



Literatur Review: Klasifikasi Penyakit Tuberkulosis Dengan Deep Learning Dan Transfer Learning

Fadel Muhamad Aliyafasya^{1*}, Daniel Alvin Faga², Shifaa Talia Paramitha³, Intan Nuraini⁴

^{1,2,3,4}Fakultas Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Jl. Raya Puspiptek No. 46, Kel. Buaran, Kec. Serpong, Kota Tangerang Selatan. Banten 15310, Indonesia.

Email: ^{1*}aliyafasyafadel@gmail.com, ²daniel.alvin64@gmail.com, ³syifaparamitha35@gmail.com, ⁴intaans45@gmail.com

(* : coresponding author)

Abstrak - Tuberkulosis (TB) merupakan salah satu penyakit menular yang paling mematikan di dunia, dengan prevalensi yang tinggi terutama di negara-negara berkembang. Deteksi dini tuberkulosis sangat penting untuk mencegah penyebarannya dan memastikan pasien menerima pengobatan tepat waktu. Meskipun diagnosis tuberkulosis biasanya ditegakkan melalui pemeriksaan laboratorium dan radiologi, metode ini memerlukan waktu dan sumber daya yang cukup besar. Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan di bidang kecerdasan buatan, Deep Learning, khususnya menawarkan potensi besar untuk mempercepat dan meningkatkan akurasi deteksi TB melalui pencitraan rontgen dada (CXR). Penelitian ini mengevaluasi penggunaan *Transfer Learning* dalam model *Deep Learning*, khususnya *Convolutional Neural Network* (CNN), untuk mendeteksi TB pada gambar CXR. Model CNN terlatih seperti VGG-16, Inception-V3, dan DenseNet-121 digunakan untuk melakukan ekstraksi fitur dan klasifikasi gambar. Teknik *Transfer Learning* ini memungkinkan model mengekstrak pengetahuan dari kumpulan data yang lebih besar dan menerapkannya pada kumpulan data yang dibatasi hingga 1 TB. Meningkatkan akurasi dan efisiensi proses penemuan. Selain itu, penelitian ini juga menggabungkan beberapa model melalui metode *ensemble*, seperti pemungutan suara mayoritas, rata-rata sederhana, rata-rata tertimbang, dan pengelompokan, untuk menggabungkan prediksi model yang berbeda untuk mendapatkan prediksi yang paling akurat dan stabil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi *Transfer Learning* khusus mode CXR dan teknik *ensemble* mampu memberikan akurasi deteksi yang sangat tinggi, dengan Area Under the Curve (AUC) mencapai 0,995. Teknik *clustered ensemble* menunjukkan performa terbaik dibandingkan metode *ensemble* lainnya, mengurangi variabilitas perkiraan dan meningkatkan kemampuan model untuk menggeneralisasi data baru. Kombinasi ini telah terbukti efektif dalam mengurangi *overfitting*, meningkatkan akurasi, dalam hal mengurangi bias dalam klasifikasi TB pada gambar CXR. Dengan hasil tersebut, diharapkan teknik ini dapat menjadi alat pendukung yang handal dalam diagnosis tuberkulosis, terutama di daerah dengan keterbatasan akses terhadap laboratorium dan tenaga medis yang berpengalaman.

Kata Kunci: Tuberkulosis, *Deep Learning*, *Transfer Learning*, CNN

Abstract- Tuberculosis (TB) is one of the world's deadliest infectious diseases, with a high prevalence especially in developing countries. Early detection of tuberculosis is essential to prevent its spread and ensure patients receive timely treatment. Although the diagnosis of tuberculosis is usually established through laboratory and radiological examinations, these methods require considerable time and resources. In recent years, advances in the field of artificial intelligence, Deep Learning, in particular, offer great potential to speed up and improve the accuracy of TB detection through chest X-ray (CXR) imaging. This study evaluates the use of transfer learning in Deep Learning models, specifically Convolutional Neural Network (CNN), to detect TB in CXR images. Trained CNN models such as VGG-16, Inception-V3, and DenseNet-121 were used to perform feature extraction and image classification. This Transfer Learning technique allows the model to extract knowledge from a larger data set and apply it to a data set limited to 1 TB. Improving the accuracy and efficiency of the discovery process. In addition, this research also combines multiple models through ensemble methods, such as majority voting, simple average, weighted average, and clustering, to combine the predictions of different models to obtain the most accurate and stable predictions. The results showed that the combination of CXR mode-specific Transfer Learning and ensemble techniques was able to provide very high detection accuracy, with the Area Under the Curve (AUC) reaching 0.995. The clustered ensemble technique performed best compared to other ensemble methods, reducing forecast variability and improving the model's ability to generalize to new data. This combination has proven effective in reducing overfitting, improving accuracy, in terms of reducing bias in TB classification on CXR images. With these results, it is expected that this technique can be a reliable support tool in the diagnosis of tuberculosis, especially in areas with limited access to laboratories and experienced medical personnel.

Keywords: Tuberculosis, *Deep Learning*, *Transfer Learning*, CNN



1. PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri yang paling sering menyerang paru-paru. Penyakit ini menular melalui udara ketika penderita TBC batuk, bersin, atau meludah. Tuberkulosis dapat dicegah dan disembuhkan. Diperkirakan sekitar seperempat penduduk dunia terinfeksi bakteri tuberkulosis. Sekitar 5 hingga 10% orang yang terinfeksi TBC akhirnya mengalami gejala dan mengembangkan TBC. Mereka yang tertular tetapi tanpa penyakit tidak dapat menularkannya. Tuberkulosis biasanya diobati dengan antibiotik dan bisa berakibat fatal jika tidak diobati. Di beberapa negara, vaksin *Bacille Calmette-Guérin* (BCG) diberikan kepada bayi atau anak-anak untuk mencegah tuberkulosis. Vaksin ini mencegah kematian akibat tuberkulosis dan melindungi anak-anak dari tuberkulosis parah (WHO, 2024).

Masyarakat hanya mengetahui bahwa tuberkulosis menyerang bagian paru saja pada umumnya, tetapi tuberkulosis juga dapat menyerang organ lain, yang disebut ekstra paru. Diagnosis tuberkulosis yang tepat sering sulit ditegakkan, sedangkan diagnosis kerja dapat ditegakkan dengan menggunakan gejala klinis tuberkulosis yang kuat (*presumtif*) untuk menghilangkan kemungkinan penyakit lain (Aini et al., 2017).

Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan teknologi di bidang kecerdasan buatan, *deep learning*, telah memunculkan harapan baru dalam klasifikasi dan diagnosis penyakit tuberkulosis (Hansun et al., 2024).

Dikarenakan *Deep Learning* adalah metode *data-driven*, metode ini memerlukan sejumlah besar data untuk mempelajari aturannya. Jika data pelatihan tidak mencukupi, algoritma Deep Learning akan kesulitan mengoptimalkan *parameter* model prediksi. Data medis seringkali sulit diakses dan tidak memiliki anotasi, sehingga sangat sulit untuk melatih jaringan saraf tiruan. Salah satu solusinya adalah *Transfer Learning*, yang biasanya menggunakan model terlatih sebagai ekstraktor fitur untuk memproyeksikan masukan ke ruang vektor lain yang tidak terlalu berlebihan dan informatif, atau untuk menyempurnakan model terlatih dengan sejumlah kecil data (Chang et al., 2020).

2. METODE PENELITIAN

2.1 *Deep Learning*

Deep Learning adalah jenis pembelajaran mesin yang mengajarkan komputer untuk melakukan tugas menggunakan contoh manusia (Syahputra et al., 2024). Bayangkan mengajarkan komputer mengenali kucing dengan menunjukkan ribuan gambar kucing alih-alih memintanya mencari kumis, telinga, dan ekor. Komputer akan menemukan pola umum dan mengenali kucing itu sendiri. Sejak munculnya *Deep Learning* pada tahun 2010, para ilmuwan telah merancang berbagai model *Convolutional Neural Networks* yang mampu mengklasifikasikan dan menganalisis gambar medis seperti kanker, tuberkulosis, atau gambar radiologi untuk mendiagnosis penyakit (Ibrahim et al., 2021).

2.2 *Transfer Learning*

Secara umum, *Transfer Learning* digunakan sebagai alat pengoptimalan *Machine Learning* untuk meningkatkan kinerja, meningkatkan kemampuan generalisasi, mengurangi redundansi, dan mengurangi bias (Chato & Regentova, 2023). Metode *Transfer Learning* dengan kemampuan pembelajaran dapat mengalihkan pengetahuan dari tugas sumber ke tugas target dengan berbagi parameter yang dipelajari dengan model baru (Hua et al., 2021).

2.3 Metode CNN (*Convolutional Neural Network*)

Neural Network bekerja berdasarkan konsep lapisan tersembunyi. Mengingat gambar masukan sebagai vektor tunggal, lapisan tersembunyi jaringan saraf melakukan serangkaian transformasi melalui neuronnya (Ahsan et al., 2019). CNN secara otomatis melakukan ekstraksi fitur melalui lapisan konvolusi dan secara simultan mengenali ekspresi wajah. Dengan pendekatan ini, CNN tidak hanya mengekstraksi fitur-fitur yang relevan dari wajah tetapi juga mampu belajar dari fitur-fitur tersebut untuk pengenalan ekspresi dengan tingkat akurasi yang tinggi. Penelitian ini



bertujuan untuk mengembangkan model CNN yang efektif dalam deteksi wajah dan pengenalan ekspresi dengan presisi dan keandalan yang optimal (Auza et al., 2024).

3 ANALISA DAN PEMBAHASAN

No	Nama Peneliti dan Tahun	Metode Yang Dibahas	Tujuan Penelitiannya	Hasil Yang Didapat
1	(Achmad et al., 2023)	<p>a. Penelitian mengklasifikasikan gambar tuberkulosis (TB) menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)</p> <p>b. Proses penelitian terdiri dari beberapa tahap:</p> <p>i) Preprocessing Data: Untuk memudahkan pemrosesan, data gambar dibagi menjadi tiga set data latih, validasi, dan uji lalu dikonversi menjadi array.</p> <p>ii) Pemodelan data: dilakukan melalui beberapa lapisan konvolusi dan pooling sebelum diakhiri dengan lapisan yang terhubung secara lengkap</p> <p>iii) Algoritma Aam: meningkatkan akurasi model Konversi Citra: membagi gambar menjadi tiga bagian warna (RGB).</p>	<p>bertujuan untuk mengembangkan model klasifikasi gambar tuberkulosis yang dapat membedakan antara tuberkulosis positif dan negatif. Meningkatkan akurasi diagnosis tuberkulosis dengan menggunakan teknologi CNN untuk mendukung diagnosis medis yang lebih baik</p>	<p>a. Model yang dibangun memiliki akurasi 88% pada data uji</p> <p>b. Dari 43 gambar TB positif, model berhasil mengklasifikasikan 38 gambar dengan benar dan mengalami 5 kesalahan, sedangkan 37 gambar negative, model berhasil mengklasifikasikan 37 gambar dengan benar dan mengalami 6 kesalahan</p> <p>Dengan 75 epoch, akurasi pelatihan tertinggi adalah 96,40%</p>

2	(Rochmawanti et al., 2021)	Menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) untuk mendeteksi penyakit Tuberkulosis (TB) melalui gambar rontgen dada. Ada 5 model CNN yang di uji (ResNet50, DeneNet121, MobileNet, Xception, dan InceptionV3) selain itu ukuran gambar juga di ubah-ubah untuk mengetahui apakah ini berpengaruh pada hasil akurasi dan waktu yang dibutuhkan untuk pengujian	Menentukan model CNN mana yang memiliki kinerja terbaik dalam deteksi TBC. Dan juga menguji apakah ukuran gambar mempengaruhi hasil deteksi dan kecepatannya	<p>a. Model DenSeNet121 adalah model yang paling akurat untuk mendeteksi TB yaitu dengan akurasi 91,57%</p> <p>b. MobileNet merupakan model yang paling cepat dalam memproses gambar</p> <p>Semakin besar ukuran gambar, maka hasil deteksi yang dihasilkan juga semakin akurat, tetapi waktu pemrosesan juga semakin lama</p>
3	(Ahsan et al., 2019)	Penelitian ini menggunakan convolutional neural network (CNN) dengan pendekatan transfer learning khususnya model VGG16. Data yang digunakan terdiri dari gambar rontgen dada (CXR) dari pasien di Montgomery, Maryland, AS dan Shenzhen, China. Data dibagi dengan perbandingan 75:25 untuk pelatihan dan pengujian. Untuk meningkatkan akurasi, mereka menerapkan teknik peningkatan gambar sebelum memasukkan data ke CNN.	Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model CNN yang mampu mendeteksi tuberkulosis (TB) dari gambar rontgen dada tanpa memerlukan proses segmentasi yang rumit, seperti pada pendekatan berdasarkan pohon keputusan sebelumnya.	Model CNN yang dihasilkan mampu mencapai akurasi 80% tanpa augmentasi dan meningkat menjadi 81,25% setelah augmentasi gambar. Hasil tersebut menunjukkan bahwa VGG16 efektif dalam mendeteksi tuberkulosis dengan tingkat akurasi yang sebanding dengan metode yang lebih kompleks, namun dengan proses yang lebih sederhana dan efektif.
4	(Mehta & Mehendale, 2021)	Penelitian ini menggunakan model pembelajaran transfer berbasis Conditional Generative Network (cGAN) dan CNN, antara lain ResNet50, Xception, dan	Untuk mengembangkan model yang dapat mengklasifikasikan rontgen dada ke dalam enam kategori, termasuk tingkat keparahan COVID-19, untuk	Model yang diusulkan mencapai akurasi pelatihan sebesar 98,2%, akurasi validasi sebesar 94,21%, dan akurasi pengujian sebesar 93,67%. Penggunaan cGAN terbukti efektif dalam

		<p>DenseNet-169. Basis data awal terdiri dari 1.229 gambar rontgen yang dibagi dalam enam kategori: COVID-19 (ringan, sedang, berat), pneumonia, tuberkulosis, dan normal. cGAN digunakan untuk menambah jumlah data dan mengatasi ketidakseimbangan dataset. Data juga dilakukan pemerataan histogram dan segmentasi paru untuk mengurangi bias.</p>	<p>memberikan metode diagnostik yang cepat, akurat dan murah yang dapat menggantikan atau mendukung tes PCR.</p>	<p>meningkatkan akurasi model dengan mengurangi masalah overfitting, sehingga metode ini menjanjikan untuk mendiagnosis COVID-19 dan penyakit paru-paru lainnya.</p>
5	(Rajaraman, 2020)	<p>Penelitian ini menggunakan pendekatan <i>Deep Learning</i> model (CNN) untuk mendeteksi tuberkulosis (TB) pada gambar rontgen dada (CXR). Model ini dilatih pada beberapa kumpulan data besar yang berisi gambar rontgen dada normal dan abnormal dari berbagai sumber. Setelah model dasar dilatih, transfer pengetahuan dari model yang sudah ada (seperti VGG-16, Inception-V3 dan DenseNet-121) dilakukan untuk meningkatkan hasil deteksi TB. Akhirnya, teknik <i>ensemble</i> digunakan untuk menggabungkan hasil beberapa model, dengan metode seperti pemungutan suara mayoritas, rata-rata sederhana, rata-rata tertimbang, dan pengelompokan, untuk mendapatkan</p>	<p>Meningkatkan akurasi deteksi TBC pada gambar CXR dengan menggunakan kombinasi modalitas spesifik transfer pengetahuan dan teknik pembelajaran <i>ensemble</i> untuk mencapai kinerja yang lebih baik dibandingkan model individu dalam klasifikasi TBC.</p>	<p>Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi model ensemble menghasilkan akurasi yang tinggi (0,941) dengan area under the curve (AUC) mencapai 0,995. Teknik <i>ensemble clustering</i> menghasilkan performa terbaik diantara seluruh metode <i>ensemble</i> yang digunakan. Hasil ini menunjukkan bahwa transfer pengetahuan khusus modalitas dan pembelajaran ensemble dapat mengurangi varians prediksi, meningkatkan kemampuan generalisasi model, dan mengurangi bias dan overfitting dalam klasifikasi gambar CXR. untuk mendeteksi tuberkulosis.</p>



		prediksi yang lebih akurat.		
--	--	-----------------------------	--	--

4 KESIMPULAN

Penerapan deep learning khususnya model *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan teknik *Transfer Learning* terbukti meningkatkan akurasi dan efisiensi deteksi TBC melalui gambar rontgen dada (CXR). Model seperti VGG-16, Inception-V3 dan DenseNet-121, apalagi jika dipadukan dengan metode *ensemble*, mampu mencapai akurasi tinggi dengan AUC hingga 0,995. Teknik ini mempunyai potensi sebagai alat yang dapat diandalkan untuk diagnosis tuberkulosis, terutama di daerah dengan fasilitas kesehatan yang terbatas, dengan harapan dapat memberikan diagnosis yang cepat dan akurat.

REFERENCES

- Achmad, W. H., Saurina, N., Chamidah, N., & Rulaningtyas, R. (2023). Pemodelan Klasifikasi Tuberkulosis dengan Convolutional Neural Network. *Prosiding Seminar Implementasi Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 2(1), 9–15. <https://doi.org/10.31284/p.semtik.2023-1.3989>
- Ahsan, M., Gomes, R., & Denton, A. (2019). Application of a convolutional neural network using transfer learning for tuberculosis detection. *IEEE International Conference on Electro Information Technology, 2019-May*(November), 427–433. <https://doi.org/10.1109/EIT.2019.8833768>
- Aini, N., Ramadiani, R., & Hatta, H. R. (2017). Sistem Pakar Pendiagnosa Penyakit Tuberkulosis. *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 12(1), 56. <https://doi.org/10.30872/jim.v12i1.224>
- Auza, H., Bagus, M., Putra, A., Saputra, M. A., Hartono, R., & Rosyani, P. (2024). Implementasi Deep Learning untuk Deteksi Wajah dan Ekspresi menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) dengan OpenCV. 1(4), 261–265.
- Chang, R. I., Hsuan, Y., Jeng, C., & Lin, W. (2020). Two - stage classification of tuberculosis culture diagnosis using convolutional neural network with transfer learning. 1727.
- Chato, L., & Regentova, E. (2023). Survey of Transfer Learning Approaches in the Machine Learning of Digital Health Sensing Data. *Journal of Personalized Medicine*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/jpm13121703>
- Hansun, S., Argha, A., Alinejad-rokny, H., & Alizadehsani, R. (2024). A New Ensemble Transfer Learning Approach With Rejection Mechanism for Tuberculosis Disease Detection. *IEEE Transactions on Radiation and Plasma Medical Sciences*, PP, 1. <https://doi.org/10.1109/TRPMS.2024.3474708>
- Hua, J., Zeng, L., Li, G., & Ju, Z. (2021). Learning for a Robot: Deep Reinforcement Learning, Imitation Learning, Transfer Learning. *Sensors*, 1–21.
- Ibrahim, A. U., Guler, E., Guvenir, M., Suer, K., Serte, S., & Ozsoz, M. (2021). Automated detection of Mycobacterium tuberculosis using transfer learning. *Journal of Infection in Developing Countries*, 15(5), 678–686. <https://doi.org/10.3855/JIDC.13532>
- Mehta, T., & Mehendale, N. (2021). Classification of X-ray images into COVID-19 , pneumonia , and TB using cGAN and fine-tuned deep transfer learning models. 803–813.
- Rajaraman, S. (2020). Modality-Specific Deep Learning Model Ensembles Toward Improving TB Detection in Chest Radiographs. *IEEE Access*, 8, 27318–27326. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2971257>
- Rochmawanti, O., Utaminigrum, F., & Bachtar, F. A. (2021). Analisis Performa Pre-Trained Model Convolutional Neural Network dalam Mendeteksi Penyakit Tuberkulosis. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 8(4), 805–814. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2021844441>
- Syahputra, S. A. F., Azizah, N. M., Aiman, J., Nikmah, D. A., & Rosyani, P. (2024). CITRA WAJAH MENGGUNAKAN DEEP LEARNING ALGORITMA Convolutional Neural Network (CNN). 2(1), 87–95.
- WHO. (2024). Tuberculosis. Wwww.Who.Int. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>