

Pengaruh Segmentasi terhadap Diagnosis COVID-19 pada Citra X-Ray Paru

The Effect of Segmentation on the Diagnosis of COVID-19 on Lung X-Ray Image

Chyntia Raras Ajeng Widiawati*¹, Pulung Setiawan², Deasy Komarasary³

¹²³Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Purwokerto

e-mail: *chyntiaraw@amikompurwokerto.ac.id, pulungsetiawan@gmail.com,
deasykoma04@gmail.com,

Abstrak

Berbagai penelitian terkait identifikasi COVID-19 dengan memanfaatkan citra X-Ray Paru dari pasien COVID-19 telah banyak dilakukan. Namun, keberhasilan algoritme sangat bergantung pada beberapa hal, tak terkecuali proses segmentasi citra. Proses segmentasi dapat mempengaruhi hasil klasifikasi, khususnya pada diagnosis pasien COVID-19. Proses identifikasi pasien COVID-19 menggunakan citra X-Ray berfokus pada bercak cairan yang ada disekitar paru untuk memperoleh informasi yang tepat dari gambaran bercak yang ada pada citra X-Ray. Tahap segmentasi akan membagi citra ke beberapa segmen kecil untuk menransformasikan representasi yang lebih bermakna bagi komputer dan memudahkan proses analisis. Hasil dari penelitian ini yaitu terdapat berbagai teknik dan metode segmentasi yang digunakan pada beberapa penelitian terdahulu dengan hasil yang sangat beragam diantaranya metode segmentasi dengan teknik deteksi tepi (edge detection) dan thresholding serta metode segmentasi dengan teknik semantic segmentation. Meskipun demikian proses segmentasi tidak secara signifikan meningkatkan performa model, khususnya akurasi klasifikasi. Namun, segmentasi meningkatkan keandalan dan kualitas model yang dikembangkan.

Kata kunci— pengaruh segmentasi, COVID-19, X-Ray, identifikasi

Abstract

Various studies related to COVID-19 assistance by utilizing Lung X-Ray images from COVID-19 patients have been carried out a lot. However, the success of the algorithm depends on several things, including the image segmentation process. The segmentation process can affect the classification results, especially in the diagnosis of COVID-19 patients. The process of helping COVID-19 patients using X-Ray images focuses on the fluid spots around the lungs to obtain precise information from the appearance of the spots on the X-Ray images. The segmentation stage will divide the image into several small segments to transform a more meaningful representation for the computer and facilitate the analysis process. The results of this study are that there are various techniques and segmentation methods used in several previous studies with very diverse results including segmentation methods with edge detection and thresholding techniques and segmentation methods with semantic segmentation techniques. However, the segmentation process does not significantly improve the performance of the model, especially the classification. However, segmentation increases the diversity and quality of the models developed.

Keywords— impact of segmentation, COVID-19, X-Ray, identification

1. PENDAHULUAN

Pandemi COVID-19 terjadi di Wuhan, Cina untuk pertama kalinya dan dilaporkan pada Desember 2019 [1]. Pandemi COVID-19 terjadi hampir diseluruh negara dan berubah menjadi pandemi, tak terkecuali Indonesia. Pandemi COVID-19 telah menyebar merata di hampir seluruh wilayah di Indonesia. Di Indonesia COVID-19 pertama kali terkonfirmasi pada 2 Maret 2020, pada 25 Maret 2020 telah terjadi sebanyak 790 kasus positif (yang terkonfirmasi secara kumulatif), dari 790 kasus positif tersebut 58 diantaranya meninggal dunia, sedangkan 31 diantaranya dinyatakan sembuh, dan 701 terkonfirmasi dalam perawatan [2]. Karena hal tersebut Indonesia ada pada status waspada dan harus segera bertindak dalam penurunan angka kasus COVID-19. Beberapa hal telah dilakukan untuk menurunkan tingkat perkembangan COVID-19 di Indonesia, tak terkecuali pada proses identifikasi maupun perawatan pasien positif COVID-19.

Diagnosis utama pada pasien COVID-19 dilakukan melalui uji *polymerase chain reaction* (PCR) dan *swab* tenggorokan yang disertai dengan pendekatan konfirmasi untuk menghasilkan diagnosa yang akurat. Namun metode ini membutuhkan waktu dan biaya yang cukup mahal. Cara lain yang dapat dilakukan adalah dengan mempertimbangkan tindakan *non-invasive* melalui pencitraan paru yang mengacu pada gejala yang ditimbulkan yaitu sesak nafas sebagai akibat pneumonia akut [3]. Metode alternatif tersebut bisa dilakukan dengan memanfaatkan citra X-ray paru. Beberapa penelitian dengan memanfaatkan citra X-ray paru untuk mengidentifikasi pasien COVID-19 di Indonesia telah dilakukan salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Hartato [4] mengusulkan pengukuran performa algoritme CNN yang diukur menggunakan parameter akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas dalam klasifikasi citra rontgen pasien untuk dinyatakan positif COVID-19 atau tidak. Dari eksperimen yang dilakukan, model yang dibangun dapat mencapai akurasi sebesar 98,69%, sensitivitas sebesar 97,71%, dan spesifisitas sebesar 98,90%. Namun, pada penelitian tersebut tidak dilakukan proses segmentasi citra terlebih dahulu, sehingga sangat mungkin objek lain yang tidak dibutuhkan dan mengganggu akan berpengaruh terhadap hasil klasifikasi citra sehingga memberikan hasil diagnosis yang kurang tepat terutama pada dataset yang berbeda baik dari segi jumlah, ukuran maupun kualitasnya.

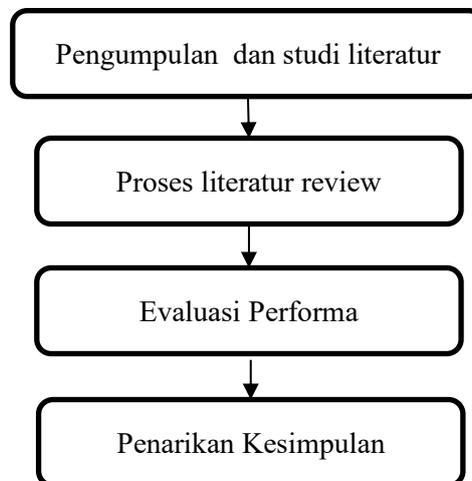
Proses identifikasi pasien COVID-19 menggunakan citra X-Ray berfokus pada bercak cairan yang ada disekitar paru [5]. Untuk memperoleh informasi yang tepat dari gambaran bercak yang ada pada citra X-Ray, segmentasi citra dirasa perlu dilakukan untuk mendukung proses diagnose COVID-19 pada pengolahan citra digital. Tahap segmentasi akan membagi citra ke beberapa segmen kecil untuk mentransformasikan representasi yang lebih bermakna bagi komputer dan memudahkan proses analisis [6].

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk melihat pengaruh segmentasi citra terhadap hasil diagnosis pasien COVID-19 seperti yang dilakukan oleh Teixeira, dkk [7] mendemonstrasikan dampak segmentasi paru-paru dalam identifikasi COVID-19 menggunakan gambar CXR dan mengevaluasi konten gambar mana yang paling berpengaruh. Segmentasi semantik dilakukan menggunakan arsitektur CNN U-Net, dan klasifikasi menggunakan tiga arsitektur CNN (VGG, ResNet, dan Inception). Klasifikasi menggunakan gambar tersegmentasi mencapai F1-Score 0,88 untuk pengaturan multi-kelas, dan 0,83 untuk identifikasi COVID-19. Eksperimen mendukung kesimpulan bahwa bahkan setelah segmentasi, ada bias kuat yang diperkenalkan oleh faktor-faktor yang mendasari dari sumber yang berbeda.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat dilihat bahwa proses segmentasi dapat mempengaruhi hasil klasifikasi, khususnya pada diagnosis pasien COVID-19. Meskipun demikian perlu dilakukan kajian literatur terhadap beberapa penelitian lain terkait pengaruh segmentasi pada diagnosa COVID-19 untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performa masing-masing algoritma yang digunakan. Apakah pengaruh segmentasi pada performa setiap algoritma cukup signifikan atau tidak, sehingga pada penelitian ini akan diulas beberapa penelitian terdahulu yang telah menerapkan proses segmentasi pada tahapan identifikasi citra X-Ray pada pasien COVID-19 menggunakan pengolahan citra digital.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan seperti yang ditunjukkan pada bagan berikut.



Gambar 1 Tahapan penelitian

Berdasarkan bagan yang ditunjukkan pada Gambar 1 diatas, Adapun penjelasan dari setiap tahapannya adalah sebagai berikut :

2.1 Pengumpulan dan Studi Literatur

Pada tahap ini, penulis mencari beberapa literatur yang relevan dengan focus utama review. Adapun literatur yang dikumpulkan berada dalam kisaran 3 tahun terakhir, selanjutnya literatur yang telah didapatkan kemudian dipelajari khususnya pada bagian metode dan hasil pembahasan.

2.2 Proses Literatur review

Memeriksa literatur yang dijadikan sebagai rujukan khususnya pada penggunaan tahap segmentasi untuk klasifikasi Citra X-Ray pasien COVID-19. Dilakukan pengkajian terhadap setiap metode segmentasi yang dilakukan dari masing-masing penelitian baik dari segi teknik maupun algoritma yang digunakan pada tahap segmentasi.

2.3 Evaluasi Performa

Evaluasi hasil terhadap beberapa performa identifikasi di masing-masing literatur yang telah dikaji sebelumnya untuk mengetahui performa yang dihasilkan dari masing-masing model yang telah dibuat oleh setiap peneliti.

2.4 Penarikan kesimpulan

Tahap terakhir yaitu penarikan kesimpulan mengenai pengaruh segmentasi terhadap performa metode klasifikasi pada Diagnosis Pasien COVID-19 menggunakan Citra X-Ray. Pada tahap ini juga dihasilkan kelebihan ataupun kekurangan dari setiap teknik atau algoritma yang digunakan pada tahap segmentasi berdasarkan pengkajian yang telah dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap awal dilakukan pengumpulan literatur yang akan dikaji pada pembahasan penelitian ini, literatur yang dikumpulkan berupa artikel klasifikasi atau identifikasi pasien COVID-19 yang menambahkan tahapan segmentasi didalam alur penelitiannya. Beberapa artikel terkait yang memanfaatkan tahapan segmentasi pada hal tersebut diantaranya adalah sebagai berikut.

Ghozali dkk. [8] mengusulkan sebuah penelitian dengan menggunakan *high-pass filtering*, kemudian dilakukan segmentasi dengan teknik *thresholding* pada area paru serta metode *edge detection* (sobel) untuk menandai area yang membuat detail citra. Hasil pendeteksian ini berupa pola objek dan daerah penyebaran virus corona, kemudian ada batasan pada gambar yang terlihat cukup jelas, dengan metode Sobel menghasilkan piksel berwarna putih yang juga terlihat jelas. Deteksi tepi menggunakan metode sobel bisa menjadi salah satu acuan dalam pemeriksaan citra rontgen penyakit COVID-19. Namun, pada penelitian tersebut dataset yang digunakan terlalu sedikit dan tidak ada evaluasi hasil secara kuantitatif dari eksperimen yang dilakukan.

Teixera dkk [7] menerapkan segmentasi semantik menggunakan arsitektur U-Net CNN. Segmentasi mencapai Jaccard distance 0,034 dan koefisien Dice 0,982. Klasifikasi menggunakan gambar tersegmentasi mencapai F1-Score 0,88 untuk pengaturan multi-kelas, dan 0,83 untuk identifikasi COVID-19. Dalam skenario cross-dataset memperoleh F1-Score 0,74 dan area di bawah kurva ROC 0,9 untuk identifikasi COVID-19 menggunakan gambar tersegmentasi. Segmentasi meningkatkan keandalan dan kualitas model dengan menggunakan informasi area paru-paru pada proses klasifikasi. Namun, ada bias kuat yang diperkenalkan oleh faktor-faktor dasar dari berbagai sumber. Segmentasi tidak meningkatkan performa klasifikasi.

Stifanic dkk [9] juga melakukan segmentasi semantik dengan menggunakan DeepLab. Deeplabv3+ dan Xception_65 menghasilkan nilai tertinggi dari ukuran kinerja $0,910 \pm 0,015$ mIOU, $0,925 \pm 0,014$ F1, akurasi $0,968 \pm 0,005$, presisi $0,916 \pm 0,028$, sensitivitas $0,935 \pm 0,008$, dan spesifisitas $0,977 \pm 0,008$. Model yang diusulkan telah terbukti efektif dalam hal segmentasi paru-paru dari gambar rontgen dada dan memiliki banyak potensi untuk penggunaan klinis dalam mendeteksi kelainan paru-paru COVID-19.

Arias-Garzon dkk [10] melakukan segmentasi dengan Deep Learning model based on U-Net architecture. Sebagian besar metrik menunjukkan gambar tanpa segmentasi lebih baik untuk mengklasifikasikan penyakit COVID. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa meskipun metrik lebih baik, model ini didasarkan pada patologi yang terlihat di seluruh paru-paru sebagai bukti nyata COVID, jadi model yang benar-benar akurat harus berpusat pada bagian paru-paru untuk klasifikasi. Dalam hal ini, segmentasi diperlukan untuk hasil yang dapat diandalkan dengan mengurangi bias ini. Segmentasi menunjukkan probabilitas tinggi untuk memberikan informasi tambahan sehingga hasil yang diperoleh lebih baik. Hasil yang disajikan tidak selalu berarti kinerja yang sama di semua kumpulan data.

Supriyanti dkk [11] melakukan segmentasi dengan menggunakan Bradley thresholding. Segmentasi dengan metode Bradley thresholding berhasil mendapatkan luas thorax dan bercak putih pada gambar rontgen toraks dalam piksel. Berdasarkan perbandingan rata-rata persentase bercak putih dari kedua data di atas, terdapat perbedaan yang bermakna antara data citra rontgen thorax pasien COVID-19 dengan data citra rontgen thorax pasien normal dengan selisih 5,75956 % dengan tingkat keberhasilan pengujian masing-masing sebesar 73,33% dan 54%. Segmentasi bercak putih dengan metode Bradley thresholding dapat mempermudah proses analisis citra X-ray penderita COVID-19 untuk mendapatkan informasi citra yang lebih akurat dan presisi.

Ahmed dkk [12] melakukan segmentasi semantik dengan arsitektur UNet. Metode tersebut menghasilkan tingkat akurasi 99,26%, sensitivitas 98,53%, dan spesifisitas 98,82% dengan High-Resolution Network (HRNet). Model yang dibuat mampu menghasilkan penggunaan data yang diperbesar (data augmentasi), kontrak (contract), dan arsitektur berbasis jalur simetris yang kuat memungkinkan pelokalan yang tepat.

Pratiwi dkk [13] melakukan segmentasi menggunakan Thresholding dengan nilai ambang batas = 33. Menggunakan K-Medoids clustering untuk mengelompokkan hasil. Tingkat akurasi

yang diperoleh yaitu 87% dengan menggunakan thresholding dan K-Medoids clustering. Clustering dengan metode k-medoids cukup baik diterapkan untuk data COVID-19 Radiography. Terdapat 13 dari 100 data yang diproses berada pada cluster yang salah atau tidak sesuai dengan dataset yang diambil dari COVID-19 Radiography Database.

Pertiwi dkk [14] melakukan segmentasi dengan menggunakan Teknik Edge Detection yaitu Deteksi Tepi Canny, Sobel dan Prewit. Tingkat akurasi yang diperoleh yaitu Canny 73%, sedangkan Sobel dan Prewitt sebesar 13 %. Teknik Edge Detection optimal untuk mendeteksi tepi objek paru-paru pasien COVID-19. Pengaruh teknik segmentasi dengan menggunakan *edge detection* tidak terlalu signifikan dalam meningkatkan performa klasifikasi.

Hertel dkk [15] menggunakan DenseNet-201 pada tahap segmentasi. Akurasi tertinggi klasifikasi COVID-19 adalah 91% dan sensitivitas tertinggi pada klasifikasi COVID-19 adalah 92%. Metadata tambahan mengenai usia, jenis kelamin, dan detail latar belakang yang relevan dari setiap pasien sangat membantu meningkatkan metrik kinerja model. Model yang dibangun merupakan langkah maju menuju otomatisasi deteksi COVID-19 secara radiologis. Model belum siap untuk diimplementasikan pada pengaturan klinis.

Danilov dkk [16] melakukan segmentasi semantic dengan menggunakan DeepLab. Visualisasi dan pengambilan keputusan berdasarkan masker segmentasi memiliki kualitas yang lebih tinggi daripada lokalisasi yang diperoleh Grad-CAM, sehingga hasil dari alur kerja dua tahap yang diusulkan lebih tepat. Model yang dibuat lebih stabil dalam hal akurasi dan lebih hemat waktu dalam hal kecepatan prediksi. Namun, alur kerja harus dilakukan dalam 2 tahap.

Berdasarkan analisis terhadap beberapa penelitian diatas terdapat 2 metode yang cukup populer digunakan pada tahap segmentasi citra X-Ray paru yaitu penggunaan deteksi tepi (*edge detection*) yang dikombinasikan dengan thresholding, serta penggunaan *semantic segmentation* dengan beberapa algoritme. Adapun hasil perbandingan dari penggunaan 2 metode segmentasi yang digunakan pada beberapa penelitian diatas dipaparkan pada table berikut ini.

Tabel 1 Perbandingan Hasil Penggunaan Segmentasi

Penulis	Metode segmentasi	Akurasi	Sensitivitas	Spesifisitas	mIOU	F1-Score	Kesimpulan
Ghozali, dkk [8]	thresholding dan edge detection (sobel)	-	-	-	-	-	Deteksi tepi menggunakan metode sobel bisa menjadi salah satu acuan dalam pemeriksaan citra rontgen penyakit COVID-19.
Teixera, dkk [7]	segmentasi semantik menggunakan arsitektur U-Net CNN	-	-	-	-	83%	Segmentasi tidak meningkatkan performa klasifikasi.
Stifanic, dkk [9]	Segmentasi semantic dengan menggunakan DeepLab	96,8%	93,5%	97,7%	91%	92,5%	Model yang diusulkan telah terbukti efektif dalam hal segmentasi paru-paru dari gambar rontgen dada

Penulis	Metode segmentasi	Akurasi	Sensitivitas	Spesifisitas	mIOU	F1-Score	Kesimpulan
							dan memiliki banyak potensi untuk penggunaan klinis dalam mendeteksi kelainan paru-paru COVID-19.
Ariaz-Garzon, dkk [10]	Deep Learning model based on U-Net architecture	-	-	-	-	-	Segmentasi menunjukkan probabilitas tinggi untuk memberikan informasi tambahan sehingga hasil yang diperoleh lebih baik.
Supriyanti, dkk [11]	Bradley thresholding	73,33%	-	-	-	-	Segmentasi bercak putih dengan metode Bradley thresholding dapat mempermudah proses analisis citra X-ray penderita COVID-19 untuk mendapatkan informasi citra yang lebih akurat dan presisi.
Ahmed, dkk [12]	Segmentasi semantic dengan arsitektur UNet	99,26%	98,53%	98,82%	-	-	Model yang dibuat mampu menghasilkan data augmentasi, <i>contract</i> , dan arsitektur berbasis jalur simetris yang kuat memungkinkan pelokalan yang tepat.

Penulis	Metode segmentasi	Akurasi	Sensitivitas	Spesifisitas	mIOU	F1-Score	Kesimpulan
Pratiwi, dkk [13]	Thresholding dengan ambang batas 33.	87%	-	-	-	-	Terdapat 13 dari 100 data yang diproses berada pada <i>cluster</i> yang salah atau tidak sesuai dengan dataset yang diambil dari COVID-19 Radiography Database.
Pertiwi, dkk [14]	Teknik Edge Detection yaitu Deteksi Tepi Canny, Sobel dan Prewit.	73%	-	-	-	--	Pengaruh teknik segmentasi dengan menggunakan <i>edge detection</i> tidak terlalu signifikan dalam meningkatkan performa klasifikasi.
Hertel, dkk [15]	DenseNet-201	91%	92%	-	-	-	Model yang dibangun merupakan langkah maju menuju otomatisasi deteksi COVID-19 secara radiologis.
Danilov, dkk [16]	Segmentasi semantik dengan menggunakan DeepLab	-	-	-	-	-	Model yang dibuat lebih stabil dalam hal akurasi dan lebih hemat waktu dalam hal kecepatan prediksi

Berdasarkan hasil review yang dipaparkan pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa menurut Teixeira, dkk [7] dan Pertiwi, dkk [14] tahapan segmentasi yang dilakukan pada penelitian mereka tidak secara signifikan mampu meningkatkan performa klasifikasi pada identifikasi pasien COVID-19 menggunakan citra X-Ray Paru.

Meskipun demikian beberapa penelitian diatas menyebutkan bahwa segmentasi dapat membantu meningkatkan kinerja system yang dibangun baik dari sisi keandalan model yang dibangun [7], pelokalan objek (citra paru) [12], mempermudah proses analisis [11] dan mampu

memberikan informasi tambahan [10] sebagai pertimbangan pengambilan keputusan identifikasi. Beberapa hal tersebut dapat menjadi pertimbangan dalam pengembangan sistem diagnosis yang lebih utuh agar hasil diagnosis lebih baik dan mudah.

Selain beberapa metode segmentasi yang telah digunakan pada penelitian-penelitian diatas, penelitian yang berfokus pada tahap segmentasi citra X-Ray juga dapat menjadi referensi tambahan dalam memilih teknik segmentasi yang mungkin cocok pada kasus ini. Beberapa penelitian yang berfokus pada tahap segmentasi citra X-Ray diantaranya adalah sebagai berikut.

Zulkarnain, dkk [17] melakukan segmentasi citra X-Ray dengan menggunakan metode kontur aktif untuk memperoleh informasi yang mengenai bentuk thorax yang lebih akurat hingga ke lekukan-lekukan thorax yang dibutuhkan. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Hariyadi [18] melakukan segmentasi citra X-Ray dengan menggunakan *Geometric active contour (level set)*. Pada penelitian tersebut diperoleh hasil akurasi dari segmentasi yang dilakukan sebesar 96,17%, sedangkan sensitifitas sebesar 93,36%, spesifisitas sebesar 96,78% yang dilakukan pada citra paru-paru sebelah kiri. Sedangkan hasil akurasi segmentasi pada citra paru sebelah kanan adalah sebesar 95,88%, sensitifitas 93,47% dan spesifisitas 96,31%.

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Mardhiyah, dkk [19] melakukan kombinasi metode segmentasi yaitu *K-Means clustering* dan *Geometric Active Contour* dengan hasil yang cukup baik untuk paru-paru kiri yaitu akurasi sebesar 90,03%, sensitifitas 62,05% dan spesifisitas 94,62%. Sedangkan segmentasi untuk paru-paru kanan memperoleh hasil akurasi sebesar 88,35%, sensitifitas 63,71% dan spesifisitas sebesar 93,48%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dipaparkan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa :

1. Metode segmentasi dengan Teknik deteksi tepi (*edge detection*) dan *thresholding* mampu merepresentasikan bentuk dari citra paru dengan baik dan memberikan informasi bentuk yang dapat digunakan sebagai informasi tambahan pada tahap klasifikasi.
2. Metode segmentasi dengan Teknik *semantic segmentation* mampu memberikan informasi yang dapat mendukung pengambilan keputusan berdasarkan masker segmentasi dengan kualitas yang lebih tinggi.
3. Segmentasi tidak secara signifikan meningkatkan performa model, khususnya akurasi klasifikasi. Namun, segmentasi meningkatkan keandalan dan kualitas model yang dikembangkan.

5. SARAN

Penggunaan tahap Ekstraksi fitur bisa menjadi salah satu cara untuk mengembangkan model yang menerapkan tahap segmentasi didalamnya, karena informasi yang diperoleh pada tahap segmentasi dapat digunakan menjadi fitur masukan pada tahap klasifikasi. Hal tersebut memungkinkan performa model akan meningkat jika memperhatikan berbagai informasi lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Amikom Purwokerto yang telah memberikan dukungan penuh pada pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Hussain, M. Hasan, M. A. Rahman, I. Lee, T. Tamanna, and M. Z. Parves, "CoroDet: A deep learning based classification for COVID-19 detection using chest X-ray images," *Chaos, Solitons & Fractals*, no. xxxx, p. 110495, 2020, doi: 10.1016/j.chaos.2020.110495.
- [2] A. F. B. Watratan, A. Puspita, and D. Moeis, "Implementasi Algoritma Naive Bayes Untuk Memprediksi Tingkat Penyebaran Covid-19 Di Indonesia," *J. Appl. Comput. Sci. Technol. (Jacost)*, vol. 1, no. 1, pp. 7–14, 2020, doi: <https://doi.org/10.52158/jacost.v1i1.9>.
- [3] Y. S. Hriyani, S. Hadiyoso, and T. S. Siadari, "Deteksi Penyakit Covid-19 Berdasarkan Citra X-Ray Menggunakan Deep Residual Network," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 8, no. 2, pp. 443–453, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v8i2.443>.
- [4] B. P. Hartato, "Penerapan Convolutional Neural Network pada Citra Rontgen Paru-Paru untuk Deteksi SARS-Cov-2," *J. RESTI Rekayasa Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 10, pp. 747–759, 2021, doi: <https://doi.org/10.29207/resti.v5i4.3153>.
- [5] R. Kampalath, "Chest X-ray and CT Scan for COVID-19," *Verywell Health*, 2022. <https://www.verywellhealth.com/medical-imaging-of-covid-19-4801178>
- [6] H. Asqiriba and G. Sultan, "OPTIMAL IMAGE SEGMENTATION TECHNIQUES," *California State University, Channel Islands*, no. December. 2020. doi: 10.1016/B978-0-12-802232-0.00002-5.
- [7] L. O. Teixeira *et al.*, "Impact of lung segmentation on the diagnosis and explanation of COVID-19 in chest X-ray images," pp. 1–22, 2020, doi: 10.3390/s21217116.
- [8] M. Ghozali and H. Sumarti, "Deteksi Tepi pada Citra Rontgen Penyakit COVID-19 Menggunakan Metode Sobel," *J. Imejing Diagnostik*, vol. 6, no. 2, pp. 51–59, 2020, doi: 10.31983/jimed.v6i2.5840.
- [9] D. Štifanić *et al.*, "Semantic segmentation of chest X-ray images based on the severity of COVID-19 infected patients," *EAI Endorsed Trans. Bioeng. Bioinforma.*, vol. 1, no. 3, p. 170287, 2021, doi: 10.4108/eai.7-7-2021.170287.
- [10] D. Arias-Garzón *et al.*, "COVID-19 detection in X-ray images using convolutional neural networks," *Mach. Learn. with Appl.*, vol. 6, no. April, p. 100138, 2021, doi: 10.1016/j.mlwa.2021.100138.
- [11] R. Supriyanti, M. Alqaaf, Y. Ramadhani, and H. B. Widodo, "Morphological characteristics of X-ray thorax images of COVID-19 patients using the Bradley thresholding segmentation," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 24, no. 2, pp. 1074–1083, 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v24.i2.pp1074-1083.
- [12] S. Ahmed, T. Hossain, O. B. Hoque, S. Sarker, S. Rahman, and F. M. Shah, "Automated COVID-19 Detection from Chest X-Ray Images: A High-Resolution Network (HRNet) Approach," *SN Comput. Sci.*, vol. 2, no. 4, pp. 1–17, 2021, doi: 10.1007/s42979-021-00690-w.
- [13] E. Hany Pratiwi and D. Juniati, "Clustering Penyakit Paru-Paru Berdasarkan Rontgen Dada Menggunakan Dimensi Fraktal Box Counting Dan K-Medoids," *J. Ris. Ap. Mat*, vol. 06, no. 01, pp. 1–12, 2022.
- [14] Marisha Pertiwi, "Identifikasi Citra Paru-Paru pada Pasien COVID-19 dengan Teknik Edge Detection," *J. Sistim Inf. dan Teknol.*, vol. 4, pp. 6–9, 2022, doi: 10.37034/jsisfotek.v4i4.146.
- [15] R. Hertel and R. Benlamri, "A deep learning segmentation-classification pipeline for X-ray-based COVID-19 diagnosis," *Biomed. Eng. Adv.*, vol. 3, no. November 2021, p. 100041, 2022, doi: 10.1016/j.bea.2022.100041.
- [16] V. V. Danilov *et al.*, "Automatic scoring of COVID-19 severity in X-ray imaging based on a novel deep learning workflow," *Sci. Rep.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–22, 2022, doi: 10.1038/s41598-022-15013-z.
- [17] S. Syaputri and Zulkarnain, "Segmentasi Citra Thorax Paru-Paru Manusia Dari Sinar-X Menggunakan Metode Kontur Aktif," *J. Online Phys.*, vol. 4, no. 2, pp. 8–10, 2019, doi: 10.22437/jop.v4i2.7577.

-
- [18] M. A. Hariyadi, "Segmentasi Citra X-Ray Thorax Menggunakan Level Set," *Matics*, 2012, doi: 10.18860/mat.v0i0.1566.
- [19] A. Mardhiyah and A. Harjoko, "Metode Segmentasi Paru-paru dan Jantung Pada Citra X-Ray Thorax," *Ijeis*, vol. 1, no. 2, pp. 35–44, 2011.