

SKRIPSI

KLASIFIKASI PENYAKIT TUBERKULOSIS DARI CITRA X-RAY PARU-PARU MENGGUNAKAN *RECURRENT NEURAL NETWORK* DAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*



**Disusun Untuk Memenuhi Syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh:

ALDI DARMA

03041281924123

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

**KLASIFIKASI PENYAKIT TUBERKULOSIS DARI
CITRA X-RAY PARU-PARU MENGGUNAKAN
RECURRENT NEURAL NETWORK DAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK**



**Disusun Untuk Memenuhi Syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh:

ALDI DARMA

03041281924123

**Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Muhammad Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU.
NIP: 197108141999031005**

Palembang, 30 Mei 2024

**Menyetujui,
Pembimbing Utama**

**Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM
NIP: 197502112003121002**

Saya sebagai Pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya ruang lingkup dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1)

Tanda Tangan

: 

Pembimbing Utama

: Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM

Tanggal

: 30 / Mei / 2024

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aldi Darma
NIM : 03041281924123
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 6 %

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Klasifikasi Penyakit Tuberkulosis Dari Citra X-Ray Paru-Paru Menggunakan *Recurrent Neural Network* Dan *Convolutional Neural Network*”. merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Palembang, 28 Mei 2024



Aldi Darma

NIM. 03041281924123

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

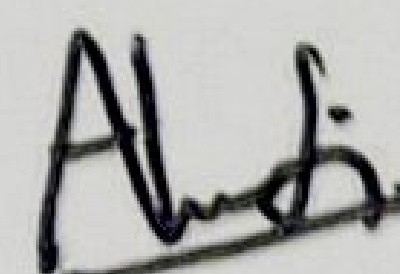
Nama : Aldi Darma
NIM : 03041281924123
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**KLASIFIKASI PENYAKIT TUBERKULOSIS DARI CITRA X-RAY
PARU-PARU MENGGUNAKAN *RECURRENT NEURAL NETWORK* DAN
*CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media /formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang
Pada Tanggal : 30 Mei 2024
Yang menyatakan,



Aldi Darma
NIM. 03041281924123

KATA PENGANTAR

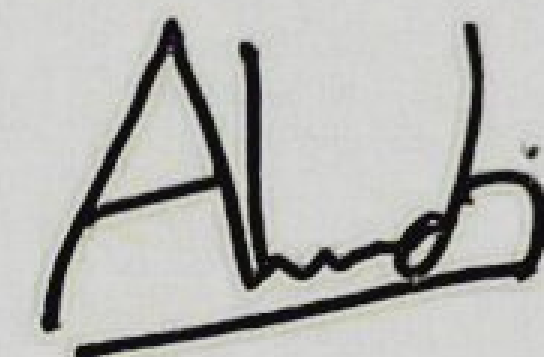
Puji dan syukur penulis selalu panjatkan kepada Allah SWT. Atas rahmat dan ridho-Nya serta dukungan dari keluarga dan sahabat. penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Klasifikasi Penyakit Tuberkulosis dari Citra X-Ray Paru-Paru Menggunakan Recurrent Neural Network dan Convolutional Neural Network”.

Pembuatan skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua Orang tua, saudara, dan keluarga yang selalu memberikan semangat dan support baik secara fisik, mental, dan finansial.
2. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. IPM selaku pembimbing utama tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingan, memberikan ilmu, serta masukan selama proses penulisan skripsi.
3. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. IPM dan Dr. Eng. Ir. Suci Dwijayanti, S.T., M.S., IPM selaku pencetus dan memberikan bimbingan pada tugas akhir ini serta sebagai pengembang ide.
4. Dosen pembimbing akademik, bapak Dr. Ir. H. Syamsuri Zaini, MM yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis selama masa perkuliahan.
5. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya dan Ibu Dr. Eng. Ir. Suci Dwijayanti, S.T., M.S., IPM selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
6. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
7. Teman-teman seperjuangan sekalian dari Teknik Kendali dan Komputer Teknik Elektro Universitas Sriwijaya Angkatan 2019 yang selalu memberikan support dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Regan, Ariq, Nami, Astri, dan Davis selaku teman seperjuangan tugas akhir biomedik yang telah membantu dalam pengambilan data pada skripsi ini.
9. Dan pihak-pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Di dalam penyusunan skripsi ini, saya menyadari masih terdapat banyak kekurangan karena keterbatasan penyusun. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik, masukan dan saran yang membangun agar dapat menjadi evaluasi dan berguna untuk penulis dimasa yang akan datang.

Palembang, 30 Mei 2024



Aldi Darma

NIM. 03041281924123

ABSTRAK

KLASIFIKASI PENYAKIT TUBERKULOSIS DARI CITRA X-RAY PARU-PARU MENGGUNAKAN *RECURRENT NEURAL NETWORK* DAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*

(Aldi Darma, 03041281924123, 2024, 47 Halaman)

Tuberkulosis adalah penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium Tuberculosis* dan menjadi salah satu penyakit paling mematikan di dunia. Saat ini, penelitian terkait diagnosis penyakit tuberkulosis menggunakan *machine learning* telah banyak dilakukan. Tetapi kebanyakan penelitian hanya menggunakan *dataset* yang tersedia secara publik dan jarang ada yang menggunakan *dataset* langsung dari rumah sakit, terutama di Indonesia. Hasil akurasi klasifikasi tuberkulosis pada penelitian sebelumnya juga masih belum optimal. Oleh karena itu, penelitian ini akan coba mengembangkan sistem deteksi tuberkulosis dari citra X-Ray paru-paru dengan dataset berasal dari RSUP Rivai Abdullah Palembang menggunakan *Recurrent Neural Network* (RNN) dan *Convolutional Neural Network* (CNN). Penelitian dilakukan dengan menggunakan *dataset* dari RSUP Rivai Abdullah Palembang sebanyak 420 citra x-ray dan 3885 data sekunder terdiri dari 1039 gambar per kelas untuk data *training*, dan 256 gambar per kelas untuk data validasi. Arsitektur yang digunakan pada penelitian ini yaitu InceptionV3, LeNet-5, MobileNet, dan MobileNet LSTM (*Long Short-Term Memory*). Pelatihan dan pengujian dilakukan menggunakan *learning rate* yang berbeda-beda yaitu 0.001, 0.0001, dan 0.00001. Hasil pelatihan terbaik dari semua uji coba dengan *learning rate* yang berbeda yaitu MobileNet dengan *learning rate* 0.0001 mendapatkan hasil pelatihan terbaik dengan hasil akurasi 91,14% dan *loss* 21,47%. Model arsitektur LeNet-5 dengan *learning rate* 0.00001 mendapatkan hasil deteksi benar tuberkulosis terbanyak dengan jumlah 69 gambar dari total 140 gambar dan persentase hasil uji sebesar 35%.

Kata kunci: Arsitektur, Tuberkulosis, CNN, LSTM

ABSTRACT

TUBERCULOSIS CLASSIFICATION OF LUNG X-RAY IMAGES USING *RECURRENT NEURAL NETWORK* AND *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*

(Aldi Darma, 03041281924123, 2024, 47 Page)

Tuberculosis is an infectious disease caused by Mycobacterium Tuberculosis bacteria and become one of deadliest diseases in the world. Currently, there have been many researchs related to the diagnosis of tuberculosis using machine learning. However, most researchs only use publicly available datasets and rarely use datasets that directly from hospitals, especially in Indonesia. The results of tuberculosis classification accuracy in previous studies are also not optimal. Therefore, this research will try to develop a tuberculosis detection system from lung X-Ray images with datasets from Rivai Abdullah Hospital using Recurrent Neural Network (RNN) and Convolutional Neural Network (CNN). This research was conducted using datasets from Rivai Abdulllah Hospital Palembang with 420 x-ray images and 3885 secondary data consisting of 1039 images per class for training data, and 256 images per class for validation data. The architectures used in this research are InceptionV3, LeNet-5, MobileNet, and MobileNet LSTM (Long Short-Term Memory). Training and testing were conducted using different learning rates of 0.001, 0.0001, and 0.00001. The best training results from all trials with different learning rates are MobileNet with a learning rate of 0.0001, getting the best training results with 91.14% accuracy and 21.47% loss. LeNet-5 architecture model with a learning rate of 0.00001 gets the most correct tuberculosis detection results with 69 images out of 140 images in total and 35% test result.

Keywords: *Architecture, Tuberculosis, CNN, LSTM*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Keaslian Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 State of The Art	6
2.2 Deep Neural Network	12
2.3 Recurrent Neural Network	13
2.4 Convolutional Neural Network	15
2.4.1 <i>Convolution Layer</i>	16
2.4.2 Fungsi Aktivasi	17
2.4.3 <i>Rectified Linear Unit (ReLU)</i>	17

2.4.4 <i>Pooling Layer</i>	17
2.4.5 <i>Flatten Layer</i>	17
2.4.6 <i>Fully Connected Layer</i>	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Studi Literatur	19
3.2 Pengumpulan <i>Dataset</i>	20
3.3 Perancangan Sistem	21
3.4 Pengujian Sistem.....	22
3.5 Analisis dan Kesimpulan	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Pengumpulan Data	24
4.2 <i>Preprocessing</i> Data	24
4.3 Rancangan Model	26
4.3.1 InceptionV3.....	26
4.3.2 LeNet-5	27
4.3.3 MobileNet	27
4.3.4 Model Modifikasi.....	28
4.4 Perbandingan Arsitektur	29
4.5 Hasil Pelatihan Arsitektur	32
4.5.1 InceptionV3.....	32
4.5.2 LeNet-5	33
4.5.3 MobileNet	35
4.5.4 Model Modifikasi.....	37
4.6 Hasil Uji Dengan Data Uji	39
4.6.1 <i>Learning Rate</i> 0.001.....	39
4.6.2 <i>Learning Rate</i> 0.0001.....	40

4.6.3 <i>Learning Rate</i> 0.00001.....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Akurasi keseluruhan masing-masing kelas [1].....	10
Gambar 2.2 Skema arsitektur [2].....	12
Gambar 2.3 Jaringan pada RNN [3].....	14
Gambar 2.4 Struktur LSTM [4].....	15
Gambar 2.5 Bangunan inti CNN [5].....	16
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> penelitian.....	19
Gambar 3.2 Contoh citra X-ray paru-paru (a) normal, (b) tuberkulosis, dan (c) covid-19.	20
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Sistem Klasifikasi Tuberkulosis.....	21
Gambar 4.1 <i>Cropping</i> Gambar	24
Gambar 4.2 Hasil Augmentasi Pada Gambar	25
Gambar 4.3 Diagram Arsitektur InceptionV3	26
Gambar 4.4 Diagram Arsitektur LeNet-5.....	27
Gambar 4.5 Diagram Arsitektur MobileNet.....	27
Gambar 4.6 Diagram Arsitektur MobileNet LSTM	28
Gambar 4.7 Grafik <i>Accuracy</i> (a) dan <i>Loss</i> (b) Terbaik InceptionV3	33
Gambar 4.8 Grafik <i>Accuracy</i> (a) dan <i>Loss</i> (b) Terbaik LeNet-5.....	35
Gambar 4.9 Grafik <i>Accuracy</i> (a) dan <i>Loss</i> (b) Terbaik MobileNet.....	36
Gambar 4.10 Grafik <i>Accuracy</i> (a) dan <i>Loss</i> (b) Terbaik Model Modifikasi	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian yang digunakan sebagai referensi [6].....	6
Tabel 2.2 Akurasi <i>dataset</i> Shenzen [6].....	7
Tabel 2.3 AUC <i>dataset</i> Shenzen [6].....	8
Tabel 2.4 Akurasi <i>dataset</i> Montgomery County [6]	8
Tabel 2.5 AUC <i>dataset</i> Montgomery County [6].....	9
Tabel 2.6 <i>Confusion matrix training set</i> [1]	9
Tabel 2.7 Hasil performa model CNN [7].....	11
Tabel 3.1 Bentuk tabel <i>confusion matrix</i>	22
Tabel 4.1 Parameter Pelatihan.....	29
Tabel 4.2 Model Arsitektur InceptionV3	29
Tabel 4.3 Model Arsitektur LeNet-5	30
Tabel 4.4 Model Arsitektur MobileNet.....	31
Tabel 4.5 Model Arsitektur MobileNet LSTM	31
Tabel 4.6 Pengujian <i>Learning Rate</i> InceptionV3	32
Tabel 4.7 Pengujian <i>Learning Rate</i> LeNet-5.....	34
Tabel 4.8 Pengujian <i>Learning Rate</i> MobileNet.....	35
Tabel 4.9 Pengujian <i>Learning Rate</i> MobileNet LSTM.....	37
Tabel 4.10 Perbandingan Hasil Pelatihan Setiap Model Terbaik.....	38
Tabel 4.11 Hasil Uji Dataset Test <i>Learning Rate</i> 0.001	39
Tabel 4.12 Hasil Uji Dataset Test <i>Learning Rate</i> 0.0001	41
Tabel 4.13 Hasil Uji Dataset Test <i>Learning Rate</i> 0.00001	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tuberkulosis (TBC) merupakan suatu penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium Tuberculosis* (MTB). Penyakit ini termasuk salah satu penyebab tingkat kematian yang tinggi di seluruh dunia, yaitu penyebab yang kesembilan setelah penyakit HIV/AIDS. Diperkirakan 10 juta orang di dunia terkena penyakit tuberkulosis pada tahun 2017; Sekitar 1,6 juta orang diantaranya meninggal dunia karena tuberkulosis dan sekitar 500.000 orang terkena penyakit tuberkulosis yang memiliki resistansi terhadap obat-obatan. Penyebaran penyakit tuberkulosis dapat terjadi dengan perantara udara ketika orang yang terinfeksi penyakit tuberkulosis tersebut batuk-batuk atau bersin. Penyakit tuberkulosis paru-paru terjadi ketika bakteri TBC menyerang bagian paru-paru [6].

Diagnosis dan pengobatan penyakit tuberkulosis merupakan salah satu kendala yang banyak peneliti coba selesaikan selama beberapa dekade ini. Salah satu tantangan utama dalam melakukan diagnosis penyakit tuberkulosis adalah membedakan antara penyakit tuberkulosis dengan penyakit-penyakit pernafasan lainnya, seperti pneumonia. Meskipun ada beberapa kemajuan dalam bagian diagnosis dan pengobatan, tetapi terdapat pula beberapa kebutuhan tambahan dalam metode diagnosis baru yang dapat mencari perbedaan antara penyakit tuberkulosis dan penyakit pernafasan lainnya. Diagnosis infeksi pernafasan memerlukan kombinasi dari studi radiografi, masalah dari mikrobiologis yang tepat, serta kesadaran klinis [1].

Gambar medis dibutuhkan untuk mendapatkan visualisasi dari organ dalam untuk mendeteksi suatu ketidaknormalan di dalam anatomi. Alat penangkap gambar medis seperti X-ray, CT, MRI, PET, dan sebagainya, mengambil gambar anatomi atau organ dalam dan menunjukkannya sebagai gambar. Gambar tersebut harus

dipahami secara seksama untuk deteksi anomali yang akurat agar dapat memberikan diagnosis dengan benar [5]. Kebanyakan interpretasi dari gambar medis biasanya dilakukan oleh orang ahli seperti dokter dan radiologis. Akan tetapi, dokter dan radiologis masih cukup sulit untuk memberikan diagnosis yang efisien dan akurat sepanjang waktu karena rumitnya gambar medis dan variasi lain dari luar dengan kasus yang berbeda-beda di antara masing-masing ahli. Karena hal tersebut merupakan tugas yang berat untuk dilakukan oleh orang ahli, teknologi komputer dapat digunakan untuk membantu proses diagnosis gambar medis [8].

Beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya telah membahas tentang keefektifan diagnosis dengan bantuan komputer dalam dunia medis, berdasarkan hasil kolaborasi antara peneliti medis dan ilmuwan komputer. Sistem diagnosis dengan bantuan komputer tertentu dapat diklasifikasikan sebagai sistem ahli karena sistem tersebut mencoba untuk meniru keputusan seorang ahli medis. Selain itu, sistem deteksi dengan bantuan komputer dalam pengobatan dapat melakukan proses data klinis yang besar dan kompleks. Sistem deteksi dengan bantuan komputer juga dapat membantu ahli kesehatan untuk mendapatkan pandangan baru dari data yang ada dan kemudian memasukkan pengetahuannya untuk meningkatkan akurasi dari diagnosis. Hasilnya, sistem ini dapat dikatakan sebagai sistem cerdas karena sistem tersebut membuat sebuah proses umpan balik untuk meningkatkan performa sistem secara berkelanjutan [9].

Pendekatan diagnosis dengan suatu *machine learning* dapat diintegrasikan dengan lebih baik untuk melakukan analisis mendalam suatu gambar X-ray dada. Sistem seperti CAD bertindak sebagai alat untuk melakukan *screening* dan sebagai pengukur untuk mendeteksi penyakit paru-paru secara otomatis dengan biaya yang rendah, seperti tuberkulosis. Akan tetapi, sistem CAD tersebut masih memiliki tingkat penerimaan secara klinis yang terbatas karena sistem tersebut memiliki akurasi yang rendah. Selain itu, sistem CAD memerlukan kemampuan dalam memberikan keputusan diagnosis penyakit yang akurat dan dapat mendeteksi beberapa penyakit sekaligus [10]. Contoh *machine learning* yang pernah digunakan

untuk melakukan analisis gambar X-ray dada yaitu *Deep Neural Network* (DNN) [11], *Support Vector Machine* (SVM) [10], dan *Convolutional Neural Network* (CNN) [6][1][7][2].

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya biasanya menggunakan *dataset* yang tersedia secara publik atau *dataset* yang bisa didapatkan gratis secara *online*. Oleh karena itu, saat ini masih jarang ditemukan penelitian mengenai deteksi dan klasifikasi penyakit tuberkulosis yang menggunakan *dataset* yang diambil secara langsung dari rumah sakit. Terutama penelitian yang menggunakan *dataset* dari rumah sakit yang ada di Indonesia. Selain itu, hasil akurasi dari model RNN dan CNN yang digunakan pada penelitian yang telah ada sebelumnya belum dapat menunjukkan hasil klasifikasi penyakit tuberkulosis secara optimal dan masih dapat dikembangkan lagi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengembangkan sistem deteksi dan klasifikasi penyakit tuberkulosis pada citra gambar X-Ray menggunakan RNN dan CNN, dengan *dataset* yang digunakan berasal dari RSUP Dr. Rivai Abdullah Palembang

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini akan menggunakan *dataset* citra X-Ray paru-paru yang berasal dari RSUP Dr. Rivai Abdullah Palembang.
2. Penelitian ini akan menggunakan Google Collaboratory sebagai editor kode untuk membangun dan menjalankan model sistem deteksi dan klasifikasi.

1.5 Keaslian Penelitian

Penelitian dengan topik deteksi dan klasifikasi penyakit tuberkulosis melalui citra X-ray dada telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Setiap dari penelitian yang dilakukan tersebut mempunyai tujuan, metode, serta hasil penelitian yang berbeda-beda.

Penelitian pertama dilakukan oleh Syeda Shaizadi Meraj, Razali Yaakob, *et al* [6]. Penelitian ini membahas tentang deteksi penyakit tuberkulosis dalam gambar X-Ray dada dengan menggunakan beberapa model CNN yang berbeda-beda untuk dicari tingkat akurasi, yaitu VGG-16, VGG-19, ResNet-50, dan GoogleNet. Kemudian, hasil nilai akurasi dari model yang diajukan pada penelitian ini akan dibandingkan dengan nilai akurasi dari dua studi terdahulu yang digunakan dalam penelitian ini. Dengan menggunakan *dataset* Shenzhen, model yang diajukan dalam penelitian ini menunjukkan hasil performa yang lebih baik jika dibandingkan dengan dua studi sebelumnya. Sedangkan pada *dataset* Montgomery County, model yang diajukan pada penelitian ini menunjukkan hasil yang lebih buruk daripada dua studi sebelumnya.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Devvret Verma, Chitransh Bose, *et al* [1] yang melakukan penelitian tentang deteksi penyakit tuberkulosis dan pneumonia dalam gambar X-ray dada dengan menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN). Penelitian ini menggunakan Neural Network dan InceptionV3 sebagai *framework*. Hasil deteksi dari *framework* ini sendiri memiliki tingkat akurasi yang tinggi untuk masing-masing kelas. Tingkat akurasi yaitu: Bacterial Pneumonia sebanyak 98.7%, Viral Pneumonia sebanyak 82.4%, TBC sebanyak 98.5%, dan normal sebanyak 95,2%. Akan tetapi, kekurangan dari model ini yaitu belum dapat menghadapi masalah dengan kasus tertentu ketika terdapat suatu penyakit pernafasan yang dapat menirukan penyakit lain.pada gambar X-ray.

Kemudian, penelitian dilakukan oleh Eman Showkatian, Mohammad Salehi, *et al*. [7] yang meneliti tentang deteksi penyakit tuberkulosis dalam gambar X-ray dada,

tetapi dengan menggunakan model CNN yang dibuat sendiri dari awal. Setelah itu, model yang telah dibuat tersebut akan dibandingkan hasil performanya dengan beberapa model CNN *pre-trained*, yaitu InceptionV3, Xception, ResNet50, VGG16, dan VGG19. *Dataset* yang digunakan untuk melakukan penelitian ini yaitu Montgomery County dan Shenzhen. Kesimpulannya, hasil performa dari model *pre-trained* Xception, ResNet50, dan VGG16 menunjukkan hasil yang lebih baik dalam melakukan deteksi dan klasifikasi penyakit tuberkulosis jika dibandingkan dengan model CNN buatan sendiri dan model CNN *pre-trained* lainnya.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Firda Rahmatul Ummah dan Dina Tri Utari [2] yang membahas tentang deteksi penyakit covid-19 dan tuberkulosis dalam gambar X-ray dada. *Dataset* yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 600 gambar yang kemudian akan dibagi menjadi dua kelas, yaitu covid-19 dan tuberkulosis. Penelitian ini juga akan menggunakan model CNN dibuat sendiri dari awal, dengan spesifikasi 4 *layer convolution* dan 4 *layer maxpool* diantara *layer convolution* tersebut. Kemudian, model ini akan dibandingkan dengan parameter model yang berbeda-beda, seperti banyak epoch, ukuran gambar, optimizer, dan skenario data (rasio dataset training dan validasi). Model yang menunjukkan hasil terbaik yaitu model dari parameter epoch 50 dengan optimizer ADAM, gambar ukuran 100x100 pixel, dan skenario data 80%:20%, dengan tingkat akurasi 85.4%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Verma, C. Bose, N. Tufchi, K. Pant, V. Tripathi, and A. Thapliyal, “An efficient framework for identification of Tuberculosis and Pneumonia images using Neural Network framework for identification of Tuberculosis and Pneumonia,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 171, no. 2019, pp. 217–224, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.04.023.
- [2] F. R. Ummah and D. T. Utari, “Covid-19 and Tuberculosis Detection in X-Ray of Lung Images with Deep Convolutional Neural Network,” vol. 14, no. 3, pp. 1–16, 2022, doi: 10.15849/IJASCA.221128.01.
- [3] A.-N. Sharkawy, “Principle of Neural Network and Its Main Types: Review,” *J. Adv. Appl. Comput. Math.*, vol. 7, pp. 8–19, 2020.
- [4] A. Moghar and M. Hamiche, “Stock Market Prediction Using LSTM Recurrent Neural Network,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 170, pp. 1168–1173, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.03.049.
- [5] D. R. S. R. V Kulkarni, “Convolutional neural networks in medical image understanding : a survey,” *Evol. Intell.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–22, 2022, doi: 10.1007/s12065-020-00540-3.
- [6] S. S. Meraj, R. Yaakob, A. Azman, S. Nurulain, M. Rum, and A. Shahrel, “Detection of Pulmonary Tuberculosis Manifestation in Chest X-Rays Using Different Convolutional Neural Network (CNN) Models,” no. December, 2019, doi: 10.35940/ijeat.A2632.109119.
- [7] E. Showkatian, M. Salehi, H. Ghaffari, R. Reiazi, and N. Sadighi, “Deep learning-based automatic detection of tuberculosis disease in chest X-ray images,” pp. 118–124, 2022.

- [8] H. Yu, L. T. Yang, Q. Zhang, D. Armstrong, and M. J. Deen, “Convolutional neural networks for medical image analysis : State-of-the- art , comparisons , improvement and perspectives,” *Neurocomputing*, vol. 444, pp. 92–110, 2021, doi: 10.1016/j.neucom.2020.04.157.
- [9] G. Mufarah, M. Alshmrani, Q. Ni, R. Jiang, H. Pervaiz, and N. M. Elshennawy, “A deep learning architecture for multi-class lung diseases classification using chest X-ray (CXR) images,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 64, pp. 923–935, 2023, doi: 10.1016/j.aej.2022.10.053.
- [10] T. Bahadur, K. Verma, B. Kumar, D. Jain, and S. Singh, “Automatic detection of tuberculosis related abnormalities in Chest X-ray images using hierarchical feature extraction scheme,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 158, p. 113514, 2020, doi: 10.1016/j.eswa.2020.113514.
- [11] K. Mahbub, M. Biswas, L. Gaur, F. Alenezi, and K. C. Santosh, “Deep features to detect pulmonary abnormalities in chest X-rays due to infectious diseaseX : Covid-19 , pneumonia , and tuberculosis,” *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 592, pp. 389–401, 2022, doi: 10.1016/j.ins.2022.01.062.
- [12] B. Alshemali and J. Kalita, “Improving the Reliability of Deep Neural Networks in NLP: A Review,” *Knowledge-Based Syst.*, vol. 191, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.knosys.2019.105210.
- [13] Y. Tian, Z. Zhong, V. Ordonez, G. Kaiser, and B. Ray, “Testing DNN image classifiers for confusion & bias errors,” pp. 1122–1134, 2020, doi: 10.1145/3377811.3380400.
- [14] H. Gholamalinezhad and H. Khosravi, “Pooling Methods in Deep Neural Networks, a Review,” 2020, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2009.07485>.

- [15] A. Ghosh, A. Sufian, F. Sultana, A. Chakrabarti, and D. De, *Fundamental concepts of convolutional neural network*, vol. 172, no. June. 2019.
- [16] Z. Li, F. Liu, W. Yang, S. Peng, and J. Zhou, “CNN survey,” *IEEE Trans. neural networks Learn. Syst.*, vol. 33, no. 12, pp. 6999–7019, 2022.
- [17] M. Mujahid, F. Rustam, R. Álvarez, J. Luis Vidal Mazón, I. de la T. Díez, and I. Ashraf, “Pneumonia Classification from X-ray Images with Inception-V3 and Convolutional Neural Network,” *Diagnostics*, vol. 12, no. 5, pp. 1–16, 2022, doi: 10.3390/diagnostics12051280.
- [18] M. Kim, Y. Kwon, J. Kim, and Y. Kim, “Image Classification of Parcel Boxes under the Underground Logistics System Using CNN MobileNet,” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 7, 2022, doi: 10.3390/app12073337.
- [19] A. Rostamian and J. G. O’Hara, “Event prediction within directional change framework using a CNN-LSTM model,” *Neural Comput. Appl.*, vol. 34, no. 20, pp. 17193–17205, 2022, doi: 10.1007/s00521-022-07687-3.