

# Peran Algoritma Julia Set Dalam Mengkonstruksi Pembelahan Sel Mitosis

<sup>1</sup>Faridatul Masruroh

<sup>2</sup>Esty Saraswati Nurhatiningrum

Sekolah Tinggi Keguruan Ilmu Pendidikan PGRI Jombang

E-mail: <sup>1</sup>[sinuslegowo@gmail.com](mailto:sinuslegowo@gmail.com)

## Abstract

Fractal geometry is a structure that is constructed of an element geometry (points, lines, areas, and space) and these elements are experiencing faults equation is not continuous, monotonous go up or down the course, the graph circular, blending and converging to the center, and size scale in each substructure same. This is similar to the principle of cell division, mitosis is the process of cell division that splits into two cells, and each cell has the same chromosomes as their parent. Mitosis is usually followed by cytokinesis, the division of the cytoplasm to two identical daughter cells. The stages of mitotic division consists of prophase, metafese, anaphase, telophase and interphase. Of the five stages only obtained three stages which can be searched equation through the Julia set algorithm, namely prophase, telophase, and interphase. The mathematical equation for prophase and interphase are the same, namely  $Z_{n+1} = 2Z_n^2 - 1 - c$ , the difference is the position  $x$ . At prophase position  $x$  is  $-0,9 \leq x \leq 0,1$  while at the interphase stage position  $x$  is  $-0,9 \leq x \leq 0,9$ . The mathematical equation for telophase stage is  $Z_{n+1} = 2Z_n^2 + c$ .

**Keywords:** Julia Set Algorithm, Cytology Mitosis

## Abstrak

Geometri fraktal adalah suatu struktur yang dikonstruksi dari suatu unsur geometri (titik, garis, bidang, dan ruang) dan unsur tersebut mengalami patahan-patahan persamaannya tidak kontinu, tidak monoton naik saja atau turun saja, grafiknya melingkar, menyatu serta memusat ke tengah, dan ukurannya skala pada tiap substrukturnya sama. Hal ini sama dengan prinsip pembelahan sel mitosis yaitu proses pembelahan sel yang memisah menjadi dua sel dan setiap sel memiliki kromosom yang sama dengan induknya. Mitosis biasanya diikuti dengan sitokinesis, yaitu pembagian sitoplasma untuk dua sel anak yang identik. Tahap-tahap pembelahan mitosis terdiri dari profase, metafese, anafase, telofase dan interfase. Dari kelima tahap tersebut hanya diperoleh tiga tahap yang dapat dicari persamaannya melalui algoritma Julia Set, yaitu tahap profase, telofase, dan interfase. Persamaan matematika untuk tahap profase dan interfase adalah sama yaitu  $Z_{n+1} = 2Z_n^2 - 1 - c$ , yang membedakan adalah posisi  $x$ . Pada tahap profase posisi  $x$  adalah  $-0,9 \leq x \leq 0,1$  sedangkan pada tahap interfase posisi  $x$  adalah  $-0,9 \leq x \leq 0,9$ . Persamaan matematika untuk tahap telofase adalah  $Z_{n+1} = 2Z_n^2 + c$ .

**Kata kunci:** Algoritma Himpunan Julia, Pembelahan Sel Mitosis.

## Pendahuluan

Dalam fenomena alam, terdapat banyak bangun-bangun yang dapat dengan mudah direpresentasikan dalam persamaan matematika dan dapat digambarkan dengan mudah. Misal, tiang listrik yang diasumsikan pada persamaan garis, bulan purnama pada persamaan lingkaran, dan almari pada bangun ruang. Tetapi ketika gunung dilihat dari kejauhan tampaklah sebuah bangun segitiga, bila dilihat lebih dekat lagi akan terlihat bangun-bangun kerucut atau piramida. Bangun geometri garis, lingkaran, dan segitiga yang selama ini dipelajari merupakan hasil dari pemikiran Euclid pada tahun 300 SM<sup>1</sup>.

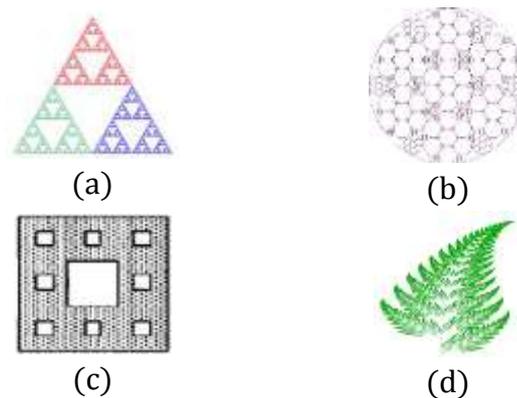
Pohon, jika diambil bagian dahannya lalu dipadankan dengan pohon tersebut maka akan tampak dahan tersebut merupakan replika dari induknya. Demikian juga awan, jika diambil bagiannya maka tampak serupa dengan bagian induknya. Hal ini sesuai dengan konsep geometri fraktal. geometri fraktal adalah suatu struktur yang memiliki substruktur, masing-masing substruktur tersebut memiliki substruktur lagi begitu seterusnya dengan ukuran yang *equivalent*. Artinya setiap substruktur tersebut merupakan replika kecil dari struktur yang besar yang memuatnya <sup>2</sup>. Contoh yang paling sederhana dari geometri fraktal adalah jika seseorang memegang cermin di hadapan sebuah cermin. Maka akan terlihat di dalam cermin yang dipegang ada bayangan orang yang memegang cermin dan di dalam yang ada di bayangannya, ada bayangan si pemegang cermin itu lagi, dan seterusnya.

Contoh geometri fraktal adalah *Sierpiński triangle*, yaitu suatu segitiga yang di dalamnya memuat segitiga-segitiga yang sebangun. *Apollonian Gaskets*, yaitu suatu lingkaran yang di dalamnya memuat lingkaran-lingkaran yang sebangun. *The T-Square Fractal* adalah suatu persegi yang menghasilkan persegi-persegi yang sebangun. Contoh fraktal dalam lingkungan sehari-hari adalah pohon cemara dan tumbuhan paku, karena setiap cabangnya merupakan replika dari pohon tersebut. Tepian pantai, karena setiap bagian lekungan pantai sebangun dengan lekungan-lekungan lainnya. Dalam ilmu biologi, pada pembelahan sel mitosis juga merupakan contoh dari geometri fraktal. Karena hasil pembelahan tersebut identik dengan sel induknya.

---

<sup>1</sup>Ahsnul In'am, *Pengantar Geometri* (Malang: Banyumedia Publishing, 2003).

<sup>2</sup>H.M. Makki, *Multi-Band Fractal Antenna Modeling* (Gazimagusa: Eastern Mediterranean University, 2013).



Gambar 1. (a). Sierpiński Triangle; (b). Apollonian Gaskets; (c). The T-Square Fractal; (d). Tumbuhan Paku

Mitosis adalah proses pembagian genom yang telah digandakan oleh sel ke dua sel identik yang dihasilkan oleh pembelahan sel. Mitosis umumnya diikuti sitokinesis yang membagi sitoplasma dan membran sel. Proses ini menghasilkan dua sel anakan yang identik, yang memiliki distribusi organel dan komponen sel yang nyaris sama. Mitosis dan sitokinesis merupakan fase mitosis (fase M) pada siklus sel, di mana sel awal terbagi menjadi dua sel anakan yang memiliki genetik yang sama dengan sel awal<sup>3</sup>. Berdasarkan uraian tersebut, hal ini mendorong penulis untuk memperoleh persamaan matematika yang sesuai dengan kurva pembelahan sel mitosis.

### Kerangka Teoretis

Keterbatasan manusia dalam memahami kompleksitas alam telah menyebabkan manusia kemudian memecahkan suatu sistem menjadi subsistem-subsistem kecil (*fraction*) yang lebih mudah untuk dipelajari. Karena di dalam kerumitan terdapat suatu kesederhanaan dan di dalam kekacauan terdapat suatu keberaturan<sup>4</sup>

Mandelbort menjelaskan bahwa fraktal diambil dari bahasa latin *fractus* yang artinya patahan. Menurut para ilmuan matematika geometri fraktal didefinisikan sebagai bangun dengan dimensi bukan bulangan bulat. Bukan bilangan bulat karena karakteristik utama geometri fraktal selain dimensinya adalah *self-similarity* (kemiripan terhadap dirinya), pengulangan dan penskalaan<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> K Irianto, *Mikrobiologi Menguk Dunia Mikroorganisme*, 1st ed. (Bandung: Yrama Widya, 2013).

<sup>4</sup> H Khanbareh, "Fractal Dimension Alaysis of Grain Boundaries of 7XXX Aluminum Alloys and Its Relationship to Fracture Toughness" (Delft University of Technology, n.d.).

<sup>5</sup> Stenly Hasang and Surijadi Supardjo, "Geometri Fraktal Dalam Rancangan Arsitektur," *Media Matrasain* 9, no. 1 (2012).

Pohon cemara dan tumbuhan paku, dahan dari pohon cemara merupakan kemiripan bentuk dari pohon cemara secara keseluruhan dengan ukuran/skala yang lebih kecil. Dengan tingkatan yang berbeda, jika peta garis pantai diamati, akan didapatkan pengulangan/kesamaan bentuk dengan menfokuskan pada bagian tertentu. Lebih lanjut dikatakan bahwa geometri fraktal adalah suatu struktur yang memiliki substruktur, masing-masing substruktur tersebut memiliki substruktur lagi begitu seterusnya dengan ukuran yang equivalent. Artinya setiap substruktur tersebut merupakan replika kecil dari struktur yang besar yang memuatnya<sup>6</sup>

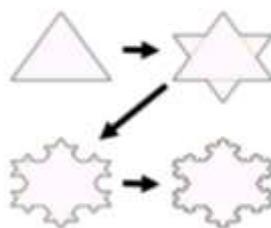
### Perkembangan Geometri Fraktal

Geometri fraktal adalah suatu struktur yang dikonstruksi dari unsur geometri (titik, garis, bidang dan ruang) dan unsur tersebut mengalami patahan-patahan, karena itu dalam penelitian ini tahapan pengkonstruksian geometri fraktal dimulai dari yang termudah diantaranya adalah:

#### 1. Kepingan Salju

Penemu dari kurva kepingan salju adalah Von Koch<sup>7</sup>. Tahapan pengkonstruksian kepingan salju oleh Koch sebagai berikut:

- 1) Diawali dari satu segitiga sama sisi.
- 2) Setiap sisi dibagi (dikenakan patahan) menjadi empat bagian yang sama panjang.
- 3) Dua garis bagian tengah masing-masing ditarik sehingga terbentuk suatu segitiga yang tidak memiliki alas.
- 4) Tahapan nomor 2 diberlakukan pada masing-masing sisi yang baru. Dilakukan terus menerus sehingga terbentuk kepingan salju



Gambar 2. Kurva Kepingan Salju oleh Koch

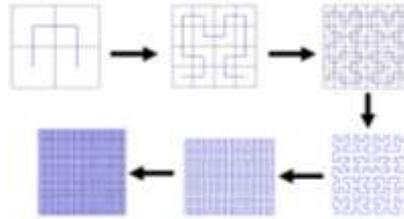
#### 2. Kurva Hilbert

Kurva Hilbert adalah kurva yang diperoleh dari garis lurus yang dipatah menjadi tiga bagian yang kongruen.<sup>8</sup> Dengan melakukan iterasi dengan cara yang sama pada bagian yang baru maka diperoleh kurva sebagai berikut.

<sup>6</sup> Ibid.

<sup>7</sup> D Lawson and P Shrestha, *Fractal Geometry* (Minnesota: Minnesota State University Moorhead, 2006).

## Peran Algoritma Julia Set

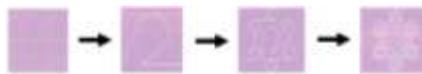


Gambar 3. Kurva Hilbert

### 3. Pohon Kera (*Monkeys Tree*)

Pengkonstruksi dari grafik Monkeys Tree adalah Von Koch. Adapun tahapan pengkonstruksiannya adalah:

- 1) Diawali dari suatu garis lurus.
- 2) Dibuat patahan-patahan dan dibentuk seperti dibawah ini.
- 3) Jika dilakukan tahapan yang sama dengan nomor 2 pada grafik yang baru yang baru, maka grafiknya menjadi seperti dibawah ini.
- 4) Dan jika dilakukan terus-menerus, maka didapatkan grafik berikut.



Gambar 4. Pohon Kera

### 4. Geometri Fraktal Daun

Dua metode yang berbeda yang digunakan menentukan dimensi fraktal dari dua daun berbentuk berbeda. Serupa diri daun yang terstruktur ditemukan di pakis dan tumbuhan yang sederhana, daun berbentuk tunggal menjadi sasaran aplikasi geometri fraktal<sup>9</sup>.

### 5. Geometri Fraktal dalam Rancangan Arsitektur

Fraktal atau Geometri Fraktal dalam bidang arsitektur dipahami sebagai sebuah konsep atau strategi dalam perancangan arsitektur dengan mengambil bentuk secara bebas, baik bentuk-bentuk dari alam ataupun bentuk dari fraktal itu sendiri, kemudian bentuk tersebut mengalami proses penggandaan tanpa batas dalam berbagai macam ukuran atau dimensi. Penggunaan Geometri Fraktal dalam perancangan arsitektur, membuat penggunaanya berpikir secara kreatif. Karena dalam pengaplikasiannya tidak hanya menyangkut bentukan dari bangunan, namun juga mengkaji tentang skala (ukuran) serta komponen dari bangunan tersebut<sup>10</sup>

<sup>8</sup> Ibid.

<sup>9</sup> Ibid.

<sup>10</sup> Hasang and Supardjo, "Geometri Fraktal Dalam Rancangan Arsitektur."

## Pembelahan Sel Mitosis

Sel merupakan struktur terkecil dari makhluk hidup, oleh karena itu sel sangat menentukan fungsi dan bentuk dari organ atau jaringan yang disusunnya. Kumpulan dari banyak sel dengan struktur dan fungsi yang sama disebut jaringan dan kumpulan jaringan dengan tujuan fungsi tertentu disebut organ<sup>11</sup>

Untuk bisa mencapai jumlah banyak, sel melakukan pembelahan. Pembelahan sel mempunyai tujuan: (1). Regenerasi sel-sel yang rusak/mati, (2). Pertumbuhan dan perkembangan. (3). Berkembang biak (reproduksi), dan (4). Variasi individu baru.<sup>12</sup>

Terdapat dua macam pembelahan sel dengan tujuan dan fungsi yang berbeda, yaitu :<sup>13</sup>

### 1) Pembelahan Mitosis

Pembelahan mitosis adalah proses pembelahan inti sel menjadi dua inti sel baru melalui tahap-tahap tertentu dan menghasilkan sel anak dengan jumlah dan jenis kromosom yang sama dengan sel induknya. Dari satu sel lalu menjadi dua sel anak identik, masing-masing sel anak mewarisi kromosom yang sama banyak dengan kromosom induknya. Jika sel induk memiliki  $2n$  kromosom, setiap sel anak juga memiliki  $2n$  kromosom. Pembelahan mitosis terjadi melalui beberapa tahapan. Mula-mula bagian inti sel membelah, setelah diikuti pembelahan sitoplasma. Tahap-tahap pembelahan mitosis terdiri dari profase, metafase, anafase, telofase dan interfase



Gambar 5. Proses Pembelahan Mitosis

### 2) Pembelahan Meiosis

Meiosis atau pembelahan reduksi adalah pembelahan dengan proses yang hampir sama dengan pembelahan mitosis namun pada meiosis terjadi pengurangan (reduksi) jumlah kromosom. Meiosis terbagi menjadi 2 tahapan

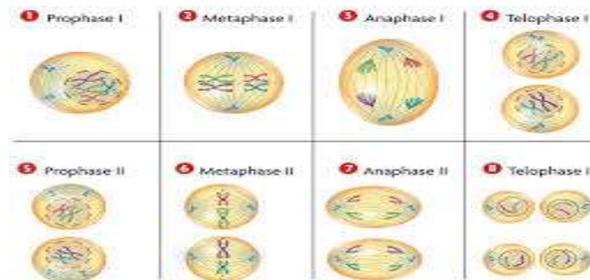
<sup>11</sup> T.N Azhar, *Dasar-Dasar Biologi Molekular* (Bandung: Widya Padjadjaran, 2008).

<sup>12</sup> L.J. Heffner and D.J. Schust, *At a Glance Sistem Reproduksi*, 2nd ed. (Jakarta: Erlangga Medical Series, 2006).

<sup>13</sup> Irianto, *Mikrobiologi Menguk Dunia Mikroorganisme*.

### *Peran Algoritma Julia Set*

besar yaitu meiosis I dan meiosis II, masa istirahat antara keduanya disebut interfase.



Gambar 6. Proses Pembelahan Meiosis

Tujuan dari pembelahan miosis pada hewan bersel banyak, untuk membentuk sel kelamin (gamet). Meiosis berfungsi mengurangi jumlah kromosom agar keturunannya memiliki jumlah kromosom yang sama. Pada tumbuhan terjadi di benangsari dan putik. Pada hewan terjadi pada alat kelamin.

### *Hubungan Pembelahan Sel Mitosis dengan Geometri Fraktal*

Mitosis adalah proses pembagian genom yang telah digandakan oleh sel ke dua sel identik yang dihasilkan oleh pembelahan sel. Mitosis umumnya diikuti sitokinesis yang membagi sitoplasma dan membran sel. Proses ini menghasilkan dua sel anakan yang identik, yang memiliki distribusi organel dan komponen sel yang nyaris sama. Mitosis dan sitokenesis merupakan fase mitosis (fase M) pada siklus sel, di mana sel awal terbagi menjadi dua sel anakan yang memiliki genetik yang sama dengan sel awal.<sup>14</sup>

Sementa itu, Fraktal adalah geometris yang memiliki skala yang identik, sehingga terlihat geometris tersebut dapat "dibagi-bagi". Beberapa fraktal bisa dipecah menjadi beberapa bagian yang semuanya mirip dengan bentuk aslinya. Fraktal dikatakan memiliki detil yang tak hingga dan dapat memiliki struktur serupa diri pada tingkat perbesaran yang berbeda. Pada banyak kasus, sebuah fraktal bisa dihasilkan dengan cara mengulang suatu pola, biasanya dalam proses rekursif atau iteratif. Proses pembelahan sel mitosis menghasilkan dua sel anakan yang identik, yang memiliki distribusi organel dan komponen sel yang nyaris sama dengan induknya. Ini identik dengan sifat geometri fraktal yaitu geometris yang bagiannya memiliki skala yang identik dan memiliki struktur yang serupa dengan induknya, sehingga semuanya mirip dengan bentuk aslinya.

---

<sup>14</sup> Ibid.

## Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian *survey literature*, yang menelusuri semua teori yang relevan dengan topik penelitian. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan persamaan matematika yang sesuai dengan kurva pembelahan mitosis.
- 2) Kemudian membentuk algoritma yang tepat sehingga terbangun kurva pembelahan sel mitosis.
- 3) Merangkum penemuan utama studi ini dan menarik kesimpulan serta implikasi kebijakan.

Secara garis besar prosedur penelitian yang digunakan oleh peneliti terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap perencanaan, tahap pelaksanaan, dan tahap pembuatan laporan.

### 1) Tahap Perencanaan

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah pengkajian teori tentang geometri fraktal dan kurva pembelahan sel mitosis dan menyiapkan perangkat komputer yang terprogram MATLAB R2008a.

### 2) Tahap Pelaksanaan

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah membuat dan menerapkan algoritma geometri fraktal pada komputer.

### 3) Tahap Pembuatan Laporan

Pada tahap ini, peneliti membuat laporan hasil penelitian mengenai kajian kurva pembelahan sel mitosis dengan geometri fraktal.

## Persamaan Matematika Mandelbrot Set

Benoit Mandelbrot (seorang karyawan IBM sekitar tahun 1970-an dan juga bergelar Bapak Fraktal) membuat dan menjalankan algoritma pembangkitan fraktal, yaitu persamaan  $Z_{n+1} = Z_n^2 - c$ . dimana  $Z$  dan  $c$  adalah bilangan kompleks. Komponen bilangan kompleks  $Z = x + i \cdot y$  dan  $c = c_{real} + i c_{imag}$ , dengan  $x$  adalah bilangan real dan  $y$  adalah bilangan imajiner serta  $i = \sqrt{-1}$ , yang dipetakan langsung ke sumbu Euclidian  $x$  dan  $y$ . dengan melakukan pengulangan terus-menerus terhadap persamaan ini sampai batas pengulangan tertentu, maka untuk tiap titik  $Z_n$  awal diperoleh dua jenis karakteristik posisi yaitu titik-titik yang selalu tetap pada batas tertentu dan titik-titik yang cenderung menjauh dan tak terbatas. Titik-titik yang berada dalam batas tertentu disebut titik tertahan dan titik-titik yang menjauh disebut titik terlempar. Adapun algoritma yang digunakan adalah *algoritma escape-time*. Berikut ini adalah gambaran iterasi dari persamaan yang digunakan oleh Mandelbrot Set

$$Z_{n+1} = Z_n^2 - c = (x_n + iy_n)^2 - c_{real} - i c_{imag}$$

### *Peran Algoritma Julia Set*

$$Z_{n+1} = x_n^2 + 2(x_n)(iy_n) + (i)^2 y_n^2 - c_{real} - ic_{imag}$$

$$Z_{n+1} = x_n^2 + 2ix_n y_n - y_n^2 - c_{real} - ic_{imag}$$

Atau

$$x_{n+1} = x_n^2 - y_n^2 - c_{real}$$

$$y_{n+1} = 2ix_n y_n - ic_{imag}$$

Mandelbrot Set menggunakan  $Z_0 = 0$ , dengan  $c$  diatur ke nilai pixel, fungsi bilangan kompleks menggunakan dua jenis bilangan, yaitu bilangan real dan bilangan imajiner. Karena salah satu interpretasi dari himpunan fractal



Gambar 7. Mandelbrot Set

### *Persamaan Matematika Julia Set*

Persamaan matematika Julia Set dilakukan oleh Gaston Julia. Julia Set dan Mandelbrot Set keduanya menggunakan fungsi bilangan yang sama  $Z_{n+1} = Z_n^2 - c$  dimana  $Z$  dan  $c$  adalah bilangan kompleks, namun gambar yang dihasilkan berbeda hal ini karena pada Mandelbrot Set menggunakan  $Z_0 = 0$ , dengan  $c$  diatur ke nilai pixel, sedangkan pada Julia Set  $Z_0$  diatur dengan nilai pixel dan  $c$  dipilih untuk menentukan bentuk gambar



Gambar 8. Julia Set

### *Persamaan Matematika & Sel Mitosis*

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini yang pertama adalah untuk memperoleh persamaan matematika yang sesuai dengan kurva pembelahan sel mitosis. Tahap-tahap pembelahan mitosis terdiri dari profase, metafase, anafase, telofase dan interfase. Agar mengetahui persamaan matematik dari kurva pembelahan sel mitosis (pada tahap pembelahan mitosis), maka dikaji persamaan kurva Julia Set. Selanjutnya

persamaan tersebut diaplikasikan pada program Matlab R2008a. Persamaan matematika kurva Julia Set adalah  $Z_{n+1} = Z_n^2 - c$ . Selanjutnya dari persamaan tersebut dilakukan perubahan-perubahan sehingga memperoleh kurva yang sesuai dengan pada tahap pembelahan mitosis.

Hasil uji coba menunjukkan bahwa melalui algoritma Julia Set dan persamaan  $Z_{n+1} = 2Z_n^2 - 1 - c$  menghasilkan kurva sesuai dengan tahap profase, yaitu sel memiliki  $2n$  kromosom. Berikut kurva tahap profase berdasarkan hasil uji coba dengan Matlab R2008a.



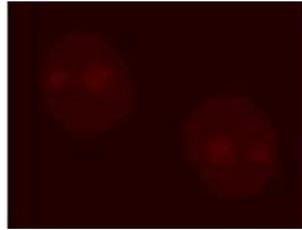
Gambar 9. Kurva Tahap Profase ( $Z_{n+1} = 2Z_n^2 - 1 - c$ )

Langkah selanjutnya dengan menggunakan persamaan  $Z_{n+1} = 2Z_n^2 + c$ , maka diperoleh kurva sesuai dengan tahap telofase, yaitu setiap kromosom memisahkan diri menjadi dua bagian yang sama menuju ke kutub yang berlawanan. Berikut kurva tahap telofase berdasarkan hasil uji coba dengan Matlab R2008a.



Gambar 12. Kurva Tahap Telofase ( $Z_{n+1} = 2Z_n^2 + c$ )

Langkah terakhir, sejalan dengan alur tahap profase. Dengan merubah posisi  $x$  pada tahap profase yaitu  $-0,9 \leq x \leq 0,1$  menjadi  $-0,9 \leq x \leq 0,9$  diperoleh kurva sesuai dengan tahap interfase, yaitu sel telah terpisah menjadi dua dan masing-masing sel terdiri dari  $2n$  kromosom yang sama seperti kromosom sebelum membelah. Berikut kurva tahap interfase berdasarkan hasil uji coba dengan Matlab R2008a.



Gambar 13. Kurva Tahap Interfase ( $Z_{n+1} = 2Z_n^2 - 1 - c$ )

## Penutup

Geometri fraktal adalah suatu struktur yang dikonstruksi dari suatu unsur geometri (titik, garis, bidang, dan ruang) dan unsur tersebut mengalami patahan-patahan persamaannya tidak kontinu, tidak monoton naik saja atau turun saja, grafiknya melingkar, menyatu serta memusat ke tengah, dan ukurannya skala pada tiap substrukturnya sama. Hal ini sama dengan prinsip pembelahan sel mitosis yaitu proses pembelahan sel yang memisah menjadi dua sel dan setiap sel memiliki kromosom yang sama dengan induknya. Mitosis biasanya diikuti dengan sitokinesis, yaitu pembagian sitoplasma untuk dua sel anak yang identik. Tahap-tahap pembelahan mitosis terdiri dari profase, metafase, anafase, telofase dan interfase. Dari kelima tahap tersebut hanya diperoleh tiga tahap yang dapat dicari persamaannya melalui algoritma Mandelbrot Set, yaitu tahap profase, telofase, dan interfase. Sementara tahap metafase dan anafase menggunakan algoritma Julia Set. Persamaan matematik untuk tahap profase dan interfase adalah sama yaitu  $Z_{n+1} = 2Z_n^2 - 1 - c$ , yang membedakan adalah posisi  $x$ . Pada tahap profase posisi  $x$  adalah  $-0,9 \leq x \leq 0,1$  sedangkan pada tahap interfase posisi  $x$  adalah  $-0,9 \leq x \leq 0,9$ . Persamaan matematik untuk tahap telofase adalah  $Z_{n+1} = 2Z_n^2 + c$ . Persamaan matematik yang dapat menghasilkan kurva metafase adalah  $Z_{n+1} = Z_n + c$ , sedangkan yang menghasilkan tahap anafase adalah  $Z_{n+1} = 2Z_n^3 - 1 - c$ .

## Daftar Pustaka

- Azhar, T.N. *Dasar-Dasar Biologi Molekular*. Bandung: Widya Padjadjaran, 2008.
- Gartner, L.P., J.L. Hiatt, and J.M Strm. *Biologi Sel Dan Histologi*. 6th ed. Tangerang Selatan: Binarupa Aksara, 2012.
- Hasang, Stenly, and Surijadi Supardjo. "Geometri Fraktal Dalam Rancangan Arsitektur." *Media Matrasain* 9, no. 1 (2012).
- Heffner, L.J., and D.J. Schust. *At a Glance Sistem Reproduksi*. 2nd ed. Jakarta: Erlangga Medical Series, 2006.
- In'am, Ahsnul. *Pengantar Geometri*. Malang: Banyumedia Publishing, 2003.
- Irianto, K. *Mikrobiologi Menguk Dunia Mikroorganisme*. 1st ed. Bandung:

- Yrama Widya, 2013.
- Khanbareh, H. "Fractal Dimension Alaysis of Grain Boundaries of 7XXX Aluminum Alloys and Its Relationship to Fracture Toughness." Delft University of Technology, n.d.
- Lawson, D, and P Shrestha. *Fractal Geometry*. Minnesota: Minnesota State University Moorhead, 2006.
- Makki, H.M. *Multi-Band Fractal Antenna Modeling*. Gazimagusa: Eastern Mediterranean University, 2013.
- Musthofa. *Handout Teori Bilangan*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2011.