

Klasifikasi Kanker dan Artery pada *Citra Computed Tomography* Menggunakan *Deep Learning Convolution Neural Network*

Sri Widodo

Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Duta Bangsa Surakarta
Jl. KH. Samanhudi No.93, Sondakan, Laweyan, Surakarta, Indonesia
Korespondensi E-mail: sri_widodo@udb.ac.id

Submitted: 31 Oktober 2022, *Revised:* 17 Desember 2022, *Accepted:* 21 Desember 2022

Abstract

Detection of lung cancer can significantly reduce the average death rate from lung cancer. Research on detection of lung cancer has been done. Most research on lung cancer detection always begins with image preprocessing, lung segmentation, lung candidate segmentation and lung cancer detection. These steps can cause the detection process to take a long time. The proposed research is to classify cancer and arterial images on CT-Scan using Convolution Neural Network (CNN). This research consists of two main points. Starting with the process of determining the region of interest (ROI) from the image of cancer and artery. The second is cancer classification and artery using CNN deep learning. The accuracy obtained from testing is 95%.

Keyword: CNN, CtScan, Deep Learning, Lung Cancer, ROI

Abstrak

Deteksi awal kanker paru dapat menurunkan rata-rata angka kematian akibat kanker paru secara signifikan. Penelitian tentang deteksi awal kanker paru sudah banyak dilakukan. Sebagian besar studi mengenai deteksi kanker paru pada CT-Scan selalu diawali dengan preprosesing citra, segmentasi paru, segmentasi kandidat paru dan deteksi kanker paru. Langkah-langkah tersebut dapat menyebabkan proses deteksi membutuhkan waktu yang lama. Penelitian yang dilakukan adalah melakukan klasifikasi kanker dan arteri pada gambar *Computed Tomography* menggunakan *Convolution Neural Network (CNN)*. Penelitian ini terdiri dari dua hal pokok. Pertama adalah preprosesing dari citra kanker dan artery. Kedua adalah klasifikasi kanker dan artery menggunakan deep learning CNN. Akurasi tertinggi yang didapatkan dari ujicoba adalah 95%.

Kata Kunci: CNN, CtScan, Deep Learning, Lung Cancer, ROI

Pendahuluan

Secara garis besar kanker paru adalah pertumbuhan sel-sel yang tidak terkendali di dalam organ paru (1). Dokter biasanya menggunakan pemeriksaan radiologi untuk mendiagnosa kanker paru. Selama beberapa tahun terakhir penelitian tentang kanker paru masih banyak dibicarakan oleh para peneliti. Pertama adalah penelitian dari Bhagyashri, yaitu deteksi sel kanker paru pada CT-Scan menggunakan metode pengolahan citra(2). Metode segmentasi yang digunakan adalah metode *thresholding* (pengambangan) dan *watershed*. Sedangkan untuk memprediksi kanker paru menggunakan pendekatan binerisasi dan proses masking. Metode segmentasi dengan *watershed* mempunyai akurasi 85.27% sedangkan segmentasi menggunakan *thresholding* mempunyai akurasi 81.24%. Penelitian kedua adalah penelitian dari Vijay A.Gajdhane adalah deteksi kanker paru pada citra CT-Scan menggunakan berbagai teknik pengolahan citra(3). Pertama preprosesing dengan menggunakan *filter gabor* dan segmentasi menggunakan *watershed*. Untuk ekstraksi *Region of Interest (ROI)* menggunakan tiga fitur yaitu area adalah jumlah dari piksel warna putih pada bidang yang diekstraksi, perimeter adalah panjang dari batas *Region of Interest (ROI)* yang diekstraksi, dan *eccentricity* adalah bentuk dari objek yang bulat. Klasifikasi menggunakan metode *Support Vector Machines*.

Penelitian ketiga adalah penelitian dari Disha Sharma adalah indentifikasi kanker paru menggunakan teknik pengolahan citra (4). Penelitian dimulai dengan tahapan preprosesing dari citra yaitu penghilangan *noise* (derau), dan peningkatan kualitas citra menggunakan *filter Wiener*. Fitur yang digunakan untuk mengidentifikasi nodul adalah ROI, calcification, bentuk, ukuran nodul dan perbaikan kontras. Akurasi yang didapatkan adalah 80%. Penelitian keempat adalah penelitian dari Mahersia, yaitu deteksi nodul paru dari citra CT-Scan. Dalam penelitiannya menggunakan tiga tahapan untuk mendeteksi nodul

paru, yaitu: preproseing, segmentasi paru dan klasifikasi kandidat nodul (5). Penelitian ini lebih ditekankan pada lokasi dari nodul. Metode yang digunakan adalah klasifikasi dan klustering, yang meliputi: Fuzzy dan jaringan saraf, SVM dan LDA. Penelitian selanjutnya adalah penelitian dari Mokhled yang melakukan penelitian tentang klasifikasi kanker paru menggunakan teknik *image processing* (6). Penelitian dimulai dengan pengolahan citra untuk perbaikan kualitas dari citra menggunakan *filter Gabor* dan *Gaussian*. Segmentasi menggunakan *Binarization and Masking Approach*. Fitur yang digunakan untuk proses klasifikasi adalah *pixels percentage and mask-labelling*. Akurasi yang didapatkan adalah 85.7%.

Dari penelitian di atas dapat diketahui bahwa deteksi kanker paru yang dilakukan, menggunakan tahapan yang sangat panjang, dimulai dari akuisisi data, pemrosesan awal citra, segmentasi organ paru, segmentasi bagian yang dicurigai sebagai kanker, ekstraksi fitur dan terakhir adalah klasifikasi kanker dan bukan kanker. Proses deteksi sangat menggantung pada proses segmentasi. Proses segmentasi pada organ paru sangat sulit dilakukan, khususnya jika kanker paru bentuknya sangat besar dan mengenai dinding paru, sehingga batas paru kelihatan tidak jelas pada CT-Scan. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengklasifikasikan citra kanker dan artery menggunakan Metode Jaringan Syaraf Konvolusi pada CT-Scan. Metode Jaringan Syaraf Konvolusi atau *Convolutional Neural Network (CNN)* merupakan bagian dari *Deep Neural Network*.

Penelitian tentang deteksi kanker menggunakan *deep learning* yang pertama adalah penelitian dari Kulkarni (7). Penelitian yang dilakukan adalah mendiagnosis dini kanker paru. Keluaran yang dihasilkan adalah membedakan kanker paru jinak dan ganas. Klasifikasi menggunakan metode *Deep Learning Convolutional Neural Network* pada gambar CTScan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode ini berhasil mendeteksi kanker, meskipun dataset yang digunakan jumlahnya kecil. Penelitian yang dilakukan oleh Bijaya adalah mendeteksi kanker paru-paru menggunakan gambar histopatologi dengan metode *Convolutional Neural Network (CNN)*. Hasil klasifikasi berupa gambar kanker jinak, adenokarsinoma, dan karsinoma sel skuamosa. Akurasi yang didapatkan mencapai 96,11% dan 97,20% (8). Penelitian yang dilakukan oleh Hamdalla adalah membuat sistem berbantuan komputer diperkenalkan untuk mendeteksi kanker paru-paru dalam kumpulan data yang dikumpulkan dari Rumah Sakit Irak dengan CNN, dengan arsitektur AlexNet untuk membantu diagnosis kasus pasien: normal, jinak, atau ganas. Model yang diusulkan memberikan akurasi tinggi hingga 93,548%, nilai sensitivitas 95,714%, dan nilai spesifitas 95% (9). Kalaivani melakukan deteksi kanker paru menggunakan Jaringan Saraf tiruan dari gambar CT. Proses klasifikasi adalah membedakan antara citra paru-paru normal dan ganas menggunakan CNN dengan arsitektur *DenseNet* dan *adaptive boosting algorithm*. Dataset yang digunakan berjumlah 201 gambar paru-paru, dimana 85% dari gambar digunakan untuk pelatihan dan 15% dari gambar digunakan untuk pengujian dan klasifikasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mencapai akurasi 90,85% (10).

Dari penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti di atas dapat disimpulkan bahwa untuk mendeteksi kanker paru dengan menggunakan sistem cerdas dengan metode klasik, contohnya adalah Support Vector Machine (SVM). Tahapan yang diusulkan meliputi segmentasi paru, segmentasi kandidat kanker, ekstraksi ciri dan klasifikasi. Untuk klasifikasi citra kanker berbasis global dan berbasis region. Metode berbasis global yang digunakan adalah histogram warna. Metode ini hanya menghitung frekuensi piksel gambar sehingga sangat sensitif terhadap perubahan cahaya dan geometris. Pendekatan berbasis wilayah dibagi menjadi beberapa wilayah yang mewakili objek. Kelemahan dari metode ini adalah pada saat melakukan segmentasi citra, seringkali hasil segmentasinya tidak sesuai dengan objek yang diinginkan. Selain itu tahapannya terlalu panjang dan tingkat akurasinya juga rendah. Sedangkan deteksi kanker menggunakan *Deep Learning Convolution Neural Network (CNN)* citra yang digunakan adalah citra asli yang ukurannya sangat besar. Hal ini menyebabkan proses deteksi kanker paru memerlukan waktu yang sangat lama, tetapi akurasinya lebih baik dibanding metode klasik.

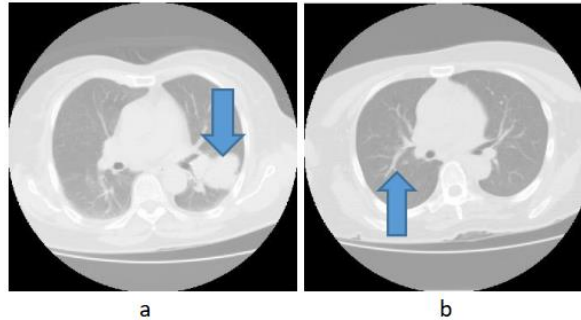
Penelitian yang dilakukan menggunakan metode *Convolution Neural Network (CNN)* dengan menggunakan citra yang dilokalisasi dengan melakukan segmentasi. Segmentasi pertama adalah segmentasi paru, sedangkan segmentasi kedua adalah segmentasi citra yang dicurigai sebagai kanker paru. Sehingga ukuran dari citra semakin kecil. Citra ini yang disebut citra yang dilokalisasi, yang akan digunakan untuk proses deteksi. Dampaknya adalah waktu yang digunakan untuk proses deteksi dapat dikurangi. Kelas yang digunakan ada dua, yaitu kanker dan artery. Penelitian mempunyai dua tahapan. Tahapan yang pertama adalah pengolahan awal (preproseing) citra yang meliputi penyesuaian ukuran,

penskalaan dan pembuatan *data training* dari citra kanker dan artery. Yang kedua adalah klasifikasi kanker dan artery menggunakan deep learning CNN.

Metode Penelitian

Dataset

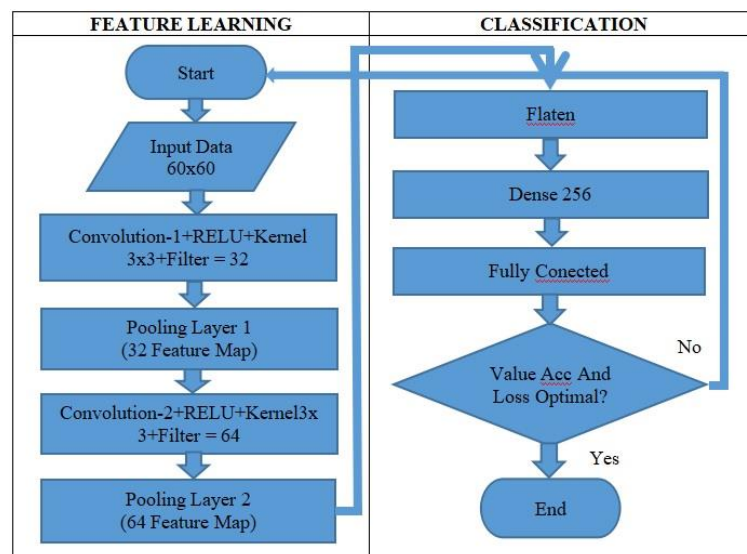
Citra CT Scan dalam penelitian ini dihasilkan melalui alat *Computerized Tomography Scanner* (CT-Scan) yang ada di RSUD Ir. Soekarno Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia. Data gambar yang digunakan citra Ct-Scan kanker dan artery dengan ukuran 60x60 pixel dengan ketebalan 0.5 mm. Data training yang digunakan sebanyak 140, dengan masing-masing kategori jenis sebanyak 70 citra Ct-Scan. Gambar 1 menunjukkan gambar CT-Scan kanker dan artery.



Gambar 1.
Citra Ct-Scan
(a). Kanker, (b) Artery

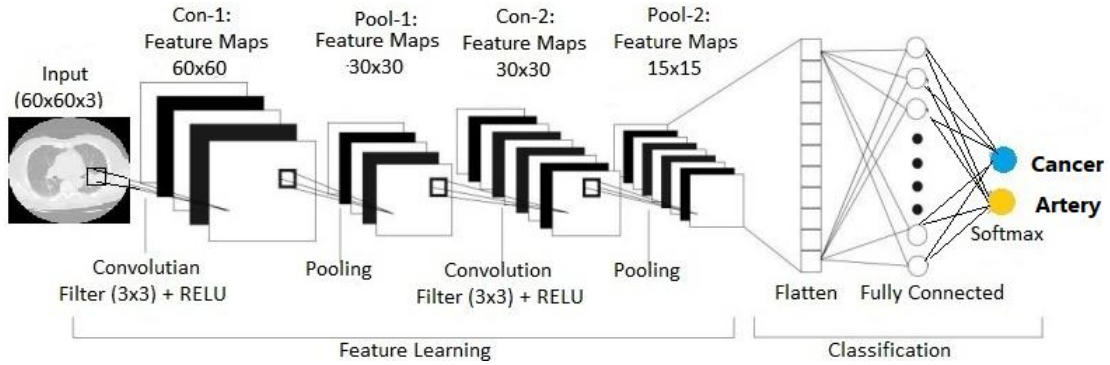
Klasifikasi Kanker Dan Artery

Convolutional Neural Network (CNN) adalah arsitektur yang mampu mengenali suatu objek, walaupun objek tersebut dalam posisi yang berbeda pada input. Kontribusi CNN adalah pada convolution dan pooling layer. *Convolution* bekerja dengan prinsip sliding window dan weight sharing (mengurangi kompleksitas perhitungan). *Pooling layer* berguna untuk merangkum informasi informatif yang dihasilkan oleh suatu *convolution* (mengurangi dimensi). Untuk proses klasifikasi, dilakukan dengan melewati satu vektor hasil beberapa operasi *convolution* dan *pooling* pada *multilayer perceptron* (*feed-forward neural network*) yang dikenal sebagai *fully connected layer* pada ujung akhir CNN. Gambar 2 menjelaskan tentang tahapan-tahapan klasifikasi dengan menggunakan *Convolution Neural Network* (CNN).



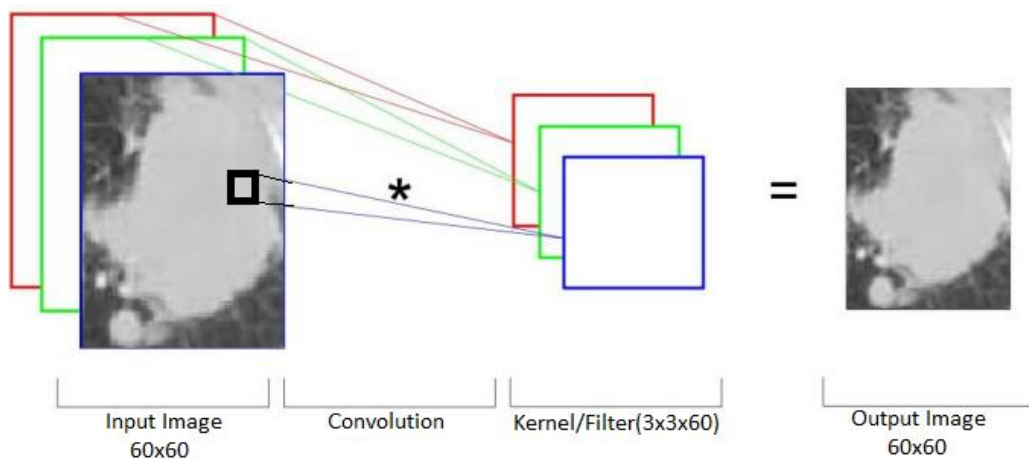
Gambar 2.
Flowchart Klasifikasi Dengan Menggunakan *Convolution Neural Network*

Berdasarkan Gambar 2 di atas dapat diketahui bahwa dalam arsitektur CNN, terdapat dua bagian, yaitu *Feature Extraction Layer* dan *Fully-Connected Layer*. *Feature learning* layer adalah teknik yang memungkinkan sebuah sistem berjalan secara otomatis untuk menentukan representasi dari sebuah citra menjadi fitur-fitur yang merepresentasikan citra tersebut. Sedangkan *Fully-Connected Layer* adalah layer yang digunakan untuk proses klasifikasi berdasarkan hasil dari *feature learning*. Gambar 3 menunjukkan jika flowchart di atas diubah ke dalam bentuk gambar.



Gambar 3.
Skema Arsitektur Convolution Neural Network

Gambar 3 menunjukkan bahwa konvolusi merupakan tahapan awal dari *feature learning*. Proses konvolusi dilakukan dengan mengkombinasikan dua buah deret angka yang menghasilkan deret angka yang ketiga. Hasilnya berupa matriks *array*. Pada gambar 3, masukan adalah citra dengan ukuran piksel 60x60x3. Artinya bahwa citra tersebut mempunyai lebar dan tinggi piksel 60, dan citra tersebut merupakan citra RGB, karena citra mempunyai 3 saluran (*channel*) yaitu *red*, *green*, dan *blue*. Nilai matriks dari setiap *channel* piksel berbeda-beda. Selanjutnya citra masukan akan dikonvolusi dengan nilai filter yang sudah dipilih. Untuk menentukan pola apa yang akan dideteksi dengan menggunakan filter tersebut. Konvolusi dilakukan dengan mengalikan filter dengan nilai pada matriks input. Ukuran *kernel* yang digunakan pada konvolusi adalah 3x3, dan jumlah filter konvolusi 60 piksel. Hasil dari konvolusi adalah gambar yang mempunyai 60 fitur map, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4.
Proses Konvolusi

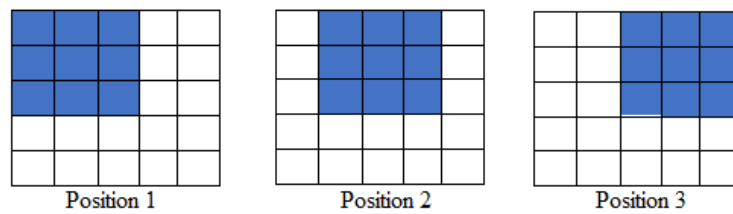
Pada Gambar 5 ditunjukkan cara kerja dari proses konvolusi. Citra masukan mempunyai ukuran piksel 5x5.

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 4 & 2 & 4 & 2 & 4 \\ \hline 6 & 6 & 8 & 2 & 3 \\ \hline 2 & 4 & 9 & 2 & 7 \\ \hline 3 & 3 & 2 & 5 & 5 \\ \hline 6 & 4 & 3 & 7 & 8 \\ \hline \end{array} \quad * \quad \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & -1 & 1 \\ \hline -1 & 1 & -1 \\ \hline 1 & -1 & 1 \\ \hline \end{array} \quad = \quad \begin{array}{|c|c|c|} \hline 5 & -3 & 11 \\ \hline 3 & 9 & -5 \\ \hline 10 & -1 & 19 \\ \hline \end{array}$$

5x5 3x3 3x3

Gambar 5.
Gambaran Perhitungan Konvolusi

Ukuran kernel yang digunakan pada proses konvolusi di atas adalah 3x3, sedangkan *stride* yang digunakan satu. *Stride* menunjukkan jumlah pergeseran kernel terhadap matriks masukan dengan jumlah satu. Gambar 6 menunjukkan pergeseran kernel dengan stride satu.



Gambar 6.
Posisi Kernel Stride Satu Pada Konvolusi

Langkah selanjutnya adalah operasi pooling yang dilakukan pada pooling layer. Pooling layer terdiri dari sebuah filter dengan ukuran dan stride tertentu yang bergeser pada seluruh area *feature map*. Hal ini menyebabkan proses komputasinya memakan waktu lama. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan dengan mengurangi dimensi dari feature map (*downsampling*) menggunakan *pooling layer*. Sehingga proses komputasi berjalan cepat, dikarenakan parameter yang harus di update semakin sedikit dan untuk mengatasi overfitting. *Pooling* yang digunakan adalah *Max Pooling*. Gambar 7 menampilkan gambaran dari proses *pooling*.

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 5 & 3 & 11 \\ \hline 3 & 9 & 5 \\ \hline 10 & 1 & 19 \\ \hline \end{array} \quad = \quad \begin{array}{|c|c|} \hline 9 & 11 \\ \hline 10 & 19 \\ \hline \end{array}$$

Gambar 7.
Proses Maxpooling

Tahapan selanjutnya adalah klasifikasi kanker dan artery. Pada tahapan klasifikasi terdapat dua proses, yaitu *Flaten* dan *Fully Connected*. *Feature map* yang dihasilkan dari *feature extraction* masih berbentuk multidimensional array, sehingga harus melakukan reshape dari feature map menjadi sebuah vector agar bisa digunakan sebagai input dari *fully-connected layer*, oleh karena itu harus dilakukan proses *flaten*.

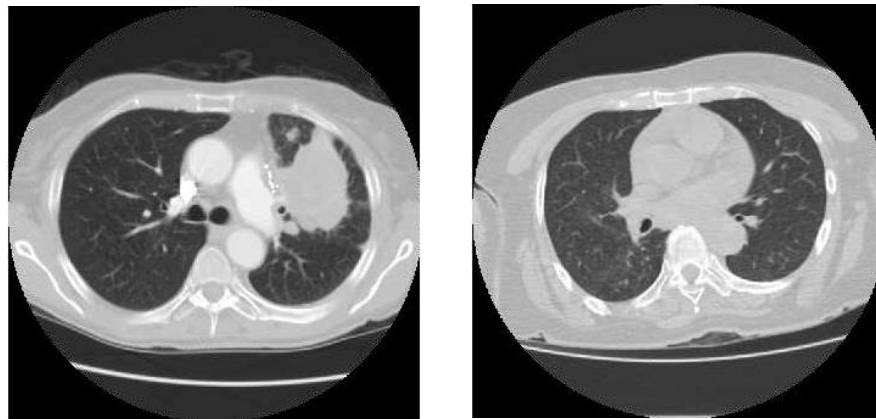
Hasil dan Pembahasan

Penelitian yang dilakukan adalah melakukan klasifikasi kanker paru, dan artery dari CT-Scan menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN). Untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari penelitian yang telah dilakukan adalah nilai akurasi yang didapatkan. Untuk mengetahui akurasi dari metode yang digunakan dilakukan dengan membandingkan antara hasil deteksi kanker dari metode yang

diusulkan dengan hasil deteksi kanker oleh dokter. Untuk menghitung akurasi dengan menggunakan matrik Konfusi. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali. Ketiga pengujian dijelaskan sebagai berikut.

Pengujian Dengan Dataset Citra CT-Scan Asli

Pada pengujian ini menggunakan dataset citra CT-Scan asli dengan ukuran 1024 x 1024 piksel. Jumlah epoch sebanyak 30 dan nilai learning rate 0.001. Data training yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8.

Citra CT-Asli

Citra CT Kanker Paru (kiri), Citra CT Normal (kanan)

Pengujian dilakukan sebanyak 5 lima kali. Dataset yang digunakan sebanyak 200 data (kanker sebanyak 100, dan artery sebanyak 100). Pengujian pertama sampai kelima menggunakan data training masing-masing 100, 120, 140, 160, dan 180. Sedang data uji yang digunakan dari test kesatu sampai kelima berturut-turut adalah 100, 80, 60,40 dan 20. Hasil pegujian dengan dataset citra CT asli ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1.

Hasil Pengujian Dengan CT-Scan Asli

No	Jumlah Data Training	Data Testing	Akurasi
1	100	100	74%
2	120	80	85%
3	140	60	73.3%
4	160	40	75%
5	180	20	55%

Untuk mengetahui tingkat akurasi dengan menggunakan Matrik Konfusi. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali. Perbandingan jumlah data training dan data testing ditunjukkan pada Tabel 1. Data training adalah data yang akan dilatih dalam sistem cerdas, sehingga dapat mengenali terhadap data pengujian, sedangkan data testing adalah data yang digunakan untuk menguji sistem yang tidak terdapat pada data training. Gambar 9 menunjukkan *Confusion Matrix* pengujian menggunakan data training 180 dan data testing sebanyak 20 data.

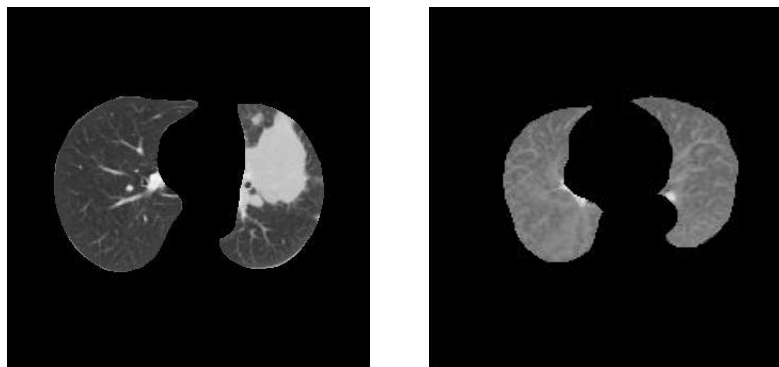
		Confusion Matrix		
		LUNG CANCER	NON-CANCER (ARTERY)	
Output Class	LUNG CANCER	6 30.0%	1 5.0%	85.7% 14.3%
	NON-CANCER (ARTERY)	4 20.0%	9 45.0%	69.2% 30.8%
		60.0% 40.0%	90.0% 10.0%	75.0% 25.0%
		LUNG CANCER	NON-CANCER (ARTERY)	
		Target Class		

Gambar 9.
Konfusi Matrik Pengujian Menggunakan Citra CT Asli

Gambar 9 menunjukkan hasil deteksi kanker dengan menggunakan data testing sebanyak 20 data. Dari 20 data testing, citra yang diklasifikasikan ke dalam kanker sebanyak 6, citra kanker dan diklasifikasikan bukan kanker sebanyak 4, citra bukan kanker diklasifikasikan sebagai kanker sebanyak 1, dan citra bukan kanker diklasifikasikan sebagai citra bukan kanker sebanyak 9. Jadi akurasi yang dihasilkan dari hasil testing dengan input citra CT-Scan asli, nilai *learning rate* sebesar 0.001 dan jumlah data training 180 dan data testing sebanyak 20 data, akurasi yang didapatkan sebesar 75%.

a. Pengujian Kedua Dengan menggunakan Data CT-Scan Area Paru

Pengujian kedua menggunakan data dari citra CT-Scan Paru yang sudah dipisahkan dengan jaringan di sekitarnya. Metode yang digunakan untuk segmentasi paru adalah *Active Shape Model (ASM)* (11). Data training CT-Scan Paru ditunjukkan pada Gambar 10.



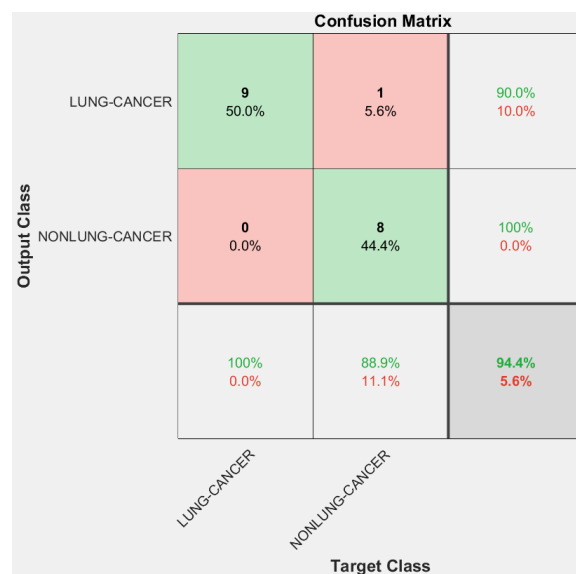
Gambar 10.
Data CT-Scan Paru
 Citra CT Paru Dengan Kanker (kiri), Citra CT Paru Normal (kanan)

Pengujian dilakukan sebanyak 5 lima kali. Pengujian pertama sampai kelima menggunakan data training masing-masing 90, 108, 126, 144, dan 162. Sedangkan data uji yang digunakan dari test kesatu sampai kelima berturut-turut adalah 90, 72, 54, 38 dan 18. Hasil pegujian dengan dataset citra CT asli ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2.
Hasil Pengujian Dengan CT-Scan Area Paru

NO	JUMLAH DATA TRAINING	DATA TESTING	AKURASI
1	90	90	85.6%
2	108	72	87.5%
3	126	54	90.7%
4	144	36	91.7%
5	162	18	94.4%

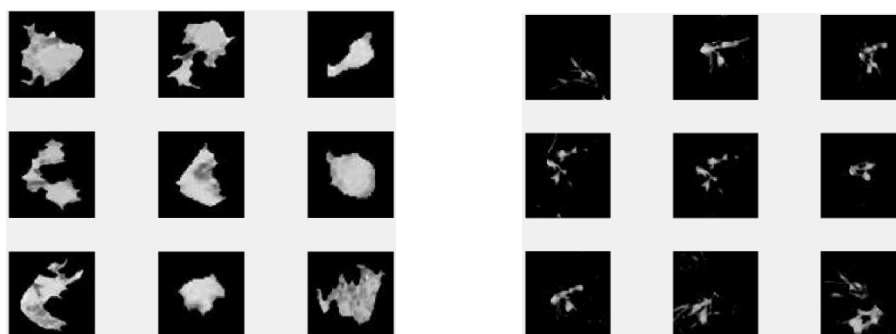
Untuk mengetahui tingkat akurasi dengan menggunakan Matrik Konfusi. Gambar 11 menunjukkan Confusion Matrix dari salah satu pengujian dengan menggunakan data training 162 dan data testing 18, didapatkan nilai akurasi sebanyak 94.4%. Confusion Matrix dari pengujian tersebut ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11.
Konfusi Matrik Pengujian Menggunakan Citra CT Paru

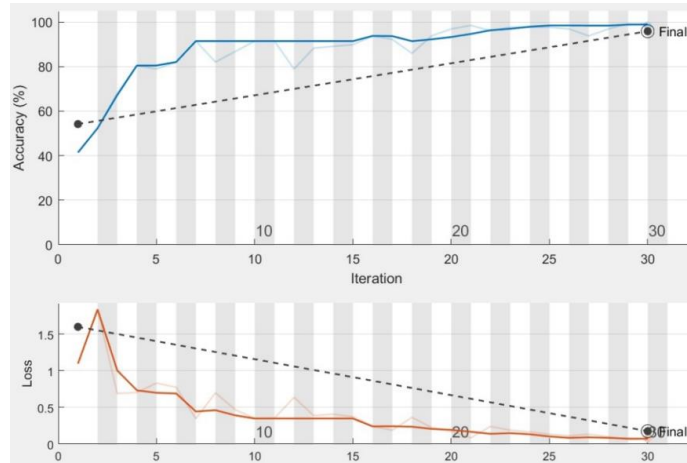
Pengujian Ketiga dengan Menggunakan Data CT-Scan yang Dilokalisasi

Pengujian ketiga menggunakan data dari citra yang dilokalisasi (kandidat kanker atau kandidat *artery*). Metode yang digunakan untuk segmentasi kandidat kanker dan kandidat *artery* adalah matematika morfologi (12), (13), (14), (15). Data training kandidat kanker dan kandidat *artery* ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12.
Data CT-Scan Yang Dilokalisasi
 Citra CT Kandidat Kanker (kiri), Citra CT Kandidat artery (kanan)

Pengujian dilakukan sebanyak 5 lima kali. Pengujian pertama sampai kelima menggunakan *data training* masing-masing 100, 120, 140, 160, dan 180. Sedangkan data uji yang digunakan dari test kesatu sampai kelima berturut-turut adalah 100, 80, 60, 40 dan 20. Training progress dari dengan menggunakan data training 180 dan data testing sebanyak 20 data, dengan learning rate 0.001 dan epoch 30 ditunjukkan pada Gambar 13. Hasil pegujian dengan dataset citra CT yang dilokalisasi ditunjukkan pada Tabel 3.

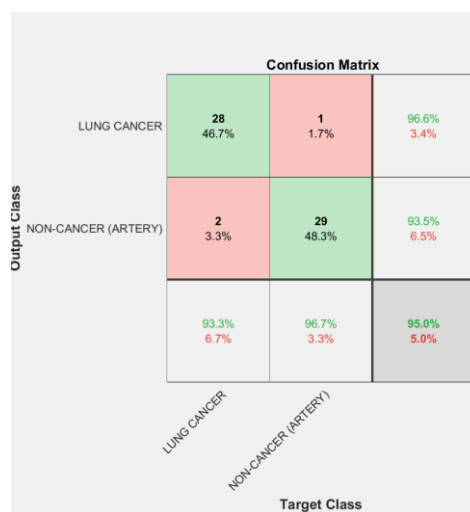


Gambar 13. Training Progress

Tabel 3. Hasil Pengujian Dengan CT-Scan Yang Dilokalisasi

NO	Jumlah Data Training	Data Testing	Akurasi
1	100	100	87%
2	120	80	83.8%
3	140	60	85%
4	160	40	90%
5	180	20	95%

Confusion Matrix dari salah satu pengujian dengan menggunakan data training kandidat kanker dan kandidat artery sebanyak 180 dan data testing 20, didapatkan nilai akurasi sebanyak 95%. Confusion Matrix dari pengujian tersebut ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Confusion Matriks Pengujian Menggunakan Data Kandidat Kanker Yang Dilokalisasi

Kesimpulan

Berdasarkan uji coba yang telah dilakukan dengan menggunakan *data training* kandidat kanker dan *artery* dengan input berukuran 60x60 pixel, nilai learning rate sebesar 0.001, ukuran filter 3x3, jumlah *epoch* 30, data training 180, dan data testing 20, menghasilkan tingkat akurasi tertinggi sebesar 95%. Sehingga untuk deteksi kanker menggunakan Deep Learning pada citra CT-Scan menggunakan citra yang dilokalisasi sangat tepat.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Duta Bangsa yang telah memberikan dukungan kepada kami melalui program hibah penelitian yaitu Hibah Terapan Internal pada tahun 2021.

Daftar Pustaka

1. Association AL. *State of Lung Cancer* [Internet]. 2018. Available from: <https://www.lung.org/our-initiatives/research/monitoring-trends-in-lung-disease/state-of-lung-cancer/>
2. Patil BG, Jain SN. *Cancer Cells Detection Using Digital Image Processing Methods*. Int J Latest Trends Eng Technol. 2014;3(4):45–9.
3. A.Gajdhane MV, L.M PD. *Detection of Lung Cancer Stages on CT scan Images by Using Various Image Processing Techniques*. IOSR J Comput Eng. 2014;16(5):28–35.
4. Sharma D, Gagandeep J. *Identifying Lung Cancer Using Image Processing Techniques*. Int Conf Comput Tech Artif Intell.
5. Mahersia H, Zaroug M, Gabralla L. *Lung Cancer Detection on CT Scan Images: A Review on the Analysis Techniques*. Int J Adv Res Artif Intell [Internet]. 2015;4(4). Available from: <http://thesai.org/Publications/ViewPaper?Volume=4&Issue=4&Code=ijarai&SerialNo=6>
6. Sahni P, Mittal N. *Breast Cancer Detection Using Image Processing Techniques*. Lect Notes Mech Eng. 2019;(March):813–23.
7. Tiwari L, Awasthi V, Patra RK, Miri R, Raja H, Bhaskar N. *Lung Cancer Detection Using Deep Convolutional Neural Networks*. In 2022. p. 373–85. Available from: https://link.springer.com/10.1007/978-981-19-1559-8_37
8. Hatuwal BK, Thapa HC. *Lung Cancer Detection Using Convolutional Neural Network on Histopathological Images*. Int J Comput Trends Technol [Internet]. 2020 Oct 25;68(10):21–4. Available from: <http://ijctjournal.org/archives/ijctt-v68i10p104>
9. Al-Yasriy HF, AL-Husieny MS, Mohsen FY, Khalil EA, Hassan ZS. *Diagnosis of Lung Cancer Based on CT Scans Using CNN*. IOP Conf Ser Mater Sci Eng [Internet]. 2020 Nov 1;928(2):022035. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/928/2/022035>
10. Kalaivani N, Manimaran N, Sophia S, D. Devi D. *Deep Learning Based Lung Cancer Detection and Classification*. IOP Conf Ser Mater Sci Eng. 2020;994(1).
11. Widodo S, Wijiyanto. *Software Development for Three Dimensional Visualization of Lung on Computed Tomography Scans Using Active Shape Model and Volume Rendering*. J Theor Appl Inf Technol. 2014;65(1):154–60.
12. Widodo S, Rohmah RN, Handaga B, Arini LDD. *Lung Diseases Detection Caused by Smoking Using Support Vector Machine*. Telkomnika (Telecommunication Comput Electron Control. 2019;17(3):1256–66.
13. Widodo S, Rohmah RN, Handaga B. *Classification of Lung Nodules and Arteries in Computed Tomography Scan Image Using Principle Component Analysis*. Proc - 2017 2nd Int Conf Inf Technol Inf Syst Electr Eng ICITISEE 2017. 2018;2018-January(November):153–8.
14. Widodo S, Rosyid I, Faizuddin Bin Noor M, Bin Ismail R. *Texture Feature Extraction To Improve Accuracy of Malignant and Benign Cancer Detection on Ct-Scan Images*. Int J Psychosoc Rehabil. 2020;24(09):3540–54.
15. Widodo S, Duta U, Surakarta B. *Improved Accuracy in Detection of Lung Cancer Using Self Organizing Map*. J Crit Rev. 2020;7(14).