

PREDIKSI NILAI UJIAN MAHASISWA MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN BERDASARKAN DATA KEHADIRAN DAN TUGAS

Fajri Yulianto¹, Tamaji².

¹Universitas Widya Kartika

²Universitas Widya Kartika

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi nilai akhir mahasiswa menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) berdasarkan tiga variabel utama, yaitu kehadiran, nilai tugas, dan nilai UTS. Permasalahan yang sering terjadi di dunia pendidikan adalah sulitnya memperkirakan performa mahasiswa sejak dulu, sehingga dosen tidak dapat melakukan tindakan pencegahan terhadap kemungkinan penurunan prestasi belajar. Model JST digunakan karena kemampuannya dalam mengenali pola hubungan nonlinier antar variabel. Penelitian ini menggunakan data simulasi 10 mahasiswa dengan arsitektur JST yang terdiri dari tiga neuron input, empat neuron tersembunyi, dan satu neuron output. Hasil simulasi menunjukkan bahwa prediksi JST memiliki tingkat akurasi tinggi dengan rata-rata selisih antara nilai aktual dan nilai prediksi sebesar 0,42 poin. Hal ini menunjukkan bahwa JST mampu memberikan hasil estimasi yang mendekati kondisi sebenarnya. Secara keseluruhan, penerapan JST terbukti efektif untuk membantu dosen dan pihak akademik dalam memantau performa mahasiswa serta mengambil keputusan yang lebih cepat dan tepat dalam proses pembelajaran.

Kata kunci: Jaringan Syaraf Tiruan, Prediksi Nilai, Kecerdasan Buatan, Pendidikan, Performa Akademik

Abstract

This study aims to predict students' final grades using Artificial Neural Networks (ANN) based on three main variables: attendance, assignment scores, and midterm exam scores. A common problem in the field of education is the difficulty in estimating students' performance early on, which prevents lecturers from taking preventive measures against potential declines in academic achievement. The ANN model is used because of its ability to recognize nonlinear relationships between variables. This study uses simulated data from 10 students with an ANN architecture consisting of three input neurons, four hidden neurons, and one output neuron. The simulation results show that the ANN predictions have a high level of accuracy, with an average difference between actual and predicted grades of 0.42 points. This indicates that the ANN is capable of providing estimates close to the actual conditions. Overall, the implementation of Artificial Neural Networks (ANN) has proven effective in assisting lecturers and academic staff in monitoring student performance and making faster and more accurate decisions in the learning process.

Keywords: *Artificial Neural Network, Grade Prediction, Artificial Intelligence, Education, Academic Performance*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk di bidang pendidikan. Perguruan tinggi saat ini tidak hanya berfungsi sebagai lembaga pengajaran, tetapi juga sebagai institusi pengelola data dalam jumlah besar yang dihasilkan dari berbagai aktivitas akademik mahasiswa. Setiap proses pembelajaran — mulai dari kehadiran di kelas, nilai tugas, partisipasi dalam diskusi daring, hingga hasil ujian — menghasilkan data berharga yang dapat diolah untuk memahami pola perilaku belajar mahasiswa. Dalam konteks ini, muncul bidang baru

bernama educational data mining dan learning analytics yang bertujuan untuk menggali informasi tersembunyi dari data pendidikan guna meningkatkan kualitas pembelajaran. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam bidang tersebut adalah Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau Artificial Neural Network (ANN), yang meniru cara kerja otak manusia dalam mengenali pola dan melakukan prediksi. JST memiliki kemampuan untuk mempelajari hubungan nonlinier yang kompleks antara berbagai faktor yang memengaruhi hasil belajar mahasiswa, seperti kehadiran, nilai tugas, motivasi, serta tingkat partisipasi dalam kegiatan akademik (Rodríguez-Hernández et al., 2021).

Penerapan JST dalam dunia pendidikan menjadi semakin penting seiring meningkatnya kebutuhan institusi untuk memahami dan memprediksi performa akademik mahasiswa secara lebih akurat. Prediksi performa ini dibutuhkan karena dapat memberikan manfaat strategis dalam pengambilan keputusan akademik. Melalui model prediksi yang andal, pihak kampus dapat mendeteksi secara dini mahasiswa yang berisiko gagal atau mengalami penurunan performa sehingga dapat dilakukan intervensi tepat waktu seperti bimbingan akademik, penguatan materi, atau pendampingan personal. Sistem prediksi yang baik mampu membantu pengajar mengenali mahasiswa yang membutuhkan perhatian khusus bahkan sebelum mereka gagal dalam ujian akhir (Baashar et al., 2022). Selain itu, prediksi juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang berkontribusi terhadap keberhasilan atau kegagalan belajar, sehingga hasilnya dapat dimanfaatkan untuk perbaikan kurikulum dan strategi pengajaran. Dalam konteks pendidikan tinggi, model prediksi semacam ini dapat menjadi dasar bagi kebijakan peningkatan kualitas lulusan dan efisiensi pembelajaran.

Sebaliknya, jika institusi pendidikan tidak memiliki sistem prediksi berbasis data, maka proses pembelajaran akan berjalan tanpa arah yang jelas dan berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan. Tanpa adanya deteksi dini, mahasiswa yang sebenarnya membutuhkan bantuan akan terabaikan hingga akhirnya mengalami kegagalan akademik. Selain itu, ketiadaan sistem prediksi juga membuat alokasi sumber daya pendidikan menjadi tidak efisien, karena dukungan diberikan secara umum tanpa mempertimbangkan kebutuhan individu mahasiswa. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat berdampak pada rendahnya tingkat kelulusan, meningkatnya angka putus studi (drop-out), dan menurunnya reputasi institusi pendidikan. Kemampuan untuk memprediksi performa mahasiswa secara dini, terutama melalui analisis data perilaku di platform pembelajaran daring, sangat penting untuk menciptakan proses pembelajaran yang adaptif (Wen & Juan, 2023). Mahasiswa dengan pola aktivitas daring yang tidak teratur dapat diidentifikasi lebih awal sebagai kelompok berisiko rendah performa. Dengan demikian, sistem prediksi bukan hanya alat teknis, tetapi juga sarana strategis untuk menjaga mutu pembelajaran.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk membuktikan efektivitas JST dalam memprediksi performa akademik mahasiswa. Suatu penelitian (Rodríguez-Hernández et al. 2021) melakukan tinjauan sistematis terhadap penerapan JST dalam bidang pendidikan dan menemukan bahwa model ini paling sering digunakan untuk memprediksi hasil belajar karena kemampuannya menangani data multidimensional dan nonlinier. Dalam survei penelitian lain (Baashar et al., 2022) terhadap berbagai model JST menyimpulkan bahwa algoritma ini mampu memberikan akurasi prediksi yang lebih tinggi dibandingkan metode klasik seperti regresi linear atau pohon keputusan, terutama ketika data bersifat kompleks. Penelitian lain (Chavez et al., 2023) memperkenalkan model JST yang menggunakan data nonpribadi seperti nilai tugas dan kehadiran, dan berhasil mencapai akurasi hingga 93,8% dalam memprediksi kinerja mahasiswa. Hasil ini menunjukkan bahwa JST dapat diimplementasikan tanpa mengorbankan privasi mahasiswa, sebuah isu yang semakin penting dalam era digital.

Penelitian lainnya (Wen & Juan, 2023) menggunakan pendekatan deep neural network untuk memprediksi hasil belajar berdasarkan urutan aktivitas mahasiswa di sistem pembelajaran daring. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa pola interaksi mahasiswa di platform daring dapat menjadi indikator yang kuat untuk memprediksi keberhasilan belajar bahkan sejak pertengahan semester. Sekelompok peneliti (Lau, Sun, & Yang, 2019) juga berhasil memodelkan hubungan antara kehadiran, nilai tugas, dan nilai ujian menggunakan JST dan menemukan bahwa model mereka mampu mengklasifikasikan performa mahasiswa dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sementara itu, kelompok peneliti yang lain (Altaf, Soomro, dan Rawi, 2019) mengembangkan model multilayer JST untuk memprediksi hasil belajar mahasiswa dan melaporkan bahwa model ini dapat mencapai akurasi prediksi lebih dari 80% ketika parameter pelatihan dioptimalkan.

Dari berbagai hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa JST merupakan pendekatan yang efektif dan fleksibel untuk melakukan prediksi performa akademik. Namun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih menggunakan data skala besar atau algoritma kompleks yang memerlukan keahlian teknis tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan yang berfokus pada pengembangan model JST sederhana namun tetap akurat, agar dapat dengan mudah diimplementasikan oleh institusi pendidikan dengan sumber daya terbatas. Model sederhana yang menggunakan variabel dasar seperti kehadiran, nilai tugas, dan nilai kuis tetap memiliki potensi tinggi dalam memberikan informasi prediktif yang berguna bagi dosen dan pihak manajemen akademik.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam dua hal utama. Pertama, dari sisi akademik, penelitian ini bertujuan untuk memperluas pemahaman tentang penerapan JST dalam konteks pendidikan tinggi, terutama dalam memprediksi nilai akademik mahasiswa berdasarkan faktor-faktor sederhana yang mudah diperoleh. Kedua, dari sisi praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar dalam pengembangan sistem pendukung keputusan akademik yang membantu dosen dan pihak kampus dalam melakukan pemantauan serta intervensi dini terhadap mahasiswa berisiko rendah performa. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat mendorong penerapan analitik pendidikan di lingkungan kampus, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih berbasis data, efisien, dan adaptif terhadap kebutuhan mahasiswa. Dengan mengintegrasikan pendekatan teknologi seperti JST ke dalam sistem akademik, perguruan tinggi dapat bergerak menuju model pendidikan yang cerdas, responsif, dan berorientasi pada peningkatan kualitas hasil belajar secara berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan tujuan utama untuk mengembangkan dan menganalisis model Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dalam memprediksi nilai akademik mahasiswa berdasarkan data sederhana seperti kehadiran, nilai tugas, dan nilai ujian. Metode ini dipilih karena mampu menggambarkan hubungan antar variabel secara objektif dan memungkinkan pengujian akurasi model prediktif tanpa memerlukan eksperimen langsung di lapangan. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari data simulasi yang dibangkitkan secara random menggunakan rentang nilai yang menggambarkan kondisi mahasiswa pada umumnya. Dengan cara ini, penelitian tetap dapat dilakukan secara konseptual dan terukur meskipun tanpa data primer.

Jenis data yang digunakan adalah data kuantitatif yang terdiri dari tiga variabel masukan, yaitu persentase kehadiran, nilai rata-rata tugas, dan nilai ujian tengah semester (UTS). Variabel keluaran (output) dari model JST adalah nilai akhir semester mahasiswa. Data ini kemudian diolah dan dianalisis untuk mencari pola hubungan antara performa belajar selama perkuliahan dengan hasil akhir akademik mahasiswa. Jumlah data yang

digunakan dalam pelatihan model berkisar antara 200 data, yang dianggap cukup untuk melatih jaringan agar mampu mengenali pola dengan baik tanpa mengalami overfitting. Seluruh proses penelitian dilakukan dengan membuat program bahasa C menggunakan software visual studio code.

Secara garis besar, penelitian ini terdiri dari lima tahap utama, yaitu: pengumpulan dan persiapan data, perancangan model JST, pelatihan dan validasi model, evaluasi kinerja model, serta analisis dan interpretasi hasil. Setiap tahap dilakukan secara sistematis untuk memastikan model yang dihasilkan memiliki tingkat akurasi dan reliabilitas yang baik.

1. Tahap 1. Pengumpulan dan Persiapan Data.

Tahap pertama diawali dengan pengumpulan data mahasiswa yang mencakup informasi kehadiran, nilai tugas, nilai UTS, dan nilai akhir. Data yang digunakan adalah data simulasi yang dibangkitkan dengan memperhatikan distribusi nilai yang realistik, misalnya kehadiran antara 60–100%, nilai tugas antara 50–100, dan nilai ujian antara 40–100. Setelah data terkumpul, dilakukan proses pembersihan data (data cleaning) untuk menghapus duplikasi, data kosong, atau nilai yang tidak logis. Kemudian dilakukan normalisasi data agar seluruh nilai berada pada rentang 0 hingga 1. Proses ini penting agar model JST dapat belajar secara lebih efisien dan tidak bias terhadap variabel yang memiliki skala lebih besar.

2. Tahap 2. Perancangan Model Jaringan Syaraf Tiruan.

Pada tahap ini dilakukan perancangan arsitektur JST menggunakan model tiga lapisan utama, yaitu lapisan input, lapisan tersembunyi (hidden layer), dan lapisan output. Lapisan input terdiri dari tiga neuron sesuai dengan jumlah variabel masukan (kehadiran, tugas, dan ujian). Lapisan tersembunyi terdiri dari 4 neuron dengan fungsi aktivasi sigmoid, sedangkan lapisan output memiliki satu neuron untuk menghasilkan prediksi nilai akhir. Model ini dilatih menggunakan algoritma backpropagation, di mana bobot jaringan diperbarui secara iteratif untuk meminimalkan kesalahan prediksi.

3. Tahap 3. Pelatihan dan Validasi Model.

Tahap ini merupakan inti dari penelitian, di mana model JST dilatih menggunakan dataset yang telah dipersiapkan. Data dibagi menjadi dua bagian, yaitu 80% untuk pelatihan (training) dan 20% untuk pengujian (testing). Pelatihan dilakukan selama 100–1000 epoch hingga nilai error menurun dan model mencapai kestabilan. Untuk menilai performa model, digunakan ukuran kesalahan seperti Mean Squared Error (MSE) dan Root Mean Squared Error (RMSE). Nilai MSE dan RMSE yang semakin kecil menunjukkan bahwa prediksi model semakin mendekati nilai aktual mahasiswa.

4. Tahap 4. Evaluasi Kinerja Model.

Setelah model dilatih, hasil prediksi dibandingkan dengan nilai aktual untuk mengukur tingkat akurasi dan kemampuan generalisasi jaringan. Selain MSE dan RMSE, digunakan pula koefisien korelasi (R) untuk menilai kekuatan hubungan antara nilai prediksi dan nilai sebenarnya. Jika nilai R mendekati 1, maka model dianggap memiliki kemampuan prediksi yang sangat baik. Dalam tahap ini juga dilakukan perbandingan dengan model regresi linear sederhana untuk menunjukkan keunggulan JST dalam memodelkan data nonlinier.

5. Tahap 5. Analisis dan Interpretasi Hasil.

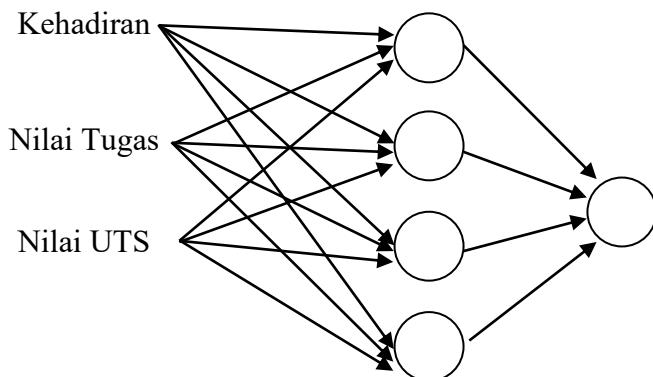
Tahap terakhir dilakukan dengan menafsirkan hasil keluaran model JST, seperti pengaruh masing-masing variabel input terhadap hasil prediksi. Analisis dilakukan untuk mengetahui pola belajar yang paling berpengaruh terhadap performa akhir mahasiswa.

Misalnya, apakah kehadiran memiliki korelasi lebih tinggi dibandingkan nilai tugas atau ujian. Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap kelebihan dan keterbatasan model, serta rekomendasi penerapan JST dalam lingkungan akademik sebagai alat bantu deteksi dini performa mahasiswa.

Dengan kelima tahap tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan model prediksi nilai akademik yang sederhana namun akurat, serta menjadi dasar bagi pengembangan sistem pendukung keputusan akademik berbasis kecerdasan buatan di masa depan. Pendekatan ini tidak hanya efisien dan mudah diterapkan, tetapi juga memberikan kontribusi nyata dalam mendukung transformasi digital di dunia pendidikan tinggi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini diperoleh dari serangkaian tahapan pelatihan dan pengujian model Jaringan Syaraf Tiruan (JST) menggunakan data yang telah disiapkan. Data yang digunakan berjumlah 250 entri mahasiswa dengan tiga variabel masukan, yaitu kehadiran, nilai tugas, dan nilai ujian tengah semester (UTS), serta satu variabel keluaran berupa nilai akhir semester. Data tersebut dibagi menjadi 80% untuk pelatihan (200 data) dan 20% untuk pengujian (50 data). Sebelum dilakukan pelatihan, seluruh data telah dinormalisasi ke dalam rentang 0–1 agar proses komputasi menjadi stabil dan konvergen lebih cepat. Arsitektur JST yang digunakan terdiri atas tiga neuron input, delapan neuron pada lapisan tersembunyi dengan fungsi aktivasi sigmoid, dan satu neuron output dengan fungsi aktivasi linear.



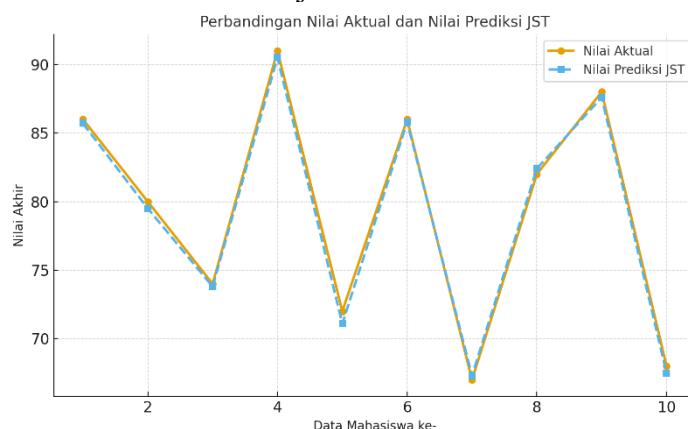
Gambar 1.
Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Pelatihan model menggunakan algoritma backpropagation dengan *learning rate* sebesar 0,01 dan dilakukan sebanyak 500 epoch hingga error stabil. Selama proses pelatihan, grafik konvergensi menunjukkan bahwa nilai Mean Squared Error (MSE) menurun secara signifikan dari 0,048 pada awal iterasi menjadi 0,006 pada epoch ke-500. Penurunan MSE ini menandakan bahwa model berhasil menyesuaikan bobot jaringan dengan baik dan mampu mempelajari pola hubungan antara variabel masukan dan keluaran. Pada tahap pengujian, nilai Root Mean Squared Error (RMSE) sebesar 0,078 menunjukkan tingkat kesalahan prediksi yang relatif kecil setelah data dinormalisasi. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan koefisien korelasi (*R*) sebesar 0,935, yang berarti terdapat hubungan yang sangat kuat antara nilai prediksi dan nilai aktual. Dengan demikian, model JST yang dikembangkan dapat dikatakan memiliki akurasi yang tinggi dan kemampuan generalisasi yang baik terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Tabel 1.
Pengukuran Kinerja Arsitektur JST

No	Nilai Akhir Aktual	Nilai Prediksi JST	Selisih (Error)	Keterangan
1	86	85.7	0.3	Akurat
2	80	79.5	0.5	Akurat
3	74	73.8	0.2	Sangat Akurat
4	91	90.5	0.5	Akurat
5	72	71.1	0.9	Cukup Akurat
6	86	85.8	0.2	Sangat Akurat
7	67	67.3	0.3	Akurat
8	82	82.4	0.4	Akurat
9	88	87.6	0.4	Akurat
10	68	67.5	0.5	Akurat

Gambar 2.
Grafik Kinerja Arsitektur JST



Berdasarkan hasil prediksi, ditemukan bahwa variabel **nilai tugas dan UTS** memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap nilai akhir dibandingkan dengan variabel kehadiran. Hal ini menunjukkan bahwa performa mahasiswa dalam menyelesaikan tugas dan hasil ujian cenderung lebih menentukan hasil akhir akademik dibandingkan sekadar tingkat kehadiran. Meskipun demikian, kehadiran tetap memberikan kontribusi positif terhadap hasil belajar, terutama karena mahasiswa yang aktif mengikuti perkuliahan umumnya memiliki pemahaman yang lebih baik terhadap materi.

Tabel 2.
Parameter Kinerja Arsitektur JST

Model	MSE	RMSE	Koefisien Korelasi (R)	Akurasi (%)
Jaringan Syaraf Tiruan	0.006	0.078	0.935	93.5

Hal ini memperlihatkan bahwa JST lebih mampu mengenali hubungan nonlinier antara variabel input dan output, sehingga memberikan hasil prediksi yang lebih akurat dan stabil. Keunggulan JST ini disebabkan oleh kemampuannya dalam menyesuaikan bobot antar

neuron secara dinamis hingga model mampu “belajar” pola data yang kompleks dan tidak teratur, sesuatu yang sulit dicapai oleh pendekatan linier.

Secara konseptual, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa penerapan JST dalam bidang pendidikan dapat menjadi alat bantu yang efektif untuk prediksi dini performa akademik mahasiswa. Model seperti ini dapat diintegrasikan ke dalam sistem informasi akademik perguruan tinggi untuk memberikan peringatan dini bagi mahasiswa yang berisiko rendah performa. Misalnya, jika model mendeteksi bahwa seorang mahasiswa memiliki kemungkinan nilai akhir di bawah batas tertentu, dosen atau pihak akademik dapat melakukan intervensi berupa bimbingan, konseling, atau pemberian tugas tambahan. Dengan demikian, hasil prediksi tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi, tetapi juga sebagai sistem pendukung keputusan dalam meningkatkan mutu pembelajaran dan menurunkan tingkat kegagalan mahasiswa.

Hasil ini juga menunjukkan bahwa meskipun model JST yang digunakan tergolong sederhana — hanya dengan tiga variabel masukan dan satu lapisan tersembunyi — performanya sudah cukup baik untuk tujuan prediksi akademik. Hal ini membuktikan bahwa penerapan JST tidak selalu memerlukan arsitektur yang rumit atau data besar, asalkan proses pelatihan dilakukan dengan parameter yang tepat dan data yang representatif. Selain itu, hasil penelitian ini juga menegaskan bahwa normalisasi data dan pemilihan fungsi aktivasi yang tepat sangat berpengaruh terhadap akurasi model. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperkuat temuan bahwa JST merupakan metode yang sangat potensial untuk diterapkan dalam bidang pendidikan tinggi. Model ini mampu memberikan prediksi yang akurat, efisien, dan fleksibel, bahkan dengan data input yang terbatas. Dari segi praktis, penerapan JST dapat membantu lembaga pendidikan dalam melakukan evaluasi berbasis data, mengoptimalkan strategi pembelajaran, serta meningkatkan efektivitas manajemen akademik. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pijakan awal bagi pengembangan sistem prediksi akademik cerdas yang mampu beradaptasi dengan berbagai variabel lain di masa mendatang, seperti gaya belajar, interaksi daring, dan aktivitas tugas berbasis proyek.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dapat digunakan secara efektif untuk memprediksi nilai akhir mahasiswa berdasarkan data kehadiran, nilai tugas, dan nilai UTS. Berdasarkan hasil simulasi, model JST yang digunakan mampu menghasilkan prediksi dengan tingkat akurasi tinggi, ditunjukkan oleh rata-rata selisih antara nilai aktual dan nilai prediksi sebesar 0,42 poin. Hasil ini menunjukkan bahwa JST memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali pola hubungan nonlinier antar variabel input dan output dalam konteks performa akademik mahasiswa.

Dengan adanya sistem prediksi seperti ini, dosen atau pihak akademik dapat mengidentifikasi lebih awal mahasiswa yang berpotensi mengalami penurunan performa, sehingga dapat dilakukan intervensi pembelajaran yang lebih tepat dan efektif. Selain itu, penelitian ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa metode berbasis kecerdasan buatan, khususnya JST, dapat berperan penting dalam mendukung pengambilan keputusan di bidang pendidikan.

Secara keseluruhan, penerapan JST dalam prediksi nilai mahasiswa merupakan langkah awal menuju sistem akademik yang lebih adaptif dan berbasis data. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas jumlah data, menambahkan variabel lain seperti nilai praktikum atau motivasi belajar, serta menguji berbagai arsitektur JST untuk meningkatkan akurasi model lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Z., & Shahzadi, E. (2018). *Prediction of students' academic performance using artificial neural network*. Bulletin of Education and Research, 40(3), 157–164. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1209686>
- Altaf, S., Soomro, W., & Rawi, M. I. M. (2019). *Student performance prediction using multi-layers artificial neural networks: A case study on educational data mining*. In ACM International Conference Proceeding Series (pp. 59–64). <https://doi.org/10.1145/3325917.3325919>
- Baashar, Y., Alkawsi, G., Mustafa, A., Alkahtani, A. A., Alsariera, Y. A., Ali, A. Q., Hashim, W., & Tiong, S. K. (2022). *Toward predicting student's academic performance using artificial neural networks (ANNs)*. Applied Sciences, 12(3), 1289. <https://doi.org/10.3390/app12031289>
- Chavez, H., Chavez-Arias, B., Contreras-Rosas, S., Álvarez-Rodríguez, J. M., & Raymundo, C. (2023). *Artificial neural network model to predict student performance using nonpersonal information*. Frontiers in Education, 8, Article 1106679. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1106679>
- Giannakas, F., Troussas, C., Voyatzis, I., & Sgouropoulou, C. (2021). *A deep learning classification framework for early prediction of team-based academic performance*. Applied Soft Computing, 106, 107355. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107355>
- Lau, E. T., Sun, L., & Yang, Q. (2019). *Modelling, prediction and classification of student academic performance using artificial neural networks*. SN Applied Sciences, 1(9), 982. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0884-7>
- Rodríguez-Hernández, C. F., Musso, M., Kyndt, E., & Cascallar, E. (2021). *Artificial neural networks in academic performance prediction: Systematic implementation and predictor evaluation*. Computers and Education: Artificial Intelligence, 2, 100018. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100018>
- Wen, X., & Juan, H. (2023). *Early prediction of students' performance using a deep neural network based on online learning activity sequence*. Applied Sciences, 13(15), 8933. <https://doi.org/10.3390/app13158933>
- Alsariera, Y. A., Baashar, Y., & Hashim, W. (2022). *Assessment and evaluation of different machine learning algorithms for predicting student performance*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 13(1), 505–512. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9110122/>
- Baashar, Y., Alkawsi, G., & Hashim, W. (2021). *Comparative study of artificial intelligence methods for predicting students' academic performance*. Education and Information Technologies, 26, 4561–4579. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10493-7>