

# Analisis Citra Chest X-Rays Untuk Diagnosis Penyakit Pneumothorax Menggunakan Metode Box-Counting

Ferry Hasan<sup>1</sup>, Eka Bagus Priambudi<sup>2</sup>, Dzaky Athallah Putra<sup>3</sup>, Anggraini Puspita Sari<sup>4\*</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Informatika, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

<sup>1</sup>[122081010085@student.upnjatim.ac.id](mailto:122081010085@student.upnjatim.ac.id)

<sup>2</sup>[222081010081@student.upnjatim.ac.id](mailto:222081010081@student.upnjatim.ac.id)

<sup>3</sup>[322081010326@student.upnjatim.ac.id](mailto:322081010326@student.upnjatim.ac.id)

<sup>4</sup>[anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id](mailto:anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id)

\*Corresponding author email: [anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id](mailto:anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id)

**Abstrak**— Kemajuan dalam bidang pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan telah membuka pintu untuk pengembangan metode analisis citra yang lebih canggih untuk mendukung diagnosis medis. Diagnosis pneumothorax berdasarkan citra sinar-X dada atau chest X-rays merupakan tantangan, karena memerlukan interpretasi yang cermat dan sering kali dapat mengalami kesalahan. Dalam upaya untuk meningkatkan akurasi diagnosis, kami mengusulkan metode analisis citra chest X-rays menggunakan pendekatan fraktal dengan metode Box-Counting. Pada tahap pengujian, kami menggunakan dataset yang terdiri dari ratusan citra chest X-rays. Evaluasi dilakukan menggunakan dataset uji yang luas, dan hasil menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mengidentifikasi kasus pneumothorax dengan tingkat akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas yang memuaskan. Hasil ini menunjukkan bahwa metode analisis fraktal dengan metode Box-Counting dapat menjadi alat yang berguna dalam diagnosis pneumothorax berdasarkan citra chest X-rays, berpotensi meningkatkan deteksi dini dan akurasi diagnosis untuk penanganan lebih lanjut, dimulai dengan menyiapkan 100 dataset yang kemudian dilakukan grayscale yang dilanjutkan dengan segmentasi untuk mempermudah dalam proses deteksi tepi, dari hasil ini kemudian akan dilakukan box-counting untuk diklasifikasikan menjadi dua kategori: normal dan terindikasi Pneumothorax, gambar normal dikategorikan sebagai angka 0 sedangkan yang terindikasi akan dikategorikan sebagai angka 1. Penelitian ini memiliki potensi untuk memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan deteksi dini dan akurasi diagnosis pneumothorax, sehingga memungkinkan penanganan yang lebih efektif dan hasil yang lebih baik bagi pasien.

**Kata Kunci**— Pneumothorax, Chest X-rays, Analisis Citra, Fraktal Dimension, Box-Counting, Citra Medis.

## I. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan dalam bidang pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan telah membuka pintu untuk pengembangan metode analisis citra yang lebih canggih untuk mendukung diagnosis medis pada organ paru-paru[1]. Salah satu pendekatan yang menarik adalah penggunaan analisis fraktal, di mana citra medis seperti citra chest X-rays dipandang sebagai representasi dari struktur yang kompleks dan berulang-ulang dalam skala yang berbeda. Dan dari berkembangnya teknologi yang terjadi sekarang ini memungkinkan untuk dibuatnya program untuk mendeteksi penyakit pneumothorax dengan menganalisis citra dari Chest

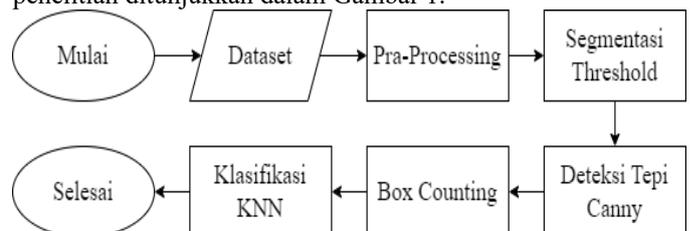
x-ray. Pneumothorax adalah kondisi medis dimana terdapat akumulasi udara di bagian paru-paru. Hal ini dapat menyebabkan terganggunya pernapasan. Penyakit ini bisa datang secara spontan, bahkan saat tubuh sedang istirahat[2]. Beberapa gejalanya antara lain yaitu sesak napas, nyeri dada yang tiba-tiba, dan batuk kering. Dari hasil ini bisa digunakan sebagai tahapan awal untuk mendeteksi penyakit tersebut, dengan begitu pasien dan petugas medis bisa menanggulangi kemungkinan penyakit dengan baik.

Salah satu metode yang sering digunakan untuk menghitung dimensi fraktal berdasarkan batas tepi adalah metode Box-Counting[3]. Metode ini memungkinkan pengukuran dimensi fraktal dari suatu objek atau struktur dalam citra. Dimensi fraktal mencerminkan kompleksitas dan pola dari objek tersebut, dan dapat memberikan informasi berharga tentang sifat-sifat geometris dari gambar.

Studi ini bertujuan untuk menggabungkan konsep analisis fraktal dengan teknologi citra medis untuk mengembangkan metode yang dapat membantu dalam diagnosis pneumothorax berdasarkan citra chest X-rays. Diharapkan bahwa hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam upaya meningkatkan deteksi dini dan akurasi diagnosis pneumothorax, sehingga memungkinkan penanganan yang lebih efektif dan hasil yang lebih baik bagi pasien.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar tahapan penelitian ini yaitu mengidentifikasi masalah, pengumpulan data, perancangan sistem, pengkodean, dan pengambilan kesimpulan. Adapun rincian tahapan penelitian ditunjukkan dalam Gambar 1.

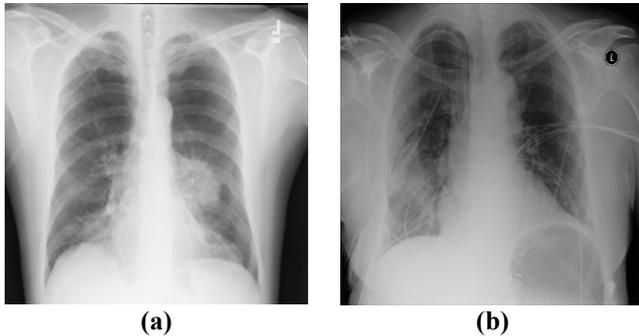


Gambar. 1 Desain tahap penelitian sistem yang dilakukan

Berdasarkan Gambar 1. tahap-tahap dari desain penelitian sistem yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1) Hal pertama yang harus dilakukan adalah mengumpulkan data. Data citra Chest X-ray dikumpulkan,

termasuk gambar dengan indikasi normal dan gambar dengan indikasi pneumothorax. Data diekstraksi dari situs Kaggle dengan total 100 dataset gambar Chest X-ray, dengan rinciannya yaitu 50 citra normal dan 50 citra yang terindikasi penyakit pneumothorax. Dan persiapan data juga dilakukan untuk memastikan bahwa semua gambar diformat secara konsisten dan siap untuk diproses.



Gambar. 2 Salah satu citra normal dan citra pneumothorax

Pada gambar (a) merupakan citra Chest X-ray dengan indikasi normal dan gambar (b) merupakan citra Chest X-ray yang terindikasi penyakit pneumothorax. Kedua gambar tersebut merupakan salah satu gambar dari 100 dataset yang akan diolah menggunakan segmentasi yang akan menghasilkan wilayah paru-parunya saja.

2) Langkah kedua adalah melakukan pre-processing kumpulan data yang akan digunakan untuk meningkatkan kualitas dan detail dalam mengidentifikasi daerah paru-paru serta mempersiapkan citra agar siap untuk dianalisis ke tahap dimensi box counting. Pada tahap ini gambar akan diubah ukuran dari 1024x1024 menjadi 256x256 untuk mengoptimalkan kinerja, mengurangi noise, dan memastikan konsistensi dalam pemrosesan gambar medis. Selain itu warna pada gambar akan dikonversi dengan tingkatan abu-abu (grayscale)[4]. Proses ini menghilangkan informasi warna dan hanya mempertahankan kecerahan pada citra dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{grayscale} = \frac{R + G + B}{3}$$

Setelah dilakukan proses grayscale, selanjutnya akan dilakukan proses Histogram Equalization (Ekuivalensi Histogram) untuk meningkatkan kontras citra dan membuat distribusi nilai intensitas piksel lebih merata. Ekuivalensi histogram adalah bahwa citra dengan distribusi nilai intensitas yang tidak seimbang dapat menyebabkan kontras yang rendah, sehingga dengan mengubah distribusi nilai intensitas menjadi lebih merata, kita dapat meningkatkan kontras citra dan membuatnya lebih jelas.

Kemudian, akan dilakukan proses filtering menggunakan Blur Gaussian untuk mengurangi noise dan menghaluskan citra. Noise pada citra dapat menyebabkan kesalahan pada analisis, sehingga dengan mengurangi noise menggunakan kernel Gaussian, kita dapat membuat citra yang lebih halus dan akurat.

Hal ini dilakukan sebagai dasar untuk pemrosesan citra berikutnya. Tujuan dari pra-processing sendiri yaitu untuk meningkatkan citra, mengurangi noise dan juga untuk membuat fitur penting yang diimplementasikan agar lebih menonjol[5].

3) Langkah ketiga, melakukan segmentasi yang merupakan proses memisahkan objek yang diinginkan dari latar belakang citra[6]. Kumpulan data yang digunakan untuk mengidentifikasi daerah paru-paru pada gambar rontgen, kemudian dilanjutkan dengan melakukan grayscale pada gambar, setelahnya dilakukan histogram yaitu untuk mengatasi hasil gambar yang terlalu gelap, terang ataupun kabur[7].

4) Langkah keempat, melakukan Deteksi tepi menggunakan metode canny, perubahan nilai intensitas dalam pengolahan citra untuk mendeteksi tepi objek dalam suatu citra[8]. Canny mempunyai tujuan untuk mengetahui pola tepi dan memastikan bahwa tepi yang terdeteksi benar-benar tepi yang ada[9]. Dengan deteksi tepi canny, struktur dan batas-batas dalam citra dapat teridentifikasi dengan lebih baik.

Kekurangan menggunakan Canny:

- Sensitif terhadap noise dan dapat menghasilkan tepi yang tidak diinginkan.
- Tidak selalu dapat membedakan antara tepi yang penting dan tepi yang tidak penting.

Kelebihan menggunakan Canny:

- Relatif sederhana dan mudah diimplementasikan.
- Dapat mendeteksi tepi dengan baik, bahkan pada gambar dengan noise yang tinggi.
- Dapat menghasilkan gambar edge detection yang akurat dan mudah diinterpretasikan.

5) Langkah kelima, melakukan box counting. Box counting sendiri merupakan metode yang kita gunakan untuk menghitung dimensi fraktal dari sebuah objek dalam sebuah citra[10]. Dimensi fraktal sendiri merupakan ukuran yang menggambarkan kompleksitas sebuah objek, dengan cara mengukur detail objek yang telah berubah menggunakan skala. Dengan menggunakan metode ini akan dapat memudahkan dalam mengukur bentuk geometri yang rumit[11]. Persamaan pada dimensi dapat dicari dengan persamaan berikut:

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

$D(r)$  merupakan besar dimensi,  $N(r)$  merupakan jumlah kotak yang terisi objek, dan  $r$  adalah iterasi[12].

6) Langkah keenam, melakukan klasifikasi. Setelah melakukan pra-processing, segmentasi, deteksi tepi, menghitung dimensi fraktal menggunakan metode box counting, dan yang terakhir melakukan klasifikasi pada citra untuk mendiagnosis penyakit pneumothorax.

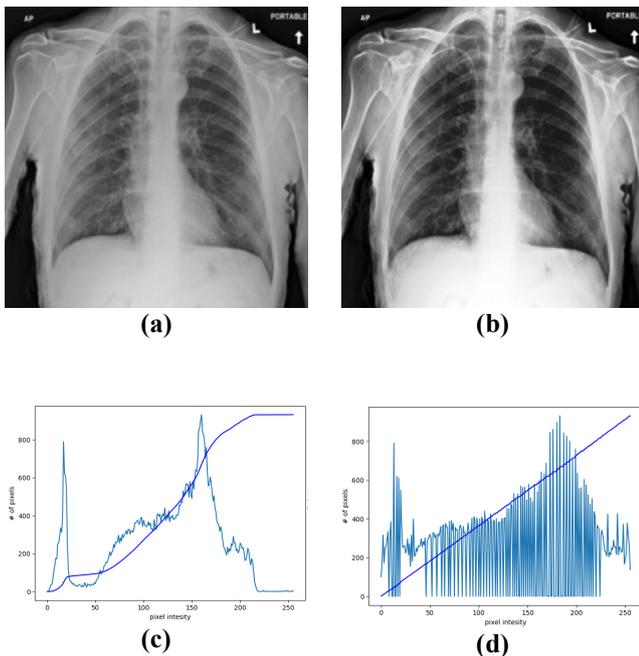
Dengan menggunakan algoritma K-Nearest Neighbors (KNN) yang merupakan algoritma yang mengklasifikasikan data berdasarkan jarak terdekat[12][13][14]. KNN bekerja dengan suatu sampel data dalam dataset untuk menentukan kelas

berdasarkan mayoritas kelas tersebut[15]. langkah-langkah klasifikasi:

- Persiapan Data
- Normalisasi Data
- Pembagian Data
- Pemilihan Algoritma Klasifikasi
- Pelatihan Model
- Prediksi
- Evaluasi Model

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. *Pra-Processing*



Gambar. 3 Citra normal dan citra hasil pra-processing

Pada tahap ini gambar (a) dari chest x-ray akan dilakukan grayscale untuk memastikan bahwa gambar benar-benar berwarna hitam putih serta histogram equalization sebelum dilakukan proses segmentasi dengan hasil cumulative distribution function (CDF) pada gambar (c). Selain itu tahapan grayscale membuat gambar menjadi lebih mudah diproses untuk langkah selanjutnya. Gambar (a) merupakan gambar X-ray normal dan gambar (b) merupakan gambar yang telah dilakukan pra-processing dengan perubahan ukuran, grayscale, serta histogram equalization.

Selanjutnya, untuk meningkatkan kontras dan detail pada gambar X-ray, dilakukan proses histogram equalization dengan hasil CDF pada gambar (d). Proses ini bertujuan untuk mendistribusikan intensitas piksel secara merata di seluruh rentang dinamis gambar. Dengan kata lain, histogram equalization mengubah histogram dari gambar sehingga menjadi lebih merata dan tersebar. Hasilnya, detail pada area yang awalnya tampak gelap atau terang akan menjadi lebih jelas.

Dalam implementasi histogram equalization, pertama-tama histogram dari gambar grayscale dihitung untuk mendapatkan distribusi intensitas piksel. Kemudian, CDF dihitung dari histogram ini. CDF dinormalisasi sehingga nilainya berkisar antara 0 hingga 255 (untuk gambar 8-bit). Setelah itu, nilai intensitas asli dari gambar dipetakan ke nilai intensitas baru menggunakan CDF yang dinormalisasi ini.

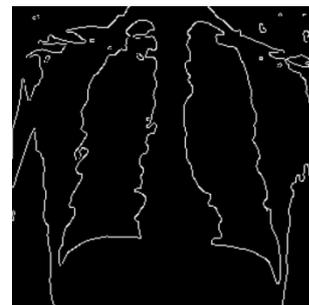
#### B. *Segmentasi*



Gambar. 4 Citra hasil histogram

Setelah melalui pra-processing gambar yang telah diubah menjadi grayscale ini akan diubah menjadi histogram, yang dimana nantinya akan memudahkan tahap selanjutnya dalam melakukan deteksi tepi. area yang diinginkan telah dipisahkan dari latar belakang, menghasilkan bentuk yang lebih jelas untuk analisis lebih lanjut. Proses segmentasi ini mempermudah tahap selanjutnya dalam melakukan deteksi tepi, karena citra yang dihasilkan sudah memiliki kontras yang cukup antara objek dan latar belakangnya. Segmentasi yang baik adalah kunci dalam pemrosesan citra untuk memastikan bahwa fitur-fitur penting dari gambar dapat dianalisis dan diinterpretasikan dengan benar.

#### C. *Edge Detection (Canny)*



Gambar. 5 Citra hasil deteksi tepi canny

Pada tahap deteksi tepi ini, gambar hasil histogram yang sebelumnya pada area paru-paru terdapat warna putih secara keseluruhan, warna putih tersebut akan berada pada tepinya saja (membentuk bercak) dan bukan pada keseluruhannya. dari gambar diatas telah dilakukan deteksi tepi menggunakan canny untuk mempermudah dalam menghitung nilai dengan menggunakan metode box counting.

#### D. *Box Counting*

Pada tahap ini, gambar yang telah dilakukan threshold akan dihitung tepi-tepinya menggunakan box-counting untuk menghitung fraktal dimensinya..

TABEL I  
DIMENSI FRAKTAL CITRA NORMAL

No.	Dimensi	No.	Dimensi
1	1,2584	26	1,2693
2	1,3670	27	1,3351
3	1,2818	28	1,3782
4	1,3152	29	1,2641
5	1,2797	30	1,2940
6	1,2263	31	1,3356
7	1,1773	32	1,2823
8	1,2815	33	1,3000
9	1,2945	34	1,2764
10	1,3136	35	1,3384
11	1,2721	36	1,3249
12	1,1792	37	1,2994
13	1,2867	38	1,2671
14	1,1160	39	1,3069
15	1,2680	40	1,2610
16	1,3399	41	1,2801
17	1,3209	42	1,2200
18	1,3032	43	1,3215
19	1,3410	44	1,2986
20	1,3329	45	1,3001
21	1,3216	46	1,3059
22	1,2456	47	1,2636
23	1,2960	48	1,3075
24	1,2799	49	1,3191
25	1,3129	50	1,2946

TABEL II  
DIMENSI FRAKTAL CITRA PNEUMOTHORAX

No.	Dimensi	No.	Dimensi
1	1,3606	26	1,3712
2	1,2881	27	1,2762
3	1,3450	28	1,1933
4	1,3080	29	1,2072
5	1,2966	30	1,3849
6	1,3232	31	1,2839
7	1,2301	32	1,3139
8	1,3666	33	1,3701
9	1,2594	34	1,3418
10	1,3315	35	1,2942
11	1,2261	36	1,2950
12	1,2788	37	1,1419
13	1,2973	38	1,3155
14	1,2728	39	1,2763
15	1,3364	40	1,2539

16	1,3734	41	1,3917
17	1,3053	42	1,2715
18	1,2748	43	1,2571
19	1,2995	44	1,2153
20	1,3380	45	1,3086
21	1,3019	46	1,3547
22	1,2969	47	1,3486
23	1,3287	48	1,3049
24	1,3309	49	1,2915
25	1,2786	50	1,3133

#### E. Pengklasifikasian

Setelah gambar berhasil diolah, kumpulan gambar tersebut kemudian akan diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu gambar yang terdeteksi penyakit pneumothorax dan normal. Dari pengklasifikasian ini kemudian akan dijadikan dasar untuk penanganan lanjutan pasien yang terdapat indikasi penyakit pneumothorax.

Accuracy: 0.55

Laporan Klasifikasi:

	precision	recall	f1-score	support
0	0.64	0.58	0.61	12
1	0.44	0.50	0.47	8
accuracy			0.55	20
macro avg	0.54	0.54	0.54	20
weighted avg	0.56	0.55	0.55	20

Gambar. 6 Hasil eksekusi program dengan pengklasifikasian KNN

Pada gambar 6, model berhasil memprediksi dengan benar 0.55 atau 55% dari total 100 dataset (50 citra normal dan 50 citra pneumothorax) yang diuji. Pada kolom pertama, angka 0 dan 1 merupakan kelas daripada klasifikasinya yaitu 0 sebagai kelas yang terindikasi normal dan 1 sebagai kelas yang terindikasi pneumothorax.

Kelas 0 (normal) memiliki hasil *precision* 0.64 yang berarti dari semua prediksi yang diklasifikasikan sebagai normal, 64% adalah benar-benar normal. Hasil *recall* 0.58 yang berarti dari semua sampel yang sebenarnya normal, hanya 58% yang terdeteksi oleh model. Selanjutnya hasil *f1-score* adalah rata-rata harmonis dari *precision* dan *recall*. Nilainya 0.61 yang mencerminkan keseimbangan antara *presisi* dan *recall*. Jumlah sampel yang sebenarnya termasuk dalam kelas ini yaitu 12 sampel sesuai hasil pada kolom *support*.

Kelas 1 (pneumothorax) memiliki hasil *precision* 0.44 yang berarti dari semua prediksi yang diklasifikasikan sebagai normal, 44% adalah benar-benar pneumothorax. Hasil *recall* 0.50 yang berarti dari semua sampel yang sebenarnya pneumothorax, hanya 50% yang terdeteksi oleh model. Selanjutnya hasil *f1-score* adalah rata-rata harmonis dari *precision* dan *recall*. Nilainya 0.47 yang mencerminkan keseimbangan antara *presisi* dan *recall*. Jumlah sampel yang sebenarnya termasuk dalam kelas ini yaitu 8 sampel sesuai hasil pada kolom *support*.

Dan hasil dari kedua kelas tersebut akan dihitung untuk rata-rata dan totalnya untuk *precision*, *recall*, *f1-score*, serta *support* yang tertera pada baris *accuracy*, *macro avg*, dan *weighted avg*.

#### IV. KESIMPULAN

Pada proses pengolahan citra X-ray yang bertujuan untuk mendeteksi pneumothorax melibatkan berbagai tahapan penting yang bertujuan untuk mempermudah mengidentifikasi dan mendiagnosis. Tahap awal dimulai dengan mengonversi menjadi grayscale. kemudian, gambar grayscale diubah menjadi biner melalui thresholding, untuk memisahkan struktur dari anatomi yang penting dengan dua warna: hitam dan putih. Setelah itu, deteksi tepi yang menggunakan metode canny digunakan untuk mendeteksi tepi-tepi dalam gambar.

Setelah mendeteksi tepinya, tepi-tepi yang terdeteksi akan dianalisis dengan metode box counting untuk menghitung dimensi fraktalnya. gambar-gambar tersebut kemudian diklasifikasikan menjadi dua kategori: normal dan terindikasi pneumothorax. gambar normal dikategorikan sebagai angka 0, sedangkan yang terindikasi penyakit pneumothorax akan dikategorikan sebagai angka 1. Langkah-Langkah ini nantinya dapat memudahkan tenaga medis dalam mengidentifikasi kelainan dan memberikan diagnosis yang akurat untuk penanganan yang lebih lanjut.

Diharapkan untuk kedepannya dari tulisan ini agar bisa dikembangkan lebih baik lagi dari segi akurasi dan *output* setelah gambar *Chest X-ray* diolah agar lebih mudah dipahami oleh lebih banyak orang, tidak hanya dikhususkan untuk dipahami oleh para petugas medis. Salah satu cara untuk memperbaiki akurasi yang digunakan adalah dengan cara menggunakan metode lain untuk membandingkan keakuratan dari metode yang digunakan, dengan lebih banyak referensi metode untuk suatu permasalahan diharapkan agar dapat dianalisis dan digunakan untuk mencari metode yang paling baik untuk digunakan dalam permasalahan tersebut. Dan untuk *output* yang dihasilkan lebih sederhana dengan menampilkan kesimpulan dari hasil pengolahan gambar.

#### REFERENSI

- [1] Azizah, F. N., & Juniati, D. Analisis jenis penyakit paru-paru berdasarkan chest X-ray menggunakan metode fuzzy C-means. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, Volume 9 No.2. 2021
- [2] Sulaiman, Ishak, S.Kom., M.Kom, & Ginting, R. I. Sistem pakar mendiagnosa penyakit pneumothorax pada anak dengan menggunakan metode certainty factor. *Jurnal Cyber Tech*, 2019.
- [3] Zainet, A., Magdalena, R., & Raharjo, J. Klasifikasi non-proliferative diabetic retinopathy (NPDR) melalui citra iris mata menggunakan metode fraktal. *Jurnal Cyber Tech*. 2019.
- [4] Maria, E., Yulianto, Arinda, Y. P., Jumiati, & Nobel, P. (2022). Segmentasi citra digital bentuk daun pada tanaman di Politani Samarinda menggunakan metode thresholding. *SCAN*, 17(3), Oktober 2022. ISSN 2686-6099. 2022.
- [5] Lusiana, V., & Hartono, B. (2022). Praproses citra menggunakan kompresi citra, perbaikan kontras, dan kuantisasi piksel. *SCAN*, 17(3), Oktober 2022. ISSN 2686-6099. 2022.
- [6] Mursalim, & Aprilia, T. (2022). Segmentasi citra digital berbasis histogram: Systematic literature review. *SCAN*, 17(3), Oktober 2022. ISSN 2686-6099. 2022.
- [7] Pratiwi, E. H., & Juniati, D. Clustering penyakit paru-paru berdasarkan rontgen dada menggunakan dimensi fraktal box counting dan K-medoids. *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika*, Volume 06 No.1. 2022.
- [8] Basuki, A. F., Hidayat, B., & Darana, S. (2022). Deteksi kualitas dan kesegaran telur berdasarkan segmentasi warna dengan metode fuzzy color histogram dan wavelet dengan klasifikasi KNN. *SCAN*, 17(3), Oktober 2022. ISSN 2686-6099. 2022.
- [9] Triono, P., & Murinto. (2022). Aplikasi pengolahan citra untuk mendeteksi fraktur tulang dengan metode deteksi tepi Canny. *SCAN*, 17(3), Oktober 2022. ISSN 2686-6099. 2022.
- [10] Al Amin, M., & Juniati, D. (2022). Klasifikasi kelompok umur manusia berdasarkan analisis dimensi fraktal box counting dari citra wajah dengan deteksi tepi Canny. *SCAN*, 17(3), Oktober 2022. ISSN 2686-6099. 2022.
- [11] Hidayatillah, W., & Jakfar, M. Klasifikasi batik di Jawa Timur berdasarkan analisis dimensi fraktal dengan menggunakan metode box counting. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, Volume 10 No.2. 2022
- [12] Sapata, B. M., & Juniati, D. Klasifikasi penyakit paru berdasarkan citra X-ray thorax menggunakan metode fraktal box counting. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 7(3), 228. 2019.
- [13] Cahyanti, D., Rahmayani, A., & Husniara, S. A. Analisis performa metode KNN pada dataset pasien pengidap kanker payudara. *Indonesian Journal of Data and Science*, Volume 1 No.2. 2020.
- [14] Prahudaya, T. Y., & Harjoko, A. (2022). Metode klasifikasi mutu jambu biji menggunakan KNN berdasarkan fitur warna dan tekstur. *SCAN*, 17(3), Oktober 2022. ISSN 2686-6099. 2022.
- [15] Liantoni, F. (2022). Klasifikasi daun dengan perbaikan fitur citra menggunakan metode K-Nearest Neighbor. *SCAN*, 17(3), Oktober 2022. ISSN 2686-6099. 2022.