

Prediksi Vaksinasi Terhadap Penambahan Kasus Covid-19 Dengan Neural Network

Irma Darmayanti^{1*}, Arief Rachman Hakim², Pungkas Subarkah², Dias Ayu Budi Utami³, Prastyadi Wibawa Rahayu⁴

¹Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Amikom Purwokerto, Indonesia.

²Program Studi Informatika, Universitas Amikom Purwokerto, Indonesia.

³Program Studi Sistem Informasi, Universitas Amikom Purwokerto, Indonesia.

⁴Program Studi Teknik Informatika, Universitas Dhyana Pura, Indonesia.

Artikel Info

Kata Kunci:

Machine Learning;
Neural Network;
Prediksi;
Vaksinasi.

Keywords:

Machine Learning;
Neural Network;
Predictions;
Vaccination.

Riwayat Artikel:

Submitted: 21 November 2023

Accepted: 24 Februari 2024

Published: 31 Maret 2024

Abstrak: Covid-19 menjadi masalah kritis yang harus segera diselesaikan. Karena telah menyebabkan peningkatan kasus dan kematian yang signifikan di seluruh dunia. Upaya pencegahan dan pengendalian yang dilakukan oleh berbagai negara meliputi penutupan, pembatasan sosial, dan termasuk vaksinasi tak terkecuali di Indonesia. Analisis dan pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan antara vaksinasi dan penambahan kasus Covid-19 diperlukan. Dengan perkembangan teknologi dan berdasarkan penelitian terdahulu model kecerdasan buatan yang salah satunya berupa jaringan saraf tiruan (neural network) dapat membantu dalam memodelkan dan memprediksi dampak vaksinasi terhadap penambahan kasus Covid-19. Penelitian ini melakukan perhitungan prediksi vaksinasi terhadap laju kenaikan kasus di Indonesia dengan Neural Network menggunakan struktur backpropagation. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data Covid-19 dan data vaksinasi ditahun 2020 sampai 2021. Hasil yang didapa bahwa model Neural Network dapat melakukan prediksi vaksinasi. Dengan pola skenario batchSize = 32, hidden layer = 5, learningRate = 0.3, momentum = 0.2, dan trainingTime = 100 menunjukkan akurasi 60,73% dengan nilai RMSE 0.484, yang mana diketahui bahwa 99 data yang berhasil diprediksi dengan tepat.

Abstract: Covid-19 has emerged as a critical issue that requires immediate resolution due to its significant global impact, leading to a considerable increase in cases and deaths worldwide. Efforts to prevent and control the spread of the virus by various countries include lockdowns, social restrictions, and vaccination programs, including those in Indonesia. A deeper analysis and understanding of the relationship between vaccination efforts and the increase in Covid-19 cases are necessary. Advances in technology and based on existing research, artificial intelligence models, such as neural networks, can aid in modeling and predicting the impact of vaccination on the rise in Covid-19 cases. This study predicts the impact of vaccination on the rate of increase in cases in Indonesia using a Neural Network with a backpropagation structure. The data used in this research includes Covid-19 and vaccination data from 2020 to 2021. The results show that the Neural Network model can predict the vaccination impact with a scenario pattern of batchSize = 32, hidden layer = 5, learningRate = 0.3, momentum = 0.2, and trainingTime = 100, demonstrating an accuracy of 60.73% with an RMSE value of 0.484, indicating that 99 data points were accurately predicted.

Corresponding Author:

Irma Darmayanti

Email: irmada@amikompuwoko.ac.id

PENDAHULUAN

Pandemi Covid-19 telah menjadi salah satu tantangan terbesar yang dihadapi oleh dunia sejak awal tahun 2020. Penyebaran virus SARS-CoV-2 telah menyebabkan peningkatan kasus dan kematian yang signifikan di seluruh dunia (Arianto & Sutrisno, 2021). Covid-19 sangat mudah dan cepat menular, diketahui 215 negara kedapatan telah terinfeksi yang mana penularannya dari manusia (Hastuti et al., 2020). Upaya pencegahan dan pengendalian yang dilakukan oleh berbagai negara meliputi penutupan, pembatasan sosial, dan vaksinasi massal. Di antara langkah-langkah tersebut, vaksinasi telah menjadi salah satu alat utama untuk mengurangi penyebaran virus dan mengendalikan dampak pandemi (Coccia, 2022). Namun, efektivitas vaksinasi dalam mengurangi jumlah kasus baru Covid-19 dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk tingkat vaksinasi, jenis vaksin yang digunakan, perubahan varian virus, dan faktor-faktor lainnya (Falahi & Kenarkoochi, 2022) (Fauziah & Sari, 2023). Oleh karena itu, diperlukan analisis dan pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan antara vaksinasi dan penambahan kasus Covid-19.

Dalam konteks ini, penggunaan teknologi terkini seperti jaringan saraf tiruan (neural network) dapat membantu dalam memodelkan dan memprediksi (Fauziah & Sari, 2023), salah satunya dampak vaksinasi terhadap penambahan kasus Covid-19. Neural network adalah alat yang kuat dalam analisis data yang kompleks dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola, tren, dan hubungan yang sulit dipahami dengan pendekatan konvensional (Resha & Syamsu, 2021). Dalam memprediksi pandemi Covid-19 model neural network sebelumnya telah diterapkan pada penelitian dengan judul "Prediksi Pandemi Covid 19 Kota Semarang Menggunakan Pendekatan Neural Network" (Hendrawan et al., 2020). Penelitian ini melakukan peramalan kasus Covid-19 untuk 1 minggu ke depan dengan menerapkan desain serta hyperparameter paling baik dari ANN dengan teknik Long-Short Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU). Pelatihan teknik LSTM dan GRU dimulai dari iterasi 100 sampai 500. Hasil yang diperoleh memperlihatkan teknik yang paling efektif dan akurat adalah menggunakan GRU (Gated Recurrent Units) dengan nilai MSE lebih kecil dari LSTM.

Penelitian lainnya yaitu "Application of artificial neural networks to predict the Covid -19 outbreak" (Niazkar, 2020). Penelitian ini menyimpulkan bahwa model berbasis ANN untuk memperkirakan kasus terkonfirmasi Covid-19 di Cina, Jepang, Singapura, Iran, Italia, Afrika Selatan, dan Amerika Serikat dengan memperhitungkan 14 hari sebelumnya sebagai masa inkubasi dapat memberikan hasil yang akurat.

Penelitian yang dilakukan oleh (Lauddin et al., 2021) menyebutkan bahwa analisis regresi menunjukkan atribut PDRB merupakan atribut yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah terkonfirmasi COVID-19 di Jawa Timur. Penelitian ini memperkirakan jumlah terkonfirmasi positif COVID-19 masih terus naik hingga akhir Juli 2021.

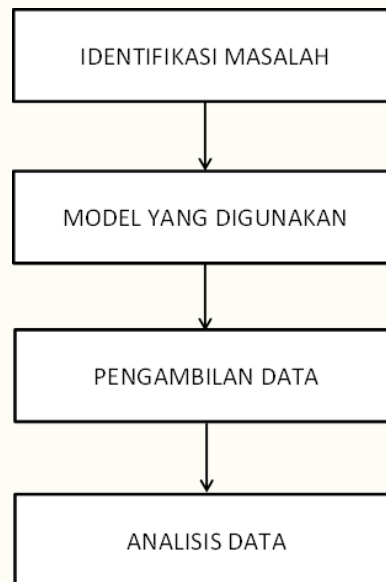
Berdasarkan penelitian terdahulu model Neural Network dalam kecerdasan buatan dapat mengajarkan komputer untuk memproses data dengan cara yang terinspirasi oleh otak manusia salah satunya untuk melakukan prediksi. Namun, penelitian terdahulu lebih berfokus pada penerapan teknik jaringan saraf tiruan (artificial neural network) secara umum dalam memprediksi perkembangan pandemi Covid-19. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa Neural Network dapat digunakan sebagai alat yang efektif untuk meramalkan perkembangan pandemi Covid-19. Dengan demikian, penelitian sebelumnya telah memberikan kontribusi yang berharga dalam pemahaman dan upaya antisipasi terhadap penyebaran virus Covid-19 secara lebih efektif.

Meskipun penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa Neural Network dapat digunakan untuk meramalkan perkembangan pandemi Covid-19 secara umum, dalam penelitian ini memberikan kontribusi yang berbeda dan bernilai tambah dengan menitikberatkan pada pengaruh vaksinasi terhadap penyebaran virus. Dengan memfokuskan pada aspek vaksinasi, penelitian ini memberikan wawasan baru tentang bagaimana vaksinasi dapat memengaruhi tren penambahan kasus Covid-19. Hal ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan kebijakan terkait vaksinasi, termasuk alokasi sumber daya dan strategi vaksinasi yang lebih efektif.

Untuk itu penelitian ini, bertujuan untuk mengembangkan model prediksi menggunakan neural network yang mampu menghubungkan data vaksinasi dengan perkembangan kasus Covid - 19. Dengan memahami dampak vaksinasi secara lebih mendalam, penelitian ini akan memberikan wawasan kepada para pengambil keputusan, peneliti, dan masyarakat umum tentang sejauh mana vaksinasi dapat membantu mengendalikan penyebaran virus dan meminimalkan risiko kasus baru.

METODE

Penelitian ini penelitian kuantitatif yang penekanan analisis pada data numerik, diproses dengan metode matematis. Skema penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Penelitian

1. Identifikasi Masalah

Proses awal penelitian yaitu studi Pustaka untuk menetapkan permasalahan, solusi masalah, tujuan pengkajian, manfaat pengkajian dan kemurnian pengkajian.

2. Model yang digunakan

Model penelitian dijalankan memakai algoritma machine learning yaitu model neural network menggunakan struktur pola backpropagation. Backpropagation, atau yang dikenal juga sebagai propagasi balik, adalah teknik yang sering digunakan untuk melatih jaringan saraf tiruan untuk menyelesaikan tugas yang diberikan dengan mengoreksi dan menyesuaikan bobot dan bias dari setiap neuron dalam jaringan (Andrian, 2014) (Hizham et al., 2018). Menurut Amri Metode Backpropagation merupakan metode yang sering digunakan dalam berbagai bidang aplikasi, seperti pengenalan pola, peramalan, dan optimasi (Wijaya, 2019).

Proses backpropagation ada tiga fase: feedforward masukan data sebagai training, backpropagation nilai error, dan pembiasan bobot setiap node di tiap lapisan neural network.

$$z_{in_j} = \theta_{1j} + \sum_{i=1}^n x_i v_j \quad (1)$$

dan

$$z_j = f(z_j) \quad (2)$$

θ_{1j} = bias hidden unit ke-j. selisih hasil prediksi rata-rata dari model ML yang dikembangkan dan data nilai aktual serta bobot awal diperoleh mengambil secara acak. Tiap unit output ke-k(Y_k).

$$Y_k = \theta_{2k} + \sum_j z_k w_{jk} \quad (3)$$

dan

$$Y_k = f(Y_k) \quad (4)$$

θ_{2k} = bias hidden unit ke-k. Semasa pelatihan berjalan, tiap unit keluaran akan mempersamakan nilai sasaran (T_m) dengan pola masukan menghitung parameter yang memperbaharui bobot nilai disetiap satuan pada setiap strata (Yanti, 2011).

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang akurat, Root Mean Squared Error (RMSE) dilakukan peneliti untuk mengevaluasi hasil yang didapat.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2} \quad (5)$$

Semakin nilai mendekati 0 maka akurasi hasil prediksi meningkat (Suprayogi et al., 2014). RMSE menyajikan hasil yang tidak ambigu dan memenuhi ketidaksetaraan yang diperluka saat menghitung metrik fungsi jarak (Chai & Draxler, 2014).

3. Pengambilan Data

Teknik Pengambilan Data sebagai bahan penelitian, peneliti mengambil 2 data yaitu data konfirmasi kasus Covid-19 yang diambil dari kaggle dan data vaksinasi dosis 1-2 Indonesia yang diambil dari our world in Data. Olah data dilakukan dengan model neural network dengan struktur backpropagation.

4. Analisis Data

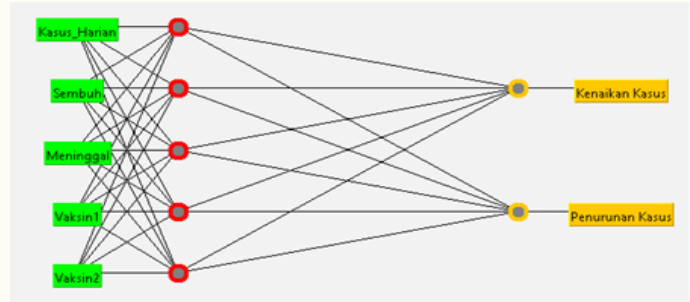
Proses pengujian dengan Root Mean Squared Error (RMSE) agar memperoleh nilai akurasi dari komputasi model neural network yang dilakukan dalam memprediksi dampak vaksinasi terhadap kenaikan kasus Covid-19 di Indonesia. Root-mean-squared error (RMSE) adalah metrik standar yang digunakan dalam evaluasi model (Hizham et al., 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dirancang untuk menerapkan neural network dalam meramalkan vaksinasi terhadap penambahan kasus Covid -19, dengan mempertimbangkan sejumlah faktor seperti jumlah penambahan kasus harian, jumlah kesembuhan pasien, jumlah pasien yang meninggal, jumlah akseptor vaksin dosis pertama dan jumlah akseptor vaksin dosis kedua yang diketahui dari 2020 s/d 2021. Dengan jumlah akseptor yang memiliki perbedaan memberikan kesempatan yang memadai untuk menguji model-model yang diusulkan (Bhakti, 2019). Data yang sesuai digai menjadi dua bagian untuk data latih dan data uji. Data pertama untuk melatih model neural network, sedangkan data yang kedua dieksploitasi untuk tujuan perbandingan (Hukubun, 2022). Dengan demikian estimasi kasus terkonfirmasi akumulatif dari data uji dibandingkan dengan data observasi.

Neural Network merupakan model AI yang terdokumentasi dengan baik yang terinspirasi oleh kerangka kerja neuron biologi manusia (Bhakti, 2019). Pada penelitian ini algoritma dari model backpropagation diterapkan dengan menggunakan aplikasi Weka. Weka sebuah aplikasi yang memiliki Weka juga memiliki banyak *tool* untuk pengolahan data, mulai dari *preprocessing*, *classification*, *association rules*, dan *visualization* (Faid et al., 2019). Dengan aplikasi Weka maka proses lebih efektif dan menghasilkan suatu auran dalam waktu yang singkat (Hasugian, 2017).

Prediksi dilakukan dengan backpropagation menggunakan basis data yang berisi 490 data latih dan 163 data uji yang dipilih secara acak dan digunakan untuk validasi. Pola skenario yang digunakan untuk percobaan: neuron input sebanyak 5, hidden layer 5, neuron output 1, batch size 5, learning rate 0.3, nilai momentum 0.2 dan training time 100.



Gambar 2. Pola Skenario

Pola skenario yang diilustrasikan pada Gambar 2 terstruktur menjadi 5 lapisan input neuron, 5 lapisan tersembunyi dan 1 lapisan output dengan 2 neuron. Pola yang dihasilkan menggunakan Weka digunakan untuk memprediksi pengaruh vaksinasi terhadap laju kenaikan kasus Covid-19.

Pola skenario yang dilatih divalidasi menggunakan cross validation dengan folds 10 dengan hasil yang tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Detail Akurasi Training Data

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F- Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
	1	0,007	0,997	1	0,999	0,995	1	1	Kenaikan Kasus
	0,993	0,000	1,000	0,993	0,998	0,995	1	1	Penurunan Kasus
Weighted Avg.	0,998	0,005	0,998	0,998	0,996	0,995	1	1	

Tabel 1 menunjukkan nilai 1 untuk ROC padapola skenario yang dibangun yang berarti representasi rancangan yang dibuat sudah sangat baik, karena semakin menyamai nilai 1 semakin baik pola yang dibuat. Rancangan pola tersebut disimpan sebagai model untuk menjalankan pengujian pada testing.

Hasil prediksi testing data memvisualisasikan model dengan 7 sigmoid node yang dimulai dari 0. Algoritma backpropagation ditampilkan di jendela keluaran pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Prediksi Testing Data

Kasus_Harian	Sembuh	Meninggal	Vaksin_1	Vaksin_2	Predicted_Status
31189.0	15863.0	728.0	1413761.0	232046.0	Kenaikan Kasus
34379.0	14835.0	1040.0	323768.0	175833.0	Kenaikan Kasus
38391.0	21185.0	852.0	820889.0	178689.0	Kenaikan Kasus
38124.0	28975.0	871.0	914881.0	246075.0	Kenaikan Kasus
35094.0	28561.0	826.0	417509.0	100753.0	Penurunan Kasus
36197.0	32615.0	1007.0	73943.0	42018.0	Kenaikan Kasus
40427.0	34754.0	891.0	101172.0	25120.0	Kenaikan Kasus
47899.0	20123.0	864.0	546416.0	154530.0	Kenaikan Kasus
54517.0	17762.0	991.0	1994826.0	420556.0	Kenaikan Kasus
56757.0	19049.0	982.0	718716.0	648545.0	Kenaikan Kasus
54000.0	28079.0	1205.0	600662.0	130630.0	Kenaikan Kasus
51952.0	27903.0	1092.0	1039456.0	277126.0	Penurunan Kasus
44721.0	29264.0	1093.0	405379.0	56295.0	Kenaikan Kasus
34257.0	32217.0	1338.0	421705.0	126201.0	Kenaikan Kasus
38325.0	29791.0	1280.0	249324.0	50937.0	Kenaikan Kasus
33772.0	32887.0	1383.0	266927.0	155387.0	Kenaikan Kasus

49509.0	36370.0	1449.0	544193.0	289525.0	Kenaikan Kasus
49071.0	38988.0	1566.0	561459.0	289525.0	Kenaikan Kasus
45416.0	39767.0	1415.0	390672.0	321821.0	Penurunan Kasus
38679.0	37640.0	1266.0	362048.0	430538.0	Penurunan Kasus
28228.0	40374.0	1487.0	258346.0	223374.0	Kenaikan Kasus
45203.0	47128.0	2069.0	550229.0	536465.0	Kenaikan Kasus
47791.0	43856.0	1824.0	456363.0	436819.0	Kenaikan Kasus
43479.0	45494.0	1893.0	555030.0	566060.0	Kenaikan Kasus
41168.0	44550.0	1759.0	516051.0	477199.0	Penurunan Kasus
37284.0	39372.0	1808.0	420521.0	388402.0	Kenaikan Kasus
30738.0	39446.0	1604.0	251654.0	138256.0	Penurunan Kasus
22404.0	32807.0	1568.0	8215.0	261346.0	Penurunan Kasus
33900.0	31324.0	1598.0	619825.0	502483.0	Kenaikan Kasus
35867.0	34251.0	1747.0	379057.0	528458.0	Kenaikan Kasus

Analisis data bertujuan untuk mengevaluasi akurasi dari proses yang telah dilakukan dimana acuan evaluasi pada algoritma di Machine Learning menggunakan acuan Confusion Matrix(Li et al., 2020). Confusion Matrix merepresentasikan prediksi dan kondisi sebenarnya dari data yang dihasilkan. Ketepatan akurasi model backpropagation disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Confusion Matrix Hasil Prediksi Testing Data

a	b	classified as
77	20	a = Kenaikan Kasus
44	22	b = Penurunan Kasus

Dari tabel 3 diketahui akan ada 4 kemungkinan case terjadi, case pertama dimana 77 data yang diprediksi menunjukkan kebenaran akan kenaikan kasus Covid-19, case kedua 22 data yang diprediksi menunjukkan kebenaran penurunan kasus Covid-19, case ketiga 20 data yang diprediksi sebagai kenaikan kasus ternyata tidak, dan case keempat 44 data yang diprediksi sebagai penurunan kasus ternyata adalah kenaikan kasus. Dengan detail nilai akurasi yang disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Detail Nilai Akurasi Prediksi Testing Data

	Weighted Avg.
<i>Precision</i>	0.591
<i>Recall</i>	0.607
<i>F-Measure</i>	0.585
<i>ROC Area</i>	0.621

Pengujian RMSE dilakukan untuk mengevaluasi seberapa baik model memprediksi nilai target sebenarnya. Pengujian RMSE menunjukkan bahwa model memiliki nilai sebesar 0.484.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengkajian yang dilakukan terhadap 5 variabel masukan dan 1 variabel target maka disimpulkan: (1) *Neural network* dapat melakukan prediksi vaksinasi terhadap penambahan kasus Covid-19 dengan nilai akurasi 60,73% dimana kemungkinan dari 163 data terdapat 99 data yang berhasil diprediksi dengan tepat dan 64 data yang tidak berhasil diprediksi dengan tepat; (2) Pemodelan data yang dilakukan dengan Neural Network struktur pola backpropagation menggunakan skenario batchSize = 32, hidden layer = 5, learningRate = 0.3, momentum = 0.2, dan trainingTime = 100 dinyatakan sudah baik karena nilai error RMSE yang dihasilkan sebesar 0,484; (3) Dari hasil yang didapat vaksinasi dapat menurunkan laju penambahan kasus Covid-19 namun akan lebih baik jika dilakukan pembandingan dengan model-model lain pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrian, A. (2014). Penerapan Algoritma Backpropagation Dan Principal Component Analysis Untuk Pengenalan Wajah. *Teknovasi*, 1(2), 62–70.
- Arianto, D., & Sutrisno, A. (2021). Kajian Antisipasi Pelayanan Kapal dan Barang di Pelabuhan Pada Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Penelitian Transportasi Laut*, 22(2), 97–110. <https://doi.org/10.25104/transla.v22i2.1682>
- Bhakti, H. D. (2019). Aplikasi Artificial Neural Network (ANN) untuk Memprediksi Masa Studi Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Gresik. *Eksplora Informatika*, 9(1), 88–95. <https://doi.org/10.30864/eksplora.v9i1.234>
- Chai, T., & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? - Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247–1250. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>
- Coccia, M. (2022). Optimal levels of vaccination to reduce COVID-19 infected individuals and deaths: A global analysis. *Environmental Research*, 204(Pt C), 112314. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112314>
- Faid, M., Jasri, M., & Rahmawati, T. (2019). Perbandingan Kinerja Tool Data Mining Weka dan Rapidminer Dalam Algoritma Klasifikasi. *Teknika*, 8(1), 11–16. <https://doi.org/10.34148/teknika.v8i1.95>
- Falahi, S., & Kenarkoohi, A. (2022). Host factors and vaccine efficacy: Implications for COVID-19 vaccines. *Journal of Medical Virology*, 94(4), 1330–1335. <https://doi.org/10.1002/jmv.27485>
- Fauziah, D. A., & Sari, D. N. (2023). Efektivitas Vaksinasi terhadap Tingkat Keparahan Covid-19. *Jurnal Epidemiologi Kesehatan Indonesia*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.7454/epidkes.v7i1.6374>
- Hastuti, N., Djanah, S. N., Pascasarjana, M., & Dahlan, U. A. (2020). Studi Tinjauan Pustaka : Penularan Dan Pencegahan Penyebaran Covid-19 Literature Review Study : Transmission And Prevention Of The Spread Of Covid-19. *An-Nadaa: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7(2), 70–76.
- Hasugian, P. M. (2017). Pengujian Algoritma Apriori Dengan Aplikasi Weka Dalam Pembentukan Asosiation Rule. *Jurnal Mantik Penusa*, 1(2), 98–103.
- Hendrawan, A., Vydia, V., & Cholil, S. R. (2020). Prediksi Pandemi Covid 19 Kota Semarang Menggunakan Pendekatan Neural Network. *JURNAL RIPTEK*, 15(1), 43–46.
- Hizham, F. A., Nurdiansyah, Y., & Firmansyah, D. M. (2018). Implementasi Metode Backpropagation Neural Network (BNN) dalam Sistem Klasifikasi Ketepatan Waktu Kelulusan Mahasiswa (Studi Kasus: Program Studi Sistem Informasi Universitas Jember). *Berkala Sainstek*, 6(2), 97. <https://doi.org/10.19184/bst.v6i2.9254>
- Hukubun, A. (2022). Neural Network. *Artificial Intelligence*.
- Lauddin, F. M., Hardhienata, M. K. D., AAdisantoso, J., Abadi, D., Abadi, F., Abdillah, M. N., Abdulbaaqiy, C. L., Abdullah, I. N. [1], Abdurrohman, M. A., Abialdo, J., Abidin, J. A. Z., Abiyoga, I., Abriantini, G., Achyat, M. B. P., Adam, M. A. N. [2], Adelia, D. [1], Adhani, G., Adhieputra, D. A. A., Adhikara, G. G., & Adhima, F. (2021). Model Prediksi Jumlah Kasus COVID-19 dan Analisis Berbasis Demografi, Sosial dan Ekonomi Menggunakan Long Short Term Memory (Studi Kasus di Jawa Timur). *Scientific Repository*. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/108854?show=full>
- Li, L., Yang, Z., Dang, Z., Meng, C., Huang, J., Peng, H., & Shao, Y. (2020). Propagation analysis and prediction of the COVID-19. *Infectious Disease Modelling*, 5, 282–292. <https://doi.org/10.1016/j.idm.2020.03.002>

- Niazkar, H. R. (2020). Application of artificial neural networks to predict the COVID-19 outbreak. *Global Health Research and Policy*.
- Resha, M., & Syamsu, S. (2021). *Prediksi Penyebaran Kasus Tuberkulosis dengan metode Artificial Neural Network dan Multi-Layer Perceptron di kota makassar*.
- Suprayogi, I., Trimaijon, & Mahyudin. (2014). Model Prediksi Liku Kalibrasi Menggunakan Pendekatan Jaringan Saraf Tiruan (ZST) (Studi Kasus : Sub DAS Siak Hulu). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 1(1), 1–18.
- Wijaya, A. H. (2019). Artificial Neural Network Untuk Memprediksi Beban Listrik Dengan Menggunakan Metode Backpropagation. *Jurnal CoreIT*, 5(2), 61–70.
- Yanti, N. (2011). Penerapan Metode Neural Network Dengan Struktur Backpropagation Untuk Prediksi Stok Obat Di Apotek (Studi Kasus : Apotek ABC). *SNATI*, 2011, 17–18.