

Studi Literatur: Transfer Learning Untuk Analisis Penyakit COVID-19 Berdasarkan Dataset Chest X-ray

Mariana Purba

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sjakhyakirti, Palembang, Indonesia

mariana_purba@unisti.ac.id

Article Info

Article history:

Received, 2024-05-28

Revised, 2024-06-25

Accepted, 2024-06-29

Kata Kunci:

transfer learning

COVID-19

MobileNet

Inception

VGG

ResNet

ABSTRAK

Urgensi dari dampak penyakit COVID-19 yang menyerang masyarakat di seluruh dunia mendorong adanya penelitian khusus, terutama pada bidang kecerdasan buatan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi literatur yang berkaitan dengan penggunaan kecerdasan buatan, khususnya *transfer learning* dalam menganalisis penyakit COVID-19 berdasarkan dataset chest X-ray. Metode penelitian dari riset ini mengadaptasi pedoman Preferred Reporting for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA). Hasil analisis terhadap data tersebut untuk menjawab pertanyaan penelitian mengenai model transfer learning untuk analisis penyakit COVID-19 berdasarkan dataset chest X-ray diketahui bahwa model yang digunakan yaitu MobileNet, Inception, VGG dan ResNet. MobileNetV2 dapat dioptimasi dengan menambahkan global average pooling layer, dropout layer dan dense layer dan mendapatkan akurasi sebesar 98,65%. InceptionV3 dapat digabungkan dengan Xception dan mendapatkan akurasi sebesar 98,8%. VGG-16 dapat digabungkan dengan ResNet-50 Xception dan mendapatkan akurasi sebesar 98,93%. ResNet-50 dapat dioptimasi dengan menambahkan dropout layer dan dense layer dan mendapatkan akurasi sebesar 97,65%.

ABSTRACT

The urgency of the impact of the COVID-19 disease that attacks people around the world encourages special research, especially in the field of artificial intelligence. This study aims to conduct a literature study related to the use of artificial intelligence, especially transfer learning in analyzing COVID-19 disease based on chest X-ray datasets. The research method of this research adapts the Preferred Reporting for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) guidelines. The results of the analysis of this data to answer research questions regarding the transfer learning model for the analysis of COVID-19 disease based on the chest X-ray dataset, it is known that the models used are MobileNet, Inception, VGG and ResNet. MobileNetV2 can be optimized by adding a global average pooling layer, dropout layer and dense layer and get an accuracy of 98.65%. InceptionV3 can be combined with Xception and get 98.8% accuracy. VGG-16 can be combined with ResNet-50 Xception and get 98.93% accuracy. ResNet-50 can be optimized by adding a dropout layer and a dense layer and getting an accuracy of 97.65%.

This is an open access article under the [CC BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) license.



Keywords:

transfer learning

COVID-19

MobileNet

Inception

VGG

ResNet

Penulis Korespondensi:

Mariana Purba,

Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Sjakhyakirti, Palembang, Indonesia

Email: *mariana_purba@unisti.ac.id*

1. PENDAHULUAN

Penyakit gangguan pernapasan seperti pneumonia adalah kondisi infeksi paru-paru secara umum. Namun semenjak akhir tahun 2019, gangguan pernapasan menjadi salah satu indikator adanya infeksi COVID-19 [1]. Infeksi dari COVID-19 ini telah menjadi penyakit yang mengancam jiwa yang dan telah berdampak pada seluruh dunia. Virus SARS-CoV-2 (COVID-19) dapat menyebabkan pneumonia berupa infeksi saluran

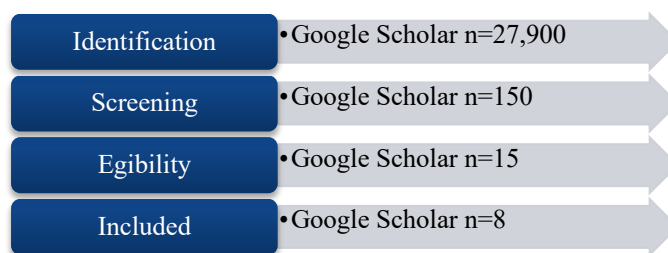
pernapasan bawah yang fatal di bawah kategori penyakit akut dan telah dilaporkan menjadi penyebab utama kematian di seluruh dunia [2]. Orang tua yang terjangkit SARS-CoV-2 memiliki risiko tinggi terkena pneumonia yang mengarah pada kondisi kritis. Sebagian besar jenis pneumonia menginfeksi sebagian besar paru-paru, sementara virus SARS-CoV-2 (COVID-19) dapat menyebar ke paru-paru dengan menyerang sel-sel sistem kekebalan tubuh [3].

Dengan adanya urgensi adanya penyakit COVID-19 yang menyerang manusia secara massif mendorong peneliti untuk melakukan penelitian intensif. Salah satu penelitian yang diambil adalah analisis rontgen dada (*chest x-ray*) untuk mendeteksi adanya infeksi virus SARS-CoV-2 [4]–[6]. Analisis citra *chest x-ray* merupakan analisis yang diyakini dapat menghemat biaya dan non-invasif terutama jika pengetahuan ahli kesehatan dapat digantikan dengan komputer [7]. Analisis yang dilakukan adalah mengidentifikasi kondisi infeksi paru-paru dengan menganalisis citra *chest x-ray* sebagai alat pendukung untuk proses diagnosis yang efektif dan efisien dengan mengurangi kesalahan dan upaya manusia [8].

Saat ini, peran teknologi komputasi sangat penting dalam pengambilan keputusan di beberapa bidang analisis citra medis [9]–[20]. Kemajuan teknologi terbaru dalam pendekatan *image processing* dan *transfer learning* mendukung kinerja yang baik dalam mengidentifikasi pola dan mengklasifikasikan gambar atau citra *chest X-ray* berdasarkan bentuk atau ciri-ciri infeksi dari virus SARS-CoV-2 [21]–[29]. Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini akan melakukan studi literatur yang berkaitan dengan penggunaan transfer learning untuk analisis penyakit COVID-19 berdasarkan dataset *chest X-ray*.

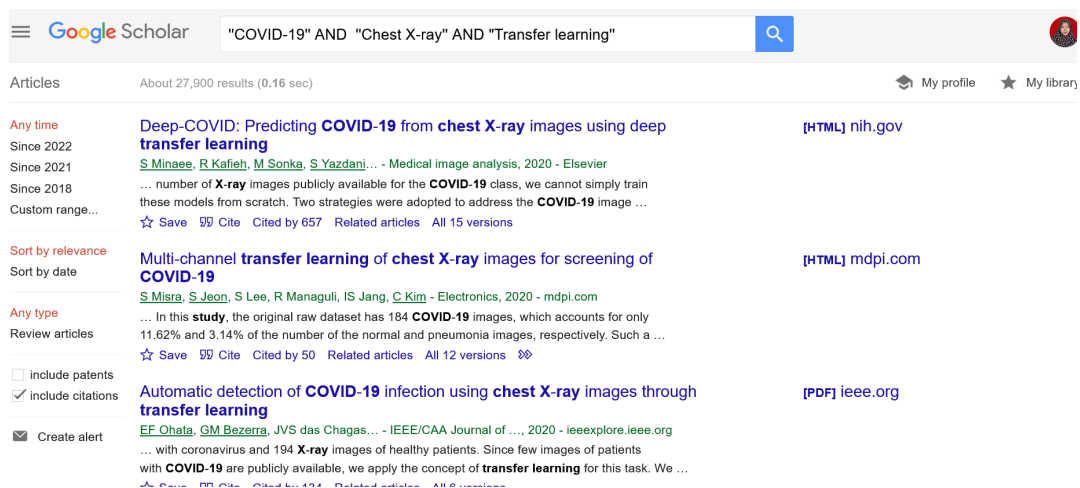
2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, metode riset menggunakan pedoman Preferred Reporting for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) digunakan untuk melakukan studi literatur ini [30]. Ruang lingkup penelitian didefinisikan sebagai pedoman untuk melakukan studi literatur. Pemilihan artikel sebagai data dan proses merangkum hasil studi literatur dilakukan berdasarkan rekomendasi yang ada pada kerangka kerja PRISMA. Diagram alir yang digunakan pada penelitian untuk menjelaskan proses pencarian dan laporan hasil studi literatur dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Tahap Penelitian

Penelitian menggunakan fitur pencarian pada basis data Google Scholar, dengan kata kunci seperti "COVID-19", "Chest X-ray" dan Transfer Learning" dikombinasikan dengan operasi seperti "AND" untuk kata kunci penelusuran yang ada pada Google Scholar. Hasil dari penelusuran ini berupa 27,900 data dengan waktu pencarian 0,16 detik. Hasil pencarian dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Hasil Pencarian "COVID-19", "Chest X-ray" dan Transfer Learning"

Tahap penyaringan (*screening*) mencatat jumlah artikel yang diidentifikasi dan membuat proses seleksi berdasarkan ruang lingkup studi literatur. Kemudian, artikel diperiksa berdasarkan judul dan abstrak artikel dan mengidentifikasi konten yang tercakup dalam bagian studi literatur. Pada tahap akhir, artikel yang sesuai yang tersisa dari mekanisme penyaringan pada tahap kelayakan digunakan sebagai data studi literatur pada penelitian ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis mengenai penggunaan transfer learning untuk analisis penyakit COVID-19 berdasarkan dataset *chest X-ray*. Beberapa pertanyaan penelitian yang akan dijawab dapat dilihat pada Gambar berikut ini.

RQ1 (Research Question 1)	Model transfer learning apa yang digunakan untuk analisis penyakit COVID-19 berdasarkan dataset <i>chest X-ray</i> ?
RQ2 (Research Question 2)	Bagaimana optimasi yang dilakukan pada model transfer learning untuk meningkatkan akurasi dari model yang digunakan?

Gambar 3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan hasil studi literatur dengan ruang lingkup penelitian didefinisikan sebagai pedoman pada Gambar diatas, didapatkan artikel sebagai data dan proses merangkum hasil studi literatur dilakukan berdasarkan rekomendasi yang ada pada kerangka kerja PRISMA yang terlihat pada **Gambar 4** berikut ini.

1	<ul style="list-style-type: none"> A. Jain, K.C. Nayak, D. Gandhi, B. Prasad, Pneumonia detection: An efficient approach using deep learning, in: 2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies, ICCCNT, 2020, pp. 1-6, http://dx.doi.org/10.1109/ICCCNT49239.2020.9225543
2	<ul style="list-style-type: none"> N. Hilmizen, A. Bustaman, D. Sarvinda, The multimodal deep learning for diagnosing COVID-19 pneumonia from chest CT-scan and X-Ray images, in: 2020 3rd International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems, ISRITI, IEEE, 2020, pp. 26-31, http://dx.doi.org/10.1109/ISRITI51436.2020.9315478
3	<ul style="list-style-type: none"> A.K. Das, S. Ghosh, S. Thunder, R. Dutta, S. Agarwal, A. Chakrabarti, Automatic COVID-19 detection from X-ray images using ensemble learning with convolutional neural network, Pattern Anal. Appl. (2021) 1-14, http://dx.doi.org/10.1007/s10044-021-00970-4
4	<ul style="list-style-type: none"> M. Shorfuzzaman, M. Masud, H. Alhumyani, D. Anand, A. Singh, Artificial neural network-based deep learning model for COVID-19 patient detection using X-Ray chest images, J. Healthc. Eng. 2021 (2021) http://dx.doi.org/10.1155/2021/5513679
5	<ul style="list-style-type: none"> S. Tiwari, A. Jain, Convolutional capsule network for COVID-19 detection using radiography images, Int. J. Imaging Syst. Technol. 31 (2) (2021) 525-539, http://dx.doi.org/10.1002/ima.22566
6	<ul style="list-style-type: none"> M. Toğaçar, B. Ergen, Z. Cömert, COVID-19 detection using deep learning models to exploit social mimic optimization and structured chest X-ray images using fuzzy color and stacking approaches, Comput. Biol. Med. 121 (2020) 103805, http://dx.doi.org/10.1016/j.combiomed.2020.103805
7	<ul style="list-style-type: none"> S. Kolonne, H. Kumarasinghe, C. Fernando, D. Meedeniya, MobileNetV2 based chest X-Rays classification, in: Proceedings of International Conference on Decision Aid Sciences and Application, DASA, Bahrain, 2021, pp. 57-61, http://dx.doi.org/10.1109/DASA53625.2021.9682248
8	<ul style="list-style-type: none"> T.A. Youssef, B. Aïssam, D. Khalid, B. Imane, J.E. Miloud, Classification of chest pneumonia from x-ray images using new architecture based on ResNet, in: 2020 IEEE 2nd International Conference on Electronics, Control, Optimization and Computer Science, ICECOCS, IEEE, 2020, pp. 1-5, http://dx.doi.org/10.1109/ICECOCS50124.2020.9314567

Gambar 4 Data Penelitian

Berdasarkan data penelitian, maka dilakukan analisis terhadap data tersebut untuk menjawab RQ1 (Research Question 1) mengenai model transfer learning yang digunakan untuk analisis penyakit COVID-19 berdasarkan dataset chest X-ray. Adapun model yang digunakan yaitu MobileNet, Inception, VGG dan ResNet seperti yang terlihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Metode Transfer Learning (RQ1)

Model Transfer Learning	Artikel
MobileNet	[31] [32]
Inception	[33] [34] [35]
VGG	[35] [34] [36]
ResNet	[37][35] [33] [34] [38]

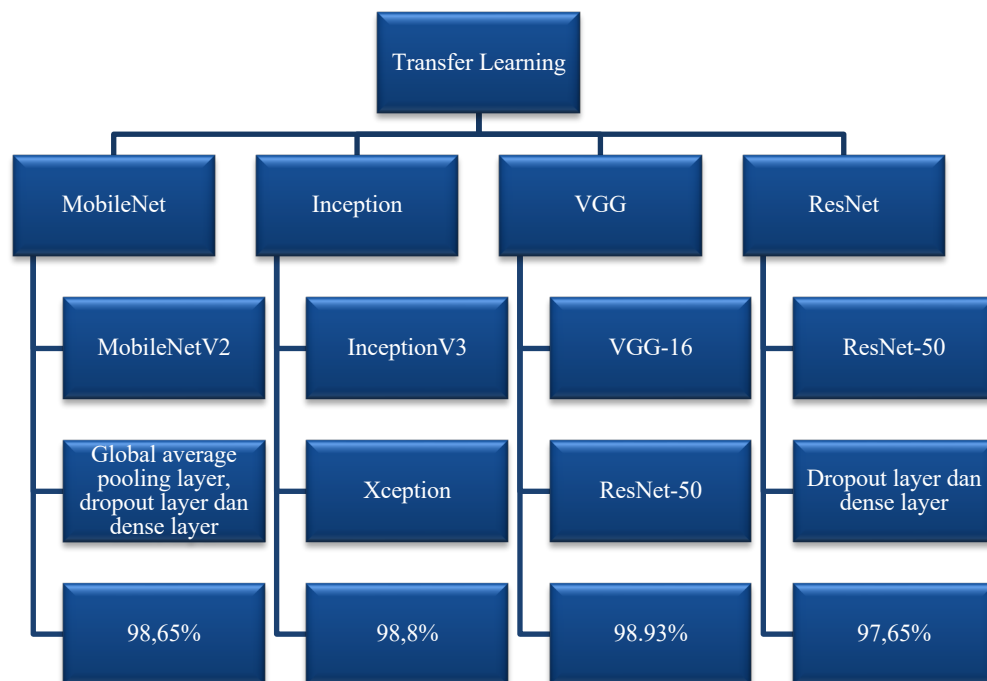
MobileNet adalah arsitektur CNN bersifat lightweight dibandingkan dengan model lain yang ada dan diperkenalkan oleh Howard et al. pada tahun 2017 [39]. Arsitektur MobileNet telah banyak dikembangkan dan memiliki beberapa versi seperti MobileNetV1, MobileNetV2 dan MobileNetV3. Beberapa penelitian menggunakan model berbasis MobileNet untuk mengklasifikasikan rontgen dada sebagai Pneumonia, COVID-19 atau Normal [31] [32]. Salah satunya penelitian Kolonne et al pada tahun 2021 yang menggunakan MobileNetV2. Hasil penelitian tersebut menunjukkan akurasi 98,65% dan recall rata-rata 98,15%. Penelitian ini memodifikasi MobileNetV2 dengan menambahkan tiga lapisan yaitu *global average pooling layer*, *dropout layer* dan *dense layer*.

Inception adalah model komputasi dan sumber daya yang diperkenalkan oleh Szegedy et al. pada tahun 2015. Model ini terus dikembangkan sehingga menghasilkan beberapa versi seperti Inception V1, Inception V2, Inception V3. Penelitian penggunaan transfer learning untuk analisis COVID-19 dilakukan oleh beberapa peneliti [33] [34] [35], salah satunya oleh Hilmizen et al. pada tahun 2020. Penelitian tersebut menggunakan InceptionV3 yang digabungkan dengan model Xception yang mencapai kinerja akurasi sebesar 98,8% [35].

VGG adalah arsitektur jaringan klasik untuk pengklasifikasian gambar yang diperkenalkan oleh Simon dan Zisserman pada tahun 2014. Beberapa pendekatan telah menggunakan model VGG-16 dengan Adam optimizer untuk mengklasifikasikan chest X-ray yang terinfeksi COVID-19 [35] [34] [36]. Penelitian oleh Hilmizen et al., telah menggunakan VGG-16 yang digabungkan dengan ResNet-50 untuk mendeteksi kondisi COVID-19 menggunakan citra X-Ray dengan kinerja akurasi sebesar 98.93% [35].

ResNet adalah arsitektur CNN modern yang diperkenalkan oleh He et al. pada tahun 2016 [40]. Beberapa penelitian menggunakan model ResNet untuk mengklasifikasikan rontgen dada COVID-19 atau Normal [37][35] [33] [34] [38]. Salah satunya penelitian oleh Youssef et al. yang menggunakan arsitektur ResNet-50 dengan menambahkan dua lapisan konvolusional lagi dengan beberapa *dropout layer* dan *dense layer* ke lapisan *output* model ResNet-50. Penelitian ini mendapatkan akurasi mencapai 97,65% [38]

Untuk menjawab RQ2 (Research Question 2) tentang optimasi yang dilakukan pada model transfer learning untuk meningkatkan akurasi dari model yang digunakan, dilakukan analisis mendalam terhadap data penelitian (artikel), sehingga didapatkan hasil yang terlihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Optimasi Transfer Learning (RQ2)

4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi literatur yang berkaitan dengan penggunaan transfer learning untuk analisis penyakit COVID-19 berdasarkan dataset *chest X-ray*. Metode penelitian dari riset ini mengadaptasi pedoman Preferred Reporting for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA). Hasil analisis terhadap data tersebut untuk menjawab pertanyaan penelitian mengenai model transfer learning untuk analisis penyakit COVID-19 berdasarkan dataset *chest X-ray* diketahui bahwa model yang digunakan yaitu MobileNet, Inception, VGG dan ResNet. MobileNetV2 dapat dioptimasi dengan menambahkan global average pooling layer, dropout layer dan dense layer dan mendapatkan akurasi sebesar 98,65%. InceptionV3 dapat digabungkan dengan Xception dan mendapatkan akurasi sebesar 98,8%. VGG-16 dapat digabungkan dengan ResNet-50 Xception dan mendapatkan akurasi sebesar 98,93%. ResNet-50 dapat dioptimasi dengan menambahkan dropout layer dan dense layer dan mendapatkan akurasi sebesar 97,65%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sjakhyakirti, Palembang, Indonesia yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. Dziejczak and R. Wojtyczka, "The impact of coronavirus infectious disease 19 (COVID-19) on oral health," *Oral Dis.*, vol. 27, pp. 703–706, 2021.
- [2] T. Shi *et al.*, "Global, regional, and national disease burden estimates of acute lower respiratory infections due to respiratory syncytial virus in young children in 2015: a systematic review and modelling study," *Lancet*, vol. 390, no. 10098, pp. 946–958, 2017.
- [3] T. Wang *et al.*, "Attention should be paid to venous thromboembolism prophylaxis in the management of COVID-19," *Lancet Haematol.*, vol. 7, no. 5, pp. e362–e363, 2020.
- [4] D. Meedeniya, H. Kumarasinghe, S. Kolonne, C. Fernando, I. De la Torre Díez, and G. Marques, "Chest X-ray analysis empowered with deep learning: A systematic review," *Appl. Soft Comput.*, p. 109319, 2022.
- [5] V. Ayumi, "Application of Machine Learning for SARS-CoV-2 Outbreak," *Int. J. Sci. Res. Sci. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 5, pp. 241–248, Oct. 2021.
- [6] V. Ayumi and I. Nurhaida, "Klasifikasi Chest X-Ray Images Berdasarkan Kriteria Gejala Covid-19 Menggunakan Convolutional Neural Network," *JSAI (Journal Sci. Appl. Informatics)*, vol. 4, no. 2, pp. 147–153, 2021.
- [7] M. Khanna, A. Agarwal, L. K. Singh, S. Thawkar, A. Khanna, and D. Gupta, "Radiologist-level two novel and robust automated computer-aided prediction models for early detection of COVID-19 infection from chest X-ray images," *Arab. J. Sci. Eng.*, pp. 1–33, 2021.
- [8] S. Khobahi, C. Agarwal, and M. Soltanian, "Coronet: A deep network architecture for semi-supervised task-based identification of covid-19 from chest x-ray images," *MedRxiv*, 2020.
- [9] S. Budd, E. C. Robinson, and B. Kainz, "A survey on active learning and human-in-the-loop deep learning for medical image analysis," *Med. Image Anal.*, vol. 71, p. 102062, 2021.
- [10] P. Sukmasetya, F. Nurhidayati, I. Permatasari, A. Rahmah, D. I. Sensuse, and H. Noprisson, "Developing mobile expert web-based system using brainstorming method: Case: Tetanus and botulism diagnosis and treatment in goat," in *2017 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, 2017, pp. 303–308.
- [11] V. Ayumi, E. Ermatita, A. Abdiansah, H. Noprisson, M. Purba, and M. Utami, "A Study on Medicinal Plant Leaf Recognition Using Artificial Intelligence," in *2021 International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Information System (ICIMCIS)*, 2021, pp. 40–45.
- [12] Z. P. Putra, D. Setiawan, B. Priambodo, Y. Jumaryadi, and M. DesiAnasanti, "Multi-touch gesture of mobile auditory device for visually impaired users," in *2020 2nd International Conference on Broadband Communications, Wireless Sensors and Powering (BCWSP)*, 2020, pp. 90–95.
- [13] H. Noprisson, D. I. Sensuse, Y. G. Sucahyo, and Lukman, "Metadata Development for Ethnophytomedicine Resources Using Metadata Analysis Approach," in *The 2016 8th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE 2016)*, 2016.
- [14] D. I. Sensuse, P. Kareen, H. Noprisson, and M. O. Pratama, "Success factors for health information system development," in *2017 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, 2017, pp. 162–167.
- [15] D. Ramayanti *et al.*, "Tuberculosis Ontology Generation and Enrichment Based Text Mining," in *2020 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, 2020, pp. 429–

- 434.
- [16] I. Nurhaida, V. Ayumi, H. Noprisson, A. Ratnasari, M. Utami, and E. D. Putra, "Web Development Using WISDM and RAD," in *2020 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, 2020, pp. 57–61.
- [17] V. Ayumi *et al.*, "Transfer Learning for Medicinal Plant Leaves Recognition: A Comparison with and without a Fine-Tuning Strategy," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 13, no. 9, 2022.
- [18] D. I. Sensuse, Y. G. Sucahyo, M. Silalahi, I. A. Wulandari, I. F. Akmaliah, and H. Noprisson, "Toward to operationalization of socio-technical ontology engineering methodology," in *2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, 2017, pp. 1–7.
- [19] H. Noprisson, "Fine-Tuning Model Transfer Learning VGG16 Untuk Klasifikasi Citra Penyakit Tanaman Padi," *JSAI (Journal Sci. Appl. Informatics)*, vol. 5, no. 3, pp. 244–249, 2022.
- [20] E. Hidayat, Lukman, H. Noprisson, D. I. Sensuse, Y. G. Sucahyo, and E. D. Putra, "Development of mobile application for documenting traditional knowledge in Indonesia: A Case Study of Traditional Knowledge in Using Medicinal Plant," in *Proceedings - 14th IEEE Student Conference on Research and Development: Advancing Technology for Humanity, SCORED 2016*, 2017.
- [21] P. N. Kieu, H. S. Tran, T. H. Le, T. Le, and T. T. Nguyen, "Applying Multi-CNNs model for detecting abnormal problem on chest x-ray images," in *2018 10th International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE)*, 2018, pp. 300–305.
- [22] S. D. Asri, D. Ramayanti, A. D. Putra, and Y. T. Utami, "Deteksi Roda Kendaraan Dengan Circle Hough Transform (CHT) dan Support Vector Machine (SVM)," *J. Teknoinfo*, vol. 16, no. 2, pp. 427–434, 2022.
- [23] S. D. Asri, I. Jaya, A. Buono, and S. H. Wijaya, "Fish Detection in Seagrass Ecosystem using Masked-Otsu in HSV Color Space," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 13, no. 12, 2022.
- [24] D. Ramayanti, S. D. Asri, and L. Lionie, "Implementasi Model Arsitektur VGG16 dan MobileNetV2 Untuk Klasifikasi Citra Kupu-Kupu," *JSAI (Journal Sci. Appl. Informatics)*, vol. 5, no. 3, pp. 182–187, 2022.
- [25] M. Purba *et al.*, "Effect of Random Splitting and Cross Validation for Indonesian Opinion Mining using Machine Learning Approach," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 13, no. 9, 2022.
- [26] M. Purba, E. Ermatita, A. Abdiansah, V. Ayumi, H. Noprisson, and A. Ratnasari, "A Systematic Literature Review of Knowledge Sharing Practices in Academic Institutions," in *2021 International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Information System (ICIMCIS)*, 2021, pp. 337–342.
- [27] M. Purba, "Implementation of System Usability Scale Method on Whatsapp as online learning media," in *International Conference On Technical And Vocational Education And Training*, 2020, pp. 1–6.
- [28] M. Utami and D. Sunardi, "Pemodelan Arsitektur Mobile Commerce Usaha Mikro Menggunakan EAP Dan Togaf ADM Framework," *INTECOMS J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 290–297, 2020.
- [29] M. Utami and E. D. Putra, "Analisis dan Perancangan Aplikasi Pelacakan Alumni (Tracer Study) untuk Perguruan Tinggi Swasta di Indonesia," *INTECOMS J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 5, no. 2, pp. 140–147, 2022.
- [30] N. Panic, E. Leoncini, G. De Belvis, W. Ricciardi, and S. Boccia, "Evaluation of the endorsement of the preferred reporting items for systematic reviews and meta-analysis (PRISMA) statement on the quality of published systematic review and meta-analyses," *PLoS One*, vol. 8, no. 12, p. e83138, 2013.
- [31] M. Toğaçar, B. Ergen, and Z. Cömert, "COVID-19 detection using deep learning models to exploit Social Mimic Optimization and structured chest X-ray images using fuzzy color and stacking approaches," *Comput. Biol. Med.*, vol. 121, p. 103805, 2020.
- [32] S. Kolonne, C. Fernando, H. Kumarasinghe, and D. Meedeniya, "MobileNetV2 Based Chest X-Rays Classification," in *2021 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA)*, 2021, pp. 57–61.
- [33] A. K. Das, S. Ghosh, S. Thunder, R. Dutta, S. Agarwal, and A. Chakrabarti, "Automatic COVID-19 detection from X-ray images using ensemble learning with convolutional neural network," *Pattern Anal. Appl.*, vol. 24, no. 3, pp. 1111–1124, 2021.
- [34] M. Shorfuzzaman, M. Masud, H. Alhumyani, D. Anand, and A. Singh, "Artificial neural network-based deep learning model for COVID-19 patient detection using X-ray chest images," *J. Healthc. Eng.*, vol. 2021, 2021.
- [35] N. Hilmizen, A. Bustamam, and D. Sarwinda, "The multimodal deep learning for diagnosing COVID-19 pneumonia from chest CT-scan and X-ray images," in *2020 3rd International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*, 2020, pp. 26–31.
- [36] S. Tiwari and A. Jain, "Convolutional capsule network for COVID-19 detection using radiography images," *Int. J. Imaging Syst. Technol.*, vol. 31, no. 2, pp. 525–539, 2021.
- [37] A. Pant, A. Jain, K. C. Nayak, D. Gandhi, and B. G. Prasad, "Pneumonia detection: An efficient

- approach using deep learning,” in *2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, 2020, pp. 1–6.
- [38] T. A. Youssef, B. Aissam, D. Khalid, B. Imane, and J. El Miloud, “Classification of chest pneumonia from x-ray images using new architecture based on ResNet,” in *2020 IEEE 2nd International Conference on Electronics, Control, Optimization and Computer Science (ICECOCS)*, 2020, pp. 1–5.
- [39] A. G. Howard *et al.*, “Mobilenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications,” *arXiv Prepr. arXiv1704.04861*, 2017.
- [40] Z. Liu, J. Li, Z. Shen, G. Huang, S. Yan, and C. Zhang, “Learning efficient convolutional networks through network slimming,” in *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*, 2017, pp. 2736–2744.