

# ANALISIS IMPLEMENTASI DEEP LEARNING DALAM MENDETEKSI COVID-19

Alifia Bilqi Firajulkha<sup>1</sup>, Faradilla Roudhotul Sa'naa<sup>2</sup>, Muhammad Naufal Haidar Setyawan<sup>3</sup>, Wahyudi<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Informatika, Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang  
<sup>1</sup>alifiabilqifirajulkha@gmail.com, <sup>2</sup>faradillaroudhotul@gmail.com, <sup>3</sup>nhaidaar@icloud.com,  
<sup>4</sup>wazncourrier@gmail.com

---

## Abstrak

Penelitian ini membahas peran penting teknologi pembelajaran mendalam, terutama *Convolutional Neural Network* (CNN), dalam mendukung deteksi COVID-19 melalui analisis gambar radiologi seperti sinar-X dan CT scan. Dilakukan tinjauan terhadap lima metodologi khusus, termasuk *Tailored Convolutional Neural Network*, *ResNet50 with Support Vector Machine*, *Convolutional Neural Network Based on Transfer Learning*, *Drop-weights-based Bayesian Convolutional Network*, dan DL Models-Inception V3 serta Inception-ResNetV2 along with ResNet50. Hasil analisis menunjukkan bahwa metodologi-metodologi ini menghasilkan akurasi deteksi COVID-19 hingga 97%, menunjukkan potensi besar dalam membantu praktisi medis mengidentifikasi kasus COVID-19 secara efektif. Namun, tantangan terkait dengan keterbatasan data pelatihan, perbedaan antara dataset pelatihan dan uji, serta kompleksitas model tetap menjadi fokus perhatian. Arah penelitian mendatang yang disarankan termasuk peningkatan ketahanan model terhadap variasi data, optimasi lebih lanjut terkait ketidakpastian model, kolaborasi dan berbagi data yang lebih luas, serta penelitian etika dan penerapan model di lingkungan klinis. Studi lanjutan diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan teknologi deteksi COVID-19 berbasis *deep learning*.

**Kata kunci :** *deep learning*, COVID-19, *convolutional neural network*.

---

## 1. Pendahuluan

Studi intensif telah dilakukan selama pandemi COVID-19 untuk mengembangkan alat diagnostik baru, dengan perhatian khusus pada teknik pembelajaran mendalam yang digunakan untuk gambar rontgen dada dan Computed Tomography (CT) (Afshar et al., 2020). Dalam tinjauan mendalam ini, sepuluh jurnal penelitian penting dibahas. Jurnal-jurnal ini memberikan wawasan dan teknik khusus untuk mengatasi masalah diagnostik COVID-19. Penggunaan *Convolutional Neural Networks* (CNN) yang menonjol dan arsitektur pembelajaran mendalam yang canggih adalah kunci dari penelitian ini. Untuk secara efektif membedakan kasus COVID-19 dari pneumonia dan kondisi normal, model ini memanfaatkan fitur khas yang ada dalam gambar X-ray dan CT scan (Kumar et al., 2022). Khususnya, berbagai metodologi yang digunakan dalam studi ini menggarisbawahi berbagai aspek dari masalah yang dihadapi. Salah satu kontribusi yang signifikan adalah pengenalan desain CNN yang disesuaikan, seperti COVID-Net, yang didirikan sebagai inisiatif sumber terbuka yang menawarkan jaringan saraf khusus dan kumpulan data tolok ukur (COVIDx), yang terdiri dari sejumlah besar gambar sinar-X dada, untuk mendeteksi kasus COVID-19 (Mathesul et al., 2023). Inisiatif ini tidak hanya memungkinkan

penelitian dilakukan, tetapi juga menekankan kerja sama antara peneliti dan ilmuwan data warga untuk mempercepat pengembangan solusi pembelajaran mendalam yang berkualitas tinggi (Sethy, 2020). Selain itu, transfer learning telah muncul sebagai pendekatan yang menonjol, seperti yang ditunjukkan dalam banyak penelitian. Metode ini mencakup penggunaan model pra-terlatih pada dataset yang luas dan penyempurnaan untuk mendeteksi COVID-19. Pembelajaran transfer berhasil mencapai hasil yang luar biasa bahkan dengan dataset citra medis yang sangat kecil, yang memungkinkannya menyelesaikan masalah yang ditimbulkan oleh ketersediaan data yang terbatas (Ghoshal & Tucker, 2021).

Salah satu solusi untuk meningkatkan diagnosis otomatis COVID-19 adalah *Optimized Convolutional Neural Networks* (OptCoNet). OptCoNet menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan model modern dengan memanfaatkan algoritma Grey Wolf Optimizer untuk optimasi hyperparameter (Goel & Murugan, 2021). Proses optimasi ini mencakup ekstraksi fitur serta komponen klasifikasi, yang menghasilkan nilai skor F1 yang luar biasa, akurasi, sensitivitas, spesifisitas, presisi, dan sensitivitas. Dengan akurasi melebihi 92%, pendekatan inovatif yang dikenal sebagai DenseNet, yang menggunakan arsitektur jaringan

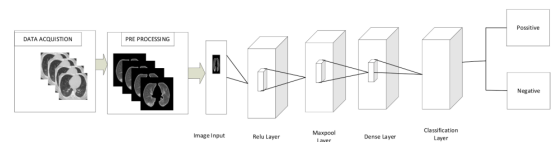
saraf konvolusional yang dimodifikasi, telah digunakan untuk memprediksi COVID-19 dari gambar CT (Muralidharan et al., 2022). Ini adalah metode yang menjanjikan untuk mendeteksi virus dengan cepat dan akurat. Karena COVID-19 sangat menular, deteksi dini sangat penting untuk penahanan dan pencegahan yang efektif. Pendekatan pemodelan alternatif untuk CNN konvensional ditawarkan oleh Capsule Networks, yang ditambahkan ke dalam kerangka COVID-CAPS (Wang et al., 2020). Yang perlu diperhatikan adalah kemampuan COVID-CAPS untuk menangani kumpulan data kecil. Ini adalah keuntungan besar mengingat munculnya COVID-19 yang tiba-tiba dan masalah ketersediaan data. Dengan peningkatan signifikan dalam akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan Area Under the Curve (AUC), COVID-CAPS tampak lebih baik daripada model berbasis CNN sebelumnya, menurut hasil gambar sinar-X (Hemalatha, 2022). Beberapa penelitian menyelidiki estimasi ketidakpastian dan interpretabilitas, komponen penting dari model pembelajaran mendalam, selain mengembangkan model yang kuat. Pengenalan Bayesian Convolutional Neural Networks (BCNN) berbasis drop weights adalah kemajuan besar yang dibuat untuk memahami betapa pentingnya mengukur tingkat ketidakpastian yang ada dalam proses pengambilan keputusan (Apostolopoulos & Mpesiana, 2020). Studi ini menemukan bahwa ada korelasi signifikan antara keakuratan prediksi dan ketidakpastian prediksi; ini mendorong adopsi AI dalam lingkungan klinis. Studi ini secara kolektif menunjukkan potensi pembelajaran mendalam dalam merevolusi diagnosis COVID-19 menggunakan pencitraan radiologi, tetapi mereka juga mengakui masalah dan kekurangan. Untuk penerimaan klinis dan penyebaran model ini, kumpulan data yang lebih besar, praktik AI yang bertanggung jawab, dan interpretabilitas model sangat penting. Makalah yang ditinjau membahas implikasi praktis dan prospek masa depan. Terlepas dari temuan yang menjanjikan, para peneliti menekankan bahwa perlu ada upaya terus-menerus untuk meningkatkan generalisasi model, mengurangi positif palsu, dan memudahkan penerapan dalam pengaturan klinis di dunia nyata. Lanskap diagnostik COVID-19 yang terus berubah termasuk inisiatif kolaboratif, berbagi data, dan pengembangan berkelanjutan model pembelajaran mendalam.

## 2. Studi Literatur dengan Manfaat dan Keterbatasannya

### 2.1 Tailored Convolutional Neural Network

*Tailored Convolutional Neural Network (CNN)* merupakan suatu pendekatan khusus yang dirancang untuk meningkatkan deteksi COVID-19 melalui analisis gambar radiologi, seperti sinar-X atau CT scan. Metode ini mengoptimalkan keunggulan arsitektur CNN dalam mengekstraksi fitur-fitur signifikan dari gambar, memungkinkan identifikasi pola-pola visual yang berkaitan dengan infeksi COVID-19. Dengan fokus pada adaptasi CNN untuk kasus medis ini, *Tailored Convolutional Neural Network* berperan penting dalam membantu profesional medis mengenali secara cepat dan akurat kemungkinan infeksi COVID-19 pada gambar radiologi.

Dalam penerapannya, metode *Tailored Convolutional Neural Network* mengikuti beberapa langkah kunci. Pertama, model dilatih menggunakan dataset yang mencakup gambar-gambar radiologi pada pasien COVID-19 dan non-COVID-19. Proses ini memungkinkan model untuk belajar dan menyesuaikan arsitektur CNN dengan pola-pola gambar yang spesifik untuk kasus COVID-19. Setelah pelatihan, model diuji pada dataset terpisah untuk mengevaluasi kinerjanya dan memastikan ketepatan deteksi.



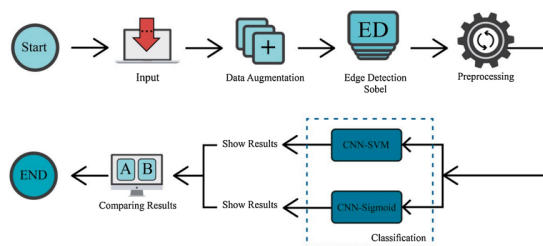
**Gambar 1.** Struktur model *Tailored Convolutional Neural Network*

Kelebihan dari *Tailored Convolutional Neural Network* meliputi tingkat akurasi yang tinggi dalam deteksi COVID-19, berkat kemampuannya mengekstraksi fitur-fitur relevan dari gambar medis. Selain itu, model ini juga menunjukkan kecepatan dan efisiensi dalam memberikan diagnosis yang lebih cepat. Meskipun demikian, pendekatan ini tidak terlepas dari tantangan dan batasan. Keterbatasan data pelatihan yang tidak memadai dan perubahan karakteristik antara dataset pelatihan dan uji dapat mempengaruhi kinerja model. Selain itu, interpretasi hasil model CNN mungkin menjadi sulit, memunculkan kebutuhan untuk pemahaman mendalam tentang keputusan yang dihasilkan.

## 2.2 ResNet50 with Support Vector Machine

*ResNet50 with Support Vector Machine* merupakan suatu pendekatan yang menggabungkan arsitektur ResNet50 dengan sebuah jaringan saraf konvolusional yang mendalam, dengan metode klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM) untuk meningkatkan deteksi COVID-19 melalui gambar radiologi. ResNet50 digunakan untuk mengekstraksi fitur-fitur kompleks dari gambar radiologi yang mencerminkan karakteristik COVID-19, dan hasilnya disalurkan ke SVM untuk klasifikasi akhir.

Dalam implementasinya, pendekatan ini melibatkan beberapa tahap penting. Awalnya, ResNet50 dilatih menggunakan dataset yang mencakup gambar radiologi pada pasien COVID-19 dan non-COVID-19. Proses ini memungkinkan jaringan untuk memahami dan menyesuaikan diri dengan pola-pola gambar yang khusus terkait dengan kasus COVID-19. Setelah pelatihan, fitur-fitur yang diekstraksi dari lapisan-lapisan dalam ResNet50 digunakan sebagai representasi gambar, dan SVM bertanggung jawab untuk klasifikasi akhir, membedakan antara kasus positif dan negatif.



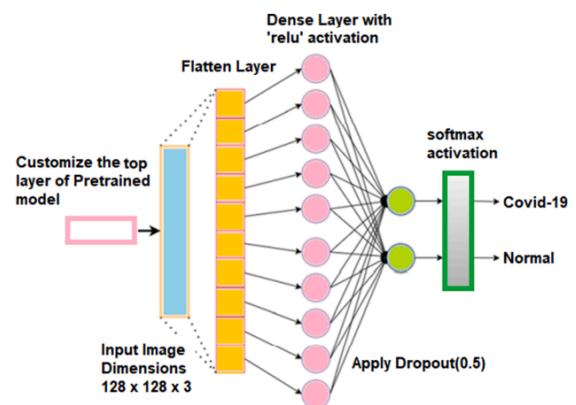
**Gambar 2.** Struktur model *ResNet50 with Support Vector Machine*

Kelebihan dari pendekatan ResNet50 *with Support Vector Machine* mencakup kemampuan ResNet50 dalam mengekstraksi fitur yang mendalam, meningkatkan akurasi deteksi. SVM memberikan keunggulan dalam klasifikasi, memungkinkan model untuk membedakan antara kasus COVID-19 dan non-COVID-19 dengan baik. Namun, seperti halnya dengan banyak metode, pendekatan ini juga menghadapi tantangan dan batasan. Kualitas dan representativitas dataset latihan berpengaruh pada kinerja model, sementara perbedaan antara data latihan dan uji dapat mempengaruhi hasil. Selain itu, kompleksitas komputasional dari arsitektur ResNet50 dapat menimbulkan tantangan terkait dengan biaya perhitungan dan kebutuhan sumber daya komputasi yang signifikan.

### 2.3 Convolutional Neural Network Based on Transfer Learning

*Convolutional Neural Network based on transfer learning* adalah suatu pendekatan yang memanfaatkan pengetahuan yang sudah ada dari model CNN sebelumnya untuk meningkatkan kemampuan deteksi pada gambar radiologi. Model ini dilatih ulang pada dataset khusus COVID-19 setelah sebelumnya dilatih pada dataset umum. Pendekatan ini dirancang untuk mengatasi keterbatasan data dengan memindahkan pengetahuan yang telah ada ke dalam deteksi COVID-19.

Dalam implementasinya, langkah pertama adalah memilih model CNN yang sudah dilatih pada tugas-tugas umum, seperti pengenalan gambar. Setelah itu, model tersebut diadaptasi dengan membekukan sebagian besar komponennya dan menyesuaikan sebagian kecil pada lapisan-lapisan akhir untuk sesuai dengan karakteristik gambar radiologi COVID-19. Setelah proses *fine-tuning*, model dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan COVID-19 pada gambar radiologi



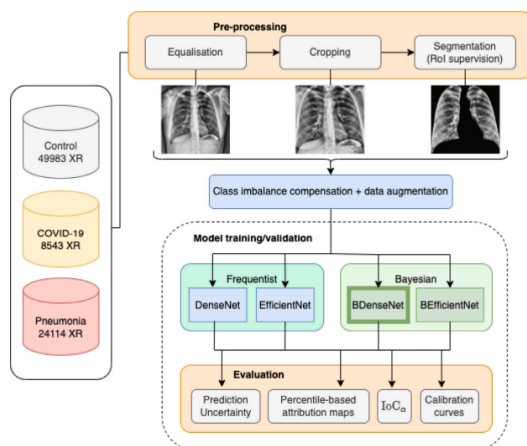
**Gambar 3.** Struktur model *Convolutional Neural Network Based on Transfer Learning*

Kelebihan dari pendekatan ini melibatkan pemanfaatan pengetahuan terdahulu, yang dapat mengurangi kebutuhan akan dataset pelatihan yang besar. Selain itu, proses *fine-tuning* dapat dilakukan dengan cepat, mempercepat pengembangan model deteksi. Namun, tantangan muncul terutama terkait dengan kualitas model awal yang digunakan, keterbatasan dataset COVID-19 yang mungkin tidak mencakup semua varian, dan potensi perbedaan antara data latihan dan pengujian.

## 2.4 Drop-weights-based Bayesian convolutional network

*Drop-weights-based Bayesian Convolutional Network (Drop-weights BCN)* adalah pendekatan terbaru dalam deteksi COVID-19 yang memanfaatkan prinsip *Bayesian* dalam *Convolutional Neural Network (CNN)*. Model ini memanfaatkan teknik *dropout* pada komponennya untuk menciptakan ketidakpastian dalam prediksi, sehingga membuatnya menjadi adaptif dan tangguh. Fokusnya pada deteksi COVID-19 melalui gambar radiologi membuatnya relevan dalam memberikan informasi tambahan kepada praktisi medis.

Dalam penerapannya, *Drop-weights BCN* menggabungkan teknik *dropout* dengan pendekatan *Bayesian*. Selama pelatihan, *dropout* secara acak diterapkan pada komponen model untuk menciptakan variasi prediksi dan menghasilkan ketidakpastian. Proses *fine-tuning* ini dilakukan khusus untuk gambar radiologi COVID-19, menyesuaikan model dengan pola-pola unik dari kasus medis ini. Evaluasi kinerja dilakukan pada dataset terpisah untuk memvalidasi keakuratan dan ketidakpastian model.



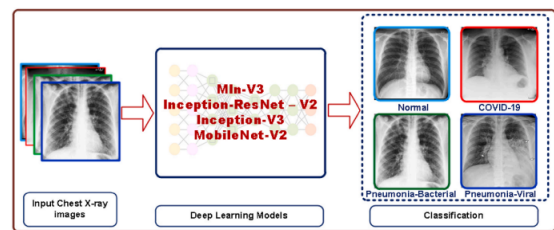
**Gambar 4.** Struktur model *Drop-weights-based Bayesian convolutional network*

Kelebihan dari *Drop-weights BCN* termasuk kemampuannya memberikan estimasi ketidakpastian, memperkuat kepercayaan dalam prediksi. Teknik *dropout* juga membuat model lebih toleran terhadap variasi gambar radiologi COVID-19, meningkatkan ketahanannya. Meskipun demikian, tantangan mungkin muncul terkait dengan kompleksitas model dan penyyetelan hyperparameter yang hati-hati.

## 2.5 DL Models-Inception V3 and Inception-ResNetV2 along with ResNet50

DL Models-Inception V3 and Inception-ResNetV2 along with ResNet50 adalah model *deep learning* yang efektif digunakan untuk mendeteksi COVID-19 melalui analisis gambar radiologi, seperti sinar-X atau CT scan. Arsitektur yang kompleks dari ketiga model ini memungkinkan mereka untuk mengekstraksi fitur-fitur signifikan dari gambar medis, memfasilitasi identifikasi pola-pola visual yang terkait dengan infeksi COVID-19.

Dalam implementasinya, proses pelatihan model menggunakan dataset gambar radiologi pasien COVID-19 dan non-COVID-19 mengikuti beberapa langkah kunci. Melalui *fine-tuning*, model dapat menyesuaikan arsitektur mereka dengan pola-pola gambar yang khusus untuk kasus COVID-19. Setelah melalui tahap pelatihan yang intensif, ketiga model diuji pada dataset terpisah untuk mengevaluasi kinerja mereka dan memastikan ketepatan deteksi.



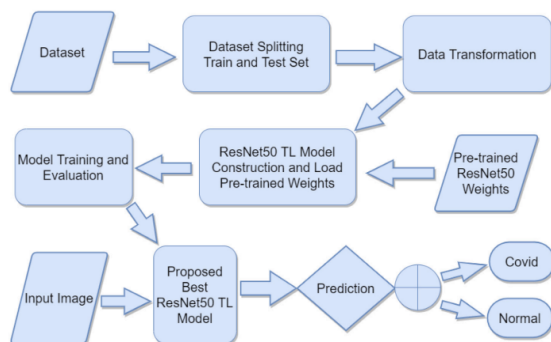
**Gambar 5.** Struktur model DL Models-Inception V3 and Inception-ResNetV2 along with ResNet50

Kelebihan dari DL Models-Inception V3 and Inception-ResNetV2 along with ResNet50 melibatkan kemampuan mereka dalam mengekstraksi fitur yang mendalam, meningkatkan akurasi deteksi COVID-19. Arsitektur yang canggih juga memberikan kecepatan dan efisiensi dalam memberikan diagnosis yang cepat. Namun, seperti halnya dengan banyak pendekatan, tantangan dan batasan tetap ada. Keterbatasan data pelatihan yang mungkin tidak mencakup seluruh variasi kasus COVID-19, dan perbedaan karakteristik antara dataset pelatihan dan pengujian, dapat mempengaruhi kinerja model. Selain itu, interpretasi hasil model mungkin menjadi kompleks, menyoroti pentingnya pemahaman yang mendalam terhadap keputusan yang dihasilkan.

## 2.6 Bayesian Convolutional Neural Network with ResNet50

*Bayesian Convolutional Neural Network* (BCNN) dengan menggunakan arsitektur ResNet50 merupakan suatu pendekatan yang terfokus pada memberikan estimasi ketidakpastian dalam deteksi COVID-19 melalui analisis gambar radiologi, seperti sinar-X atau CT scan. Model ini menggabungkan keunggulan *Convolutional Neural Network* dengan prinsip *Bayesian*, memperkuat kemampuannya dalam memberikan informasi terkait kepastian prediksi.

Dalam deteksi COVID-19, model ini memiliki relevansi tinggi karena kemampuannya memberikan estimasi ketidakpastian pada setiap prediksi. Proses pelatihan melibatkan penggunaan dataset gambar radiologi yang mencakup kasus COVID-19 dan non-COVID-19. Selama proses pelatihan, model ResNet50 diadaptasi untuk menyesuaikan komponennya dengan pola-pola gambar khusus COVID-19. Di sisi lain, pada tahap inferensi, model memberikan prediksi bersamaan dengan tingkat ketidakpastian.



**Gambar 6.** Struktur model *Bayesian Convolutional Neural Network with ResNet50*

Kelebihan utama dari pendekatan ini adalah kemampuannya memberikan estimasi ketidakpastian, yang dapat menjadi nilai tambah dalam medis. Model ini juga mampu mengekstraksi fitur-fitur yang relevan dari gambar radiologi, mendukung deteksi COVID-19 dengan tingkat akurasi yang tinggi. Namun, sejalan dengan kelebihannya, terdapat tantangan dan batasan yang perlu dihadapi, seperti kompleksitas komputasional yang mungkin meningkat dan penyetakan parameter yang hati-hati.

## 3. Analisis Hasil

Hasil analisis dari berbagai studi terkait implementasi *deep learning* dalam deteksi COVID-19 menegaskan peran signifikan teknologi ini dalam mendukung upaya kesehatan masyarakat.

Kami menyertakan tabel tentang perbandingan hasil akurasi pada metodologi-metodologi yang diusulkan. Metode yang diusulkan merupakan hasil kustomisasi Model *with Support Vector Machine* yang disesuaikan dengan sistem deteksi COVID-19.

Baris 1 yaitu metodologi *Tailored Convolutional Neural Network* dibahas pada referensi jurnal nomor 2 yang menghasilkan akurasi 92.6%. Baris 2 yaitu metodologi ResNet50 with dibahas pada referensi jurnal nomor 3 yang menghasilkan akurasi 95.38%. Seterusnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Paper	Aim	Methodology	Evaluation Metrics	Accuracy
[32]	Investigating how COVID-Net makes predictions using an explainability method to gain deeper insights into critical factors associated with COVID cases and validate COVID-Net	Tailored CNN	Confusion matrix and accuracy	92.60%
[34]	Proposal of using a deep feature plus support vector machine (SVM) methodology for detecting coronavirus-infected patients using X-ray images	ResNet50 + SVM	Confusion matrix and accuracy	95.38%
[35]	Designing an automated diagnosis system of the Coronavirus disease, an X-ray image collection from patients with common bacterial pneumonia, verified COVID-19 disease, and normal occurrences were used	CNN based on transfer learning	Accuracy, sensitivity, and specificity	Accuracy 96.78%, sensitivity 98.66%, and specificity 96.46%
[36]	Using the publicly available COVID-19 chest X-ray dataset, quantify uncertainty using deep learning methods to improve the diagnostic performance of the human-machine combination	Drop-weights-based Bayesian convolutional network	Accuracy and uncertainty prediction	95% confidence interval
[39]	Proposal of using 5 pre-trained DL models to identify coronavirus- and pneumonia-infected patients	DL Models - InceptionV3 and Inception-ResNetV2 along with ResNet50	Confusion matrix and accuracy	ResNet50 with the highest accuracy value of 96.1%
[30]	Presenting an alternative modeling framework based on Capsule Networks (COVID-CAPS) capable of handling small datasets due to the rapid emergence of COVID-19	CNN-based Capsule Networks	Confusion matrix and accuracy	95.70%
[31]	Using drop-weights-based Bayesian Convolutional Neural Networks (BCNN) to estimate uncertainty in deep learning solutions for improving diagnostic performance with COVID-19 chest X-ray dataset	Bayesian CNN (ResNet50)	Confusion matrix and accuracy	88.39%

*Tabel perbandingan hasil akurasi antar metodologi*

Dari berbagai metodologi yang diusulkan diatas, terlihat akurasi yang menjanjikan hingga 97% dalam mendeteksi kasus COVID-19 dari gambar rontgen dada. Hal ini menunjukkan potensi untuk membantu dokter dalam menyaring dan mengidentifikasi kemungkinan pasien COVID-19 secara efektif. Metodologi dengan akurasi tertinggi adalah CNN based on transfer learning, sedangkan yang terendah adalah Bayesian CNN.

## 4. Kesimpulan

Studi literatur ini menggambarkan peran krusial *deep learning*, khususnya *Convolutional Neural Network* (CNN), dalam mendukung deteksi COVID-19 melalui analisis gambar radiologi. Metodologi khusus seperti *Tailored Convolutional Neural Network*, ResNet50 with *Support Vector Machine*, *Convolutional Neural Network Based on Transfer Learning*, *Drop-weights-based Bayesian Convolutional Network*, dan DL Models-Inception V3 and Inception-ResNetV2 along with ResNet50 menunjukkan tingkat akurasi yang menjanjikan, mencapai hingga 97%. Kendati demikian, tantangan seperti keterbatasan data pelatihan, perbedaan antara data latihan dan pengujian, serta kompleksitas model tetap menjadi fokus perhatian.



## 5. Arah Penelitian Mendatang

Arah penelitian mendatang yang dapat diambil melibatkan peningkatan ketahanan model terhadap variasi data dalam gambar radiologi, optimasi lebih lanjut terkait ketidakpastian model untuk meningkatkan kepercayaan dan interpretabilitas hasil. Kolaborasi yang lebih erat dan berbagi data antara peneliti dan praktisi medis diusulkan untuk memperluas jumlah dan diversitas dataset pelatihan. Selain itu, fokus penelitian harus mencakup aspek praktis penerapan model di lingkungan klinis sehari-hari dengan pertimbangan etika dan legalitas. Studi yang lebih mendalam tentang dampak varian COVID-19 pada gambar radiologi dan eksplorasi penggunaan model di lingkungan klinis yang terbatas juga menjadi area penelitian yang berpotensi. Dengan demikian, penelitian mendatang diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan pada pengembangan teknologi deteksi COVID-19 berbasis *deep learning*.

### Daftar Pustaka:

- <sup>1</sup>M. Shubham, S. Debabrata, S. Santosh Kumar et al. (2023): *COVID-19 Detection from Chest X-ray Images Based on Deep Learning Techniques*, <https://doi.org/10.3390/a16100494>.
- <sup>2</sup>W. Linda, L. Zhong Qiu, W. Alexander (2020): *A Tailored Deep Convolutional Neural Network Design for Detection of COVID-19 Cases from Chest X-ray Images*, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76550-z>.
- <sup>3</sup>Sethy, P.K.; Behera, S.K.; Ratha, P.K.; Biswas, P. (2020): *Detection of Coronavirus Disease (COVID-19) Based on Deep Features and Support Vector Machine*, <https://pdfs.semanticscholar.org/9da0/35f1d7372cfe52167ff301bc12d5f415caf1.pdf>
- <sup>4</sup>Apostolopoulos, I.D.; Mpesiana, T.A. (2020): *COVID-19: Automatic Detection from X-ray Images Utilizing Transfer Learning with Convolutional Neural Networks*, <https://doi.org/10.1007/s13246-020-00865-4>
- <sup>5</sup>Goel, T.; Murugan, R.; Mirjalili, S.; Chakraborty, D.K. (2021): *An Optimized Convolutional Neural Network for an Automatic diagnosis of COVID-19*, <https://doi.org/10.1007/s10489-020-01904-z>
- <sup>6</sup>Hasan, N.; Bao, Y.; Shawon, A.; Huang, Y. (2021): *DenseNet Convolutional Neural Networks Application for Predicting COVID-19 Using CT Image*, <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00782-7>
- <sup>7</sup>Afshar, P.; Heidarian, S.; Naderkhani, F.; Oikonomou, A.; Plataniotis, K.N.; Mohammadi, A. (2020): *COVID-CAPS: A capsule networkbased framework for identification of COVID-19 cases from X-ray images*, <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2020.09.010>
- <sup>8</sup>Ghoshal, B.; Tucker, A. (2020): *Estimating Uncertainty and Interpretability in Deep Learning for Coronavirus (COVID-19) Detection*, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2003.10769>
- <sup>9</sup>Zhang, HZ., Zhang, JZ., Zhang, HZ., Nan, YN., Zhao, YZ., Fu, EF., & Xie, YX. (2020): *Automated detection and quantification of COVID-19 pneumonia: CT imaging analysis by a deep learning-based software*. *European journal of nuclear medicine and molecular imaging*, 47, 2525-2532. <https://doi.org/10.1007/s00259-020-04953-1>
- <sup>10</sup>Ni, QN., Yuan Sun, ZY., Qi, LQ., Chen, WC., Yang, YY., Wang, LW., & Zhang, XZ. (2020): *A deep learning approach to characterize 2019 coronavirus disease (COVID-19) pneumonia in chest CT images*. *European radiology*, 30, 6517-6527. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-07044-9>
- <sup>11</sup>Shah, VS., Keniya, RK., Shridharani, AS., Punjabi, MP., Shah, JS., & Mehendale, NM. (2021): *Diagnosis of COVID-19 using CT scan images and deep learning techniques*. *Emergency radiology*, 28, 497-505. <https://doi.org/10.1007/s10140-020-01886-y>
- <sup>12</sup>Muralidharan, N., Gupta, S., Prusty, M. R., & Tripathy, R. K. (2022): *Detection of COVID-19 from X-ray images using multiscale Deep Convolutional Neural Network*. *Applied Soft Computing*, <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.108610>
- <sup>13</sup>Hemalatha, M. (2022): *A hybrid random forest deep learning classifier empowered edge cloud architecture for COVID-19 and pneumonia detection*. *Expert Systems with Applications*, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118227>
- <sup>14</sup>Madhavi M , Supraja P., (2022): *COVID-19 infection prediction from CT scan images of lungs using Iterative Convolution Neural Network model*, <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2022.103214>
- <sup>15</sup>Sharifrazi D., Alizadehsani R., Roshanzamir M., Javad Hassannataj Joloudari J. H., Shoeibi A., Jafari M., Hussain S., Alizadeh Z. S., Hasanzadeh F., Khozeimeh F., Khosravi A., Nahavandi S., Panahiazar M., A Zare A., Mohammed S. S. I., Rajendra Acharya R. (2021): *Fusion of convolution neural network, support vector machine and Sobel filter for accurate detection of COVID-19 patients using X-ray images*, <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102622>
- <sup>16</sup>Devi N. K., Subramaniam S., Quynh Hoang Q. L., Muthusamy S., Panchal H., Christal S. M. S., Jawad A. A., Musaddak Maher M. A. Z. (2023): *A deep transfer learning-based convolution neural network model for COVID-19 detection*

- using computed tomography scan images for medical applications*,  
<https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2022.103317>
- <sup>17</sup>Arias-Londoño J. D., Godino-Llorente J. I., (2023): *Analysis of the Clever Hans effect in COVID-19 detection using Chest X-Ray images and Bayesian Deep Learning*,  
<https://doi.org/10.1016/j.bspc.2023.105831>
- <sup>18</sup>Thangaraj R., Pandiyan P., Ramakrishnan J., Nallakumar R. , Eswaran S., (2023): *A deep convolution neural network for automated COVID-19 disease detection using chest X-ray images*,  
<https://doi.org/10.1016/j.health.2023.100278>
- <sup>19</sup>Hossain M. D. B, S.M. Sazzad H. I., Monirul M. D, I., Nasim M. D. A., Sarker I. H, (2022): *Transfer learning with fine-tuned deep CNN ResNet50 model for classifying COVID-19 from chest X-ray images*,  
<https://doi.org/10.1016/j.imu.2022.100916>