

KLASIFIKASI PENYAKIT KANKER PAYUDARA PADA CITRA MAMMOGRAM MENGGUNAKAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) DAN RANDOM FOREST

Adelia Latifah, Alrizal, Yoza Fendriani*

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Mendalo Darat, Jambi 36361, Indonesia
email: yozafendriani@unja.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini membahas klasifikasi kanker payudara pada citra mammogram menggunakan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) dan Random Forest dengan implementasi berbasis Python. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan performa algoritma CNN dan Random Forest dalam mengklasifikasikan kanker payudara pada citra mammogram, yang dievaluasi menggunakan metrik akurasi, presisi, recall, dan F1-score. Dataset citra mammogram diperoleh dari platform Kaggle, mencakup dua kategori: tumor jinak (*benign*) dan tumor ganas (*malignant*). Tahap preprocessing data meliputi reduksi noise, normalisasi intensitas piksel, dan ekstraksi fitur. Model CNN dan Random Forest dilatih dan dievaluasi menggunakan metrik performa yang telah ditentukan, dengan pembagian dataset 80% data latih dan 20% data uji untuk memastikan evaluasi objektif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model CNN memiliki akurasi 97%, presisi 90%, recall 94%, dan F1-score 92%, sedangkan Random Forest mencapai akurasi 95%, presisi 86%, recall 91%, dan F1-score 88%. Hasil ini mengindikasikan bahwa model CNN menunjukkan performa lebih unggul dan berpotensi sebagai sistem pendukung diagnosis kanker payudara.

Kata Kunci: Convolutional Neural Network; Random Forest; Citra Mammogram; Kanker Payudara; Python

ABSTRACT

This study discusses breast cancer classification in mammogram images using Convolutional Neural Network (CNN) and Random Forest algorithms, implemented in Python. The study aim to compare the performance of CNN and Random Forest algorithms in classifying breast cancer on mammogram images, evaluated using accuracy, precision, recall, and F1-score metrics. The mammogram image dataset was obtained from the Kaggle platform, comprised two categories: benign and malignant tumors. Data preprocessing steps included noise reduction, pixel intensity normalization, and feature extraction. Both CNN and Random Forest models were trained and evaluated using the predefined performance metrics, with the dataset split into 80% training data and 20% testing data to ensure objective evaluation. The results indicated that the CNN model achieved 97% accuracy, 90% precision, 94% recall, and 92% F1-score, while the Random Forest model achieved 95% accuracy, 86% precision, 91% recall, and 88% F1-score. These findings suggest that the CNN model demonstrates superior performance and holds potential as a support system breast cancer diagnosis.

Keywords: Convolutional Neural Network; Random Forest; Mammogram Images; Breast Cancer; Python

PENDAHULUAN

Kanker merupakan kelompok penyakit yang ditandai dengan pertumbuhan sel abnormal yang tidak terkendali dan berpotensi menyebar ke bagian tubuh lainnya (National Cancer Institute, 2021). Kanker payudara merupakan salah satu jenis kanker yang umum terjadi, dan seringkali berkembang pada epitel duktal atau lobulus payudara (Kashyap et al., 2022). Perkembangan kanker payudara seringkali asimtomatik pada stadium awal, dan sebagian besar kasus terdeteksi melalui pemeriksaan rutin (Rizka et al., 2022). Data *Global Burden Cancer* (IARC) menunjukkan bahwa kanker payudara merupakan jenis kanker dengan insidensi kasus baru tertinggi di Indonesia, serta

menjadi penyebab kematian akibat kanker kedua terbanyak di dunia (WHO, 2024).

Mengingat peningkatan insidensi dan mortalitas akibat kanker payudara, deteksi dini melalui teknologi pencitraan medis menjadi semakin krusial. Teknologi mammografi digital telah berkembang pesat, mampu menghasilkan citra *grayscale* beresolusi tinggi dengan kedalaman 12-14 bit, yang memungkinkan visualisasi detail jaringan halus pada berbagai tingkat kepadatan payudara (Lewin et al., 2020). Citra mammogram merepresentasikan visualisasi radiografi dari densitas jaringan payudara (Alhusari & Dhou, 2025). Deteksi dini kanker payudara, salah satunya melalui klasifikasi tumor menjadi jinak (*benign*) dan

ganas (malignant) (Ravly et al., 2022), memiliki peran yang sangat penting dalam meningkatkan prognosis pasien. Namun, identifikasi manual citra mammogram seringkali subjektif dan menantang, sehingga diperlukan pengembangan sistem berbasis algoritma untuk mendukung proses diagnosis (Khan et al., 2023).

Dalam konteks pengolahan citra medis, *machine learning* dan *deep learning*, khususnya algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Random Forest*, menawarkan solusi yang menjanjikan (Goenawan & Hartati, 2024; Henderi et al., 2021). CNN telah terbukti unggul dalam mengekstraksi fitur hierarkis dari citra dua dimensi tetapi membutuhkan proses pelatihan lama yang membutuhkan GPU, sementara *Random Forest* dikenal andal dalam tugas klasifikasi, terutama pada data dengan dimensi tinggi, tetapi kurang cocok untuk data gambar. Penelitian-penelitian sebelumnya telah menunjukkan kemampuan CNN dalam mencapai tingkat akurasi yang tinggi dalam klasifikasi citra digital (Eshwar et al., 2024; Jafari & Karami, 2023). Di sisi lain, *Random Forest* menawarkan kinerja yang stabil dengan kebutuhan tuning parameter yang relatif lebih sedikit (Aroef et al., 2020; Kathale & Thorat, 2020; Zhang et al., 2023).

Penelitian terdahulu dilakukan oleh Ulagamuthalvi et al., (2022) menunjukkan bahwa CNN dapat mencapai *accuracy* hingga 99,90% dalam klasifikasi gambar mammografi payudara. Penelitian lainnya oleh Ananda et al. (2024) memaparkan klasifikasi penyakit tumor otak menggunakan metode *Support Vector Machines* (SVM) berbasis Python. Model SVM yang dikembangkan dalam penelitian tersebut mencapai akurasi sebesar 90%, dengan tingkat kesalahan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,15, serta metrik evaluasi lain yang Solid, termasuk *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 0,3, *Root Mean Squared Error* (RMSE) sebesar 0,5447, dan F1-score sebesar 90%. Hasil ini mengindikasikan bahwa model SVM efektif dalam mengklasifikasikan jenis tumor otak.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Random Forest* dalam klasifikasi kanker payudara berdasarkan citra mammogram menggunakan bahasa pemrograman Python. Penelitian ini dianggap penting mengingat masih terbatasnya studi komparatif yang secara spesifik mengevaluasi kedua algoritma tersebut dalam

konteks deteksi kanker payudara melalui citra mammogram. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Random Forest* dalam klasifikasi kanker payudara berdasarkan dataset citra mammogram, serta untuk menganalisis dan membandingkan performa kedua algoritma berdasarkan metrik evaluasi akurasi (*accuracy*), presisi (*precision*), *recall*, dan *F1-score*.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga April 2025 di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi. Bahan penelitian berupa dataset mammografi kanker payudara yang diperoleh dari platform Kaggle. Peralatan yang digunakan meliputi laptop dengan sistem operasi MacOS, Google Colab sebagai platform pengembangan serta menggunakan berbagai *library* Python seperti NumPy, pandas, matplotlib, scikit-learn, OpenCV, TensorFlow, dan Keras untuk mendukung proses pengolahan data dan pemodelan.

Jenis penelitian ini adalah eksperimen dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi kanker payudara menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Random Forest*. Pendekatan ini diperlukan karena CNN mampu mengolah citra medis secara langsung, khususnya citra mammografi, dan *Random Forest* mampu menangani ketidakseimbangan data yang digunakan tanpa melakukan augmentasi. Evaluasi kinerja model dilakukan dengan menggunakan metrik akurasi (*accuracy*), presisi (*precision*), *recall*, dan *F1-score*. Objek penelitian berupa dataset "Breast Cancer" dari platform Kaggle yang dapat diakses melalui URL <https://www.kaggle.com/datasets/hayder17/breast-cancer-detection>, yang terdiri atas 901 citra mammogram berukuran 640 x 640 piksel dalam format JPG/PNG. Dataset ini dibagi menjadi 720 data latih dan 181 data uji dengan rasio 80:20 menggunakan metode *train-test split*.

Tahapan penelitian ini diawali dengan studi literatur komprehensif untuk mengidentifikasi algoritma yang relevan. Selanjutnya dilakukan pengumpulan dataset, eksplorasi data awal, dan serangkaian proses *pre-processing* data meliputi konversi citra ke format *grayscale*, perubahan ukuran (*resizing*) menjadi 128x128 piksel yang dapat menunjukkan keseimbangan optimal antara kecepatan pelatihan dan akurasi prediksi.

Dimensi ini juga memungkinkan pembelajaran fitur pada berbagai tingkat abstraksi yang diperlukan untuk deteksi pola (Wang et al., 2020). Normalisasi nilai piksel ke dalam rentang $[0, 1]$, augmentasi citra (*image augmentation*), serta pembagian dataset menjadi data latih dan data uji. Dalam penelitian ini, *Convolutional Neural Network* (CNN) diimplementasikan untuk melakukan ekstraksi fitur secara otomatis dari citra mammogram, menggunakan dua lapisan konvolusi dengan filter 32 dan 64 serta ukuran kernel 3×3 masing-masing diikuti dengan lapisan pooling berukuran 2×2 . Setelah fitur diekstraksi, data diratakan (*Flatten*) dan diproses oleh *Dense layer* sebanyak 128 unit dengan aktivasi ReLU, kemudian dilanjutkan dengan *Dropout* 0.5 untuk mencegah *overfitting*. Output diberikan oleh *Dense layer* dengan 2 unit dan aktivasi *softmax* untuk klasifikasi dua kelas. Sementara itu, algoritma *Random Forest* diterapkan untuk validasi hasil klasifikasi melalui teknik *ensemble learning*. Penerapan teknik *k-fold cross-validation* diterapkan untuk memastikan model tidak *overfitting* agar dapat bekerja dengan baik pada data yang tidak terlihat sebelumnya, dengan nilai $k=5$ yang berarti proses diulang sebanyak 5 kali dengan *fold* yang digunakan bergantian setiap iterasi, 4 *fold* digunakan untuk data latih dan 1 *fold* digunakan untuk data uji. Hasil akhir dari evaluasi model dianalisis secara komprehensif untuk menentukan model yang paling efektif dalam mengklasifikasikan kanker payudara ke dalam kategori jinak (*benign*) atau ganas (*malignant*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Klasifikasi Penyakit Kanker Payudara

Analisis distribusi data awal menunjukkan adanya ketidakseimbangan yang signifikan antara jumlah sampel kelas jinak (*benign*) dan ganas (*malignant*). Dari total 901 citra, hanya 93 citra yang tergolong jinak (*benign*). Untuk mengatasi masalah ketidakseimbangan ini, diterapkan teknik augmentasi data secara spesifik pada kelas minoritas (*benign*) menggunakan berbagai transformasi geometris seperti rotasi 20 derajat, translasi 20%, *shear transformasi* 20%, *zoom in* dan *zoom out* 20%, dan *flipping* gambar secara horizontal (Heikal et al., 2024). Hasil dari proses augmentasi ini berhasil meningkatkan jumlah sampel kelas jinak (*benign*) menjadi 720 citra, sehingga distribusi data menjadi lebih seimbang dan

memungkinkan model untuk belajar secara lebih efektif.

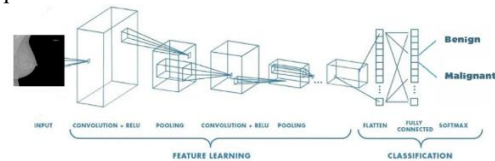
Tabel 1. Distribusi kelas sebelum dan sesudah augmentasi

Sebelum Augmentasi	Setelah Augmentasi
Benign : 73	Benign : 720
Malignant : 647	Malignant : 647

Penerapan teknik *pre-processing* yang komprehensif, termasuk augmentasi data, serta pemilihan arsitektur model CNN yang sesuai, berkontribusi signifikan terhadap pencapaian akurasi yang tinggi dalam tugas klasifikasi kanker payudara.

B. Performa *Convolutional Neural Network* (CNN)

Arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) yang diimplementasikan dalam penelitian ini dirancang secara spesifik untuk mengklasifikasikan citra mammogram dengan mempertimbangkan kompleksitas pola visual pada citra medis.



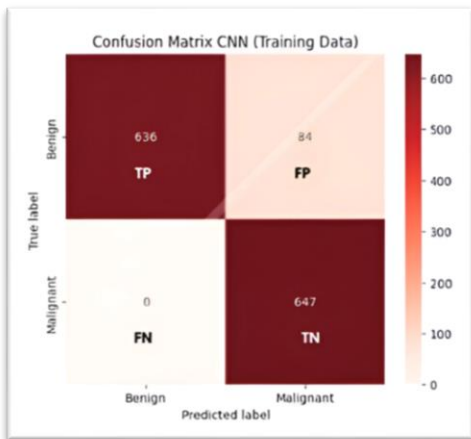
Gambar 1. Arsitektur CNN

Model CNN dibangun menggunakan kerangka kerja *library* Keras dengan arsitektur sekuensial, terdiri dari beberapa lapisan berurutan. Lapisan awal adalah lapisan konvolusi yang berisi 32 filter berukuran 3×3 piksel dengan fungsi aktivasi *Rectified Linear Unit* (ReLU). Filter ini berperan dalam mendeteksi fitur-fitur dasar seperti tepi (*edges*) dan tekstur, sementara fungsi aktivasi ReLU dipilih untuk mengatasi masalah *vanishing gradient*. Dalam arsitektur CNN ini, citra *mammogram* diproses melalui serangkaian lapisan konvolusi, aktivasi ReLU, dan *pooling* untuk menonjolkan pola-pola penting. Selanjutnya, data hasil *pooling* diratakan (*flattened*) dan diumpankan ke lapisan *fully connected* untuk klasifikasi, yang diakhiri oleh lapisan *softmax* yang menentukan probabilitas klasifikasi *benign* atau *malignant*. Model CNN dikompilasi menggunakan *optimizer* Adam dan fungsi kerugian *categorical cross-entropy*, dengan metrik evaluasi utama adalah akurasi (*accuracy*).

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
Benign	1.00	0.88	0.94	720
Malignant	0.89	1.00	0.94	647
accuracy			0.94	1367
macro avg	0.94	0.94	0.94	1367
weighted avg	0.95	0.94	0.94	1367

Gambar 2. Nilai CNN pada data latih

Model CNN menunjukkan performa yang kuat dalam membedakan tumor jinak (*benign*) dan tumor ganas (*malignant*).



Gambar 3. Confusion Matrix CNN pada data latih

Evaluasi performa model CNN pada data latih menunjukkan *classification report* dengan presisi (*precision*) 100%, *recall* 88%, dan *F1-score* 94% untuk kelas jinak (*benign*), serta presisi 89%, *recall* 100%, dan *F1-score* 94% untuk kelas ganas (*malignant*), menghasilkan akurasi (*accuracy*) keseluruhan sebesar 94%. *Confusion matrix* menunjukkan bahwa dari 720 sampel jinak (*benign*), 636 diklasifikasikan dengan benar (*true positive*), dan 84 salah diklasifikasikan sebagai ganas (*false negative*). Sementara itu, dari 647 sampel ganas (*malignant*), 647 diklasifikasikan dengan benar (*true negative*) dan 0 salah diklasifikasikan sebagai jinak (*false negatif*). Hasil ini mengindikasikan bahwa model CNN memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mendeteksi kasus ganas (*malignant*) dengan tingkat kesalahan klasifikasi kasus ganas sebagai jinak (*benign*) yang sangat rendah, yang merupakan aspek penting dalam diagnosis kanker payudara.

C. Performa Random Forest

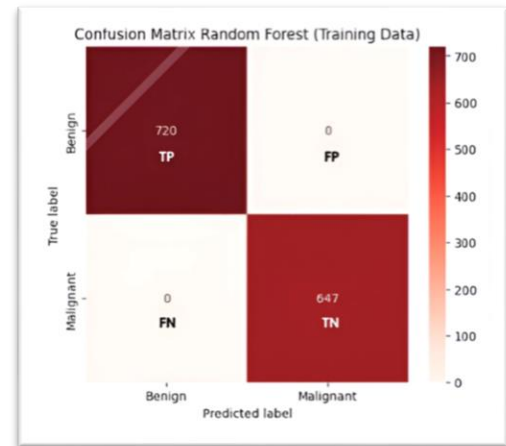
Random Forest merupakan model *ensemble learning* yang menggabungkan prediksi dari beberapa pohon keputusan (*decision trees*) untuk

menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan stabil. Dalam penelitian ini, *Random Forest* menunjukkan kemampuan yang efektif dalam mengklasifikasikan citra medis yang telah diubah menjadi format vektor. Berbeda dengan CNN yang secara langsung memproses input dimensi spasial citra, *Random Forest* memerlukan input data dengan dimensi satu, sehingga citra 128x128 di-*flatten* menjadi vektor sepanjang 16384.

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
Benign	1.00	1.00	1.00	720
Malignant	1.00	1.00	1.00	647
accuracy			1.00	1367
macro avg	1.00	1.00	1.00	1367
weighted avg	1.00	1.00	1.00	1367

Gambar 4. Nilai Random Forest pada data latih

Dengan 100 pohon keputusan (*decision trees*), parameter *random_state=42*, dan penggunaan *class_weight='balanced'*, model *Random Forest* ini dilatih menggunakan data *X_train_balanced* yang telah di-*reshape*. Proses pelatihan *Random Forest* berlangsung lebih cepat dibandingkan CNN karena pelatihan setiap pohon dilakukan secara paralel dan tidak membutuhkan *backpropagation*, meskipun dimensi input yang tinggi meningkatkan kompleksitas.



Gambar 5. Confusion Matrix CNN pada data latih

Evaluasi pada data latih menunjukkan presisi (*precision*), *recall*, dan *F1-score* yang sempurna dengan akurasi (*accuracy*) 100%. *Confusion matrix* memperlihatkan bahwa dari 720 sampel jinak (*benign*), 720 diklasifikasikan benar (*true positive*), 0 salah diklasifikasikan sebagai ganas (*false positive*). Demikian pula, dari 647 sampel ganas (*malignant*), 647 diklasifikasikan benar (*true negative*) dan 0 salah sebagai jinak (*false negative*).

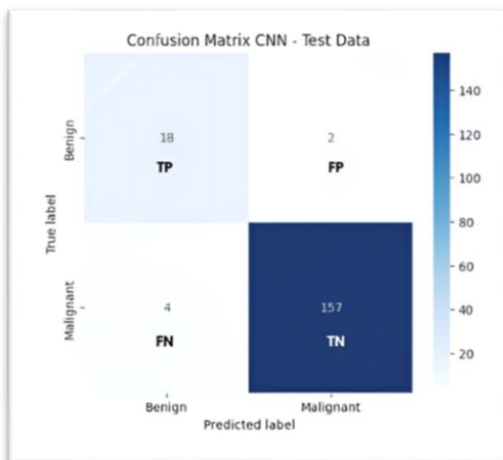
D. Hasil Klasifikasi Convolutional Neural Network (CNN)

Hasil klasifikasi menggunakan CNN menunjukkan proses evaluasi model pada data uji setelah dilatih dan disimpan. Model CNN dari file ‘cnn2_model.h5’ diuji dengan data X_test_cnn berukuran 128×128 *grayscale*. Evaluasi dilakukan dengan memprediksi kelas jinak (*benign*) atau ganas (*malignant*), yang kemudian dibandingkan dengan label sebenarnya dan divisualisasikan melalui *confusion matrix* dan *classification report* yang menampilkan presisi (*precision*), *recall*, dan *F1-score*.

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
Benign	0.82	0.90	0.86	20
Malignant	0.99	0.98	0.98	161
accuracy			0.97	181
macro avg	0.90	0.94	0.92	181
weighted avg	0.97	0.97	0.97	181

Gambar 6. Nilai CNN pada data uji

Hasil pengujian menunjukkan bahwa model CNN memiliki akurasi (*accuracy*) sebesar 96% pada data uji. Untuk kelas jinak (*benign*), presisi mencapai 81% dan *recall* 85%, sedangkan untuk kelas ganas (*malignant*), presisi dan *recall* masing-masing 99%, dengan *F1-score malignant* mencapai 99%, lebih tinggi dari *F1-score benign* yang sebesar 86%. Perbedaan performa ini kemungkinan disebabkan oleh ketidakseimbangan jumlah sampel (161:20). Hasil ini sejalan dengan penelitian Alom et al. (2019) yang menyatakan bahwa CNN mampu mencapai akurasi pada data uji sebesar 99,05% dalam klasifikasi kanker payudara.



Gambar 7. Confusion Matrix pada data uji

Confusion matrix pada Gambar 7 menunjukkan hasil klasifikasi model CNN pada data uji. Dari

20 sampel jinak (*benign*), 18 diklasifikasikan dengan benar sebagai jinak (*true positive*) dan 2 salah diklasifikasikan sebagai ganas (*false positive*). Sementara itu, dari 161 sampel ganas (*malignant*), 157 diklasifikasikan dengan benar sebagai ganas (*true negative*) dan 4 salah diklasifikasikan sebagai jinak (*false negative*). Secara keseluruhan, performa model CNN pada data uji dinilai sangat baik dengan akurasi (*accuracy*) berdasarkan *weighted average* mencapai 96%.

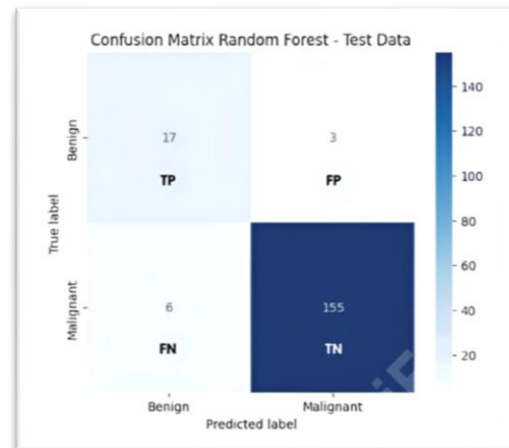
E. Hasil Klasifikasi Random Forest

Hasil klasifikasi menggunakan Random Forest menunjukkan evaluasi model pada data uji setelah dilatih dan disimpan. Model Random Forest dari file ‘rf2_model.pkl’ diuji dengan data yang telah di-reshape menjadi format vektor. Evaluasi dilakukan melalui *confusion matrix* dan *classification report* untuk membandingkan performanya dengan model CNN.

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
Benign	0.74	0.85	0.79	20
Malignant	0.98	0.96	0.97	161
accuracy			0.95	181
macro avg	0.86	0.91	0.88	181
weighted avg	0.95	0.95	0.95	181

Gambar 8. Nilai Random Forest pada data uji

Random Forest mencapai akurasi 95% pada data uji. Untuk kelas benign, precision 74%, recall 85%, dan F1-score 79%, sedangkan untuk kelas malignant, precision 98%, recall 96%, dan F1-score 97%. Hasil ini konsisten dengan penelitian sebelumnya oleh (Islam et al., 2020) yang menunjukkan performa Random Forest yang baik dalam klasifikasi kanker payudara, meskipun umumnya sedikit lebih rendah dibandingkan CNN.

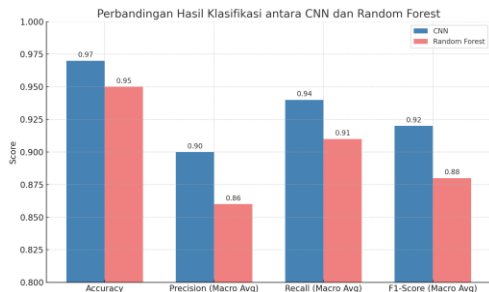


Gambar 9. *Confusion Matrix* Random Forest pada data uji

Confusion matrix pada Gambar 9 menunjukkan hasil klasifikasi model *Random Forest* pada data uji. Dari 20 sampel jinak (*benign*), 17 diklasifikasikan dengan benar sebagai jinak (*true positive*) dan 3 salah diklasifikasikan sebagai ganas (*false positive*). Sementara itu, dari 161 sampel ganas (*malignant*), 155 diklasifikasikan dengan benar sebagai ganas (*true negative*) dan 6 salah diklasifikasikan sebagai jinak (*false negative*). Secara keseluruhan, *Random Forest* menunjukkan performa klasifikasi yang baik.

F. Perbandingan Hasil Klasifikasi

Setelah melakukan klasifikasi pada data uji dengan model CNN dan *Random Forest*, pengujian dilakukan menggunakan 20% data uji dari total dataset untuk mengevaluasi performa klasifikasi kanker payudara, yaitu *benign* dan *malignant*. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa baik model dapat menggeneralisasi data baru yang belum digunakan sebelumnya dan membandingkan efektivitas kedua model dalam mengklasifikasikan kelas kanker berdasarkan citra mammogram.



Gambar 10 . Perbandingan hasil klasifikasi CNN dan *Random Forest*

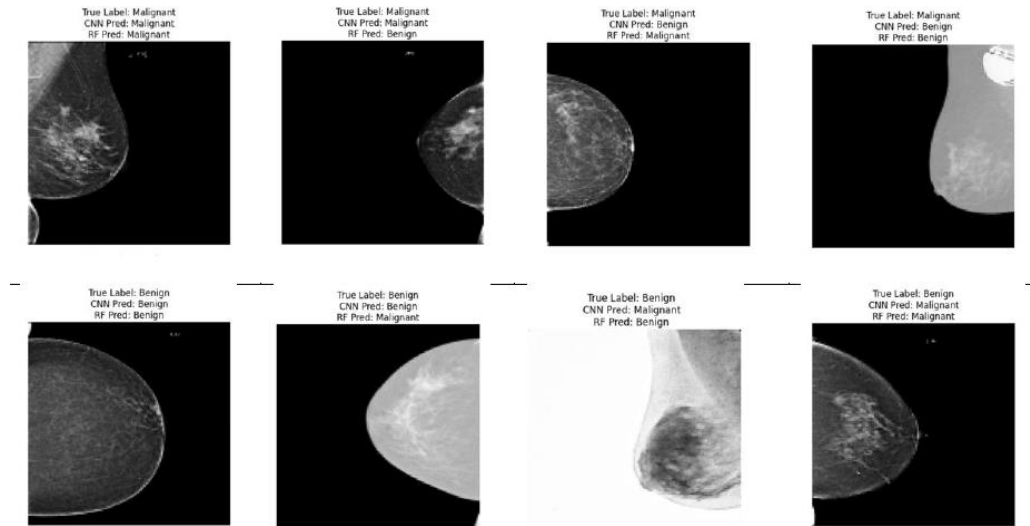
Tabel 2. Hasil klasifikasi CNN dan *Random Forest*

Metrik	CNN	RF
Accuracy	97%	95%
Precision	90%	86%
Recall	94%	91%
F1-Score	92%	88%

Grafik dan tabel perbandingan hasil klasifikasi menunjukkan bahwa model CNN unggul pada seluruh metrik evaluasi. Model CNN memiliki nilai akurasi (*accuracy*) yang lebih tinggi, yaitu 97%, dibandingkan dengan *Random Forest* yang mencapai 95%. Untuk presisi (*precision macro average*), model CNN memperoleh nilai 90%, lebih tinggi dibandingkan *Random Forest* yang hanya mencapai 86%. Begitu pula pada *recall (macro average)*, yang menunjukkan kemampuan mendeteksi kanker payudara, di mana CNN mencatatkan nilai 94% sementara *Random Forest* 91%. Pada metrik *F1-score (macro average)*, yang menggambarkan keseimbangan antara presisi dan *recall*, model CNN memperoleh skor 92%, sedangkan *Random Forest* di angka 88%. Secara keseluruhan, model CNN menunjukkan performa yang lebih unggul dalam tingkat akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score*. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Pérez et al. (2021) dalam studi pertanian yang menyatakan bahwa performa CNN dalam mempertahankan tingkat akurasi yang tinggi sebesar 99,35% dalam mengidentifikasi tanaman yang sehat dan sakit, yang dikaitkan dengan penyempurnaan arsitektur pada CNN. Penelitian selanjutnya oleh (Li, 2024) melakukan klasifikasi gambar dan karakter, melakukan observasi pengenalan karakter tulisan tangan dengan algoritma CNN mendapat hasil berupa *accuracy* sebesar 99,87% pada dataset MNIST. Temuan ini memperkuat potensi CNN untuk diterapkan secara luas pada berbagai bidang pengenalan pola dan klasifikasi data.

G. Visualisasi Hasil Klasifikasi

Visualisasi hasil klasifikasi memainkan peran penting dalam evaluasi model, karena membantu dalam memahami bagaimana model CNN dan *Random Forest* bekerja dalam mengklasifikasikan citra *mammogram* payudara. Visualisasi ini menyajikan pola-pola visual yang membantu menginterpretasikan proses klasifikasi oleh kedua model.



Gambar 11. Visualisasi Hasil Klasifikasi Kanker Payudara

Pada baris pertama, empat citra pertama menunjukkan berbagai kasus tumor ganas (*malignant*). Citra pertama dan kedua menunjukkan bahwa kedua model, CNN dan *Random Forest*, berhasil mengklasifikasikan tumor ganas dengan benar. Tumor ganas umumnya memiliki bentuk yang tidak beraturan dan tepi yang tidak jelas. Namun, pada citra ketiga, terjadi kesalahan klasifikasi oleh CNN yang memprediksi tumor ganas sebagai jinak (*benign*), sementara model *Random Forest* tetap akurat. Sebaliknya, pada citra keempat, CNN salah memprediksi tumor ganas sebagai jinak (*benign*), sedangkan *Random Forest* salah memprediksi sebagai ganas (*malignant*).

Pada baris kedua, empat citra berikutnya menunjukkan berbagai kasus tumor jinak. Citra pertama pada baris ini menunjukkan keberhasilan kedua model dalam mengklasifikasikan tumor jinak dengan benar. Citra kedua memperlihatkan bahwa CNN berhasil mengklasifikasikan dengan benar, namun *Random Forest* salah memprediksi tumor jinak sebagai ganas. Dua citra terakhir menunjukkan kasus di mana CNN salah memprediksi tumor jinak sebagai ganas, sementara model *Random Forest* berhasil mengklasifikasikan dengan benar pada satu kasus dan salah pada kasus lainnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Random Forest* berhasil diimplementasikan untuk klasifikasi penyakit kanker payudara berdasarkan *dataset* citra *mammogram*. Kedua algoritma mampu mengidentifikasi citra dengan

baik, namun CNN menunjukkan performa yang lebih unggul dalam memahami pola visual dari data citra dibandingkan *Random Forest*. Hasil perbandingan antara algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Random Forest* menunjukkan bahwa CNN memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan *Random Forest*. Model CNN memperoleh nilai akurasi (*accuracy*) sebesar 97%, sedangkan *Random Forest* mencapai 95%. Pada aspek presisi (*precision macro average*), model CNN mencapai nilai 90% dan model *Random Forest* mencapai nilai 86%. Untuk *recall (macro average)*, model CNN berhasil mencapai nilai 94%, lebih tinggi daripada model *Random Forest* yang mencapai nilai 91%. Sementara itu, pada metrik *F1-score (macro average)*, model CNN mencapai nilai 92%, sedangkan model *Random Forest* mencapai nilai 88%. Hasil ini secara keseluruhan mengindikasikan bahwa model CNN lebih unggul dalam mengenali dan membedakan citra *mammogram* kanker payudara jinak (*benign*) dan ganas (*malignant*) dibandingkan model *Random Forest* pada *dataset* yang digunakan dalam penelitian ini.

B. Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan *dataset* yang seimbang, agar hasil klasifikasi lebih akurat. Ketidakseimbangan kelas dalam *dataset* berpotensi mengakibatkan model dan performa tidak optimal pada kelas minoritas.
2. Penelitian selanjutnya dapat melakukan variasi lebih luas dengan menguji model pada *dataset* eksternal untuk memastikan generalisasi

model pada data dengan karakteristik yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Aarthy, ST., & Mazher, I. J. L. (2024). A novel deep learning approach for early detection of cardiovascular diseases from ECG signals. *Medical Engineering & Physics*, *125*, 104111. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2024.104111>
- Alhusari, K., & Dhou, S. (2025). Machine Learning-Based Approaches for Breast Density Estimation from Mammograms: A Comprehensive Review. *Journal of Imaging*, *11*(2), 38. <https://doi.org/10.3390/jimaging11020038>
- Alom, M. Z., Yakopcic, C., Nasrin, Mst. S., Taha, T. M., & Asari, V. K. (2019). Breast Cancer Classification from Histopathological Images with Inception Recurrent Residual Convolutional Neural Network. *Journal of Digital Imaging*, *32*(4), 605–617. <https://doi.org/10.1007/s10278-019-00182-7>
- Ananda, J. S., Fendriani, Y., & Pebralia, J. (2024). Classification Analysis of Brain Tumor Disease In Radiographic Images Using Support Vector Machines (SVM) With Python. *JoP*, *9*(3), 110–115.
- Aroef, C., Rivan, Y., & Rustam, Z. (2020). Comparing random forest and support vector machines for breast cancer classification. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, *18*(2), 815–821. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNI.KA.V18I2.14785>
- Eshwar, S., Baipilla, R., Vardhan Talluri, S., Didharia, N., & Chandra Thota, B. (2024). Automated Breast Cancer Detection and Classification Using Convolutional Neural Networks: A Systematic Approach. *International Research Journal of Engineering and Technology*. www.irjet.net
- Goenawan, A. D., & Hartati, S. (2024). The Comparison of K-Nearest Neighbors and Random Forest Algorithm to Recognize Indonesian Sign Language in a Real-Time. *Scientific Journal of Informatics*, *11*(1), 237–244. <https://doi.org/10.15294/sji.v11i1.48475>
- Heikal, A., El-Ghamry, A., Elmougy, S., & Rashad, M. Z. (2024). Fine tuning deep learning models for breast tumor classification. *Scientific Reports*, *14*(1), 10753. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-60245-w>
- Henderi, Wahyuningsih, T., & Rahwanto, E. (2021). Comparison of Min-Max normalization and Z-Score Normalization in the K-nearest neighbor (kNN) Algorithm to Test the Accuracy of Types of Breast Cancer. *International Journal of Informatics and Information System*, *4*(1), 13–20. <http://archive.ics.uci.edu/ml>
- Islam, M. M., Haque, M. R., Iqbal, H., Hasan, M. M., Hasan, M., & Kabir, M. N. (2020). Breast Cancer Prediction: A Comparative Study Using Machine Learning Techniques. *SN Computer Science*, *1*(5). <https://doi.org/10.1007/s42979-020-00305-w>
- Jafari, Z., & Karami, E. (2023). Breast Cancer Detection in Mammography Images: A CNN-Based Approach with Feature Selection. *Information*, *14*(7), 410. <https://doi.org/10.3390/info14070410>
- Kashyap, D., Pal, D., Sharma, R., Garg, V. K., Goel, N., Koundal, D., Zaguia, A., Koundal, S., & Belay, A. (2022). Global Increase in Breast Cancer Incidence: Risk Factors and Preventive Measures. *BioMed Research International*, *2022*, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2022/9605439>
- Kathale, P., & Thorat, S. (2020). Breast Cancer Detection and Classification. *International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (Ic-ETITE)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ic-ETITE47903.2020.367>
- Khan, M. M., Islam, S., Sarkar, S., Ayaz, I. F., Kabir, M. M., Tazin, T., Albraikan, A. A., & Almalki, A. F. (2023). Retraction: Machine Learning Based Comparative Analysis for Breast Cancer Prediction. *Journal of Healthcare Engineering*, *2022*. <https://doi.org/10.1155/2023/9870523>
- Lewin, J. M., Patel, B. K., & Tanna, A. (2020). Contrast-Enhanced Mammography: A Scientific Review.

- Journal of Breast Imaging*, 2(1), 7–15.
<https://doi.org/10.1093/jbi/wbz074>
- Li, R. (2024). A review of neural networks in handwritten character recognition. *Applied and Computational Engineering*, 92(1), 169–174.
- National Cancer Institute. (2021, October). *What Is Cancer?* NTI, National Cancer Institute.
<https://www.cancer.gov/about-cancer/understanding/what-is-cancer>
- Ravly, A. M., Fajri, M., & Nina Sulistyowati. (2022). Komparasi Kinerja Algoritma Xgboost Dan Algoritma Support Vector Machine (SVM) Untuk Diagnosa Penyakit Kanker Payudara. *Jurnal Informatika Dan Komputer*, 6(1), 1–5.
- Rizka, A., Akbar, M. K., & Putri, N. A. (2022). Carcinoma Mammar Sinistra T4bN2M1 Metastasis Pleura. *AVERROUS: Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan Malikussaleh*, 8(1), 23.
<https://doi.org/10.29103/averrous.v8i1.7006>
- Ulagamuthalvi, V., Kulanthaivel, G., Balasundaram, A., & Kumar Sivaraman, A. (2022). Breast Mammogram Analysis and Classification Using Deep Convolution Neural Network. *Computer Systems Science and Engineering*, 43(1), 275–289.
<https://doi.org/10.32604/csse.2022.023737>
- Wang, X., Chen, H., Ran, A.-R., Luo, L., Chan, P. P., Tham, C. C., Chang, R. T., Mannil, S. S., Cheung, C. Y., & Heng, P.-A. (2020). Towards multi-center glaucoma OCT image screening with semi-supervised joint structure and function multi-task learning. *Medical Image Analysis*, 63, 101695.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.media.2020.101695>
- WHO. (2024). *Breast Cancer [Internet]*. 2024 [Dikutip 25 September 2024].
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>
- Zhang, X., Zhang, S., Bu, Z., Ma, L., & Huang, J. (2023). Texture feature dimensionality reduction-based mammography classification using Random Forest. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, 23(3), 1537–1545.
<https://doi.org/10.3233/JCM-226669>