

MODEL DEEP LEARNING UNTUK DETEKSI PNEUMONIA STUDI EKSPERIMEN MENGGUNAKAN CNN ARSITEKTUR VGG16

Ade Agung Kurniawan¹

¹Universitas Muhammadiyah Muara Bungo

adeagung.ummuba@gmail.com

Haryan Dwi Baharna²

² Universitas Muhammadiyah Muara Bungo

haryandb@gmail.com

Riko Muhammad Suri³

³ Universitas Muhammadiyah Muara Bungo

rikomuhammadsuri96@gmail.com

ABSTRAK

Pneumonia merupakan salah satu penyebab utama kematian pada anak usia di bawah lima tahun, terutama di negara dengan pendapatan rendah dan menengah. Keterbatasan tenaga kesehatan menyebabkan proses diagnosis sering terlambat, sehingga penanganan penyakit ini menjadi semakin sulit. Penelitian ini bertujuan untuk penerapan Convolutional Neural Network (CNN) dengan arsitektur VGG16 untuk melakukan deteksi pneumonia secara otomatis melalui citra rontgen dada. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam mengekstraksi fitur penting dari citra dengan efisien. Dataset yang digunakan berisi citra rontgen dada dengan dua kategori, yakni pneumonia dan normal. Model VGG16 diterapkan menggunakan teknik transfer learning guna mengatasi jumlah data pelatihan yang terbatas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mencapai akurasi 96,42%, precision 96,36%, dan F1-Score 97,58%. Dibandingkan dengan penelitian terdahulu, performa model ini mengalami peningkatan yang signifikan, baik dari sisi akurasi maupun keseimbangan antara presisi dan recall. Selain itu, pendekatan ini mampu meminimalkan overfitting yang sering terjadi pada model lain, sehingga lebih stabil dan layak diterapkan dalam praktik. Dengan demikian, model VGG16 yang dikembangkan berpotensi menjadi solusi yang efektif untuk membantu tenaga medis dalam mendeteksi pneumonia secara cepat dan akurat, serta dapat diperluas untuk identifikasi penyakit paru-paru lainnya.

Kata kunci: *Pneumonia; Convolutional Neural Network (CNN); VGG16; Deteksi Penyakit ; deep learning*

1. PENDAHULUAN

Pneumonia adalah jenis penyakit paru-paru yang disebabkan oleh bakteri, virus, jamur, atau parasit setiap tahun, diperkirakan 921.000 anak di bawah usia lima tahun meninggal dan lebih dari 95% kematian ini terjadi di negara berpenghasilan rendah dan menengah, Wati (2020). Estimasi global menunjukkan setiap satu jam ada 71 anak di Indonesia tertular pneumonia. Valentine, (2020) bahkan pada tahun 2019, Unicef Indonesia (2023) melaporkan bahwa pneumonia merupakan penyebab utama kematian pada anak, dengan persentase mencapai 36%.

Dengan jumlah yang cukup signifikan, salah satu penyebab keterlambatan diagnosis adalah terbatasnya tenaga kesehatan. Keterbatasan jumlah tenaga kesehatan yang

tersedia untuk melakukan diagnosis awal dapat menyebabkan potensi keterlambatan penanganan pasien. Salah satu cara untuk mengetahui penyakit pneumonia adalah dengan rontgen atau x-ray dan tes darah (Fransiska, 2020). Keterbatasan tenaga medis yang dapat melakukan tes atau menginterpretasikan hasil rontgen merupakan salah satu faktor utama yang dapat menunda diagnosis, yang dapat berdampak pada keterlambatan penanganan pasien. Oleh karena itu, dibutuhkan teknologi yang dapat membantu dalam diagnosis, sehingga tenaga medis dapat mendeteksi keberadaan pneumonia pada foto rontgen dada secara dini.

Salah satu infeksi paru-paru paling mematikan di dunia dan menjadi penyebab utama kematian anak

di bawah lima tahun, terutama di negara berkembang. Penyakit ini membutuhkan penanganan cepat dan akurat, namun keterbatasan tenaga medis serta beban kerja yang tinggi sering menyebabkan keterlambatan diagnosis. Pemeriksaan rontgen dada (Chest X-Ray/CXR) merupakan metode standar dalam mendeteksi pneumonia, tetapi interpretasinya membutuhkan keahlian radiolog yang mumpuni. Tantangan inilah yang mendorong perlunya solusi berbasis teknologi untuk membantu proses diagnosis secara lebih cepat, akurat, dan konsisten.

Pada penelitian Sukegawa (2023) menjelaskan perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya *Deep Learning*, telah memberikan peluang besar dalam bidang kesehatan, termasuk dalam analisis citra medis. Salah satu model yang terbukti efektif untuk ekstraksi fitur visual adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). Dari berbagai arsitektur CNN yang tersedia, VGG16 menjadi salah satu yang paling banyak digunakan karena strukturnya yang sederhana namun mampu menghasilkan representasi fitur yang kuat pada berbagai jenis citra. Kemampuan VGG16 dalam mengenali pola visual membuatnya sangat potensial untuk diterapkan dalam deteksi dini pneumonia melalui citra rontgen dada (Halim, 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa model *Deep Learning* menggunakan arsitektur VGG16 dalam mendeteksi pneumonia secara otomatis. Dengan memanfaatkan teknik *transfer learning*, model dapat dilatih secara lebih efisien meskipun dataset terbatas. Selain itu, penelitian ini juga melakukan studi eksperimen untuk membandingkan hasil yang diperoleh dengan beberapa pendekatan CNN sebelumnya. Evaluasi dilakukan berdasarkan metrik utama seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-Score untuk memastikan kualitas prediksi yang dihasilkan.

Melalui penelitian ini Vincen dan S. Samsuryadi (2022), diharapkan pengembangan sistem berbasis Deep Learning dapat memberikan kontribusi nyata dalam mendukung tenaga medis dalam proses diagnosis pneumonia. Implementasi metode ini tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu klinis, namun juga berpotensi diterapkan secara luas pada layanan kesehatan yang kekurangan sumber daya, sehingga dapat meningkatkan kecepatan dan akurasi deteksi penyakit paru-paru secara signifikan.

Deteksi pneumonia menggunakan teknik pembelajaran mendalam, khususnya melalui *Convolutional Neural Networks* (CNN), telah mendapatkan perhatian yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir karena potensinya untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi diagnostik. Penelitian tersebut menunjukkan kinerja yang luar biasa dalam mengklasifikasikan pneumonia dari gambar rontgen dada. Pada penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi yang mampu mengidentifikasi pneumonia dengan akurasi sebesar 91,54%, presisi 91%, dan recall 92,8%. Hasil ini diperoleh dengan menggunakan hiperparameter CNN tertentu, yaitu 50 epoch, learning rate 0,0001, dan batch size 20. Pada tahap pengujian, sistem berhasil mengidentifikasi 95 dari 101 kasus pneumonia dengan benar dan 91 dari 100 kasus non-pneumonia dengan benar. Secara keseluruhan, evaluasi ini menunjukkan efektivitas metode yang diusulkan untuk deteksi pneumonia pada citra rontgen dada.

VGG16 merupakan arsitektur jaringan saraf konvolusional (CNN) yang dikembangkan oleh Visual Geometry Group, yang telah mendapatkan perhatian luas dalam berbagai aplikasi karena kinerjanya yang kuat dan desain arsitekturalnya. Desain arsitektur VGG16, yang ditandai dengan penggunaan filter konvolusi kecil (3x3) dan struktur yang dalam dengan 16 lapisan, berkontribusi secara signifikan terhadap kinerjanya. Desain ini memungkinkan ekstraksi fitur yang rumit dari citra, yang sangat penting untuk tugas seperti klasifikasi dan segmentasi citra. Selain itu, kemampuan VGG16 untuk beradaptasi melalui transfer learning meningkatkan kinerjanya dalam skenario dengan data pelatihan terbatas.

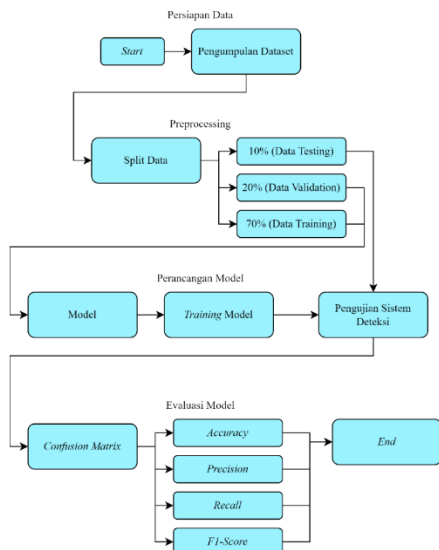
Antoni, (2021) menyebutkan kelebihan utama dari VGG16 adalah arsitekturnya yang dalam, menggunakan lapisan konvolusi dengan filter kecil (3x3) dan mengedepankan penggunaan dua lapisan konvolusi berturut-turut sebelum lapisan *pooling*. Desain ini memungkinkan VGG16 untuk belajar secara detail dari fitur-fitur yang kompleks dalam citra, yang berakibat pada kinerja klasifikasi yang superior dibandingkan dengan arsitektur CNN tradisional yang lebih dangkal [8].

Oleh karena itu, penelitian ini menyarankan penggunaan Teknik *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur vgg16 untuk mendeteksi penyakit Pneumonia (Simonyan, 2014). Metode CNN memiliki kemampuan yang kuat dalam mempelajari fitur-fitur penting dari citra secara otomatis melalui proses konvolusi dan pooling, sehingga memungkinkan pengenalan objek yang lebih akurat dan efisien (Kusrini,2022) Berdasarkan beberapa ulasan tersebut, penulis mengusulkan penelitian dengan judul Peningkatan Deteksi Penyakit Pneumonia Menggunakan VGG16 CNN.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alur Eksperimen

Untuk membantu dalam pembuatan eksperimen, maka diperlukan adanya alur eksperimen untuk membantu dalam melakukan pengujian dan evaluasi. Adapun alur eksperimen pada penelitian kali ini dapat dilihat pada Gambar



Gambar 1. Alur Eksperimen.

Berdasarkan Gambar **Error! Reference source not found.**, maka alur eksperimen dapat diuraikan menjadi pembahasan dari masing-masing tahapan penelitian yaitu:

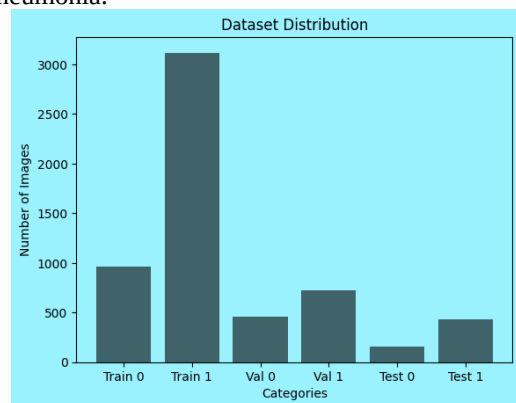
1. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan dataset dari ZhangLabData: Chest X-Ray Dataset, kumpulan data ini disusun dalam 3 folder (*train*, *test*, *val*) dan berisi subfolder untuk setiap kategori gambar (Pneumonia/Normal). Ada 5.863 gambar X-Ray (JPEG) dan 2 kategori (Pneumonia/Normal). Gambar rontgen dada (*anterior-posterior*) dipilih dari kelompok retrospektif pasien anak berusia satu hingga lima tahun dari Guangzhou Women and Children's Medical Center, Guangzhou. Semua pencitraan rontgen dada dilakukan sebagai bagian dari perawatan klinis rutin pasien. Untuk analisis gambar rontgen dada, semua radiografi dada awalnya disaring untuk kontrol kualitas dengan membuang semua hasil pemindaian berkualitas rendah atau tidak terbaca. Diagnosis untuk gambar tersebut kemudian dinilai oleh dua dokter ahli sebelum diizinkan untuk melatih sistem AI. Untuk memperhitungkan kesalahan penilaian, set evaluasi juga diperiksa oleh ahli ketiga.

2. Preprocessing

Tahap *preprocessing* data dilakukan untuk mempersiapkan citra rontgen dada sebelum dimasukkan ke dalam model CNN-VGG16. Langkah pertama adalah mengubah ukuran (*resize*) semua citra menjadi 224x224 piksel sesuai dengan dimensi input standar model VGG16. Ukuran ini memastikan semua citra memiliki dimensi yang konsisten dan kompatibel dengan arsitektur model, sekaligus mempertahankan fitur penting dari citra. Selanjutnya, dataset dibagi menjadi tiga bagian, yaitu 70% untuk pelatihan (*training*), 20% untuk validasi (*validation*), dan 10% untuk pengujian (*testing*). Pembagian ini bertujuan untuk memastikan model dilatih dengan data yang cukup banyak, divalidasi untuk memantau performanya selama pelatihan, dan diuji menggunakan data yang benar-benar baru untuk mengevaluasi kemampuan generalisasi model. Dengan proses *preprocessing* ini, kualitas data yang digunakan untuk pelatihan dan evaluasi model dapat terjaga, sehingga

meningkatkan potensi akurasi dan efisiensi deteksi pneumonia.



Gambar 2. Dataset Distribution

3. Perancangan dan Pelatihan Model

Pada tahap perancangan dan pelatihan model, digunakan arsitektur VGG16 sebagai basis untuk membangun model deteksi pneumonia. Model VGG16 diinisialisasi dengan bobot pra-pelatihan dari dataset ImageNet untuk memanfaatkan fitur-fitur visual yang telah dipelajari sebelumnya. Fitur ini diambil dari lapisan dasar model (base) VGG16 dengan argumen `include_top=False` untuk mengecualikan lapisan fully connected bawaan, sehingga memungkinkan penyesuaian output sesuai kebutuhan. Ukuran input citra ditetapkan menjadi 150x150 piksel dengan tiga saluran warna.

Setelah lapisan dasar VGG16, ditambahkan beberapa lapisan kustom. Lapisan ini meliputi lapisan Flatten untuk meratakan output dari lapisan konvolusi, diikuti dengan lapisan Dense berukuran 256 unit dengan fungsi aktivasi ReLU untuk menangkap hubungan non-linear dalam data. Untuk mencegah overfitting, diterapkan lapisan Dropout dengan tingkat 50%. Lapisan output menggunakan Dense dengan satu unit dan fungsi aktivasi sigmoid untuk menghasilkan probabilitas klasifikasi biner, yaitu ada atau tidaknya pneumonia. Model ini dirancang sebagai model baru dengan menggunakan fungsi Model dari Keras, yang menghubungkan input dari lapisan dasar VGG16 ke lapisan output yang telah disesuaikan. Perancangan ini memanfaatkan transfer learning untuk meningkatkan efisiensi pelatihan, sambil tetap memungkinkan model beradaptasi terhadap karakteristik unik dari dataset pneumonia yang digunakan.

4. Evaluasi Model

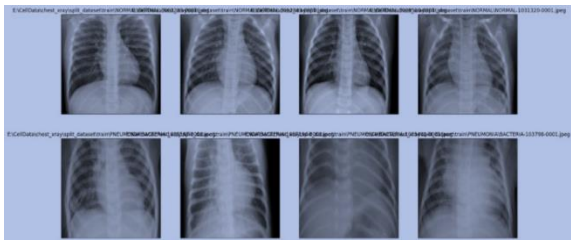
Setelah melalui tahapan-tahapan sebelumnya, maka didapatkanlah hasil performa model CNN dalam bentuk confusion matrix yang berisi 4 parameter yaitu akurasi, presisi, recall dan f1 score.

Dengan demikian, proses deteksi penyakit pneumonia melalui analisis citra rontgen dada telah membentuk alur eksperimen yang terstruktur. Hal ini memastikan bahwa proses dan hasil yang diperoleh dapat memberikan pemahaman mendalam tentang penerapan metode CNN, khususnya dengan arsitektur VGG16, dalam mendeteksi penyakit pneumonia secara akurat dan efisien.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Eksperimen (10pt, tebal)

Kumpulan data ini disusun dalam 3 folder (*train*, *test*, *val*) dan berisi subfolder untuk setiap kategori gambar (Pneumonia/Normal). Ada 5.863 gambar X-Ray (JPEG) dan 2 kategori (Pneumonia/Normal). Gambar rontgen dada (*anterior-posterior*) dipilih dari kelompok retrospektif pasien anak berusia satu hingga lima tahun dari Guangzhou Women and Children's Medical Center, Guangzhou.



Gambar 3. Foto Dataset

Semua pencitraan rontgen dada dilakukan sebagai bagian dari perawatan klinis rutin pasien. Untuk analisis gambar rontgen dada, semua radiografi dada awalnya disaring untuk kontrol kualitas dengan membuang semua hasil pemindaian berkualitas rendah atau tidak terbaca. Diagnosis untuk gambar tersebut kemudian dinilai oleh dua dokter ahli sebelum diizinkan untuk melatih sistem AI. Untuk memperhitungkan kesalahan penilaian, set evaluasi juga diperiksa oleh ahli ketiga.

3.2 Deteksi Menggunakan Epoch 10

Berdasarkan hasil pelatihan model CNN dengan arsitektur VGG16, proses berlangsung selama 10 *epoch* didapat Confusion matrix Tabel 1. **Error! Reference source not found.** menunjukkan performa model CNN-VGG16 dalam mendeteksi pneumonia dari citra rontgen dada. Pada sumbu vertikal (*true value*), terdapat label aktual (0: Normal, 1: Pneumonia), sementara sumbu horizontal (*predicted value*) menunjukkan prediksi model.

Tabel 1. Konfusi matrix epoch 10

True \ Predicted	0 (Normal)	1 (Pneumonia)
0 (Normal)	145	14
1 (Pneumonia)	8	420

Hasil evaluasi model menunjukkan performa yang sangat baik dalam mendeteksi pneumonia dari citra rontgen dada. Model memiliki *Recall* sebesar 0,9813, yang menunjukkan kemampuan model untuk mendeteksi kasus pneumonia secara benar dengan tingkat keberhasilan 98,13%. *Precision* tercatat sebesar 0,9677, yang berarti bahwa 96,77% dari semua prediksi positif pneumonia benar-benar merupakan kasus pneumonia. Dengan Akurasi sebesar 0,9625, model berhasil mengklasifikasikan 96,25% dari seluruh data uji dengan benar. Selain itu, F1 Score model sebesar 0,9745 menunjukkan keseimbangan yang baik antara *precision* dan *recall*, mencerminkan kemampuan model dalam memberikan prediksi yang andal untuk deteksi pneumonia. Hasil ini mengindikasikan bahwa model

memiliki performa yang optimal dan dapat diandalkan untuk aplikasi diagnostik.

3.3 Deteksi Menggunakan Epoch 50

Berdasarkan hasil pelatihan model CNN dengan arsitektur VGG16, proses berlangsung selama 50 *epoch* didapat Confusion matrix Tabel 2. **Error! Reference source not found.** Confusion matrix di atas menggambarkan performa model dalam mengklasifikasikan data uji ke dalam dua kategori, yaitu Normal (0) dan Pneumonia (1). Dari total prediksi, model berhasil mengidentifikasi 143 data Normal dengan benar (*True Negative*) dan 423 data Pneumonia dengan benar (*True Positive*). Namun, terdapat 16 kesalahan prediksi di mana data Normal diklasifikasikan sebagai Pneumonia (*False Positive*) dan 5 kesalahan prediksi di mana data Pneumonia diklasifikasikan sebagai Normal (*False Negative*). Hasil ini menunjukkan bahwa model memiliki tingkat sensitivitas dan presisi yang tinggi dalam mendeteksi kasus Pneumonia, meskipun masih terdapat sejumlah kecil kesalahan.

Tabel 2. Konfusi matrix epoch 50

True \ Predicted	0 (Normal)	1 (Pneumonia)
0 (Normal)	143	16
1 (Pneumonia)	5	423

3.4 Deteksi Menggunakan Epoch 100

Berdasarkan hasil pelatihan model CNN dengan arsitektur VGG16, proses berlangsung selama 100 *epoch* didapat Confusion matrix Tabel 3 menunjukkan performa model CNN-VGG16 dalam mendeteksi pneumonia dari citra rontgen dada. Pada sumbu vertikal (*true value*), terdapat label aktual (0: Normal, 1: Pneumonia), sementara sumbu horizontal (*predicted value*) menunjukkan prediksi model.

Tabel 3. Konfusi matrix epoch 100

True \ Predicted	0 (Normal)	1 (Pneumonia)
0 (Normal)	143	16
1 (Pneumonia)	5	423

Berdasarkan hasil evaluasi model dengan nilai *True Negative* (TN) = 143, *False Positive* (FP) = 16, *False Negative* (FN) = 5, dan *True Positive* (TP) = 423, dapat disimpulkan bahwa model klasifikasi ini menunjukkan performa yang sangat baik. Hal ini didukung oleh nilai *recall* sebesar 0.9883, yang berarti model mampu mengidentifikasi hampir seluruh kasus positif (pneumonia) dengan sangat baik. Nilai *precision* sebesar 0.9636 menunjukkan bahwa dari seluruh prediksi positif yang dibuat model, sebagian besar adalah benar. Akurasi model juga tinggi, mencapai 0.9642, yang berarti model secara keseluruhan mampu memprediksi dengan tepat baik kasus positif maupun negatif. Nilai F1-score yang tinggi, yaitu 0.9758, mengkonfirmasi bahwa model memiliki keseimbangan yang baik antara *precision* dan *recall*. Secara keseluruhan,

model ini efektif dalam mendeteksi pneumonia dengan tingkat kesalahan yang rendah.

3.5 Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya

Dalam penelitian ini, akan dibandingkan hasil pengujian dengan penelitian sebelumnya sesuai dengan jenis serangan yang di deteksi. Tabel perbandingan yang ada dibawah ini menjelaskan tentang performa dari metode penelitian sebelumnya dan metode yang digunakan dalam penelitian ini dalam mendeteksi penyakit pneumonia. Perbandingan ini bertujuan untuk menampilkan hasil dari metode yang telah diuji dan sejauh mana performanya dengan penelitian sebelumnya. Adapun tabel perbandingan dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada

Tabel 4. Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya

Penulis dan Tahun	Masalah	Metode	Dataset	Ringkasan Hasil
J. Yopen to and E. Ernawati [44]	Deteksi Pneumonia	CNN, Ekstraksi Fitur Sobel	Chest X-Ray Images (Pneumonia)	Nilai akurasi sebesar 91,54%, presisi 91%, dan recall 92,8%
Peneliti	Deteksi Pneumonia	CNN-VGG16	Chest X-Ray Images (Pneumonia)	Nilai Akurasi mencapai 0.9642, <i>precision</i> sebesar 0.9636, recall 0.9883 dan Nilai F1-score 0.9758

Berdasarkan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa penelitian yang menggunakan CNN dengan ekstraksi fitur Sobel menghasilkan akurasi 91,54%, precision 91%, dan recall 92,8%, sedangkan penelitian dengan CNN-VGG16 menunjukkan performa lebih unggul dengan akurasi 96,42%, precision 96,36%, recall 98,83%, dan F1-score 97,58%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa CNN-VGG16 lebih efektif dalam mengekstraksi fitur yang relevan untuk mendeteksi pneumonia dibandingkan metode ekstraksi fitur Sobel. Dengan recall yang lebih tinggi, CNN-VGG16 juga lebih andal dalam mengidentifikasi kasus positif, sehingga lebih sesuai untuk aplikasi medis yang membutuhkan deteksi yang akurat dan minim kesalahan.

4. KESIMPULAN

Dimulai dari perancangan alat hingga tahap pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model VGG16 yang diusulkan dalam penelitian ini menunjukkan performa yang lebih baik dalam mendeteksi pneumonia dibandingkan dengan metode CNN pada penelitian sebelumnya. Akurasi pengujian mencapai 96,42% dengan *F1-Score* sebesar 97,58%, yang menunjukkan keseimbangan yang baik antara presisi dan *recall*. Selain itu, penelitian ini juga berhasil mengatasi potensi overfitting yang terjadi pada

penelitian sebelumnya, sehingga model yang dihasilkan lebih stabil dan dapat diandalkan untuk aplikasi praktis.

5. DAFTAR PUSTAKA

ALBAKIA, S. R. I. A. E. dan Saputra, R. A. (2023) 'Identifikasi Jenis Daun Tanaman Obat Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Dengan Model VGG16', *Jurnal Informatika Polinema*, 9(4), hlm. 451–460.

Amaral, S. M., de Q. Cortês, A. dan Pires, F. R. (2009) 'Pneumonia nosocomial: importância do microambiente oral', *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 35, hlm. 1116–1124.

Antony, F., Irsyad, H. dan Al Rivan, M. E. (2021) 'Knn dan gabor filter serta wiener filter untuk mendiagnosis penyakit pneumonia citra x-ray pada paru-paru', *Jurnal Algoritme*, 1(2), hlm. 147–155.

Davies, N. G., Flasche, S., Jit, M. dan Atkins, K. E. (2021) 'Modeling the effect of vaccination on selection for antibiotic resistance in Streptococcus pneumoniae', *Sci Transl Med*, 13(606), hlm. 86–90.

Dinata, R. K., Safwandi, S., Hasdyna, N. dan Azizah, N. (2020) 'Analisis k-means clustering pada data sepeda motor', *INFORMAL: Informatics Journal*, 5(1), hlm. 10–17.

Franciska, D. G. (2022) 'HUBUNGAN STATUS GIZI DENGAN KEJADIAN PNEUMONIA PADA ANAK BALITA DI WILAYAH KERJA PUSKESMAS RANTAU PANJANG TAHUN 2021', *Jurnal Kesehatan dan Sains Terapan*, 8(1), hlm. 13–21.

Halim, J. dan Fajar, A. N. (2023) 'Klasifikasi Pisang Berbasis Algoritma VGG16 Melalui Metode CNN Deep Learning', *INFORMASI (Jurnal Informatika dan Sistem Informasi)*, 15(1), hlm. 1–17.

Herawati, Y. I., Rahmat, B. dan Maulana, H. (2024) 'A Data Pre-processing Strategy Utilizing Adaptive Masking for the Classification of Pediatric Pneumonia Using VGG-16', *Jurnal Sistem Informasi dan Ilmu Komputer*, 8(1), hlm. 173–183.

Jinan, A. dan Hayadi, B. H. (2022) 'Klasifikasi Penyakit Tanaman Padi Menggunakan Metode Convolutional Neural Network Melalui Citra Daun (Multilayer Perceptron)', *Journal of Computer and Engineering Science*, hlm. 37–44.

Kinasih, C. A. S. dan Hidayat, H. (2022) 'Ekstraksi Data Bangunan Dari Data Citra Unmanned Aerial

- Vehicle Menggunakan Metode Convolutional Neural Networks (CNN)(Studi Kasus: Desa Campurejo, Kabupaten Gresik)', *Geoid*, 17(1), hlm. 81–92.
- Kusrini, K., Yudianto, M. R. A. dan Al Fatta, H. (2022) 'The effect of Gaussian filter and data preprocessing on the classification of Punakawan puppet images with the convolutional neural network algorithm', *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 12(4), hlm. 3752.
- Mulyana, D. I. dan Alifah, R. (2024) 'Optimasi Deteksi Tumor Otak Menggunakan Adaptive Multiscale Retinex dan YOLOV10 Pada Citra Digital', *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi*, 5(3), hlm. 2742–2751.
- Passa, R. S., Nurmaini, S. dan Rini, D. P. (2023) 'DETEKSI TUMOR OTAK PADA MAGNETIC RESONANCE IMAGING MENGGUNAKAN YOLOv7', *Jurnal Ilmiah MATRIK*, 25(2), hlm. 116–121.
- Putra, A. K. dan Bunyamin, H. (2020) 'Pengenalan Simbol Matematika dengan Metode Convolutional Neural Network (CNN)', *Jurnal STRATEGI-Jurnal Maranatha*, 2(2), hlm. 426–433.
- Putro, A. D. dan Tantyoko, H. (2023) 'Hybrid Algoritma Vgg16-Net Dengan Support Vector Machine Untuk Klasifikasi Jenis Buah dan sayuran', *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 5(2), hlm. 56–65.
- Putra, W. S. E. (2016) 'Klasifikasi citra menggunakan convolutional neural network (CNN) pada caltech 101', *Jurnal Teknik ITS*, 5(1).
- Simonyan, K. dan Zisserman, A. (2014) 'Very deep convolutional networks for large-scale image recognition', *arXiv preprint arXiv:1409.1556*.
- Sukegawa, S. dkk. (2023) 'Effectiveness of deep learning classifiers in histopathological diagnosis of oral squamous cell carcinoma by pathologists', *Sci Rep*, 13(1), hlm. 11676.
- Sunyoto, A. dkk. (2022) 'The Performance Evaluation of Transfer Learning VGG16 Algorithm on Various Chest X-ray Imaging Datasets for COVID-19 Classification', *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(9).
- Valentine, H. (2022) 'Hubungan Status Gizi Dengan Kejadian Pneumonia Pada Anak-Anak Usia 1–3 Tahun Di Wilayah Kerja UPTD Puskesmas Lubuk Alung Kabupaten Padang Pariaman', *Nan Tongga Health And Nursing*, 17(2), hlm. 113–122.
- Vincen, V. dan Samsuryadi, S. (2022) 'Brahmi Script Classification using VGG16 Architecture Convolutional Neural Network', *Computer Engineering and Applications Journal*, 11(2), hlm. 127–136.
- Wati, R. A., Irsyad, H. dan Rivan, M. (2020) 'Klasifikasi Pneumonia Menggunakan Metode Support Vector Machine', *J. Algoritma*, 1(1), hlm. 21–32.
- Yosephine, M. dkk. (2022) 'Comparative Study of Convolutional Neural Network Architecture in Lymphoma Detection', dalam *4th International Conference on Life Sciences and Biotechnology (ICOLIB 2021)*. Atlantis Press, hlm. 193–202.