

Mendeteksi Radang Paru-Paru Menggunakan *Computer Vision* Dengan *Fuzzy Tsukamoto*

Baharuddin Risyad
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia

if16.baharuddinrisiyad@mhs.ubpkarawang.ac.id

Ahmad Fauzi
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia

afauzi@ubpkarawang.ac.id

Ayu Ratna Juwita
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia

ayurj@ubpkarawang.ac.id

Abstract—

Paru merupakan organ vital yang penting pada manusia yang bekerja untuk mengirim oksigen yang berasal dari udara dan mengubahnya dengan karbondioksida yang berasal dari darah ke luar. Letak paru-paru ada dalam rongga dada, paru-paru biasanya terjadi infeksi karena polusi udara atau tercemar bakteri atau virus. Penyakit yang biasa menginfeksi paru-paru yaitu pneumonia. Untuk mendeteksi adanya pneumonia biasanya para dokter melihat dengan cara rontgen. Pendeteksian pada citra rontgen masih belum banyak dilakukan dengan cara komputerisasi jadi tujuan dari penelitian ini yaitu mengidentifikasi paru-paru berbasis *computer vision*. Tahapan yang pertama dalam penelitian ini adalah mengumpulkan data gambar *x-ray* yang didapat dari data penelitian Kaggle.com. Proses selanjutnya adalah tahap pengolahan citra pertama dilakukan proses preprocessing kemudian melakukan segmentasi untuk mencari piksel putih citra segmentasi dan piksel putih deteksi tepi. Dari tahapan yang telah dilakukan proses selanjutnya adalah mencari nilai perbandingan piksel putih segmentasi dan piksel putih deteksi tepi, selanjutnya adalah melakukan klasifikasi menggunakan *Fuzzy Tsukamoto*. Hasil dari uji coba citra sebanyak 20 citra menghasilkan nilai akurasi sebesar 90%.

Kata Kunci: *Computer Vision, Fuzzy Tsukamoto, Paru-Paru, Pneumonia, X-ray.*

I. PENDAHULUAN

Paru adalah organ pada manusia yang penting yang berfungsi sebagai alat pernapasan. Paru merupakan pada bagian dada manusia yang disusun oleh jaringan utama yaitu pleura [1]. Paru-paru dapat terserang oleh beberapa penyakit yang terjadi akibat adanya gangguan fungsi pada paru-paru. Diantaranya penyakit yang biasa menyerang adalah radang paru (*pneumonia*), infeksi pada pernapasan (*bronchitis*), pembengkakan dan penyempitan saluran pernapasan, dan gangguan lain infeksi pada paru-paru tuberculosis [2].

Radang paru (*pneumonia*) adalah salah satu gangguan pada pernapasan infeksi jaringan paru yang terjadi akibat terinfeksi oleh bakteri virus, bakteri, jamur, atau parasit, ataupun pengaruh tidak langsung dari penyakit yang lain yang berlangsung pada kantung udara pada paru [3]. *Pneumonia* dapat menyerang semua kalangan namun ada beberapa kelompok yang rentan terserang *pneumonia* diantaranya bayi dan anak-anak usia dibawah 2 tahun, lansia, perokok, seseorang dengan kekebalan tubuh rendah penderita penyakit berbahaya seperti asma, atau penyakit paru obstruktif kronis [4]. Pada citra *x-ray* paru-paru normal terlihat bersih tidak ada bercak putih pada area *pulmonary* sedangkan pada paru-paru yang terdeteksi *pneumonia* area *pulmonary* mengalami inflamasi akibat virus, area itu akan berwarna putih abu karena penuh dengan cairan [5]. Untuk mendeteksi penyakit *pneumonia* yaitu dengan cara foto rontgen ataupun dari *x-ray* dengan cara pemeriksaan pada gambaran yang telah didapatkan yang akan dianalisa oleh dokter spesialis ahli. [6].

Computer Vision merupakan salah satu pengembangan teknologi informasi *open source* yang menyediakan library untuk pengembangan pemrosesan citra digital, *computer vision* dapat dijalankan diberbagai platform, salah satunya adalah Linux. *Computer vision* adalah cabang kecerdasan yang dibuat yang bisa menjadikan komputer seperti manusia, pada dasarnya dapat meniru indra penglihatan pada manusia [7]. Pengolahan citra berbasis teknologi *computer vision* semakin banyak dilakukan sebagai bahan penelitian supaya mempermudah dalam melakukan pemrosesan data citra untuk diolah atau dianalisa sehingga dari citra tersebut menghasilkan informasi, mengenai suatu benda untuk membantu manusia mengetahui suatu objek tertentu dengan informasi yang didapatkan pada sebuah sistem yang telah dipelajari [8].

Penelitian dilakukan oleh Nova Eka dkk melakukan penelitian membuat sistem deteksi kemurnian beras berbasis *computer vision*. Penelitian ini dirancang untuk mendeteksi kotoran batu kecil pada beras dengan metode deep learning. Proses penelitian dimulai dengan mengakuisisi citra yang diambil real time video dari webcam. Pengujian yang dilakukan mendapat nilai akurasi 86% [9]. Ada beberapa langkah yang terlibat dalam penggunaan gambar *x-ray* untuk mengklasifikasikan berbagai jenis penyakit paru-paru. Langkah pertama adalah memastikan gambar dalam skala abu-abu. Histogram adalah langkah berikutnya setelah memverifikasi bahwa gambar berada dalam skala abu-abu. Distribusi intensitas piksel suatu gambar ditampilkan melalui fungsi histogram. Dengan menyesuaikan tingkat abu-abu, kualitas foto di bawah standar dapat ditingkatkan dengan menggunakan histogram untuk menunjukkan area gambar mana yang lebih terang atau lebih gelap. Prosedur segmentasi paru akan memanfaatkan temuan histogram. Pentingnya proses segmentasi ini berasal dari kedalamannya. Prosedur ini membantu membedakan paru-paru dengan organ lain sehingga bentuk paru-paru mudah terlihat. Selanjutnya, deteksi tepi Canny digunakan untuk mengidentifikasi tanda-tanda penyakit paru-paru.[10].

Bersumber pada pendahuluan maka saya melakukan penelitian melakukan identifikasi radang paru-paru berbasis *computer vision* Penelitian ini diharapkan dapat membantu profesional medis dalam mendiagnosis kondisi paru menggunakan sistem yang akan dirancang.

II. METODE PENELITIAN

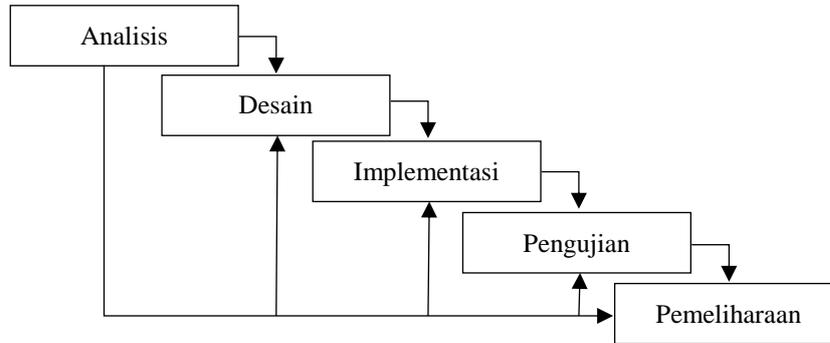
A. Objek Penelitian

Objek pada yang pakai pada penelitian ini adalah gambar digital *x-ray* paru dengan format *Joint Photographic Expert Group* (JPEG). Untuk mengidentifikasi penyakit radang pada paru-paru tersebut. Diharapkan sistem ini dapat membantu membaca awal dalam mendeteksi adanya penyakit radang pada paru-paru (*pneumonia*) tersebut.

Waktu pelaksanaan penelitian ini adalah dari bulan November 2022 sampai dengan selesai, berlokasi di laboratorium universitas Buana Perjuangan (UBP) Karawang.

B. Prosedur Penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu :



Gambar 1 Tahapan penelitian

1. Analisis

Penelitian ini akan menggunakan beberapa kebutuhan dalam perancangan aplikasi. Peralatan penelitian merupakan bagian yang penting untuk mendapatkan informasi, spesifikasi, tentang perangkat-perangkat yang dibutuhkan. Dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan naskah ilmiah beberapa perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

Perangkat keras (*hardware*) yang digunakan dalam melakukan penelitian adalah sebaga berikut :

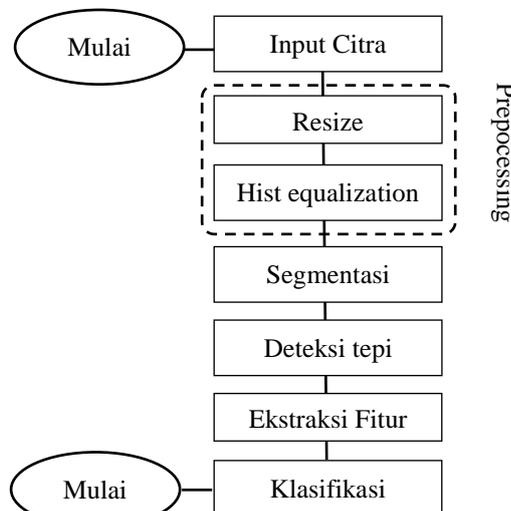
- 1) *Hardware*
 - Laptop X455L dengan intel core i3
- 2) *Software*
 - Python v3 (bahasa pemrograman)
 - Glade
 - Visual studio code
 - Os windows 10 & Os ubuntu 20

2. Desain

Tampilan antarmuka aplikasi atau biasa dikenal dengan user interface merupakan bagian terpenting dalam menjalankan suatu aplikasi berguna untuk menghubungkan pengguna saat melakukan interaksi dengan program aplikasi. Perancangan tampilan aplikasi ini dibuat menggunakan perangkat lunak software *glade interface designer*.

3. Implementasi

Dibawah ini merupakan alur pengolahan citra aplikasi identifikasi penyakit radang paru-paru (*pneumonia*) yang akan di uraikan dibawah sebagai berikut :



Gambar 2 Alur pengolahan Citra

1) Input Citra

Tahapan pertama dalam melakukan pengolahan citra adalah melakukan masukan gambar, yang merupakan langkah pertama penelitian ini mencoba menangkap gambar x-ray yang akan diproses pada program penelitian ini. Input citra yang didapat adalah citra x-ray yang akan ditampilkan pada tampilan antarmuka dengan cara menekan atau klik button pencarian pada program.

2) Preprocessing

Preprocessing merupakan proses yang berfungsi untuk menghilangkan noise atau bagian yang tidak diperlukan pada citra [11]. Gambar x-ray akan diproses dalam prosedur ini dengan menggunakan beberapa tahapan proses yang diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Resize

Proses awal yang dilakukan adalah merubah ukuran resolusi citra yang berupaya untuk membakukan ukuran yang akan diterapkan pada prosedur selanjutnya 256x256 piksel adalah ukuran yang digunakan. Gambar berukuran 256 x 256 piksel memberikan tingkat akurasi yang tinggi dalam hal deteksi sistem [12]..[12].

b. Histogram equalization

Bahkan setelah pemrosesan data gambar x-ray skala abu-abu, masih terdapat masalah kualitas pada gambar, seperti kurang tajam, terlalu gelap atau terang,, tujuan dilakukannya gambar x-ray yang dipilih akan mengalami peningkatan kualitas dan konversi bentuk biner selama fase ini. Prosedur ini akan membuat gambar x-ray tampak lebih tajam dan cerah paru-paru akan menjadi lebih terbaca. Fungsi dari histogram equalization sendiri adalah untuk meningkatkan kontras citra dan meningkatkan persebaran nilai grayscale sehingga output citra akan terlihat lebih terang dan detail lebih terlihat [13].

3) Segmentasi

Tahap selanjutnya adalah tahap segmentasi pada tahap ini menggunakan segmentasi grabcut algorithm penggunaan algoritma grabcut telah terbukti efektif dalam melakukan segmentasi objek dengan akurat [14]. Proses ini bertujuan untuk memecah citra x-ray dan mendapatkan bagian paru-paru. Pada penelitian ini proses segmentasi yang dilakukan adalah dengan grabcut algorithm, operasi ini membagi gambar menjadi wilayah objek dan wilayah latar belakang pada penelitian ini gambar x-ray yang sudah dilakukan segmentasi akan di ubah menjadi warna putih dengan latar belakang hitam.

4) Deteksi tepi

berfungsi untuk mendapatkan tepian objek, secara signifikan deteksi tepi dilakukan untuk mengurangi jumlah data dan menyaring informasi yang tidak diperlukan akan tetapi tetap mempertahankan structural utama yang ada pada gambar. Pada tahapan ini bertujuan untuk menghasilkan tepian dari gambar x-ray dan, untuk memberikan tanda bagian utama detail dari gambar x-ray.

5) Ekstraksi fitur

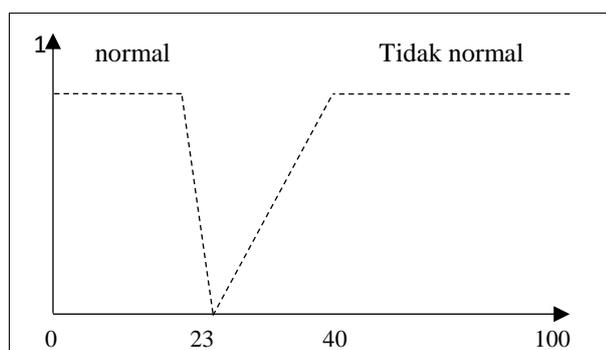
Tahapan yang selanjutnya adalah ekstraksi fitur, merupakan tahapan untuk mencari nilai piksel yang terdapat pada citra paru-paru, dilakukan dengan cara menghitung jumlah piksel dan jumlah piksel putih citra. Dan selanjutnya menghitung jumlah presentasi piksel putih dan menghitung perbandingan nilai piksel putih segmentasi dengan piksel putih deteksi tepi. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Fauzi Dan Dwiza Riana [15]

6) Klasifikasi

Tahapan terakhir dalam menentukan citra paru-paru adalah dengan klasifikasi logika fuzzy tsukamoto. Tahapan logika fuzzy tsukamoto pada penelitian yang dilakukan ini adalah :

1) Fuzzification

Tahap fuzzification terdapat satu variabel masukan yaitu variabel presentase piksel putih. Nilai persentase piksel putih didapat dari proses ekstraksi fitur citra. Selanjutnya variabel persentase piksel putih mempunyai dua himpunan linguistik yaitu normal dan tidak normal bisa dilihat dalam tabel dibawah ini :



Gambar 3 Fungsi keanggotan persentase Piksel putih

Penelitian ini menggunakan kurva trapesium dengan rentang nilai 0 – 100. Dalam mendeteksi pneumonia menurut Fauzi dan Riana Dalam penelitiannya rentang keanggotaan piksel puith 0-23 menunjukkan presentase piksel putih normal, 23-100 menunjukkan persentase piksel putih tidak normal [15].

2) Inference system

Hasil tahapan proses menghitung nilai keanggotaan *fuzzy* selanjutnya diinferensikan terhadap aturan *fuzzy* dengan fungsi indikasi min, terdapat satu variabel masukan yang perlu iimplementasikan terhadap *fuzzy rules* seperti berikut :

- [R1] if persentase piksel putih normal then paru-paru normal
- [R2] if persentase piksel putih tidak normal then paru-paru *pneumonia*

4. Pengujian

Ada tiga tahap dalam penelitian ini: pertama pengujian mendeteksi citra *x-ray* dengan bahasa pemrograman *python* dengan Pustaka *opencv*. Kemudian pengujian dengan klasifikasi *Fuzzy Tsukamoto* dan terakhir menghitung akurasi keberhasilan klasifikasi. Untuk menghitung nilai akurasi klasifikasi citra paru-paru dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Persentase akurasi} = \frac{\text{Jumlah data benar}}{\text{jumlah data pengujian}} \times 100\% \quad (1)$$

5. Pemeliharaan

Arsitektur sistem informasi ini harus dibangun dan dioperasikan dengan perangkat keras dan perangkat lunak yang tepat, sehingga memerlukan pemeliharaan rutin agar sistem dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Desain

Software opencv digunakan untuk pengolahan citra digital sedangkan untuk *Fuzzy Tsukamoto* sebagai klasifikasi dari citra yang diproses. Tampilan antarmuka aplikasi atau biasa dikenal dengan *user interface* merupakan bagian terpenting dalam menjalankan suatu aplikasi berguna untuk menghubungkan pengguna saat melakukan interaksi dengan program aplikasi. Perancangan tampilan aplikasi ini dibuat menggunakan perangkat lunak atau *software glade interface designer*.



Gambar 4 Tampilan antarmuka program

B. Hasil Implementasi

1. Preprocessing

digunakan untuk melakukan normalisasi dan melakukan perbaikan pada citra antara lain terdiri dari terdiri dari *resize image*, *greyscaling* dan beberapa pemfilteran seperti *histogram equalization*.



Gambar 5 Citra sebelum diubah ukuran



Gambar 6 Citra setelah diubah ukuran

Kemudian setelah proses *resize* adalah melakukan perbaikan kualitas citra sebelum dilakukan segmentasi, tujuan dilakukan proses *histogram equalization* adalah untuk meningkatkan kontras citra dan hasil dari tahapan ini diharapkan gambar *x-ray* akan terlihat lebih terang dan bagian dari area paru-paru akan terlihat lebih terbaca.



Gambar 7 hasil citra Histogram equalization

2. Segmentasi

Segmentasi citra dilakukannya membagi antara objek dan latar. Proses yang dilakukan diharapkan dapat memisahkan bagian paru-paru dengan latar belakang atau bagian lain yang tidak diperlukan. Metode yang digunakan untuk proses segmentasi adalah metode *grabcut alorithm*



Gambar 8 Citra hasil segmentasi

3. Deteksi Tepi

Tahapan selanjutnya adalah melakukan pengenalan tepi (*edge recognition*) pada gambar. Tujuan dari prosedur ini adalah untuk membuat tepian objek gambar yang berupaya menandai bagian-bagian yang dirinci dalam gambar.



Gambar 9 Citra hasil deteksi tepi

4. Ekstraksi Fitur

selanjutnya melakukan penghitungan membandingkan total piksel putih antara citra yang telah dilakukan segmentasi *thresholding* dengan citra yang dilakukan deteksi tepi *canny*. Tahap pertama adalah mencari nilai piksel putih dari citra hasil segmentasi, Adapun baris kode untuk mencari nilai piksel putih hasil segmentasi dan piksel putih deteksi tepi adalah sebagai berikut :

```

100. #Total Piksel Putih
101. totalpx = 256x256
102.
103. whitepxdet=np.sum(imgdet == 255)
104. whitepxseg=np.seum(th == 255)
    
```

Gambar 10 Baris kode ekstraksi fitur

Tahap terakhir dari proses ekstraksi fitur adalah menghitung perbandingan jumlah piksel putih hasil antara segmentasi *threshold* dan piksel putih dari hasil deteksi tepi. Tahapan dari ini yang akan menjadi nilai klasifikasi pada penelitian ini. Adapun baris kode untuk mencarinya bisa dilihat pada gambar dibawah :

```

105. #persentase piksel putih
106.
107. percentase = round(whitepxdet /whitepxseg)

```

Gambar 11 baris kode persentase piksel putih

5. Klasifikasi

Tahapan ini dilakukan untuk mendeteksi paru *pneumonia* dengan paru normal. setelah dilakukan dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System Tsukamoto*. Berikut pembahasan Fuzzy Tsukamoto pada penelitian ini :

1) Variabel semesta

Variabel semesta digunakan untuk membatasi nilai-nilai dari masukan yang diperbolehkan dalam variabel fuzzy. Pada klasifikasi citra paru-paru mempunyai dua variabel yaitu 1 variabel masukan dan 1 variabel keluaran. Variabel masukan berupa nilai piksel putih dengan nilai 0% - 100 % dan variabel keluaran berupa nilai kualitas paru-paru dengan nilai 1-100. Variabel semesta masukan dan keluaran dapat dilihat dalam gambar.

```

108. #Fuzzy Logic
109. #variabelsemesta
110. semesta_pikselPutih = np.arange(0,101,1)
111. semesta_xray = np.arange(0,101,1)

```

Gambar 12 baris kode variabel semesta

2) Fungsi keanggotaan

Variabel piksel putih mempunyai himpunan variabel linguistik berupa normal, dan tidak normal, sedangkan variabel kualitas bernilai *pneumonia* dan tidak *pneumonia*. Fungsi keanggotaan variabel piksel putih paru-paru menggunakan fungsi *fuzz.trapmf*.

```

112. #Fungsi Keanggotaan Fuzzy
113. pikselputih_normal = fuzz.trimf(semest_pikselPutih,[0,23,.23])
114. pikselPutih_pneumonia = fuzz.trimf(semest_pikselPutih,[23,100,100])

```

Gambar 13 Fungsi Keanggotaan Fuzzy

selanjutnya fungsi keanggotaan diaktivasi untuk mendapatkan nilai derajat keanggotaan. Pada gambar dibawah ini merupakan baris kode program aktivasi keanggotaan dengan fungsi *fuzz.interp_membership* dan x berupa nilai masukan.

```

115. #Fungsi aktifasi fuzzy membership
116. level_xraynormal = fuzz.interp_membership(semesta_pikselPutih, pikselPutih_normal, x)
117. level_xraypneumonia = fuzz.interp_membership(semesta_pikselPutih, pikselPutih_pneumonia, x)

```

Gambar 14 Fungsi Membership

3) Basis aturan

Basis aturan pada klasifikasi citra paru-paru mempunyai dua aturan yaitu :

- a) Jika piksel putih normal maka kualitas citra tidak pneumonia
- b) Jika piksel putih tidak normal maka citra paru-paru pneumonia

Penerapan kode program basis aturan diatas dapat dilihat pada gambar dibawah ini dengan menggunakan fungsi impikasi MIN (*np.fmin*).

```

118. #rule
119. rule1=np.fmin(level_xraynormal, XrayNormal)
120. rule2=npfmin(level_xraypneumonia, XrayPneumonia)

```

Gambar 15 Kode Baris Aturan

C. Hasil Pengujian

Proses pengujian dilakukan untuk menjawab tujuan pada penelitian ini. Tahapan pengujian terdiri dari pengujian program deteksi citra *x-ray*. Pengujian klasifikasi kualitas *x-ray* dan evaluasi pengujian . Pengujian dilakukan pada citra paru-paru dengan 20 data paru-paru yang didapatkan dari data sekunder *kagle.com*.

Pengujian citra *x-ray* berdasarkan dari hasil proses preprocessing yang telah dibahas pada bab sebelumnya . proses preprocessing merubah kualitas citra, proses segmentasi dan proses deteksi tepi. Hasil pengujiannya deteksi gambar *x-ray* dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 1 Hasil dari Pengujian Citra

No	Nama Citra	Citra Asli	Segmentasi	Deteksi Tepi
1.	Citra 01.jpeg			
2.	Citra 02.jpeg			
3.	Citra 03.jpeg			
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
19.	Citra 19.jpeg			
20.	Citra 20.jpeg			

Pada tahap pengujian Klasifikasi Dengan Fuzzy Tsukamoto kualitas citra paru-paru bertujuan untuk mengetahui akurasi algoritma FIS *Tsukamoto* terhadap kondisi kualitas citra. Hasil pengujian algoritma FIS *tsukamoto* dapat dibaca dari tabel berikut ini :

Tabel 2 Klasifikasi *Tsukamoto*

No.	Nama citra	Piksel putih segmentasi	Piksel putih Deteksi tepi	Perbandingan Piksel putih (%)	Diagnosa	Data Hasil Pengujian	Keterangan diagnosa
1	Citra 1.jpg	11223	1169	10.4	Normal	Normal	Sesuai
2	Citra 2.jpg	12098	1537	12.7	Normal	Normal	Sesuai
3	Citra 3.jpg	12950	1596	12.3	Normal	Normal	Sesuai
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
19	Citra 19.jpg	13042	1459	11.2	<i>Pneumonia</i>	Normal	Tdk Sesuai

20	Citra 20.jpg	13671	1413	10.3	<i>Pneumonia</i>	Normal	Tdk Sesuai
----	--------------	-------	------	------	------------------	--------	------------

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang sudah dilaksanakan klasifikasi algoritma *Fuzzy Tsukamoto* dapat menentukan kualitas citra *x-ray* dan mengklasifikasikannya kedalam *x-ray* normal atau *pneumonia*. Dari deteksi citra *x-ray* menggunakan bahasa pemrograman *python* terdapat 18 citra yang terdeteksi sesuai dari 20 sampel citra. Hasil evaluasi deteksi citra dengan menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* mendapat nilai akurasi 90% .

Saran yang perlu diperbaiki penelitian ini adalah data sampel citra yang dipakai masih menggunakan data penelitian dari *Kaggle.com*. Penelitian ini masih perlu dilakukan pengembangan kembali karena input citra yang di input harus memperhatikan kualitas citra.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Wenda, Kraugusteeliana, A. Suryanto, and S. Alam, "Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Paru-Paru dengan Menggunakan Metode Teorema Bayes," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 7, no. 2, pp. 82–88, 2023, doi: 10.30865/mib.v7i1.5394.
- [2] T. A. Chasshidi and M. R. Putra, "Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Penyakit Pneumonia Menggunakan Metode Certainty Factor dan Fuzzy Logic Tsukamoto Berbasis WEB," *J. KomtekInfo*, vol. 8, no. 2, pp. 118–128, 2021, doi: 10.35134/komtekinfo.v8i2.106.
- [3] S. Olyvia Fernanda, M. Rita, and K. Nor, "Deteksi Gangguan Paru-Paru Deep Learning," vol. 8, no. 6, pp. 2891–2896, 2022.
- [4] M. Zaini, M. Mulyani, J. B. Soediono, and E. Destiana, "Pola Persepan Antibiotik Pada Pasien Pneumonia Di Poli Anak Rsud Dr. H. M. Ansari Saleh Banjarmasin Tahun 2017," *J. Insa. Farm. Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 138–148, 2019, doi: 10.36387/jifi.v2i1.306.
- [5] I. M. D. Maysanjaya, "Klasifikasi Pneumonia pada Citra X-rays Paru-paru dengan Convolutional Neural Network," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 9, no. 2, pp. 190–195, 2020, doi: 10.22146/jnteti.v9i2.66.
- [6] F. Antony, H. Irsyad, and M. E. Al Rivan, "KNN Dan Gabor Filter Serta Wiener Filter Untuk Mendiagnosis Penyakit Pneumonia Citra X-RAY Pada Paru-Paru," *J. Algoritma*, vol. 1, no. 2, pp. 147–155, 2021, doi: 10.35957/algoritme.v1i2.893.
- [7] M. Dio Riza Pratama, B. Priyatna, S. S. Hilabi, and A. L. Hananto, "Deteksi Objek Kecelakaan Pada Kendaraan Roda Empat Menggunakan Algoritma YOLOv5," *J. Ilm. Sist. Informas*, vol. 12, no. 2, pp. 15–26, 2022.
- [8] N. Nahrudin, Y. Cahyana, and K. A. Baihaqi, "Deteksi Bentuk Candi Jiwa dan Candi Blandongan," *Sci. Student J. Information, Technol. Sci.*, vol. IV, no. 1, pp. 24–30, 2023.
- [9] N. Eka Budiayanta, M. Mulyadi, and H. Tanudjaja, "Sistem Deteksi Kemurnian Beras berbasis Computer Vision dengan Pendekatan Algoritma YOLO," *J. Inform. J. Pengemb. IT*, vol. 6, no. 1, pp. 51–55, 2021.
- [10] B. M. Sapata, "Klasifikasi Penyakit Paru Berdasarkan Citra X-Ray Thorax Menggunakan Metode Fraktal Box Counting," *MATHunesa*, vol. 7, no. 3, 2019.
- [11] M. F. Naufal, J. Siswanto, and M. G. K. Wicaksono, "Klasifikasi Tulisan Tangan Pada Resep Obat Menggunakan Convolutional Neural Network," *Techno.Com*, vol. 22, no. 2, pp. 508–526, 2023, doi: 10.33633/tc.v22i2.8075.
- [12] M. S. S. R. Rikko Ismail Hardianzah1, Dr. Ir. Bambang Hidayat, DEA2, Prof. Dr. drg. Suhardjo, "PENGOLAHAN CITRA RADIOGRAF PERIAPIKAL PADA DETEKSI PENYAKIT GRANULOMA MENGGUNAKAN METODE DISCRETE WAVELET TRANSFORM & PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS BERBASIS ANDROID Image Processing of Periapical Radiograph on Granuloma Disease Detection Using Discrete Wav," *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 547–553, 2017.
- [13] S. Daeng Bakka Mau, "Pengaruh Histogram Equalization Untuk Perbaikan," vol. 7, no. 1, pp. 177–182, 2016.
- [14] A. R. K. Notan, C. Kurniawan, J. D. Silaen, and P. Rosyani, "Penghapusan Latar Belakang dengan OpenCV dan Python Batasan Penelitian," vol. 13, no. 2, 2024.
- [15] A. Fauzi and D. Riana, "Metode Segmentasi Canny pada Citra Rontgen untuk Klasifikasi Penyakit Paru," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 140–145, 2013, [Online]. Available: <http://jti.respati.ac.id/index.php/jurnaljti/article/viewFile/1/1>