian (Welch, 2013). Ornamen bergaya Tionghoa memiliki berbagai keragamannya tersendiri, seperti bentuk hewan, tumbuhan, fenomena alam, legenda, dan geometri (Dye, 2012; Welch, 2013). Selain itu, ornamen Tionghoa juga dikenal dengan warna-warnanya yang dipadukan secara mencolok. Warna yang menyusun pun memiliki makna tersendiri, sehingga perpaduan warna yang diberikan tidak sembarangan. Beberapa warna yang biasanya digunakan dalam ornamen tionghoa meliputi warna merah, kuning, hijau, biru, putih, dan hitam (Alghar & Jamaluddin, 2024; Welch, 2013).

### C. Pagoda Tian Ti

Pagoda merupakan bangunan agama Budha yang pada umumnya terdapat di China, Jepang, Korea, dan negara-negara Asia Tenggara. Pagoda biasanya digunakan sebagai tempat untuk menyimpan benda suci dan sutra milik orang-orang yang dianggap keramat (Yuniana, 2016). Secara bentuk, pagoda memiliki tiga, lima, atau tujuh puncak yang didalamnya tidak ada ruangan. Sehingga puncak-puncak tersebut hanyalah ruangan kosong yang tidak digunakan sebagai tempat tinggal (Wanaputri, 2015). Pagoda memiliki fungsi sebagai penghormatan kepada para pendahulu dan orang suci yang sudah meninggal dan bertujuan membawa makna simbolis lainnya (Wanaputri, 2015; Yuniana, 2016).

Salah satu pagoda yang ada di Indonesia yaitu Pagoda Tian Ti. Pagoda ini merupakan replikasi dari Pagoda Temple of Heaven yang ada di China (Yuniana, 2016). Pagoda ini berlokasi di kawasan Kenjeran Park, Surabaya. Pagoda ini memiliki diameter 60 meter dengan tinggi 58 meter (Alghar et al., 2023; Yuniana, 2016). Pagoda Tian Ti berfungsi sebagai aula pertemuan, tempat berkumpulnya masyarakat Tionghoa dalam hari-hari tertentu, serta tempat wisata (Alghar et al., 2023). Meskipun tidak berperan sebagai tempat peristirahatan orang-orang suci, Pagoda Tian Ti memiliki kekhasan dan kesakralannya tersendiri. Adapun Gambar 2 menunjukkan Pagoda Tian Ti.



Gambar 2. Pagoda Tian Ti

Sebagai replika dari Pagoda Temple of Heaven di China, ornamen pada pagoda Tian Ti juga merupakan replika (Alghar et al., 2023; Yuniana, 2016). Artinya, ornamen yang menyelubungi Pagoda Tian Ti memiliki bentuk, warna, dan corak yang selaras dengan aslinya. Dengan kata lain, nilai estetika, simbol, dan makna di dalamnya juga memiliki keserasian. Adapun salah satu ornamen pada Pagoda Tian Ti disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Ornamen Pagoda Tian Ti

#### D. Lindenmayer System

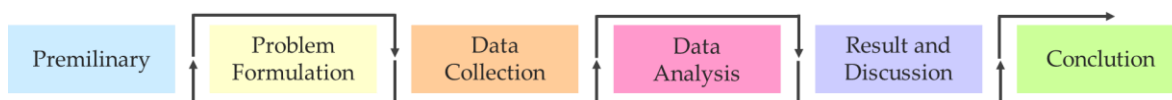
Lindenmayer System atau yang dikenal sebagai l-system merupakan aturan penulisan ulang dengan menggunakan algoritma tertentu dalam bentuk matriks yang diwujudkan dalam bentuk visual (Juhari & Alghar, 2021; Prusinkiewicz & Lindenmayer, 2012). L-system dikembangkan oleh Astrid Lindenmayer sebagai salah satu metode dalam pemodelan tanaman. Algoritma dalam l-system merupakan sebuah rangkaian fungsi-fungsi yang dapat memetakan satu sama lain (Juhari & Alghar, 2021; Prusinkiewicz & Hanan, 2013). Pemetaan ini akan menghasilkan fungsi yang berulang-ulang (rekursif). Sedangkan arah yang dibentuk merupakan hasil konstruksi dari kumpulan matriks. Secara komputasi, l-system merupakan penulisan ulang dengan gaya iteratif dan rekursif yang divisualisasikan dalam bentuk gambar (Alghar & Marhayati, 2023).

Secara formal, l-system menurut Bernard & McQuillan (2021) merupakan barisan tuple  $G = (V, \omega, P)$ .  $V$  merupakan himpunan alfabet yang terbatas.  $\omega$  merupakan aksioma pada  $V$ .  $P$  sebagai himpunan dari aturan produksi pada himpunan terbatas, atau yang dikenal sebagai aturan produksi. Deterministik l-system memiliki aturan pemetaan  $A \rightarrow x$ , dengan  $A \in V$  atau yang dikenal sebagai inisiator. Sedangkan  $x$  sebagai string dalam  $V$  merupakan generator  $A$ . Artinya, generator  $x$  akan memetakan satu aturan produksi kepada setiap anggota  $A$  pada  $V$ .

Dalam l-system terdapat simbol-simbol yang menjadi aturannya tersendiri. Seperti simbol  $F$  yang bermakna melangkah ke depan satu langkah.  $f$  bermakna maju satu langkah tanpa representasi visual. Simbol  $+$  atau  $-$  yang bermakna putaran searah atau berlawanan arah jarum jam pada sumbu  $X$ . Simbol  $/$  dan  $\backslash$  bermakna putaran searah atau berlawanan arah pada sumbu  $Y$ . Sedangkan simbol  $\&$  atau  $\wedge$  bermakna putaran searah atau berlawanan arah pada sumbu  $Z$  (Alghar, 2020; Juhari & Alghar, 2021).

**METODE PENELITIAN**

Metode penelitian ini dilakukan secara kualitatif dengan pendekatan etnografi. Penelitian ini dilakukan dengan mendasari tahapan-tahapan berikut: (1) Tahapan awal, di sini peneliti menentukan topik penelitian, objek yang digunakan, serta metode yang akan digunakan. Topik yang dipilih yaitu mengonstruksi ulang model matematika pada sebuah ornamen. Objek yang digunakan yaitu Pagoda Tian Ti. Metode yang digunakan yaitu lindenmayer system. (2) Tahap merumuskan masalah, pada bagian ini peneliti menentukan rumusan masalah yang akan dikaji, yaitu mengenai rekonstruksi model matematis.(3) Tahap pengumpulan data. Di sini, peneliti mengumpulkan data berupa observasi, studi literatur, dokumentasi, dan wawancara. (4) Tahap analisis data. Analisis model matematis dilakukan dengan menggunakan metode lindenmayer system. Analisis bentuk matematis dibantu dengan aplikasi L-studio. (5) Tahap Hasil dan Diskusi. Pada bagian ini hasil dipaparkan dalam bentuk gambar mengenai hasil konstruksi model l-system. Diskusi dipaparkan dalam bentuk deskripsi dan dibandingkan dengan literatur yang ada. (6) Kesimpulan. Pada bagian ini, peneliti memaparkan kesimpulan yang diperoleh mengenai hasil rekonstruksi model matematis. Adapun tahapan penelitian ini disajikan dalam Gambar 4.



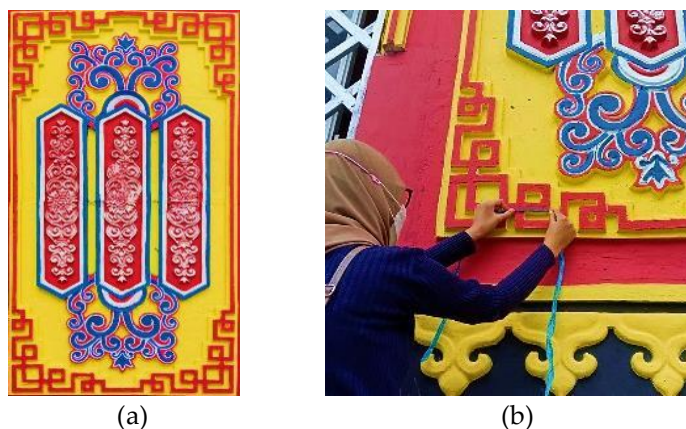
Gambar 4. Tahapan Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Model Matematika pada Ornamen Pagoda Tian Ti Menggunakan L-System**

**1. Hasil Pengukuran**

Untuk menentukan model l-system, peneliti perlu mengukur terlebih dahulu ornamen Pagoda Tian Ti. Pengukuran dilakukan berdasarkan panjang dan besar sudut ornamen. Pengukuran panjang dan besar sudut bertujuan untuk memperoleh rasio dan mempermudah peneliti dalam megonsturksi ornamen dengan l-system. Proses pengukuran dilakukan menggunakan bantuan penggaris, tali rafia, dan alat tulis. Proses pengukuran dan ornamen yang diukur ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengukuran Ornamen: (A) Ornamen yang Diukur, (B) Proses Pengukuran Ornamen

Selanjutnya peneliti menyajikan hasil pengukuran ornamen. Hasil pengukuran ornamen dibagi dalam panjang ornamen dan besar sudut, sebagaimana yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

**Tabel. 1** Hasil Pengukuran Panjang dan Besar Sudut Ornamen

Bagian yang diukur	Ukuran	Rasio
Panjang ornamen	224 cm	1:16
Lebar ornamen	112 cm	1:8
Bagian terpendek pada ornamen	14 cm	1:1
Besar Sudut	90°	-

Berdasarkan Tabel 1. Hasil pengukuran ornamen menunjukkan panjang 224 cm, lebar ornamen menunjukkan panjang 112 cm, dan bagian terpendek ornamen memiliki panjang 14 cm. Sementara besar sudut pada setiap bagian ornamen menunjukkan hasil yang sama, yaitu 90o. Selanjutnya hasil pengukuran panjang ornamen dibuat dalam bentuk rasio. Pembuatan rasio dilakukan dengan membandingkan bagian terpendek ornamen dengan panjang ornamen, sehingga menciptakan rasio 1:16. Begitu juga dengan lebar ornamen dan panjang bagian ornamen yang menghasilkan rasio 1:8 dan 1:1. Penggunaan rasio untuk mempermudah konstruksi l-system dan mengoptimalkan kinerja komputer dalam memvisualisasi hasil.

**2. Hasil Pemodelan Ornamen Pagoda Tian Ti dengan L-system**

Setelah peneliti mengukur panjang ornamen dan besar sudut ornamen, peneliti mengonstruksi bentuk ornamen dengan lindenmayer system. Konstuksi digunakan peneliti dengan bantuan aplikasi L-Studio. Aplikasi ini memungkinkan peneliti mengonstruksi bentuk l-system dengan lebih optimal. Adapun bentuk l-system yang dibangun ditunjukkan pada uraian berikut.

*Initiator:*

$$\omega = V(1)$$

$$B = 90$$

$$s_1 = 0.5$$

*Iteration: 25*

$$P_1: V(t) \rightarrow D(t) - (B)D(t) + (B)G(t) + (B)D(t) + (B)D(t) + (B)G(t) + (B)C(t)D(t) + (B)W(t)$$

$$P_2: W(t) \rightarrow G(t) - (B)E(t) - (B)E(t) - (B)G(t) - (B)G(t) - (B)E(t) + (B)X(t)$$

$$P_3: X(t) \rightarrow C(t) - (B)H(t) - (B)H(t) - (B)H(t) - (B)E(t) - (B)E(t) - (B)H(t)Y(t)$$

$$P_4: Y(t) \rightarrow C(t)D(t) - (B)G(t) - (B)G(t) - (B)E(t) - (B)E(t) - (B)G(t) + (B)Z(t)$$

$$P_5: Z(t) \rightarrow G(t) + (B)G(t) + (B)D(t) + (B)D(t) + (B)G(t) + (B)D(t) - (B)D(t)E(t)[V(t)]$$

*Homomorphism*

$$C(t) \rightarrow F(s1)$$

$$D(t) \rightarrow F$$

$$E(t) \rightarrow FF$$

$$G(t) \rightarrow FF(s1)$$

$$H(t) \rightarrow FFF(s1)$$

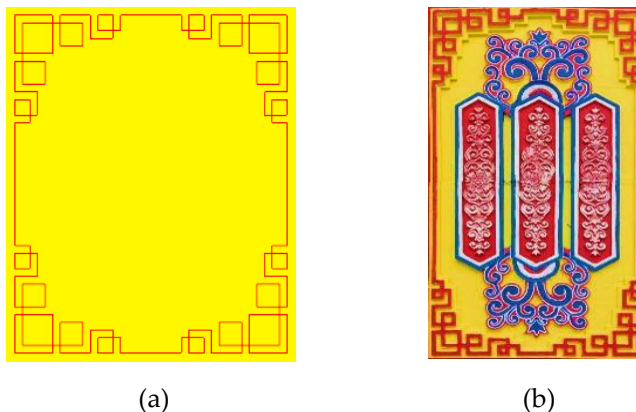
Konstruksi model matematis pada ornamen pagoda Tian Ti dilakukan menggunakan aplikasi L-studio. Adapun tampilan pada aplikasi L-studio ditunjukkan dalam gambar X.

```

L-studio - [NewObject]
Object Cpg Preferences Tools Window
L-system View Animate Colors Surfaces Contours Functions Panels Description Text file
lssystem Line 21 Find:
#define step 25
#define B 90
#define s1 0.5
Lsystem: 1
derivation length: step
Axiom: U(1)
U(t) --> D(t)-(B)D(t)+(B)G(t)+(B)D(t)+(B)D(t)+(B)G(t)+(B)C(t)D(t)+(B)W(t)
W(t) --> G(t)-(B)E(t)-(B)E(t)-(B)G(t)-(B)G(t)-(B)E(t)+(B)X(t)
X(t) --> G(t)-(B)H(t)-(B)H(t)-(B)H(t)-(B)E(t)-(B)E(t)-(B)H(t)W(t)
Y(t) --> G(t)D(t)-(B)G(t)-(B)G(t)-(B)E(t)-(B)E(t)-(B)G(t)+(B)Z(t)
Z(t) --> G(t)+(B)G(t)+(B)D(t)+(B)D(t)+(B)G(t)+(B)D(t)-(B)D(t)E(t)[U(t)]
homonorphism
G(t) --> F(s1)
D(t) --> F
E(t) --> FF
G(t) --> FF(s1)
H(t) --> FFF(s1)
endLsystem
    
```

Gambar 6. Tampilan pada Aplikasi L-Studio

Model l-system yang telah dibentuk selaras dengan tampilan L-studio pada Gambar 6. Selanjutnya peneliti melakukan running program L-studio untuk menghasilkan visualisasi dari hasil kodingan l-system. Running program dilakukan dengan iterasi sebanyak 5 dan divisualisasikan dengan warna kuning dan merah agar selaras dengan ornamen aslinya. Adapun hasil visualisasi ornamen pagoda Tian Ti menggunakan Lindenmayer System kemudian dibandingkan dengan bentuk ornamen aslinya, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan hasil visualisasi dengan bentuk asli pada ornamen Pagoda Tian Ti: (a) Hasil visualisasi, (b) Ornamen asli pada Pagoda Tian Ti

Berdasarkan gambar 7, dapat diamati bahwa hasil visualisasi ornamen memiliki bentuk yang sesuai dengan ornamen aslinya pada Pagoda Tian Ti. Hal ini menunjukkan bahwa l-system dapat digunakan sebagai metode dalam membangun konstruksi sebuah ornamen. Hal ini selaras dengan Juhari & Alghar (2021) bahwa lindenmayer system dapat digunakan sebagai metode dalam mengonstruksi bentuk fraktal. Dengan deterministik l-system, konstruksi objek dapat dilakukan dalam dua dimensi (Alghar, 2020; Prusinkiewicz & Lindenmayer, 2012).

Selain itu, Gambar 7 juga menunjukkan bahwa ornamen begaya tionghoa dapat dikonstruksi secara matematis. Artinya, dalam pembuatan ornamen bergaya tionghoa diperlukan konsep matematis dalam konstruksinya. Hal ini selaras dengan Welch (2013) bahwa salah satu jenis dari ornamen tionghoa yaitu memiliki bentuk yang geometris. Hal ini diperkuat dengan pendapat Dye (2012), bahwa beberapa bentuk dasar geometris seperti titik, garis, dan bentuk-bentuk bidang datar senantiasa mewarnai ornamen-ornamen bergaya oriental klasik dan modern. Dengan demikian, keselarasan dan keseimbangan pada ornamen Pagoda Tian Ti

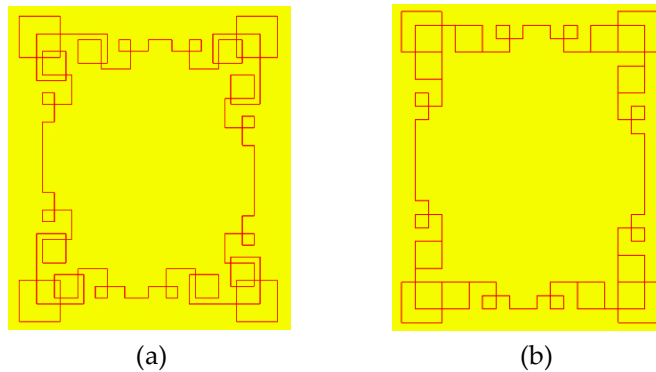


selaras dengan konsep-konsep geometris pada matematika sehingga dapat dikonstruksi dengan metode Lindenmayer System.

## B. Rekonstruksi Model Matematika pada Ornamen Pagoda Tian Ti Menggunakan L-System

### 1. Rekonstruksi Ornamen berdasarkan Rasio

Rekonstruksi pada rasio dilakukan dengan mengubah rasio yang digunakan dalam model l-system awal. Rasio yang diubah terjadi pada parameter  $a_1$  yang bernilai 0,5 menjadi 0,25 dan 1. Hal ini akan menjadikan  $a_1$  yang semula memiliki panjang 7 cm akan menjadi 3,5 cm dan 14 cm. Perubahan pada rasio ini akan membuat bentuk ornamen berubah namun dengan keseimbangan yang teratur. Adapun hasil rekonstruksi ornamen ditunjukkan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Rekonstruksi ornamen:

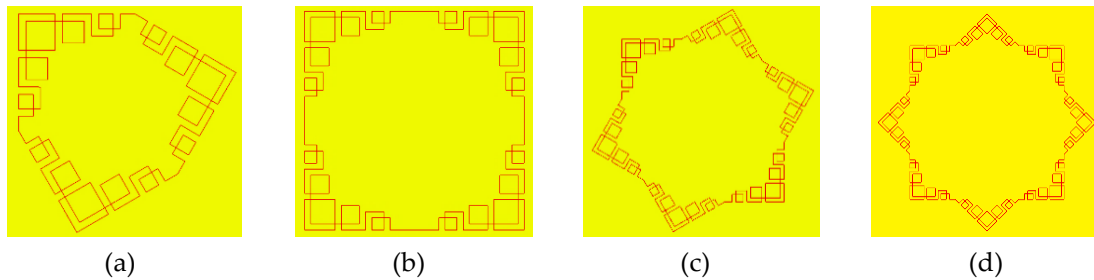
(a) dari 7 cm menjadi 3.5 cm; (b) dari 7 cm menjadi 14 cm

Berdasarkan Gambar 8(a), perubahan rasio panjang dilakukan dari 0.5 satuan menjadi 0.2 satuan. Hal ini menyebabkan hasil visualisasi lebih kecil daripada model aslinya. Sementara perubahan rasio pada Gambar 8(b) dilakukan dari 0.5 satuan menjadi 1 satuan. Hal tersebut menyebabkan hasil visualisasi menjadi lebih besar daripada aslinya.

Perubahan pada parameter panjang, menyebabkan hasil visualisasi cenderung tidak teratur. Hal ini karena ornamen Tiongkok memiliki sifat harmonis dan seimbang, sehingga sedikit perubahan menyebabkan tampilan pada ornamen menjadi tidak seimbang. Hal ini selaras dengan yang dipaparkan Beer (2004) dan Dye (2012) bahwa keseimbangan merupakan salah satu kunci dalam ornamen bergaya Tiongkok, sebagaimana alam yang senantiasa menyajikan keseimbangan. Dengan demikian, perubahan rasio panjang pada konstruksi ornamen Pagoda Tian Ti menyebabkan ketidakseimbangan dalam bentuk ornamen.

### 2. Rekonstruksi Ornamen berdasarkan Bentuk Awal

Rekonstruksi pada bentuk awal dilakukan dengan mengubah bentuk awal yang digunakan dalam model l-system. Terdapat syarat untuk perubahan bentuk ini, yaitu bentuk yang dibangun harus memiliki sudut kongruen yang bernilai FPB dari  $360^\circ$ . Dalam hal ini, peneliti mengubah model dengan bentuk awal persegi panjang, menjadi bentuk segitiga, persegi, segi enam, dan segi delapan. Adapun hasil rekonstruksi ornamen Pagoda Tian Ti berdasarkan bentuk awal ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Rekonstruksi dengan perubahan bentuk awal:

(a) bentuk segitiga, (b) bentuk persegi, (c) bentuk segienam, (b) bentuk segidelapan

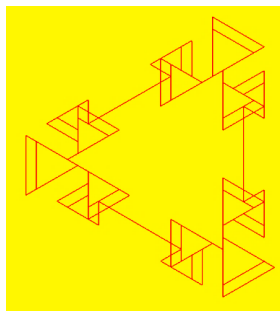
Hasil rekonstruksi pada gambar Y(a) menunjukkan penggabungan model matematis Pagoda Tian Ti dengan bentuk segitiga. Hasil visualisasi menunjukkan bahwa fraktal bersifat simetris dan teratur ketika digabungkan dengan bentuk segitiga. Kemudian Gambar Y(b) menunjukkan penggabungan model matematis Pagoda Tian Ti dengan bentuk persegi. Hasil visualisasi menunjukkan bahwa matematis bersifat simetris dan teratur ketika digabungkan dengan bentuk persegi. Gambar Y(c) dan Gambar Y(d) menunjukkan penggabungan model matematis Pagoda Tian Ti dengan bentuk segi enam dan segi delapan. Hasil visualisasi menunjukkan bahwa model dapat disesuaikan apabila digabung dengan bentuk segi enam dan segi delapan.

Secara matematis, bagian dari model matematis ornamen Pagoda Tian Ti, dapat digabung dengan bangun datar yang setiap sisinya memiliki besar sudut yang saling kongruen serta merupakan FPB dari  $360^\circ$  (satu lingkaran penuh). Seperti segitiga sama sisi, yang masing-masing sudutnya memiliki besar  $60^\circ$ . Persegi dengan keempat sudutnya yang memiliki besar  $90^\circ$ . Segi enam dengan masing-masing besar sudut  $60^\circ$ . Segi delapan dengan masing-masing sudutnya memiliki besar  $45^\circ$ . Dengan demikian, penggabungan model matematis ornamen tersebut dengan bentuk-bentuk lain menghasilkan bentuk ornamen baru yang seimbang.

Hal tersebut senada dengan yang memaparkan bahwa ornamen Tiongkok memiliki fleksibilitas, sehingga dapat dipadukan dengan bentuk-bentuk geometris (Beer, 2004). Sifat ornamen Tiongkok yang seimbang dan harmonis, menjadikan ornamen tersebut dapat diterapkan pada media apapun dan mampu menambah nilai estetika (Dye, 2012; Welch, 2013). Selain itu, Dye (2012) juga memaparkan dalam bukunya bahwa ornamen bergaya Tiongkok memiliki keberagaman bentuk pembangunnya, seperti segitiga, persegi, segienam, segidelapan, hingga lingkaran.

### 3. Rekonstruksi Ornamen berdasarkan Besar Sudut

Rekonstruksi pada besar sudut dilakukan dengan mengubah sudut awal yang digunakan dalam model l-system. Perubahan besar sudut tidak hanya dilakukan dalam satu bagian, melainkan pada seluruh bagian dengan besar sudut yang sama. Dalam hal ini, peneliti mengubah besar sudut ornamen yang semula  $90^\circ$  menjadi  $120^\circ$ . Hasil rekonstruksi ornamen Pagoda Tian Ti berdasarkan besar sudut ditunjukkan Gambar 10.



Gambar 10. Hasil rekonstruksi ornamen dengan perubahan sudut  $90^\circ$  menjadi  $120^\circ$

Gambar 10 menunjukkan hasil modifikasi sudut dari  $90^\circ$  menjadi  $120^\circ$ . Hal tersebut menyebabkan bentuk ornamen sangat berbeda dari pada aslinya. Jika bentuk ornamen pada Gambar 8 didominasi oleh bentuk persegi dengan sudut  $90^\circ$ , maka perubahan ukuran sudut yang disajikan Gambar 10 menyebabkan ornamen tidak lagi memiliki sudut siku-siku atau  $90^\circ$ . Hal ini menyebabkan hasil visualisasi didominasi oleh bangun datar segitiga dengan besar sudutnya  $60^\circ$ . Menariknya, perubahan besar sudut juga mempengaruhi perubahan bentuk dasar ornamen yang awalnya berbentuk persegi menjadi segitiga.

Berdasarkan Gambar 10 dapat diamati bahwa meskipun bentuknya berubah, namun nilai estetika dan keseimbangan ornamen pada bentuk yang baru tetap terjaga. Hal ini disebabkan karena fleksibilitas dari ornamen bergaya Tionghoa yang dapat menyesuaikan dengan bentuk-bentuk geometris sederhana (Dye, 2012). Selain itu, menemukan bahwa terdapat beragam konstruksi ornamen tionghoa yang memiliki konsep senada namun dibentuk dengan bangun datar yang berbeda (Alghar & Marhayati, 2023; Beer, 2004; Dye, 2012). Meskipun demikian, perbedaan bentuk bangun datar yang membangun tetap mampu mempertahankan nilai estetikanya.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa ornamen pada Pagoda Tian Ti dapat dikaji secara matematis menggunakan Lindenmayer system. Peneliti juga menemukan bahwa ornamen tersebut dapat direkonstruksi untuk menghasilkan ornamen-ornamen jenis baru. Rekonstruksi ornamen Pagoda Tian Ti dapat dilakukan dengan mengubah tiga aspek. Pertama perubahan pada rasio yang digunakan. Kedua, perubahan pada bentuk dasar ornamen. Ketiga, perubahan pada sudut yang digunakan. Penelitian ini berkontribusi dalam membuka jalan bagi penelitian berikutnya guna mengkaji ornamen-ornamen berbudaya lainnya dengan lindenmayer system. Selain itu, diharapkan penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode stochastic l-system serta menambah parameter ketebalan didalamnya.

## REFERENSI

- Akbar, L. A., Alghar, M. Z., Marhayati, & Susanti, E. (2023). The Arithmetic Sequences in Making Traditional Cast Nets in Lombok. *Edumatika: Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 6(1), 13–29. <https://doi.org/10.32939/ejrpm.v6i1.2541>
- Akhmad, N. (2020). *Ensiklopedia keragaman budaya*. Alprin.
- Albanese, V., & Perales, F. J. (2020). Mathematics Conceptions by Teachers from an Ethnomathematical Perspective. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 34(66), 1–21. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v34n66a01>

- Alghar, M. Z. (2020). *Pemodelan batang tanaman menggunakan metode Deterministic Lindenmayer System*. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Alghar, M. Z., & Jamaluddin. (2024). Ethnomodelling: Fractal Geometry On The Door Ornament Of The Sumenep Palace Using The Lindenmayer System. *Euclid*, 11(1), 1–16. <https://doi.org/10.33603/x5gk7n46>
- Alghar, M. Z., & Marhayati. (2023). Ethnomathematics: Exploration of Fractal Geometry in Gate Ornaments of The Sumenep Jamik Mosque Using The Lindenmayer System. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 6(3), 311–329. <https://doi.org/10.24042/ijmsme.v6i3.18219>
- Alghar, M. Z., Susanti, E., & Marhayati. (2022). Ethnomathematics: Arithmetic Sequence Patterns Of Minangkabau Carving On Singok Gonjong. *Jurnal Pendidikan Matematika (Jupitek)*, 5(2), 145–152. <https://doi.org/10.30598/jupitekvol5iss2pp145-152>
- Alghar, M. Z., Walidah, N. Z., & Marhayati. (2023). Ethnomathematics: The exploration of fractal geometry in Tian Ti Pagoda using the Lindenmayer system. *Alifmatika: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Matematika*, 5(1), 57–69. <https://doi.org/10.35316/alifmatika.2023.v5i1.57-69>
- Ari, A. A. (2022). Türk Kültüründen Etnomodelleme Yansımaları. *Kesit Akademi*, 8(33), 200–223. <https://doi.org/10.29228/kesit.66661>
- Beer, R. (2004). *The encyclopedia of Tibetan symbols and motifs*. Serindia Publications.
- Bernard, J., & McQuillan, I. (2021). Techniques for inferring context-free Lindenmayer systems with genetic algorithm. *Swarm and Evolutionary Computation*, 64(100893), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2021.100893>
- Cortes, D. P. de O., Orey, D. C., & Rosa, M. (2023). Aspectos teóricos, empíricos e metodológicos de pesquisas em etnomodelagem: contribuições dos investigadores do GPEUfop. *Journal of Mathematics and Culture*, 17(1), 1–24.
- D'Ambrosio, U. (1985). Ethnomathematics and its place in the history and pedagogy of mathematics. *For the learning of Mathematics*, 5(1), 44–48.
- D'Ambrosio, U. (2015). Mathematical modelling as a strategy for building-up systems of knowledge in different cultural environments. In G. A. Stillma, W. Blum, & M. S. Biembengut (Ed.), *Mathematical modelling in education research and practice: cultural, social and cognitive influences* (pp. 35–44). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-18272-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-18272-8_2)
- D'Ambrosio, U. (2016). An Overview of the History of Ethnomathematics. In M. Rosa, U. D'Ambrosio, D. C. Orey, L. Shirley, W. V Alangui, P. Palhares, & M. E. Gavarrete (Ed.), *Current and Future Perspectives of Ethnomathematics as a Program* (pp. 5–10). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-30120-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-30120-4_2)
- Ditasona, C. (2018). Ethnomathematics exploration of the Toba community: Elements of geometry transformation contained in Gorga (ornament on Bataks house). In Ramli, M. Azhar, & R. Sumarmin (Ed.), *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (pp. 1–6). Universitas Negeri Padang. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/335/1/012042>
- Dutra, É. D. R., Orey, D. C., & Rosa, M. (2021). Etnomodelando artefatos (balaios) da cultura cafeeira. *Revista De Ensino De Ciências E Matemática*, 12(2), 1–20. <https://doi.org/10.26843/rencima.v12n2a15>
- Dutra, É. D. R., Orey, D. C., & Rosa, M. (2023). Utilizando os jargões da cultura cafeeira como uma ação pedagógica para a etnomodelagem. *Journal of Mathematics and Culture*, 17(2), 62–80.
- Dye, D. S. (2012). *Chinese lattice designs*. Courier Corporation.
- Fitriza, R. (2018). Ethnomathematics Pada Ornamen Rumah Gadang Minangkabau. *Math Educa Journal*, 2(2), 181–190. <https://doi.org/10.15548/mej.v2i2.187>
- Ilmiyah, N. F., Sa'idah, Z. N., & Wijaya, I. K. (2021). A culture-based development of mathematics learning: A case on the Muhammad Cheng Hoo Mosque of Surabaya. *International Journal on Teaching and Learning Mathematics*, 4(1), 1–14.
- Juhari, & Alghar, M. Z. (2021). Modeling Plant Stems Using the Deterministic Lindenmayer System. *Journal Cauchy*, 6(4), 286–295. <https://doi.org/10.18860/ca.v6i4.11591>

- Kharisudin, N. Z., & Iqbal. (2021). A Systematic Literature Review: Characteristic of Ethnomathematical-Based Subject Specific Pedagogy. *Technium Soc. Sci. J.* [https://heionline.org/hol/cgi-bin/get\\_pdf.cgi?handle=hein.journals/techssj24&section=7](https://heionline.org/hol/cgi-bin/get_pdf.cgi?handle=hein.journals/techssj24&section=7)
- Küçük, A. (2014). Ethnomathematics in Anatolia-Turkey: Mathematical Thoughts in Multiculturalism. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática Perspectivas Socioculturales de la Educación Matemática*, 7(1), 171–184.
- Nahak, H. M. I. (2019). Upaya melestarikan budaya indonesia di era globalisasi. *Jurnal Sosiologi Nusantara*, 5(1), 65–76.
- Orey, D. C. (2017). The critical-reflective dimension of ethnomodelling. In M. Rosa, L. Shirley, M. E. Gavarrete, & W. V. Alangui (Ed.), *Ethnomathematics and its Diverse Approaches for Mathematics Education* (pp. 329–354). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-59220-6\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-59220-6_14)
- Orey, D. C., & Rosa, M. (2021). Ethnomodelling as a glocalization process of mathematical practices through cultural dynamism. *The Mathematics Enthusiast*, 18(3), 439–468. <https://doi.org/10.54870/1551-3440.1533>
- Orey, D. C., & Rosa, M. (2022). A Pedagogical Action Of Ethnomodelling For The Implemenation Of The Law 11.645/08. *ReDiPE: Revista Diálogos e Perspectivas em Educação*, 4(2), 192–207.
- Prusinkiewicz, P., & Hanan, J. (2013). *Lindenmayer systems, fractals, and plants*. Springer Science & Business Media.
- Prusinkiewicz, P., & Lindenmayer, A. (2012). *The algorithmic beauty of plants*. Springer Science & Business Media.
- Radjak, D. S., Susanti, E., & Marhayati, M. (2022). Eksplorasi Konsep Matematika Pada Gapura Monumen Trikora di Lembah Sulawesi Utara. In A. Abdussakir, M. Jamhuri, & J. Juhari (Ed.), *Prosiding SIMaNI (Seminar Nasional Integrasi Matematika dan Nilai-Nilai Islam)* (pp. 95–105).
- Riegl, A. (2018). *Problems of style: Foundations for a history of ornament*. Princeton University Press.
- Rosa, M., D'Ambrosio, U., Orey, D. C., Shirley, L., Alangui, W. V., Palhares, P., Gavarrete, M. E., Rosa, M., & Orey, D. C. (2016). State of the art in Ethnomathematics. In G. Kaiser (Ed.), *Current and Future Perspectives of Ethnomathematics as a Program* (pp. 11–37). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-30120-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-30120-4_3)
- Rosa, M., & Orey, D. C. (2017). Ethnomodelling as the Mathematization of Cultural Practices. In G. A. Stillman, W. Blum, & G. Kaiser (Ed.), *Mathematical Modelling and Applications Crossing and Researching Boundaries in Mathematics Education* (pp. 153–162). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-62968-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-62968-1_13)
- Soepratno, S. (1997). *Ornamen Ukir Kayu Tradisional Jawa* (2 ed.). IKIP Semarang.
- Tamur, M., Wijaya, T. T., Nurjaman, A., Siagian, M. D., & Perbowo, K. S. (2023). Ethnomathematical Studies in the Scopus Database Between 2010-2022: A Bibliometric Review. In S. Menggo, M. Tamur, & H. Midun (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Education, Humanities, Health and Agriculture* (pp. 199–204). <https://doi.org/10.4108/eai.21-10-2022.2329666>
- Wanaputri, D. A. (2015). Kajian Ornamen Pagoda Cina Di Pulau Kemaro Palembang Sumatera Selatan. In *Universitas Negeri Yogyakarta*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Welch, P. B. (2013). *Chinese art: A guide to motifs and visual imagery*. Tuttle Publishing.
- Yuniana, E. R. (2016). *Pagoda Tian Ti Studi Deskriptif Mengenai Makna Simbol pada Bangunan Pagoda Tian Ti di Kenpark, Surabaya*. [A Descriptive Study of the Symbolic Meanings of the Tian Ti Pagoda Building in Kenpark, Surabaya]. [Unpublished Thesis]. Universitas Airlangga.
- Zilhão, J. (2007). The emergence of ornaments and art: an archaeological perspective on the origins of “behavioral modernity.” *Journal of archaeological research*, 15, 1–54.