

Pre-Processing Pada Klasifikasi Citra Medis Pneumonia

Rio Subandi^{1*}, Herman¹, Anton Yudhana²

¹Program Studi Informatika, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia.

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia.

Artikel Info

Kata Kunci:

Klasifikasi *Convolutional Neural Network*;
Pneumonia;
Pre-processing

Keywords:

Classification Convolutional Neural Network;
Pneumonia;
Pre-processing

Riwayat Artikel:

Submitted: 19 Mei 2023

Accepted: 7 Agustus 2023

Published: 28 November 2023

Abstrak: Pemrosesan citra merupakan teknik pengolahan citra yang mengubah suatu citra input menjadi citra yang berbeda sehingga keluarannya memiliki keunggulan lebih tinggi daripada citra input. Pemrosesan citra berguna untuk tingkat mutu citra, membuang cacat citra, mengenali objek, dan menggabungkannya dengan bagian lain dari suatu citra. Kemajuan teknologi pengolahan citra digital (*digital image processing*) yang semakin pesat, dapat mempermudah kehidupan manusia. Salah satu contoh penerapan dalam bidang kesehatan yaitu klasifikasi penyakit pneumonia, klasifikasi data penyakit pneumonia berbentuk dataset citra yang akan diklasifikasikan menggunakan sebuah metode. Saat ini banyak aplikasi yang dapat diterapkan dalam melakukan pre-processing terhadap berbagai citra baik citra medis maupun non medis. Tujuan penelitian ini untuk mempersiapkan data citra sebelum diproses dan untuk memudahkan dalam analisis pada model klasifikasi CNN, data yang di pre-processing berupa data ctscan image. Tujuan dilakukan pre-processing pada citra untuk menghasilkan dimensions dan pixel yang sama agar memudahkan dalam klasifikasi CNN. Citra yang digunakan berwarna grayscale, agar memudahkan dalam klasifikasi pada tahapan selanjutnya. Hasil dari penelitian ini berjalan dengan baik karena dapat mengubah 5.196 citra grayscale menjadi citra yang lebih jelas, bersih, dan siap untuk diklasifikasikan dengan metode klasifikasi selanjutnya.

Abstract: *Image processing is an image processing technique that transforms an input image into a different image so that the output has a higher advantage than the input image. Image processing is useful for image quality levels, removing image defects, recognizing objects, and combining them with other parts of an image. Advances in digital image processing technology (digital image processing) are increasingly rapidly, can facilitate human life. One example of application in the health sector is the classification of pneumonia, the classification of pneumonia data is in the form of an image dataset that will be classified using a method. Currently there are many applications that can be applied in pre-processing various images, both medical and non-medical images. The purpose of this study is to prepare image data before processing and to facilitate analysis in the CNN classification model, the pre-processed data is in the form of ctscan image data. The goal is to do pre-processing of the image to produce the same dimensions and pixels to make it easier for CNN classification. The image used is grayscale, in order to facilitate classification at a later stage. The results of this study went well because they were able to change 5,196 grayscale images into images that were clearer, cleaner, and ready to be classified with the next classification method.*

Corresponding Author:

Rio Subandi

Program Studi Informatika, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia.

Alamat: Jl. Kapas No.9, Semaki, Kec. Umbulharjo, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia.

Email: 2207048002@webmail.uad.ac.id

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi di bidang pengolahan citra (*image processing*) pada masa ini telah menjadi daya tarik tersendiri bagi masyarakat untuk bereksplorasi sehingga menjadi pengetahuan yang dapat diterima dan dipahami dalam kehidupan sehari-hari. Kreativitas dalam mengidentifikasi objek dari waktu ke waktu menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari pengolahan citra digital (Putri, 2016). Pengolahan citra adalah bidang kecerdasan buatan yang menggunakan objek gambar dalam bentuk digital untuk menyelesaikan kasusnya. Metode dalam gambar dapat digunakan untuk perhitungan matematis pada piksel atau objek geometris. Setiap objek citra memiliki nilai selisih yang dapat dihitung secara matematis untuk mendiskripsikan sifat-sifat yang berbeda antar objek. Karakteristik yang berbeda dari setiap objek dapat dilihat dari warna, tekstur, dan bentuknya (Widyaningsih, 2017).

Citra berwarna adalah citra yang mempresentasikan tiga warna *Red-Green-Blue* (RGB), satu citra direpresentasikan melalui 3 buah matrik tingkat *grayscale* berupa matrik uRed (R-layer), matrik Green (G-layer) dan matrik untuk Blue(B-layer). R-layer merupakan matriks yang mewakili tingkat kecerahan merah (misalnya, untuk skala abu-abu dari 0 hingga 255, nilai 0 mewakili gelap (hitam) dan 255 mewakili merah. G-layer merupakan matrik yang mewakili tingkat kecerahan warna hijau, dan B-layer yaitu matrik yang mewakili tingkat kecerahan untuk warna biru. Definisi ini dapat dengan mudah dicapai untuk mewakili warna tertentu, yaitu dengan cara mencampurkan tiga warna primer RGB (Gong & Kan, 2021).

Dalam komputasi, gambar digital skala abu-abu (*greyscale*) adalah gambar dimana nilai setiap pixel adalah sampel unik. Tampilan jenis citra ini terdiri dari variabel *grayscale* dengan hitam pada intensitas paling rendah dan putih intensitas paling tinggi. Gambar *grayscale* berbeda dengan gambar "hitam-putih", dalam konteks komputer, gambar hitam putih hanya terdiri dari dua warna yaitu "hitam" dan "putih". Gambar *grayscale* disimpan dalam format sampel 8-bit per pixel, memungkinkan sebanyak 256 intensitas. Nilai intensitas terendah mewakili warna hitam dan nilai intensitas tertinggi mewakili warna putih (Santi, 2011).

Citra *grayscale* digunakan untuk menyederhanakan model citra, untuk melakukan prosedur lebih lanjut, tiga lapisan selalu diperhitungkan. Jika setiap perhitungan dilakukan dengan tiga lapisan, berarti dilakukan tiga perhitungan yang sama. Konsep ini dimodifikasi dengan mengubah ketiga layer tersebut menjadi satu layer matriks *grayscale* dan hasilnya berupa citra *grayscale*. Pada gambar ini tidak ada warna yang tersisa, hanya tingkat abu-abu (Al Rivan et al., 2022). Pengolahan citra telah banyak digunakan dalam berbagai bidang. Awal mulanya perkembangan bidang ini didorong oleh kebutuhan untuk mentransmisikan gambar, paling utama foto astrofotografi, sehingga aplikasi pengolahan gambar sekarang banyakk diterapkan untuk kebutuhan setiap hari. Sebagian bidang yang menggunakan teknologi *image processing* antara lain bidang militer, medis, geografis, keamanan, hiburan, dan transportasi (Sulistiyanti, 2016).

Bidang kesehatan penggunaan *image processing* sangat bermanfaat untuk mendiagnosa penyakit pasien. Pada bidang ini citra diperoleh tidak hanya berasal dari pencitraan pada panjang gelombang yang lebih pendek atau lebih panjang. Kemajuan citra dibidang kesehatan dimulai dengan penemuan tomografi terkomputerisasi (*Computerized Tomography/CT*) yang diciptakan pada tahun 1972 oleh Godfrey Hounsfield dari Inggris dan Allan Cormack dari Amerika Serikat. Perangkat ini menjadi alat pencitraan medis penting yang digunakan bersamaan dengan pencitraan medis sinar-X dan Ultrasound. *Image processing* digital di lapangan dapat digunakan untuk mengidentifikasi penyakit, mengidentifikasi kelainan tulang, mendeteksi kanker, dan merekonstruksi citra janin (Sulistiyanti, 2016). Salah satu penyakit yang terdapat pada bagian dalam organ tubuh yaitu radang paru-paru (*Pneumonia*).

Pneumonia merupakan salah satu kondisi kesehatan paling umum di seluruh dunia, mempengaruhi 450 juta pasien setiap tahun, termasuk 150 juta anak-anak. Sekitar 4 juta orang meninggal akibat penyakit ini setiap tahun, menjadikannya salah satu dari 10 kematian tahunan teratas di dunia. (Yopento et al., 2022). Meminimalisir kesalahan saat mendiagnosis citra medis pneumonia diperlukan sebuah metode untuk mengklasifikasikannya. Sebelum menerapkan metode ini, *pre-processing* data gambar diperlukan untuk memungkinkan penentuan bagian gambar yang diperlukan untuk tingkat kecerahan, penyesuaian kontras, penghilangan noise, transformasi geometri, dan pemrosesan lebih lanjut. Tujuan dari penelitian ini memudahkan analisis citra pada tahapan selanjutnya, serta mendapatkan hasil dari *pre-processing* data citra medis Pneumonia.

Penelitian ini telah dilakukan beberapa penelitian sebelumnya yaitu melakukan penelitian dengan teknik *pre-processing*. menggunakan objek gambar sidik jari, gambar plat nomor kendaraan, gambar otak, citra struk belanja, dan citra satelit. Penelitian terdahulu meneliti alur metode *pre-processing* gambar sidik jari di bawah layar. Objek yang digunakan gambar sidik jari, hasil eksperimen menunjukkan bahwa kualitas gambar sidik jari di bawah layer meningkat secara signifikan setelah menggunakan alur metode *pre-processing* yang diusulkan (Huang et al., 2020).

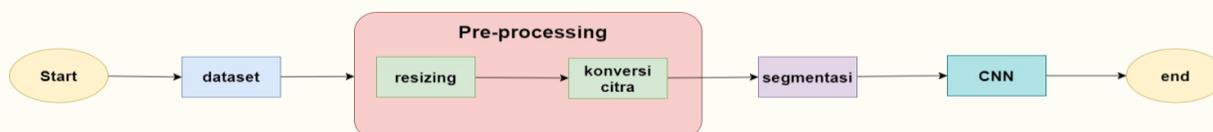
Penelitian terdahulu meneliti teknik *pre-processing* plat nomor kendaraan menggunakan antarmuka grafis. Objek gambar plat nomor kendaraan, menggunakan tools matlab. Hasil terlihat bahwa sharpness filter memperoleh kinerja yang lebih baik, karena menonjolkan diskriminasi karakter pada plat nomor. Deteksi tepi dengan metode sobel mencapai tingkat minimum untuk mendapatkan tepi pada gambar, tetapi tidak memuaskan. Secara umum, hasil tidak ekspresif karena kumpulan gambar dengan kondisi pencahayaan biasa, dengan resolusi 240×426 (Tribuzy et al., 2020).

Penelitian terdahulu melakukan analisis *pre-processing* gambar otak dengan aterosklerosis. Objek yang digunakan dalam penelitian ini citra MRI otak. Hasil menerapkan berbagai filter ke gambar input dan nilai PSNR dan MSE ditentukan, yang menunjukkan bahwa filter rata-rata terpangkas Alpha menunjukkan kinerja yang lebih baik di PSNR dan MSE dari gambar output (Shakunthala & Helenprabha, 2019). Penelitian terdahulu meneliti teknik *pre-processing* untuk ekstraksi teks berkualitas tinggi dari gambar teks, objek citra struk belanja. Hasil percobaan menunjukkan bahwa *pre-processing* meningkatkan kualitas visual dan structural dokumen sampai batas tertentu (Koshy, n.d.). Penelitian terdahulu meneliti pembentukan citra satelit dan metode *pre-processing*. Objek dataset sentinel 2 yang diambil dari data citra satelit, menggunakan tools python. Hasil penelitian citra satelit setiap piksel memiliki representasi numerik dari jumlah energi yang dipantulkan dalam rentang panjang gelombang (Kuchkorov et al., 2020).

Perbedaan dari penelitian terdahulu dan penelitian ini terletak pada objek yang digunakan. Objek penelitian ini menggunakan citra ctscan pneumonia, sedangkan penelitian terdahulu menggunakan objek gambar sidik jari, gambar plat nomor kendaraan, gambar otak, citra struk belanja, dan citra satelit. Persamaan dari penelitian – penelitian terdahulu menggunakan teknik *pre-processing* dan tools *python*.

METODE

Tahapan dalam penelitian ini menggunakan beberapa teknik, antara lain pengumpulan data, *pre-processing*, segmentasi, klasifikasi CNN. Penelitian ini secara keseluruhan membuat modul machine learning untuk melakukan diagnosis penyakit pneumonia. modul itu merupakan proses klasifikasi dengan dua class yaitu pneumonia dan normal. Modul machine learning ini menggunakan algoritma CNN, yang datanya berupa data citra dengan jumlah data 5196 dataset, yang digunakan berasal dari Kaggle. Sebelum melakukan proses training dan learning terhadap data image perlu dilakukan *pre-processing* seperti yang di ilustrasikan pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

a. Dataset Citra

Dataset citra merupakan tahapan awal pada tahapan ini, dataset citra digunakan sebagai data masukan, data yang di inputkan adalah data yang berasal dari Kaggle Chest X-Ray Images (Pneumonia) dengan format citra yang digunakan jpeg, jumlah data Kaggle yang digunakan sebanyak 5196, yang terbagi dalam dua kelas, kelas pneumonia dan kelas normal. Menggunakan data kaggle lebih mudah dan jumlah data yang diperlukan lebih banyak untuk penelitian ini.

b. Pre-processing

Pre-processing merupakan tahapan kedua yang digunakan untuk cropping citra pada koordinat dan skala tertentu (Yudhana et al., 2022). Tahapan *pre-processing resizing* dan konversi citra. Resizing merupakan teknik untuk mengubah ukuran citra ke ukuran yang lebih kecil atau lebih besar sehingga memudahkan proses konversi citra karena memiliki ukuran yang sama. Konversi citra merupakan tahapan dimana jika data set yang diperoleh dalam bentuk RGB maka citra akan dikonversikan kedalam bentuk grayscale, jika data yang yang di peroleh dalam bentuk grayscale tetap dilakukan konversi citra supaya untuk menyederhanakan model citra, Citra grayscale memudahkan proses segmentasi karena hanya ada dua warna yaitu hitam(1) putih (0).

c. Segmentasi

Segmentasi adalah proses pemisahan atau pengelompokan piksel pada suatu citra menjadi beberapa kelas atau segmen (Rindengan & Mananohas, 2017). Segmentasi digunakan untuk membagi citra menjadi bagian penyusun yang memiliki informasi penting (Yudhana et al., 2017).

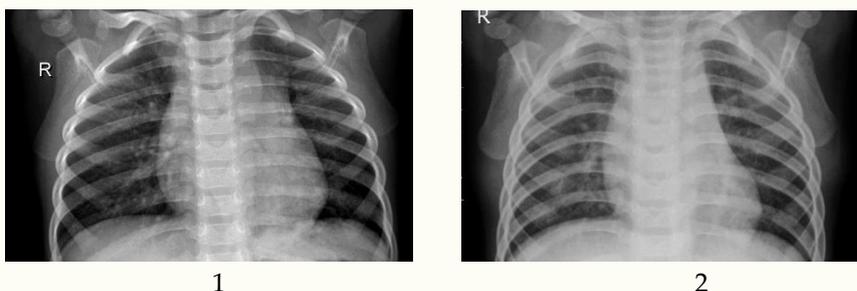
d. *Convolutional Neural Network* (CNN)

Convolutional neural network adalah jenis arsitektur jaringan saraf tiruan (neural network) yang banyak digunakan dalam pengolahan citra, seperti pengenalan wajah, deteksi objek pada citra medis (Al-Saffar et al., 2017). CNN merupakan pendekatan yang menggunakan pixel sebagai referensi untuk mengklasifikasikan kelas etimasi (Fadlil et al., 2022). *Convolutional neural network* sangat baik dalam hal melakukan pendeteksian sebuah objek dengan menggunakan teknik *image processing* (Putra et al., 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan bahasa pemrograman python dan jupyter sebagai tools dalam melakukan data preparation. Data preparation ini digunakan sampai dalam tahapan segmentasi. Dimana sebelum melakukan tahapan selanjutnya yaitu klasifikasi menggunakan CNN perlu dilakukan pre-processing, hal pertama yang perlu disiapkan yaitu kebutuhan library yang akan digunakan untuk tahapan pre-processing. library yang dibutuhkan pada penelitian ini diantaranya matplotlib untuk membuat visualisasi data dalam bentuk grafik, plot, dan diagram. Numpy digunakan untuk operasi matematika dan manipulasi array atau matriks multidimensi, pandas digunakan untuk analisis data, manipulasi data, dan pengolahan data dalam bentuk tabel atau struktur data berlabel, tensorflow digunakan untuk mengembangkan model pembelajaran machine learning dan deep learning. Visual keras digunakan untuk memvisualisasikan arsitektur model *neural networks* menggunakan framework Keras.

Dataset dimana citra ini didapat dari kaggle data berupa data citra CT-scan dengan jumlah data yang digunakan berjumlah 5196. Data diambil dari kaggle karena data image CT-scan yang digunakan memerlukan jumlah data yang banyak. Contoh data yang didapat dari kaggle dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Contoh Image CT-scan Pneumonia

Gambar 2 merupakan salah satu contoh gambar pneumonia yang didapat dari kaggle. Gambar 2. (1) merupakan gambar CT-scan pneumonia dengan kelas normal. Gambar 2. (2) Gambar 2. (2) merupakan gambar CT-scan pneumonia dengan kelas pneumonia.

Table 1. Meta Data

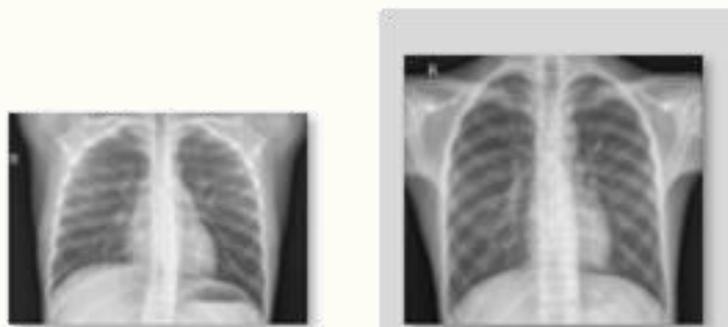
Meta data	Deskripsi
Judul	<i>Chest X-Ray Images</i> (Pneumonia)
Deskripsi	Dataset ini berisi gambar sinar-x dari pasien dengan pneumonia dan tanpa pneumonia.
Sumber	<i>kaggle</i>
Pencipta	Dr. Paul Mooney
Tanggal	Diterbitkan pada 1 Januari 2019
Format file	JPEG
Jumlah data	5196
Hak cipta	Tersedia di bawah lisensi CC BY-NC-SA 4.0

Table 1. merupakan table meta data pneumonia yang berisi tentang deskripsi dataset pneumonia, yang berasal dari kaggle data yang di ambil data Chest X-Ray Images (pneumonia), Dataset ini berisi gambar sinar-x dari pasien dengan pneumonia dan tanpa pneumonia, dataset dibuat oleh Dr. Paul Mooney yang diterbitkan 1 januari 2019, dengan format gambar jpeg, jumlah data data yang diterbitkan sebanyak 5196, hak cipta dari dataset ini dibawah lisensi CC BY-NC-SA 4.0. Dataset ini terdiri dari dua kelas pneumonia dan tanpa pneumonia. Dataset ini digunakan untuk tujuan no-komersial, meta data ini memudahkan dalam membantu pengguna dalam memahami mengolah dataset pneumonia yang berasal dari (www.kaggle.com).

1. Resizing

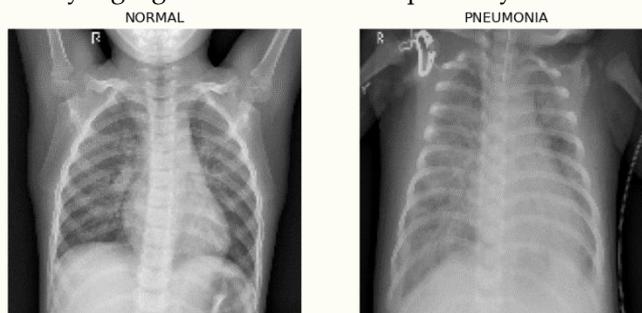
Resizing pada data digunakan untuk memastikan bahwa semua gambar masukan ke jaringan memiliki dimensi yang sama. *Resizing* mengubah dimensi atau ukuran gambar dari data gambar yang didapat dari kaggle dengan ukuran 1857pixel, 2111pixel dan masih banyak ukuran yang berbeda diubah pada penelitian ini menjadi ukuran 150pixel dari. Proses pengubahan ukuran dilakukan untuk memproses data gambar dalam jaringan saraf *convolutional* (CNN).

Resizing pada data penelitian bertujuan mengubah dimensi citra secara proporsional, dengan mengubah ukuran citra baik pada bagian lebar (width) maupun tinggi (height) agar ukuran citra terlihat serasi yaitu 150 pixel. *Resizing* yang tepat pada CNN sangat penting untuk mendapatkan performa yang baik dari jaringan. Ukuran yang terlalu besar akan mengakibatkan waktu pemrosesan yang lama, sedangkan ukuran yang terlalu kecil dapat menghilangkan fitur penting pada citra. proses *resizing* harus dilakukan secara hati-hati dan dengan mempertimbangkan karakteristik data masukan yang digunakan. Hasil *resizing* dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Citra Sebelum *Resizing*

Gambar 3. Merupakan data sebelum dilakukan resizing dimana pixel yang digunakan antara citra berbeda. Ukuran pixel sebelum dilakukan resizing terlalu besar hal ini dapat memakan waktu dan sumber daya komputasi yang signifikan untuk memprosesnya.



Gambar 4. Hasil dari *Resizing*

Gambar 4 merupakan hasil dari tahapan pre-processing yaitu resizing dimana pixel yang digunakan 150. Hasil dari resizing ini menyamakan ukuran citra yang akan diklasifikasikan dengan menggunakan metode CNN. *Resizing* ini dapat meningkatkan efisiensi waktu pemrosesan.

2. Konversi Citra

Konversi pada penelitian ini dilakukan dengan mengubah citra berwarna menjadi citra abu-abu, sehingga hanya terdapat dua warna yaitu putih dan hitam. Konversi citra ini dilakukan untuk memudahkan pemrosesan citra pada jaringan CNN, serta untuk mengurangi dimensi masukan pada jaringan. Hasil dari konversi citra dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Citra Sebelum Konversi Citra

Gambar 5. Merupakan contoh citra pneumonia sebelum dilakukan konversi citra dimana citra tersebut sudah dalam bentuk warna grayscale. Citra hanya memiliki warna keabuan.



Gambar 6. Hasil Konversi Citra

Gambar 6. Merupakan contoh citra pneumonia sesudah dilakukan konversi citra dimana citra tersebut sudah dalam bentuk warna grayscale. Citra hanya memiliki warna keabuan.

Meskipun citra *grayscale* hanya memiliki satu saluran warna, yaitu intensitas cahaya pada setiap piksel, namun konversi citra ke dalam format grayscale tetap dilakukan karena beberapa alasan. Efisiensi penyimpanan, citra yang telah diubah kedalam grayscale memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan citra grayscale yang belum di konversi. Memudahkan dalam melakukan analisis, konversi citra pada citra dapat memudahkan pengolahan citra dan analisis. Meningkatkan performa algoritma, pada algoritma *computer vision* dan *machine learning*, konversi citra ke dalam format *grayscale* dapat meningkatkan performa algoritma dengan menghilangkan efek yang tidak diinginkan, seperti bayangan atau perbedaan cahaya pada bagian yang seharusnya sama, oleh karena itu meskipun citra grayscale hanya memiliki satu saluran warna, konversi citra tetap dilakukan untuk mengoptimalkan pengolahan dan analisis data citra.

KESIMPULAN

Hasil *pre-processing* pada citra *pneumonia* berjalan dengan baik dan dapat dilanjutkan pada tahapan metode klasifikasi menggunakan CNN. Tahapan yang tepat untuk citra medis dalam mendapatkan hasil citra yang baik dengan menghilangkan noise, resizing, konversi citra, dan peningkatan kontras. *Pre-processing* pada citra pneumonia menyamakan piksel untuk memastikan konsistensi dalam data citra, dan ukuran citra disesuaikan dengan kebutuhan analisis. Penelitian pada tahap *pre-processing* berhasil melakukan *pre-processing* data citra dengan jumlah data awal 5.196 dan yang berhasil *pre-processing* sebanyak 5.196 data. Temuan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *pre-processing* pada penelitian ini mendapatkan hasil akurasi 100%. *Pre-processing* pada citra pneumonia harus dilakukan sebelum memasuki tahap klasifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Rivan, M. E., Arman, M., Irsyad, H., & Prameswara, R. D. (2022). Klasifikasi Hewan Mamalia Berdasarkan Bentuk Wajah Menggunakan Fitur Histogram of Oriented dan Metode Support Vector Machine. *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi Dan Komputer)*, 11(1), 93-99. <https://doi.org/10.32736/sisfokom.v11i1.1205>
- Al-Saffar, A. A. M., Tao, H., & Talab, M. A. (2017). Review of Deep Convolution Neural Network in Image Classification. *International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET)* (pp. 26-31).
- Fadlil, A., Umar, R., Sunardi, & Nugroho, A. S. (2022). Comparison of Machine Learning Approach for Waste Bottle Classification. *Emerging Science Journal*, 6(5), 1075-1085. <https://doi.org/10.28991/ESJ-2022-06-05-011>
- Gong, Z., & Kan, L. (2021). Segmentation and classification of renal tumors based on convolutional neural network. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 14(1), 412-422. <https://doi.org/10.1080/16878507.2021.1984150>
- Huang, M., Zhuang, M., Zhou, J., & Wu, X. (2020). Preprocessing Method Flow of Under-screen Fingerprint Image. 49-53.
- Koshy, A. (2019). Extraction from Text Images. 1st International Conference on Innovations in Information and Communication Technology (ICIICT), 1-4.
- Kuchkorov, T., Urmanov, S., Kuvvatova, M., & Anvarov, I. (2020). Satellite Image Formation and Preprocessing Methods. *International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2020*, 27-30. <https://doi.org/10.1109/ICISCT50599.2020.9351456>
- Putra, N. S., Hutabarat, B. F., & Khaira, U. (2023). Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network Untuk Identifikasi Jenis Kelamin Dan Ras. *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 3(1), 82-93. <https://doi.org/10.51454/decode.v3i1.123>

- Putri, A. R. (2016). Pengolahan Citra Dengan Menggunakan Web Cam Pada Kendaraan Bergerak di Jalan Raya. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, 1(01), 1-6. <https://doi.org/10.29100/jipi.v1i01.18>
- Rindengan, A. J., & Mananohas, M. (2017). Perancangan Sistem Penentuan Tingkat Kesegaran Ikan Cakalang Menggunakan Metode Curve Fitting Berbasis Citra Digital Mata Ikan. *Jurnal Ilmiah Sains*, 17(2), 161. <https://doi.org/10.35799/jis.17.2.2017.18128>
- Santi, C. N. (2011). Turn Color Images into GrayScale and Binary Imagery. *Teknologi Informasi DINAMIK*, 16(1), 14-19.
- Shakunthala, M., & Helenprabha, K. (2019). Preprocessing Analysis of Brain. International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT), 1-5.
- Sulistiyanti, S. R., Setyawan, F. X., & Komarudin, M. (2016). Pengolahan Citra, Dasar dan Contoh Penerapannya. <http://repository.lppm.unila.ac.id/2976/>
- Tribuzy, L. B., Torres, Y. P., Furtado, R. S., Junior, L. C. S. G., Bitar, N. P., & Junior, W. S. S. (2020). Vehicle License Plate Preprocessing Techniques Using Graphical Interface. International Conference on Consumer Electronics - Taiwan, ICCE-Taiwan 2020, 2020-2021. <https://doi.org/10.1109/ICCE-Taiwan49838.2020.9258309>
- Widyaningsih, M. (2017). Identifikasi Kematangan Buah Apel Dengan Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM). *Jurnal SAINTEKOM*, 6(1), 71. <https://doi.org/10.33020/saintekom.v6i1.7>
- Yopento, J., Ernawati, E., & Coastera, F. F. (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. <https://doi.org/10.33369/rekursif.v10i1.17247>
- Yudhana, A., Sunardi, & Saifullah, S. (2017). Segmentation Comparing Eggs Watermarking Image and Original Image. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 6(1), 47-53. <https://doi.org/10.11591/eei.v6i1.595>
- Yudhana, A., Umar, R., & Saputra, S. (2022). Fish Freshness Identification Using Machine Learning: Performance Comparison of k-NN and Naïve Bayes Classifier. *Journal of Computing Science and Engineering*, 16(3), 153-164. <https://doi.org/10.5626/JCSE.2022.16.3.153>