

PEMODELAN PREDIKTIF MENGGUNAKAN ALGORITMA BACKPROPAGATION

Lalu Heri Aguswandi^{1*}, Dian Syafitri², and Tomi Tri Sujaka³

E-Mail:

¹ heri170890@gmail.com

² dian_syafitri@universitasbumigora.ac.id

³ tomi_tri@universitasbumigora.ac.id

ABSTRACT

Prediksi adalah proses memperkirakan seara sistematis apa yang paling mungkin terjadi di masa depan berdasarkan informasi masa lalu dan sekarang untuk meminimalkan kesalahan, penelitian ini menyajikan sebuah tinjauan literatur yang komperhensif mengenai berbagai penerapan teknik backpropagation dalam pemodelan prediktif pada lima konteks prediksi yaitu prediksi pertandingan hasil sepak bola, prediksi harga minyak, prediksi mahasiswa baru, prediksi harga saham, dan prediksi siswa penerima bantuan. Dengan mengeksplorasi berbagai metode dan strategi yang muncul dari literatur terkini, pada penelitian ini di uraikan kemajuan yang signifikan dan berbagai tantangan yang dihadapi dalam penggunaan backpropagation untuk meramalkan hasil dalam berbagai konteks. Penelitian ini juga menyoroti perkembangan terkini serta memberikan wawasan mendalam tentang algoritma backpropagation dalam analisis prediktif dengan berbagai penerapan metode untuk meningkatkan akurasi dari sebuah model serta meminimalkan kesalahan prediksi Mean Square Error (MSE).

ARTICLE INFO

Keywords:

Prediksi; Pemodelan Prediktif; Backpropagation; neural network; jaringan saraf tiruan

Corresponding Author:

Lalu Heri Aguswandi, heri170890@gmail.com

INTRODUCTION

Jaringan saraf tiruan merupakan suatu representasi buatan otak manusia, dan selalu berusaha menunjukkan proses pembelajaran otak manusia. Dalam ilmu komputer, jaringan saraf tiruan banyak digunakan untuk memecahkan masalah terkait prediksi. Backpropagation adalah salah satu metode pelatihan untuk jaringan saraf tiruan, yang memili fitur untuk meminimalkan kesalahan dalam keluaran yang dihasilkan oleh jaringan. Backpropagation melatih jaringan untuk mencapai keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama

pelatihan dan kemampuan jaringan untuk merespon dengan benar pola input dengan pola yang digunakan selama pelatihan yang dilakukan(Veri et al., 2022a).

Prediksi (peramalan) merupakan hal yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Karena dengan melakukan prediksi, maka suatu masalah akan dapat diperkecil dampak yang akan terjadi kedepannya(Handayani & Adri, 2015). Akan tetapi proses prediksi tidaklah mudah, dibutuhkan model dasar dan data rangkaian waktu dari masalah-masalah tersebut, yang umumnya rumit dengan cara estimasi keakuratan yang tidak mudah dicapai, sehingga membutuhkan teknik yang lebih maju(Wanto, 2018). Salah satu teknik yang baik digunakan untuk prediksi adalah jaringan saraf tiruan backpropagation karena algoritma backpropagation(Wanto & Windarto, 2017)memungkinkan untuk menghindari kesulitan yang dijelaskan menggunakan aturan belajar yang mirip dengan plastisitas lonjakan waktu yang tergantung pada sinapsis(Wanto & Windarto, 2017).

METHOD

Dalam literatur review, metodologi penelitan yang digunakan bersifat deskriptip- analitis, dimana peneliti peneliti mengevaluasi, menganalisis, dan merangkum temuan serta pendekatan penelitian yang dilaporkan oleh peneliti lain. Berikut adalah langkah-langkah umum dalam metodologi penelitian literatur review yang diawali dengan penetapan ruang lingkup untuk mengidentifikasi perkemabangan terkini, mengevaluasi metode penelitian, selanjutnya identifikasi sumber literatur melalui basis data akademis, journal ilmiah dan sumber-sumber lainnya yang relevan dengan topik penelitian, selanjutnya memilih literatur yang sesuai dan dilanjutkan dengan menganalisa dan sintesis litaratur untuk mengidentifikasi kesamaan dan perbedaan dan yang terakhir adalah penulisan literatur review dengan sturktur yang jelas, berikut lima penelitian terdahulu yang dijadikan rujukan.

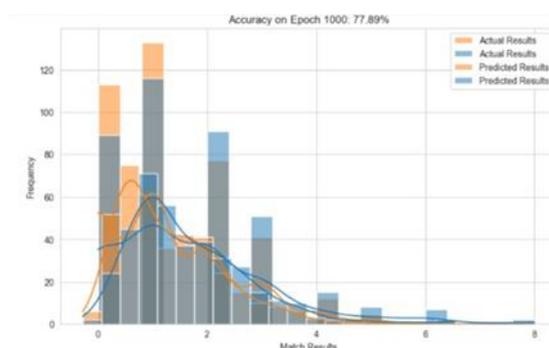
Tabel 1. Identifikasi sumber literatur

Penulis	Judul / Tahun
Khairul Alim, Dwi Murni	PREDIKSI HASIL PERTANDINGAN SEPAK BOLA LIGA PREMIER INGGRIS DENGAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BACKPROPAGATION (2023)
Steven Soewignjo, Sediono, M Fariz, Fadillah Mardianto, Elly Pusporiani	Prediksi Harga Saham Bank BCA (BBCA) Pasca Stock Split dengan Artificial Neural Network dengan Algoritma Backpropagation (2023)
Agung Rahmat, Ahmad Fauzi, Dwi Sulistya	Penerapan Algoritma Backpropagation untuk Memprediksi Mahasiwa Baru (2023)
Jhon Veri, Surmayanti, Guslendra	Prediksi Harga Minyak Mentah Menggunakan Jaringan Saraf Buatan (2020)
Imam Riadi	Penerapan JST Backpropagation untuk Prediksi Siswa Penerima Bantuan (2022)

RESULT AND DISCUSSION

Dari penelitian yang dilakukan oleh (Murni D, dkk) ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi memprediksi hasil pertandingan Liga Premier Inggris. Fitur statistik seperti gol yang dicetak dan tembakan pada target digunakan sebagai input. Model ANN dengan pembaruan parSIAL mencapai akurasi 77,89% dalam memprediksi hasil pertandingan. Kesalahan Kuadrat Rata-rata (MSE) adalah 0,769 dan Kesalahan Mutlak Rata-rata (MAE) adalah 0,689. Kinerja model divisualisasikan melalui grafik distribusi(Murni et al., 2023). Selama proses pelatihan, model diperbarui secara bertahap dengan data pelatihan. Setiap iterasi (epoch) berkontribusi pada penyesuaian bobot dan parameter model berdasarkan gradien galat yang dihitung selama proses pelatihan. Model terus memperbaiki kemampuannya dalam memodelkan hubungan antara fitur masukan (seperti 'HTHG', 'HTAG', 'HS', 'AS', 'HST', 'AST') dan target keluaran (seperti 'FTHG' dan 'FTAG'). Pada Epoch 999, model telah melalui banyak iterasi dan telah mengalami banyak penyesuaian berdasarkan data pelatihan. Hasil prediksi pada titik ini seharusnya lebih akurat dan mendekati nilai sebenarnya dari target keluaran yang diuji.

Model telah "mengidentifikasi" pola yang ada dalam data dan mampu memberikan prediksi yang lebih baik daripada yang dapat dilakukan pada awal pelatiha Setelah mendapatkan hasil prediksi dari iterasi epoch terakhir, langkah selanjutnya adalah mencari error dan tingkat akurasi hasil pertandingan sepak bola liga inggris. Pada Epoch ke-999, MSE memiliki nilai sekitar 0.7691. MSE mengukur sebaran kesalahan kuadrat antara prediksi dan nilai sebenarnya. Semakin rendah MSE, semakin baik model memprediksi data, Pada akhir pelatihan, akurasi model adalah sekitar 77.89%. Ini berarti model benar-benar memprediksi hasil pertandingan dengan benar sekitar 77.89% dari waktu pada data uji yang digunakan. Pada Epoch ke-999, model mungkin telah mencapai tingkat yang cukup baik dalam memprediksi hasil pertandingan sepak bola dengan menggunakan fitur yang tersedia.

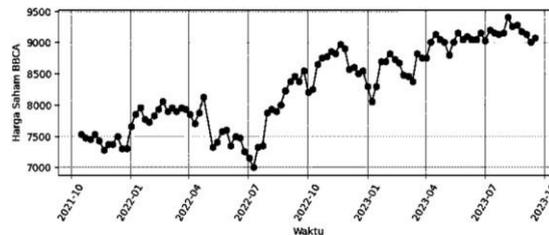


Gambar 1. Grafik Actual

Dari Gambar1 grafik diketahui bahwa hasil Grafik actual (biru) dan prediksi (merah) pada epoch ke 999 dapat memberikan pemahaman tentang sejauh mana model jaringan saraf tiruan (MLP) berkinerja dalam memprediksi hasil pertandingan sepak bola. Pada grafik tersebut, kita dapat melihat bahwa ada beberapa pertandingan di mana hasil prediksi (garis merah) hampir cocok dengan hasil sebenarnya (garis biru). Ini mengindikasikan bahwa model berhasil memprediksi hasil dengan baik dalam kasus-kasus

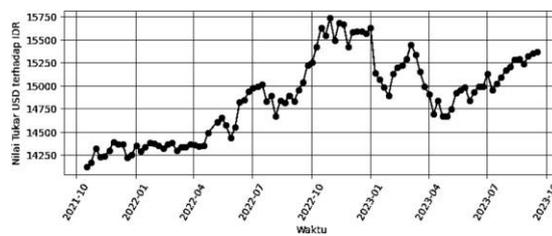
Studi yang dilakukan (Soewignnjo S, dkk) memprediksi harga saham Bank BCA setelah stock split menggunakan Artificial Neural Network (ANN) dengan algoritma backpropagasi. Feed Forward Neural Network (FFNN) dengan 9 neuron di lapisan tersembunyi menghasilkan prediksi yang akurat. Kesalahan Akar Rata-Rata Kuadrat (RMSE) adalah 121,16 dan Kesalahan Persentase Mutlak Rata-rata (MAPE) adalah 1,12%. Prediksi menunjukkan tren kenaikan harga saham pada akhir tahun 2023. Pemecahan saham bertujuan untuk meningkatkan likuiditas perdagangan dan membuat saham lebih mudah diakses oleh investor. Penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi investor dalam pengambilan keputusan investasi (Soewignjo et al., 2023).

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harga saham BCA (BBCA) dan kurs USD terhadap IDR berupa data mingguan yang diperoleh dari situs investing.com. Data diambil dari tanggal perusahaan BCA melakukan aksi stock split, yaitu pada tanggal 17 Oktober 2021 hingga 17 September 2023 dengan periode mingguan, sehingga berjumlah 100 data Harga saham BCA dapat divisualisasikan pada gambar berikut:



Gambar 2. Grafik Runtun Waktu Harga Saham BCA

Berdasarkan pada Gambar2, harga saham BCA menunjukkan tren meningkat secara umum sejak dilakukan stock split pada Oktober 2021. Harga saham BCA juga mengalami fluktuasi yang cukup besar dalam periode tersebut, yang menunjukkan volatilitas yang tinggi. Harga saham BCA mencapai nilai tertinggi pada bulan Agustus 2023 dengan harga Rp9.400 per saham dan mencapai nilai terendah pada bulan Juli 2022 dengan harga Rp7.000 per saham. Harga saham BCA mengalami penurunan yang signifikan pada tahun 2022, kemudian meningkat kembali pada akhir 2022.



Gambar 3. Grafik Runtun Waktu Nilai Tukar USD terhadap IDR

Setelah dilakukan tahapan pre-processing data selanjutnya adalah melakukan analisis diantaranya pembutan variable, teknik normalisasi dan pembagian data, pada penelitian tersebut Pada penelitian yang dilakukan oleh (Rahmat Ahmad, dkk) menerapkan algoritma backpropagasi untuk memprediksi mahasiswa baru di UBP Karawang. Penelitian mengevaluasi nilai MAE, RMSE, dan kesalahan. Akurasi MAE 88,1% dan nilai RMSE adalah 2.28058E-05. Makalah ini mencakup analisis regresi dan grafik untuk menentukan hasil prediksi (Rahmat Ahmad Fauzi Dwi Sulisty)

Universitas Buana Perjuangan Karawang Universitas Buana Perjuangan Karawang Universitas Buana Perjuangan Karawang Karawang & Karawang, 2023).

Data bersumber dari bagian akademik Universitas Buana Perjuangan Karawang. Data yang digunakan adalah data jumlah calon mahasiswa baru Universitas Buanan Perjuangan Karawang yang daftar pada tahun 2015- 2021 di ambil berdasarkan jumlah per prodi yang berada di UBP Karawan data yang diperoleh dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu data latih dan data uji. Ini termasuk data pelatihan untuk mahasiswa baru tahun 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018 dan 2019/2020. Selanjutnya data uji untuk mhasiswa baru tahun 2020/2021 dan 2021/2022.

Setelah dilakukan pelatihan pada data mahasiswa baru Universitas Buana Perjuangn Karawang pada tahun 2015-2021 pada pelatihan yang dihasilkan sudah baik dengan menghasilkan keluaran jaringan syarat tiruan dan nilai MSE dengan hasil yang baik selanjutnya mencari prediksi mahasiwa baru dari data uji dan data target pada proses pengujian, target uji yang digunakan hanya untuk memvalidasi hasil pengujian yang dapat diuraikan dengan data latih dan data uji setelah data terbagi menjadi dua bagian selanjutnya Menyusun data normalisasi uji dan target normalisasi. Adapun uraian data latih normalisasi ada pada gambar 4 dan data target normalisasi ada pada gambar 5 berikut.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
2	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
3	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
4	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
5	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
6	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
7	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
8	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
9	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
10	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59

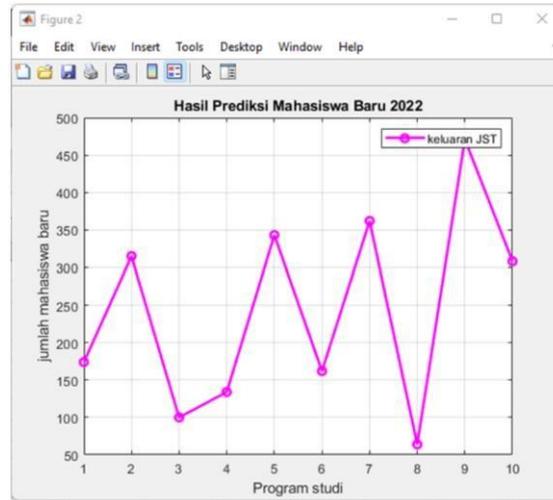
Gambar 4. Data Latih Normalisasi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.146	0.147	0.148	0.149	0.150	0.151	0.152	0.153	0.154	0.155
2	0.147	0.148	0.149	0.150	0.151	0.152	0.153	0.154	0.155	0.156
3	0.148	0.149	0.150	0.151	0.152	0.153	0.154	0.155	0.156	0.157
4	0.149	0.150	0.151	0.152	0.153	0.154	0.155	0.156	0.157	0.158
5	0.150	0.151	0.152	0.153	0.154	0.155	0.156	0.157	0.158	0.159

Gambar 7 Data Target Normalisasi

Gambar 5. Data Target Normalisasi

Pada hasil data latih normalisasi dan data target normalisasi yang telah di temukan selanjutnya mencari nilai keluaran jaringan syarat tiruan dan nilai MSE setelah mendapatkan nilai keluaran jaringan saraf tiruan dan nilai MSE selanjutnya menyiapkan data prediksi normalisasi, data prediksi normalisasi sama dengan hasil latih normalisasi setelah mencari data prediksi normalisasi melakukan transpose terhadap data prediksi normalisasi lalu Pada hasil data latih normalisasi dan data target normalisasi yang telah di temukan selanjutnya mencari nilai keluaran jaringan syarat tiruan dan nilai MSE setelah mendapatkan nilai keluaran jaringan saraf tiruan dan nilai MSE selanjutnya menyiapkan data prediksi normalisasi, data prediksi normalisasi sama dengan hasil latih normalisasi setelah mencari data prediksi normalisasi melakukan transpose terhadap data prediksi normalisasi lalu selanjutnya mencari hasil prediksi, setelah mendapat hasil prediksi ditampilkan grafik hasil prediksi mahasiswa baru 2022.



Gambar 6. Data Latih Normalisasi

Pada hasil prediksi mahasiswa baru pada tahun 2022 menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan algoritma backpropagation mendapatkan hasil prediksi yaitu Teknik Informatika 174, Teknik Industri 315, Sistem Informasi 100, Farmasi 134, Psysikolog 343, PGSD 162, PPKN 362, Akuntansi 64, Manajemen 471, dan Hukum 308.

Penelitian yang dilakukan oleh (Veri J, dkk) Prediksi harga minyak mentah menggunakan jaringan saraf buatan. Analisis kinerja metode backpropagasi dalam memprediksi harga minyak mentah. Data dari 2018 hingga 2020 digunakan untuk prediksi. Kesalahan Kuadrat Rata-rata (MSE) 0,00099762 diperoleh dalam pelatihan. MSE 0,093336 diperoleh dalam pengujian. Jaringan saraf menunjukkan akurasi yang baik dalam memprediksi harga minyak mentah(Veri et al., 2022b).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Supriyanto S, dkk) ini berfokus pada implementasi propagasi balik JST untuk memprediksi siswa yang memenuhi syarat untuk bantuan. Penelitian ini menggunakan sistem berbasis web yang dibangun menggunakan bootstrap sebagai kerangka kerja. Proses penentuan penerima beasiswa sering terhalang dengan metode manual. Algoritma backpropagasi JST digunakan untuk melatih sistem. Sistem mengumpulkan informasi, merancang prototipe, dan melakukan pengujian(Supriyanto et al., 2022).

Penelitian dilakukan di SMK Bina Taruna Masaran, tepatnya di Jalan Raya Solo-Sragen Km 16 Karangmalang Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah. SMK ini memiliki tiga jurusan, yaitu Teknik Pengelasan, Teknik Kendaraan Ringan Otomotif, dan Teknik Komputer dan Jaringan. Sekolah memberikan bekal kepada siswa agar memiliki kesiapan untuk memasuki dunia kerja atau melanjutkan pendidikan ke jenjang berikutnya. Kegiatan pembelajaran tidak hanya di sekolah, namun juga kegiatan praktek industri untuk meningkatkan pengalaman bekerja di lapangan. Data populasi pada penelitian ini adalah 853 siswa SMK Bina Taruna pada tahun ajaran 2019/2020 dengan rincian kelas X sebanyak 296 siswa, kelas XI sebanyak 322 siswa, dan kelas XII sebanyak 235 siswa. Data untuk sampel pelatihan sebanyak 78 siswa dan data untuk pengujian sebanyak 21 siswa (total 99 data). Detail terkait data penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Penelitian

Kelas	Populasi	Sampel	Data <i>training</i>	Data <i>testing</i>
X	296	26	20	6
XI	322	29	24	5
XII	235	44	34	10
Jumlah	853	99	78	21

Berdasar 78 siswa untuk data training, siswa dengan kepemilikan KIP berjumlah 16, sedangkan 62 siswa lainnya tidak memiliki KIP. Data siswa dengan kepemilikan KKS berjumlah 18, sedangkan 60 siswa lainnya tidak memiliki KKS. Siswa yang penghasilan orang tua diatas 1 juta sebanyak 51 siswa. sedangkan 27 siswa lainnya penghasilan orang tua dibawah 1 juta. Format dan contoh sampel data kepemilikan KIP, kepemilikan KKS, dan penghasilan orang tua dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 2. Data kepemilikan KIP

No	Nama Siswa	Kepemilikan KIP
1	Siswa 1	Tidak
2	Siswa 2	Ya
3	Siswa 3	Tidak
...
78	Siswa 78	Tidak

Tabel 3. Data kepemilikan KKS

No	Nama siswa	Kepemilikan KKS
1	Siswa 1	Tidak
2	Siswa 2	Tidak
3	Siswa 3	Tidak
...
78	Siswa 78	Tidak

Tabel 4. Penghasilan orang tua

No	Nama Siswa	Penghasilan Ayah	Penghasilan Ibu
1	Siswa 1	5.000.000	1.000.000
2	Siswa 2	1.000.000	5.000.000
3	Siswa 3	2.000.000	1.000.000
...
78	Siswa 78	1.000.000	500.000

Basis pengetahuan yang menunjukkan hubungan antara data siswa, KIP, KKS, dan Penghasilan orang tua sebagai data input kemudian diubah pada sistem dengan permodelan JST seperti pada Tabel 5. Data input digunakan untuk pengujian berupa nama siswa, kepemilikan KIP, Kepemilikan KKS, dan Penghasilan maksimal ayah dan ibu.

Tabel 5. Data Input Backpropagation

No	Nama Siswa	KIP	KKS	Penghasilan		Target
				Ayah	Ibu	
1	Siswa 1	0	0	5.000.000	1.000.000	2
2	Siswa 2	1	0	1.000.000	5.000.000	2
3	Siswa 3	0	0	2.000.000	1.000.000	2
...
78	Siswa 78	0	0	1.000.000	500.000	1

Penelitian yang dilakukan oleh (Septi Purbowati, dkk) Jaringan saraf buatan (ANN) terinspirasi oleh sistem saraf biologis. Backpropagasi adalah algoritma populer yang digunakan dalam ANN untuk prediksi. Studi ini memprediksi jumlah orang miskin di Sumatera Utara. Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik. Hasil prediksi tahun 2022 adalah 77.927 orang miskin di Sumatera Utara(wati et al., 2023).

CONCLUSION

Kesimpulan dari penelitian ini bahwa prediksi memiliki peran yang penting dalam upaya memahami dan mengantisipasi peristiwa masa depan. Proses ini memberikan landasan sistematis untuk membuat estimasi berdasarkan informasi masa lalu dan sekarang dengan algoritma backpropagasi pada jaringan saraf buatan membuktikan keberhasilannya dalam berbagai aplikasi prediktif dengan menghasilkan prediksi akurat dan memberikan kontribusi pada pengambilan keputusan di berbagai domain. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah yang mengaplikasikan algoritma backpropagation pada konteks yang lain atau dengan dataset yang berbeda.

REFERENCE

- Wati, S.P., Dur, S. and Widyasari, R., 2023. Prediksi Jumlah Penduduk Miskin Di Sumatera Utara Dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Justek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 6(4), pp.527-535.
- Abiodun, O. I., Jantan, A., Omolara, A. E., Dada, K. V., Mohamed, N. A., & Arshad, H. (2018). State-of-the-art in artificial neural network applications: A survey. *Heliyon*, 4(11), e00938. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00938>
- de Myttenaere, A., Golden, B., Le Grand, B., & Rossi, F. (2016). Mean Absolute Percentage Error for regression models. *Neurocomputing*, 192, 38–48. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.12.114>
- Fred Agarap, A. M. (n.d.). *Deep Learning using Rectified Linear Units (ReLU)*. <https://github.com/AFAgarap/relu-classifier>.
- Handayani, L., & Adri, M. (2015). Penerapan JST (Backpropagation) untuk Prediksi Curah Hujan (Studi Kasus : Kota Pekanbaru). In *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI)* (Vol. 7).
- Indah, S., & Setiawan, A. (2011). *Penerapan Jaringan Saraf Tiruan Metode Backpropagation Menggunakan VB 6: Vol. III* (Issue 2).
- Khair, U., Fahmi, H., Hakim, S. Al, & Rahim, R. (2017). Forecasting Error Calculation with Mean Absolute Deviation and Mean Absolute Percentage Error. *Journal of Physics: Conference Series*, 930, 012002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/930/1/012002>
- McKenzie, J. (2011). Mean absolute percentage error and bias in economic forecasting. *Economics Letters*, 113(3), 259–262. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2011.08.010>
- Murni, D., Studi Matematika, P., & Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F. (2023). *PREDIKSI HASIL PERTANDINGAN SEPAK BOLA LIGA PREMIER INGGRIS DENGAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BACKPROPAGATION*. 4(3). <https://doi.org/10.46306/lb.v4i3.425>
- Rahmat Ahmad Fauzi Dwi Sulistya Universitas Buana Perjuangan Karawang Universitas Buana Perjuangan Karawang Universitas Buana Perjuangan Karawang Karawang, A. K., & Karawang, I. (2023). *Penerapan Algoritma Backpropagation untuk Memprediksi Mahasiswa Baru (Studi Kasus: UBP Karawang)*. IV(1).

- Ruswanti, D. (2020). PENGUKURAN PERFORMA SUPPORT VECTOR MACHINE DAN NEURAL NETWORK DALAM MERAMALKAN TINGKAT CURAH HUJAN. In *Gaung Informatika* (Vol. 13, Issue 1).
- Shi, H.-Y., Lee, K.-T., Lee, H.-H., Ho, W.-H., Sun, D.-P., Wang, J.-J., & Chiu, C.-C. (2012). Comparison of Artificial Neural Network and Logistic Regression Models for Predicting In-Hospital Mortality after Primary Liver Cancer Surgery. *PLoS ONE*, 7(4), e35781. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035781>
- Soewignjo, S., Sediono, Mardianto, M. F. F., & Pusporani, E. (2023). Prediksi Harga Saham Bank BCA (BBCA) Pasca Stock Split dengan Artificial Neural Network dengan Algoritma Backpropagation. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(4), 1683–1693. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i4.3363>
- Supriyanto, S., Sunardi, S., & Riadi, I. (2022). Penerapan JST Backpropagation untuk Prediksi Siswa Penerima Bantuan. *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 6(2), 952. <https://doi.org/10.30865/mib.v6i2.3870>
- Veri, J., Surmayanti, S., & Guslendra, G. (2022a). Prediksi Harga Minyak Mentah Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. *MATRIK : Jurnal Manajemen, Teknik Informatika Dan Rekayasa Komputer*, 21(3), 503–512. <https://doi.org/10.30812/matrik.v21i3.1382>
- Veri, J., Surmayanti, S., & Guslendra, G. (2022b). Prediksi Harga Minyak Mentah Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. *MATRIK : Jurnal Manajemen, Teknik Informatika Dan Rekayasa Komputer*, 21(3), 503–512. <https://doi.org/10.30812/matrik.v21i3.1382>
- Wanto, A. (2018). Optimasi Prediksi Dengan Algoritma Backpropagation Dan Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts. *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, 3(3), 370–380. <https://doi.org/10.25077/teknosi.v3i3.2017.370-380>
- Wanto, A., & Windarto, A. P. (2017). Analisis Prediksi Indeks Harga Konsumen Berdasarkan Kelompok Kesehatan Dengan Menggunakan Metode Backpropagation. *Jurnal & Penelitian Teknik Informatika*, 2(2).
- Yuberta, A. (2022). Jaringan Syaraf Tiruan dengan Algoritma Backpropagation dalam Memprediksi Hasil Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK) SMP Se Kota Sawahlunto. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, 200–205. <https://doi.org/10.37034/jidt.v4i4.234>