

ANALISIS AKURASI MODEL MOBILENETV2 DALAM KLASIFIKASI CITRA X-RAY UNTUK DETEKSI KONDISI PARU-PARU

Abdan Syakuroh, Fiber Monado*, Menik Ariani, Hadi, Erry Koriyanti, Erni

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
email: Fibermonado@unsri.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis akurasi model MobileNetV2 dalam melakukan klasifikasi citra X-ray pada deteksi empat kondisi paru-paru, yaitu Normal, Pneumonia, Cardiomegaly, dan Pneumothorax. Dataset yang digunakan terdiri dari 12.539 citra X-ray yang diambil dari repositori publik dan telah melalui proses preprocessing, augmentasi, serta pembobotan kelas untuk mengatasi ketidakseimbangan data. Model dikembangkan dengan metode transfer learning dan fine-tuning pada lapisan akhir MobileNetV2. Hasil pengujian pada data uji menunjukkan bahwa model yang diusulkan mampu mencapai nilai akurasi sebesar 99,42%, precision 98,87%, recall 98,88%, dan F1-score 98,86%. Seluruh hasil evaluasi ini melampaui standar medis minimal $\geq 90\%$ aplikasi klinis. Temuan penelitian ini menegaskan bahwa MobileNetV2 sangat potensial digunakan sebagai alat bantu diagnosis otomatis berbasis citra X-ray, guna meningkatkan efektivitas deteksi dini penyakit paru-paru pada lingkungan klinis.

Kata kunci: MobileNetV2; Klasifikasi Citra X-Ray; Deteksi Penyakit Paru-Paru; Deep Learning; Diagnosis Otomatis

ABSTRACT

[Title: Accuracy Analysis of the Mobilenetv2 Model in X-Ray Image Classification for Lung Condition Detection] This study aims to analyze the accuracy of the MobileNetV2 model in classifying chest X-ray images for detecting four pulmonary conditions: Normal, Pneumonia, Cardiomegaly, and Pneumothorax. The dataset consists of 12.539 X-ray images obtained from public repositories and has undergone preprocessing, augmentation, and class weighting to address data imbalance. The model was developed using transfer learning and fine-tuning on the final layers of MobileNetV2. Testing results indicate that the proposed model achieves an accuracy of 99,42%, precision of 98,87%, recall of 98,88%, and F1-score of 98,86%. All evaluation metrics exceed the minimum standard $\geq 90\%$ for clinical application. These findings confirm that MobileNetV2 has strong potential as an automatic diagnostic tool based on X-ray images, thereby improving the effectiveness of early detection of lung diseases in clinical settings.

Keywords: MobileNetV2; Chest X-Ray Classification; Pulmonary Disease Detection; Deep Learning; Automated Diagnosis

PENDAHULUAN

Citra medis berperan penting dalam diagnosis penyakit karena memberikan gambaran visual struktur internal tubuh manusia yang tidak dapat diperoleh melalui pemeriksaan fisik biasa (Irawan dkk., 2013). Dengan kemajuan teknologi big data dan kecerdasan buatan (AI), analisis citra medis kini dapat dilakukan secara otomatis untuk meningkatkan akurasi diagnosis (Jia dkk., 2021). Dalam penerapan AI untuk klasifikasi citra medis seperti X-ray paru-paru, label *ground truth* sangat

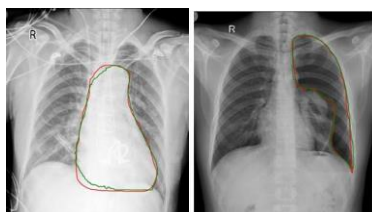
penting untuk memastikan validitas hasil analisis (Islam dkk., 2011).

Penyakit paru-paru merupakan salah satu masalah kesehatan global yang berpotensi menyebabkan gangguan pernapasan serius dan risiko fatal jika tidak terdeteksi serta ditangani secara dini. Deteksi dini melalui citra medis, khususnya X-ray, menjadi metode utama dalam diagnosis berbagai kondisi paru-paru seperti *pneumonia*, *cardiomegaly*, dan *pneumothorax*. Namun proses interpretasi citra

X-ray secara manual oleh dokter radiologi sering memerlukan waktu lama dan berisiko kelelahan, yang dapat menurunkan akurasi dan konsistensi diagnosis (Taylor-Phillips dan Stinton, 2019). Selain itu, kualitas gambar *X-ray* (**Gambar 1**) yang kurang optimal serta kemiripan visual antara beberapa kondisi seperti paru paru normal, *pneumonia*, *cardiomegaly* dan *pneumothorax* menyebabkan detail anatomi atau lesi menjadi sulit dibedakan, sehingga menambah tantangan dan berpotensi menurunkan akurasi diagnosis manual (Maysanjaya, 2020; Zhou dkk., 2021).



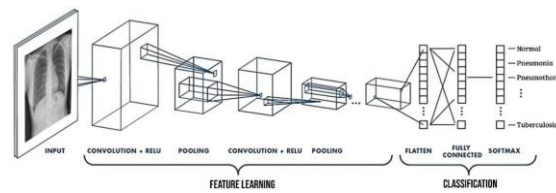
(a) Normal (b) *Pneumonia*



(c) *Cardiomegaly* (d) *Pneumothorax*

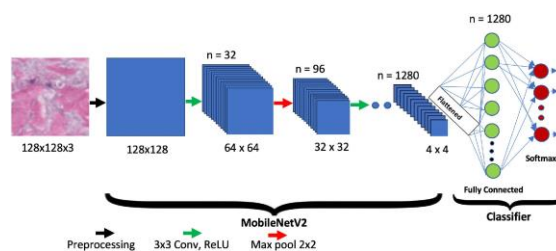
Gambar 1. Paru-Paru (a) Normal, (b) *Pneumonia*, (c) *Cardiomegaly*, dan (d) *Pneumothorax* (Maysanjaya, 2020; Zhou dkk., 2021)

Untuk mengatasi tantangan-tantangan tersebut, adopsi teknologi *Computer Aided Diagnostic (CAD)* dan AI berbasis *deep learning* kini semakin banyak diterapkan untuk klasifikasi citra medis (Jia dkk., 2021; Diar dkk., 2022). *Convolutional Neural Network (CNN)* secara khusus telah terbukti mampu mengekstrak fitur visual penting dalam citra *X-ray* dan meningkatkan akurasi klasifikasi (Gunawan dan Setiawan, 2022; Widiarto dkk., 2021). Struktur CNN (**Gambar 2**) terdiri dari tahap ekstraksi fitur melalui konvolusi dan *pooling*, serta klasifikasi melalui *fully connected layer*. CNN menjadi fondasi berbagai model *deep learning*, termasuk *MobileNetV2*.



Gambar 2. Struktur CNN (Gunawan dan Setiawan, 2022)

Pada berbagai arsitektur CNN, *MobileNetV2* menonjol karena dirancang untuk efisiensi komputasi tinggi, membuatnya ideal untuk diterapkan pada perangkat keras terbatas tanpa mengorbankan akurasi (Sandler dkk., 2018). Arsitektur *MobileNetV2* (**Gambar 3**) mengedepankan efisiensi dengan blok *inverted residual* dan *depthwise separable convolution*, menjadikannya andalan untuk klasifikasi citra pada perangkat terbatas (Akay dkk., 2021).



Gambar 3. Arsitektur jaringan *MobileNetV2* (Akay dkk., 2021)

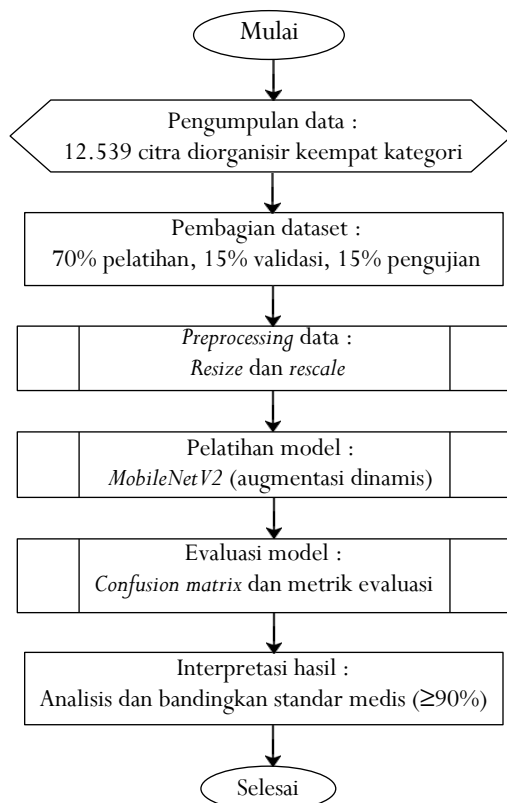
Studi sebelumnya melaporkan bahwa *MobileNetV2* memiliki performa klasifikasi yang kompetitif untuk citra *X-ray* paru-paru bahkan pada perangkat sederhana (Musha dkk., 2022; Olayiwola dkk., 2023). Namun demikian, penelitian yang secara sistematis mengevaluasi kecukupan akurasi *MobileNetV2* terhadap standar medis minimal $\geq 90\%$ pada klasifikasi multi-kelas paru berbasis data berlabel *ground truth* yang diverifikasi ahli medis masih sangat terbatas (Shamrat dkk., 2023).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dirancang untuk mengkaji secara komprehensif seberapa akurat dan memadai performa model *MobileNetV2* dalam mengklasifikasikan citra *X-ray* paru-paru ke dalam empat kondisi utama berdasarkan label *ground truth*, serta membandingkan hasil klasifikasinya dengan standar medis yang relevan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental kuantitatif dengan tujuan mengevaluasi akurasi model *MobileNetV2* (Diar dkk., 2022) dalam klasifikasi citra *X-ray* paru-paru. Proses penelitian dilaksanakan di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Sriwijaya, pada periode Januari hingga Mei 2025, memanfaatkan fasilitas laboratorium komputasi yang tersedia.

Penelitian ini menggunakan perangkat keras berupa laptop dengan spesifikasi terbatas yang dipilih untuk mendukung efisiensi pelatihan model sederhana menggunakan CPU tanpa memerlukan perangkat keras khusus seperti GPU eksternal. Perangkat lunak dipilih karena kompatibilitasnya dengan kebutuhan penelitian *deep learning* dan kemudahan penggunaannya. Dataset dari *Kaggle* (gabungan dari *National Institutes of Health (NIH) Chest X-Ray Dataset* dan *Society for Imaging Informatics in Medicine (SIIM)*) dipilih karena menyediakan data yang terorganisasi dengan baik dan mendukung tugas klasifikasi multi-kelas secara efektif.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Gambar 4. menampilkan diagram alir tahapan penelitian mulai dari pengumpulan data, *preprocessing*, pelatihan model, hingga evaluasi. Diagram ini memperjelas alur kerja sistematis penelitian.

Sumber data penelitian berupa dataset citra *X-ray* paru-paru yang telah diverifikasi label *ground truth*-nya oleh ahli medis (Maysanjaya, 2020). Data mencakup empat kategori, yaitu Normal, *Pneumonia*, *Cardiomegaly*, dan *Pneumothorax*. Teknik pengumpulan data diawali dengan validasi dan seleksi integritas *file* citra. Dataset selanjutnya dibagi menjadi data pelatihan (70%), validasi (15%), dan pengujian (15%) menggunakan teknik *stratified sampling*, untuk memastikan distribusi proporsional pada setiap kategori (Baughan dkk., 2023). Organisasi data dilakukan secara otomatis ke dalam folder khusus untuk masing-masing subset, sehingga seluruh proses tetap dapat diulang dengan hasil yang sama.

Proses analisis diawali dengan teknik *resize* ke 224×224 piksel dan normalisasi nilai piksel (*rescale*) ke rentang $[0,1]$ untuk konsistensi input model (Sandler dkk., 2018) serta untuk meningkatkan kualitas data dan performa model (Lopera dkk., 2014). Augmentasi dinamis dapat meningkatkan kemampuan generalisasi model (Chandra dkk., 2021) berupa rotasi $\pm 10^\circ$, *flipping* horizontal, *zoom* 10% dan penyesuaian kecerahan yang diterapkan pada data pelatihan melalui generator augmentasi, sehingga model lebih *robust* dan tidak *overfitting* serta meningkatkan variasi dataset (Jia dkk., 2021). Ketidakseimbangan kelas diatasi dengan *class weighting* berdasarkan distribusi sampel (Shamrat., 2023).

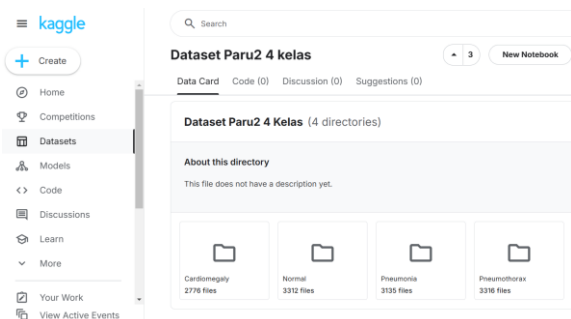
Model *MobileNetV2* diinisialisasi dengan bobot *pre-trained* dari *ImageNet* yaitu *transfer learning* sehingga *MobileNetV2* memanfaatkan pengetahuan dari dataset besar seperti *ImageNet* untuk meningkatkan kinerja pada tugas klasifikasi citra *X-ray* (Gulzar, 2023). Kemudian dilakukan *fine-tuning* pada 12 lapisan terakhir. *Training* dilakukan selama 5 *epoch*, menggunakan *optimizer Adam*, *batch size* 32, dan *callback EarlyStopping*, *ModelCheckpoint*, *LearningRateScheduler*, serta regularisasi tambahan

BatchNormalization dan *Dropout* untuk meningkatkan generalisasi (Akay dkk., 2021). Model terbaik dipilih berdasarkan nilai *validation loss* terendah pada data validasi. Evaluasi akhir dilakukan pada 1.881 citra uji dengan *confusion matrix* untuk memahami detail kesalahan klasifikasi (Ilmadina dk., 2023) dan metrik akurasi, *precision*, *recall*, serta *F1-score* sesuai standar evaluasi klasifikasi medis (Hariyani dkk., 2020; Jawaz dan Rahmadewi, 2024).

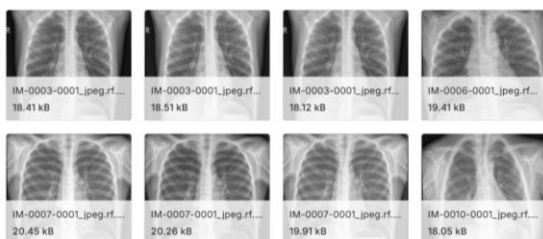
Hasil dievaluasi terhadap standar medis minimal $\geq 90\%$ (Taylor-Phillips dan Stinton, 2019) untuk menilai kecukupan performa model dan menentukan kelayakan *MobileNetV2* sebagai alat bantu diagnosis klinis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

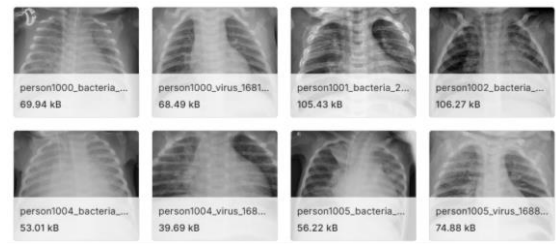
Gambar 5. menampilkan representasi awal dataset, terdiri dari 12.539 citra *X-ray* paru-paru (Normal: 3.312, *Pneumonia*: 3.135, *Cardiomegaly*: 2.776, *Pneumothorax*: 3.316) yang dibagi dengan *stratified sampling* menjadi data pelatihan (70%), validasi (15%), dan pengujian (15%).



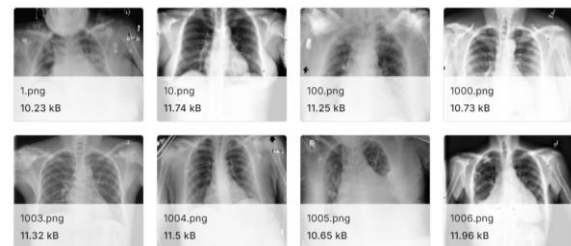
Gambar 5. Dataset paru-paru yang diunduh dari repositori *Kaggle*



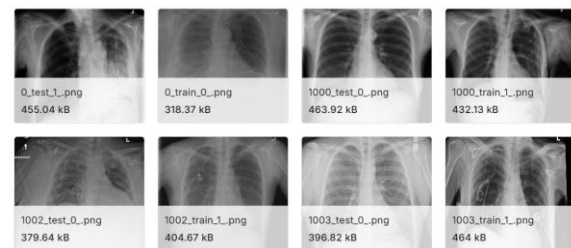
(a) Normal



(b) *Pneumonia*



(c) *Cardiomegaly*



(d) *Pneumothorax*

Gambar 6. Dataset paru-paru (a) Normal, (b) *Pneumonia*, (c) *Cardiomegaly*, dan (d) *Pneumothorax*

Gambar 6. menampilkan representasi visual sebagian kecil dataset. Citra *X-ray* paru-paru kategori Normal menunjukkan struktur paru-paru sehat tanpa tanda abnormalitas, dengan pola jaringan paru-paru terlihat jernih dan distribusi udara merata tanpa area buram atau infiltrasi. Citra *X-ray* paru-paru kategori *Pneumonia* menunjukkan area buram atau bercak putih pada bagian paru-paru akibat akumulasi cairan atau lendir di alveolus, yang dapat terlihat pada satu atau kedua sisi paru-paru. Citra *X-ray* paru-paru kategori *Cardiomegaly* menunjukkan pembesaran bayangan jantung di bagian tengah toraks, yang dapat menekan jaringan paru-paru di sekitarnya. Adapun citra *X-ray* paru-paru kategori *Pneumothorax* menunjukkan area gelap tanpa pola jaringan paru-paru, sebagai indikasi adanya udara

bebas di rongga pleura yang menyebabkan kolaps paru-paru.

Secara program, model *MobileNetV2* mengenali perbedaan kondisi paru-paru dengan mengekstrak fitur-fitur visual penting dari citra *X-ray* menggunakan lapisan konvolusi. Selama pelatihan, model belajar secara otomatis dari semua citra berlabel untuk membedakan pola khas pada setiap kondisi. Ketika menerima citra baru, model membandingkan fitur visual yang diekstrak dengan pola yang telah dipelajari, sehingga dapat mengklasifikasikan citra tersebut ke dalam kelas yang sesuai secara otomatis.

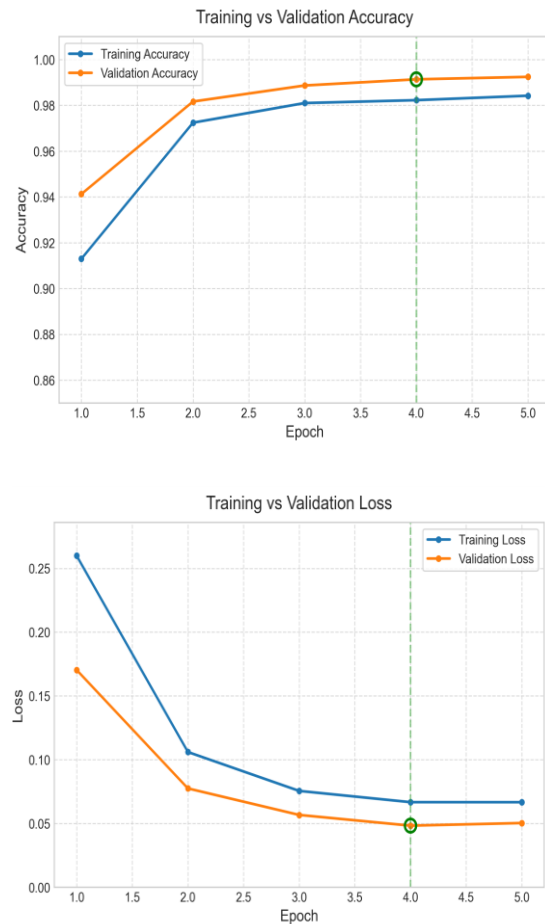
Tabel 1. Hasil Distribusi Dataset

Kategori	Populasi	Sampel Pelatihan (70%)	Sampel Validasi (15%)	Sampel Testing (15%)
Normal	3.312	2.318	497	497
Pneumonia	3.135	2.195	470	470
Cardiomegaly	2.776	1.943	416	417
Pneumothorax	3.316	2.321	498	497
Total	12.539	8.777	1.881	1.881

Tabel 1. Proses ini menghasilkan 8.777 sampel data pelatihan, 1.881 data validasi, dan 1.881 data pengujian yang terdistribusi merata di setiap kelas. Keseimbangan distribusi pada tiap subset menjamin bahwa model *MobileNetV2* dapat mempelajari dan mengevaluasi pola dari seluruh kategori secara adil tanpa bias kelas mayoritas. Konsistensi jumlah data antara populasi awal dan total sampel akhir juga menunjukkan tidak adanya kehilangan atau duplikasi data selama proses pengolahan dataset.

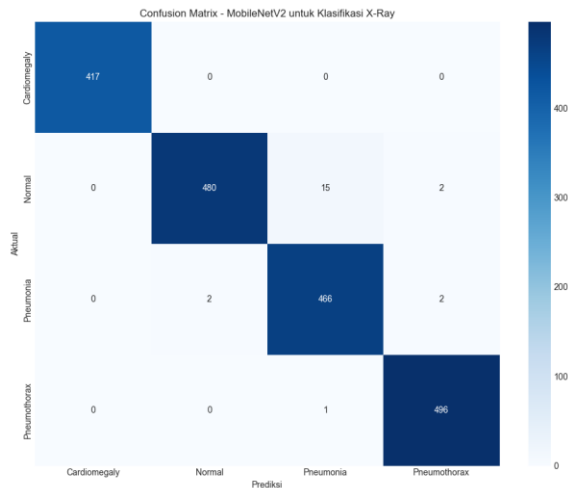
Tabel 2. Hasil Pelatihan Model

Epoch	Training Accuracy	Validation Accuracy	Training Loss	Validation Loss
1	0,9130	0,9413	0,2600	0,1704
2	0,9724	0,9817	0,1060	0,0775
3	0,9810	0,9887	0,0755	0,0567
4	0,9823	0,9914	0,0667	0,0483
5	0,9842	0,9925	0,0666	0,0503



Gambar 7. Visualisasi grafik *accuracy* dan *loss*

Tabel 2. dan **Gambar 7.** secara bersama-sama menggambarkan tren peningkatan akurasi dan penurunan *loss* pada proses pelatihan model *MobileNetV2* selama 5 *epoch*. Secara bertahap, akurasi pelatihan meningkat signifikan dari 91,30% pada *epoch* pertama menjadi 98,42% pada *epoch* kelima. Sementara itu, akurasi validasi juga menunjukkan tren positif, dimulai dari 94,13% hingga mencapai 99,25% pada akhir pelatihan. Penurunan nilai *loss* pada kedua subset data mengindikasikan model mampu mempelajari pola data dengan baik tanpa mengalami *overfitting*. Nilai *validation loss* terendah tercapai pada *epoch* keempat (0,0483), sesuai prinsip generalisasi lebih baik yang digunakan sebagai model yang akan dievaluasi. Dengan demikian, konvergensi yang cepat dengan performa optimal tercapai dalam jumlah *epoch* yang singkat.



Gambar 8. Confusion matrix

Gambar 8. menampilkan *confusion matrix* hasil prediksi model *MobileNetV2* terhadap data uji citra *X-ray* paru-paru. Metrik ini menunjukkan performa klasifikasi yang sangat baik, ditandai oleh dominasi nilai yang tinggi pada diagonal utama, yang merepresentasikan prediksi benar untuk setiap kategori. Nilai di luar diagonal menunjukkan jumlah kasus yang salah diklasifikasikan ke kelas lain, yaitu 22 kasus dari total 1.881 data uji. Seluruh kasus *Cardiomegaly* dapat teridentifikasi sempurna (417 kasus). Kelas *Pneumothorax* juga menunjukkan akurasi tinggi dengan hanya satu kasus tertukar. Untuk kelas *Normal* dan *Pneumonia*, sebagian besar kasus berhasil diprediksi dengan benar, walaupun masih terdapat beberapa misklasifikasi antar kedua kelas akibat kemiripan visual.

Tabel 3. Hasil Statistik Kontingensi

Kategori	TP	FP	FN	TN
Normal	480	2	17	1.382
Pneumonia	466	16	4	1.395
Cardiomegaly	417	0	0	1.464
Pneumothorax	496	4	1	1.380

Tabel 3. menyajikan hasil statistik kontingensi berbasis olahan *confusion matrix* untuk setiap kategori. Nilai *true positive* (TP), *false positive* (FP), *false negative* (FN), dan *true negative* (TN) memberikan gambaran lebih detail tentang distribusi prediksi model. *Cardiomegaly* tercatat tanpa kesalahan (FP/FN = 0), sementara kelas *Normal*

dan *Pneumonia* mengalami beberapa kesalahan prediksi, yaitu (FP/FN) untuk 2-17 kasus pada *Normal* dan 16-4 kasus pada *Pneumonia*. Dengan demikian, nilai TP yang tinggi dan FP serta FN yang rendah pada seluruh kategori menegaskan model mampu mengidentifikasi setiap kategori kondisi paru-paru dengan akurasi dan spesifisitas yang sangat baik. Analisis *confusion matrix* dan statistik kontingensi ini memberikan gambaran menyeluruh tentang kemampuan generalisasi dan konsistensi model *MobileNetV2* pada data *testing*.

Tabel 4. Hasil Evaluasi Model

Kategori	Precision	Recall	F1-score	Accuracy
Normal	0,9959	0,9658	0,9806	0,9899
Pneumonia	0,9668	0,9915	0,9790	0,9894
Cardiomegaly	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Pneumothorax	0,9920	0,9980	0,9950	0,9973
Rata-rata	0,9887	0,9888	0,9886	0,9942

Tabel 4. menampilkan ringkasan metrik evaluasi performa model *MobileNetV2* pada tugas klasifikasi citra *X-ray* paru-paru terhadap empat kategori kondisi, yaitu *Normal*, *Pneumonia*, *Cardiomegaly*, dan *Pneumothorax*. Seluruh metrik evaluasi yaitu *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *accuracy* menunjukkan nilai sangat tinggi di seluruh kelas, dengan rata-rata tercatat di atas 0,98. Tingginya nilai evaluasi pada setiap kategori menandakan konsistensi dan kemampuan generalisasi model yang optimal, sekaligus melampaui standar medis minimal $\geq 90\%$ yang disyaratkan untuk aplikasi klinis. Hasil ini memperkuat validitas *MobileNetV2* sebagai solusi diagnosis otomatis berbasis citra *X-ray* untuk deteksi dini berbagai kondisi paru-paru.

Akurasi 99,42% yang dicapai model ini melampaui standar medis minimal $\geq 90\%$ untuk aplikasi klinis dan mengungguli penelitian Olawiyola dkk. (2023) sebesar 88,89% untuk 4 subkelas. Keberhasilan ini didukung oleh temuan Chandra dkk. (2021) tentang kombinasi optimalisasi *fine-tuning*, augmentasi data, dan *class weighting* yang meningkatkan sensitivitas model terhadap kelas minoritas.

Augmentasi dinamis dan *rescale* terbukti efektif meningkatkan generalisasi model. Strategi ini mengurangi *overfitting* meskipun jumlah *epoch* terbatas (5 *epoch*), sebagaimana juga dilaporkan oleh Jia dkk. (2021). Kesalahan klasifikasi Normal-*Pneumonia* (3% *false negative*) disebabkan oleh kemiripan visual infiltrasi *pneumonia* tahap awal dengan variasi tekstur paru normal. Temuan ini sejalan dengan studi Maysanjaya (2020) yang melaporkan kesalahan serupa tentang kemiripan visual pada model CNN lainnya.

Tingkat *recall* tinggi (98,88%) menunjukkan model mampu mendeteksi hampir seluruh kasus positif, mengurangi risiko *false negative* yang berbahaya dalam diagnosis medis. Sejalan dengan Diar dkk. (2022) dengan integrasi model ini ke sistem CAD yang dapat mempercepat skrining pasien dan mengurangi beban kerja radiolog di fasilitas kesehatan terbatas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa model *MobileNetV2*, melalui pengumpulan data terverifikasi, *preprocessing*, pelatihan model, dan evaluasi komprehensif yang sistematis, mampu mengklasifikasikan citra *X-ray* paru-paru secara akurat dan konsisten. Model mencapai akurasi 99,42%, *precision* 98,87%, *recall* 98,88%, dan *F1-score* 98,86% pada data uji, sehingga seluruh metrik evaluasi melampaui standar medis minimal $\geq 90\%$. Hasil ini memperoleh kecukupan performa *MobileNetV2* dengan konsistensi tinggi pada seluruh metrik di setiap kelas, sehingga model efektif dalam memenuhi kriteria sistem diagnosis AI untuk aplikasi klinis. Evaluasi *confusion matrix* dan analisis kontingensi menunjukkan kemampuan model dalam mengenali seluruh kategori dengan spesifisitas dan sensitivitas tinggi, dengan minim kesalahan klasifikasi sebesar 1,17% (22 dari 1.881 kasus *testing*), meskipun tantangan misklasifikasi masih ditemukan pada kelas Normal dan *Pneumonia* akibat kemiripan visual. Dengan demikian, *MobileNetV2* layak menjadi alat bantu diagnosis otomatis berbasis citra *X-ray* untuk deteksi dini kondisi paru-paru.

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan; pertama, dilakukan perluasan dataset

dan validasi eksternal menggunakan data dari rumah sakit berbeda guna menguji generalisasi model. Kedua, perdalam analisis kesalahan klasifikasi pada kelas Normal dan *Pneumonia* guna mengidentifikasi penyebab misklasifikasi dan strategi peningkatan akurasi. Ketiga, kembangkan aplikasi diagnosis *real-time* atau mobile berbasis *MobileNetV2* untuk meningkatkan efisiensi skrining di fasilitas kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akay, M., Du, Y., Sershen, C. L., Wu, M., Chen, T. Y., Assasi, S., dan Akay, Y. M., 2021. Deep Learning Classification of Systemic Sclerosis Skin Using the MobileNetV2 Model. *IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology*, 2 : 104-110.
- Baughan, N., Whitney, H. M., Drukker, K., Sahiner, B., Hu, T., Kim, G. H., McNitt-Gray, M., Myers, K. J., dan Giger, M. L., 2023. Sequestration of Imaging Studies in MIDRC: Stratified Sampling to Balance Demographic Characteristics of Patients in a Multi-Institutional Data Commons. *Journal of Medical Imaging*, 10(6) : 064501.
- Chandra, T. B., Verma, K., Singh, B. K., Jain, D., dan Netam, S. S., 2021. Covid-19 Detection in Chest X-Ray Images Using Majority Voting Based Classifier Ensemble. *Expert Systems with Applications*, 165 : 113909.
- Diar, R. M., Fu'Adah, R. Y. N., dan Usman, K., 2022. Klasifikasi Kondisi Paru Paru Berbasis Pengolahan Citra X-Ray Menggunakan Convolutional Neural Network. *e-Proceeding of Engineering*, 9(2) : 476-482.
- Gulzar, Y., 2023. Fruit Image Classification Model Based on MobileNetV2 with Deep Transfer Learning Technique. *Sustainability*, 15(3) : 1906.
- Gunawan, D., dan Setiawan, H., 2022. Convolutional Neural Network dalam Analisis Citra Medis. *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi*, 2 (2) : 377.
- Hariyani, Y. S., Hadiyoso, S., dan Siadari, T. S., 2020. Deteksi Kondisi Covid-19

- Berdasarkan Citra X-Ray Menggunakan Deep Residual Network. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Amp; Teknik Elektronika*, 8(2) : 443.
- Ilmadina, H. Z., Naufal, M., dan Wibowo, D. S., 2023. Drowsiness Detection Based on Yawning using Modified Pre-Trained Model MobileNetV2 and Resnet50. *MATRIK : Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, 22(3) : 419-430.
- Irawan, C., Udayanti, E. D., dan Nugroho, F. H., 2013. Visualisasi dan Rekonstruksi 3D Citra Medis: Review. *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2013 (Semantik 2013)*.
- Islam, K. T., Wijewickrema, S. dan O'Leary, S., 2011. A Deep Learning Based Framework for the Registration of Three Dimensional Multi-Modal Medical Images of the Head. *Scientific Reports*, 11(1860).
- Jawaz, I., dan Rahmadewi R., 2024. Sistem Deteksi Pneumonia Paru-Paru dengan Pengolahan Citra Digital dan Machine Learning. *ELECTRON Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 5(1) : 1-9.
- Jia, S., Ying, W., Wang, W., Zhang, Q., dan Zhang, X., 2021. Value of Medical Imaging Artificial Intelligence in the Diagnosis and Treatment of New Coronavirus Pneumonia. *Expert Systems*, 39(3) : 1-15.
- Lopera, A. F. L., Cardona, H. D. V., Daza-Santacoloma, G., Álvarez, M. A., dan Orozco, Á. A., 2014. Comparison of Preprocessing Methods for Diffusion Tensor Estimation in Brain Imaging. *2014 XIX Symposium on Image, Signal Processing and Artificial Vision*, 1-5.
- Maysanjaya, I. M. D., 2020. Klasifikasi Pneumonia Pada Citra X-Rays Paru Paru dengan Convolutional Neural Network. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 9(2) : 190-195.
- Musha, A., Mamun, A. A., Tahabilder, A., Hossen, J., Jahan, B., dan Ranjbari, S., 2022. A Deep Learning Approach for Covid-19 and Pneumonia Detection from Chest X-Ray Images. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 12(4) : 3655.
- Olayiwola, J. O., Badejo, J. A., Okokpujie, K., dan Awomoyi, M. E., 2023. Lung-Related Diseases Classification Using Deep Convolutional Neural Network. *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 10(4) : 1097-1104.
- Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., dan Chen, L., 2018. MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks. *2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 4510-4520.
- Shamrat, FMJM., Azam, S., Karim, A., Ahmed, K., Bui, FM., dan De Boer, F., 2023. High Precision Multiclass Classification of Lung Disease Through Customized MobileNetV2 from Chest X-Ray Images. *Computers in Biology and Medicine*, 155 : 106646.
- Taylor-Phillips, S., dan Stinton, C., 2019. Fatigue in Radiology: a Fertile Area for Future Research. *British Journal of Radiology*, 1099 (92) : 20190043.
- Widiarto, S. A., Saputra, W. A., dan Dewi, A. R., 2021. Klasifikasi Citra X-Ray Toraks dengan Menggunakan Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization dan CNN (Studi Kasus: Pneumonia). *JIPi (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 6(2) : 348-359.
- Zhou L, Yin X, Zhang T, Feng Y, Zhao Y, Jin M, Peng M, Xing C, Li F, Wang Z, Wei G, Jia X, Liu Y, Wu X, dan Lu L., 2021. Detection and Semiquantitative Analysis of Cardiomegaly, Pneumothorax, and Pleural Effusion on Chest Radiographs. *Radiology: Artificial Intelligence*. 3(4) : e200172.