Jurnal JISIILKOM, 3 (1) (2025), ISSN : 3025-4868 (Online)
Jurnal JISIILKOM (Jurnal Inovasi Sistem Informasi & Ilmu Komputer)
Journal homepage: https://jisiilkom.org

Prediksi Penyakit Paru-Paru Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Metode Backpropagation

Diki Irmansyah[1], Solikhun[2],
[1]Sistem Informasi, STIKOM Tunas Bangsa, Pematangsiantar, Indonesia
[2]Teknik Informatika, STIKOM Tunas Bangsa, Pematangsiantar, Indonesia

E-Mail : [1]diki.irwansyah1234@email.com, [2]solikhun@amiktunasbangsa.ac.id

Article Info

Article history:

Received Jan 10, 2025
Revised Feb 01, 2025
Accepted Feb 20, 2025

Kata Kunci:

Penyakit Paru-Paru
Jaringan Syaraf Tiruan
Backpropagation
Prediksi
Sigmoid

Keywords:

Lung disease
Artificial Neural Network
Backpropagation
Prediction
Sigmoid

ABSTRAK

Penyakit paru-paru merupakan salah satu penyebab kematian terbesar di dunia dan membutuhkan pendekatan diagnosis yang cepat dan akurat. Penelitian ini bertujuan membangun model prediksi penyakit paru-paru menggunakan algoritma Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan metode Backpropagation. Data yang digunakan berasal dari dataset publik Kaggle yang berisi informasi medis 309 pasien, mencakup atribut klinis seperti usia, kebiasaan merokok, serta gejala pernapasan. Proses prapemrosesan data dilakukan melalui normalisasi, konversi nilai kategorikal, dan penanganan data hilang agar sesuai dengan karakteristik fungsi aktivasi sigmoid. Model dilatih selama 50 epoch menggunakan Python dan pustaka pendukung seperti TensorFlow dan scikit-learn. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model mengalami penurunan nilai loss secara konsisten serta peningkatan akurasi hingga lebih dari 85%, baik pada data pelatihan maupun validasi. Temuan ini menegaskan bahwa performa JST sangat dipengaruhi oleh pemilihan parameter pelatihan seperti learning rate dan jumlah neuron tersembunyi. Dengan demikian, algoritma Backpropagation terbukti efektif dalam membangun sistem prediksi berbasis data klinis, yang dapat mendukung proses diagnosis dini penyakit paru-paru secara lebih akurat dan efisien.

ABSTRACT

Lung disease is one of the biggest causes of death in the world and requires a fast and accurate diagnosis approach. This study aims to build a lung disease prediction model using the Artificial Neural Network (ANN) algorithm with the Backpropagation method. The data used comes from the Kaggle public dataset containing medical information of 309 patients, including clinical attributes such as age, smoking habits, and respiratory symptoms. Data preprocessing was done through normalization, categorical value conversion, and missing data handling to match the characteristics of the sigmoid activation function. The model was trained for 50 epochs using Python and supporting libraries such as TensorFlow and scikit-learn. Experimental results show that the model experienced a consistent decrease in loss values as well as an increase in accuracy to more than 85% on both training and validation data. This finding confirms that the performance of JSTs is strongly influenced by the selection of training parameters such as learning rate and number of hidden neurons. Thus, the Backpropagation algorithm is proven effective in building a clinical data-based prediction system, which can support the early diagnosis process of lung disease more accurately and efficiently.

This is an open access article under the CC BY-NC license.

Corresponding Author:
Diki Irmansyah,
Sistem Informasi, STIKOM Tunas Bangsa,
Jl. Jend. Sudirman Blok A No. 1,2&3, Pematangsiantar, Indonesia
Email: diki.irwansyah1234@email.com

1. PENDAHULUAN

Penyakit paru-paru merupakan salah satu masalah kesehatan serius yang menyebabkan angka kesakitan dan kematian yang cukup tinggi di dunia (Setiyani et al., 2020)(Mubarokh et al., 2020). Berbagai jenis penyakit paru-paru seperti tuberkulosis (TBC), penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), dan pneumonia masih menjadi beban kesehatan masyarakat, terutama di negara berkembang (Rahman Wahid et al., 2023). Menurut World Health Organization (WHO), penyakit paru-paru termasuk dalam kelompok penyakit tidak menular yang menjadi penyebab kematian terbesar ketiga di dunia setelah penyakit jantung dan stroke. Data WHO menunjukkan bahwa sekitar 3 juta orang meninggal setiap tahun akibat penyakit paru-paru, dan angka ini diprediksi terus meningkat seiring perubahan gaya hidup, polusi udara, dan pertambahan usia penduduk.

Di Indonesia sendiri, berdasarkan Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2018, prevalensi penyakit paru-paru menunjukkan tren yang mengkhawatirkan, terutama pada daerah dengan tingkat pencemaran udara yang tinggi dan kepadatan penduduk yang besar. Salah satu tantangan dalam penanganan penyakit paru-paru adalah diagnosis dini dan akurat agar pengobatan dapat segera dilakukan untuk mencegah komplikasi yang lebih berat (Muzakki et al., 2024).

Kemajuan teknologi informasi dan ketersediaan data kesehatan dalam jumlah besar membuka peluang besar dalam penerapan data mining untuk dunia medis. Data mining adalah proses untuk menemukan pola, tren, dan pengetahuan tersembunyi dari data dalam jumlah besar dengan menggunakan teknologi pengenalan pola, statistik, dan matematika (Kheradpisheh & Masquelier, 2020). Salah satu metode yang banyak digunakan dalam data mining untuk klasifikasi dan prediksi adalah Jaringan Syaraf Tiruan (JST**)** atau Neural Network.

Jaringan syaraf tiruan merupakan suatu pendekatan komputasional yang terinspirasi dari cara kerja otak manusia dalam mengenali pola, mengingat, beradaptasi, dan membuat Keputusan (Hataya et al., 2020). JST terdiri dari neuron-neuron buatan yang bekerja secara paralel dan saling terhubung satu sama lain. Model ini sangat berguna dalam pemrosesan data non-linier dan memiliki kemampuan untuk belajar dari data historis. Salah satu metode pembelajaran yang populer dalam JST adalah Backpropagation, yaitu teknik pelatihan terarah yang mengatur bobot neuron untuk meminimalkan kesalahan prediksi melalui proses iteratif (Rathi et al., 2020).

Dalam penelitian ini, metode Backpropagation digunakan untuk melakukan klasifikasi dan prediksi terhadap penyakit paru-paru. Dengan mengoptimalkan bobot atribut (attribute weighting) dan jumlah iterasi pelatihan, diharapkan model dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat. Perangkat lunak RapidMiner dipilih sebagai alat bantu analisis karena menyediakan berbagai operator data mining seperti preprocessing, visualisasi, klasifikasi, dan evaluasi model secara terintegrasi (Kovács & Ghous, 2020).

Python merupakan bahasa pemrograman open source yang banyak digunakan dalam analisis data, data mining, text mining, dan pengembangan model prediksi (A. Aziz et al., 2021). Dengan dukungan ribuan pustaka seperti scikit-learn, pandas, TensorFlow, dan Keras, Python memungkinkan pengembangan model prediksi yang kompleks secara efisien dan fleksibel. Selain itu, Python mudah diintegrasikan dengan berbagai sistem lain dan telah banyak dimanfaatkan dalam penelitian bidang kesehatan untuk mendukung pengambilan keputusan klinis berbasis data (Hagberg & Conway, 2020).

Dengan pendekatan ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem prediksi penyakit paru-paru yang efektif dan efisien, serta membantu tenaga medis dalam melakukan diagnosis dini untuk meningkatkan kualitas layanan kesehatan masyarakat.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Kecerdasan Buatan

Kecerdasan Buatan (AI) merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan teknologi yang memungkinkan mesin bertindak secara "cerdas." Banyak organisasi mulai berinvestasi dalam penelitian dan penerapan AI untuk mengotomatisasi proses, meningkatkan efisiensi, serta meniru kemampuan analisis dan pengambilan keputusan manusia. Oleh karena itu, profesi audit internal perlu mempersiapkan diri agar dapat terlibat secara aktif dalam inisiatif penerapan AI di dalam organisasi (Muhammad Thoriq et al., 2024)**.**

2.2. Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan dapat dibayangkan sebagai versi buatan dari otak dalam kisah-kisah fiksi ilmiah. Otak buatan ini memiliki kemampuan berpikir layaknya manusia, serta mampu menarik kesimpulan dari berbagai informasi yang diterimanya dengan kecerdasan yang setara. Imajinasi manusia ini kemudian

mendorong para ilmuwan untuk merealisasikannya. Upaya dilakukan agar komputer dapat berpikir dengan cara yang menyerupai proses berpikir manusia, yaitu dengan meniru aktivitas yang berlangsung dalam jaringan saraf biologis (Umar et al., 2022).

2.3. Prediksi

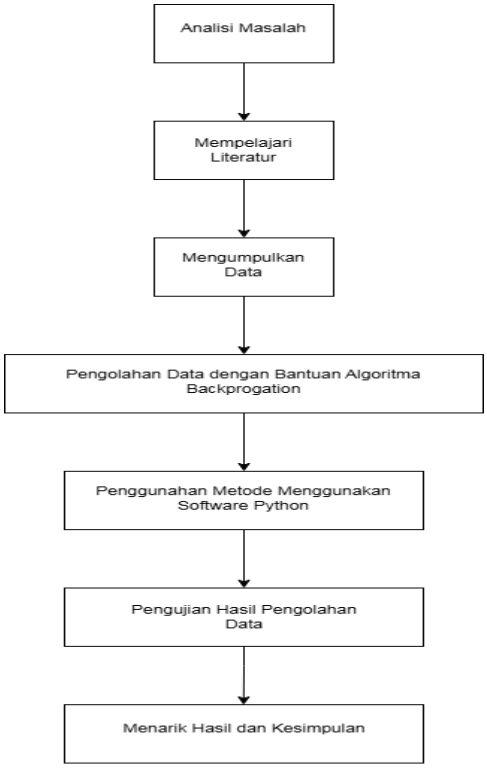
Prediksi adalah suatu proses untuk memperkirakan secara terstruktur hal-hal yang kemungkinan besar akan terjadi di masa depan, dengan mengandalkan data historis dan data saat ini. Tujuannya adalah untuk meminimalkan perbedaan atau kesalahan antara hasil yang diperkirakan dengan kejadian sebenarnya (Setiyani et al., 2020)**.**

2.4.Python

Python adalah platform open source yang banyak digunakan di bidang data science, mendukung berbagai aktivitas seperti machine learning, deep learning, text mining, dan analisis prediktif. Dengan pustaka seperti scikit-learn dan TensorFlow, Python mencakup seluruh tahapan pemodelan, mulai dari persiapan data hingga optimasi. Sama seperti RapidMiner, Python digunakan secara luas dalam bisnis, pendidikan, dan penelitian, serta mudah diintegrasikan dengan berbagai system (Kazil et al., 2020).

2.5. Kerangka Penelitian

Untuk memperoleh hasil akhir yang optimal sesuai dengan tujuan penelitian, penting bagi penelitian ini memiliki tahapan-tahapan yang jelas dan mudah dipahami oleh semua pihak (Syafiq et al., 2020). Pada bagian ini, akan disajikan struktur atau alur proses penelitian dari awal hingga akhir dalam bentuk diagram agar lebih mudah dipahami. Untuk penjelasan lebih detail, silakan merujuk pada Gambar 1 yang disajikan di bawah.



Gambar.1 Kerangka Penelitian

1. **Analisis Permasalahan**
   Tahapan awal dalam penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi masalah utama yang dihadapi, yaitu meningkatnya jumlah kunjungan pasien secara signifikan yang menyebabkan penumpukan.

Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem prediksi untuk memperkirakan jumlah kunjungan pasien di masa mendatang guna membantu perencanaan layanan kesehatan yang lebih baik.

2. **Studi Literatur**
   Tahap ini bertujuan untuk mengkaji teori-teori yang relevan sebagai landasan penelitian. Literatur yang dikaji meliputi teori tentang jaringan syaraf tiruan, konsep dasar matematika, serta pendekatan estimasi atau peramalan yang berkaitan dengan data kunjungan pasien. Sumber referensi diperoleh dari buku, jurnal ilmiah, artikel, dan situs web yang berkaitan dengan topik tersebut.
3. **Pengumpulan Data**
   Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa jumlah kunjungan pasien rumah sakit dari Januari 2018 hingga Desember 2022, dengan fokus pada lima jenis diagnosis penyakit yang paling umum terjadi. Data ini akan digunakan untuk membangun model prediksi kunjungan pada tahun 2023 menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan, dan hasil prediksi akan diuji kebenarannya.
4. **Pengolahan Data Menggunakan Python**
   Proses pengolahan data dilakukan dengan bantuan bahasa pemrograman Python dan pustaka seperti TensorFlow, Keras, dan scikit-learn untuk membangun dan melatih model neural network. Hasil dari pemrosesan ini juga akan diverifikasi melalui perhitungan manual guna menjamin akurasi dan validitas prediksi.
5. **Pengujian Model dan Validasi Hasil**
   Tahap ini mencakup pengujian hasil pengolahan data secara manual dengan menggunakan rumus-rumus matematis, serta konversi data ke bentuk matriks untuk menguji nilai masukan. Hasil dari model Python akan dibandingkan dengan hasil dari perangkat lunak MATLAB guna mengevaluasi tingkat kesalahan (error) prediksi, sehingga dapat diketahui metode mana yang memberikan hasil paling mendekati data aktual.
6. **Penarikan Kesimpulan**
   Pada tahap akhir, hasil prediksi yang diperoleh melalui metode Neural Network di MATLAB akan dibandingkan dengan metode konvensional berbasis rata-rata. Dengan demikian, dapat disimpulkan metode mana yang menghasilkan prediksi paling akurat atau memiliki tingkat kesalahan paling rendah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Masalah

Berdasarkan hasil studi awal, diketahui bahwa penggunaan algoritma Backpropagation dengan parameter default sering kali belum menghasilkan akurasi yang optimal, khususnya dalam tugas klasifikasi pada kasus prediksi penyakit paru-paru.

3.2 Studi Literatur

Hasil tinjauan pustaka menunjukkan bahwa performa jaringan saraf tiruan sangat bergantung pada pemilihan parameter, seperti laju pembelajaran (*learning rate*), jumlah neuron pada lapisan tersembunyi, serta jumlah epoch pelatihan. Beberapa penelitian terdahulu menyarankan pemanfaatan metode pencarian terstruktur seperti Grid Search guna menemukan kombinasi parameter yang paling optimal.

3.3 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data diperoleh dari dataset prediksi kanker paru-paru yang tersedia secara publik di platform Kaggle melalui tautan https://www.kaggle.com/datasets/shantanugarg274/lung-cancer-prediction-dataset. Dataset tersebut memuat informasi medis dari 309 pasien, yang mencakup sejumlah atribut seperti usia, kebiasaan merokok, gejala umum seperti batuk dan sesak napas, serta riwayat penyakit dalam keluarga. Label keluaran dalam dataset menunjukkan status apakah pasien menderita kanker paru-paru atau tidak. Data yang telah diunduh dalam format CSV kemudian diolah menggunakan bahasa pemrograman Python dengan bantuan pustaka seperti *pandas*. Proses pra-pemrosesan dilakukan untuk menyiapkan data agar dapat digunakan dalam pelatihan model, yang meliputi konversi nilai kategorikal menjadi bentuk numerik,

penanganan data yang hilang, serta normalisasi data agar memiliki skala yang seragam. Setelah proses tersebut, data dibagi menjadi dua kelompok, yakni data latih sebanyak 70% yang digunakan dalam proses pelatihan model jaringan syaraf tiruan dengan algoritma backpropagation, dan data uji sebanyak 30% yang digunakan untuk menguji tingkat akurasi model dalam memprediksi status kanker paru-paru pada data baru yang belum dikenali sebelumnya. Melalui pendekatan ini, penelitian bertujuan membangun model prediktif yang akurat dan andal dalam mendeteksi potensi kanker paru-paru berdasarkan data klinis yang tersedia.

Tabel 1. Data penelitian

No	AGE	GENDER	SMOKING	FINGER DISCOLORATION	MENTAL STRESS	EXPOSURE TO POLLUTION	LONG TERM ILLNESS	ENERGY LEVEL	...	STRESS IMMUNE	PULMONARY DISEASE
1	68	1	1	1	1	1	0	57.831	...	0	NO
2	81	1	1	0	0	1	1	47.694	...	0	YES
3	58	1	1	0	0	0	0	59.577	...	0	NO
4	44	0	1	0	1	1	0	59.785	...	0	YES
5	72	0	1	1	1	1	1	59.733	...	0	YES
6	37	1	1	1	1	1	1	57.684	...	0	YES
7	50	0	1	1	1	0	1	52.647	...	1	NO
8	68	0	1	1	1	0	1	53.306	...	0	NO
9	48	0	1	1	0	1	1	64.272	...	0	YES
10	52	0	0	0	1	1	1	58.319	...	0	NO
11	40	0	1	1	0	1	0	58.904	...	0	YES
12	40	1	1	0	0	1	1	55.691	...	0	YES
13	53	1	1	0	0	1	0	60.211	...	0	NO
14	82	1	0	1	0	1	0	62.671	...	0	NO
15	65	1	1	0	1	0	0	49.976	...	1	YES
16	69	0	0	1	0	0	0	59.741	...	0	NO
17	53	0	0	0	1	0	1	53.191	...	0	NO
18	32	1	1	1	0	1	0	57.510	...	0	YES
19	51	0	1	1	0	0	0	61.681	...	0	NO

Dalam algoritma backpropagation yang menggunakan fungsi aktivasi sigmoid, nilai keluaran berada dalam rentang antara 0 hingga 1. Oleh karena itu, penting untuk melakukan transformasi terhadap data input agar sesuai dengan rentang tersebut. Setelah melalui proses transformasi, data yang telah dikonversi akan disajikan secara rinci pada Tabel 2. Langkah ini sangat penting untuk menjamin kesesuaian data dengan kebutuhan algoritma serta meningkatkan interpretabilitas hasil. Dengan demikian, dampak dari penggunaan fungsi sigmoid dalam proses backpropagation dapat dipahami dengan lebih jelas.

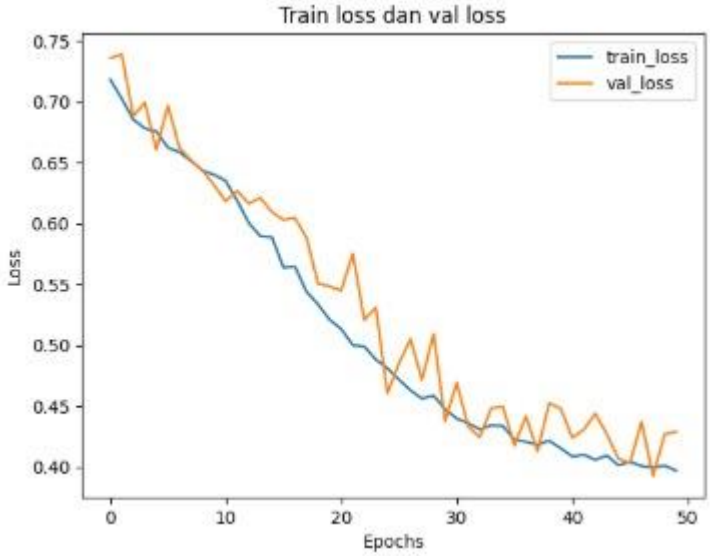
Tabel 2. Normalisasi Data

No	AGE	GENDER	SMOKING	FINGER DISCOLORATION	MENTAL STRESS	EXPOSURE TO POLLUTION	LONG TERM ILLNESS	ENERGY LEVEL	...	STRESS IMMUNE	PULMONARY DISEASE
1	68	1	1	1	1	1	0	0.578	...	0	0
2	81	1	1	0	0	1	1	0.408	...	0	1
3	58	1	1	0	0	0	0	0.607	...	0	0
4	44	0	1	0	1	1	0	0.610	...	0	1
5	72	0	1	1	1	1	1	0.610	...	0	1
6	37	1	1	1	1	1	1	0.575	...	0	1
7	50	0	1	1	1	0	1	0.491	...	1	0
8	68	0	1	1	1	0	1	0.502	...	0	0
9	48	0	1	1	0	1	1	0.685	...	0	1
10	52	0	0	0	1	1	1	0.586	...	0	0
11	40	0	1	1	0	1	0	0.596	...	0	1
12	40	1	1	0	0	1	1	0.542	...	0	1
13	53	1	1	0	0	1	0	0.618	...	0	0
14	82	1	0	1	0	1	0	0.659	...	0	0
15	65	1	1	0	1	0	0	0.446	...	1	1
16	69	0	0	1	0	0	0	0.610	...	0	0
17	53	0	0	0	1	0	1	0.500	...	0	0
18	32	1	1	1	0	1	0	0.572	...	0	1
19	51	0	1	1	0	0	0	0.642	...	0	0

3.4 Backpropagation

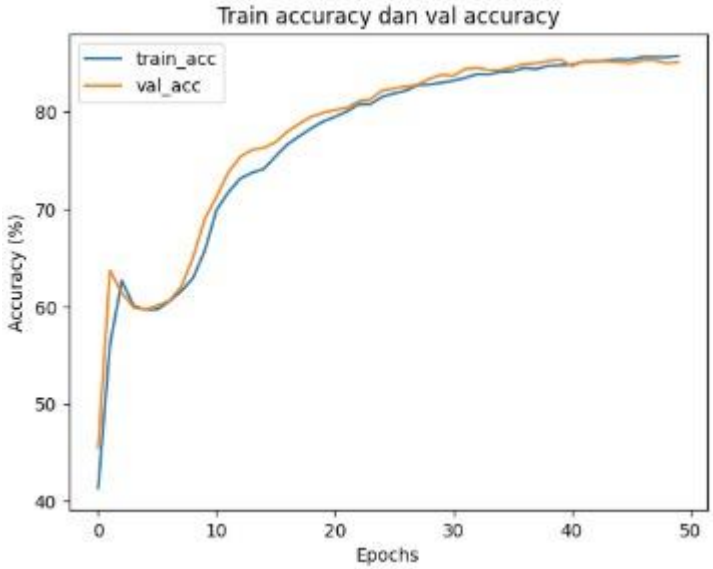
Algoritma backpropagation merupakan salah satu metode pelatihan jaringan saraf tiruan yang paling umum digunakan. Metode ini bekerja dengan menghitung error dari hasil output jaringan terhadap target yang diinginkan, kemudian menyebarkan error tersebut ke belakang melalui jaringan untuk memperbarui bobot-bobot koneksi antar neuron (Zer & Tambunan, 2024). Tujuan dari proses ini adalah meminimalkan nilai loss (kesalahan) dan meningkatkan akurasi prediksi model melalui proses iteratif dalam beberapa epoch.

Pada penelitian ini, pelatihan dilakukan selama 50 epoch untuk mengamati konvergensi model terhadap data pelatihan dan data validasi. Hasil pelatihan ditunjukkan melalui dua grafik utama, yaitu grafik *loss* dan grafik *accuracy*. Grafik *loss* menunjukkan performa model dalam meminimalkan kesalahan prediksi, sementara grafik *accuracy* menunjukkan tingkat keberhasilan model dalam melakukan klasifikasi yang benar.



Gambar 2. Train dan Validation Loss

Gambar 2 memperlihatkan nilai *train loss* dan *validation loss* yang menurun secara konsisten selama proses pelatihan. Penurunan ini menunjukkan bahwa model mampu mempelajari pola data dengan baik dan meminimalkan kesalahan prediksi terhadap data latih maupun data uji. Tidak terdapat lonjakan signifikan pada nilai *validation loss* yang mengindikasikan tidak terjadinya *overfitting* secara signifikan selama pelatihan.



Gambar 3. Train dan Validation Accuracy

Sementara itu, Gambar 3 menunjukkan tren peningkatan akurasi baik pada data pelatihan (*train accuracy*) maupun validasi (*validation accuracy*). Akurasi model meningkat pesat pada awal epoch, lalu mengalami stabilisasi mendekati nilai maksimal di atas 85%. Konsistensi antara *train accuracy* dan *val accuracy* menunjukkan kemampuan generalisasi model yang baik terhadap data yang tidak dilatih sebelumnya. Model yang dihasilkan oleh algoritma backpropagation dalam eksperimen ini menunjukkan

performa yang optimal dan stabil, baik dari segi penurunan kesalahan maupun peningkatan akurasi klasifikasi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang mencakup identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, serta implementasi algoritma Backpropagation, dapat disimpulkan bahwa keberhasilan model dalam melakukan klasifikasi penyakit paru-paru sangat dipengaruhi oleh pemilihan parameter pelatihan yang tepat. Penggunaan parameter default terbukti belum mampu memberikan hasil yang optimal, sehingga diperlukan pendekatan sistematis dalam pengaturan parameter seperti learning rate, jumlah neuron tersembunyi, dan jumlah epoch. Data yang digunakan berasal dari dataset publik di platform Kaggle, yang telah melalui tahap prapemrosesan berupa konversi nilai kategorikal, penanganan data hilang, serta normalisasi agar sesuai dengan fungsi aktivasi sigmoid. Proses pelatihan selama 50 epoch menunjukkan penurunan nilai loss secara konsisten dan peningkatan akurasi yang stabil baik pada data pelatihan maupun validasi, yang menandakan bahwa model berhasil belajar dengan baik dan memiliki kemampuan generalisasi yang kuat. Oleh karena itu, algoritma Backpropagation dapat digunakan sebagai metode yang efektif dalam membangun sistem prediksi penyakit paru-paru berbasis data klinis.

ACKNOWLEDGEMENTS

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini

REFERENCES

A. Aziz, Z., Naseradeen Abdulqader, D., Sallow, A. B., & Khalid Omer, H. (2021). Python Parallel Processing and Multiprocessing: A Rivew. *Academic Journal of Nawroz University*, *10*(3), 345–354. https://doi.org/10.25007/ajnu.v10n3a1145

Hagberg, A., & Conway, D. (2020). NetworkX : Network Analysis with Python Today ' s Outline. *The 30th SunBelt Conference*, *February*, 1–51.

Hataya, R., Zdenek, J., Yoshizoe, K., & Nakayama, H. (2020). Faster AutoAugment: Learning Augmentation Strategies Using Backpropagation. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *12370 LNCS*, 1–16. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58595-2_1

Kazil, J., Masad, D., & Crooks, A. (2020). Utilizing Python for Agent-Based Modeling: The Mesa Framework. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 12268 LNCS* (Issue May). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61255-9_30

Kheradpisheh, S. R., & Masquelier, T. (2020). Temporal Backpropagation for Spiking Neural Networks with One Spike per Neuron. *International Journal of Neural Systems*, *30*(6). https://doi.org/10.1142/S0129065720500276

Kovács, L., & Ghous, H. (2020). Efficiency comparison of Python and RapidMiner. *Multidiszciplináris Tudományok*, *10*(3), 212–220. https://doi.org/10.35925/j.multi.2020.3.26

Mubarokh, M. F., Nasir, M., & Komalasari, D. (2020). Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Penjualan Pakaian Menggunakan Algoritma Backpropagation. *Journal of Computer and Information Systems Ampera*, *1*(1), 29–43. https://doi.org/10.51519/journalcisa.v1i1.3

Muhammad Thoriq, Syaputra, A. E., & Eirlangga, Y. S. (2024). Prediksi Peningkatan Kunjungan Pasien Dimasa Mendatang Mengunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal Fasilkom*, *14*(1), 34–40. https://doi.org/10.37859/jf.v14i1.6068

Muzakki, F., Ubaydillah, I., Assyiami, N. R., & Soleha, S. (2024). Penerapan Algoritma C4.5 Untuk Prediksi Penyakit Jantung Menggunakan Rapidminer. *Jurnal Komputer Antartika*, *2*(2), 71–79. https://doi.org/10.70052/jka.v2i2.304

Rahman Wahid, M. A., Nugroho, A., & Halim Anshor, A. (2023). Prediksi Penyakit Kanker Paru-Paru Dengan Algoritma Regresi Linier. *Bulletin of Information Technology (BIT)*, *4*(1), 63–74. https://doi.org/10.47065/bit.v4i1.501

Rathi, N., Srinivasan, G., Panda, P., & Roy, K. (2020). Enabling Deep Spiking Neural Networks With Hybrid Conversion and Spike Timing Dependent Backpropagation. *8th International Conference on Learning Representations, ICLR 2020*, 1–14.

Setiyani, L., Wahidin, M., Awaludin, D., & Purwani, S. (2020). Analisis Prediksi Kelulusan Mahasiswa Tepat Waktu Menggunakan Metode Data Mining Naïve Bayes : Systematic Review. *Faktor Exacta*, *13*(1), 35. https://doi.org/10.30998/faktorexacta.v13i1.5548

Syafiq, M., Hartama, D., Kirana, I. O., Gunawan, I., & Wanto, A. (2020). Prediksi Jumlah Penjualan Produk di PT Ramayana Pematangsiantar Menggunakan Metode JST Backpropagation. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*,

7(1), 175. https://doi.org/10.30865/jurikom.v7i1.1963

Umar, U., Alyah, R., Amin, I., & syahir. (2022). *Implementasi Teknik Non-Invasive Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Mendeteksi Kadar Glukosa Darah Dengan Proses Citra*. 74–82.

Zer, P. P. P. A. N. W. F. I. R. H., & Tambunan, F. N. (2024). Optimization of Backpropagation Method with PSO to Improve Prediction of Land Area and Rice Productivity. *SinkrOn*, *8*(October), 2503–2509.