

ESTIMASI BIAYA KONSEPTUAL KONSTRUKSI GUDANG

(Conceptual Cost Estimation Of Warehouse Construction)

Muhammad Ridho Satrio¹, Azaria Andreas¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta
E-mail: ridhosatrio11@gmail.com

Diterima 10 September 2021, Disetujui 25 November 2021

ABSTRAK

Estimasi biaya konseptual ialah perkiraan awal untuk memprediksi biaya proyek berdasarkan perhitungan dan analisa pengalaman yang dilakukan dengan terbatas atau tidak adanya informasi desain dan rekayasa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor yang berpengaruh pada biaya pembangunan konstruksi gudang dan bagaimana membuat model berdasarkan faktor-faktor dengan menggunakan metode ANN. Faktor-faktor yang mempengaruhi biaya konstruksi gudang yaitu lokasi proyek, topografi tanah, tipe pondasi, luas bangunan, tipe superstruktur, tinggi bangunan, bentuk bangunan, tipe atap, tahun pembangunan, durasi proyek. Setelah menguji model dilakukan Analisa hasil penelitian untuk dapat hasil yang akurat, kemudian divalidasi bahwa model tersebut mampu memprediksi data pengujian dengan tingkat kesalahan sebesar 22%. Berdasarkan AACE, klasifikasi akurasi estimasi yaitu Low : -15% sampai -20% dan High : +20% sampai +50%. Sehingga permodelan diatas sudah sesuai dengan AACE.

Kata kunci: *Estimasi Konseptual, Konstruksi Gudang, Artificial Neural Network (ANN)*

ABSTRACT

Conceptual cost estimation is an initial estimate to predict project costs based on calculations and experience analysis conducted in limited or absence of design and engineering information. The purpose of this study was to identify the factors that influenced the cost of building the warehouse and how to make it based on factors using the ANN method. Factors that affect the cost of warehouse construction are the project site, soil topography, foundation type, building area, superstructure type, building height, building shape, roof type, year of construction, duration of the project. After testing the model, analysis of the results of the research to obtain accurate results, then validated that the model was able to predict the test data with an error rate of 22%. Based on AACE, the classification of estimated accuracy is Low : -15% to -20% and High : +20% to +50%. So that the above modeling is in accordance with AACE.

Keywords: *Conceptual Estimation, Warehouse Construction, Artificial Neural Network (ANN)*

PENDAHULUAN

Perkiraan biaya tahap konsep dapat didefinisikan sebagai perkiraan biaya proyek yang dibuat sebelum mengumpulkan banyak informasi dari proyek terperinci yang sedang berlangsung. Pembangun, konsultan, dan kontraktor perlu membuat perkiraan biaya sejak tahap konsep untuk mendapatkan gambaran kasar tentang biaya proyek. Karena evaluasi konsep, pelanggan dapat menerima informasi biaya sesegera mungkin untuk menentukan ruang lingkup proyek yang akan dilaksanakan. Perencana perlu memperkirakan untuk menentukan beberapa proyek konstruksi alternatif, dan menyerahkan kepada pemilik untuk mengevaluasi perkiraan biaya proyek alternatif dalam anggaran mereka. Dalam beberapa kasus, ketika proyek yang sangat penting hanya membutuhkan waktu singkat, pembangun harus memilih kontraktor sebelum merinci proyek konstruksi yang saya selesaikan. Dalam hal ini, pembangun mengharuskan kontraktor untuk memberikan perkiraan biaya untuk pelaksanaan proyek, tetapi informasi proyek terbatas. Dalam hal ini, Anda memerlukan model estimasi biaya yang memungkinkan Anda menghitung dengan cepat dan mendapatkan hasil yang cukup akurat [1].

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu berusaha meniru proses pembelajaran otak manusia. Otak manusia mengandung jutaan sel saraf (neuron) yang bertugas memproses informasi. Setiap saraf dalam sel memiliki nukleus, yang bertanggung jawab untuk memproses informasi.

Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf juga terdiri dari beberapa neuron, yang ada hubungan antara neuron-neuron tersebut. Neuron-neuron akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju neuron-neuron yang lain. Dalam jaringan syaraf hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut.

Neuron buatan ini bekerja seperti neuron biologis. Informasi atau input diproses oleh fungsi ekstensi yang menambahkan nilai semua bobot input. Hasil total dibandingkan dengan ambang batas tertentu melalui fungsi aktivasi masing-masing neuron. Jika sinyal input melebihi ambang batas tertentu, neuron akan memicu, jika tidak, neuron tidak akan memicu. Ketika sebuah neuron diaktifkan, ia mengirimkan outputnya ke semua neuron yang terhubung dengannya dengan bobot outputnya, dan seterusnya. [2]

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Mengidentifikasi faktor yang dapat mempengaruhi biaya pembangunan konstruksi gudang.
- Membuat permodelan estimasi biaya konstruksi pada tahap konseptual dengan metode ANN.

Estimasi konseptual juga dikenal sebagai urutan skala, kelayakan, analogi atau perkiraan awal. Ini adalah yang pertama usaha serius yang dibuat untuk memprediksi biaya dari proyek. Sebuah estimasi konseptual biasanya dilakukan sebagai bagian dari analisis prestasi proyek di awal proyek. Dengan cara ini, estimasi dibuat dengan terbatas informasi pada lingkup proyek dan biasanya dibuat tanpa desain rinci dan data rekayasa. Jangkauan akurasi

diharapkan menjadi +50% ke -30%.

METODE

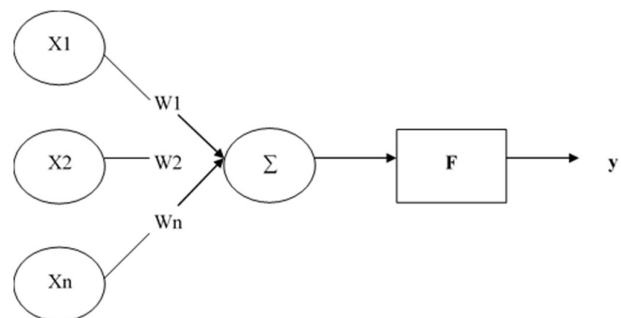
Jaringan Syaraf tiruan (ANN) merupakan salah satu sistem pengolah informasi yang bertujuan untuk mensimulasikan kerja otak manusia dalam memecahkan masalah dengan mengubah sinapsisnya untuk melakukan proses pembelajaran. Jaringan syaraf tiruan dapat mengenali tindakan berdasarkan masa lalu. Jaringan syaraf tiruan memeriksa data masa lalu sehingga mereka dapat membuat keputusan atas data yang belum pernah diperiksa.

Model Jaringan ANN

Seperti halnya otak manusia, jaringan saraf terdiri dari beberapa neuron dengan koneksi di antara mereka. Neuron mengubah informasi yang diterima melalui koneksi keluarannya menjadi neuron lainnya. Dalam jaringan koneksi ini disebut bobot. Informasi ini disimpan dengan nilai tertentu dari skala ini.

Dua atau lebih digunakan untuk redundansi data. Ini dilakukan dengan perambatan yang menambahkan nilai dari semua bobot yang akan datang. Jumlah tersebut kemudian dibandingkan dengan informasi yang disebut input, yang akan dikirim ke neuron dengan bobot input tertentu. Masukkan nilai ambang (threshold) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron.

Dalam jaringan syaraf, neuron dikumpulkan dalam lapisan yang disebut lapisan neuron. Biasanya neuron dalam satu lapisan terhubung ke lapisan sebelumnya atau berikutnya, kecuali lapisan masukan dan lapisan keluaran. Informasi yang disediakan oleh jaringan neural menyebar dari lapisan ini ke lapisan masukan tingkat keluaran melalui tingkat tersembunyi. Algoritma pembelajaran menentukan ke arah mana informasi bergerak [3].

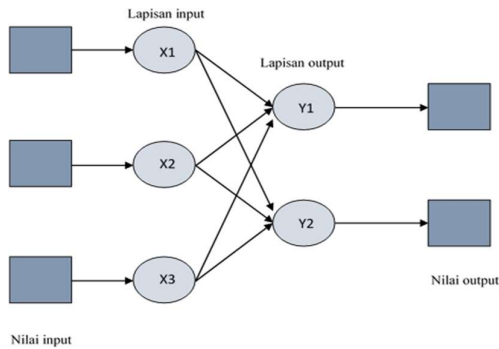


Gambar 1. Model Neuron Sederhana

Arsitektur Jaringan

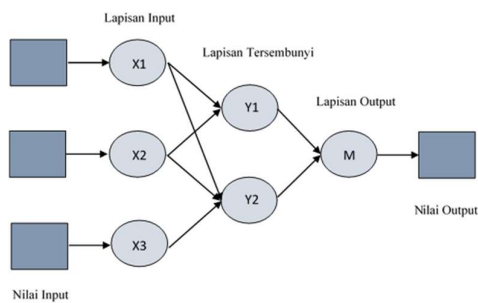
Jaringan syaraf tiruan mempunyai sebagian arsitektur jaringan yang sering digunakan dalam bermacam aplikasi, antara lain:

- Jaringan Layar Tunggal (*single layer network*) jaringan single layer adalah sekumpulan input neuron yang dihubungkan langsung dengan sekumpulan outputnya. Di dalam jaringan ini, dengan bobot yang berbeda, semua unit input dihubungkan dengan semua unit output. Tidak ada kemungkinan unit input yang dihubungkan dengan unit input lainnya, begitu juga dengan unit output.



Gambar 2. Single layer Network [4]

b. Jaringan Layak Jamak (*multi-layer network*)
 Jaringan *multi-layer* merupakan perluasan dari layar tunggal. Dalam jaringan ini terdapat 3 jenis layer, selain unit input dan output terdapat juga unit layer tersembunyi atau *hidden layer*. Dibandingkan dengan jaringan *single layer*, jaringan ini lebih kompleks dan lama untuk diselesaikan. [4]



Gambar 3. Multi-layer Network [4]

Jaringan Backpropagation

Jaringan *Backpropagation* adalah teknik pengajaran atau pembelajaran yang banyak digunakan. Metode ini adalah cara yang baik untuk memecahkan masalah dalam mengidentifikasi pola yang kompleks. Dalam jaringan *backpropagation*, setiap unit lapisan input ditugaskan ke setiap unit lapisan tersembunyi. Setiap unit di lapisan tersembunyi ditugaskan ke setiap unit di lapisan keluaran. Jaringan ini terdiri dari banyak lapisan (*multi-layer network*). Template pelatihan diarahkan ke unit lapisan tersembunyi dan kemudian ke unit lapisan output. ketika pola masukan sebagai pola pelatihan didalam jaringan tersebut. Kemudian unit dari lapisan keluaran bereaksi sebagai keluaran dari jaringan saraf. Jika hasilnya berbeda dari yang diharapkan, itu akan merambat mundur (*Backward*) ke lapisan tersembunyi dan kemudian menyebar keluar dari lapisan tersembunyi ke lapisan masukan.

Algoritma pelatihan jaringan *backpropagation* terdapat 3 tahapan :

1. Tahap umpan maju (*feedforward*)
2. Tahap umpan mundur (*backpropagation*)
3. Tahap perubahan bobot dan bias

Proses pengumpulan data dibagi menjadi 2, pertama data primer dan kedua data sekunder. Data Primer pada

penelitian ini data yang diambil di lapangan yang telah divalidasi oleh pakar berdasarkan 10 variabel. Sedangkan data sekunder berupa informasi dari data proyek pembangunan pusat distribusi.

Tabel 1. Variabel kuisisioner pakar

Variabel	Keterangan
X1	Lokasi Proyek
X2	Topografi Tanah
X3	Tipe Pondasi
X4	Luas Bangunan
X5	Tipe Superstruktur
X6	Tinggi Bangunan
X7	Bentuk Bangunan
X8	Tipe Atap
X9	Tahun Pembangunan
X10	Durasi Proyek

Ada 10 variabel pada tabel diatas yang akan divalidasi oleh pakar. Kuisisioner disebar ke para pakar, jadi ada variabel yang mempengaruhi biaya konstruksi gudang. Hasil validasi variabel terdapat pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil validasi pakar

Variabel	Pakar 1	Pakar 2	Pakar 3	Pakar 4	Pakar 5
X1 Lokasi Proyek	✓	✓	✓	✓	✓
X2 Topografi Tanah	✓	✓	✓	✓	✓
X3 Tipe Pondasi	✓	✓	✓	✓	✓
X4 Luas Bangunan	✓	✓	✓	✓	✓
X5 Tipe Superstruktur	✓	✓	✓	✓	✓
X6 Tinggi Bangunan	✓	✓	✓	✓	✓
X7 Bentuk Bangunan	✓	✓	✓	✓	✓
X8 Tipe Atap	✓	✓	✓	✓	✓
X9 Tahun Pembangunan	✓	✓	✓	✓	✓
X10 Durasi Proyek	✓	✓	✓	✓	✓

Tabel 3. Pengelompokkan data sesuai variabel

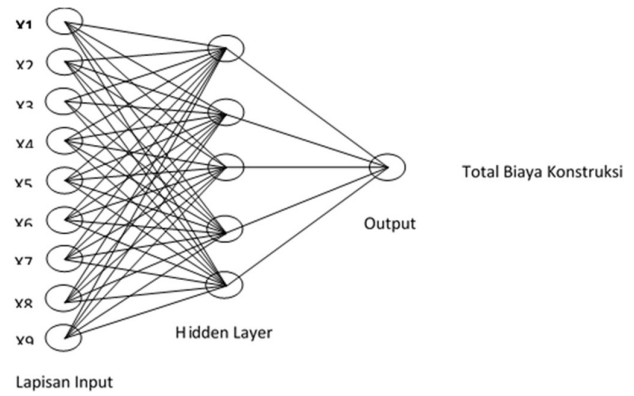
	Proyek 1	Proyek 2	Proyek 3	Proyek 4	Proyek 5
X1	Jakarta	Bogor	Bogor	Bogor	Jakarta
X2					
X3	Tiang pancang	Tiang pancang	Tiang pancang	Tiang pancang	Tiang pancang
X4	2700	2496	5500	10080	1080
X5	Beton dan baja	Beton dan baja	Beton dan baja	Beton dan baja	Beton dan baja
X6	7	7	7	7	7
X7	Persegi panjang	Persegi panjang	Persegi panjang	Persegi panjang	Persegi panjang
X8	Zincalum	Zincalum	Zincalum	Zincalum	Zincalum
X9	2014	2015	2017	2019	2013
X10	5	5	6	7	5
Y	6.594.501.410	8.855.454.473	12.522.000.000	27.853.000.000	4.209.000.000

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan ANN

Adapun tahapan pemodelan ANN:

- a. Pengelompokan data
Data penelitian dirangkum berdasarkan dari 10 variabel dalam lingkup proyek. Kemudian gunakan variabel tersebut untuk memprediksi variabel biaya konstruksi. Seperti disebutkan di atas, variabel-variabel ini dikumpulkan dari kuesioner oleh lima ahli yang berpengalaman.
- b. Pemisahan data
Data yang dikelompokan dibagi 2 : data pelatihan dan data uji. Untuk pengenalan pola pada permodelan ANN berdasarkan penyesuaian bobot dan bias itu menggunakan data pelatihan. Lalu bukti keakuratan pada pemodelan ANN digunakannya data pengujian. Pada penelitian ini terdapat 3 data pelatihan dan 2 data uji.
- c. Penentuan arsitektur jaringan ANN
Jaringan ANN yang digunakan yaitu *multilayer feed forward*. Ada sembilan variabel untuk mengisi neuron pada lapisan input. Kemudian terhubung pada lapisan tersembunyi, dan jumlah lapisan tersembunyi tersebut ditentukan oleh *trial and error*. Referensi lain mengatakan jika lapisan tersembunyi dua kalinya dari jumlah input, proses pembelajaran ANN lebih cepat, namun sebaliknya ada anggapan bahwa jika lapisan tersembunyi setengah dari data input maka lebih cepat. Jadi peneliti memutuskan memakai lapisan tersembunyi dengan setengah dari lapisan input dan outputnya total biaya konstruksi.



Gambar 4. Desain Jaringan ANN

- d. Pemilihan algoritma pembelajaran
Algoritma *Backpropagation* dipilih sebagai algoritma pelatihan, karena algoritma ini tepat dalam hal estimasi dan prediksi. Kemudian fungsi pembelajaran yang digunakan adalah fungsi *gradient descent* dan fungsi *gradient descent* dengan momentum. Fungsi ini dapat membantu mengaktifkan neuron di setiap lapisan untuk mencapai hasil yg diinginkan. Proses tersebut dilakukan melalui *trial and error*.
- e. Penentuan parameter, nilai dan bobot awal
Pada Pada tahap ini, ditentukan nilai momentum antara 0 dan 1, dan nilai bobot awal menggunakan nilai acak yang diatur secara otomatis oleh Matlab. Nilai momentum *gradient descent* dari 0 hingga 1.
- f. Perubahan data ke dalam jaringan ANN
Data kategoris harus diubah ke dalam bentuk numerik sehingga Matlab dapat secara otomatis membaca dan menormalisasikan data. Di bawah ini adalah data proyek yang dikonversi ke angka

Tabel 4. Data Pengolahan

Lokasi	Tipe Pondasi	Luas Bangunan	Tipe Superstruktur	Tinggi Bangunan	Bentuk Bangunan	Tipe Atap	Tahun Pembangunan	Durasi Proyek	Nilai
1	1	2700	1	7	1	1	2014	5	6.594.501.410
2	1	2496	1	7	1	1	2015	5	8.855.454.473
2	1	5500	1	7	1	1	2017	6	12.522.000.000
2	1	10080	1	7	1	1	2019	7	27.853.000.000
1	1	1080	1	7	1	1	2013	5	4.209.000.000

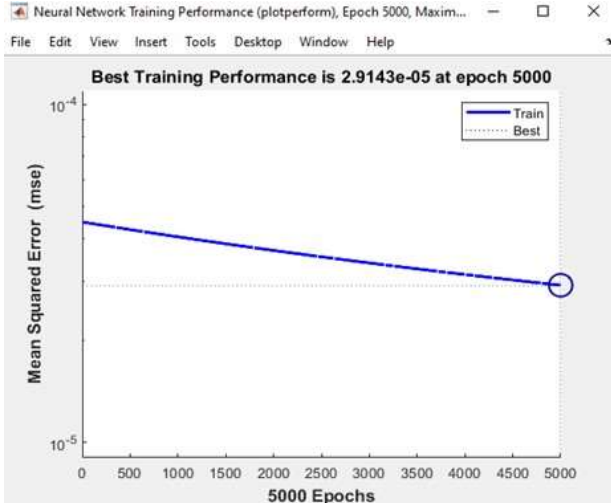
Tabel 5. Nilai untuk kategori

Lokasi	Nilai
Jakarta	1
Bogor	2

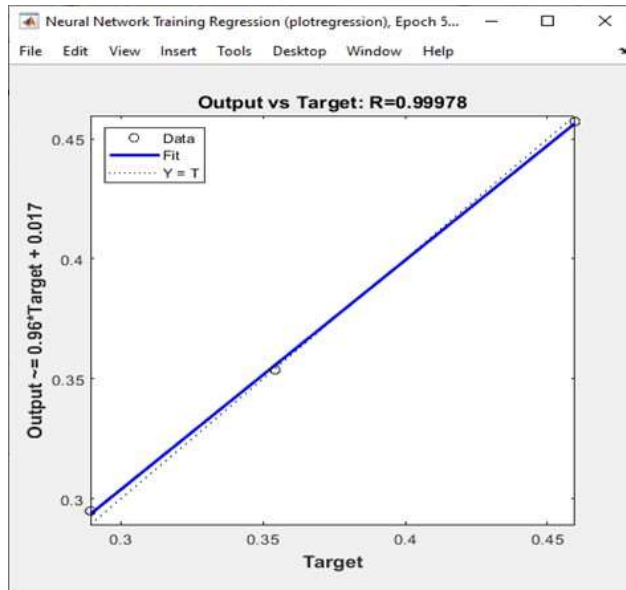
- g. Mulai pelatihan, menentukan bobot dan perbaikan bobot
Oleh karena rasio bobot dan perpindahan antara neuron di setiap lapisan RNA, proses pembelajaran berlangsung terus menerus. Gunakan versi Matlab R2020a untuk melakukan proses ini, dan terus berlatih sampai tujuan tercapai. Jika tujuan tidak memenuhi ini, maka akan ditentukan menurut standar tertentu.
- h. Proses berhenti Latihan dan pengujian data
 - Proses pelatihan dapat berhenti jika :
Batas Waktu, yaitu batas waktu latihan yang diatur yaitu 10 menit atau 600 detik.

- Iterasi atau *epoch* maksimum yaitu jumlah maksimal iterasi yang ditetapkan. yaitu 5000 *epoch*.
 - Target kinerja (*goal*) adalah nilai target dari fungsi kinerja jaringan. Pelatihan ini menetapkan target $MSE = [10^{-3}]$
 - Kesalahan maksimal (*fail*), adalah jika iterasi gagal, karena gradien yang ada pada iterasi ke-n lebih besar dari gradien ke-(n-1), nilai kesalahan maksimal. Nilai kesalahan maksimal ditentukan, yaitu 5.
 - Gradient minimal, yang merupakan jumlah akar kuadrat dari semua gradient minimum yang diizinkan. Ketika nilai hari ini kurang dari gradien minimum $[10^{-5}]$, iterasi harus dihentikan.
- Setelah proses pelatihan selesai dengan tujuan telah ditetapkan, langkah berikutnya yaitu menguji model pelatihan dengan data yang tidak ditemukan oleh

jaringan yaitu data uji. Kinerja jaringan dievaluasi menurut standar tertentu seperti MSE dan MMRE (*Total Construction Cost Estimating Error Rate*) antara data target dan output dari model yang dilatih oleh ANN. Gambar dibawah ini salah satu hasil dari program Matlab R2020 mencari model yang sesuai dengan kriteria yang diberikan.



Gambar 5. Kinerja Model ANN terhadap Data Pelatihan



Gambar 6. Nilai R antara data target dengan data estimasi (output)

i. Analisa hasil penelitian

Saat menguji model yang dipilih, itu tidak akan langsung dikenali. *Trial and error* membuat sulit untuk mendapatkan model yang dipilih. Dalam proses ini, para peneliti melakukan beberapa tes dan mengubah lapisan tersembunyi untuk mendapatkan hasil yang tepat. Ketepatan dalam edisi ini adalah persentase tingkat akurasi hasil pelatihan ANN dan nilai kontrak proyek yang sebenarnya. Berikut adalah hasil dari proses *trial and error* tersebut, yang terangkum dalam tabel di bawah ini:

Tabel 6. Hasil data pelatihan

No	Model Jaringan	Akurasi rata-rata (%)
1	Neuron 9-4-1	2%
2	Neuron 9-5-1	2%
3	Neuron 9-6-1	0%
4	Neuron 9-7-1	1%

j. Analisa hasil penelitian

Model ANN yang ditemukan diverifikasi untuk membuktikan bahwa model tersebut telah mencapai tujuan yang diharapkan, dan tentunya juga sesuai dengan spesifikasi AACE. Data selain data pelatihan digunakan untuk melakukan pengujian ini. Data uji yang sebelumnya disiapkan untuk pengujian ini digunakan sebagai data. Data pelatihan ini adalah 2 dari 5 proyek yang ada. Berikut adalah hasil pengujian model ANN.

Tabel 7. Hasil data pengujian

No	Model Jaringan	Akurasi (%)		Akurasi rata-rata (%)
		Data 1	Data 2	
1	Neuron 9-4-1	33%	11%	22%
2	Neuron 9-5-1	33%	7%	20%
3	Neuron 9-6-1	32%	7%	20%
4	Neuron 9-7-1	45%	7%	26%

Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa model tersebut mampu memprediksi data pengujian dengan tingkat kesalahan sebesar 22%. Menurut AACE, klasifikasi akurasi estimasi yaitu Low : -15% sampai -20% dan High : +20% sampai +50%. Jadi permodelan diatas telah sesuai dengan AACE

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan yaitu Faktor yang berpengaruh pada biaya konstruksi gudang yaitu lokasi proyek, topografi tanah, tipe pondasi, luas bangunan, tipe superstruktur, tinggi bangunan, bentuk bangunan, tipe atap, tahun pembangunan, durasi proyek. Kemudian Model jaringan yang terbaik yaitu neuron 9-4-1, neuron 9-5-1, neuron 9-6-1 dan neuron 9-7-1, dengan tingkat akurasi rata-rata kesalahan sebesar 22%, alhasil sudah sesuai dengan Matrix Klasifikasi AACE.

Pemodelan ANN mempunyai sensitivitas yang sangat besar, jadi hasil akhirnya dapengaruhi oleh kelengkapan data. Semakin banyak data yang terdistribusi secara merata, semakin akurat estimasinya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. L. P. a. G. D. Oberlender, *Estimating Construction Costs*, fifth, Ed., 2002.
 [2] I. K. Hadihardaja and S. Sutikno, "Pemodelan Curah Hujan-Limpasan Menggunakan Artificial Neural Network (ANN) dengan Metode Backpropagation," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 12, p. 250, 4 Oktober 2005.
 [3] A. Sudarsono, "Jaringan Syaraf Tiruan untuk Memprediksi Laju Pertumbuhan Penduduk

Menggunakan Metode Backpropagation (Studi Kasus Di Kota Bengkulu)," Jurnal Media Infortama, vol. 12, p. 62, 1 Februari 2016.

- [4] M. Agustin, "Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru Pada Jurusan Teknik Komputer Di Politeknik Negeri Sriwijaya," Tesis, Universitas Diponegoro, 2012.