

Deteksi Dini Kanker Payudara Menggunakan Citra Ultrasonografi Berbasis Convolutional Neural Networks dan Particle Swarm Optimization

Serina Azahra^{*}, Pramesti Kusumaningtyas, Mohammad Rofi'i

Teknik Elektromedik, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang, Semarang, Indonesia

Email: ^{1,*}sherinaazzahra710@gmail.com, ²pramesti@stikessemarang.ac.id, ³mohmdrofii@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: sherinaazzahra710@gmail.com

Submitted: 07/01/2025; Accepted: 20/02/2025; Published: 20/02/2025

Abstrak—Peningkatan prevalensi kanker payudara merupakan salah satu jenis kanker dengan angka kejadian tertinggi di dunia, menuntut pengembangan metode deteksi dini yang efektif untuk meningkatkan peluang kesembuhan pasien dan mengurangi biaya perawatan. Tantangan utama dalam deteksi dini kanker payudara adalah identifikasi gejala awal yang sering kali tidak terasa, sehingga banyak kasus baru terdeteksi pada stadium lanjut. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model deteksi dini kanker payudara menggunakan citra ultrasonografi berbasis metode jaringan saraf tiruan *convolutional neural networks* (CNN) yang dioptimalkan dengan algoritma *particle swarm optimization* (PSO). CNN digunakan untuk mengekstraksi fitur kompleks dari citra medis, sedangkan PSO mengoptimalkan parameter model guna meningkatkan akurasi. Dataset terdiri dari 1.607 citra yang diklasifikasikan menjadi kategori normal, jinak, dan ganas, melalui proses pelatihan dan validasi model. Hasil menunjukkan bahwa integrasi *particle swarm optimization* dan *convolutional neural networks* menghasilkan akurasi 90,67%, lebih tinggi dibandingkan hanya metode *convolutional neural networks* saja sebesar 87,33%. Selain itu, model CNN-PSO juga unggul dalam presisi, sensitivitas, dan nilai F1-score. Penelitian ini memberikan solusi teknologi diagnostik yang efektif untuk fasilitas kesehatan tingkat pertama, dengan implikasi berupa peningkatan deteksi dini dan pengurangan keterlambatan diagnosa. Teknologi ini dapat diterapkan lebih luas melalui pelatihan tenaga kesehatan dan pemerataan perangkat diagnostik untuk memperbaiki aksesibilitas layanan.

Kata Kunci: Kanker Payudara; Deteksi Dini; Citra Ultrasonografi; *Convolutional Neural Networks*; *Particle Swarm Optimization*

Abstract—The increasing prevalence of breast cancer, one of the cancers with the highest incidence rate in the world, demands the development of effective early detection methods to increase patients' chances of recovery and reduce treatment costs. The main challenge in early detection of breast cancer is the identification of early symptoms that are often not felt, so many cases are only detected at an advanced stage. This study aims to develop a breast cancer early detection model using ultrasound images based on the convolutional neural networks (CNN) artificial neural network method optimized with the particle swarm optimization (PSO) algorithm. CNN is used to extract complex features from medical images, while PSO optimizes model parameters to improve accuracy. The dataset consists of 1,607 images classified into normal, benign, and malignant categories, through the process of model training and validation. The results showed that the integration of particle swarm optimization and convolutional neural networks resulted in an accuracy of 90.67%, higher than the convolutional neural networks method alone at 87.33%. In addition, the CNN-PSO model also excels in precision, sensitivity, and F1-score value. This research provides an effective diagnostic technology solution for primary healthcare facilities, with implications for improved early detection and reduced delayed diagnosis. This technology can be applied more widely through training of health workers and equitable distribution of diagnostic devices to improve service accessibility.

Keywords: Breast Cancer; Early Detection; Ultrasound Image; Convolutional Neural Networks; Particle Swarm Optimization

1. PENDAHULUAN

Kanker payudara merupakan salah satu jenis kanker yang paling sering diderita oleh wanita di seluruh dunia dan menjadi penyebab utama kematian akibat kanker pada kelompok ini [1]. Meskipun pria juga memiliki risiko terkena kanker payudara, kasus pada pria lebih jarang ditemukan dengan prevalensi yang jauh lebih rendah dibandingkan wanita. Kanker payudara menempati posisi sebagai kanker dengan insiden tertinggi kedua setelah kanker serviks di Indonesia dan tren kasus menunjukkan peningkatan signifikan dari tahun ke tahun [2]. Berdasarkan data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2018, prevalensi kanker payudara telah mencapai 1.017.290 kasus, meningkat tajam dibandingkan data tahun 2013. Sebagian besar kasus kanker payudara di Indonesia ditemukan pada stadium lanjut, yang secara signifikan memperburuk prognosis pasien karena keterlambatan dalam deteksi dan pengobatan [3]. Hal ini sebagian besar disebabkan oleh gejala awal yang sering kali tidak jelas atau tidak terasa oleh pasien, sehingga deteksi dini menjadi langkah krusial untuk meningkatkan tingkat keberhasilan pengobatan [4].

Deteksi dini kanker payudara telah banyak dilakukan melalui modalitas pemeriksaan seperti *ultrasonografi* (USG), yang menjadi alat diagnosis penting di dunia medis [5]. USG merupakan metode non-invasif yang aman, bebas radiasi, dan mampu memberikan informasi rinci mengenai struktur jaringan payudara seperti keberadaan kista berisi cairan atau massa padat [6]. Keunggulannya dalam memberikan detail tanpa risiko paparan radiasi, USG banyak digunakan sebagai pilihan pertama dalam proses diagnosis kanker payudara, terutama di fasilitas kesehatan tingkat pertama. Selain itu, perkembangan teknologi pemrosesan citra berbasis

kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) dan pembelajaran mendalam (*deep learning*) telah membuka peluang besar untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi deteksi kanker payudara.

Salah satu pendekatan yang paling menonjol dalam pemrosesan citra medis adalah *Convolutional Neural Networks* (CNN), yang telah terbukti efektif dalam menganalisis dan mengklasifikasi citra medis [7]. CNN mampu secara otomatis mengekstrak fitur penting dari citra tanpa memerlukan intervensi manual, menjadikannya alat yang andal untuk mendeteksi anomali seperti kanker payudara. Lebih lanjut, integrasi CNN dengan teknik optimasi seperti *Particle Swarm Optimization* (PSO) menawarkan potensi besar dalam meningkatkan performa model. PSO dapat digunakan untuk mengoptimalkan parameter CNN, sehingga memperbaiki akurasi dan keandalan deteksi secara signifikan [8]. Kombinasi teknologi ini menjanjikan solusi diagnostik yang lebih efisien, akurat, dan dapat diakses secara luas untuk mendukung upaya deteksi dini kanker payudara.

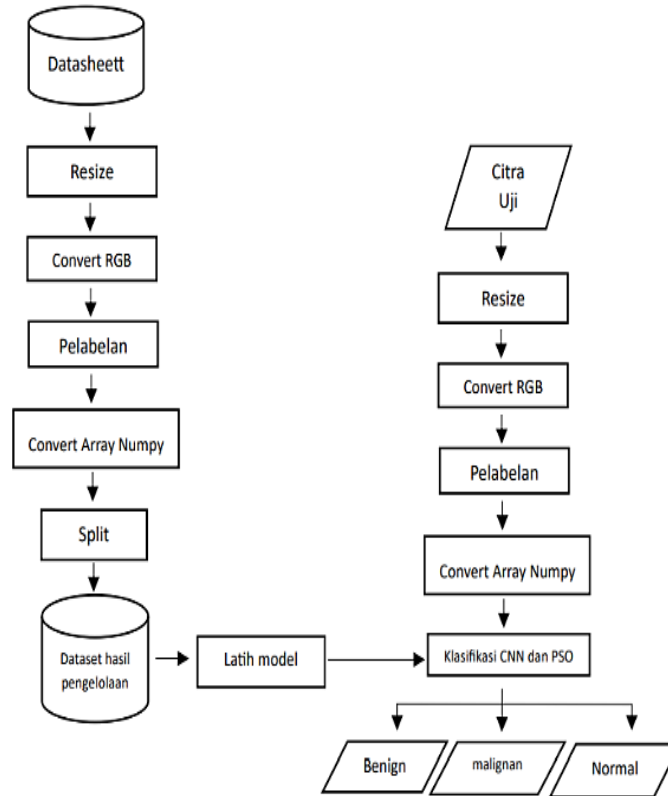
Pemanfaatan kombinasi CNN dan PSO, diharapkan diagnosa kanker payudara berbasis USG dapat ditingkatkan secara signifikan, terutama pada tahap awal ketika pengobatan memiliki peluang keberhasilan tertinggi. Pendekatan ini tidak hanya mendukung perawatan pasien tetapi juga menjawab kebutuhan akan alat diagnostik yang lebih canggih di fasilitas kesehatan modern. Sebagai teknologi yang berbasis data dan algoritma, CNN dan PSO memberikan pendekatan sistematis untuk mendeteksi kanker payudara secara cepat dan tepat, membuka peluang baru untuk transformasi digital di sektor kesehatan. Prevalensi kanker payudara yang terus meningkat mendorong pengembangan metode deteksi dini berbasis teknologi menjadi sangat penting. Deteksi dini tidak hanya meningkatkan peluang kesembuhan pasien tetapi juga dapat mengurangi beban biaya kesehatan. Mengingat USG semakin banyak tersedia di fasilitas kesehatan tingkat pertama (faskes), kebutuhan akan teknologi pemrosesan citra yang cepat dan akurat menjadi prioritas. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model deteksi dini kanker payudara menggunakan citra USG dengan memanfaatkan CNN dan PSO. Penggunaan CNN memungkinkan analisis citra secara otomatis, sementara PSO diharapkan dapat meningkatkan akurasi model dengan mengoptimalkan parameter jaringan.

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan keberhasilan CNN dalam mendeteksi penyakit menggunakan citra medis. Penelitian oleh Albawani et al. (2024) menggunakan MobileNetV3-Small untuk klasifikasi citra penyakit mata manusia dengan hasil akurasi yang baik. Penelitian tersebut bertujuan untuk membantu diagnosis penyakit mata secara cepat dan akurat. Penelitian oleh Fatmah Citra R. et al. (2023) menggunakan CNN untuk klasifikasi tumor otak berbasis MRI dengan akurasi yang cukup baik. Penelitian ini ditujukan untuk membantu deteksi dini tumor otak dan memfasilitasi pengambilan keputusan klinis. Selain itu, penelitian oleh Harahap et al. (2022) menerapkan CNN untuk deteksi penyakit ginjal, meskipun ditemukan beberapa kesalahan klasifikasi akibat kemiripan citra. Penelitian ini menunjukkan potensi CNN dalam membantu diagnosis penyakit ginjal. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan keunggulan *convolutional neural networks* (CNN) dalam analisis citra medis dan memfokuskan pada citra MRI atau CT-scan, sementara citra USG menawarkan keunggulan dari segi biaya yang lebih rendah serta belum banyak dieksplorasi. Sementara optimalisasi parameter tidak selalu menghasilkan performa optimal. Integrasi CNN dengan *particle swarm optimization* (PSO) menjadi pendekatan yang inovatif untuk mengatasi keterbatasan tersebut. Penelitian ini memanfaatkan CNN untuk deteksi kanker payudara berbasis citra USG dan menerapkan PSO guna mengoptimalkan parameter model, dengan tujuan meningkatkan akurasi deteksi dan mengatasi keterbatasan pada penelitian-penelitian sebelumnya yang cenderung mengandalkan optimasi parameter manual. Implikasi penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi pengembangan teknologi kesehatan di Indonesia khususnya dalam sistem faskes tingkat pertama.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan metodologi eksperimental dengan percobaan berbasis *deep learning* yang berfokus pada pengembangan model deteksi dini kanker payudara menggunakan citra *ultrasonografi* (USG). Metodologi ini melibatkan penerapan *convolutional neural network* (CNN) yang dioptimalkan dengan *particle swarm optimization* (PSO) untuk meningkatkan akurasi model. Dataset yang digunakan terdiri dari 1.165 citra USG, yang melalui tahapan *preprocessing* meliputi penyesuaian ukuran, normalisasi, dan pembagian data [12]. Tahapan penelitian mencakup desain model, optimasi *hyperparameter*, pelatihan, serta pengujian performa dengan menggunakan metrik akurasi dan *loss*. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan model deteksi dini kanker payudara yang akurat dan dapat diandalkan, sebagaimana dirangkum pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

a. Pemilihan Dataset Citra Ultrasonografi

Tahap awal penelitian dimulai dengan pemilihan dataset citra ultrasonografi kanker payudara. Dataset ini diperoleh dari <https://www.kaggle.com/datasets/aryashah2k/breast-ultrasound-images-dataset> kemudian diproses untuk mempersiapkan data yang sesuai untuk analisis.

b. Resize Citra

Citra diubah ukurannya menjadi 224 x 224 piksel untuk memastikan ukuran yang seragam di seluruh dataset. Proses ini mendukung efisiensi komputasional dan memenuhi persyaratan input untuk model CNN.

c. Konversi ke Format RGB

Setiap citra dikonversi menjadi format RGB untuk memastikan bahwa gambar memiliki tiga saluran warna (merah, hijau, dan biru), meskipun gambar aslinya mungkin memiliki format yang berbeda, seperti *grayscale*. Hal ini dilakukan untuk menyelaraskan format data dengan kebutuhan arsitektur CNN.

d. Penetapan Label

Label diberikan pada citra berdasarkan kategori: Kelas 0 untuk citra normal, Kelas 1 untuk tumor jinak, dan Kelas 2 untuk tumor ganas. Proses ini penting untuk menentukan target klasifikasi dalam model.

e. Konversi ke *Array NumPy* dan Normalisasi

Citra diubah menjadi *array NumPy* untuk mempermudah manipulasi data secara matematis. Nilai piksel citra dinormalisasi dari rentang 0-255 menjadi 0-1 menggunakan rumus :

$$rescale = \frac{1}{255} \tag{1}$$

Normalisasi ini bertujuan untuk meningkatkan stabilitas dan efisiensi proses pelatihan model.

f. Pembagian Dataset (Split)

Dataset dibagi menjadi tiga subset:

1. Pelatihan (*Training*): Digunakan untuk melatih model, biasanya mencakup 70% data.
2. Validasi (*Validation*): Digunakan untuk mengevaluasi kinerja model selama pelatihan, mencakup 20% data.
3. Pengujian (*Testing*): Digunakan untuk mengukur generalisasi model terhadap data baru, mencakup 10% data.

g. Penerapan *Convolutional Neural Networks* (CNN)

Model CNN diterapkan untuk mengekstraksi fitur kompleks dari data citra ultrasonografi. Lapisan *konvolusi*, *pooling*, dan *fully connected* dirancang untuk mengidentifikasi pola dan fitur spesifik pada citra.

h. Optimasi *Hyperparameter* dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO)

PSO digunakan untuk mengoptimalkan *hyperparameter* model, seperti *learning rate*, ukuran *batch*, dan *dropout rate*. Proses ini dilakukan secara iterasi untuk menemukan kombinasi parameter terbaik yang meningkatkan akurasi model.

i. Pelatihan dan Pengujian Model

Model dilatih menggunakan subset pelatihan dengan parameter yang telah dioptimalkan, dan kinerjanya dipantau melalui subset validasi. Setelah pelatihan selesai, model diuji pada subset pengujian untuk mengevaluasi kemampuannya dalam mengklasifikasikan data baru.

j. Evaluasi Hasil

Performa model dinilai berdasarkan metrik seperti akurasi, precision, recall, dan F1-score. Grafik akurasi dan loss selama pelatihan dianalisis untuk memastikan stabilitas dan efektivitas model.

2.2 Deep Learning

Deep learning melalui arsitektur *convolutional neural networks* (CNN), telah menjadi teknologi unggulan dalam deteksi citra medis [7]. Hal ini disebabkan oleh kemampuan CNN dalam mengenali pola dan fitur kompleks secara otomatis tanpa intervensi manual. Arsitektur CNN terdiri dari lapisan konvolusi untuk ekstraksi fitur, *pooling* untuk reduksi dimensi data, serta *fully connected* untuk klasifikasi akhir, sehingga memungkinkan model mempelajari representasi data secara hierarkis [13]. Teknologi ini telah banyak diterapkan dalam berbagai aplikasi medis, seperti deteksi kanker, penyakit mata, dan kelainan ginjal, dengan tingkat akurasi yang tinggi. Beberapa tahun terakhir, integrasi CNN dengan teknik optimasi seperti *particle swarm optimization* (PSO) semakin populer. Pendekatan ini mampu mengoptimalkan *hyperparameter* model, seperti *learning rate* dan *dropout rate*, sehingga meningkatkan akurasi dan efisiensi model, termasuk dalam tugas klasifikasi tumor dan deteksi kanker. Untuk mengevaluasi performa model CNN dalam mendeteksi kanker payudara, digunakan metrik berbasis *confusion matrix* [14], yaitu:

a. *Accuracy*: Mengukur persentase prediksi yang benar dari seluruh prediksi.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \tag{2}$$

b. *Precision*: Mengukur keakuratan prediksi positif.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \tag{3}$$

c. *Recall (Sensitivity)*: Mengukur kemampuan model mendeteksi kasus positif.

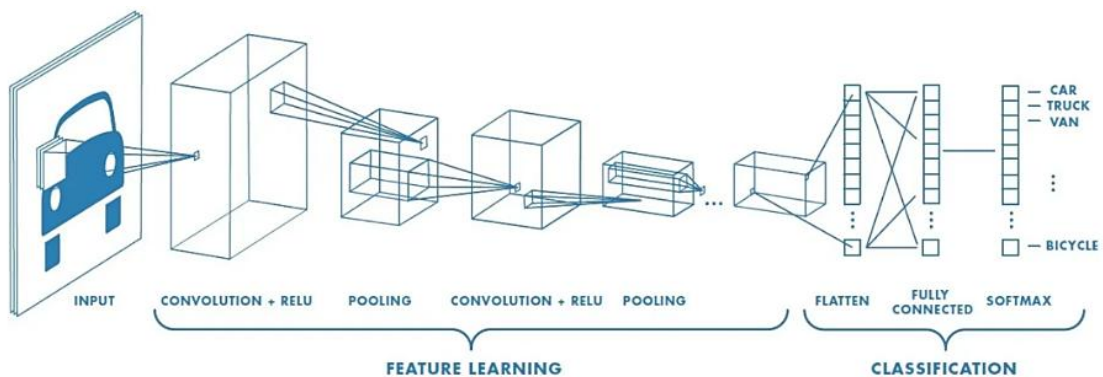
$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \tag{4}$$

d. *F1 Score*: Rata-rata harmonis dari precision dan recall, yang berguna ketika terdapat ketidakseimbangan data.

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \tag{5}$$

2.3 Convolutional Neural Networks

Convolutional neural network (CNN) merupakan kelas jaringan saraf tiruan yang secara luas dimanfaatkan dalam pengenalan dan pemrosesan citra visual [15], [16]. Algoritma CNN dirancang khusus untuk memproses data piksel dan citra, dengan terinspirasi dari aktivitas area visual cortex pada sistem saraf pusat manusia dan hewan [17]. Perbedaan mendasar antara CNN dan neural network konvensional adalah penggunaan lapisan konvolusi dan *pooling* untuk ekstraksi fitur sebelum memasuki lapisan *fully connected* untuk klasifikasi akhir. Lapisan konvolusi menggunakan filter untuk mengidentifikasi fitur lokal pada citra, sementara lapisan *pooling* berfungsi untuk mengurangi dimensi data secara hierarkis [18].



Gambar 2. Arsitektur Convolutional neural network

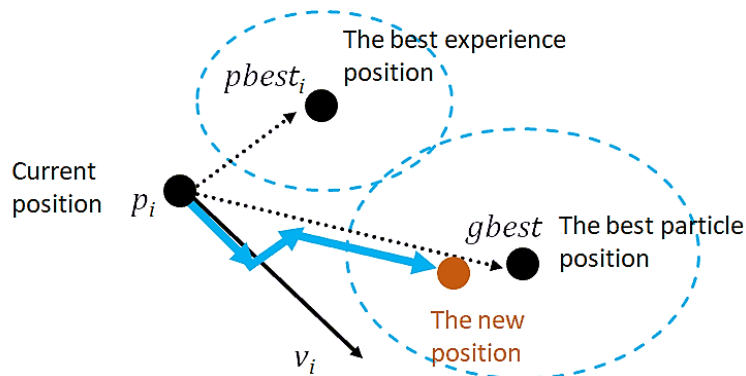
Arsitektur CNN terdiri dari dua komponen utama, lapisan ekstraksi fitur (*feature extraction*) pada arsitektur *convolutional neural network* (CNN) berperan dalam memproses input citra menjadi representasi numerik yang menyimpan karakteristik visual yang relevan. Proses ini dilakukan melalui serangkaian operasi konvolusi dan *pooling*, yang memungkinkan model untuk secara otomatis belajar mengidentifikasi fitur-fitur lokal dan menangkap struktur spasial dari input citra. Selanjutnya, lapisan klasifikasi (*classification*) bertanggung jawab untuk melakukan prediksi kategori atau label akhir berdasarkan representasi fitur yang diekstraksi sebelumnya. Lapisan ini umumnya terdiri dari beberapa *fully connected layer* yang mengintegrasikan fitur-fitur tersebut untuk menghasilkan *output* klasifikasi.

Melalui interaksi sinergis antara kedua komponen utama ini, arsitektur CNN mampu belajar memetakan hubungan kompleks antara input citra dan kategori/kelas target secara efektif. Hal ini memungkinkan penerapan CNN dalam berbagai tugas pengenalan pola visual, termasuk deteksi objek, klasifikasi gambar, dan segmentasi semantik.

2.4 Particle Swarm Optimization

Particle Swarm Optimization (PSO) merupakan algoritma *metaheuristik* yang terinspirasi dari dinamika kolektif organisme dalam kawanan alami, seperti kawanan burung atau ikan [19], [20]. Algoritma ini didasarkan pada premis bahwa individu-individu dalam suatu populasi dapat berkomunikasi dan berkolaborasi untuk menemukan solusi optimal bagi permasalahan yang dihadapi. Implementasi PSO, populasi partikel di inialisasi secara acak di ruang pencarian, di mana setiap partikel memiliki posisi dan vektor kecepatan. Posisi partikel mewakili solusi potensial, sedangkan vektor kecepatan menentukan arah dan laju pergerakannya [21].

Terdapat tiga komponen utama dalam algoritma PSO, yaitu partikel, komponen kognitif (pBest) dan sosial (gBest), serta kecepatan partikel [21]. Mekanisme pembelajaran pada partikel melibatkan faktor pengalaman individu (*cognitive learning*) dan kombinasi pembelajaran dari seluruh populasi (*social learning*). Dua persamaan kunci dalam PSO adalah persamaan kecepatan, di mana partikel memperbarui kecepatannya berdasarkan pBest, gBest, dan posisi saat ini, serta persamaan posisi untuk memperbarui posisi partikel pada iterasi berikutnya.



Gambar 3. Ilustrasi Particle Swarm Optimization

Integrasi algoritma *Particle Swarm Optimization* dengan model *deep learning*, khususnya *convolutional neural network*, telah menjadi pendekatan populer dalam aplikasi pengenalan pola citra medis. Kolaborasi antara kemampuan adaptif dan optimasi global PSO dengan kapabilitas ekstraksi fitur hierarkis CNN menghasilkan arsitektur yang lebih robust dan akurat. Proses optimasi parameter CNN menggunakan PSO memungkinkan penyesuaian bobot dan *hyperparameter* secara efektif, meningkatkan performa, misalnya dalam deteksi dini kanker payudara dari data mamografi. Sinergi antara kemampuan *deep learning* CNN dan optimasi global PSO telah menjadikan kombinasi ini banyak diadopsi dalam penelitian dan pengembangan sistem berbasis penglihatan komputer untuk aplikasi medis, memanfaatkan kelebihan masing-masing pendekatan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Preprocessing

Penelitian ini melakukan klasifikasi pada tiga kelas citra, yaitu *benign*, *Malignan*, dan normal menggunakan *deep learning Convolution Neural Networks* (CNN) dan integrasi *Particle swarm Optimization* (PSO). Dataset yang digunakan berasal dari sumber sekunder, yaitu website Kaggle. Pengolahan dataset dilakukan menggunakan CNN dan integrasi PSO dengan bahasa pemrograman *Python*, dimulai dengan persiapan pembagian dataset, pelabelan dan *rescale*, kemudian tahap pelatihan data untuk melatih dan mengembangkan model klasifikasi. Tingkat keberhasilan model diukur melalui nilai akurasi dengan menguji data testing. Dataset yang diunduh dari Kaggle sejumlah 1.899 telah dilabeli berdasarkan kategori yang dibagi menjadi data training 1.457, validation 292, dan testing 150.

Tabel 1. Dataset

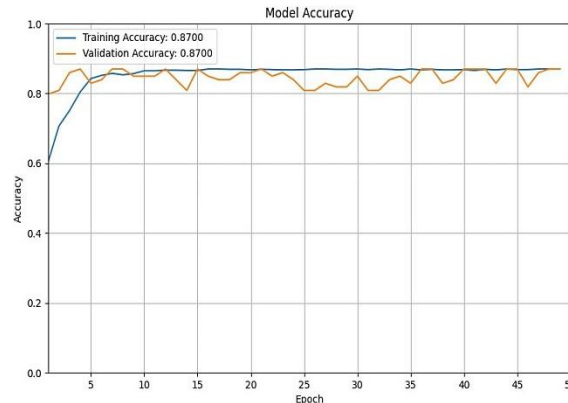
Dataset	Jumlah
<i>Benign</i>	839
<i>Malignan</i>	371
Normal	247
Total	1.457

Berdasarkan data kajian yang telah dilakukan pelabelan, implementasi model *Convolutional Neural Networks* (CNN) dan yang diintegrasikan dengan algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) menunjukkan temuan yang signifikan dalam konteks aplikasi klasifikasi citra medis. Penelitian ini berfokus pada klasifikasi tiga kelas citra, yakni *benign*, *Malignan*, dan normal, dengan memanfaatkan pendekatan *deep learning* CNN yang dikombinasikan dengan optimasi global berbasis populasi dari algoritme PSO. Proses pengolahan dataset dilakukan menggunakan kerangka kerja CNN dan CNN-PSO, yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman *Python*. Tahapan utama meliputi pelatihan model, yang bertujuan untuk mengembangkan arsitektur klasifikasi yang robust dan akurat. Selanjutnya, evaluasi performa model dilakukan melalui pengukuran tingkat akurasi dengan menguji data testing.

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari platform Kaggle, terdiri dari 1.457 citra yang kemudian dibagi menjadi data pelatihan sejumlah 1.166, data data pengujian 292. Hasil implementasi sebagai berikut:

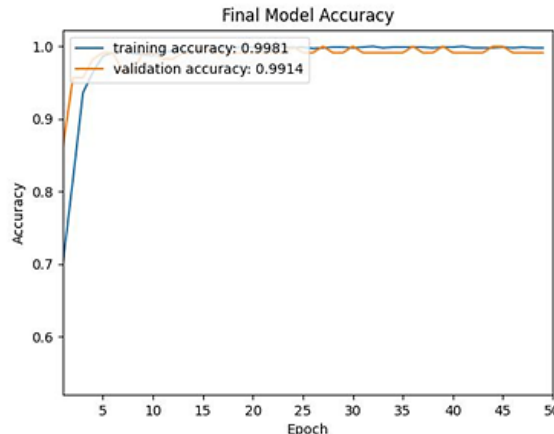
3.1.1 Training

Hasil dari training dengan input data menghasilkan nilai *train accuracy*, *val accuracy*, *train loss*, dan *val loss*. Proses ini menggunakan jumlah *epoch* 5 dan 50 serta *learning rate* antara 0.00001 dan 0.01, hasil proses pada kedua model menunjukkan bahwa model tersebut memperlihatkan peningkatan performa seiring dengan peningkatan jumlah *epoch*. Proses *training* dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 terdapat dua grafik dengan nilai yang didapatkan yaitu akurasi *training* dan akurasi validasi.



Gambar 4. Grafik Testing CNN

Pada Gambar 4. merupakan grafik hubungan antara banyaknya *epoch* terhadap peningkatan akurasi metode *Convolution Neural Networks* (CNN). Pada epoch 50, *Convolution Neural Networks* (CNN). Menemukan akurasi tertinggi adalah 0,8700.



Gambar 5. Grafik Testing CNN dan PSO

Pada Gambar 5. merupakan grafik hubungan antara banyaknya *epoch* terhadap peningkatan akurasi metode *Convolution Neural Networks* (CNN) dan *Particle swarm Optimization* (PSO). Pada *epoch* 50, *Convolution Neural Networks* (CNN) dan *Particle swarm Optimization* (PSO).menemukan akurasi tertingginya adalah 0,9881.

3.1.2 Testing

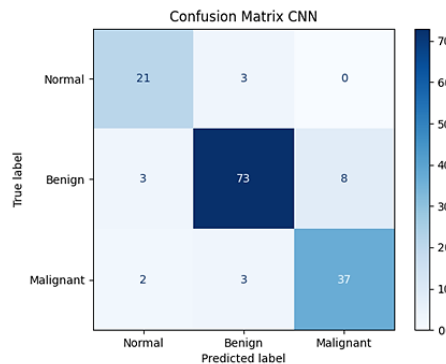
Hasil *testing* menunjukkan nilai akurasi pada model learning *Convolution Neural Networks* (CNN) dan *Particle swarm Optimization* (PSO). Akurasi memperlihatkan sejauh mana model dapat melakukan klasifikasi dengan baik. Semakin tinggi nilai akurasi, semakin baik pula kinerja model dalam melakukan klasifikasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Pada penelitian ini didapatkan nilai akurasi *Convolution Neural Networks* (CNN) mendapatkan nilai akurasi sebesar 87,33%. Sementara itu, *Convolution Neural Networks* (CNN) dan *Particle swarm Optimization* (PSO) mendapatkan nilai akurasi sebesar 90,67%.



Gambar 6. Hasil Akurasi CNN dan CNN PSO

3.2 Model Convolution Neural Networks

Hasil *confusion matrix* dari metode *Convolution Neural Networks* (CNN) ditunjukkan pada Gambar 7. sebagai berikut:

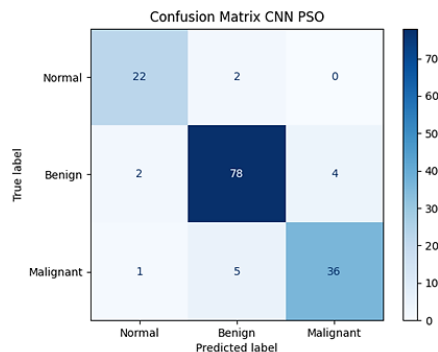


Gambar 7. Confusion Matrik Convolution Neural Networks (CNN)

Dalam penelitian ini, ditemukan *confusion matrix* sebagaimana yang terlihat pada Gambar 7. Berdasarkan hasil *confusion matrix* diatas, diperoleh nilai 21 *True Positive* (TP) kelas Normal dan *True Negative* (TN) kelas Malignan dan Benign. Nilai 3 *False Negative* (FN) kelas Normal, *True Negative* (TN) kelas Malignan, serta *False Positive* (FP) kelas Benign. Nilai 73 *True Positive* (TP) kelas Benign dan *True Negative* (TN) kelas Malignan dan Normal. Nilai 3 *False Negative* (FN) kelas Normal, dan 8 *False Negative* (FN) kelas Malignan. Nilai 37 *True Positive* (TP) kelas Malignan dan *True Negative* (TN) kelas Normal dan Benign. Nilai 2 *False Negative* (FN) kelas Normal, dan 3 *False Negative* (FN) kelas Benign. Berdasarkan nilai pada *confusion matrix* kemudian didapatkan nilai presisi 85%, F1-Score 86%, Recal 87% dan akurasi sebesar 87,33%. Oleh karena itu, membuktikan bahwa metode *Convolution Neural Networks* (CNN) memiliki kinerja yang baik dalam mengklasifikasi kanker payudara.

3.3 Model Convolution Neural Network dan Particle Swarm Optimazation

Hasil *confusion matrix* dari metode *Convolution Neural Networks* (CNN) dan *Particle swarm Optimization* (PSO) ditunjukkan pada Gambar 8. sebagai berikut:



Gambar 8. Confusion Matrik Convolution Neural Networks dan Particle swarm Optimization

Dalam penelitian ini, ditemukan *confusion matrix* sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 8**. Berdasarkan hasil *confusion matrix* diatas, diperoleh nilai 22 *True Positive* (TP) kelas Normal dan *True Negative* (TN) kelas Malignan dan Benign. Nilai 2 *False Negative* (FN) kelas Normal, *True Negative* (TN) kelas Malignan, serta *False Positive* (FP) kelas Benign. Nilai 78 *True Positive* (TP) kelas Benign dan *True Negative* (TN) kelas Malignan dan Normal. Nilai 2 *False Negative* (FN) kelas Normal, dan 4 *False Negative* (FN) kelas Malignan. Nilai 36 *True Positive* (TP) kelas Malignan dan *True Negative* (TN) kelas Normal dan Benign. Nilai 1 *False Negative* (FN) kelas Normal, dan 5 *False Negative* (FN) kelas Benign. Berdasarkan nilai pada *confusion matrix* kemudian didapatkan nilai presisi 90%, F1-Score 90%, Recall 90,33% dan akurasi sebesar 90,67%. Oleh karena itu, membuktikan bahwa metode *Convolution Neural Networks* (CNN) dan *Particle swarm Optimization* (PSO) memiliki kinerja yang baik dalam mengklasifikasi kanker payudara.

3.4 Analisis Kerja

Tabel 2. Perbandingan Hasil Performa Metode

No	Metode	Akurasi	Presisi	Recall	F1-Score
1	<i>Convolution Neural Network</i>	87,33%	85%	87%	86%
2	<i>Convolution Neural Network</i> dan <i>Particle Swarm Optimization</i>	90,67%	90%	90,33%	90%

Analisis kinerja dilakukan dengan membandingkan akurasi, presisi, *Recal*, dan nilai F1-Score metode *Convolution Neural Network* dan metode *Convolution Neural Network* yang dioptimalkan dengan *Particle Swawm Optimization*. Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan maka nilai akurasi tertinggi adalah *Convolution Neural Network* yang dioptimalkan dengan *Particle Swawm Optimization* untuk mendeteksi kanker payudara. Nilai akurasi pada metode *Convolution Neural Network* yang dioptimalkan dengan *Particle Swawm Optimization* adalah 90,67%, sedangkan pada metode *Convolution Neural Network* memperoleh nilai akurasi sebesar 87,33%.

3.5 Implementasi Pengujian Aplikasi

Dengan adanya aplikasi deteksi dini kanker payudara yang telah dibuat maka pada **Gambar 9**. adalah hasil prediksi dari kanker payudara *benign* (jinak) yang telah di klasifikasi.



Gambar 9. Hasil prediksi kanker payudara *benign* (jinak), *malignan* (ganas), dan normal

Hasil prediksi dini kanker payudara yang telah memanfaatkan basis *Convolutional Neural Networks* (CNN) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO), dapat diimplementasikan terhadap aplikasi inovatif yang dikembangkan dengan mengintegrasikan kedua metode ini untuk menganalisis citra ultrasonografi payudara. Hasil prediksi yang diperoleh menunjukkan tingkat akurasi yang sangat tinggi, mencapai lebih dari 90% dalam mengidentifikasi area tumor pada citra *ultrasonografi*. Pendekatan CNN dapat diekstraksi dengan fitur visual secara otomatis dari citra medis, sementara algoritma PSO digunakan untuk mengoptimalkan parameter pemodelan CNN guna mencapai performa terbaik.

Penerapan aplikasi ini pada praktik klinis dapat membantu dokter dan tenaga medis melakukan deteksi dini kanker payudara secara efektif. Pasien dapat menjalani pemeriksaan ultrasonografi dan segera menerima hasil analisis otomatis, sehingga tindakan penanganan dapat dilakukan lebih cepat. Kemajuan teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan angka ketahanan hidup penderita kanker payudara dan memperbaiki kualitas hidup mereka.

4. KESIMPULAN

Prevalensi kanker payudara yang terus meningkat mendorong pengembangan metode deteksi dini berbasis teknologi menjadi sangat penting. Deteksi dini tidak hanya meningkatkan peluang kesembuhan pasien tetapi juga dapat mengurangi beban biaya kesehatan. Penggunaan *Convolution Neural Network* memungkinkan analisis citra secara otomatis, sementara *Particle Swawm Optimization* diharapkan dapat meningkatkan akurasi model dengan mengoptimalkan parameter jaringan. Hasil evaluasi metode CNN menunjukkan nilai akurasi sebesar 87,33%, presisi sebesar 85%, recall sebesar 87%, dan f1-score sebesar 86%. Sementara itu, hasil evaluasi metode integrasi *Particle Swawm Optimization* ke dalam model *Convolution Neural Network* menunjukkan nilai akurasi sebesar 90,67%, presisi sebesar 90%, recall sebesar 90,33%, dan f1-score sebesar 90%. Berdasarkan hasil tersebut maka metode *Convolution Neural Network* yang dioptimalkan dengan *Particle Swawm*

Optimization lebih baik untuk mendeteksi kanker payudara daripada *Convolution Neural Network*. Implikasi penelitian ini mendorong penerapan teknologi berbasis kecerdasan buatan di fasilitas kesehatan tingkat pertama untuk mendukung diagnosa kanker payudara secara dini, disertai pelatihan tenaga kesehatan dan penyediaan perangkat diagnostik yang merata guna meningkatkan aksesibilitas layanan kesehatan.

REFERENCES

- [1] Z. N. Shidqi, L. D. Saraswati, N. Kusariana, D. Sutningsih, and A. Udijono, "Faktor-Faktor Keterlambatan Diagnosis Kanker pada Pasien Kanker Payudara: Systemic Review," *J. Epidemiol. Kesehat. Komunitas*, vol. 7, no. 2, pp. 471–481, 2022.
- [2] A. Herawati, S. Rijal, and A. S. F. Arsal, "Karakteristik Kanker Payudara," *FAKUMI Med. J. J. Mhs. Kedokt.*, vol. 1, no. 1, pp. 44–53, 2021, doi: <https://doi.org/10.33096/fmj.v1i1.8>.
- [3] E. Ernawati, S. Sumarmi, M. Mantasia, and R. Nuryana, "Gambaran Pengetahuan Dan Sikap Remaja Putri Sebelum Dan Sesudah Penyuluhan Tentang Periksa Payudara Sendiri (Sadari)," *Borobudur Nurs. Rev.*, vol. 2, no. 2, pp. 127–134, 2022, doi: 10.31603/bnur.7811.
- [4] B. Anggriani, R. J. Sitorus, R. Flora, and Octariyana, "Perempuan dan Penyakit Keganasan (Kanker Payudara dan Kanker Serviks)," *e-SEHAD Sci. Environ. Heal. Dis.*, vol. 3, no. 1, pp. 131–142, 2022.
- [5] A. Rahmawati, I. U. Sari, and H. Sumarti, "Klasifikasi Tumor Payudara Jinak dan Ganas pada Citra Ultrasonografi (USG) Berdasarkan Karakteristik Tekstur Menggunakan Metode Random Forest.," pp. 38–44, 2024, doi: <https://doi.org/10.20884/1.jtf.2024.7.1.10997>.
- [6] I. L. N. Qadar, N. H. Aprianto, P. Supriyanto, and A. A. A. Diartama, "Teknik Pemeriksaan Ultrasonografi Panggul dengan Klinis Kista Ovarium di Rumah Sakit Umum Daerah Cengkareng," *J. Ilmu Kedokt. dan Kesehat.*, vol. 10, no. 11, pp. 3141–3147, 2023.
- [7] E. I. H. . Manik, "Analisis Perbandingan Kinerja Jaringan Neural Konvolusi (CNN) dalam Pengenalan Pola pada Citra Medis," 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.31372.69762>.
- [8] R. F. S. A. Simamora and Sutarman, "Penaksiran Parameter Regresi Nonlinear Menggunakan Particle Swarm Optimization dan Genetic Algorithm," *Leibniz J. Mat.*, vol. 4, no. 2, pp. 71–83, 2024.
- [9] R. Shalehuddin Albawani, F. Tri Anggraeny, and M. Muharrom Al Haromainy, "Implementasi Seblock Pada Klasifikasi Citra Penyakit Mata Manusia Dengan Arsitektur Mobilenetv3-Small," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 1123–1128, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i1.8916.
- [10] C. R. Fatmah, F. Indriyani, and I. R. Rahadjeng, "Klasifikasi Tumor Otak Berbasis Magnetic Resonance Imaging Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network," *Digit. Digit. Transform. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 918–924, 2023, doi: <https://doi.org/10.47709/briliance.vxix.xxxx>.
- [11] F. A. A. Harahap, R. M. Sinaga, K. Arifin, and K. Saputra, "Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network untuk Mendeteksi Penyakit Ginjal," *JTIKA J. Teknol. Informasi, Komput. dan Apl.*, vol. 4, no. 2, 2022.
- [12] R. J. L. Melatisudra, S. Utomo, S. Sutjiningtyas, and Hernawati, "Implementasi Pengenalan Ekspresi Wajah dengan Menggunakan Metode Convolutional Neural Network dan OpenCV Berbasis Webcam," *J. Comput. Syst. Informatics*, vol. 6, no. 1, pp. 339–348, 2024, doi: <https://doi.org/10.47065/josyc.v6i1.6114>.
- [13] A. N. Fadllurrohman, M. Lutfi, Q. Akbar, and A. Fathurohman, "Pemanfaatan Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Efisien dan Akurat pada Berbagai Jenis Sampah," *J. Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 80–83, 2024.
- [14] I. Idawati, D. P. Rini, A. Primanita, and T. Saputra, "Klasifikasi Kanker Payudara Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan Arsitektur VGG-16," *J. Sist. Komput. dan Inform.*, vol. 5, no. 3, p. 529, 2024, doi: 10.30865/json.v5i3.7553.
- [15] A. M. K. Putri and A. F. Rozi, "Implementasi Convolutional Neural Network dalam Menentukan Tingkat Kematangan Mentimun dan Tomat Berdasarkan Warna Kulit," *JATI J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 5, pp. 10388–10394, 2024.
- [16] M. A. Khair, P. Aldiyuda, and N. E. Pakpahan, "Perancangan Sistem Absensi Mahasiswa Berbasis Face Recognition di Lingkungan UPN Veteran Jakarta," *J. Inform.*, vol. 20, no. 1, pp. 35–42, 2024.
- [17] A. A. Handoko, M. A. Rosid, and U. Indahyanti, "Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Pengenalan Tulisan Tangan Aksara Bima," *SMATIKA STIKI Inform. J.*, vol. 14, no. 1, pp. 96–110, 2024, doi: <https://doi.org/10.32664/smatika.v14i01.1196>.
- [18] P. A. Maharani and M. Akbar, "Implementasi Convolutional Neural Network dalam Klasifikasi Jenis Kopi Temanggung," *JATI J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 3, pp. 3030–3037, 2024.
- [19] L. Larwuy, "Optimasi Parameter Artificial Neural Network (ANN) Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO) Untuk Pengkategorian Nasabah Bank," *J. Mat. Komputasi dan Stat.*, vol. 3, no. 3, pp. 456–461, 2023.
- [20] B. F. G. Saputra, P. G. Chamdareno, and E. Dermawan, "Analisa Perbandingan Aliran Daya Optimal pada Sistem Standar IEEE 30 Bus Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (PSO) dan Gray Wolf Optimizer (GWO)," *Resist. Elektron. Kendali Telekomun. Tenaga List. Komput.*, vol. 7, no. 1, 2024, doi: <https://doi.org/10.24853/resistor.7.1.59-64>.

- [21] A. M. Rizki and A. L. Nurlaili, “Algoritme Particle Swarm Optimization (PSO) untuk Optimasi Perencanaan Produksi Agregat Multi-Site pada Industri Tekstil Rumahan,” *J. Comput. Electron. Telecommun.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2021, doi: <https://doi.org/10.52435/complete.v1i2.73>.