

<https://doi.org/10.51574/kognitif.v4i4.2263>

Pengembangan Pola Motif Batik Mekar Merah Menggunakan Aplikasi Fraktal

Elly Susanti , Turmudi , Mutiara Arlisyah Putri Utami , Tegar Alfaridzi

How to cite : Susanti, E., Turmudi, T., Utami, M. A. P., & Alfaridzi, T. (2024). Pengembangan Pola Motif Batik Mekar Merah Menggunakan Aplikasi Fraktal. *Kognitif: Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, 4(4), 1646 - 1660. <https://doi.org/10.51574/kognitif.v4i4.2263>

To link to this article : <https://doi.org/10.51574/kognitif.v4i4.2263>



Opened Access Article



Published Online on 11 December 2024



Submit your paper to this journal



Pengembangan Pola Motif Batik Mekar Merah Menggunakan Aplikasi Fraktal

Elly Susanti^{1*} , Turmudi² , Mutiara Arlisyah Putri Utami³ , Tegar Alfaridzi⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Article Info

Article history:

Received Nov 13, 2024

Accepted Dec 03, 2024

Published Online Dec 11, 2024

Keywords:

Fraktal

Batik

Visual Studio Code

ABSTRAK

Fraktal merupakan sebuah konsep dalam matematika yang menggambarkan struktur geometri atau pola yang memiliki sifat *self-similarity* di mana motif-motif kecil diulang terus menerus sehingga membentuk pola yang lebih besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penerapan konsep fraktal pada pembentukan dan pengembangan pola motif batik Mekar Merah yang dapat meningkatkan pemahaman, pengetahuan, dan gambaran tentang konsep fraktal. Tahapan pertama pada penelitian ini ialah menganalisis pola motif batik Mekar Merah dengan membagi pola motif batik Mekar Merah menjadi beberapa bagian untuk menentukan jenis fraktal yang nantinya dapat digunakan dalam membentuk suatu pola motif batik, seperti Fraktal Bunga, Fraktal Pohon dan Kurva Mawar. Setelah menentukan beberapa jenis fraktal yang digunakan kemudian didapatkan persamaan fraktal yang nantinya dikembangkan untuk menghasilkan pola motif batik yang sesuai dengan motif batik Mekar Merah. Pembentukan pola motif fraktal tersebut dilakukan dengan bantuan *Visual Studio Code* dengan bahasa pemrograman *Python*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan konsep fraktal dapat menghasilkan pola motif batik yang sesuai dengan pola motif aslinya. Selain itu, dengan menggunakan konsep fraktal juga dapat mengembangkan pola motif yang sudah dibentuk ulang tanpa menghilangkan nilai-nilai tradisionalnya. Penggunaan *Visual Studio Code* memberikan kemudahan dan fleksibilitas dalam proses pembentukan, sehingga membuka peluang untuk menciptakan karya-karya yang lebih inovatif dan menarik.



This is an open access under the CC-BY-SA licence



Corresponding Author:

Elly Susanti,

Program Studi Matematika,

Fakultas Sains dan Teknologi,

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang,

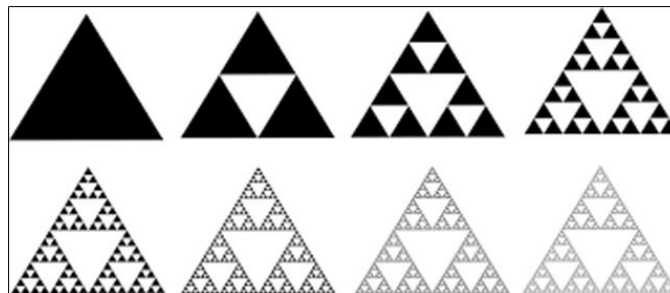
Jl. Jl. Gajayana No.50, Dinoyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur, 65144, Indonesia

ID Scopus: 57205242405

Email: ellysusanti@mat.uin-malang.ac.id

Pendahuluan

Fraktal merupakan konsep matematika yang menggambarkan struktur yang rumit dan berulang dalam berbagai skala (Falconer, 2003). Fraktal juga digunakan dalam teknologi, seperti komputasi grafis yang pembuatannya menggunakan *Visual Studio Code*. Terdapat banyak jenis fraktal yang memiliki karakteristik yang unik, masing-masing dihasilkan melalui aturan matematis yang berbeda dan menciptakan pola-pola yang menakjubkan. Salah satu contohnya adalah Segitiga Sierpiński yang didefinisikan sebagai fraktal yang terbentuk dengan menghapus segitiga-segitiga kecil dari segitiga yang lebih besar dalam serangkaian iterasi (Pollicott & Slipantschuk, 2023). Hasilnya adalah pola yang menyerupai segitiga tetapi memiliki *self-similarity* pada semua tingkat perbesaran.



Gambar 1. Fraktal Segitiga Sierpinski

Terdapat beberapa pola pada batik yang memiliki sifat *self-similarity*, di mana motif-motif kecil diulang dan membentuk pola yang lebih besar, mirip dengan prinsip *self-similarity* dalam fraktal. Pada batik Mekar Merah Setiap motif dan warnanya memiliki makna sejarah, budaya, dan filosofis yang kaya (Suminto, 2015.). Batik yang digunakan dalam penelitian ini yakni batik Mekar Merah, dengan ciri khas motif bunga dan juga warna merah yang sangat identik dengan batik (Zayyadi, 2017).



Gambar 2. Batik Mekar Merah

Pada penelitian ini ingin menerapkan fraktal pada pembentukan dan pengembangan pola motif batik Mekar Merah menggunakan aplikasi *Visual Studio Code*. Sebelumnya sudah ada penelitian yang membahas tentang penggunaan fraktal pada pola batik Indonesia (Widodo, 2019) namun, untuk penerapan fraktal pada batik yang memiliki ciri khas motif bunga belum dijelaskan dan menggunakan aplikasi matlab. Oleh karena itu, penulis ingin melakukan

penelitian tentang penerapan fraktal pada pola motif batik Mekar Merah menggunakan *Visual Studio Code*.

Metode

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kualitatif dan studi literatur. Jenis penelitian kualitatif adalah metode penelitian untuk memahami dan menganalisis suatu fenomena melalui pendekatan deskriptif dan interpretatif. Proses penelitian ini dilakukan dengan cara mengumpulkan dan mengevaluasi beberapa literatur terkait topik penelitian seperti *The Use Of Fractal as an Indonesian Batik Pattern* yang menjelaskan tentang prosedur dalam menerapkan konsep fraktal pada batik khas Indonesia, penelitian tentang *Auto-Generation System Based on Fractal Geometry for Batik Pattern Design* yang menjelaskan pembuatan motif batik dengan menggunakan bantuan program komputasi, dan jurnal penelitian lainnya yang menjelaskan tentang persamaan setiap jenis fraktal yang akan digunakan.

Data dan Sumber Data

Penelitian ini dimulai dengan membaca literatur untuk mengumpulkan data yang diperlukan dan juga mencari referensi yang berkaitan dengan topik sebagai acuan. Dalam penelitian ini juga melibatkan studi kasus di mana sejumlah pola batik fraktal tertentu dianalisis secara rinci untuk memahami motif, makna, serta proses kreatif di balik pembuatannya.

Prosedur, Pengumpulan, dan Analisis Data

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang sistematis berdasarkan jenis penelitian yang digunakan. Tahap pertama adalah mengklasifikasi pola pada batik Mekar Merah dengan membagi gambar batik menjadi beberapa bagian berdasarkan motif-motif yang terdapat pada batik tersebut. Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap jenis fraktal yang terdapat pada batik Mekar Merah dengan cara membagi motif batik menjadi beberapa bagian untuk mengidentifikasi karakteristik fraktalnya. Berdasarkan analisis tersebut, pola batik Mekar Merah kemudian dibuat ulang dengan menggunakan aplikasi *Visual Studio Code*, di mana bagian-bagian motif yang telah diklasifikasikan sesuai jenis fraktalnya dirancang kembali secara digital. Tahap terakhir adalah mengembangkan pola batik fraktal Mekar Merah lebih lanjut melalui transformasi geometri, yang juga dilakukan menggunakan aplikasi *Visual Studio Code*, untuk menghasilkan pola batik baru yang memiliki nilai keindahan dan keunikan tersendiri. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini yakni menganalisis pola visual dan geometri fraktal, di mana pola pada motif batik Mekar Merah diklasifikasikan berdasarkan pola pembentukannya, kemudian dianalisis menggunakan konsep fraktal untuk mengidentifikasi karakteristik matematis seperti dimensi fraktal, simetri, dan pengulangan pola.

Hasil dan Diskusi

Penerapan Fraktal Pada Pembentukan Pola Motif Batik Mekar Merah

Berdasarkan Gambar 2 pola yang terdapat pada batik Mekar Merah yakni mahkota bunga yang disusun secara simetris dengan variasi jumlah kelopak, dan dihiasi dengan detail garis daun. Selain bunga utama, terdapat elemen tambahan berupa ranting-ranting kecil dengan bulatan merah di ujungnya, yang tersebar di antara bunga-bunga. Sehingga, dapat dibedah menjadi dua motif yaitu mahkota bunga poinsettia dan tangkai bunga poinsettia.

Pembentukan Mahkota Bunga

Persamaan fraktal untuk menciptakan bagian mahkota bunga besar didapatkan dari jenis fraktal bunga (Przemyslaw, 2004). didapatkan persamaan fraktal yang kemudian dikembangkan dan diterapkan pada *Visual Studio Code* untuk menciptakan setiap mahkota bunga sebagai berikut.

$$V_1: \begin{cases} x(t) = r \cdot a(1 - \cos^{k_1}(t)) + c_1 \cdot \sin(2t) \\ y(t) = r \cdot b \cdot \sin^{k_2}(t) + c_2 \cdot \cos(2t) \end{cases}$$

pada persamaan fraktal V_1 variabel r bernilai sebanyak 1 dan t bernilai 0 sampai dengan π berlaku untuk semua bagian mahkota bunga. Parameter yang telah ditentukan kemudian dimasukkan sehingga menciptakan bentuk fraktal sebagai berikut.

Tabel 1. Parameter Pembentukan Mahkota Bunga

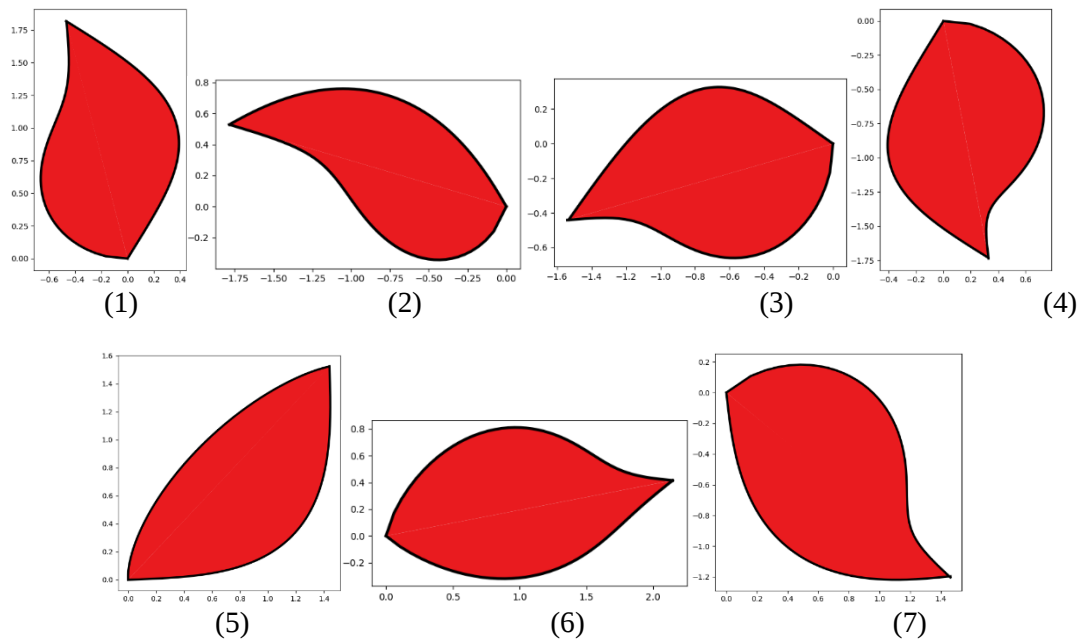
Mahkota Bunga Besar	Parameter
Bagian 1	$a = 1.55, b = 1.3, k_1 = 0.6, k_2 = 0.5, c_1 = 0.5, c_2 = 0$
Bagian 2	$a = 1.33, b = 1.35, k_1 = 0.5, k_2 = 0.8, c_1 = 0.5, c_2 = 0$
Bagian 3	$a = 1.42, b = 1, k_1 = 0.6, k_2 = 0.5, c_1 = 0.5, c_2 = 0$
Bagian 4	$a = 1.36, b = 1.3, k_1 = 0.6, k_2 = 0.5, c_1 = 0.7, c_2 = 0$
Bagian 5	$a = 1.6, b = 1.5, k_1 = 1.2, k_2 = 0.7, c_1 = 0, c_2 = 0$
Bagian 6	$a = 2, b = 2, k_1 = 0.7, k_2 = 0.8, c_1 = 0.7, c_2 = 0.5$
Bagian 7	$a = 1.4, b = 1.35, k_1 = 0.6, k_2 = 0.7, c_1 = 0.7, c_2 = 0$

```

4 def draw_wave_petal(ax, radius, angle, center=(0, 0), width_scale=1.0, height_scale=1.0, curvature=1.0,
5                       wave_amplitude=0.1, wave_frequency=3, fill_color='black'):
6     t = np.linspace(0, np.pi, 100)
7     x = radius * width_scale * (1 - (np.cos(t)) ** curvature) + wave_amplitude * np.sin(wave_frequency * t)
8     y = radius * height_scale * (np.sin(t) ** curvature) + wave_amplitude * np.cos(wave_frequency * t)
9     x_offset = x[0]
10    y_offset = y[0]
11    x -= x_offset
12    y -= y_offset
13    R = np.array([[np.cos(angle), -np.sin(angle)],
14                  [np.sin(angle), np.cos(angle)]])
15    petal = np.dot(R, np.array([x, y]))
16    ax.plot(petal[0] + center[0], petal[1] + center[1], color='black', linewidth=3)
17    ax.fill(petal[0] + center[0], petal[1] + center[1], color=fill_color)
18 def draw_wave_petal2(ax, radius, angle, center=(0, 0), width_scale2=1.0, height_scale2=1.0, curvature2=1.0,
19                       wave_amplitude2=0.1, wave_frequency2=3, fill_color='black'):
20     t = np.linspace(0, np.pi, 100)
21     x = radius * width_scale2 * -(1 - (np.cos(t)) ** curvature2) - wave_amplitude2 * np.sin(wave_frequency2 * t)
22     y = radius * height_scale2 * (np.sin(t) ** curvature2) + wave_amplitude2 * np.cos(wave_frequency2 * t)
23     x_offset = x[0]
24     y_offset = y[0]
25     x -= x_offset
26     y -= y_offset
27     R = np.array([[np.cos(angle), -np.sin(angle)],
28                   [np.sin(angle), np.cos(angle)]])
29     petal = np.dot(R, np.array([x, y]))
30     ax.plot(petal[0] + center[0], petal[1] + center[1], color='black', linewidth=3)
31     ax.fill(petal[0] + center[0], petal[1] + center[1], color=fill_color)
32 def custom_flower(num_petals, radius=1, width_scale=1.0, height_scale=1.0, width_scale2=1.0, height_scale2=1.0, angle_offset=0,
33                   curvature=1.0, curvature2=1.0, wave_amplitude=0.1, wave_frequency=3, wave_amplitude2=0.1, wave_frequency2=3, fill_color='white'):
34     fig, ax = plt.subplots(figsize=(6, 6))
35     angles = np.linspace(0, 2 * np.pi, num_petals, endpoint=False) + np.radians(angle_offset)
36     for angle in angles:
37         draw_wave_petal(ax, radius, angle, width_scale=width_scale, height_scale=height_scale, curvature=curvature,
38                         wave_amplitude=wave_amplitude, wave_frequency=wave_frequency, fill_color=fill_color)
39         draw_wave_petal2(ax, radius, angle+3.895, width_scale2=width_scale2, height_scale2=height_scale2, curvature2=curvature2,
40                           wave_amplitude2=wave_amplitude2, wave_frequency2=wave_frequency2, fill_color=fill_color)

```

Gambar 3. Script Pembentukan Mahkota Bunga



Gambar 4. Bentuk Fraktal Setiap Kelopak Mahkota Bunga

Pembentukan Inti Bunga

Bagian Inti bunga dibentuk berdasarkan jenis fraktal Kurva Mawar (Tian, 2019) yang persamaan fraktalnya dikembangkan sebagai berikut.

$$V_2 : \begin{cases} x_2 = 0.4 + p \cos(5t) \cos(t) \\ y_2 = 0.4 + p \cos(5t) \sin(t) \\ x_3 = 0.2 \cos(t) \\ y_3 = 0.2 \cos(t) \end{cases}, t \in [0, 2\pi]$$

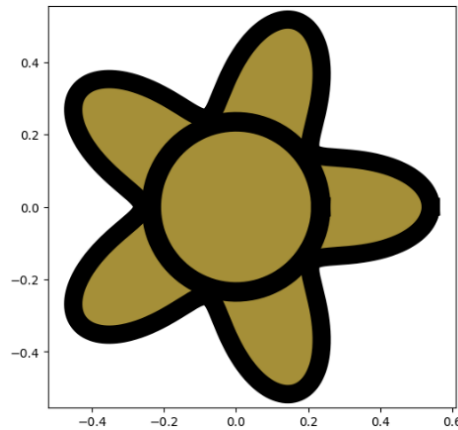
Sehingga ketika persamaan fraktal tersebut dimasukkan ke dalam *Visual Studio Code* didapatkan bentuk fraktal sebagai berikut.

```

1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def rose_curve(a, k, theta):
5     return 0.4 + a * np.cos(k * theta)
6
7 def polar_to_cartesian(r, theta):
8     x = r * np.cos(theta)
9     y = r * np.sin(theta)
10    return x, y
11
12 def plot_flower_with_center_circle(a=0.18, k=5, circle_radius=0.2, num_points=1000):
13     theta = np.linspace(0, 2 * np.pi, num_points)
14     r = rose_curve(a, k, theta)
15
16     # Convert polar to cartesian coordinates
17     x, y = polar_to_cartesian(r, theta)
18
19     plt.figure(figsize=(8, 8))
20
21     # Plot rose curve in cartesian coordinates
22     plt.plot(x, y, color='black', linewidth=15)
23     plt.fill(x, y, color='#A58F38')
24
25     # Plot center circle in cartesian coordinates
26     center_circle_theta = np.linspace(0, 2 * np.pi, 100)
27     center_circle_r = np.full_like(center_circle_theta, circle_radius)
28     center_circle_x, center_circle_y = polar_to_cartesian(center_circle_r, center_circle_theta)
29     plt.plot(center_circle_x, center_circle_y, color='black', linewidth=16)
30     plt.fill(center_circle_x, center_circle_y, color='#A58F38')
31
32     plt.axis('equal')
33     plt.axis('on')
34     plt.show()
35
36 plot_flower_with_center_circle(a=0.14, k=5, circle_radius=0.235)

```

Gambar 5. Script Pembentukan Inti Bunga



Gambar 6. Bentuk Fraktal Inti Bunga

Pembentukan Tulang Daun

Persamaan fraktal untuk menciptakan bentuk tulang daun didapatkan dari jenis fraktal Pohon (Gunawan G, 2019). Jenis fraktal Pohon menghasilkan pola cabang yang berulang pada berbagai skala. Berdasarkan definisi fraktal pohon didapatkan persamaan fraktal yang dikembangkan sebagai berikut.

$$V_3 : \begin{cases} x_{i+1} = x_i + l \cos(\theta_i) \\ y_{i+1} = y_i + l \sin(\theta_i) \end{cases}$$

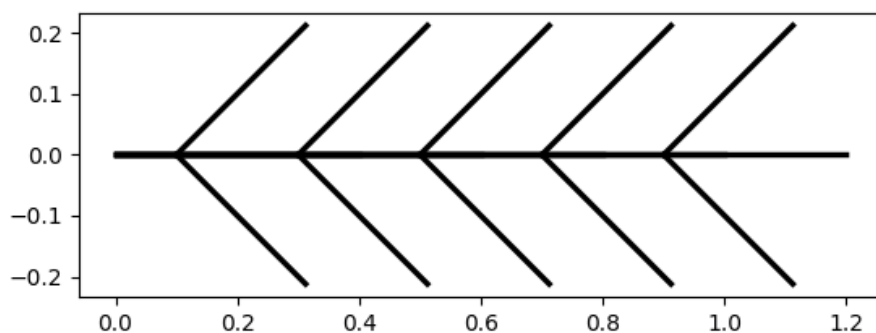
Persamaan fraktal tersebut kemudian dimasukkan ke dalam *Visual Studio Code* berupa script dan menghasilkan bentuk fraktal sebagai berikut.

```

1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import numpy as np
3
4 def plot_branch(ax, x, y, length, angle, depth):
5     if depth == 0:
6         return
7     x_end = x + length * np.cos(angle)
8     y_end = y + length * np.sin(angle)
9     ax.plot([x, x_end], [y, y_end], color='black', linewidth='2.5') # Gambar garis utama
10    new_length = 0.3
11
12    angles = [angle + np.pi/4, angle, angle - np.pi/4]
13    for new_angle in angles:
14        plot_branch(ax, x_end, y_end, new_length, new_angle, depth-1)
15
16 # Membuat gambar
17 fig, ax = plt.subplots()
18 ax.set_aspect('equal', 'box')
19 ax.axis('off')
20 plot_branch(ax, 0, 0, 0.1, np.pi*2, 2) # Gambar cabang-cabang, depth=4
21 plot_branch(ax, 0, 0, 0.3, np.pi*2, 2)
22 plot_branch(ax, 0, 0, 0.5, np.pi*2, 2)
23 plot_branch(ax, 0, 0, 0.7, np.pi*2, 2)
24 plot_branch(ax, 0, 0, 0.9, np.pi*2, 2)
25 plt.show()

```

Gambar 7. Script Pembentukan Tulang Daun



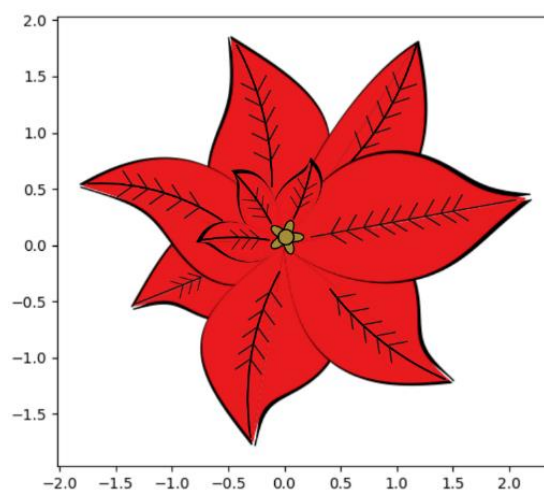
Gambar 8. Bentuk Fraktal Tulang Daun

Penggabungan Bagian Fraktal Bunga

Bagian-bagian yang telah dibuat ulang dengan fraktal selanjutnya digabungkan agar menciptakan motif bunga poinsettia utuh yang sesuai dengan motif batik Mekar Merah. Dengan menggabungkan persamaan V_1, V_2 dan V_3 didapatkan persamaan fraktal baru yang dinyatakan sebagai berikut.

$$V_4 : \begin{cases} x_1(t) = r \cdot a(1 - \cos^{k_1}(t)) + c_1 \cdot \sin(2t) \\ y_2(t) = r \cdot b \cdot \sin^{k_2}(t) + c_2 \cdot \cos(2t) \\ x_2 = 0.4 + p \cos(5t) \cos(t) \\ y_2 = 0.4 + p \cos(5t) \sin(t) \\ x_3 = 0.2 \cos(t) \\ y_3 = 0.2 \cos(t) \\ x_{i+1} = x_i + l \cos(\theta_i) \\ y_{i+1} = y_i + l \sin(\theta_i) \end{cases}$$

Sehingga ketika persamaan tersebut dimasukkan ke dalam *Visual Studio Code* didapatkan bentuk fraktal sebagai berikut.



Gambar 9. Bentuk Fraktal Mahkota Bunga

Pembentukan Tangkai Bunga

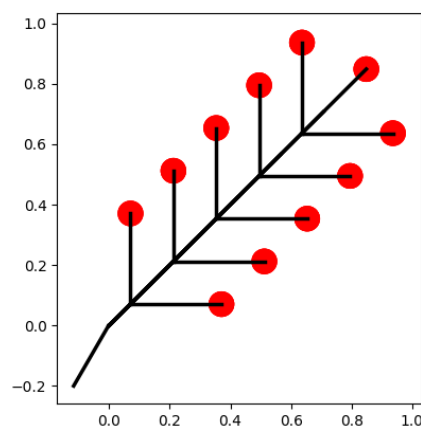
Motif tangkai bunga poinsettia memiliki bentuk yang mirip dengan tulang daun pada motif bunga poinsettia yang memiliki ciri khas bercabang. Sehingga, didapatkan persamaan fraktal yang telah dikembangkan sebagai berikut.

$$V_5 : \begin{cases} x_{i+1} = x_i + a \cos(\theta_i) \\ y_{i+1} = y_i + a \sin(\theta_i) \\ (x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2 = r^2 \end{cases}$$

Kemudian persamaan fraktal tersebut dimasukkan ke dalam *Visual Studio Code* dan didapatkan hasil bentuk fraktal sebagai berikut.

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import numpy as np
3
4 def plot_branch(ax, x, y, length, angle, depth):
5     if depth == 0:
6         # Jika mencapai kedalaman maksimum, gambar lingkaran di ujung cabang
7         ax.add_patch(plt.Circle((x, y), 0.04, color='red'))
8         return
9     x_end = x + length * np.cos(angle)
10    y_end = y + length * np.sin(angle)
11    ax.plot([x, x_end], [y, y_end], color='black', linewidth=2.5) # Gambar garis utama
12
13    new_length = 0.3
14
15    angles = [angle + np.pi/4, angle, angle - np.pi/4]
16    for new_angle in angles:
17        plot_branch(ax, x_end, y_end, new_length, new_angle, depth+1)
18
19 # Membuat gambar
20 fig, ax = plt.subplots()
21 ax.set_aspect('equal', 'box')
22 ax.axis('off')
23
24 plot_branch(ax, 0, 0, 0.1, np.pi*2, 2) # Gambar cabang-cabang, depth=4
25 plot_branch(ax, 0, 0, 0.3, np.pi*2, 2)
26 plot_branch(ax, 0, 0, 0.5, np.pi*2, 2)
27 plot_branch(ax, 0, 0, 0.7, np.pi*2, 2)
28 plot_branch(ax, 0, 0, 0.9, np.pi*2, 2)
29 plt.show()
```

Gambar 10. Script Pembentukan Tangkai Bunga



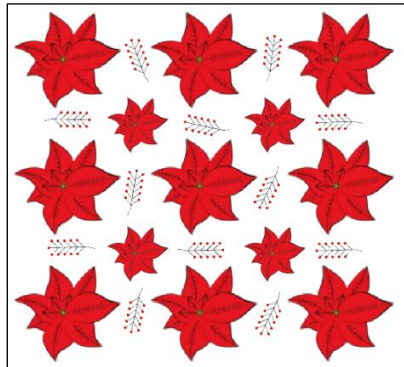
Gambar 11. Bentuk Fraktal Tangkai Bunga

Pembentukan Pola Batik Fraktal Mekar Merah

Motif batik Mekar Merah yang telah dibuat ulang kemudian disusun dengan bantuan *Visual Studio Code* berupa *script*. Penyusunan tersebut menggunakan konsep matriks berukuran 5x5 yang diatur di dalam aplikasi. Berikut merupakan *script* untuk menyusun motif batik fraktal. Sehingga, didapatkan bentuk batik fraktal sebagai berikut.

```
1 import cv2
2 import numpy as np
3 import matplotlib.pyplot as plt
4
5 image_path = 'E:\\Flashdisk\\Skripsi\\coding\\bunga\\bunga.jpg'
6
7 image = cv2.imread(image_path)
8
9 if image is None:
10    print("Gambar tidak ditemukan atau path tidak benar")
11    exit()
12
13 image_rgb = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2RGB)
14
15 offset_x = 0 # Jarak horizontal antara gambar
16 offset_y = 0 # Jarak vertikal antara gambar
17
18 height, width, channels = image_rgb.shape
19
20 num_rows = 5
21 num_cols = 5
22
23 canvas_height = height * num_rows + offset_y * (num_rows - 1)
24 canvas_width = width * num_cols + offset_x * (num_cols - 1)
25 canvas = np.zeros((canvas_height, canvas_width, channels), dtype=np.uint8)
26
27 for i in range(num_rows):
28     for j in range(num_cols):
29         start_y = i * (height + offset_y)
30         start_x = j * (width + offset_x)
31         canvas[start_y:start_y + height, start_x:start_x + width] = image_rgb
32
33
34 plt.imshow(canvas)
35 plt.axis('off') # Menghilangkan axis
36 plt.show()
```

Gambar 12. Script Pembentukan Pola Motif Batik Mekar Merah



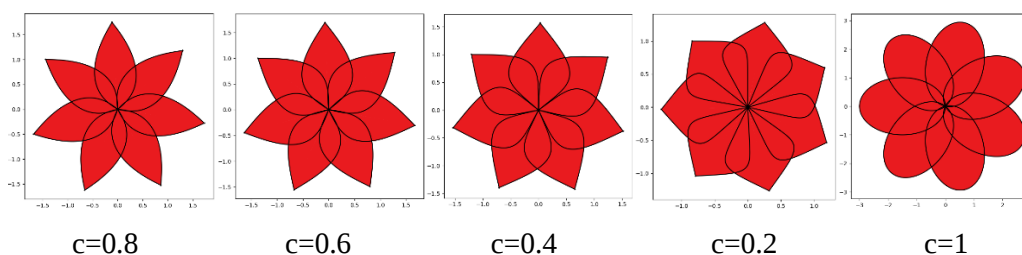
Gambar 13. Pola Motif Batik Fraktal Mekar Merah

Penerapan Fraktal Pada Pengembangan Pola Motif Batik Mekar Merah

Pengembangan batik fraktal dibuat berdasarkan persamaan-persamaan nonlinier yang sudah ada sebelumnya yakni persamaan V_1 , V_2 dan V_3 . Dengan mengubah parameter dari persamaan tersebut, bentuk-bentuk baru dan berbeda dapat dihasilkan. Pada persamaan fraktal V_1 yang menghasilkan bentuk mahkota bunga besar akan diberikan nilai parameter yang berbeda sehingga menghasilkan bentuk yang baru. Berdasarkan persamaan V_1 berikut.

$$V_1: \begin{cases} x(t) = r \cdot a(1 - \cos^c(t)) \\ y(t) = r \cdot b \cdot \sin^c(t) \end{cases}$$

Persamaan tersebut akan diberikan beberapa parameter c yang merupakan kelengkungan dari mahkota bunga. Parameter c yang digunakan adalah $c = 0.2, c = 0.4, c = 0.6, c = 0.8$ dan $c = 1$. Ketika parameter-parameter tersebut dimasukkan ke dalam persamaan nonlinier, hasil yang didapatkan akan menunjukkan variasi bentuk mahkota bunga yang berbeda-beda sebagai berikut.

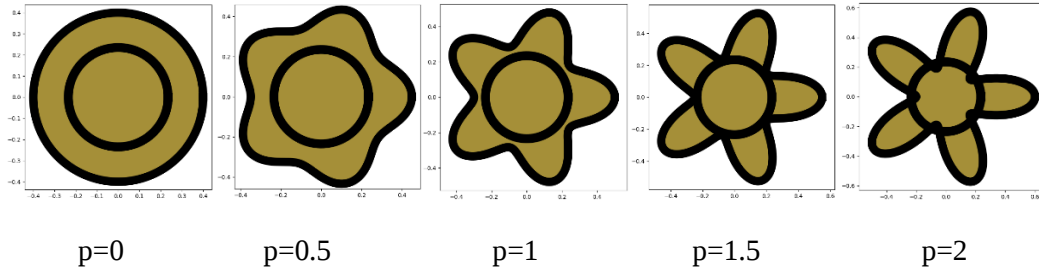


Gambar 14. Perbedaan Bentuk Bunga Berdasarkan Parameter c

Sedangkan pada persamaan fraktal V_2 yang menghasilkan mahkota bunga dengan persamaan fraktal yang dinyatakan sebagai berikut.

$$V_2: \begin{cases} x_2 = 0.4 + p \cos(5t) \cos(t) \\ y_2 = 0.4 + p \cos(5t) \sin(t) \\ x_3 = 0.2 \cos(t) \\ y_3 = 0.2 \cos(t) \end{cases}, t \in [0, 2\pi]$$

akan diberikan beberapa parameter p yang merupakan panjang dari kelopak. Parameter p yang digunakan adalah $p = 0, p = 0.5, p = 1, p = 1.5$ dan $p = 2$. Hasil yang didapatkan ketika parameter-parameter tersebut dimasukkan ke dalam persamaan nonlinier V_2 akan menunjukkan variasi bentuk kelopak bunga sebagai berikut.

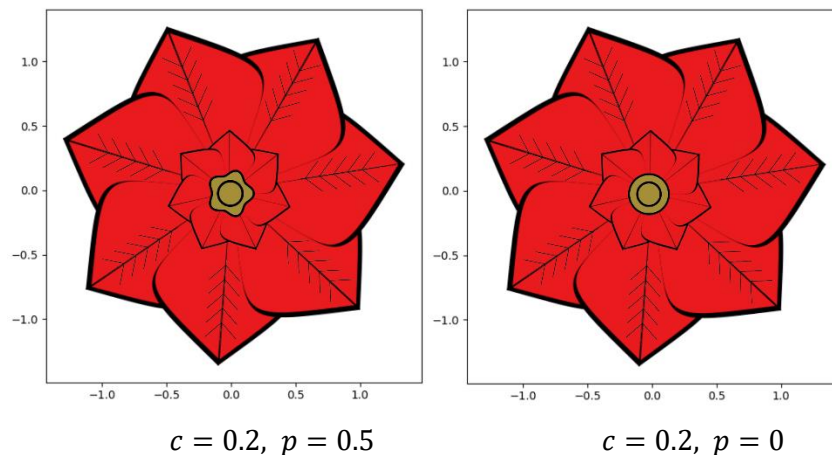


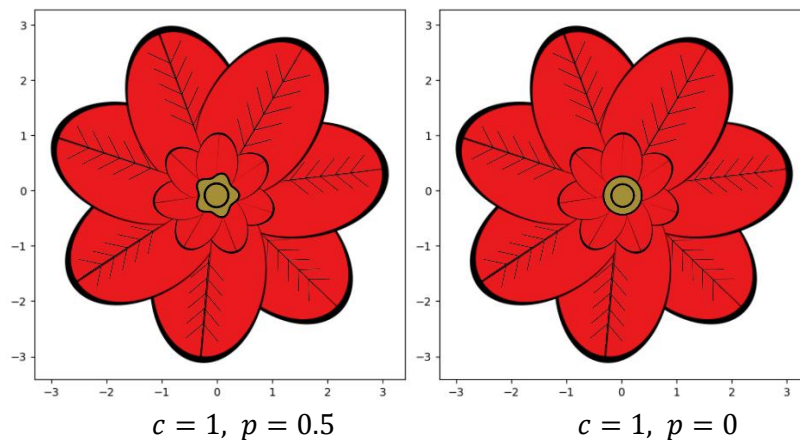
Gambar 15. Perbedaan Bentuk Mahkota Bunga Berdasarkan Parameter p

Setelah melakukan pembentukan bagian berdasarkan parameter yang berbeda-beda, selanjutnya dilakukan penggabungan terhadap setiap bentuk persamaan nonlinier tersebut sehingga menciptakan bentuk bunga baru dengan tetap memperhatikan persamaan nonlinier V_4 yang dinyatakan sebagai berikut.

$$V_4 : \begin{cases} x_1(t) = r \cdot a(1 - \cos^c(t)) \\ y_1(t) = r \cdot b \cdot \sin^c(t) \\ x_2 = 0.4 + p \cos(5t) \cos(t) \\ y_2 = 0.4 + p \cos(5t) \sin(t) \\ x_3 = 0.2 \cos(t) \\ y_3 = 0.2 \cos(t) \\ x_{i+1} = x_i + a \cos(\theta_i) \\ y_{i+1} = y_i + a \sin(\theta_i) \end{cases}$$

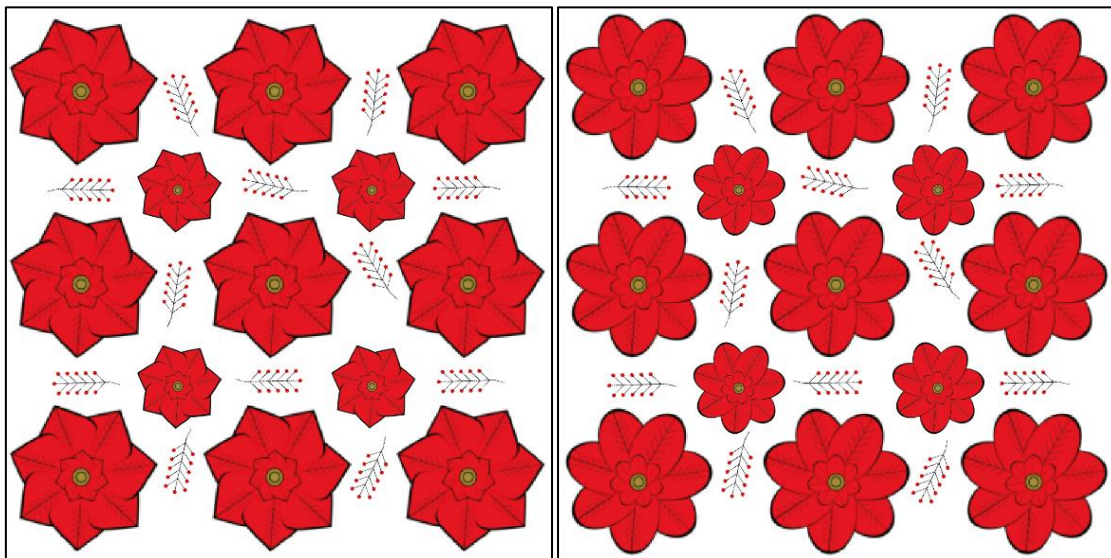
Dengan menggunakan beberapa parameter sebelumnya pada persamaan fraktal V_4 maka didapatkan hasil motif bunga baru yang berbeda-beda sebagai berikut.





Gambar 16. Hasil Motif Bunga Berdasarkan Parameter c dan p

Setelah membentuk motif bunga baru, dilakukan iterasi pada motif tersebut dengan menggunakan konsep matriks 5×5 pada aplikasi *Visual Studio Code* untuk memperbanyak jumlah motif bunga. Selanjutnya, penggabungan tanaman bercabang diterapkan pada motif bunga baru yang telah diperbanyak tersebut. Sehingga didapatkan hasil batik fraktal yang baru sebagai berikut.



Gambar 17. Pengembangan Batik Fraktal Mekar Merah

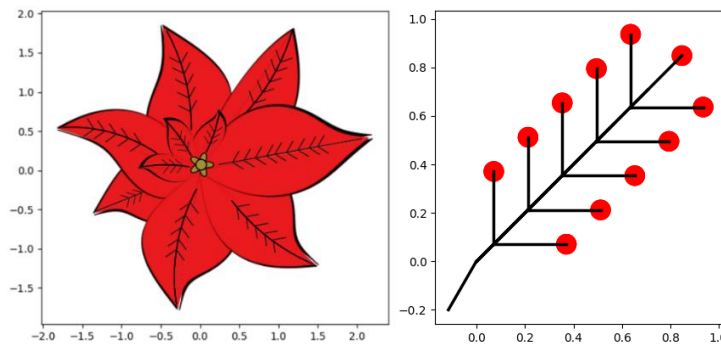
Simpulan

Penelitian ini berfokus hanya pada pola dari motif batik Mekar Merah sehingga jenis fraktal yang digunakan juga terbatas seperti Fraktal Bunga, Fraktal Pohon dan Kurva Mawar. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar cakupan analisis diperluas dengan melibatkan variasi motif yang lebih beragam, serta memanfaatkan perangkat lunak desain yang lebih canggih untuk meningkatkan kualitas visual pola fraktal. Dengan menggunakan ketiga jenis fraktal tersebut, didapatkan persamaan V_4 dan V_5 yang dinyatakan sebagai berikut.

$$V_4 : \begin{cases} x_1(t) = r \cdot a(1 - \cos^{k_1}(t)) + c_1 \cdot \sin(2t) \\ y_2(t) = r \cdot b \cdot \sin^{k_2}(t) + c_2 \cdot \cos(2t) \\ x_2 = 0.4 + p \cos(5t) \cos(t) \\ y_2 = 0.4 + p \cos(5t) \sin(t) \\ x_3 = 0.2 \cos(t) \\ y_3 = 0.2 \cos(t) \\ x_{i+1} = x_i + a \cos(\theta_i) \\ y_{i+1} = y_i + a \sin(\theta_i) \end{cases}$$

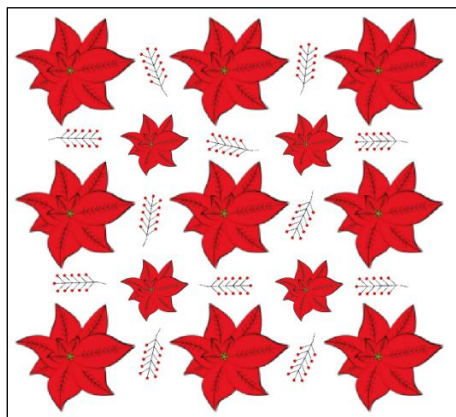
$$V_5 : \begin{cases} x_{i+1} = x_i + a \cos(\theta_i) \\ y_{i+1} = y_i + a \sin(\theta_i) \\ (x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2 = r^2 \end{cases}$$

Berdasarkan dua persamaan fraktal tersebut didapatkan hasil bentuk motif sebagai berikut.



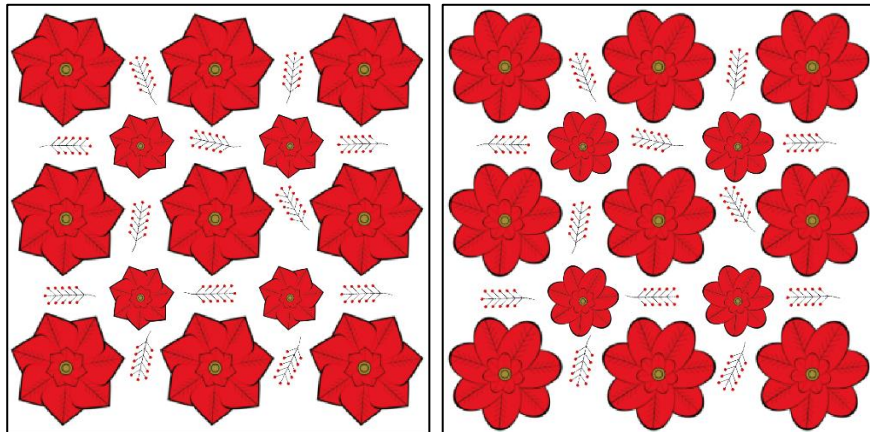
Gambar 18. Motif Batik Fraktal Mekar Merah

Penggabungan dari dua motif tersebut menghasilkan pola batik yang unik dan kompleks sebagai berikut.



Gambar 19. Batik Fraktal Mekar Merah

Batik fraktal Mekar Merah yang sudah jadi kemudian dikembangkan berdasarkan pada persamaan V_4 , dengan mengubah parameter c dan p . Sehingga, didapatkan beberapa batik fraktal Mekar Merah baru sebagai berikut.



Gambar 20. Pengembangan Batik Fraktal Mekar Merah

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan

Kontribusi Penulis

Penulis pertama E.S. memahami gagasan penelitian yang disajikan dan mengumpulkan data, menyiapkan instrumen penelitian, validasi instrumen, pengembangan teori, berpartisipasi aktif dalam pengembangan teori, metodologi, pengorganisasian dan analisis data, pembahasan hasil dan persetujuan versi akhir karya. Penulis lainnya(T., M.A.P.U., dan T.A.) berpartisipasi dalam mengumpulkan data dan analisis data. Seluruh penulis menyatakan bahwa versi final makalah ini telah dibaca dan disetujui. Total persentase kontribusi untuk konseptualisasi, penyusunan, dan koreksi makalah ini adalah sebagai berikut: E.S.: 40%, T.: 20%, M.A.P.U.: 20%, dan T.A.: 20%.

Pernyataan Ketersediaan Data

Penulis menyatakan data yang mendukung hasil penelitian ini akan disediakan oleh penulis koresponden, [E.S.], atas permintaan yang wajar.

Referensi

- Avalos-Bock, S. (2009). *Fractal Geometry: The Mandelbrot and Julia Sets*.
 Dwi, & Anggraini, F. (2019). *Geometri Fraktal Dan Transformasi Geometri Sebagai Dasar Pengembangan Motif Batik Sekar Jagad*.
 Falconer, K. J. (2003). *Fractal Geometry : Mathematical Foundations and Applications*.
 Falconer, Kenneth. (2003). *Fractal Geometry Mathematical Foundations and Applications Second*.
 Gunawan, S. G. (2019). *Penerapan Konsep Fraktal pada Pembuatan Batik*.
 Hafid Suny, Dwidja Purnomo, & Ubaidillah, F. (2020). *Pemanfaatan Metode Iterated Function System (IFS) Pada Pembangkitan Kurva Naga (Iterated Function System Method In Dragon Curve Generation)*.
 John & Sons. (1997). *Techniques in fractal geometry*.

- Kosala Dwidja Purnomoa, Dyakza Hadi, Ahmad Kamsyakawuni. (2020). Inovasi Desain Batik Fraktal Menggunakan Geometri Fraktal.
- Islam. (1970). Generalized Cantor Set and its Fractal Dimension.
- Pollicott, & Slipantschuk, J. (2023). Sierpinski Fractals And The Dimension Of Their Laplacian Spectrum.
- Przemyslaw, P. (2004). The Algorithmic Beauty Of Plants.
- Rizky, Wardani, Santoso. (2022). Fraktal Sebagai Sumber Ide Pengembangan Desain Batik Tuban.
- Sahrial, I. (2023). Explorasi Pola Batik Baru dengan Deep Convolutional Algorithmic Generative Adversarial Networks (DCGANs).
- Sheppard, J., & Lee, C. (2020). Fractals and the Koch snowflake.
- Suminto, S. (2015). Batik Madura: Menilik Ciri Khas dan Makna Filosofinya.
- Sunaryo, W. N. P. (2020). Penggabungan Geometri Fraktal Dengan Batik Sendang.
- Tian, Yuan, Hu & Shi, Y. (2019). Auto-Generation System Based On Fractal Geometry For Batik Pattern Design.
- Widodo, C. E. (2019). The Use Of Fractals As An Indonesian Batik Pattern.
- Zayyadi, Panglegur & Pamekasan, K. M. (2017). Eksplorasi Etnomatematika Pada Batik Madura.

Biografi Penulis

	Elly Susanti, merupakan dosen pada Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Beliau menyelesaikan studi doctoral di Universitas Negeri Malang. Riset yang dilakukan saat ini terkait dengan scaffolding metakognitif, etnomatematika, dan koneksi matematis. Email: ellysusanti@mat.uin-malang.ac.id
	Turmudi, merupakan Guru Besar pada Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Riset yang dilakukan saat ini terkait dengan scaffolding metakognitif. Email: turmudi_msi@mat.uin-malang.ac.id
	Mutiara Arlisyah Putri Utami, merupakan dosen pada Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Riset yang dilakukan saat ini terkait dengan asesmen pembelajaran. Email: mutiara.arlisyah@fitk.uin-malang.ac.id



Tegar Alfaridzi, merupakan mahasiswa pada Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Fokus penelitian terkait dengan analisis. Email: 200601110026@alumni.uin-malang.ac.id