

PENGEMBANGAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* UNTUK DETEKSI PENYAKIT PNEUMONIA BERDASARKAN CITRA X-RAY

Diah Rahayu Ningtias*, Tri Suhartono, M. Rofi'i, Bayu Wahyudi

Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang

*Corresponding author: diahrahayu@atemsemarang.ac.id

ABSTRAK

Pneumonia merupakan penyakit infeksi paru-paru berasal dari virus yang mengancam jiwa. Deteksi penyakit pneumonia berdasarkan citra X-Ray paru-paru sulit untuk dilakukan karena memiliki banyak kesamaan dengan penyakit lainnya, sehingga tingkat akurasi nya rendah dan waktu yang lebih lama. Oleh karena itu, proses deteksi dibantu dengan sistem komputer sangat penting untuk pengambilan keputusan dan mempersingkat waktu. Pengembangan Artificial intelligence dapat digunakan untuk deteksi citra X-Ray penyakit pneumonia menggunakan algoritma Convolutional Neural Network (CNN). CNN memiliki fitur untuk mengetahui sebaik mana model program klasifikasi yang telah dibuat menggunakan evaluasi confusion matrix. Menggunakan CNN didapatkan tingkat akurasi deteksi citra X-Ray yang tinggi dan lebih cepat. Tujuan penelitian ini adalah membuat aplikasi yang dapat digunakan untuk deteksi penyakit pneumonia berdasarkan citra X-Ray paru-paru menggunakan algoritma CNN. Bahasa yang digunakan untuk membuat aplikasi pada penelitian ini adalah python dengan mengembangkan sistem klasifikasi pada algoritma CNN di google collab. Visual studio code digunakan sebagai media untuk membuat teks editor pada streamlit. Penelitian ini menggunakan data set citra X-Ray paru-paru sejumlah 5.855 yang diambil dari Kaggle, dengan nilai epoch 10 dan step per epoch 326 menghasilkan nilai akurasi sebesar 92%, nilai recall 89%, presisi 92% dan f1-score 90% dengan nilai kurva ROC sebesar 97%. Model program CNN yang telah dibuat dapat dikembangkan menjadi aplikasi deteksi penyakit pneumonia menggunakan streamlit dan link aplikasi sebagai ouput yang dapat digunakan untuk mempermudah deteksi penyakit pneumonia berdasarkan citra X-Ray paru-paru yang di-input-kan. Berdasarkan uji aplikasi yang telah dilakukan menggunakan citra X-Ray paru-paru secara acak, menghasilkan rata-rata keakurasian deteksi pneumonia sebesar 97,01%.

Kata kunci: artificial intelligence, CNN, streamlit, pneumonia, citra X-ray.

PENDAHULUAN

Pneumonia merupakan penyakit infeksi paru-paru yang disebabkan virus dan bakteri (Blanco *et al.*, 2022). Bakteri dan virus yang masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernapasan dapat menyerang alveoli sehingga menyebabkan gangguan proses pertukaran udara pada paru-paru (Torres *et al.*, 2021). Pneumonia pada umumnya diderita pada anak usia balita dan lansia. Balita rentan mengalami infeksi

karena daya tahan tubuh yang belum kuat (Kulsum *et al.*, 2019). Sementara lansia memilik risiko tinggi terkena pneumonia karena daya tahan dan imunitas tubuh yang menurun (Niederman & Cilloniz, 2022).

Salah satu tindakan untuk mengetahui pasien terjangkit pneumonia adalah dengan melihat Film X Ray atau rontgen maupun citra CT-Scan paru-paru penderita. Sejah ini para tenaga medis melakukan analisa secara langsung dengan melihat hasil rontgen paru-paru pasien tanpa menggunakan sistem yang terkomputasi. Selama ini deteksi pneumonia menggunakan citra X-Ray Sebagian besar dilakukan oleh Dokter yang menangani pasien. Kelemahannya metode ini membutuhkan keahlian Dokter Spesialis Paru-paru untuk mendiagnosis sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mendiagnosis kelainan pada paru-paru menjadi lebih lama (Yopento, 2022).

Artificial intelligence dapat digunakan sebagai sistem deteksi penyakit berdasarkan citra X-Ray (Fitriyasari, 2021). Proses pengolahan citra dapat menggunakan algoritma *computer vision* sebagai sistem yang digunakan untuk pengolahan data citra (Guo *et al.*, 2022). Salah satu algoritma yang dapat digunakan adalah CNN (*Convolutional Neural Network*) dan mampu meniru kerja sistem syaraf tiruan dengan nilai akurasi tinggi (Vermeire *et al.*, 2022). CNN dapat digunakan sebagai model untuk klasifikasi citra (Maggiori *et al.*, 2017). Proses modeling CNN dapat dilakukan melalui *google colab* dengan menggunakan bahasa *python* (Kanani & Padole, 2019). Dengan menggunakan model CNN yang dibuat dapat digunakan untuk mengklasifikasi penyakit berdasarkan citra X-Ray yang digunakan (Kjelle & Chilanga, 2022).

Untuk mengetahui tingkat akurasi model CNN dapat menggunakan *confusion matrix* (Shamrat *et al.*, 2022). *Confusion matrix* akan menghasilkan nilai TP (*true positive*), FP (*false positive*), TN (*true negative*), FN (*false negative*) yang digunakan dalam perhitungan untuk mengevaluasi model CNN (Heydarian *et al.*, 2022). Berdasarkan perhitungan *confusion matrix* tersebut didapatkan nilai akurasi, presisi, *recall*, dan *f1-score* yang digunakan untuk evaluasi model (Ali *et al.*, 2022). Selain *confusion matrix*, evaluasi yang digunakan adalah kurva ROC. Kurva ROC adalah grafik yang menampilkan kinerja model yang telah dibuat (Fawcett, 2006).

Kurva ROC dinilai baik untuk menilai prediksi fitur dalam klasifikasi biner dengan hasil dikotomis antara ya atau tidak (Gneiting & Walz, 2022). Nilai kurva ROC akan semakin baik ketika nilai nilai yang dihasilkan mendekati 1 (satu) (Muschelli, 2020).

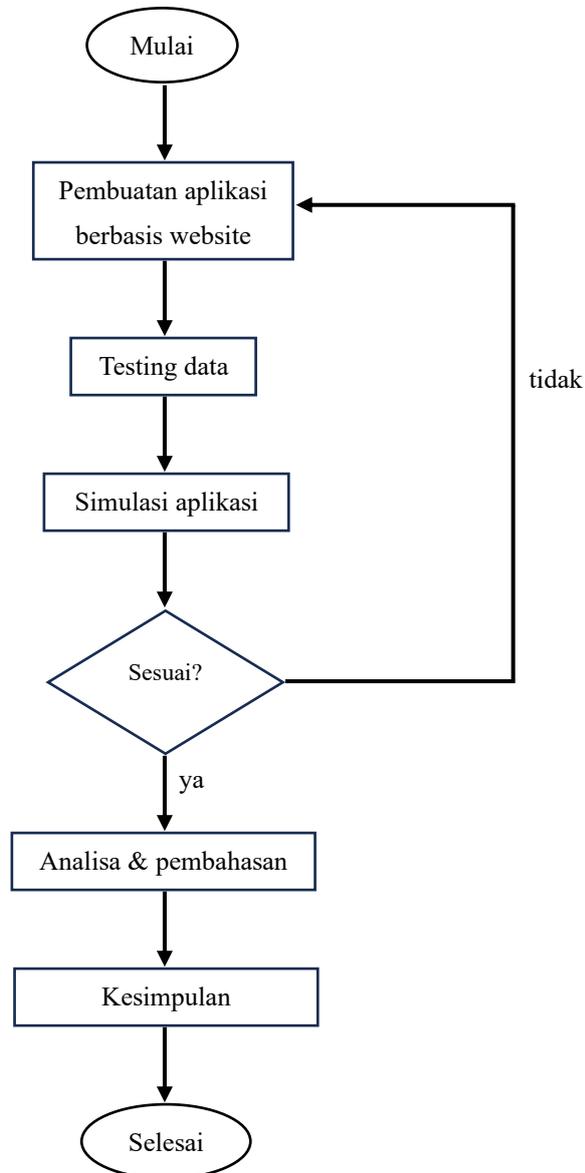
Tujuan pada penelitian ini adalah membuat aplikasi yang dapat digunakan untuk deteksi penyakit pneumonia berdasarkan citra X-Ray paru-paru menggunakan algoritma CNN, yaitu menggunakan *framework Streamlit*. *Streamlit* merupakan *framework* pemrograman *python open source* yang dapat digunakan untuk membuat aplikasi web (Nápoles Duarte *et al.*, 2022). *Streamlit* dapat digunakan sebagai visualisasi *machine learning* dan *data science* (Streamlit, 2022). *Streamlit* dapat digabungkan dengan model CNN yang telah dibuat sebagai sistem klasifikasi citra X-Ray untuk digunakan sebagai aplikasi deteksi penyakit (Qin, 2021; Suhartono & Ningtias, 2023).

METODE

Metode yang dilakukan pada penelitian ini, dimulai dengan pembuatan model aplikasi berbasis website pada *visual studio code (VScode)* dengan membuat menu (template) yang dibutuhkan. Pada proses pembuatan program ini menggunakan bahasa *python*, dengan menggabungkan model CNN yang telah diuji sebagai sistem deteksi. Kemudian melakukan testing data pada menu ‘mulai deteksi’ dengan menginput data citra yang telah sebelumnya diklasifikasikan sebagai data normal dan positif pneumonia. Hal ini dilakukan untuk mengetahui aplikasi yang dibuat dapat melakukan deteksi sesuai perintah atau tidak.

Selanjutnya adalah melakukan simulasi aplikasi yang telah dibuat, yaitu memastikan bahwa semua fitur yang terdapat pada aplikasi telah berfungsi dengan baik, meliputi beberapa menu yang telah dibuat. Apabila pada tahap ini terjadi kegagalan sistem, seperti gagal dalam proses deteksi maka dapat diulangi pada tahap pembuatan aplikasi yaitu dengan melakukan perbaikan pada coding yang telah dibuat. Apabila semua fitur pada menu telah berfungsi sesuai inisialisasi awal, maka dilanjutkan tahap berikutnya yaitu analisis dan pembahasan.

Pada tahap analisis dan pembahasan, dilakukan analisis hasil dari uji fungsi aplikasi untuk mendeteksi penyakit pneumonia menggunakan data citra X-Ray acak dengan format .jpeg maupun .png. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan deteksi pada aplikasi. Kemudian dilakukan pembahasan dan langkah terakhir adalah menentukan kesimpulan. Langkah-langkah metode penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart metode penelitian.

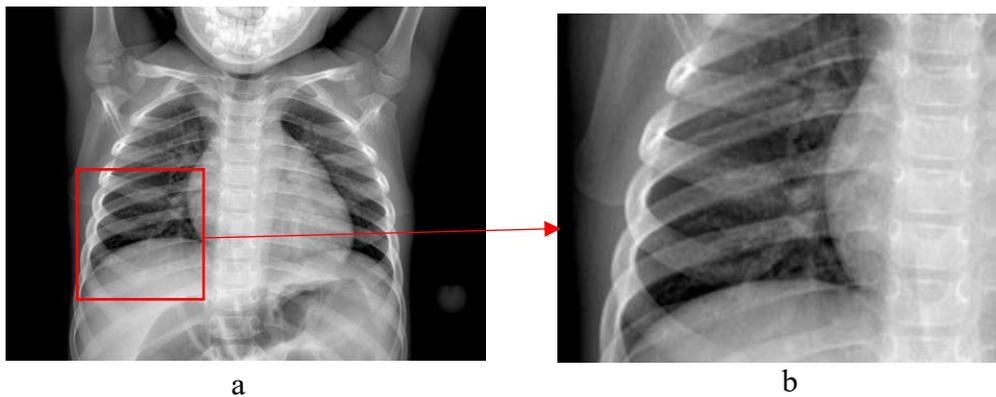
A. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data set berupa citra X-Ray paru-paru yang diperoleh dari web *open source* www.kaggle.com dengan format .jpeg. dan .png. data set berisikan citra X-Ray bebas pneumonia dan positif pneumonia. Jumlah data set yang digunakan sebanyak 5.855 citra X-Ray paru-paru yang dibagi menjadi 3 bagian, yaitu data training sebanyak dengan 5.215 citra, data testing dengan 624 citra, dan validasi sebanyak 16 citra. Adapun secara rinci dapat dilihat seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah data set.

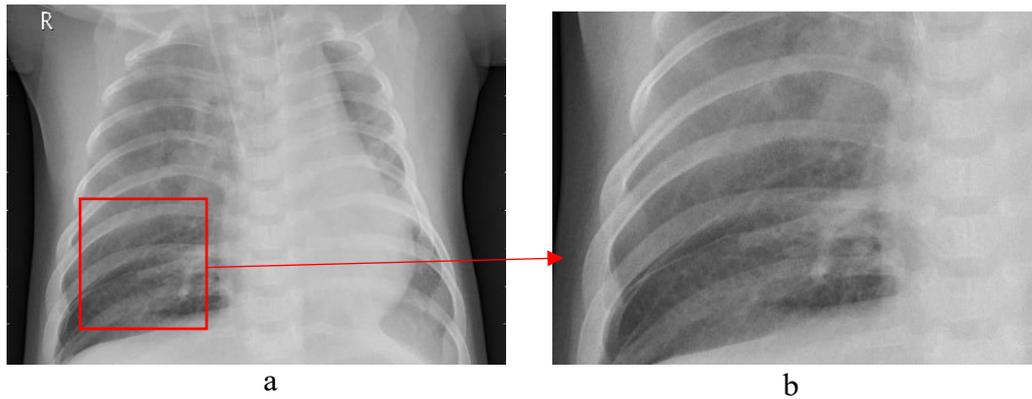
Pembagian Dataset	Citra		Jumlah
	Normal	Pneumonia	
Training	1.340	3.875	5.215
Testing	234	390	624
Validasi	8	8	16

Berikut ini merupakan contoh dari data set citra X-Ray paru-paru normal pneumonia yang digunakan pada penelitian, ditunjukkan pada Gambar 2 (a-b). dan citra X-Ray paru-paru positif pneumonia ditunjukkan pada Gambar 2 (a-b).



Gambar 2. Citra normal.

Berdasarkan citra X-Ray paru-paru normal pada Gambar 2 (a-b) pada bagian organ paru-paru terlihat gelap. Hal ini dikarenakan sinar-X pada modalitas yang digunakan tidak menyerap objek lebih tebal pada *thorax* akibat dari tidak adanya kerusakan pada paru-paru berupa cairan nanah. Sehingga tidak ditemukan flek (*noise*) pada citra X-Ray dan menunjukkan warna yang lebih gelap serta bersih.



Gambar 3. Citra positif pneumonia.

Pada Gambar 3 (a-b) menunjukkan citra X-Ray dengan kasus positif pneumonia, hal ini dapat dilihat pada bagian organ paru-paru terdapat bercak putih (flek). Dikarenakan terdapat cairan nanah pada bagian organ paru-paru tersebut sehingga sinar-X yang menembus objek sebagian diserap, maka dari itu didapatkan citra X-Ray dengan warna lebih putih.

B. Alat

Dalam penelitian ini digunakan beberapa *platform* sebagai alat untuk membuat model dan media deteksi penyakit paru-paru seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Media *open source* yang digunakan.

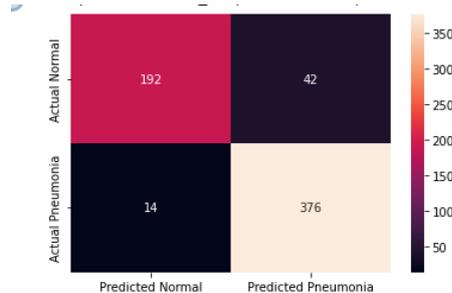
No.	Nama	Keterangan
1.	<i>Anaconda Navigator</i>	Digunakan untuk menyimpan <i>library</i> program yang dibutuhkan dalam membuat program yang akan dibuat dengan Visual Studio Code.
2.	<i>Google Colab</i>	Digunakan untuk <i>framework</i> dalam menulis dan menjalankan model program.
3.	<i>Visual Studio Code</i>	Digunakan sebagai teks editor dalam pembuatan model tampilan web.
4.	<i>Streamlit</i>	<i>framework Python</i> yang digunakan untuk membuat aplikasi web interaktif. Ini memungkinkan Anda untuk membuat aplikasi yang dapat dijalankan di browser web
5.	<i>Streamlit io</i>	Digunakan sebagai media <i>deploy</i> model program, yang memungkinkan aplikasi web dapat dibuka semua orang melalui <i>link</i> aplikasi yang telah diatur <i>public</i> .
6.	<i>GitHub</i>	Digunakan sebagai media penyimpanan model program dan model aplikasi <i>streamlit</i> sebelum <i>men-deploy</i> menggunakan <i>streamlit io</i> .

C. Modeling CNN

Pemodelan sistem deteksi penyakit paru-paru pada penelitian ini menggunakan algoritma CNN yang selanjutnya lebih spesifik digunakan untuk sistem klasifikasi penyakit pneumonia. Penelitian ini menggunakan data set berupa citra X-Ray sebanyak 5.855 dengan menggunakan nilai *epoch* 10 dan nilai *step per epoch* 326. Pada tahap modeling CNN didapatkan nilai evaluasi berdasarkan *confusion matrix* yang digunakan sebagai parameter baik atau tidaknya model CNN yang telah dibuat. Parameter yang digunakan adalah nilai akurasi, presisi, *recall*, *f1-score* dan kurva ROC yang dihasilkan oleh model program yang didapat. Adapun hasil evaluasi model program adalah sebagai berikut:

1. Confusion Matrix

Confusion matrix adalah *matrix* yang memberikan informasi perbandingan hasil klasifikasi yang dilakukan oleh sistem dengan hasil klasifikasi sebenarnya. Dengan menggunakan *confusion matrix* kita dapat mendapatkan nilai akurasi, nilai presisi, *f1-score*.



Gambar 4. Hasil evaluasi model.

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa kemampuan model program CNN yang telah dibuat memiliki kemampuan klasifikasi yang baik, dimana model program dapat memprediksi 192 data normal dari 234 data normal yang diprediksi. Sementara dari data pneumonia, model program dapat memprediksi dengan benar 376 data dari 390 data pneumonia yang di prediksi. Dari hasil *confusion matrix* diatas kita dapat menghitung nilai akurasi, *recall*, *f1-score* yang digunakan untuk evaluasi model program yang telah dibuat.

2. Akurasi

Akurasi merupakan persentase model memprediksi benar dibanding seluruh prediksinya. Untuk mendapatkan nilai akurasi ditunjukkan melalui persamaan (1)

$$akurasi = \frac{TP + TN}{FP + TN + TP + FN} \quad (1)$$

3. Presisi

Pada perhitungan presisi dilakukan di tiap *classes*, yaitu *cleasses* normal dan *classes* positif pneumonia ditunjukkan pada persamaan (2) dan (3)

$$presisi\ normal = \frac{TP}{FP + TP} \quad (2)$$

$$presisi\ pneumonia = \frac{TN}{FN + TN} \quad (3)$$

4. Recall

Merupakan rasio prediksi benar positif dibandingkan dengan keseluruhan data yang benar positif.

$$recall\ normal = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

$$recall\ pneumonia = \frac{TN}{TN + FP} \quad (5)$$

5. F1-score

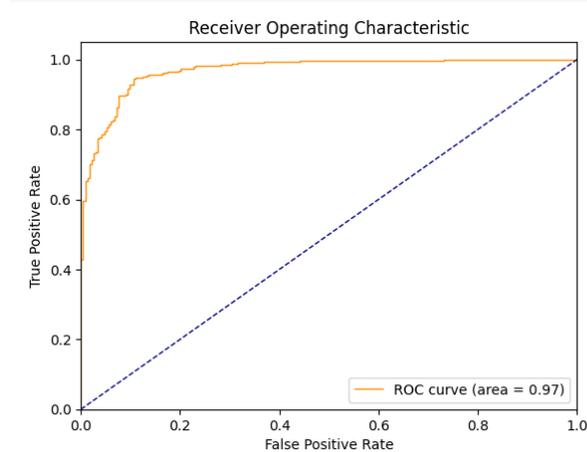
F1-score merupakan *harmonic mean* antara presisi dan *recall*. F1-score memberi informasi seberapa tepat klasifikasi yang dihasilkan model.

$$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{presisi} + \frac{1}{recall} \right) \quad (6)$$

6. Kurva ROC

Receiver operating characteristic (ROC) adalah kurva yang menunjukkan kinerja pengklasifikasi biner sebagai fungsi dari ambang batasnya. Pada dasarnya menunjukkan grafik antara *true positive rate* (TPR) terhadap *false positive rate*

(FPR). Kurva ROC yang dihasilkan pada program dapat dilihat seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva ROC.

Pada model program yang dibuat, dihasilkan nilai area 97%. Hasil ini dinilai baik karena semakin mendekati 1, maka kurva ROC yang dihasilkan semakin baik.

D. Modeling Aplikasi Streamlit

Modeling aplikasi pada penelitian ini dilakukan untuk membuat aplikasi berbasis web yang dapat digunakan secara online dengan menggunakan *anaconda navigator*. Kemudian pada *visual studio code* model CNN yang telah dibuat pada *google colab* menggunakan bahasa *python* ditulis. Adapun algoritma yang digunakan untuk membuat aplikasinya pada *visual studio code* adalah sebagai berikut:

1. Import library

```
import streamlit as st
import pandas as pd
from streamlit_option_menu import option_menu

from tempfile import NamedTemporaryFile
import numpy as np
from PIL import Image
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras.models import load_model
from tempfile import NamedTemporaryFile
from tensorflow.keras.preprocessing import image
from termcolor import colored
```

2. Membuat judul link aplikasi

Pada link aplikasi akan dibuat dengan deskripsi 'deteksi pneumonia' dengan coding berikut:

```
st.set_page_config(page_title="deteksi pneumonia")
```

3. Membuat menu aplikasi

Aplikasi dibuat dengan beberapa menu, seperti menu BERANDA, PNEUMONIA, TENTANG KAMI, dan MULAI DETEKSI dengan coding berikut:

```
with st.sidebar:  
    selected = option_menu(  
        menu_title = 'MENU',  
        options = ['BERANDA', 'PNEUMONIA', 'TENTANG KAMI',  
                  'MULAI DETEKSI'],
```

kemudian pada main menu akan diberikan keterangan 'pilih menu di atas' dengan coding berikut:

```
st.sidebar.success("PILIH MENU DI ATAS")
```

4. Mendeskripsikan menu aplikasi

```
if selected == 'BERANDA':  
    st.write(f'Anda sedang berada pada laman >> {selected}')  
  
if selected == 'PNEUMONIA':  
    st.write(f'anda sedang berada pada >> {selected}')  
  
if selected == 'TENTANG KAMI':  
    st.write(f'anda sedang berada pada >> {selected}')  
  
if selected == 'MULAI DETEKSI':  
    st.write(f'anda sedang berada pada laman >> {selected}')
```

5. Menggabungkan model CNN dengan model aplikasi

Model CNN yang telah dibuat selanjutnya kita hubungkan dengan aplikasi yang telah dibuat dengan menggunakan fungsi di bawah ini :

```
st.set_option('deprecation.showfileUploaderEncoding', False)  
def loading_model():  
    cnn = tf.keras.models.load_model('modelta4.h5')  
    return cnn
```

pada coding ‘cnn = tf.keras.models.load_model('modelta4.h5')’ berfungsi untuk memanggil model program CNN. Model CNN yang digunakan adalah ‘modelta4.h5’.

6. Mendeskripsikan output klasifikasi

```

cnn = loading_model()
temp = st.file_uploader("Upload Citra X-Ray")
buffer = temp
temp_file = NamedTemporaryFile(delete=False)
if buffer:
    temp_file.write(buffer.getvalue())
    st.write(image.load_img(temp_file.name))
if buffer is None:
    st.text("silakan coba lagi dan input citra X-Ray kembali.")
else:
    img = image.load_img(temp_file.name, target_size=(500,
500),color_mode='grayscale')
    # Preprocessing the image
    pimg = image.img_to_array(img)
    pimg = pimg/255
    pimg = np.expand_dims(pimg, axis=0)
#predict
    prediksi= cnn.predict(pimg)
    if prediksi>= 0.5:
        out = st.error('Anda {:.2% } dinyatakan POSITIF
PNEUMONIA'.format(prediksi[0][0]))
    else:
        out = st.success('Anda {:.2% } dinyatakan BEBAS
PNEUMONIA'.format(1-prediksi[0][0]))
    image = Image.open(temp)
    st.image(image,use_column_width=True)

```

HASIL DAN PEMBAHASAN

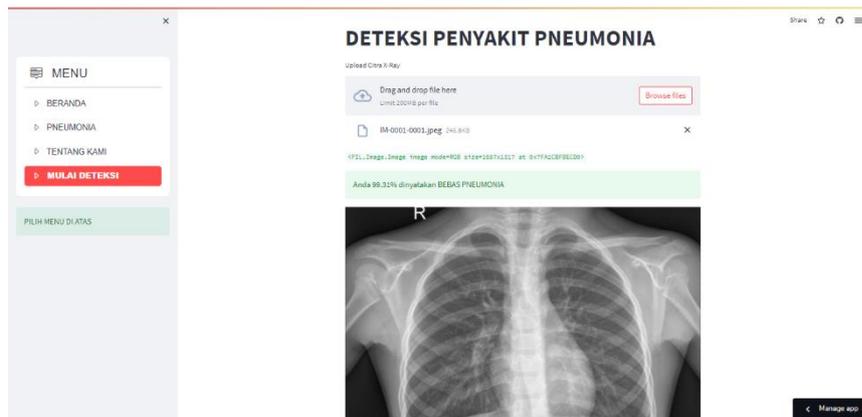
Pada penelitian yang dilakukan didapatkan nilai rata-rata dari perhitungan evaluasi dengan *confusion matrix* yang dapat dilihat seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai rata-rata evaluasi matrix.

Nilai Rata-Rata			
Akurasi	Presisi	Recall	F1-Score
91%	92%	89%	90%

A. Simulasi Aplikasi

Aplikasi deteksi pneumonia telah selesai dibuat dengan link akses <https://deteksipneumonia.streamlit.app/>. Setelah aplikasi yang telah dibuat dan di *deploy*, selanjutnya kita akan mensimulasikan aplikasi untuk deteksi citra X-Ray penyakit pneumonia pada menu ‘MULAI KLASIFIKASI’. Hasil dari menu ini adalah berupa deteksi citra yang diinputkan menjadi bebas pneumonia atau positif pneumonia. Adapun hasil deteksi bebas pneumonia dapat di lihat seperti pada Gambar 6 dan hasil deteksi positif pneumonia dapat dilihat seperti Gambar 7.



Gambar 6. Hasil deteksi bebas pneumonia.



Gambar 7. Hasil deteksi positif pneumonia.

B. UJI FUNGSI

Pada tahap uji fungsi digunakan 20 data citra acak untuk dideteksi oleh aplikasi untuk mengetahui hasil deteksi dan akurasi yang di dapatkan. Berikut hasil uji fungsi dapat dilihat seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. uji fungsi.

Citra ke	Deteksi	Keterangan
1	Positif Pneumonia	99,97% Positif Pneumonia
2	Positif Pneumonia	96,25% Positif Pneumonia
3	Positif Pneumonia	99,91% Positif Pneumonia
4	Positif Pneumonia	99,95% Positif Pneumonia
5	Bebas Pneumonia	99,22% Bebas Pneumonia
6	Positif Pneumonia	99,96% Positif Pneumonia
7	Bebas Pneumonia	99,94% Bebas Pneumonia
8	Bebas Pneumonia	99,92% Bebas Pneumonia
9	Positif Pneumonia	92,62% Positif Pneumonia
10	Bebas Pneumonia	87,96% Bebas Pneumonia
11	Bebas Pneumonia	99,32% Bebas Pneumonia
12	Bebas Pneumonia	99,09% Bebas Pneumonia
13	Positif Pneumonia	98,16% Positif Pneumonia
14	Positif Pneumonia	100% Positif Pneumonia
15	Positif Pneumonia	99,99% Positif Pneumonia
16	Bebas Pneumonia	67,03% Bebas Pneumonia
17	Bebas Pneumonia	99,96% Bebas Pneumonia
18	Bebas Pneumonia	92,33% Bebas Pneumonia
19	Bebas Pneumonia	99,87% Bebas Pneumonia
20	Bebas Pneumonia	99,42% Bebas Pneumonia

Berdasarkan uji fungsi dengan menggunakan 20 data citra acak, didapatkan nilai akurasi rata-rata sebesar 97,01%. Dengan rincian sebanyak 11 citra terdeteksi bebas pneumonia, dan 9 citra terdeteksi positif pneumonia.

SIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. *Convolutional neural network (CNN) image classification* dapat digunakan sebagai model program klasifikasi penyakit pneumonia dengan menggunakan citra X-Ray yang telah diubah format file DICOM menjadi format .png, .jpg, .jpeg sebagai data set yang digunakan dalam modeling program CNN. Pada penelitian ini sistem klasifikasi dengan menggunakan nilai *epoch* 10 dengan nilai step per *epoch* 326 dengan 5.215 data citra yang digunakan sebagai data *training*,

- menghasilkan nilai akurasi *training* sebesar 91,025 %, *recall* 89%, presisi 92%, f1-score 90%, dan hasil kurva ROC sebesar 97%.
2. *Streamlit* dapat digunakan sebagai *framework* untuk membuat model aplikasi berbasis web dan dapat digabungkan dengan model program CNN sebagai aplikasi klasifikasi penyakit pneumonia. Dengan rata-rata akurasi dengan 20 citra acak sebesar 97,01%.
 3. Model aplikasi yang dibuat memungkinkan untuk digunakan melalui semua perangkat dengan men-*deploy* model program yang telah dibuat. Hasil dari *deploy* ini berupa *link* aplikasi yang dapat dibuka oleh semua perangkat yang terhubung dengan jaringan internet.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, K., Shaikh, Z. A., Khan, A. A., & Laghari, A. A. (2022). Multiclass Skin Cancer Classification Using Efficientnets – A First Step Towards Preventing Skin Cancer. *Neuroscience Informatics*, 2(4), 100034. <https://doi.org/10.1016/j.neuri.2021.100034>.
- Blanco, M. C., Vergara, A. M., Voth, A. H., & Catalán, J. S. (2022). Nosocomial pneumonia. *Medicine (Spain)*, 13(66). <https://doi.org/10.1016/j.med.2022.10.012>.
- Fawcett, T. (2006). An Introduction to ROC Analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27(8), 861–874. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010>.
- Fitriyasari, M. (2021). Deteksi Covid-19 pada Citra X-Ray Dada Menggunakan Machine Learning. *Jurnal INSTEK (Informatika Sains Dan Teknologi)*, 7(1). <https://doi.org/10.24252/instek.v7i1.25712>.
- Gneiting, T., & Walz, E. M. (2022). Receiver Operating Characteristic (ROC) Curves, Universal ROC (UROC) Curves, and Coefficient of Predictive Ability (CPA). *Machine Learning*, 111(8). <https://doi.org/10.1007/s10994-021-06114-3>.
- Guo, M. H., Xu, T. X., Liu, J. J., Liu, Z. N., Jiang, P. T., Mu, T. J., Zhang, S. H., Martin, R. R., Cheng, M. M., & Hu, S. M. (2022). Attention Mechanisms in Computer Vision: a Survey. In *Computational Visual Media* (Vol. 8, Issue 3). <https://doi.org/10.1007/s41095-022-0271-y>.
- Heydarian, M., Doyle, T. E., & Samavi, R. (2022). MLCM: Multi-Label Confusion Matrix. *IEEE Access*, 10, 19083–19095. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3151048>.
- Kanani, P., & Padole, D. M. (2019). Deep Learning to Detect Skin Cancer using Google Colab. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(6), 2176–2183. <https://doi.org/10.35940/ijeat.F8587.088619>.

- Kjelle, E., & Chilanga, C. (2022). The Assessment of Image Quality and Diagnostic Value in X-ray Images: a Survey on Radiographers' Reasons for Rejecting Images. *Insights into Imaging*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s13244-022-01169-9>.
- Kulsum, U., Astuti, D., & Wigati, A. (2019). Kejadian Pneumonia pada Balita dan Riwayat Pemberian Asi di UPT Puskesmas Jepang Kudus. *Jurnal Ilmu Keperawatan Dan Kebidanan*, 10(1). <https://doi.org/10.26751/jikk.v10i1.636>.
- Maggiori, E., Tarabalka, Y., Charpiat, G., & Alliez, P. (2017). Convolutional Neural Networks for Large-Scale Remote-Sensing Image Classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(2), 645–657. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2016.2612821>.
- Muschelli, J. (2020). ROC and AUC with a Binary Predictor: a Potentially Misleading Metric. *Journal of Classification*, 37(3), 696–708. <https://doi.org/10.1007/s00357-019-09345-1>.
- Nápoles Duarte, J. M., Biswas, A., Parker, M. I., Palomares-Baez, J. P., Chávez-Rojo, M. A., & Rodríguez-Valdez, L. M. (2022). Stmol: A component for Building Interactive Molecular Visualizations within Streamlit Web-Applications. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2022.990846>.
- Niederman, M. S., & Cilloniz, C. (2022). Aspiration Pneumonia. *Revista Espanola de Quimioterapia*, 35. <https://doi.org/10.37201/req/s01.17.2022>.
- Qin, Y. (2021). A Cancer Cell Image Classification Program : Based on CNN Model. *Proceedings - 2021 2nd International Seminar on Artificial Intelligence, Networking and Information Technology, AINIT 2021*. <https://doi.org/10.1109/AINIT54228.2021.00037>.
- Shamrat, F. M. J. M., Chakraborty, S., Ahammad, R., Shitab, T. M., Kazi, M. A., Hossain, A., & Mahmud, I. (2022). Analysing Most Efficient Deep Learning Model to Detect COVID-19 from Computer Tomography Images. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 26(1), 462. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v26.i1.pp462-471>.
- Streamlit. (2022). *Streamlit Documentation*. Streamlit Inc. <https://docs.streamlit.io/>.
- Suhartono, T., & Ningtias, diah rahayu. (2023). Classification of Pneumonia Disease Based on Web Application International Journal of Technology and Education Research. *International Journal of Technology and Education Research (IJETER)*, 01(01), 129–140.
- Torres, A., Cilloniz, C., Niederman, M. S., Menéndez, R., Chalmers, J. D., Wunderink, R. G., & van der Poll, T. (2021). Pneumonia. *Nature Reviews Disease Primers*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41572-021-00259-0>.
- Vermeire, T., Brughmans, D., Goethals, S., de Oliveira, R. M. B., & Martens, D. (2022). Explainable Image Classification with Evidence Counterfactual.

Pattern Analysis and Applications, 25(2). <https://doi.org/10.1007/s10044-02-01055-y>.

Yopento, J., & Ernawati, E. (2022). Identifikasi Pneumonia Pada Citra X-Ray Paru-Paru Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Berdasarkan Ekstraksi Fitur Sobel. *Rekursif: Jurnal Informatika*, 10(1), 40-47.