

## IMPLEMENTASI DIMENSI FRAKTAL *BOX COUNTING* DAN *K-MEANS* DALAM KLASIFIKASI JENIS PENYAKIT MATA BERDASARKAN CITRA FUNDUS RETINA

THERESA NORIKO SIREGAR<sup>1\*</sup>, DWI JUNIATI<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Matematika, Universitas Negeri Surabaya\

[\\*theresa.20034@mhs.unesa.ac.id](mailto:*theresa.20034@mhs.unesa.ac.id)

### ABSTRAK

Mata merupakan salah satu bagian tubuh yang mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia. Seperti halnya penglihatan, mata mempunyai bagian-bagian yang mempunyai fungsinya masing-masing, baik bagian luar seperti kelopak mata dan alis, maupun bagian dalam mata seperti kornea, retina, dan pupil. Gangguan penglihatan mengacu pada segala kondisi yang mempengaruhi kemampuan mata untuk melihat dengan jelas atau berfungsi secara optimal. Gangguan penglihatan dapat mempengaruhi berbagai aspek kehidupan sehari-hari dan memerlukan perawatan dan pengobatan yang tepat. Untuk membedakan berbagai jenis penyakit mata dapat dilakukan dengan mengambil gambar bagian fundus retina. Pada penelitian ini dilakukan pengenalan ciri dari masing-masing penyakit mata yaitu Retinopati Diabetik, Miopia Patologis, Retinopati Hipertensi, dan Degenerasi Makula. Sebanyak 100 citra fundus retina digunakan dalam penelitian ini, langkah awal yaitu mengubah citra ke dalam bentuk RGB lalu dilakukan beberapa proses segmentasi citra pada fundus retina yaitu *green channel*, *CLAHE*, *morphological opening*, dan *complement image (negative image)*. Gambar tersebut kemudian digunakan untuk mengidentifikasi penyakit mata menggunakan deteksi tepi menggunakan metode Canny. Selanjutnya, dengan mempergunakan dimensi fraktal metode *box-counting*, nilai dimensi yang dihasilkan digunakan dalam proses pengklasteran. Hasil nilai dimensi akan diklasifikasikan menggunakan metode pengelompokan *K-means* dengan lima klaster dengan akurasi 89 %.

**Kata Kunci:** Retinopati Diabetik, Miopia Patologis, Retinopati Hipertensi, Degenerasi Makula, *Box-Counting*, *K-Means*.

### ABSTRACT

*The eyes are one part of the body that has an important role in human life. Like vision, the eye has parts that have their respective functions, both the outer parts such as the eyelids and eyebrows, and the inner parts of the eye such as the cornea, retina, and pupil. Visual impairment refers to any condition that affects the eye's ability to see clearly or function optimally. Visual impairment can affect various aspects of daily life and requires appropriate care and treatment. To differentiate between various types of eye disease, you can take pictures of the fundus of the retina. In this study, an introduction to the characteristics of each eye disease was carried out, namely Diabetic Retinopathy, Pathological Myopia, Hypertension Retinopathy, and Macular Degeneration. A total of 100 retinal fundus images were used in this research. The first step was to convert the image into RGB form and then carry out several image segmentation processes on the retinal fundus, namely green channel, CLAHE, morphological opening, and complement image (negative image). The image is then used to identify eye disease using edge detection using the Canny method. Furthermore, by using the*

*fractal dimension box-counting method, the resulting dimensional values are used in the clustering process. The resulting dimension values will be classified using the K-means grouping method with five clusters with an accuracy of 89%.*

**Keywords:** *Diabetic Retinopathy, Pathological Myopia, Hypertension Retinopathy, Age-related Macular Degeneration, Box Counting, K-Means.*

## 1. PENDAHULUAN

Mata merupakan salah satu alat indera yang diberikan kepada banyak makhluk khususnya manusia oleh Tuhan Yang Maha Esa. Melalui mata, manusia dapat berkembang menjadi makhluk yang lebih unggul dari makhluk lainnya. Mata merupakan organ yang sangat penting dalam tubuh manusia karena berfungsi sebagai penglihatan. Mata yang sehat mudah menyerap rangsangan luar berupa cahaya dan rangsangan lainnya. Menjaga kesehatan mata sangatlah penting agar dapat melihat dengan baik [1].

Gangguan penglihatan adalah suatu kondisi yang mempengaruhi kemampuan mata untuk melihat dengan jelas atau berfungsi secara optimal. Gangguan penglihatan dapat mempengaruhi banyak aspek kehidupan sehari-hari dan memerlukan perawatan dan pengobatan yang tepat [2].

Klasifikasi berasal dari bahasa latin yaitu "*classis*" yang artinya pengelompokan benda yang sama serta memisahkan benda yang tidak sama. Secara harfiah arti klasifikasi adalah penggolongan, pengelompokan [3]. Untuk melakukan klasifikasi penyakit mata diperlukan penelitian yang lebih mendalam. Fraktal berasal dari kata "*fractus*" (pecah), yaitu geometri yang dibangun oleh pengulangan dan perangkaian bentuk primitif geometri tersebut. Pada dasarnya fraktal merupakan geometri sederhana yang digandakan berulang kali dan digabungkan satu sama lain dalam skala yang beragam. Fraktal memiliki sifat-sifat *self-similarity*, *self-affinity*, *self-inverse*, dan *self-squaring* [4].

Metode *box-counting* atau metode penghitungan kotak adalah prosedur penghitungan dimensi fraktal untuk obyek yang kompleks. Metode ini sangat efektif digunakan untuk menghitung dimensi fraktal pada obyek dengan bentuk yang tidak beraturan. Hal ini disebabkan karena metode *box-counting* dapat digunakan untuk menentukan nilai dimensi fraktal dari bentuk geometri yang kompleks, baik dalam konteks alam atau domain lainnya [5].

Selain itu, terdapat algoritma *clustering* yaitu *K-Means* yang merupakan salah satu metode analisis kluster non-hierarki yang berupaya untuk mempartisi objek-objek yang ada menjadi satu atau lebih kluster atau kelompok objek berdasarkan karakteristiknya, sehingga objek-objek yang memiliki karakteristik yang sama dikelompokkan ke dalam kluster yang sama dan objek-objek yang memiliki karakteristik berbeda dikelompokkan ke dalam kluster lain [6].

Artikel ini direncanakan akan mengklasifikasikan penyakit mata dengan menggunakan metode dimensi fraktal *box-counting* dan metode klasifikasi *K-Means*. Telah dilakukan beberapa penelitian sebelumnya yang juga menggunakan metode dimensi fraktal *box-counting* dan *K-Means*. Sebagai contoh, penelitian oleh Suwanda (2022) yang berjudul "Klasifikasi Penyakit Mata Berdasarkan Citra Fundus Retina Menggunakan Dimensi Fraktal *Box Counting* dan *Fuzzy K-Means*" yang menghasilkan akurasi 76% [7]. Selain itu, penelitian oleh Safitri (2016) yang berjudul "Analisis Fraktal Citra Fundus Retina Menggunakan Dimensi Fraktal

*Box Counting* untuk Klasifikasi Penyakit Retinopati Diabetik” yang menghasilkan akurasi 89.17 % [8].

Dalam artikel ini, terdapat batasan masalah yang meliputi lima jenis gambar mata berdasarkan citra fundus retina yang akan diidentifikasi, yaitu Normal, Retinopati Diabetik, Miopia Patologis, Retinopati Hipertensi, dan Degenerasi Makula. Dataset yang digunakan terdiri dari 100 citra fundus retina dengan setiap jenis penyakit mata memiliki 20 citra.

Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan citra fundus retina ke dalam spesies yang tepat. Fokus utama adalah mengidentifikasi jenis penyakit mata menggunakan metode dimensi fraktal *box-counting* dan *K-Means*. Tujuan akhir penelitian ini adalah memberikan bantuan kepada masyarakat dalam mengidentifikasi jenis penyakit mata dengan menggunakan citra dua dimensi dan *software* yang telah dikembangkan. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat meningkatkan pemahaman dan pengenalan jenis penyakit mata secara lebih efisien dan akurat.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 MATA

Mata merupakan organ tubuh yang berfungsi untuk menerima informasi dalam bentuk visual. Prinsip kerja mata manusia sebetulnya hampir sama dengan kamera, yaitu dengan menangkap pantulan cahaya dari objek dan mengirimkan sinyal ke otak sehingga Anda bisa melihat bentuk, warna, dan gerak [9].

### 2.2 MATA NORMAL

Mata normal adalah mata dapat melihat dengan jelas pada rentang dua titik yaitu titik dekat (Punctum Proximum=PP) dan titik jauh (Punctum Remotum=PR). Titik dekat mata normal ( $S_n$ ) sekitar 25 cm dan titik jauh mata normal tak berhingga ( $\infty$ ). Mata normal merupakan keadaan dimana mata dalam kondisi baik, semua bagian bagian pada mata berfungsi normal [10].



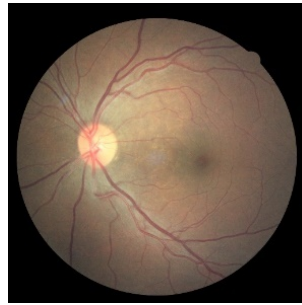
Gambar 1. Mata Normal

Sumber: <https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/ocular-disease-recognition-odir5k>

### 2.3 RETINOPATI DIABETIK

Retinopati diabetik merupakan komplikasi diabetes di mana kadar gula yang tinggi pada akhirnya merusak pembuluh darah di retina mata, terutama pada jaringan sensitif cahaya. Kondisi ini bisa menyerang siapa saja penderita diabetes tipe 1 atau 2, terutama orang dengan kadar gula darah yang tidak terkontrol dan orang yang sudah lama menderita diabetes. Pada

awalnya, retinopati diabetik seringkali hanya menunjukkan gejala ringan atau bahkan tidak menunjukkan gejala sama sekali [11].

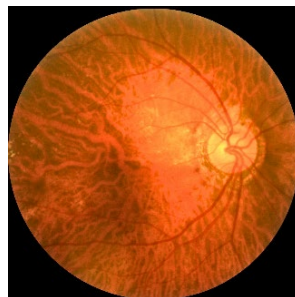


Gambar 2. Mata Retinopati Diabetik

Sumber: <https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/ocular-disease-recognition-odir5k>

## 2.4 MIOPIA PATOLOGIS

Miopia Patologis (disebut juga miopia degeneratif atau maligna) adalah suatu kondisi yang relatif langka yang diyakini bersifat turun-temurun dan biasanya dimulai sejak usia dini. Dalam myopia patologis, pemanjangan bola mata terjadi secara cepat, sehingga perkembangan miopia berlangsung cepat dan berat dan mengakibatkan hilangnya penglihatan. Orang dengan kondisi ini memiliki peningkatan risiko ablasi retina yang signifikan dan perubahan degeneratif lainnya di bagian belakang mata (seperti perdarahan di dalam mata akibat pertumbuhan pembuluh darah yang abnormal) [12].



Gambar 3. Mata Miopia Patologis

Sumber: <https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/ocular-disease-recognition-odir5k>

## 2.5 HIPERTENSI RETINOPATI

Hipertensi Retinopati dapat diakibatkan dari efek akut hipertensi sistemik yaitu adanya penyempitan (*vasospasme*) pembuluh darah, dan efek kronis hipertensi yang menyebabkan terbentuknya arteriosklerosis. Hal tersebut dapat mengakibatkan adanya oklusi vascular dan makroaneurisma yang akan mengancam penglihatan [13].

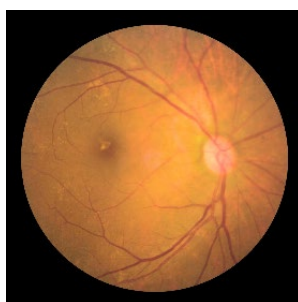


Gambar 4. Mata Hipertensi

Sumber: <https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/ocular-disease-recognition-odir5k>

## 2.6 DEGENERASI MAKULA

*Age-related Macular Degeneration* atau Degenerasi Makula merupakan gangguan penglihatan yang disebabkan oleh terganggunya fungsi makula, yaitu bagian kecil di bagian tengah retina. Kondisi ini tidak menyebabkan kebutaan total, namun berdampak pada berkurangnya penglihatan sentral, yaitu penglihatan pada area sentral ketika seseorang melihat lurus ke depan. Degenerasi makula biasanya menyerang orang yang berusia di atas 50 tahun dan dapat memburuk seiring berjalannya waktu (progresif) [14].



Gambar 5. Degenerasi Makula

Sumber: <https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/ocular-disease-recognition-odir5k>

## 2.7 DIMENSI FRAKTAL

Dalam matematika, khususnya dalam geometri fraktal, dimensi fraktal adalah rasio yang memberikan kompleksitas indeks statistik dengan membandingkan bagaimana detail dalam pola fraktal berubah skalanya pada saat diukur. Hal ini juga telah dikarakteristikkan sebagai ukuran dari kapasitas kurva *space-filling* dari sebuah pola yang memperlihatkan bagaimana skala fraktal berbeda dengan ruang yang melekat pada pola tersebut; dimensi fraktal tidak harus berupa bilangan bulat. Gagasan penting mengenai dimensi yang "*fraktur*" ("patah") memiliki sejarah yang panjang dalam matematika, tetapi istilah itu sendiri diangkat ke permukaan oleh Benoit Mandelbrot berdasarkan makalahnya tahun 1967 mengenai kemiripan-diri yang membahas soal dimensi fraksional [15].

## 2.8 DETEKSI TEPI

Deteksi tepi merupakan proses pembentukan tepi-tepi objek pada suatu citra. Tepi citra (*edge*) terjadi ketika terdapat perubahan yang signifikan dalam nilai keabuan. Terdapat banyak sekali operator deteksi tepi, salah satunya adalah deteksi tepi canny. Metode canny merupakan

algoritma deteksi tepi yang sering digunakan dalam berbagai penelitian karena dianggap sebagai algoritma yang paling optimal dan menghasilkan tepi yang lebih tajam dibandingkan dengan metode deteksi tepi lainnya, karena algoritma ini mengabaikan ambang batas yang tidak diperlukan dan menghasilkan garis tepi yang tipis. Salah satu operator pendeteksi tepi modern adalah deteksi tepi dengan menggunakan operator Canny.

Berikut adalah langkah-langkah deteksi tepi menggunakan metode canny:

- a. *Smoothing* atau penyaringan noise pada citra
- b. Menghitung magnitudo gradien dan arah gradient
- c. Melakukan non-maximum suppression untuk menghilangkan piksel yang tidak memperkuat tepi
- d. Menerapkan proses *Hysteresis Thresholding* untuk menghubungkan piksel-piksel yang membentuk tepi berkelompok

Dengan mengikuti langkah-langkah tersebut, deteksi tepi canny dapat menghasilkan tepi yang lebih tajam dan lebih akurat dalam citra [16].

## 2.9 BOX COUNTING

*Box Counting* adalah pengambilan sampel atau proses pengumpulan data yang digunakan *FracLac* untuk menemukan beberapa jenis DF, khususnya dimensi penghitungan kotak (DB) dan fitur yang dikenal sebagai *lacunarity*. Dimensi fraktal (DF), yang diestimasi dengan penghitungan kotak, adalah metrik yang digunakan untuk mengkarakterisasi kompleksitas anatomi tanaman atau karakteristik pengisian ruang untuk berbagai tujuan. Prosedur dasarnya adalah secara sistematis meletakkan serangkaian kisi-kisi dengan kaliber yang menurun (kotak-kotak) di atas gambar dan merekam data (penghitungan) untuk setiap kaliber yang berurutan. Anda bisa melihat, seperti apa tugas dasar peletakan kisi-kisi ukuran yang berurutan dalam animasi di bawah ini; penghitungan biasanya adalah masalah menghitung berapa banyak kotak dalam tiap kisi-kisi yang memiliki bagian detail penting dalam gambar di dalamnya. Pada gambar yang ditunjukkan di sini, detail yang penting adalah piksel putih, yang berada pada latar belakang hitam yang "tidak penting" [17].

Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam perhitungan dimensi fraktal menggunakan metode *box-counting* :

$$N(r) = \frac{1}{r^D} . \quad (1)$$

dimana,

$D$  = dimensi fraktal

$N(r)$  = jumlah kotak yang menutupi objek

$r$  = ukuran kotak

Setelah itu, persamaan tersebut diubah menjadi bentuk algoritma, yang dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\log(N(r)) = D \log\left(\frac{1}{r}\right) , \quad (2)$$

$$D = \frac{\log N(r)}{\log\left(\frac{1}{r}\right)} , \quad (3)$$

Di dapatkan bentuk algoritma untuk memperoleh nilai gradien  $D(\alpha)$ . Nilai  $\alpha$  merupakan hasil pengukuran  $D$  dalam bentuk grafik, maka :

$$\alpha = \frac{n(\sum_{k=1}^n xy) - (\sum_{k=1}^n x)(\sum_{k=1}^n y)}{n(\sum_{k=1}^n x^2) - (\sum_{k=1}^n x)^2} \tag{4}$$

### 2.10 SEGMENTASI

Segmentasi adalah proses pemisahan wilayah dalam suatu citra berdasarkan kriteria keseragaman, seperti warna, tekstur, dan intensitas. Tujuan dari segmentasi adalah untuk menghilangkan objek dari latar belakang, sehingga objek tersebut dapat lebih mudah dikenali dan dianalisis. Metode ambang batas merupakan salah satu dari metode yang digunakan dalam segmentasi citra. Metode ini memisahkan objek dengan latar belakang berdasarkan perbedaan terang atau gelap. Area gambar gelap akan cenderung tergantikan dengan warna hitam dengan nilai intensitas 0, sedangkan area yang cenderung terang pada akan digantikan dengan warna putih dengan nilai intensitas 1. Hasil segmentasi dengan metode *Thresholding* adalah citra biner, dimana setiap piksel mempunyai nilai intensitas sebesar 0 atau 1 [18].

### 2.11 GREEN CHANNEL

Sebuah citra RGB terdiri dari citra *Red*, *Green* dan *Blue*. Citra dengan aras keabuan biasanya membagi warna citra menjadi *Red*, *Green* dan *Blue* dengan bobot nilai yang sama yaitu 0,33.

$$I(x, y) = \alpha . R + \beta . G + \gamma \tag{5}$$

$I(x,y)$  merupakan skala keabuan yang ditentukan oleh nilai  $\alpha, \beta, \gamma$ . Pada skala keabuan biasa, nilai  $\alpha, \beta, \gamma$  sama yaitu 0,33. Sedangkan untuk aras keabuan *green channel* nilai  $\beta$  diberi nilai 1, sedangkan  $\alpha, \gamma$  diberi nilai 0. Refleksi cahaya *Green Channel* lebih baik dibandingkan aras keabuan yang lain [19].

### 2.12 CONTRAST LIMITED ADAPTIVE HISTOGRAM EQUALIZATION (CLAHE)

Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) adalah sebuah generalisasi dari metode *Adaptive Histogram Equalization* (AHE). Cara kerja algoritma CLAHE berbeda dengan *Histogram Equalization* (HE) yang bekerja secara global. CLAHE membagi citra ke dalam area-area yang lebih kecil dan menerapkan HE untuk masing-masing area tersebut dan meningkatkan *contrast adaptive* yang didasarkan oleh *Adaptive Histogram Equalization*, dimana histogram dihitung berdasarkan wilayah pixel. Dalam berbagai penelitian algoritma CLAHE memiliki kemampuan untuk mendeteksi perbedaan contrast yang selektif menunjukkan hasil studi ROC pada CT scan bahwa CLAHE memperlihatkan contrast yang lebih detail dibandingkan dengan AHE [20].

### 2.13 MORPHOLOGI OPENING

Morphologi merupakan teknik atau proses yang digunakan untuk mengolah *image* (citra) yang didasarkan atas prinsip morphologi matematika. Dalam pemrosesan image, hasil yang diharapkan didasarkan atas bentuk atau struktur image asal. Sedangkan Chris Solomon dan Toby Breckon lebih lanjut mengatakan bahwa morphologi senantiasa berkaitan erat dengan proses *neighbourhoods* yang terbentuk dari blok nilai biner satu dan nol. Lebih lanjut, proses morphologi suatu image adalah merupakan kumpulan operasi non linear yang berkaitan dengan

bentuk atau *morphology* dalam suatu image. Secara praktek, sistim biner sering digunakan dalam proses morfologi, yaitu proses bit 1 atau yang dikenal dengan *foreground* dan bit 0 atau *background* dengan cara merubah bagian tertentu dari *foreground* menjadi daerah background dan sebaliknya merubah sebagian background untuk menjadi daerah foreground. Perubahan daerah asal *foreground* dan *background* berkaitan erat dengan tiga hal: image, tipe operasi morfologi, dan penataan elemen (*structured element*) image [21].

## 2.14 K-MEANS

*K-Means Clustering* adalah suatu metode penganalisaan data atau metode *Data Mining* yang melakukan proses pemodelan tanpa supervisi (*unsupervised*) dan merupakan salah satu metode yang melakukan pengelompokan data dengan sistem partisi. Metode *K-Means Clustering* bertujuan untuk meminimalisasikan *objective function* yang diset dalam proses *clustering* dengan cara meminimalkan variasi antar data yang ada di dalam suatu *cluster* dan memaksimalkan variasi dengan data yang ada di *cluster* lainnya juga bertujuan untuk menemukan grup dalam data, dengan jumlah grup yang diwakili oleh variabel K. Tahap *Clustering* pada *K-Means* adalah sebagai berikut [6]:

1. Menentukan k (nilainya bebas) sebagai jumlah cluster yang ingin dibentuk.
2. Membangkitkan nilai acak untuk pusat *cluster* awal (*centroid*) sebanyak k.
3. Menghitung jarak setiap data input terhadap masing-masing *centroid* menggunakan rumus jarak Euclidean hingga ditemukan jarak yang paling dekat dari setiap data dengan *centroid*. Berikut adalah persamaan jarak Euclidean :

$$d(x_i, \mu_i) = \sqrt{\sum (x_i - \mu_i)^2} . \quad (6)$$

4. Mengklasifikasikan setiap data berdasarkan kedekatannya dengan *centroid* (jarak terkecil)
5. Memperbaharui nilai-nilai *centroid* baru yang diperoleh dari rata-rata *cluster* yang bersangkutan dengan menggunakan rumus :

$$\mu_j(t + 1) = \frac{1}{N_{S_j}} \sum_{j \in S_j} \mu_j . \quad (7)$$

dimana,

$\mu_j(t + 1)$  = *centroid* baru pada iterasi ke-(t + 1)

$N_{S_j}$  = banyak data pada *cluster*  $S_j$

6. Melakukan perulangan dari langkah 3 hingga 5, sampai anggota tiap cluster tidak ada yang berubah.

## 3. METODE PENELITIAN

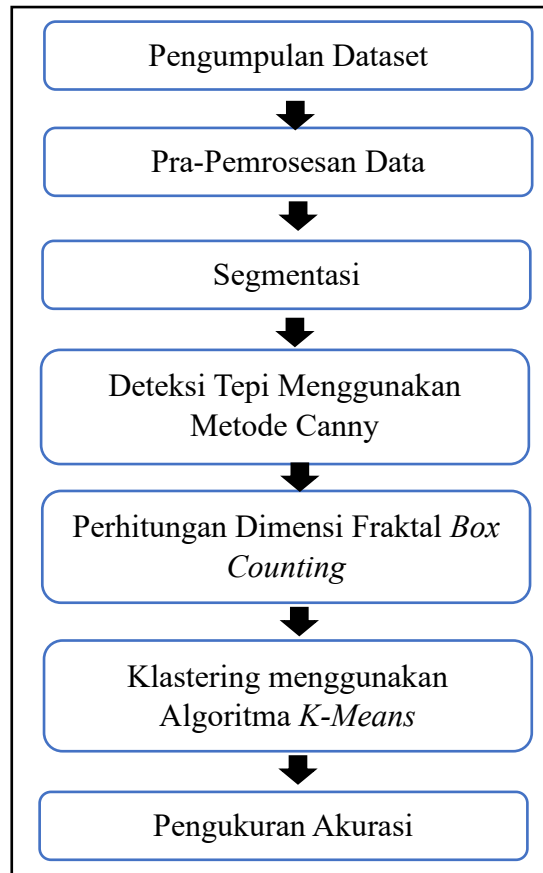
### 3.1 SUMBER DATA

Dalam artikel ini, digunakan data sekunder yang diperoleh dari Kaggle dataset. Terdapat total 100 citra fundus retina yang akan dikelompokkan. Setiap kelompok terdiri dari 20 citra yang mewakili jenis penyakit mata tertentu. Jenis mata yang dimasukkan dalam analisis ini meliputi Mata Normal, Mata Retinopati Diabetik, Mata Miopia Patologis, Mata Retinopati Hipertensi, dan Mata Degenerasi Makula. Data dapat diakses secara online melalui [Ocular Disease Recognition | Kaggle](#)



### 3.2 RANCANGAN PENELITIAN

Rancangan penelitian yang akan dilaksanakan dalam studi ini digambarkan dalam diagram berikut:



Gambar 6. Tahapan Penelitian

Berdasarkan Gambar diatas, penelitian ini mengikuti rancangan sebagai berikut:

1. Dataset  
 Data yang digunakan di penelitian ini adalah data sekunder yang diambil dari Ocular Diseases Recognition Kaggle Dataset. Dataset terdiri dari 100 citra fundus retina yang terdiri dari 20 Mata Normal, 20 Mata Retinopati Diabetik, 20 Mata Miopia Patologis, 20 Mata Retinopati Hipertensi, dan 20 Mata Degenerasi Makula.
2. Pra-pemrosesan Data  
 Tahap pra-pemrosesan melibatkan beberapa langkah, yaitu :
  - a. *Cropping*  
*Cropping* adalah penghapusan bagian sudut dari suatu gambar untuk memotong/mengambil/mengeluarkan sebagian isi dari gambar guna memperoleh hasil yang diinginkan. Proses ini dilakukan untuk memperoleh ukuran yang sama antar gambar.
  - b. *Sharpen*  
*Sharpen* (menajamkan foto) adalah fungsi lensa kamera. Itulah pentingnya kestabilan ketika mengambil foto, untuk memperoleh gambar yang tajam.

### 3. Segmentasi

Proses segmentasi citra dilakukan melalui beberapa tahapan seperti *green channel*, CLAHE, *morphological opening*, dan *Complement Image (Negative Image)*. Tujuan dari proses segmentasi ini adalah untuk mengubah citra input yang berupa citra RGN menjadi citra biner dengan background berwarna hitam dan pembuluh darah warna putih.

### 4. Proses Deteksi Tepi Menggunakan Metode Canny

Metode yang digunakan untuk mendeteksi tepi pada penelitian ini adalah metode deteksi tepi Canny. Metode ini dipilih karena metode Canny mempunyai kemampuan dalam menghasilkan tepi yang lebih tajam dan optimal dalam pengolahan citra. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi titik-titik yang ada pada gambar fundus retina, yang kemudian akan digunakan untuk menghitung dimensi dengan penghitungan kotak.

### 5. Perhitungan Dimensi Fraktal Menggunakan *Box Counting*

Setelah proses pendeteksian tepi Canny, citra yang telah diproses dijadikan masukan untuk memperoleh nilai dimensi dengan menggunakan penghitungan dimensi kotak fraktal. Dari hasil perhitungan tersebut akan diperoleh dimensi untuk setiap data citra fundus retina.

### 6. Pengelompokkan Menggunakan Algoritma *K-Means*

Setelah mendapatkan nilai Dimensi Fraktal dari proses sebelumnya, proses selanjutnya adalah melakukan klustering pada citra menggunakan algoritma *K-Means*. Citra-citra akan dikelompokkan menjadi 5 kluster berdasarkan nilai dimensi yang telah diperoleh.

### 7. Pengukuran Akurasi

Pada proses terakhir, akan diukur keakuratan dari hasil pengelompokan sebelumnya [22].

$$akurasi = \frac{n}{s} \times 100\%. \quad (7)$$

dimana,

n = jumlah prediksi benar


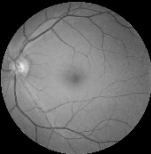



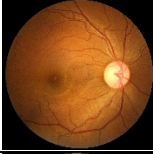
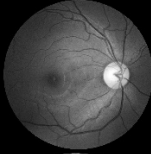
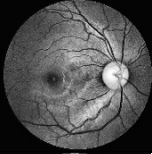

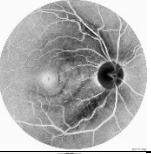
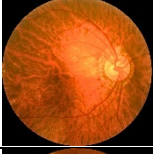
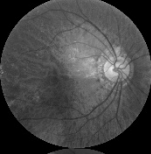

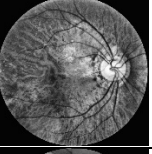
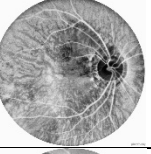
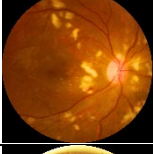
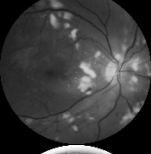
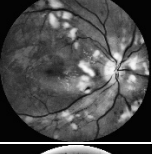
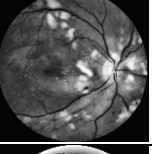
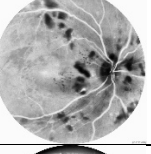

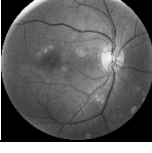


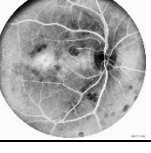
s = jumlah total prediksi

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

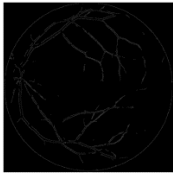
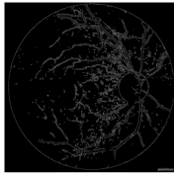
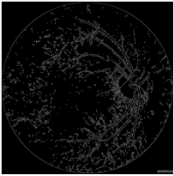
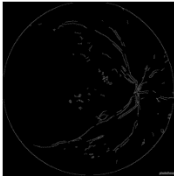
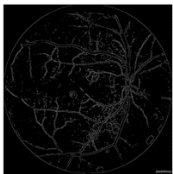
### 4.1 PENGOLAHAN CITRA

Pada tahap ini, hasil pengolahan citra ditampilkan menggunakan program MATLAB dan Python. Pertama, citra RGB diubah menjadi citra *green channel*, selanjutnya dilakukan perbaikan kontras dengan menggunakan CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization). Kemudian dilanjutkan dengan proses *morphological opening* dengan bentuk SE/strel yaitu 'disk' yang berukuran 5 dengan tujuan menghaluskan garis-garis pembuluh darah. Selanjutnya, dilakukan operasi *Complement Image (Negative Image)* agar objek memiliki nilai 0 (berwarna hitam), sementara latar belakang memiliki nilai 1 (berwarna putih). Selanjutnya, garis-garis objek dideteksi menggunakan metode deteksi tepi Canny. Berikut adalah hasil pengolahan citra untuk setiap jenis penyakit mata.

Tabel 1. Hasil Pengolahan Data

Kondisi Mata	Gambar	Green_channel	CLAHE	Morphological opening	Complement Image
Normal					
Retinopati Diabetik					
Miopi Patologis					
Retinopati Hipertensi					
Degenerasi Makula					

Tabel 2. Hasil Tepi Canny

Kondisi Mata	Tepi Canny	Kondisi Mata	Tepi Canny
Normal		Retinopati Diabetik	
Miopi Patologis		Retinopati Hipertensi	
Degenerasi Makula			

#### 4.2 DIMENSI FRAKTAL *BOX COUNTING*

Hasil nilai dimensi dari setiap citra diatas diperoleh dengan menggunakan metode dimensi fraktal *box-counting* melalui aplikasi MATLAB:

Tabel 3. Nilai Dimensi Mata Normal

No.	Nilai DF	No.	Nilai DF
1	1,8159	11	1,8148
2	1,8148	12	1,8121
3	1,818	13	1,8127
4	1,812	14	1,8159
5	1,812	15	1,8127
6	1,811	16	1,8148
7	1,8022	17	1,8259
8	1,816	18	1,817
9	1,817	19	1,8222
10	1,8121	20	1,817

Tabel 4. Nilai Dimensi Mata Retinopati Diabetik

No.	Nilai DF	No.	Nilai DF
1	1,92	11	1,917
2	1,9027	12	1,9144
3	1,9262	13	1,9166
4	1,9012	14	1,917
5	1,9027	15	1,9211
6	1,9299	16	1,92
7	1,9109	17	1,9259
8	1,9144	18	1,9262
9	1,9109	19	1,9109
10	1,9124	20	1,9207

Tabel 5. Nilai Dimensi Mata Miopi Patologis

No.	Nilai DF	No.	Nilai DF
1	1,8706	11	1,8728
2	1,889	12	1,8706
3	1,8733	13	1,8733
4	1,8728	14	1,8648
5	1,818	15	1,8733
6	1,8907	16	1,8956
7	1,889	17	1,8706
8	1,8608	18	1,7879
9	1,8404	19	1,8472
10	1,8617	20	1,8028

Tabel 6. Nilai Dimensi Mata Retinopati Hipertensi

No.	Nilai DF	No.	Nilai DF
1	1,7802	11	1,7863
2	1,7994	12	1,7814
3	1,7949	13	1,7879
4	1,7983	14	1,7879
5	1,7802	15	1,7814
6	1,7949	16	1,7994
7	1,792	17	1,7863
8	1,7827	18	1,7891
9	1,7983	19	1,7885
10	1,792	20	1,7983

Tabel 7. Nilai Dimensi Mata Degenerasi Makula

No.	Nilai DF	No.	Nilai DF
1	1,7222	11	1,7496
2	1,7345	12	1,696
3	1,7359	13	1,7222
4	1,7496	14	1,7345
5	1,7543	15	1,7496
6	1,7666	16	1,7543
7	1,7703	17	1,7703
8	1,7716	18	1,7826
9	1,7377	19	1,7345
10	1,7696	20	1,7222

### 4.3 K-MEANS

Hasil pengelompokan menggunakan metode *K-Means* dilakukan melalui aplikasi RapidMiner Studio. Berikut adalah hasil yang diperoleh:

Tabel 8. Hasil Tabel *Centroid*

	<i>Centroid</i>
Klaster 0	1.786
Klaster 1	1.914
Klaster 2	1.872
Klaster 3	1.736
Klaster 4	1.816

Setelah didapatkan *centroid* dari masing-masing klaster, kita juga bisa dapatkan hasil dari masing-masing data per-klasternya. Data akan dikelompokkan menjadi lima Klaster, yaitu Klaster Normal (1-20), Klaster Retinopati Diabetik (21-40), Klaster Miopi Patologis (41-60), Klaster Retinopati Hipertensi (61-80), dan Klaster Degenerasi Makula (81-100). Berikut adalah hasil yang diperoleh:

Tabel 9. Tabel Hasil Klaster

No	Klaster	No	Klaster	No	Klaster	No	Klaster	No	Klaster
1	Klaster 4	21	Klaster 1	41	Klaster 2	61	Klaster 0	81	Klaster 3
2	Klaster 4	22	Klaster 1	42	Klaster 2	62	Klaster 0	82	Klaster 3
3	Klaster 4	23	Klaster 1	43	Klaster 2	63	Klaster 0	83	Klaster 3
4	Klaster 4	24	Klaster 1	44	Klaster 2	64	Klaster 0	84	Klaster 3
5	Klaster 4	25	Klaster 1	45	Klaster 4	65	Klaster 0	85	Klaster 3
6	Klaster 4	26	Klaster 1	46	Klaster 2	66	Klaster 0	86	Klaster 0
7	Klaster 4	27	Klaster 1	47	Klaster 2	67	Klaster 0	87	Klaster 0
8	Klaster 4	28	Klaster 1	48	Klaster 2	68	Klaster 0	88	Klaster 0
9	Klaster 4	29	Klaster 1	49	Klaster 4	69	Klaster 0	89	Klaster 3
10	Klaster 4	30	Klaster 1	50	Klaster 2	70	Klaster 0	90	Klaster 0
11	Klaster 4	31	Klaster 1	51	Klaster 2	71	Klaster 0	91	Klaster 3
12	Klaster 4	32	Klaster 1	52	Klaster 2	72	Klaster 0	92	Klaster 3
13	Klaster 4	33	Klaster 1	53	Klaster 2	73	Klaster 0	93	Klaster 3
14	Klaster 4	34	Klaster 1	54	Klaster 2	74	Klaster 0	94	Klaster 3
15	Klaster 4	35	Klaster 1	55	Klaster 2	75	Klaster 0	95	Klaster 3
16	Klaster 4	36	Klaster 1	56	Klaster 1	76	Klaster 0	96	Klaster 3
17	Klaster 4	37	Klaster 1	57	Klaster 2	77	Klaster 0	97	Klaster 0
18	Klaster 4	38	Klaster 1	58	Klaster 0	78	Klaster 0	98	Klaster 0
19	Klaster 4	39	Klaster 1	59	Klaster 2	79	Klaster 0	99	Klaster 3
20	Klaster 4	40	Klaster 1	60	Klaster 4	80	Klaster 0	100	Klaster 3

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa Klaster 0 mewakili Mata Retinopati Hipertensi, Klaster 1 mewakili Mata Retinopati Diabetik, Klaster 2 mewakili Mata Miopi Patologis, Klaster 3 mewakili Mata Degenerasi Makula, dan Klaster 4 mewakili Mata Normal. Tabel diatas diperoleh dari hasil perbandingan antara data awal (data hasil perhitungan Dimensi Fraktal) dengan data hasil *clustering K-Means* menggunakan *RapidMiner Studio*. Terdapat 11 dari 100 data yang telah diproses yang tergolong kedalam klaster yang salah dirinci sebagai berikut:

- Terdapat 3 data Mata Normal yang masuk kedalam klaster 2
- Terdapat 1 data Mata Retinopati Diabetik yang masuk kedalam klaster 2
- Terdapat 7 data Mata Retinopati Hipertensi yang masuk kedalam klaster 2 dan 3

#### 4.4 AKURASI

$$Akurasi = \frac{89}{100} \times 100\% = 89\%$$

Dari hasil akurasi yang didapat sebesar 89% untuk mengklasifikan jenis penyakit mata berdasarkan citra fundus retina menggunakan dimensi fraktal *box-counting* dan *K-Means* mendapat nilai akurasi yang cukup tinggi dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Suwanda yang hanya memperoleh akurasi sebesar 76% menggunakan ekstraksi fitur deteksi tepi dan *Fuzzy K-Means*.

## 5. PENUTUP

### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan temuan dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik sebuah kesimpulan bahwa pengolahan citra fundus retina melalui proses *green channel*, *CLAHE*, *morphologi opening*, *complement image (negative image)*, dan deteksi tepi *canny* dapat digunakan untuk mengenali objek. Selanjutnya, dengan menggunakan metode dimensi fractal *box-counting*, nilai dimensinya dapat dihitung. Nilai dimensi ini kemudian digunakan dalam proses *clustering* menggunakan metode *K-Means* untuk membentuk 5 Klaster. *K-Means* merupakan jenis klaster yang memiliki tingkat ketelitian dan efisiensi yang baik sehingga dari hasil *clustering* tersebut yang mencapai tingkat akurasi sebesar 89% dapat disimpulkan bahwa metode *Clustering K-Means* dapat mendukung sistem dengan baik.

### 5.2 SARAN

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengumpulkan data yang lebih banyak dan memperhatikan faktor pencahayaan dalam pengambilan fotonya. Selain itu, diharapkan pula penelitian selanjutnya, dapat menambah jenis penyakit mata yang lebih beragam dan dengan metode *clustering* yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] KTeguhHM, "Mata Adalah Jendela Dunia! Tips Menjaga Kesehatan Mata," KKN UNIVERSITAS DIPONEGORO, 1 Agustus 2022. [Online]. Available: <http://kkn.undip.ac.id/?p=307810#:~:text=Mata%20merupakan%20organ%20pada%20tubuh,agar%20dapat%20melihat%20dengan%20baik>. [Accessed 26 Oktober 2023].
- [2] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, "Ayo Sehat," [Online]. Available: <https://ayosehat.kemkes.go.id/topik-penyakit/penyakit-organ-indera/gangguan-penglihatan>. [Accessed 26 Oktober 2023].
- [3] D. H. and S. H. Pattah, "repository.radenfatah.ac.id," [Online]. Available: <https://repository.radenfatah.ac.id/15555/3/BAB%20II.pdf>. [Accessed 26 Oktober 2023].
- [4] Hening, "teori fractal," Wordpress, 11 Januari 2008. [Online]. Available: <https://hening27.wordpress.com/2008/01/11/teori-fractal/>.
- [5] M. M. Sulaiman, "Penerapan Metode Box Counting Untuk Menghitung Dimensi Fraktal dari Proses Pirografi," *UIN MALANG*, p. 36, 2020.
- [6] Syafnidawaty, "K-means Clustering," Universitas Raharja, 19 April 2020. [Online]. Available: <https://raharja.ac.id/2020/04/19/k-means-clustering/>. [Accessed 11 November 2023].
- [7] A. E. Suwanda and D. Juniati, "KLASIFIKASI PENYAKIT MATA BERDASARKAN CITRA FUNDUS RETINA MENGGUNAKAN DIMENSI FRAKTAL BOX

- COUNTING DAN FUZZY K-MEANS," *Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 5, 2022.
- [8] D. W. Safitri and D. Juniati, "Classification of Diabetic Retinopathy using Fractal Dimension Analysis of Eye Fundus Image," *International Conference on Mathematics: Pure, Applied and Computation*, 2016.
- [9] "BAGAIMANA CARA KERJA MATA PADA MANUSIA?," Essilor, [Online]. Available: <https://www.essilor.co.id/vision/how-eyes-work>. [Accessed 3 November 2023].
- [10] "MATA ALAT OPTIK, PENJELASAN DAN CONTOH SOAL," maglearning.id, [Online]. Available: <https://maglearning.id/2022/02/27/mata-alat-optik-penjelasan-dan-contoh-soal/>. [Accessed 3 November 2023].
- [11] P2PTM Kemenkes RI, "Kementrian Kesehatan Republik Indonesia," 3 Oktober 2018. [Online]. Available: <https://p2ptm.kemkes.go.id/infographic-p2ptm/gangguan-inder/apa-itu-retinopati-diabetik>. [Accessed 2023 Oktober 2023].
- [12] A. McManes, "Miopia: Penyebab dan gejala rabun jauh," 15 Juni 2021. [Online]. Available: [https://id.search.yahoo.com/search?fr=mcafee&type=E210ID885G0&p=Miopia+degeneratif+\(disebut+juga+sebagai+miopia+maligna+atau+patologis\)+adalah+suatu+kondisi+yang+relatif+langka+yang+diyakini+bersifat+turun-temurun+dan+biasanya+dimulai+sejak+usia+dini.+Sek](https://id.search.yahoo.com/search?fr=mcafee&type=E210ID885G0&p=Miopia+degeneratif+(disebut+juga+sebagai+miopia+maligna+atau+patologis)+adalah+suatu+kondisi+yang+relatif+langka+yang+diyakini+bersifat+turun-temurun+dan+biasanya+dimulai+sejak+usia+dini.+Sek). [Accessed 3 November 2023].
- [13] Humas Sardjito, "Risiko Gangguan Mata Penyandang Hipertensi," RSUP Dr.SARDJITO, 18 Februari 2019. [Online]. Available: <https://sardjito.co.id/2019/02/18/risiko-gangguan-mata-penyandang-hipertensi/>. [Accessed 3 November 2023].
- [14] Tim Medis Siloam Hospitals, "Degenerasi Makula - Penyebab, Gejala, dan Pengobatannya," Siloam Hospitals, 17 Oktober 2023. [Online]. Available: <https://www.siloamhospitals.com/informasi-siloam/artikel/apa-itu-degenerasi-makula>. [Accessed 3 November 2023].
- [15] "Dimensi Fraktal," Wikipedia Ensiklopedia Bebas, 10 Agustus 2023. [Online]. Available: [https://id.wikipedia.org/wiki/Dimensi\\_fraktal](https://id.wikipedia.org/wiki/Dimensi_fraktal). [Accessed 3 November 2023].
- [16] D. Puspitasari and D. Juniati, "IMPLEMENTASI DIMENSI FRAKTAL BOX COUNTING DAN K-MEANS DALAM KLASIFIKASI JENIS KUPU-KUPU (LEPIDOPTERA) BERDASARKAN BENTUK SAYAP," *MATHunesa*, vol. 11, 2023.
- [17] National Institutes of Health, "Box Counting," [Online]. Available: <https://imagej.net/ij/plugins/fraclac/FLHhelp/BoxCounting.htm>. [Accessed 26 Oktober 2023].



- [18] Trivusi, "Segmentasi Citra: Pengertian, Fungsi, dan Jenis-jenisnya," 17 September 2022. [Online]. Available: <https://www.trivusi.web.id/2022/06/pengertian-segmentasi-citra.html>. [Accessed 26 Oktober 2023].
- [19] T. M. S. Mulyana, "SlideShare," 2015. [Online]. Available: <https://slideplayer.info/slide/3278754/>. [Accessed 26 Oktober 2023].
- [20] K. Zuiderveld, "Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization," 1994. [Online]. Available: <https://sci-hub.se/10.1016/b978-0-12-336156-1.50061-6>. [Accessed 26 Oktober 2023].
- [21] M. Kusban, "publikasiilmiah.ums.ac.id," 2011. [Online]. Available: <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/3728/Artikel.pdf>. [Accessed 26 Oktober 2023].
- [22] D. Priambodo and A. Pustikaningsih, "ANALISIS PERBANDINGAN MODEL ALTMAN, SPRINGATE, GROVER, DAN ZMIJEWSKI DALAM MEMPREDIKSI FINANCIAL DISTRESS (STUDI EMPIRIS PADA PERUSAHAAN SEKTOR PERTAMBANGAN YANG TERDAFTAR DI BURSA EFEK INDONESIA PERIODE 2012-2015)," *Journal Student UNY*, p. 5, 2018.
- [23] M. M. Ilmi and Y. Salim, "Analisis Performa Metode Cluster K-Means pada Dataset Ocular Disease Recognition," *Indonesian Journal of Data and Science (IJODAS)*, vol. 3, 2022.
- [24] C. Khotimah and D. Juniati, "Iris Recognition Using Feature Extraction of Box Counting Fractal Dimension," *Journal of Physics*, vol. 1, 2018.
- [25] C. Khotimah, D. Juniati and I. K. Budayasa, "THE SIMILARITY OF IRIS BETWEEN TWINS AND ITS EFFECT ON IRIS RECOGNITION USING BOX COUNTING," *Communications in Mathematical Biology and Neuroscience (CMBN)*, 2020.
- [26] Humas Kementerian Kesehatan Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan, "Mata adalah Jendela Dunia," 18 Oktober 2022. [Online]. Available: [https://yankes.kemkes.go.id/view\\_artikel/1697/mata-adalah-jendela-dunia#:~:text=Mata%20adalah%20salah%20satu%20bagian,seperti%20kornea%2C%20retina%20dan%20pupil](https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/1697/mata-adalah-jendela-dunia#:~:text=Mata%20adalah%20salah%20satu%20bagian,seperti%20kornea%2C%20retina%20dan%20pupil). [Accessed 26 Oktober 2023].
- [27] "Ensiklopedia Dunia," Universitas STEKOM, [Online]. Available: [https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Dimensi\\_fraktal](https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Dimensi_fraktal). [Accessed 26 Oktober 2023].
- [28] M. Bouda, J. S. Caplan and J. E. Saiers, "Box-Counting Dimension Revisited: Presenting an Efficient Method of Minimizing Quantization Error and an Assessment of the Self-Similarity of Structural Root Systems," *frontiers*, vol. 7, 2016.
- [29] Dosbing, "Implementasi dan Perhitungan Manual Algoritma K-Means dalam Clustering Data," dosbing.id, 30 April 2023. [Online]. Available: <https://dosbing.id/2023/04/30/implementasi-dan-perhitungan-manual-algoritma-k-means-dalam-clustering-data/>. [Accessed 3 November 2023].

- [30] D. Juniati and I. K. Budayasa, in *Geometri Fraktal dan Aplikasinya*, Surabaya, Unesa University Press, 2016.