

TESIS

**METODE PREDIKSI ANGGARAN PROYEK KONSTRUKSI
BANGUNAN GEDUNG PEMERINTAH DI TIMOR-LESTE
BERBASIS *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* (ANN)**



FIRMINO FITRINO XIMENES

NPM: 245119768

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

2025



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PERSETUJUAN TESIS

Nama : Firmino Fitrino Ximenes
Nomor Mahasiswa : 245119768
Konsentrasi : Manajemen Konstruksi
Judul Tesis : Metode Prediksi Anggaran Proyek Konstruksi Bangunan
Gedung Pemerintah Di Timor-Leste Berbasis *Artificial
Neural Network* (Ann)

Dosen Pembimbing

Tanggal

Tanda Tangan

Dr. Ir. Nectaria Putri Pramesti, S.T., M.T.,
IPM., ASEAN Eng.

11/12/2025





FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PENGESAHAN TESIS

Nama : Firmino Fitrino Ximenes
Nomor Mahasiswa : 245119768
Konsentrasi : Manajemen Konstruksi
Judul Tesis : Metode Prediksi Anggaran Proyek Konstruksi Bangunan
Gedung Pemerintah Di Timor-Leste Berbasis *Artificial
Neural Network* (ANN)

Nama Penguji	Tanggal	Tanda Tangan
Dr. Ir. Nectaria Putri Pramesti, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.	11/12/2025	
Prof. Ir. AY. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D	10/12/2025	
Ir. Fitri Nugraheni, S.T, Ph.D., IPM	10/12/2025	



Ketua Program Studi

Dr. Ir. Nectaria Putri Pramesti, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa tesis dengan judul:

**METODE PREDIKSI ANGGARAN PROYEK KONSTRUKSI BANGUNAN
GEDUNG PEMERINTAH DI TIMOR-LESTE BERBASIS *ARTIFICIAL
NEURAL NETWORK* (ANN)**

benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam tesis ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa tesis ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan saya akan mengembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 11... Desember 2025

Yang membuat pernyataan



(Firmينو Fitrino Ximenes)

INTISARI

Estimasi biaya konstruksi merupakan komponen fundamental dalam perencanaan proyek publik, terutama di negara berkembang yang menghadapi keterbatasan data, fluktuasi harga material, serta variasi geografis yang tinggi. Penelitian ini mengembangkan metode prediksi anggaran proyek konstruksi bangunan pemerintah di Timor-Leste menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN). Data penelitian terdiri dari 161 proyek yang dilaksanakan pada periode 2021–2024, mencakup lima jenis bangunan publik: *Escola Básica Filial* (EBF), *Escola Pré-Escolar* (EPE), *Escola Secundária Geral* (ESG), *Health Post*, dan *Doctor's Residence*. Variabel input yang digunakan mencakup jenis bangunan (X1), lokasi distrik (X2), jarak (X3), luas bangunan (X4), tahun pelaksanaan (X5), proporsi biaya struktural (X6), dan proporsi biaya arsitektural (X7). Seluruh variabel kategorial dikodekan menggunakan *label encoding*, sementara variabel numerik dinormalisasi dengan metode *min-max scaling*. ANN dibangun menggunakan arsitektur 7-10-1 dengan fungsi aktivasi *log-sigmoid* pada *hidden layer* dan *purelin* pada *output layer*, dilatih menggunakan algoritma *Levenberg–Marquardt*. Hasil evaluasi menunjukkan kinerja yang sangat baik dengan nilai R^2 sebesar 0.95, *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 5.76%, dan *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar USD 2,027.60. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa variabel luas bangunan, jarak, dan tahun pelaksanaan merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap prediksi biaya. Hasil penelitian membuktikan bahwa ANN mampu menangkap pola *non-linear* dan kompleks dalam sistem biaya konstruksi dengan akurasi yang lebih tinggi

dibandingkan metode konvensional seperti *analogous estimation* dan *multiple regression analysis*. Metode ini kemudian diimplementasikan ke dalam aplikasi berbasis *GUI MATLAB* untuk memudahkan penggunaan praktis. Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dan praktis bagi pengembangan metode estimasi biaya berbasis kecerdasan buatan, serta dapat dijadikan alat bantu pengambilan keputusan dalam penyusunan anggaran proyek pemerintah di Timor-Leste. Namun, masih memiliki keterbatasan pada ketersediaan data, variabel yang belum mencakup kondisi lapangan secara penuh, serta kebutuhan *retraining* ANN secara berkala. Rekomendasi diberikan untuk pengembangan metode masa depan, termasuk penambahan variabel aksesibilitas, integrasi dengan GIS, penggunaan data harga secara *real-time*, dan pengembangan arsitektur jaringan yang lebih kompleks.

Kata kunci: Estimasi Biaya, *Artificial Neural Network*, Biaya Konstruksi Bangunan, Prediksi Anggaran.

ABSTRACT

Construction cost estimation is a fundamental component of public project planning, particularly in developing countries that face challenges such as limited data availability, fluctuating material prices, and significant geographical variations. This study develops a budget prediction method for government building projects in Timor-Leste using an Artificial Neural Network (ANN). The research dataset consists of 161 projects implemented between 2021 and 2024, covering five types of public buildings: Escola Básica Filial (EBF), Escola Pré-Escolar (EPE), Escola Secundária Geral (ESG), Health Post, and Doctor's Residence. The input variables include building type (X1), district location (X2), distance (X3), building area (X4), year of implementation (X5), structural cost proportion (X6), and architectural cost proportion (X7). All categorical variables were encoded using label encoding, while numerical variables were normalized using the min-max scaling method. The ANN was constructed using a 7-10-1 architecture with a log-sigmoid activation function in the hidden layer and a purelin function in the output layer, trained using the Levenberg-Marquardt algorithm. The evaluation results demonstrate highly satisfactory performance, with an R^2 value of 0.95, Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 5.76%, and Root Mean Square Error (RMSE) of USD 2,027.60. Sensitivity analysis indicates that building area, distance, and year of implementation are the most influential factors in cost prediction. The findings confirm that ANN can capture nonlinear and complex patterns in construction cost systems with higher accuracy compared to conventional methods such as analogous estimation and multiple regression

analysis. The method was further implemented into a MATLAB-based GUI application to facilitate practical use. This study provides both theoretical and practical contributions to the development of AI-based cost estimation methods and serves as a decision-support tool for budgeting government projects in Timor-Leste. However, limitations remain regarding data availability, incomplete representation of field conditions, and the need for periodic ANN retraining. Recommendations for future development include incorporating accessibility variables, integrating GIS, utilizing real-time price data, and developing more advanced network architectures.

Keywords: *Cost Estimation, Artificial Neural Network, Building Construction Cost, Budget Prediction.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul “ **Metode Prediksi Anggaran Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Pemerintah Di Timor-Leste Berbasis *Artificial Neural Network* (Ann)**” ini dengan baik sebagai syarat memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Dalam menyusun tesis ini penulis mendapat banyak bimbingan, bantuan dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Nectaria Putri Pramesti, S.T., M.T.,IPM., ASEAN Eng. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Serta dosen pembimbing yang telah memberikan motivasi, masukan dan bimbingan kepada penulis dari awal hingga akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini.
2. Seluruh Dosen, karyawan, dan staf Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia mendidik, mengajar dan memberikan ilmunya kepada penulis.
3. Program Kemitraan Negara Berkembang (KNB *Scholarship*) yang telah memberikan kesempatan, dukungan, dan beasiswa sehingga penulis dapat menempuh dan menyelesaikan studi Magister Teknik Sipil di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Orang - orang tercinta, Bapak Martinho Ximenes, Mama Martinha Lucia da Costa, Istri Carmelita Paixao, Ade Sika, Ade Mely, Ade Leo, Ade Du, Ade Fano, dan kedua anak Rico dan Agnes serta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan kasih, dukungan, perhatian dan doa untuk penulis.
5. Kepada keluarga besar klan/rumah adat saya, yang senantiasa memberikan dukungan moral, doa, serta kekuatan adat dan budaya yang menjadi landasan dalam setiap langkah saya. Terima kasih atas kasih sayang, kebersamaan, dan nilai-nilai luhur yang selalu menguatkan penulis selama menjalani proses studi ini.

6. Teman-teman seperjuangan MTS24, terutama teman sebimbingan yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan semangat agar bisa lulus bersama.
7. Kepada teman-teman dari Timor-Leste serta rekan-rekan penerima beasiswa dari berbagai negara yang satu angkatan dengan penulis, terima kasih atas kebersamaan, dukungan, kerja sama, dan semangat saling membantu yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan studi ini. Kehadiran kalian menjadikan proses pembelajaran lebih bermakna dan penuh inspirasi.
8. Serta pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, baik yang secara langsung maupun tidak langsung membantu penulis dalam menyelesaikan studi di Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan tesis ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tesis ini. Akhir kata penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pembaca sekalian terutama dibidang Ilmu Sipil.

Yogyakarta, Desember 2025

Penulis

DAFTAR ISI

COVER

PERSETUJUAN TESIS.....	i
PENGESAHAN TESIS.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
INTISARI.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Penelitian	7
BAB II.....	8
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	8
2.1 Tinjauan Pustaka	8
2.2 Dasar Teori	11
2.2.1 Teori Estimasi Biaya Konstruksi.....	11
2.2.2 <i>Artificial Neural Network</i>	12
2.3 Kerangka Teoritis Penelitian	14
BAB III	15
METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Pendekatan dan Jenis Penelitian.....	15
3.2 Populasi dan Sampel Penelitian	15
3.3 Lokasi Penelitian dan Sumber Data	17
3.4 Variabel Penelitian	17
3.5 Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	19

3.6	Desain dan Arsitektur ANN	19
3.6.1	<i>Artificial Neural Nertworks</i>	19
3.6.3	Arsitektur Jaringan Pada <i>Artificial Neural Network</i>	22
3.6.4	<i>Algoritma Backpropagation</i>	26
3.6.5	Data <i>Preprocessing</i> untuk ANN.....	27
3.6.6	Evaluasi Performa Metode	28
3.7	Perangkat Lunak yang Digunakan	29
3.8	Diagram Alur Penelitian.....	31
BAB IV		32
HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Deskripsi Umum Data Penelitian.....	32
4.1.1	Sumber dan Periode Data.....	32
4.1.2	Sebaran Jenis Bangunan dan Lokasi	32
4.1.3	Data Penelitian	33
4.2	Proses Pengolahan dan Persiapan Data.....	37
4.2.2	Normalisasi Data	39
4.2.3	Karakteristik Umum Dataset.....	41
4.2.4	Pembagian Dataset	42
4.3	Rancangan dan Pelatihan Metode ANN.....	43
4.3.1	Arsitektur Jaringan dan Parameter Pelatihan	43
4.3.2	Grafik <i>Training Performance (Error vs Epoch)</i>	46
4.3.3	Grafik <i>Regression Plot (Aktual vs Prediksi)</i>	47
4.3.4	Analisis <i>Training State (Gradient, Mu, dan Validation Check)</i>	48
4.3.5	Analisis Distribusi <i>Error (Error Histogram)</i>	50
4.3.6	Ringkasan Rancangan dan Pelatihan ANN	51
4.3.7	Implementasi ANN ke Dalam Aplikasi Prediksi Biaya	52
4.4	Evaluasi Hasil.....	55
4.4.1	Perhitungan MAPE, RMSE, dan R^2	56
4.5	Pembahasan.....	61
4.5.1	Keterkaitan Hasil ANN dengan Teori dan Konteks Timor-Leste.....	61
4.5.2	Dominasi Variabel terhadap Anggaran.....	64
4.5.3	Perbandingan ANN dengan Metode Konvensional	67

4.5.4	Implikasi Teoretis, Praktis, dan Kebijakan.....	69
4.5.5	Keterbatasan Hasil ANN	71
4.5.6	Rekomendasi untuk Penelitian Selanjutnya	72
4.5.7	Pemenuhan Tujuan Penelitian.....	73
BAB V.....		76
KESIMPULAN DAN SARAN.....		76
5.1	Kesimpulan	76
5.2	Saran.....	77
REFERENSI		78

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Definisi Operasional Variabel Penelitian	17
Tabel 4. 1 Distribusi Proyek Berdasarkan Jenis Bangunan.....	33
Tabel 4. 2 Data Proyek Konstruksi Bangunan Pemerintah Timor-Leste (2021– 2024)	33
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Pareto Untuk Penentuan Nilai Variabel X6 dan X7	34
Tabel 4. 4 <i>Mapping Encoding</i> Jenis Bangunan (X1)	38
Tabel 4. 5 <i>Mapping Encoding</i> Lokasi Bangunan Gedung (X2).....	38
Tabel 4. 6 Hasil <i>Enicoding</i> untuk Varibel Kategorial (X1 dan X2)	39
Tabel 4. 7 Hasil Normalisasi Data dengan <i>Min-Max Normalization</i>	40
Tabel 4. 8 Hasil analisis Statistik deskriptif.....	41
Tabel 4. 9 Hasil analisis Korelasi Varibel X terhadap Y	42
Tabel 4. 10 Pembagian dataset	43
Tabel 4. 11 Arsitektur dan Parameter Pelatihan Metode ANN	45
Tabel 4. 12 Nilai Korelasi (R) dan Persamaan Regresi per Subset Data	48
Tabel 4. 13 Ringkasan Hasil Pelatihan ANN	51
Tabel 4. 14 Nilai Proporsi X6 dan X7.....	54
Tabel 4. 15 Hasil Simulasi Prediksi Biaya Konstruksi dengan ANN	56
Tabel 4. 16 Perhitungan MAPE, RMSE, dan R^2	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Neuron	13
Gambar 3. 1 Single-Input Neuron	20
Gambar 3. 2 Multiple-Input Neuron	21
Gambar 3. 3 Transfer Function	22
Gambar 3. 4 A Layer of Neurons	23
Gambar 3. 5 A Layer of Neurons, Abbreviated Notation.....	24
Gambar 3. 6 Multiple Layers of Neurons	24
Gambar 3. 7 Multiple Layers of Neurons, Abbreviated Notation.....	25
Gambar 3. 8 Recurrent Network	26
Gambar 3. 9 Arsitektur Jaringan Backpropagation	27
Gambar 3. 10 Diagram Alir Prosedur Penelitian	31
Gambar 4. 1 Struktur Arsitektur ANN	44
Gambar 4. 2 Grafik Performa Pelatihan ANN (<i>Error vs Epoch</i>).....	46
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan <i>Output</i> dan Target (<i>Regression Plot</i>).....	47
Gambar 4. 4 Grafik <i>Training State</i> – Perubahan Parameter Pelatihan ANN	49
Gambar 4. 5 <i>Error Histogram</i> Hasil Pelatihan ANN	50
Gambar 4. 6 Antarmuka Aplikasi Prediksi Anggaran Biaya Berbasis ANN.....	53
Gambar 4. 7 Perkiraan Anggaran Biaya Berbasis ANN	55
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai Aktual Vs Prediksi	59
Gambar 4. 9 Hasil Analisis Sensitivitas	60