

## PENGGUNAAN MACHINE LEARNING UNTUK ESTIMASI BIAYA DAN WAKTU KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG

Anda Subrata<sup>1</sup>, Parman<sup>2</sup>, Mayang Mughnyanti<sup>2</sup>

Politeknik Negeri Medan, Medan

e-mail: <sup>1</sup>andasubrata@polmed.ac.id, <sup>2</sup>mayangmughnyanti@polmed.ac.id

**Abstract:** *Cost and time estimation of building construction projects often face challenges due to the complexity of influencing variables, such as material type, architectural design, geographical conditions, and labor productivity. This study implements a machine learning algorithm to improve the accuracy of cost and project duration estimation by utilizing historical construction project datasets. The methodology used includes data preprocessing, feature selection, and model training using the Random Forest Regressor algorithm and Artificial Neural Network (ANN). The dataset consists of 500 building projects in Indonesia with attributes such as floor area, number of floors, type of structure, location, contract value, and completion time. The evaluation results show that Random Forest has better performance than ANN on both estimation targets. For cost estimation, Random Forest produces MAE of 2,283.68 million rupiah and MAPE of 62.31%, while ANN has MAE of 2,944.58 million rupiah and MAPE of 65.04%. In the project completion time estimation, Random Forest recorded MAE of 153.36 days and MAPE of 59.89%, while ANN produced MAE of 245.76 days and MAPE of 77.12% for time estimation. This study proves that machine learning can be used effectively to support more accurate and efficient construction project planning.*

**Kata kunci:** *Construction Cost Estimation, Project Duration Estimation, Machine Learning, Random Forest, Artificial Neural Network, Building Construction Projects.*

**Abstrak:** Estimasi biaya dan waktu proyek konstruksi bangunan gedung sering kali menghadapi tantangan karena kompleksitas variabel yang mempengaruhi, seperti jenis material, desain arsitektural, kondisi geografis, serta produktivitas tenaga kerja. Penelitian ini mengimplementasikan algoritma machine learning untuk meningkatkan akurasi estimasi biaya dan durasi proyek dengan memanfaatkan dataset historis proyek konstruksi. Metodologi yang digunakan meliputi pra-proses data, seleksi fitur, dan pelatihan model menggunakan algoritma *Random Forest Regressor* dan *Artificial Neural Network (ANN)*. Dataset terdiri dari 500 proyek bangunan gedung di Indonesia dengan atribut seperti luas lantai, jumlah lantai, jenis struktur, lokasi, nilai kontrak, serta waktu penyelesaian. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa *Random Forest* memiliki performa lebih baik dibandingkan *ANN* pada kedua target estimasi. Untuk estimasi biaya, *Random Forest* menghasilkan MAE sebesar 2.283,68 juta rupiah dan MAPE 62,31%, sedangkan *ANN* memiliki MAE sebesar 2.944,58 juta rupiah dan MAPE 65,04%. Pada estimasi waktu penyelesaian proyek, *Random Forest* mencatat MAE sebesar 153,36 hari dan MAPE 59,89%, sedangkan *ANN* menghasilkan MAE sebesar 245,76 hari dan MAPE 77,12% untuk estimasi waktu. Studi ini membuktikan bahwa machine learning dapat digunakan secara efektif untuk mendukung perencanaan proyek konstruksi yang lebih akurat dan efisien.

**Kata kunci:** Estimasi Biaya Konstruksi, Estimasi Durasi Proyek, Machine Learning, Random Forest, Artificial Neural Network, Proyek Bangunan Gedung.

## PENDAHULUAN

Bangunan gedung merupakan fasilitas yang diciptakan manusia untuk menunjang berbagai aktivitas, seperti tempat kerja (industri dan perkantoran), fasilitas pendidikan (sekolah dan kampus), serta fasilitas olah raga dan rekreasi, sesuai dengan kebutuhan manusia. Estimasi biaya dan waktu merupakan aspek krusial dalam manajemen proyek konstruksi, khususnya dalam pembangunan gedung. Estimasi yang tidak akurat dapat menyebabkan pembengkakan anggaran, keterlambatan penyelesaian proyek, hingga kegagalan proyek secara keseluruhan. Metode konvensional seperti estimasi berdasarkan pengalaman sebelumnya (analogous estimation), perhitungan manual, dan metode deterministik lainnya sering kali tidak mampu menangkap kompleksitas variabel yang memengaruhi biaya dan durasi proyek (Purmala 2021).

Industri konstruksi merupakan salah satu sektor strategis dalam pembangunan infrastruktur dan ekonomi nasional. Dalam proyek konstruksi bangunan gedung, dua aspek yang sangat krusial dan menentukan keberhasilan proyek adalah **estimasi biaya** dan **estimasi waktu pelaksanaan**. Estimasi yang akurat tidak hanya membantu pengambilan keputusan yang lebih tepat, tetapi juga mencegah terjadinya pemborosan sumber daya, keterlambatan, serta potensi konflik antara pemilik proyek, kontraktor, dan pemangku kepentingan lainnya (Tahapari, Nugroho, and Suparma 2021) (Leni, D., & Sumiati 2022).

Namun, pada praktiknya, proses estimasi biaya dan waktu sering kali masih dilakukan menggunakan metode konvensional seperti perhitungan berdasarkan analisis harga satuan, standar SNI, dan pengalaman personal estimator. Metode tersebut memiliki kelemahan signifikan, terutama dalam hal subjektivitas, keterbatasan menangkap hubungan non-linear antarvariabel, serta kesulitan menyesuaikan dengan

kompleksitas proyek modern yang sangat dinamis dan bervariasi (Saragih, Faisal, and Haekal 2022).

Dalam dekade terakhir, kemajuan teknologi informasi telah mendorong adopsi metode komputasional yang lebih canggih dalam industri konstruksi. Salah satunya adalah penerapan Machine Learning (ML), sebuah cabang dari kecerdasan buatan yang mampu mempelajari pola dari data historis dan membuat prediksi dengan tingkat akurasi tinggi (Putra et al. 2024). ML memungkinkan pemodelan hubungan non-linear antara berbagai faktor seperti luas bangunan, jumlah lantai, jenis material, lokasi proyek, hingga produktivitas tenaga kerja, yang sulit ditangani oleh metode konvensional (Hidayah et al. n.d.) (Binanto et al. 2024).

Berbagai algoritma ML seperti *Linear Regression*, *Random Forest*, *Gradient Boosting*, hingga *Artificial Neural Network* telah terbukti mampu meningkatkan akurasi estimasi dibandingkan metode tradisional (Putra, Purba, and Dalimunthe 2023). Menunjukkan bahwa model ANN dapat menghasilkan estimasi biaya konstruksi dengan tingkat akurasi lebih tinggi daripada regresi linier. Selain itu, penggunaan ensemble learning seperti Random Forest terbukti efektif dalam menangani variabilitas data dan mengurangi overfitting (Akbar, Handayani, and Saputra 2024) (Tondayana et al. 2024).

Dengan pertumbuhan volume data digital dari proyek-proyek terdahulu serta kemampuan komputasi yang semakin tinggi, integrasi machine learning dalam manajemen proyek konstruksi menjadi semakin relevan dan menjanjikan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengimplementasikan berbagai algoritma machine learning dalam melakukan estimasi biaya dan waktu proyek bangunan gedung secara lebih akurat, adaptif, dan efisien.

## METODE



**luas\_bangunan:** total luas bangunan dalam meter persegi

**jumlah\_lantai:** total jumlah lantai bangunan

**jenis\_struktur:** tipe struktur (sudah dikodekan, misalnya 0 = baja, 1 = beton, 2 = campuran)

**lokasi:** kode lokasi geografis proyek

**metode\_pelaksanaan:** metode konstruksi (misalnya 0 = konvensional, 1 = pracetak)

**biaya:** estimasi biaya konstruksi (juta rupiah)

**waktu:** estimasi durasi penyelesaian proyek (hari kerja)

**Analisis Perbandingan**

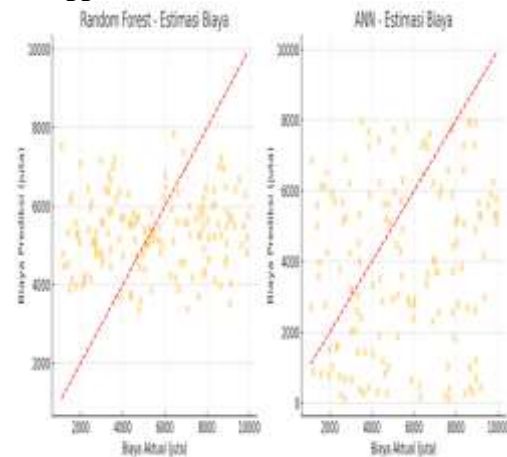
Hasil menunjukkan bahwa Random Forest memiliki performa lebih baik dibandingkan ANN dalam kedua tugas prediksi. Hal ini terutama disebabkan oleh kemampuan RF dalam menangani fitur yang tidak linier dan hubungan yang kompleks antar variabel tanpa memerlukan normalisasi data yang ketat.

Selain itu, RF cenderung lebih stabil terhadap outlier dibandingkan ANN, yang sensitif terhadap data ekstrem jika tidak diatur dengan tepat. Sementara itu, ANN tetap menunjukkan performa kompetitif, terutama ketika arsitektur jaringan dan parameter pelatihan (seperti jumlah neuron, batch size, dan learning rate) telah dioptimasi. ANN cenderung memiliki keunggulan dalam modeling data yang sangat kompleks, namun

memerlukan waktu pelatihan yang lebih lama dan sensitivitas terhadap hyperparameter.

**Visualisasi Hasil Estimasi**

Model juga diuji untuk melihat sejauh mana akurasi estimasi mendekati nilai aktual. Grafik berikut menunjukkan perbandingan antara nilai aktual dan hasil estimasi untuk biaya proyek menggunakan model RF:



**Gambar 3 Hasil Implementasi**

**Evaluasi Kinerja Model**

Untuk mengukur performa masing-masing model, digunakan tiga metrik evaluasi utama:

**Mean Absolute Error (MAE)**

**Root Mean Squared Error (RMSE)**

**Mean Absolute Percentage Error (MAPE)**

**Tabel 1 Hasil Evaluasi Kinerja Model**

Model	Target Estimasi	MAE (±)	RMSE (±)	MAPE (%)
Random Forest	Biaya (juta)	2,283.68	2,667.44	62.31%
Artificial Neural Network	Biaya (juta)	2,944.58	3,600.42	65.04%
Random Forest	Waktu (hari)	153.36	184.18	59.89%
Artificial Neural Network	Waktu (hari)	245.76	296.29	77.12%

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Random Forest memiliki performa lebih baik dibandingkan ANN pada kedua target estimasi. Untuk estimasi biaya, Random Forest menghasilkan MAE sebesar 2.283,68 juta rupiah dan MAPE

62,31%, sedangkan ANN memiliki MAE sebesar 2.944,58 juta rupiah dan MAPE 65,04%. Pada estimasi waktu penyelesaian proyek, Random Forest mencatat MAE sebesar 153,36 hari dan MAPE 59,89%, sedangkan ANN

menghasilkan MAE sebesar 245,76 hari dan MAPE 77,12%.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa Random Forest lebih unggul dalam hal akurasi dan kestabilan prediksi dibandingkan ANN. Dengan demikian, model machine learning, khususnya Random Forest, dapat digunakan sebagai alat bantu estimasi yang andal untuk mendukung pengambilan keputusan dalam manajemen proyek konstruksi bangunan gedung.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. F., T. N. Handayani, and Ashar Saputra. 2024. "Pemodelan Artificial Neural Network Untuk Estimasi Biaya Proyek Peningkatan Jalan Aspal Dengan Variabel Bebas Dimensi Item Pekerjaan." (September):1–7.
- Binanto, Iwan, M. Rizky Fajar Mali, Basilius Arilla Dimas N, and Ajitama Jaya. 2024. "Perbandingan Algoritma Random Forest Dan Artificial Neural Network Untuk Dataset Water Potability." *Jtriste* 11(1):53–59. doi: 10.55645/jtriste.v11i1.510.
- Hidayah, Hilda Khoirotul, Endah Septa Sintiya, Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang, Neural Network, Dissolved Gas Analysis, Duval Pentagon, Duval Triangle, Support Vector Machine, Artificial Neural Network, Analisis Gas Terlarut, Kadar Air, Tegangan Antar, and Tegangan Antar. n.d. "Implementasi Machine Learning Pada Sistem Informasi." 2:571–80.
- Leni, D., & Sumiati, R. 2022. "Perbandingan Alogaritma Machine Learning Untuk Prediksi Sifat Mekanik Pada Baja Paduan Rendah." *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi* 5(2):167–74.
- Purmala, Yulio Agefa. 2021. "Implementation of Machine Learning to Increase Productivity in the Manufacturing Industry: A Literature Review." *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering* 13(2):267. doi: 10.22441/oe.2021.v13.i2.026.
- Putra, Purwa Hasan, Indri Dhitisari, Politeknik Negeri Medan, and Politeknik Negeri Medan. 2024. "INOVASI SMART FARMING OPTIMALISASI BAWANG MERAH." 4307(4):1788–92.
- Putra, Purwa Hasan, Bister Purba, and Yulia Agustina Dalimunthe. 2023. "Random Forest and Decision Tree Algorithms for Car Price Prediction." 1(2):81–89.
- Saragih, Triando Hamonangan, Mohammad Reza Faisal, and Muhammad Haekal. 2022. "Efisiensi Energi Pada Bangunan." 09(1):22–32.
- Tahapari, Yesia, Arief Setiawan Budi Nugroho, and Latif Budi Suparma. 2021. "Model Estimasi Biaya Dengan Cost Significant Model Dan Artificial Neural Network Proyek Peningkatan Jalan Aspal Di Yogyakarta." *Jurnal Teknik Sipil* 16(2):122–33. doi: 10.24002/jts.v16i2.4778.
- Tondayana, Yoszy Aldo, Mahasiswa Program, Studi Magister, Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Dosen Program, Studi Magister, Teknik Sipil, and Universitas Kristen Petra. 2024. "PENERAPAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK DALAM MEMREDIKSI BIAYA KONSTRUKSI BANGUNAN DENGAN." 11(2):94–107. doi: 10.9744/duts.11.2.94-107.