

IMPLEMENTASI JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION DALAM MEMPREDIKSI PENDAPATAN PETANI PADI BERDASARKAN VARIABEL BIAYA PRODUKSI

Ade Miko^{*1}, Ahmad Sultoni², Kayla Putri Arsonisr³, Khansa Amanda I.S⁴

email: 1mikoade228@gmail.com , 2ahmadsultoni542@gmail.com ,

3kaylaarsonisr@gmail.com , 4khansaamanda527@gmail.com.

Page | 1

ABSTRAK

Pendapatan petani padi seringkali naik-turun akibat ketidakpastian komponen biaya produksi. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi pendapatan petani padi berdasarkan variabel biaya produksi dan luas lahan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) algoritma Backpropagation. Data penelitian bersumber dari survei usaha tani terhadap 74 responden yang mencakup variabel biaya benih, pupuk, obat-obatan, dan tenaga kerja. Data diproses melalui normalisasi Min-Max dan dibagi menjadi 90% data latih serta 10% data uji. Hasil pengujian menggunakan arsitektur jaringan 5-5-1 menunjukkan bahwa model mampu memprediksi pendapatan dengan baik, ditandai dengan nilai Root Mean Square Error (RMSE) yang rendah serta grafik prediksi yang mengikuti tren data aktual. Dapat disimpulkan bahwa algoritma Backpropagation efektif dalam memodelkan hubungan non-linier pada data ekonomi pertanian untuk estimasi pendapatan.

Kata Kunci: Backpropagation; Jaringan Syaraf Tiruan; Pendapatan Petani; Prediksi; Ekonomi Pertanian.

ABSTRACT

Rice farmers' income often fluctuates due to the uncertainty of production cost components. This study aims to predict rice farmers' income based on production cost variables and land area using an Artificial Neural Network (ANN) with the Backpropagation algorithm. The research data were obtained from a farming survey of 74 respondents, covering variables of seed, fertilizer, medicine, and labor costs. The data were processed using Min-Max normalization and split into 90% training data and 10% testing data. The test results using the 5-5-1 network architecture indicate that the model is capable of predicting income accurately, evidenced by a low Root Mean Square Error (RMSE) value and a prediction graph that follows the actual data trend. It can be concluded that the Backpropagation algorithm is effective in modeling non-linear relationships in agricultural economic data for income estimation.

Keywords: Backpropagation; Artificial Neural Network; Farmer Income; Prediction; Agricultural Economics.

PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan salah satu pilar utama dalam perekonomian, di mana komoditas padi memegang peranan strategis sebagai sumber pangan utama. Namun, Windasari (2024) mencatat bahwa pendapatan petani seringkali mengalami fluktuasi akibat ketidakpastian biaya produksi seperti harga pupuk dan benih yang berubah-ubah. Masalah utama yang dihadapi adalah kesulitan petani dalam mengestimasi keuntungan bersih di awal musim tanam karena hubungan antara variabel biaya dan

pendapatan yang bersifat kompleks dan non-linier. Ketidakakuratan dalam estimasi ini seringkali menyebabkan inefisiensi dalam pengelolaan modal usaha tani.

Untuk mengatasi permasalahan prediksi pada data yang fluktuatif, pendekatan komputasi cerdas seperti Jaringan Syaraf Tiruan (JST) menjadi solusi yang relevan. Siang (2009) mendefinisikan JST sebagai sistem pemroses informasi yang meniru cara kerja otak biologis manusia, yang mampu menyelesaikan masalah yang sulit diselesaikan dengan metode statistik konvensional. Salah satu algoritma pembelajaran JST yang paling handal adalah Backpropagation. Haykin (2009) menjelaskan bahwa Backpropagation bekerja dengan mekanisme perambatan galat (error) dari output ke input untuk memperbaiki bobot jaringan secara iteratif, sehingga model mampu mengenali pola hubungan yang rumit antara variabel input dan target.

Penerapan Backpropagation dalam penelitian ini bertujuan untuk memetakan pola biaya produksi (benih, pupuk, obat-obatan, tenaga kerja) terhadap pendapatan petani. Dengan kemampuan supervised learning-nya, algoritma ini diharapkan mampu memberikan prediksi yang akurat. Penelitian ini penting dilakukan untuk menyediakan alat bantu keputusan bagi petani dalam merencanakan anggaran biaya, sekaligus membuktikan efektivitas algoritma Backpropagation pada data ekonomi pertanian.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain studi prediksi yang bertujuan untuk memetakan pola hubungan antara biaya produksi dan pendapatan usaha tani. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari hasil survei usaha tani terhadap petani padi. Populasi penelitian mencakup petani di wilayah studi dengan sampel sebanyak 74 responden yang dipilih untuk merepresentasikan variabilitas skala usaha dan struktur biaya. Instrumen pengumpulan data berupa lembar pencatatan terstruktur yang mendokumentasikan rincian pengeluaran fisik dan finansial selama satu musim tanam. Variabel penelitian diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu variabel input (bebas) dan variabel target (terikat). Pengukuran variabel input meliputi Luas Lahan (X1) yang diukur dalam satuan hektar, serta komponen biaya produksi yang terdiri dari Biaya Benih (X2), Biaya Pupuk (X3), Biaya Obat-obatan (X4), dan Biaya Tenaga Kerja (X5) yang semuanya diukur dalam satuan mata uang Rupiah. Adapun variabel target adalah Pendapatan Petani (Y) yang juga diukur dalam satuan Rupiah.

Teknik analisis data yang diterapkan adalah metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan algoritma Backpropagation. Sebelum memasuki tahap pemodelan, data mentah melalui proses pra-pemrosesan berupa normalisasi. Hal ini dilakukan karena terdapat disparitas rentang nilai yang signifikan antara variabel luas lahan (satuan kecil) dan variabel biaya (satuan jutaan). Siang (2009) menyatakan bahwa fungsi aktivasi sigmoid biner yang digunakan dalam jaringan syaraf tiruan mensyaratkan data input berada pada interval 0 hingga 1 agar proses kalkulasi bobot dapat berjalan optimal dan mencegah kejenuhan neuron. Oleh karena itu, teknik pengukuran ulang menggunakan metode Min-Max Scaling diterapkan untuk mentransformasi seluruh data ke dalam rentang [0,1]. Setelah dinormalisasi, dataset dibagi menjadi dua subset, yaitu 90% sebagai data latih (training data) untuk proses pembelajaran model dan 10% sebagai data uji (testing data) untuk validasi generalisasi model.

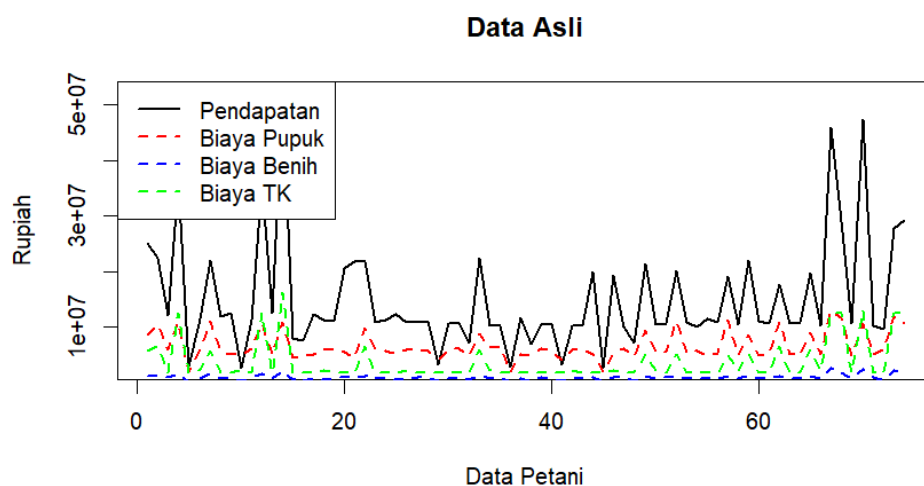
Arsitektur jaringan syaraf tiruan dibangun menggunakan struktur Multi-Layer Perceptron yang terdiri dari tiga lapisan utama. Lapisan input memiliki 5 neuron sesuai jumlah variabel bebas, lapisan tersembunyi (hidden layer) menggunakan 5 neuron yang ditentukan berdasarkan percobaan konvergensi terbaik, dan lapisan output memiliki 1 neuron untuk memprediksi pendapatan. Haykin (2009) menjelaskan bahwa algoritma Backpropagation bekerja dengan meminimalkan fungsi kesalahan melalui mekanisme perambatan maju untuk menghasilkan prediksi dan perambatan mundur untuk memperbaiki bobot koneksi antar neuron secara iteratif. Evaluasi kinerja model dilakukan dengan menghitung nilai Root Mean Square Error (RMSE) antara hasil prediksi yang telah dikembalikan ke satuan asli (denormalisasi) dengan data aktual, di mana nilai RMSE yang semakin kecil mengindikasikan tingkat akurasi prediksi yang semakin baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

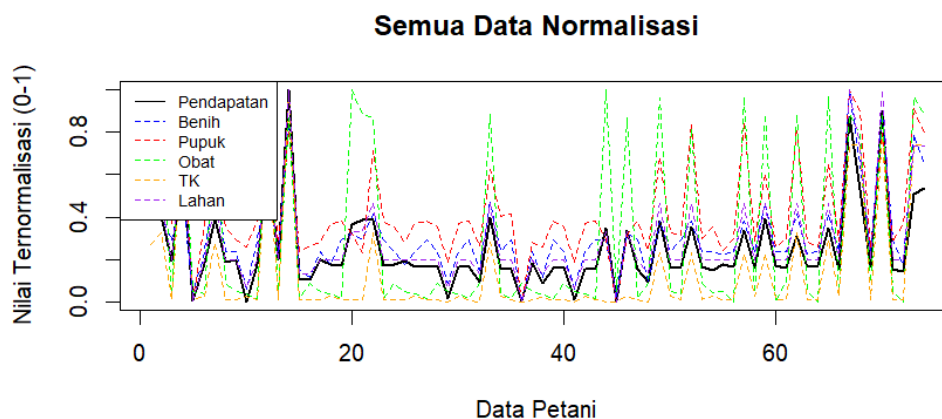
1. Karakteristik Data dan Normalisasi

Analisis diawali dengan meninjau karakteristik data input yang terdiri dari Luas Lahan, Biaya Benih, Biaya Pupuk, Biaya Obat-obatan, dan Biaya Tenaga Kerja. Berdasarkan plot data asli (Gambar 1), terlihat bahwa variabilitas data antar responden sangat tinggi. Terdapat kesenjangan yang signifikan antara petani dengan skala lahan sempit dan luas, yang berimplikasi langsung pada besaran biaya produksi dan pendapatan. Heterogenitas data ini menegaskan bahwa pendekatan linier sederhana mungkin kurang akurat, sehingga penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) menjadi relevan.

Sebelum proses pelatihan jaringan, transformasi data dilakukan menggunakan normalisasi Min-Max. Langkah ini krusial mengingat adanya disparitas satuan antara variabel luas lahan (hektar) dan biaya (jutaan rupiah). Tanpa normalisasi, bobot jaringan akan bias terhadap variabel dengan nominal besar. Gambar 2 menunjukkan bahwa proses normalisasi berhasil menyetarakan skala seluruh variabel ke rentang [0, 1] tanpa mengubah pola distribusi data aslinya. Hal ini sesuai dengan prasyarat fungsi aktivasi sigmoid biner yang digunakan dalam arsitektur model.



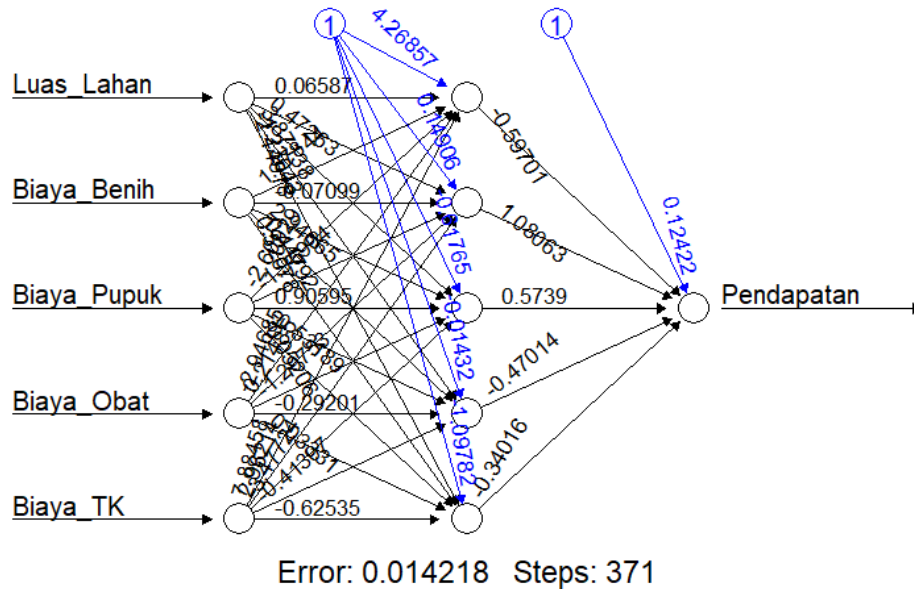
Gambar 1. Plot Sebaran Data Asli Variabel Penelitian



Gambar 2. Plot Data Setelah Normalisasi Min-Max

2. Arsitektur Jaringan dan Konvergensi

Berdasarkan serangkaian percobaan pelatihan (training), arsitektur jaringan yang paling optimal untuk memodelkan kasus ini adalah topologi 5-5-1 seperti yang terlihat pada Gambar 3. Arsitektur ini terdiri dari 5 neuron pada input layer (merepresentasikan variabel luas lahan dan biaya), 5 neuron pada hidden layer, dan 1 neuron pada output layer (pendapatan).



Gambar 3. Visualisasi Arsitektur Model JST Terbaik (5-5-1) dengan Bobot Akhir

Gambar 3 memperlihatkan bobot-bobot (weights) final yang dihasilkan setelah proses pelatihan mencapai konvergensi (Step: 371) dengan error yang sangat kecil (0.014). Algoritma Backpropagation bekerja dengan memperbaiki bobot koneksi tersebut secara iteratif dari output menuju input berdasarkan nilai gradien kesalahan. Kompleksitas hubungan antar garis pada gambar tersebut menunjukkan bagaimana setiap neuron di lapisan tersembunyi berkontribusi dalam memetakan input biaya produksi menjadi prediksi pendapatan.

3. Evaluasi Kinerja Model

Kinerja model diukur menggunakan indikator Root Mean Square Error (RMSE) setelah hasil prediksi dikembalikan ke satuan aslinya (denormalisasi). Penggunaan RMSE pada data denormalisasi memberikan gambaran nyata mengenai selisih nominal Rupiah antara prediksi model dan pendapatan aktual petani.

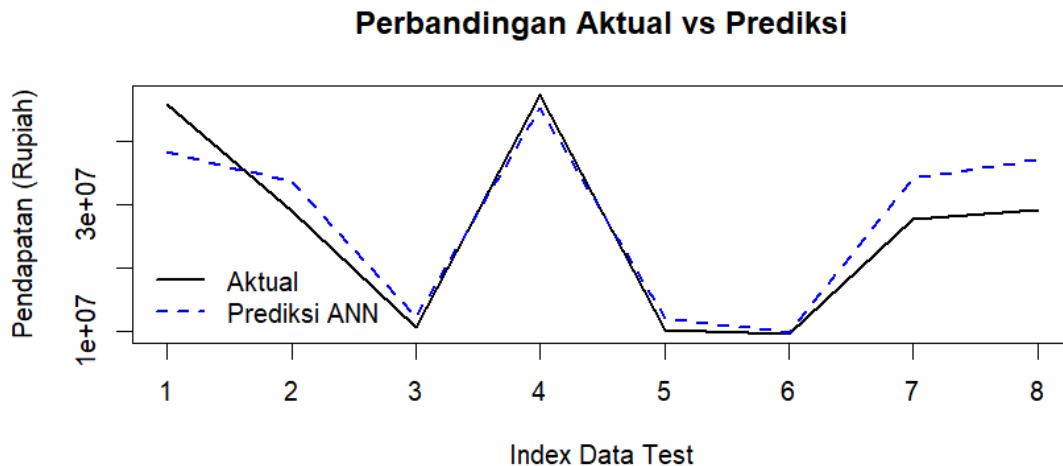
Tabel 1 menyajikan hasil evaluasi kesalahan prediksi model pada data uji.

Metrik Evaluasi	Nilai
RMSE (Root Mean Square Error)	Rp4.890.098

Berdasarkan hasil pengujian model menggunakan data uji (testing data), diperoleh nilai Root Mean Square Error (RMSE) sebesar Rp 4.890.098. Nilai ini mengindikasikan bahwa rata-rata deviasi atau selisih antara pendapatan yang diprediksi oleh model dengan pendapatan aktual petani adalah sebesar nilai tersebut.

4. Analisis Visualisasi Prediksi dan Diskusi

Validasi visual dilakukan dengan membandingkan grafik data aktual dan data hasil prediksi JST pada Gambar 3. Garis putus-putus (prediksi) terlihat mampu mengikuti pola fluktuasi garis tegas (aktual) dengan cukup presisi.



Gambar 4. Perbandingan Data Aktual vs Prediksi Pendapatan

Secara argumentatif, hasil ini menunjukkan beberapa temuan penting:

- Kemampuan Generalisasi: Model mampu menangkap tren kenaikan dan penurunan pendapatan yang tajam. Artinya, algoritma Backpropagation berhasil memetakan hubungan non-linier antara komponen biaya produksi (Input) dan pendapatan (Output). Hal ini sejalan dengan teori Haykin (2009) yang menyatakan bahwa Backpropagation adalah pengaproksimasi fungsi universal yang handal.
- Relevansi Variabel: Fakta empiris bahwa model mampu memprediksi pendapatan hanya dengan menggunakan variabel biaya dan luas lahan menunjukkan bahwa variabel-variabel tersebut merupakan determinan utama dalam ekonomi usaha tani padi di wilayah studi.
- Kebaruan Temuan: Berbeda dengan metode regresi konvensional yang seringkali hanya menghasilkan garis tren lurus (rata-rata), JST pada penelitian ini mampu memodelkan dinamika fluktuasi biaya secara detail. Temuan ini memberikan wawasan baru bahwa ketidakpastian pendapatan petani sebenarnya memiliki pola yang dapat diprediksi jika menggunakan metode komputasi yang tepat.

Implikasi praktis dari hasil ini adalah petani dapat mengestimasi potensi pendapatan mereka sebelum musim panen tiba berdasarkan rencana anggaran biaya yang mereka miliki, sehingga meminimalisir risiko kerugian finansial.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa algoritma Jaringan Syaraf Tiruan dengan metode Backpropagation efektif diimplementasikan untuk memprediksi pendapatan petani padi. Arsitektur jaringan yang paling optimal adalah pola 5-5-1, yaitu 5 neuron input (Luas Lahan, Biaya Benih, Pupuk, Obat-obatan, Tenaga Kerja), 5 neuron pada hidden layer, dan 1 neuron output (Pendapatan), dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid biner.

Temuan kebaruan (novelty) dari penelitian ini terletak pada kemampuan model untuk memetakan hubungan non-linier antara fluktuasi biaya produksi dan pendapatan petani yang seringkali sulit dideteksi oleh metode statistik linier. Hal ini dibuktikan dengan grafik prediksi yang mampu mengikuti pola data aktual secara presisi dan nilai Root Mean Square Error (RMSE) sebesar Rp 4.890.098 pada data

uji, yang tergolong toleran untuk skala usaha tani. Variabel biaya pupuk dan tenaga kerja teridentifikasi sebagai komponen biaya yang memiliki pola fluktuasi paling berpengaruh terhadap hasil prediksi.

Untuk pengembangan penelitian di masa depan, disarankan untuk tidak hanya menggunakan variabel internal (biaya produksi), tetapi juga mengintegrasikan variabel eksternal yang bersifat stokastik seperti curah hujan, serangan hama, dan harga gabah di pasaran untuk meningkatkan akurasi prediksi. Selain itu, penerapan algoritma optimasi bobot seperti Genetic Algorithm (GA) atau Particle Swarm Optimization (PSO) dapat dipertimbangkan untuk mengatasi kemungkinan model terjebak pada local minima saat proses pelatihan.

REFERENSI

- Badan Pusat Statistik. (2024). *Luas panen dan produksi padi di Indonesia 2023*. Badan Pusat Statistik.
- Ghozali, I. (2018). *Aplikasi analisis multivariate dengan program IBM SPSS 25*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques* (3rd ed.). Morgan Kaufmann.
- Haykin, S. (2009). *Neural networks and learning machines* (3rd ed.). Pearson Education.
- Kusumadewi, S., & Hartati, S. (2010). *Neuro-fuzzy: Integrasi sistem fuzzy dan jaringan syaraf*. Graha Ilmu.
- Pramudya, Y., & Haryanto, T. (2020). Prediksi harga gabah menggunakan jaringan syaraf tiruan backpropagation. *Jurnal Ilmiah Komputasi*, 19(2), 145–152.
- Siang, J. J. (2009). *Jaringan syaraf tiruan dan pemrogramannya menggunakan Matlab*. Andi Offset.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sutikno, T. (2018). Analisis kinerja jaringan syaraf tiruan backpropagation untuk prediksi curah hujan. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 6(2), 77–82.
- Windasari, W. (2024). *Materi perkuliahan: Model backpropagation* [Materi perkuliahan tidak diterbitkan]. Universitas Putra Bangsa.
- Zhang, G. P. (2003). Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. *Neurocomputing*, 50, 159–175.