

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Tak dapat disangkal lagi dunia konstruksi berkembang pesat seiring bergantinya zaman, baik itu pembangunan struktur maupun infrastruktur. Di Indonesia sendiri pembangunan jalan antar kabupaten masih terus dilaksanakan guna membantu kabupaten yang sedang berkembang. Hal itulah yang menuntut para penyedia jasa konstruksi berlomba menyuguhkan beragam inovasi untuk memenuhi permintaan pengguna jasa konstruksi.

Dari sekian banyak inovasi yang disuguhkan, estimasi biaya menjadi salah satu elemen penting dalam perencanaan suatu proyek. Bagi pengguna jasa atau owner, estimasi biaya sangat dibutuhkan sebagai tolok ukur menentukan besarnya biaya proyek maupun sebagai alat mengevaluasi keberhasilan suatu proyek.

Meskipun estimasi biaya dianggap sebagai tahapan penting dalam suatu perencanaan, estimasi biaya sendiri memiliki kelemahan karena memerlukan banyak informasi yang digunakan, informasi yang kurang lengkap atau tidak detail mengakibatkan hasil yang kurang akurat pula.

Dari beragam model estimasi yang dapat digunakan, *Cost Significant Model* dipilih sebagai salah satu model dalam peramalan suatu biaya proyek. *Cost Significant Model* sendiri menggunakan data proyek penawaran lalu yang sejenis dengan mengandalkan harga suatu pekerjaan yang paling signifikan di dalam biaya total suatu proyek.

Bicara tentang perkembangan zaman, ilmu komputasi dijadikan sebagai penunjang produktifitas suatu pekerjaan. *Artificial Intelegence* (AI) sebagai cabang ilmu komputasi banyak mengambil perhatian, ini dikarenakan *Artificial Intelegence* (AI) dapat diterapkan hampir kesemua bidang, baik bidang pendidikan, sosial, ekonomi, kesehatan, bahkan bidang konstruksi. Dalam bidang konstruksi sendiri *Artificial Intelegence* (AI) dapat digunakan sebagai alat optimasi bahkan dapat digunakan sebagai alat peramalan suatu proyek.

Artificial Intelligence (AI) memiliki beragam jenis optimasi yang dapat digunakan. Masing-masing optimasi memiliki algoritma penyelesaian yang berbeda. Salah satunya *Artificial Neural Network* (ANN) atau yang lebih dikenal di Indonesia dengan nama Jaringan Saraf Tiruan (JST). JST terinspirasi oleh proses kerja rangkaian neuron yang saling berhubungan dalam memproses informasi yang didapat untuk dipecahkan melalui proses pengenalan pola atau klasifikasi proses pembelajaran.

Dalam penelitian ini, *Cost Significant Model* digunakan sebagai alat konvensional untuk meramalkan suatu biaya proyek, sedangkan Jaringan Saraf Tiruan digunakan sebagai pembanding model. Jaringan Saraf Tiruan dibantu sistem komputasi menggunakan program MATLAB.

1. 2. Rumusan Masalah

Setelah melakukan studi literature dan kajian pustaka dapat disarikan beberapa permasalahan, yaitu:

1. Item Pekerjaan apa yang secara signifikan mempengaruhi *Cost Significant Model* dalam mengestimasi biaya proyek konstruksi jalan di provinsi Kalimantan Utara.
2. Bagaimana model estimasi yang dihasilkan *Cost Significant Model* pada proyek jalan di provinsi Kalimantan Utara.
3. Bagaimanakah akurasi *Cost Significant Model* terhadap realisasi biaya dan nilai *Mean Square Error (MSE)* dari masing-masing pemodelan yang digunakan dalam mengestimasi proyek jalan di provinsi Kalimantan Utara.

1. 3. Tujuan Penelitian

Adapula tujuan dari studi analisa ini ialah:

1. Menganalisa item pekerjaan yang berpengaruh secara signifikan hasil permodelan dari *Cost Significant Model* dalam mengestimasi biaya proyek konstruksi jalan di provinsi Kalimantan Utara.
2. Mengevaluasi model estimasi pada proyek jalan di provinsi Kalimantan Utara menggunakan *Cost Significant Model*.

3. Menghitung nilai akurasi permodelan *Cost Significant Model* dan menghitung nilai *Mean Square Error (MSE)* dari masing-masing pemodelan dalam mengestimasi proyek jalan di provinsi Kalimantan Utara.

1. 4. Batasan Masalah

Agar pembahasan penelitian tidak meluas, maka dilakukan pembatasan masalah agar penelitian terarah dengan baik. Batasan masalah penelitian adalah:

1. Model yang digunakan untuk mengestimasi biaya proyek pada penelitian ini adalah *Cost Significant Model*.
2. *Artificial Intelligence (AI)* yang dipilih sebagai pembanding model adalah *Artificial Neural Network (ANN)* atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation.
3. Penelitian yang dilakukan hanya sebatas penelitian tingkat kesesuaian suatu model estimasi pada proyek konstruksi jalan Malinau-Mensalong di provinsi Kalimantan Utara.

1. 5. Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan bisa menjadi referensi bagi penelitian lanjutan yang berhubungan dengan estimasi menggunakan model dalam proyek pembangunan.
2. Penelitian ini dapat menambah pengetahuan penggunaan model dan *Artificial Intelligence (AI)* dalam mengestimasi biaya suatu proyek
3. Penelitian ini juga di gunakan sebagai syarat penyelesaian tugas akhir jenjang magister (S2).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. Estimasi Biaya

Estimasi biaya adalah salah satu tahapan awal dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperkirakan total biaya pembangunan, yang dimana hasil suatu estimasi (peramalan) bergantung pada data lampau dan pengalaman estimator dalam mengestimasi suatu proyek.

Ada pula beberapa pendapat para ahli tentang estimasi biaya, sebagai berikut :

Kegiatan estimasi adalah salah satu tahapan penting dalam proses konstruksi dalam menjawab pertanyaan “berapa besar *vee* yang harus disediakan untuk sebuah proyek konstruksi” , (Ervianto, 2002)

Untuk menghasilkan perkiraan biaya proyek yang layak dibutuhkan *quality surveyor* yang berpengalaman baik prosedur maupun metode dalam mengambil keputusan saat melakukan estimasi biaya suatu proyek (Bari, 2002).

Imam Soeharto (1995), menyatakan bahwa estimasi biaya suatu proyek memegang peranan penting dalam pelaksanaan proyek, pada tahap awal dipergunakan untuk mengetahui berapa besar biaya yang dibutuhkan untuk membangun suatu proyek yang telah direncanakan.

Secara global, keakuratan estimasi biaya bergantung pada prosesi pelaksanaan proyek. Pada tahap awal proyek, data dan informasi belum dianggap lengkap sehingga hasil estimasi biaya belum bisa mendetail. Pada proses perencanaan, data desain yang digunakan sebagai bahan mengestimasi akan lebih detail dan dapat menghasilkan hasil estimasi yang lebih akurat. Berikut adalah macam jenis estimasi sesuai tahap pelaksanaan proyek, yaitu: *Preliminary Estimate* (PE), *Semi-Detailed Estimate* (SE), dan *Devinitive Estimate* (DE).

Variabel biaya yang digunakan dalam estimasi dapat beraneka jenis sesuai kebutuhan suatu proyek. Istimawan Dipohusodo (1996) menyatakan bahwa

secara global, variabel dalam estimasi biaya proyek konstruksi meliputi: *Material Cost, Equipment Cost, Indirect Cost, Labor Cost and Company Profits*.

Makna prakiraan biaya oleh *National Estimating Society – USA* yaitu : “Perkiraan biaya adalah untuk memperkirakan kemungkinan jumlah biaya yang diperlukan suatu kegiatan yang didasarkan pada informasi yang tersedia saat itu”.

2. 2. Model Biaya

Model biaya bisa digunakan untuk mengestimasi, sebagai bagian dari perencanaan biaya dan kontrol, atau sebagai dasar perhitungan perbedaan sebelum dan setelah kontrak. Proses estimasi dibutuhkan pada tahapan manapun dalam suatu proyek, dari studi kelayakan sampai tahap penawaran (Poh & Horner, 1995).

Thiry (1997) mengutarakan bahwa salah satu alat yang dapat digunakan untuk menyusun biaya estimasi suatu proyek kedalam penawaran adalah model biaya. *Cost Model* bisa digunakan untuk mengorganisir dan mendistribusikan biaya perkiraan ke dalam bidang-bidang fungsional yang dapat dengan mudah didefinisikan dan dihitung kuantitasnya.

Menurut Poh dkk (1995) bahwa cara yang paling umum ditemukan untuk menyatakan biaya suatu proyek adalah model parametik, yaitu harga bangunan dipandang dari harga per satuan luas. Penggunaan model parametik ini paling sering digunakan untuk situasi pada studi kelayakan proyek. Sedangkan pada tahap perencanaan, model yang sesuai adalah model elemental. Model elemental bisa dibagi ke bagian lebih kecil dan paling detail dimana *bill of quantity* berada. Pembuatan model biaya banyak berguna, praktis, mudah dikenali dan didefinisikan. Estimator dapat berkreasi berdasarkan informasi dan bisa mengoprasikannya dengan menggunakan program.

Untuk membuat suatu model biaya, estimator membagi biaya menurut proses struktur, tingkatan, sistem, dan beberapa hal lain. Hal ini membantu estimator untuk mendapatkan *major cost*. Model biaya juga dapat

ditampilkan dalam bentuk model *bar chart*, hirarki, matrik dan table. Model biaya dapat disusun berdasarkan elemen, area dan fungsi. Model biaya dapat ditunjukkan dalam dua format dasar : bentuk diagram dan garfik (Norton dkk, 1998). Pemilihan format biasanya didasarkan pada jenis pengalokasian biaya, meskipun keduanya sering memakai informasi yang sama. Model biaya dapat pula digunakan untuk menggambarkan biaya terpakai, seperti biaya operasi dan pemeliharaan. Thiry (1997) menyatakan bahwa di proyek konstruksi, dimungkinkan untuk menggunakan model biaya sebagai *Test Reference Buiding* (TRB), yaitu suatu model imaginasi dari model ruang untuk menghitung harga proyek. Semua teknik pembuatan model ini dapat digunakan pada berbagai tingkat yang di tentukan berdasarkan ukuran dan kompleksitas proyek. Hajek dan Prijono (1994) menungkapkan hukum pareto, yang mengidentifikasi bahwa 80% dari biaya total konstruksi dibentuk atau ditunjukkan oleh 20% dari jumlah item pekerjaan.

Suharto (1995) menyatakan bahwa dalam model parameter, pendekatan yang digunakan adalah mencoba meletakkan dasar hubungan matematis yang mengaitkan biaya atau jam orang dengan karakteristik fisik tertentu dari objek (volume, luas, berat, panjang dan lain-lain). Santoso. R.T (1999) dalam penelitian mengenai Model Parameter sebagai model biaya mendasarkan perhitungannya dengan menggunakan data histori penawaran perusahaan dari pekerjaan yang telah dilaksanakan dimana kondisi proyek yang

sedang disiapkan serupa dengan proyek terdahulu. Wibisono (2000) mencoba mencari model biaya pada proyek jalan/ transportasi menggunakan dengan mengaitkan biaya total proyek dan harga pekerjaan

2. 3. *Cost Significant Model*

Pada jurnal "*Cost Significant modeling its potential for use in south-east Asia*", mengemukakan bahwa terkadang proses tender di Indonesia masih terpegaruh kearifan local. Hubungan yang didasari saling percaya antar pemilik

dan penyedia jasa dapat menurunkan hasil estimasi proyek. Karena penyedia jasa tidak secara detail dalam mengenalisa kebutuhan dalam suatu proyek (Poh dan Horner, 1995).

2. 4. Tahapan *Cost Significant Model*

Menurut Poh dan Horner (1995), metode "*Cost Significant Model*" yang digunakan dengan mendasarkan pada analisa data proyek yang lalu, mempunyai langkah-langkah sebagai berikut :

1. Tidak mengikutsertakan item pekerjaan yang terkadang jumlahnya cukup besar namun tidak setiap pekerjaan ada. Item-item tersebut sering merupakan variable biaya tinggi dan tergantung sekali pada karakteristik lapangan dan persyaratan pelanggan, sehingga akan menghambat keakuratan pengembangan model.
2. Mengelompokan item-item pekerjaan dimana penggabungan item pekerjaan bisa dilaksanakan apabila pekerjaan tersebut mempunyai satuan ukuran yang sama, harga satuannya tidak berbeda secara signifikan , atau bisa menggambarkan operasi kerja lapangan.
3. Menghitung pengaruh *time value* terhadap harga-harga item pekerjaan . Harga pekerjaan pada tahun pelaksanaan disesuaikan dengan harga pada tahun yang diproyeksikan dengan memperhitungkan faktor inflasi.
4. Mencari CSI, yang diidentifikasi sebagai item-item terbesar yang jumlah prosentasenya sama atau lebih besar dari 80% total biaya proyek .
5. Membuat model biaya dari CSI yang telah ditentukan.
6. Mencari rata-rata CMF. CMF didapatkan dengan cara membagi nilai proyek yang didapatkan dari model dengan nilai aktual proyek.
7. Menghitung estimasi biaya proyek dari CSM, dengan cara membagi nilai proyek yang diprediksi dari model dengan rata-rata CMF .
8. Menghitung akurasi model dalam bentuk prosentase dari selisih antara harga sebenarnya dibagi dengan harga sebenarnya.

Kelebihan dari metode “*Cost Significant Model*” adalah dapat memprediksi biaya proyek dengan mudah, cepat dan cukup akurat, walaupun belum tersedianya uraian dan spesifikasi pekerjaan. Metode ini dapat digunakan padastahap-tahap awal proyek seperti pada saat penyusunan konsep, studi kelayakan dan perencanaan pendahuluan. Sedangkan kelemahannya adalah proyek yang ditinjau harus sama, dibutuhkan data historis proyek yang terdahulu dan akurasi model sangat dipengaruhi oleh baik tidaknya data yang dikumpulkan.

CSM adalah salah satu model peramalan biaya total konstruksi berdasarkan data penawaran yang lalu, yang lebih mengandalkan pada harga paling signifikan di dalam mempengaruhi biaya total proyek sebagai dasar peramalan (estimasi), yang diterjemahkan ke dalam perumusan regresi berganda (Pemanjun, 2003)

2. 5. Jaringan Saraf Biologi Dan Jaringan Saraf Tiruan (JST)

2. 5. 1. Jaringan Saraf Biologi

Otak manusia memiliki struktur yang sangat kompleks dan memiliki kemampuan yang luar biasa. Otak terdiri dari neuron-neuron dan penghubung yang disebut sinapsis. Neuron bekerja berdasarkan impuls/sinyal yang diberikan pada neuron (JJ. Siang, 2004).

2. 5. 2. Jaringan Saraf Tiruan

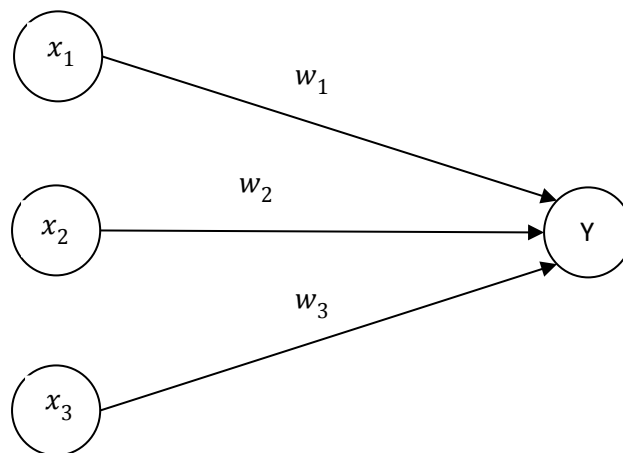
Jaringan saraf tiruan adalah sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip jaringan saraf biologi.

Jaringan saraf tiruan dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan saraf biologi, dengan asumsi bahwa:

- Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (neuron)
- Sinyal dikirimkan diantara neuron-neuron melalui penghubung.
- Penghubung antar neuron memiliki bobot yang akan memperkuat atau memperlemah sinyal.

- Untuk menentukan keluaran, setiap neuron menggunakan fungsi aktivasi (biasanya bukan fungsi linier) yang dikenakan pada jumlah nilai masukan yang diterima. Besarnya keluaran selanjutnya dibandingkan dengan suatu batas ambang.

Sebagai contoh, perhatikan neuron Y pada gambar 2.1 dibawah :



Gambar 2.1 Jaringan Neuron Sederhana

2. 5. 3 .Sejarah Jaringan Saraf Tiruan

JST sederhana pertama kali diperkenalkan oleh McCulloch dan Pitts di tahun 1943 . McCulloch dan Pitts menyimpulkan bahwa kombinasi beberapa neuron sederhana menjadi sebuah sistem netral akan meningkatkan kemampuan komputasinya. Bobot dalam jaringan yang diusulkan oleh McCulloch dan Pitts diatur untuk melakukan fungsi logika sederhana. Fungsi aktivasi yang dipakai adalah fungsi threshold.

2. 5. 4. Pengaplikasi Jaringan Saraf Tiruan

Beberapa pengaplikasian jaringan saraf tiruan adalah sebagai berikut :

- a. Pengenalan Pola (*Pattern Recognition*), Jaringan saraf tiruan dapat digunakan untuk pengenalan pola (misal huruf, angka, suara atau tanda tangan) yang sudah sedikit berubah.
- b. *Signal Processing*, JST (model ADALINE) dapat dipakai untuk menekan *noise* dalam saluran telepon
- c. Peramalan (*Forecasting*), JST juga dapat dipakai untuk meramalkan apa yang akan terjadi di masa yang akan datang berdasarkan pola kejadian yang ada di masa lampau.

Disamping itu jaringan saraf tiruan bekerja berdasarkan pola yang terbentuk berdasarkan data masukannya.

2. 6. Neutron

Neutron dalam jaringan saraf tiruan adalah pemroses informasi yang menjadi dasar dalam pengoperasian jaringan saraf tiruan. Neutron terdiri dari tiga elemen pembentuk, yaitu :

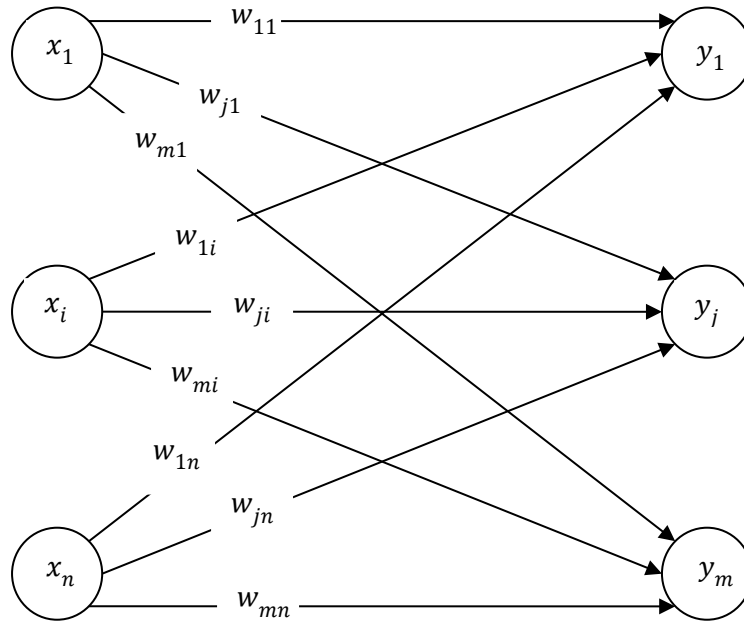
1. Himpunan unit-unit yang dihubungkan dengan jalur koneksi.
2. Suatu unit penjumlahan yang akan menjumlahkan input-input sinyal yang sudah dikalikan dengan bobotnya
3. Fungsi aktivasi yang akan menentukan apakah sinyal dari masukan neuron akan diteruskan ke neuron lain atau tidak

2. 7. Arsitektur Jaringan

Beberapa arsitektur jaringan yang sering dipakai dalam jaringan saraf tiruan antara lain :

- a. Jaringan Lapisan Tunggal (*Single Layer Network*)

Dalam jaringan ini, sekumpulan masukan neutron dihubungkan langsung dengan sekumpulan keluarannya. Dalam beberapa model (misal *perceptron*), hanya ada sebuah unit neutron output.



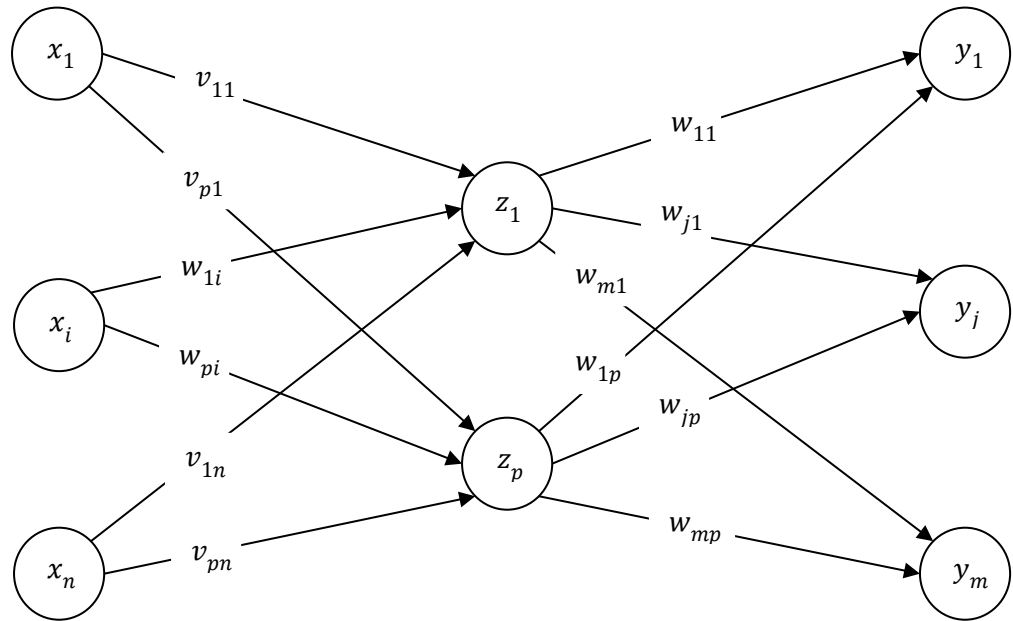
Gambar 2.2 Arsitektur jaringan layar tunggal

Perhatikan bahwa dalam jaringan ini, semua unit masukan dihubungkan semua dengan semua unit keluaran, meskipun dengan bobot yang berbeda-beda. Tidak ada unit masukan yang dihubungkan dengan unit masukan lainnya. Demikian pula unit keluaran.

Besarnya w_{ji} menyatakan bobot hubungan antara unit ke- i dalam masukan dengan unit ke- j dalam output. Bobot-bobot ini saling independen. Selama proses pelatihan, bobot-bobot tersebut akan dimodifikasi untuk meningkatkan keakuratan hasil. Model semacam ini tepat digunakan untuk pengenalan pola karena kesederhanaannya.

b. Jaringan Lapisan Jamak (*Multi Layer Network*)

Jaringan lapisan jamak merupakan perluasan dari jaringan lapisan tunggal. Dalam jaringan ini, selain unit masukan dan keluaran, akan ada unit-unit lain (sering disebut lapisan tersembunyi). Dimungkinkan pula ada beberapa lapisan tersembunyi. Sama seperti unit masukan dan keluaran, unit-unit dalam satu lapisan tidak saling berhubungan.



Gambar 2.3 Arsitektur jaringan layar jamak

Gambar 2.3 adalah jaringan dengan n buah unit masukan (X_1, X_2, \dots, X_n), sebuah lapisan tersembunyi yang terdiri dari p buah unit (Z_1, \dots, Z_p) dan m buah unit keluaran (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)

Jaringan lapisan jamak dapat menyelesaikan masalah yang lebih kompleks dibandingkan dengan lapisan tunggal, meskipun kadangkala proses pelatihan lebih kompleks dan membutuhkan waktu yang lama.

c. Jaringan *Reccurent*

Model jaringan recurrent mirip dengan jaringan lapisan tunggal ataupun lapisan ganda. Hanya saja, ada neuron keluaran yang memberikan sinyal pada unit masukan (sering disebut *feedback loop*).

2. 8. Fungsi Aktifasi

Dalam jaringan saraf tiruan, fungsi aktifasi dipakai untuk menentukan keluaran suatu neutron. Argumen fungsi aktifas adalah net masukan

(kombinasi linier masukan dan bobotnya). Jika $net = \sum X_i.W_i$, maka fungsi aktifasinya adalah $f(net) = f(\sum X_i.W_i)$.

Beberapa fungsi aktivasi yang sering dipakai dalam jaringan saraf tiruan adalah sebagai berikut :

- a. Fungsi *threshold* (batas ambang)

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ 0 & \text{jika } x < a \end{cases}$$

Untuk beberapa kasus , fungsi *threshold* yang dibuat tidak berharga 0 atau 1, tetapi berharga -1 atau 1 (sering disebut *threshold bipolar*). Jadi :

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ -1 & \text{jika } x < a \end{cases}$$

- b. Fungsi *sigmoid*

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Fungsi *sigmoid* sering dipakai karena nilai fungsinya yang terletak antara 0 dan 1 dan dapat diturunkan dengan mudah.

$$f'(x) = f(x)(1 - f(x))$$

- c. Fungsi identitas

$$f(x) = x$$

Fungsi identitas sering dipakai apabila kita menginginkan keluaran jaringan berupa sembarang bilangan riil (bukan hanya pada range 0 sampai 1 atau -1 sampai 1)

2. 9. Bias dan *Threshold*

Terkadang didalam suatu jaringan ditambahkan sebuah masukan yang nilainya selalu = 1. Masukan ini sering disebut bias. Bias dapat dipandang

sebagai sebuah masukan yang nilainya = 1. Bias berfungsi untuk merubah nilai *threshold* menjadi = 0 (bukan = a). Jika melibatkan bias, maka keluaran unit penjumlah adalah :

$$net = b + \sum_i x_i w_i$$

Fungsi aktivasi *threshold* menjadi :

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq 0 \\ -1 & \text{jika } x < 0 \end{cases}$$

2. 10. Pelatihan Dengan dan Tanpa Supervisi

Dalam pelatihan dengan supervisi, terdapat sejumlah pasangan data (masukan -target keluaran) yang dipakai untuk melatih jaringan hingga diperoleh bobot yang diinginkan. Pasangan data tersebut berfungsi sebagai “guru” untuk melatih jaringan hingga diperoleh bentuk yang terbaik. “Guru” akan memberikan informasi yang jelas tentang bagaimana sistem harus mengubah dirinya untuk meningkatkan kerjanya.

Sebaliknya, dalam pelatihan tanpa supervisi (*unsupervised learning*) tidak ada “guru” yang akan mengarahkan proses pelatihan. Dalam pelatihannya, perubahan bobot jaringan dilakukan berdasarkan parameter tertentu dan jaringan dimodifikasi menurut ukuran parameter tersebut.

Sebagai ilustrasi, pelatihan dengan supervisi dapat diandaikan sebagai skripsi yang dibimbing oleh dosen. Pada setiap kali pengumpulan berkas skripsi, dosen akan mengkritik, mengarahkan dan meminta perbaikan agar kualitas skripsi meningkat. Sebaliknya, dalam pelatihan tanpa supervisi mahasiswa dituntut mengerjakan skripsi sebaik-baiknya berdasarkan ukuran tertentu dan tanpa adanya bimbingan dari dosen.

Dari penelitian-penelitian terdahulu dapat dinyatakan bahwa model pelatihan dengan supervisi lebih banyak digunakan dan terbukti cocok dipakai dalam berbagai aplikasi. Akan tetapi kelemahan utama pelatihan dengan supervisi adalah dalam hal pertumbuhan waktu komputasinya yang berorder eksponensial.

Ini berarti untuk data pelatihan yang cukup banyak, prosesnya akan menjadi sangat lambat.

2. 11. Metode *Back Propagation*

2. 11. 1. *Backpropagation* Standar

JST *single layer* memiliki keterbatasan dalam pengenalan pola. Kelemahan ini bisa ditanggulangi dengan menambahkan satu / beberapa lapisan tersembunyi diantara lapisan masukan dan keluaran. Meskipun penggunaan lebih dari satu lapisan tersembunyi memiliki kelebihan manfaat untuk beberapa kasus, tapi pelatihannya memerlukan lebih banyak waktu. Maka pada umumnya orang mulai mencoba dengan satu lapisan tersembunyi lebih dahulu.

Seperti halnya metode jaringan saraf tiruan yang lain, *backpropagation* melatih jaringan untuk mendapatkan keseimbangan kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama pelatihan serta kemampuan jaringan untuk merespon yang benar terhadap pola masukan yang serupa (tapi tidak sama) dengan pola yang dipakai selama pelatihan.

2. 11. 2. Fungsi Aktifasi

Dalam *backpropagation*, fungsi aktifasi yang dipakai harus memenuhi beberapa syarat yaitu : kontiniu, terdiferensial dengan mudah dan merupakan fungsi yang tidak turun. Salah satu fungsi yang memenuhi ketiga syarat tersebut sehingga sering digunakan dalam *backpropagation* adalah fungsi *sigmoid biner* yang memiliki range (0 , 1).

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \text{ dengan turunan } f'(x) = f(x)(1 - f(x))$$

Fungsi lain yang sering dipakai adalah fungsi *sigmoid bipolar* yang bentuk fungsinya mirip dengan fungsi *sigmoid biner*, tapi dengan range (-1 , 1).

$$f(x) = \frac{2}{1 + e^{-w}} - 1 \text{ dengan turunan } f'(x) = \frac{(1 + f(x))(1 - f(x))}{2}$$

Fungsi *sigmoid* memiliki nilai maksimum = 1. Maka untuk pola yang targetnya > 1 , pola masukan dan keluaran harus terlebih dahulu ditransformasi sehingga semua pola memiliki range yang sama seperti fungsi sigmoid yang dipakai. Alternatif lain adalah menggunakan fungsi aktivasi sigmoid hanya pada lapisan yang bukan lapisan keluaran, fungsi aktivasi yang dipakai adalah fungsi identitas : $f(x) = x$

2. 11. 3. Pelatihan *Backpropagation* (Propagasi Mundur)

Pelatihan *backpropagation* meliputi tiga fase. Fase yang pertama adalah fase yaitu :

- Fase I : Propagasi maju

Selama propagasi maju, Sinyal masukan dipropagasikan ke lapisan tersembunyi menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Keluaran dari setiap unit lapisan tersembunyi selanjutnya dipropogasikan maju lagi kelapisan tersembunyi diatasnya menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Demikian seterusnya hingga mengeluarkan keluaran jaringan.

Selanjutnya, keluaran jaringan dibandingkan dengan target yang harus dicapai. Selisih keluaran jaringan dan target yang harus dicapai adalah kesalahan yang terjadi. Jika kesalahan ini kecil dari batas toleransi yang ditentukan, maka iterasi dihentikan. Akan tetapi apabila kesalahan masih lebih besar dari batas toleransinya, maka bobot setiap garis dalam jaringan akan dimodifikasi untuk mengurangi kesalahan yang terjadi.

- Fase II : Propagasi mundur

Dari selisih kesalah pada fase I, dihitung faktor yang dipakai untuk mendistribusikan kesalahan unit. Faktor ini juga dipakai untuk mengubah bobot garis yang berhubungan langsung dengan unitkeluaran. Dengan cara yang sama, dihitung faktor δ_j di setiap unit lapisan tersembunyi sebagai dasar perubahan bobot semua garis yang berasal dari unit tersembunyi dilapisan bawahnya. Demikian seterusnya hingga

semua faktor δ di unit tersembunyi yang berhubungan langsung dengan unit yang dihitung.

- Fase III : Perubahan bobot

Setelah semua faktor δ dihitung, bobot semua garis dimodifikasi bersamaan. Perubahan bobot suatu garis didasarkan faktor δ neuron di lapisan atasnya. Sebagai contoh, perubahan bobot garis yang menuju kelapisan keluaran didasarkan atas faktor yang ada diunit keluaran.

Ketiga fase tersebut diulang terus menerus sehingga kondisi penghentian dipenuhi. Umumnya kondisi penghentian yang sering dipakai adalah jumlah iterasi atau kesalahan. Iterasi akan dihentikan jika jumlah iterasi yang dilakukan sudah melebihi jumlah maksimum iterasi yang ditetapkan, atau juga kesalahan yang terjadi sudah lebih kecil dari batas toleransi yang diijinkan.

2. 12. Optimalisasi Arsitektur *Backpropagation*

Masalah utama yang dihadapi dalam *backpropagation* adalah lamanya itersi yang harus dilakukan. *Backpropagation* tidak dapat memberikan kepastian tentang berapa *epoch* yang harus dilalui untuk mencapai kondisi yang diinginkan. Oleh karena itu orang berusaha meneliti bagaimana parameter-parameter jaringan dibuat sehingga menghasilkan jumlah iterasi yang relatif lebih sedikit.

2. 12. 1. Pemilihan Bobot dan Bias Awal

Bobot awal akan mempengaruhi apakah jaringan mencapai titik minimum lokal atau global, dan seberapa cepat konvergensinya. Bobot yang menghasilkan nilai turunan aktifasi yang terkecil sedapat mungkin dihindari karena akan menyebabkan perubahan bobotnya menjadi sangat kecil. Demikian pula nilai bobot awal tidak boleh terlalu besar karena nilai fungsi turunan aktifasinya menjadi sangat kecil juga. Oleh karena itu dalam standar *backpropagation*, bobot dan bias diisi dengan bilangan acak kecil.

2. 12. 2. Jumlah Unit Tersembunyi

Hasil teoritis yang dapat menunjukkan bahwa jaringan dengan sebuah lapisan tersembunyi sudah cukup bagi *backpropagation* untuk mengenali sembarang perkawanan antara masukan dan target dengan tingkat ketelitian yang ditentukan. Akan tetapi penambahan jumlah lapisan tersembunyi kadangkala membuat pelatihan lebih mudah.

Jika jaringan memiliki lebih dari satu lapisan tersembunyi, maka algoritma pelatihan yang dijabarkan sebelumnya perlu direvisi. Dalam propagasi maju, keluaran harus dihitung untuk setiap lapisan, dimulai dari lapisan tersembunyi paling bawah (terdekat dengan masukan). Sebaliknya, dalam propagasi mundur, faktor δ perlu dihitung untuk tiap lapisan tersembunyi, dimulai dari lapisan keluaran.

2. 13. Penelitian Terdahulu

Berikut adalah beberapa rangkuman penelitian terdahulu yang berkaitan dengan judul penelitian penulis :

Peneliti	Judul	Tujuan & Analisis Penelitian	Hasil Penelitian
Peter F Kaming , Wulfram I, Ervianto dan MG . Wara Kushartini (2009)	- Pengembangan “ <i>Cost Significant Modelling</i> ” Untuk Estimasi Biaya Proyek Pengairan	- Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi <i>cost significant items</i> dalam suatu rencana anggaran biaya dan mengembangkannya dalam suatu permodelan. - Penelitian ini menggunakan regresi linier berganda untuk menganalisa, menggunakan asumsi bahwa biaya total konstruksi sebagai variabel terikat dan item biaya signifikan sebagai variabel bebas .	- Hasil dari penelitian ini <i>cost significant model</i> memiliki tingkat keakurasian dalam kegiatan tender sebesar 5% - 15%, tingkat akurasi untuk konsolidasi berkisar 7% - 15%, dan penahan sedimen sebesar 7% dan saluran berkisar 7%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa <i>cost significant model</i> dapat digunakan sebagai pengendali dan praktis.
Visiyo Desma Falahis, Sugiyarto dan	- <i>Cost Significant Model</i> Sebagai Dasar Pemodelan Estimasi	- Tujuan penelitian ini adalah menggunakan <i>cost significant model</i> untuk mengestimasi biaya konstruksi	- Dari hasil penelitian, model estimasi yang dihasilkan adalah $Y' = 1,333X_7$, dengan Y' = estimasi biaya total proyek dan X_7 = biaya

Budi Laksito 2015)	Biaya Konstruksi Jembatan Beton Bertulang	jembatan beton bertulang. - Analisis linier berganda digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur intensitas hubungan antara dua variabel.	pekerjaan beton, model ini memiliki CMF sebesar 1,001. Serta tingkat keakuratan model ini berkisar antara -19,65% sampai 22,12%.
Sugiyarto , Ahmad Muali dan Widi Hartono (2016)	- Estimasi Biaya Konstruksi Bangunan Gedung Dengan Metode <i>Cost Significant Model</i>	- Tujuan penelitian ini adalah menggunakan <i>cost significant model</i> untuk mengestimasi biaya total proyek lanjutan pembangunan gedung di Universitas Sebelas Maret Surakarta. - Penelitian ini menggunakan regresi linier berganda untuk menganalisis data yang digunakan dalam penelitian, metode ini juga digunakan untuk menentukan model estimasi berbasis <i>cost significant item</i>	- Dari hasil penelitian, model estimasi yang dihasilkan adalah $Y' = 0,746X_2 + 1430209,166$, model ini memiliki CMF sebesar 1,001 . Serta tingkat keakuratan model ini berkisar antara -7,17 % sampai 7,67 %.
Rijal Muhammad Fikri dan Jane	- Analisis Estimasi Biaya Proyek Peningkatan Jalan	- Tujuan peneliti ini adalah untuk melakukan estimasi biaya proyek	- Hasil penelitian menunjukkan bahwa estimasi biaya model lebih baik dan metode <i>cost</i>

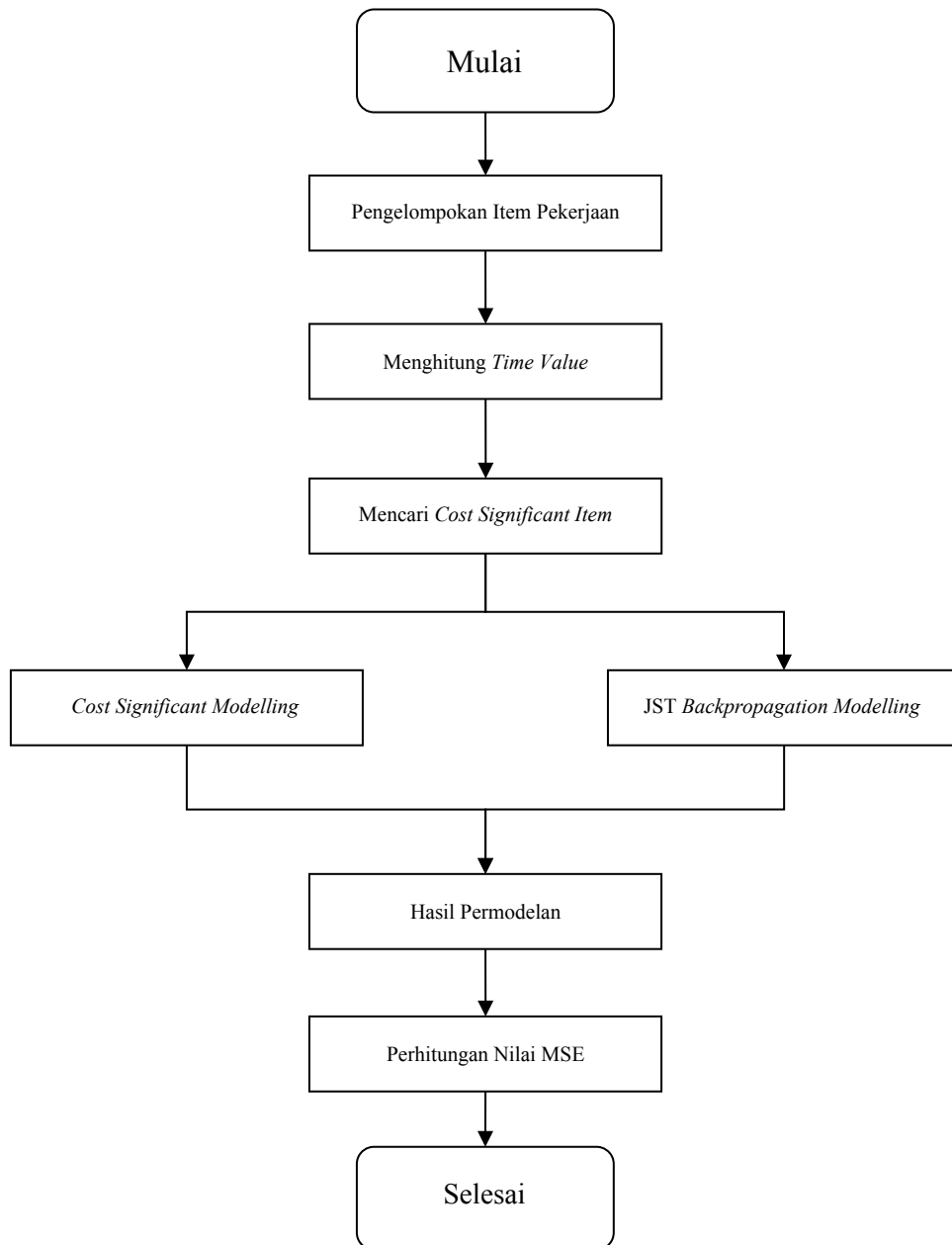
Sekarsari (2015)	Beton Di Kabupaten Tanggerang Dengan Metode <i>Cost Significant Model</i>	<p>peningkatan jalan beton dengan menggunakan <i>cost significant model</i> serta untuk mengetahui tingkat akurasinya dengan membandingkan dengan metode estimasi biaya menggunakan parameter volume jalan.</p> <p>- Penelitian ini menggunakan regresi linier berganda untuk mencari <i>cost significant item</i> yang digunakan untuk menentukan <i>cost significant factor</i>. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan permodelan estimasi yang dapat digunakan untuk proyek serupa.</p>	<i>significant model</i> dapat diterapkan pada tahap awal untuk mengestimasi biaya proyek peningkatan jalan beton di Kabupaten Tanggerang .
Suharman Hamzah, M. Asad Abdurrahman dan Andi	- Penerapan Model Jaringan Syaraf Tiruan Dan Regresi Polinomial Dalam Estimasi Total Biaya Konstruksi Jalan	- Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil estimasi total biaya konstruksi menggunakan model jaringan saraf tiruan dan regresi polynomial untuk konstruksi jalan di	- Berdasarkan hasil esimasi, model jaringan saraf tiruan memiliki tingkat Validasi yang lebih baik bila dibandingkan dengan metode regresi polinomial . Hal ini dapat dilihat dari MAPE yang dihasilkan, untuk JST sebesar 6,09% dan

Wardiman	Di Kabupaten Bulukumba	Kabupaten Bulukumba. - Penelitian ini menggunakan dua metode analisis untuk menghasilkan permodelan (regresi polinomial dan jaringan syaraf tiruan). Dengan membandingkan kedua metode dari <i>MAPE (Mean Absolute Square Error)</i> yang dihasilkan dari masing-masing metode.	untuk regresi polinomial sebesar 6,46%.
----------	------------------------	--	---

BAB III

KERANGKA KONSEP PENELITIAN

3. 1. Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 3.1 Kerangka Konsep

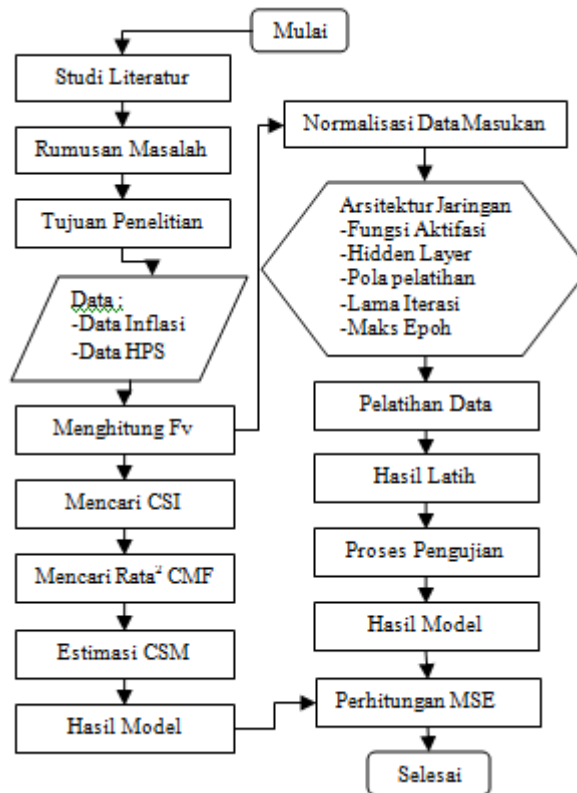
Kerangka pemikiran secara general pada penelitian ini dapat di lihat pada gambar 3.1 diatas. Dimulai dengan mengelompokan item pekerjaan dari beberapa paket data proyek sejenis, setelah selesai mengelompokan item pekerjaan proses selanjutnya menghitung *time value* dari paket data proyek, hal ini dilakukan agar mendapat hasil model yang lebih akurat. Tahapan selanjutnya adalah menentukan “*cost significant item*”, tahapan ini merupakan salah satu tahapan penting dalam *cost significant modeling* untuk mengetahui item pekerjaan apa yang paling berpengaruh dalam suatu proyek.

Data yang telah dihitung *future value* akan digunakan juga sebagai masukan pada permodelan jaringan saraf tiruan. Untuk permodelan jaringan saraf tiruan propagasi mundur digunakan aplikasi MATLAB dalam proses analisisnya. Karena metode ini berbasis komputasi diharapkan dapat menghasilkan model yang lebih baik dan lebih efisien.

Tahapan terakhir dalam penelitian ini adalah menguji akurasi hasil dari masing-masing permodelan (*cost significant model* dan model jaringan saraf tiruan propogasi mundur) dengan menghitung nilai Mean Square Error (MSE).

3. 2. Tahapan Penelitian

Pada dasarnya penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model estimasi yang dapat digunakan pada proyek dengan jenis yang sama. Dalam penelitian ini, digunakan dua metode permodelan yang berbeda. Tahapan yang lebih spesifik dijabarkan pada gambar 3.2 dibawah, diagram alir penelitian ini akan menjelaskan proses penelitian dari mulai hingga selesai penelitian.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3. 3. Hipotesa Penelitian

Setelah menganalisis kajian pustaka dan kajian empiris yang berkaitan dengan penelitian ini, dapat ditarik beberapa hipotesis yang harus diuji. Secara lengkap hipotesa yang terpilih untuk di uji, yaitu :

- H1. Diduga keakuratan permodelan menggunakan kedua metode layak digunakan untuk mengestimasi proyek sejenis (berdasarkan standar klasifikasi *AACE Internasional*).
- H2. Diduga hasil dari kedua permodelan yang digunakan, hasil dari permodelan Jaringan Saraf Tiruan Propogasi Mundur lebih baik dibandingkan hasil yang dikeluarkan *Cost Significant Model*.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4. 1. Lokasi Riset

Lokasi penelitian dilaksanakan di Provinsi Kalimantan Utara. Pemilihan lokasi di Provinsi ini karena banyak kota maupun kabupaten yang masih berkembang sehingga banyak proyek infrastruktur khususnya konstruksi jalan sejenis dengan tahun anggaran berbeda, hal ini dimaksudkan agar data penelitian yang akan digunakan dapat memenuhi syarat untuk menghasilkan permodelan estimasi yang optimal.

4. 2. Data Penelitian

Data yang dikumpulkan merupakan data sekunder yang dikumpulkan dari beberapa instansi terkait, untuk paket data proyek jalan di dapat dari Dinas Bina Marga Provinsi Kalimantan Utara, sedangkan untuk data inflasi diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Kalimantan Utara yang disesuaikan dengan tahun anggaran masing-masing proyek konstruksi jalan yang kemudian digunakan untuk menghitung *future value*.

4. 3. Pengolahan Data

4. 3. 1. Pengelompokan Item Pekerjaan

Proses ini dilakukan agar mendapatkan hasil permodelan yang optimal, dalam proses ini data paket pekerjaan dari masing-masing proyek dikelompokkan berdasarkan item pekerjaan. Secara garis besar dari satu data paket suatu proyek dibagi menjadi dua variabel, yaitu variabel terikat dan variabel bebas dimana jumlah biaya total suatu proyek diinisialisasi sebagai variabel terikat dan macam-macam jenis pekerjaan dalam suatu proyek diinisialisasi sebagai variabel bebas. Jumlah variabel bebas tergantung dari banyaknya jenis pekerjaan dalam suatu proyek sedangkan variabel terikat hanya terdiri dari satu variabel dari setiap satu paket data proyek.

4. 3. 2. Menghitung *Future Value*

Perhitungan *future value* sangat dibutuhkan dalam penelitian ini, hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai proyek yang riil. Hal lain yang mengharuskan perhitungan *future value* adalah data yang digunakan dalam penelitian ini beragam tahun anggarannya.

Pengaruh *future value* harus dihitung karena adanya nilai uang yang berkurang akibat pertumbuhan inflasi yang terjadi tiap tahun pada suatu daerah. Perhitungan *future value* dapat dihitung dengan persamaan 4- 1 sebagai berikut (Ostwald, 2001) :

$$P_i = P_o (1 + i)^n \dots\dots\dots (4- 1)$$

Dimana :

- P_i = Data setelah proyeksi
- P_o = Data asli
- i = Koefisien Inflasi
- n = Selisih antara tahun sebelum dan setelah proyeksi

4. 3. 3. Mencari *Cost Significant Items*

Cost significant items adalah item pekerjaan yang kumulatif persentasenya \geq 80% jumlah biaya total konstruksi. Untuk menentukan CSI, langkah pertama dengan menjumlahkan variabel dengan bobot terbesar hingga terkecil yang kemudian diakumulasikan.(Visio Desma.F, 2015).

Setelah mengetahui item pekerjaan yang termasuk kedalam CSI (*Cost Significant Item*), tahap selanjutnya menghitung nilai korelasi antar variabel dan menggunakan uji ANOVA untuk menghasilkan persamaan regresi yang sesuai dengan ketentuan, dimana tiap variabel harus memiliki nilai signifikansi (sig) < 0.05. Setelah mengetahui persamaan regresi yang sesuai dengan syarat langkah selanjutnya adalah menghitung M' dimana nilai M' di dapat dengan memasukan nilai variabel X yang terpilih menjadi CSI.

4. 3. 4. Menghitung *Cost Model Factor (CMF)*

Cost Model Factor diperoleh dari membandingkan selisih antara estimasi biaya yang dihasilkan model regresi dan biaya aktual suatu proyek. Untuk mencari biaya estimasi model regresi yaitu dengan cara memasukan *cost significant item* kedalam model yang diperoleh. Ini dapat dilihat dalam persamaan 4- 2 berikut :

$$CMF = \frac{M' \times CSI}{Y} \dots\dots\dots (4- 2)$$

Dimana :

- CMF = Nilai *cost model factor*
- M' = Nilai permodelan yang diperoleh dari analisis regresi linier
- CSI = Nilai *cost significant item* yang berpengaruh dalam suatu proyek
- Y = Total biaya proyek

4. 3. 5. Estimasi Menggunakan *Cost Significant Model (CSM)*

Estimasi menggunakan CSM didapat dari memasukan nilai CSI ke dalam model regresi yang diperoleh dari analisa dan dibagi dengan rata-rata CMF dari beberapa data penawaran. Untuk menghitung *cost significant model* dapat dilihat pada persamaan 4- 3 :

$$CSM = \frac{M' \times CSI}{\bar{X} CMF} \dots\dots\dots (4- 3)$$

Dimana :

- CSM = Nilai permodelan *cost significant model*
- M' = Nilai permodelan yang diperoleh dari analisis regresi linier
- CSI = Nilai *cost significant item* yang berpengaruh dalam suatu proyek
- \bar{X} CMF = Rata-rata nilai *cost model factor*

4. 3. 6. Permodelan Estimasi Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan

Dalam permodelan berbasis Jaringan Saraf Tiruan (JST) ada beberapa tahapan yang harus dilalui, yaitu :

a) Normalisasi Data

Dalam jaringan saraf tiruan, data yang digunakan harus dinormalisasikan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai nilai masukan. Persamaan yang digunakan untuk normalisasi juga berbeda dengan persamaan yang biasa digunakan karena hasil normalisasi akan memiliki nilai terkecil 0 dan terbesar 1. Karena itu digunakan persamaan 4-4, hal ini dikarenakan dalam jaringan saraf tiruan hanya dapat memproses data masukan dengan nilai >0 sampai <1 .

Normalisasi data dapat menggunakan persamaan 4-4 :

$$Xn' = \frac{0.8 (Xn - Data Min)}{(Data Maks - Data Min)} + 0.1 \dots \dots \dots (4-4)$$

Dimana :

Xn' = Data setelah perhitungan

Xn = Data awal

Data Maks = Nilai Maks data awal

Data Min = Nilai Min data awal

b) Membangun Arsitektur Jaringan

Menentukan arsitektur jaringan, tahapan ini adalah tahapan awal dan merupakan tahapan penting dalam JST karena pada tahapan ini kita menentukan jumlah lapisan yang akan digunakan. Selain menentukan jumlah lapisan utama, kita juga harus menentukan jumlah lapisan tersembunyi agar jaringan saraf tiruan yang kita buat dapat mengolah data secara otomatis dibantu dengan program komputer.

Dalam penelitian ini digunakan jaringan saraf tiruan propagasi mundur, sehingga perintah yang digunakan dalam program untuk membentuk jaringan adalah :

```
% Arsitektur JST
net = newff(minmax(data_latih),[10 1],{'logsig','purelin'},'traingdx');
```

Dimana :

- net = Rancang arsitektur terdapat n lapisan
- newff = Fungsi pembentuk jaringan propogasi mundur
- 10 (Si) = Jumlah unit pada lapisan
- Logsig (TFi) = Fungsi aktifasi yang digunakan pada lapisan
- Traindx (BTF) = Fungsi pelatihan jaringan

c) Menentukan Fungsi Aktifasi

Fungsi aktifasi berperan sangat penting dalam jaringan saraf tiruan, karena fungsi aktifasi memiliki tugas mengolah nilai masukan dan meneruskannya pada layar selanjutnya. Ada berbagai macam fungsi aktifasi yang dapat digunakan dalam membangun jaringan saraf tiruan, tapi dalam penenitian ini sangat dianjurkan menggunakan fungsi sigmoid biner. Fungsi sigmoid biner adalah fungsi yang memiliki nilai masukan antra 0 sampai 1, fungsi ini juga dipilih karena sangat cocok digunakan pada jaringan saraf tiruan propogasi mundur agar mendapatkan nilai keluaran yang lebih optimal.

Persamaan fungsi sigmoid biner dapat dilihat pada persamaan 4- 5 berikut:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \dots\dots\dots (4-$$

5)

d) Pengaturan Nilai Parameter

Pada tahap selanjutnya adalah tahap pelatihan data yang dimana ada parameter yang perlu diatur untuk permodelan jaringan saraf tiruan,yaitu:

- Jumlah *epoch* dapat dipanggil menggunakan instruksi “net.trainParam.show” dengan nilai kelalaian 25. Perintaah ini digunakan untuk menunjukkan jumlah *epoch* yang terdapat dalam satu iterasi.

- Perintah “net.trainParam.goal” digunakan untuk memanggil Kinerja Tujuan. Kinerja tujuan memiliki nilai lalai 0, dalam penelitian ini menggunakan nilai 0.1 karena nilai 0 dianggap terlalu rendah yang menyebabkan lamanya proses suatu iterasi.
- Maksimum *epoch* memiliki nilai *default* 10. Semakin tinggi nilai maksimum *epoch* semakin optimal data keluaran yang dihasilkan tapi memerlukan waktu yang lama dalam prosesnya dan sebaliknya semakin kecil nilai yang di tentukan semakin cepat prosesnya sehingga hasil keluaran kurang optimal. Dalam program maksimum *epoch* dapat di panggil menggunakan instruksi “net.trainParam.epoch”.
- Momentum memiliki nilai *default* sebesar 0.9, dalam program dapat dipanggil menggunakan perintah “net.trainParam.mc”
- *Learning rate* adalah laju pembelajaran yang menyebabkan ketidakstabilan. Angka awal untuk *learning rate* adalah 0.01. *Learning rate* dapat dipanggil menggunakan instruksi “net.trainParam.lr”.

e) **Menghitung MSE**

Mean Square Error (MSE) adalah salah satu metode untuk mengukur tingkat keakurasian suatu model peramalan. MSE dapat dianalogikan sebagai varian ditambah dengan kuadrat bias dari suatu model.

Secara matematis MSE dapat di definisikan seperti persamaan 4- 6 :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i - y_i)^2 \dots\dots\dots(4- 6)$$

Dimana :

MSE : Mean Square Error

f_i : Data Awal

y_i : Data Hasil Model

n : Jumlah Data

4. 4. Pengujian Akurasi Permodelan

Langkah terakhir dalam penelitian ini adalah pengujian nilai hasil masing-masing permodelan yang digunakan (*Cost Significant Model* dan Permodelan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan). Untuk menentukan tingkat keakuratan hasil model dapat dihitung dengan persamaan 4- 7 berikut :

$$AP_n = \frac{HP_n - Y}{Y} \times 100\% \dots\dots\dots (4- 7)$$

Dimana :

- APn = Nilai akurasi pemodelan n
- HPn = Nilai hasil pemodelan n
- Y = Nilai biaya aktual suatu proyek

Setelah mengetahui nilai akurasi masing-masing permodelan, digunakan tabulasi klasifikasi tingkat keakuratan model berdasarkan AACE internasional.

Tabel 4. 1 Klasifikasi Hasil Permodelan AACE Internasional.

Estimation Class	End Usage (Typical purpose of estimate)	Methodology (Typical estimating method)	Expected Accuracy Range (Typical low & high range)
Class 5	Concept Screening	Capacity Factored Parametric Model Judgement or Analogy	Low: -20% to -50% High: 30% to 100%
Class 4	Study of Feasibility	Equipment Factored or Parametric Model	Low: -15% to -30% High: 20% to 50%
Class 3	Budgeted Authorization or Control	Semi-Detailed Unit Cost with Assembly Level Line Items	Low: -10% to -20% High: 10% to 30%
Class 2	Control or Bid / Tender	Detailed Unit Cost with Forced Detailed Take-Off	Low: -5% to -15% High: 5% to 20%
Class 1	Check Estimate or Bid / Tender	Detailed Unit Cost with Detailed Take-Off	Low: -3% to 10% High: 3% to 15%

Class 5 atau estimasi biaya kelas 5 ialah estimasi kasar untuk *magnitude estimates*, *capacity factored estimated*, atau *parametric estimates*. Kelas 5 hanya memiliki informasi yang sedikit atau tidak sama sekali yaitu dari 0-2% informasi keseluruhan. Oleh karena itu, variannya sangat tinggi, jangka rendahnya ialah -20 sampai 50%, sedangkan jangka tingginya +30 sampai 100%. Adapun estimasi

biaya pada tahap konseptual ini akan menentukan suatu kelayakan proyek yang dituntut secara cepat dan akan menyaring beberapa desain alternatif yang akan dipakai. Dalam hal ini tersedianya data base yang menyimpan data-data proyek sebelumnya berupa perhitungan biaya proyek, bentuk, desain dan lainnya akan banyak membantu dalam proses *conceptual estimates*.

Class 4 atau estimasi biaya kelas 4 ialah estimasi biaya yang digunakan untuk uji kelayakan proyek. Estimasi ini juga hanya memiliki sedikit informasi, tipikalnya 1-15%. Metode yang digunakan adalah *equipment factor* atau *parametric model*. Level varian dari estimasi ini untuk jangka rendahnya -15 sampai -30% dan 20 sampai 50% untuk jangka tinggi. Tahap ini merupakan estimasi biaya tahap awal yang berupa hitungan kasar dan biasanya dilakukan pada saat sebelum adanya proses desain. Hasil dari perhitungan pada tahap *feasibility estimate* biasanya berupa nilai harga proyek meliputi perhitungan harga tanah, desain, pajak, pemeliharaan serta perbaikan. *Cost engineer* sangat berperan dalam *feasibility estimate*, karena seorang *cost engineer* pada tahap ini tidak hanya dituntut mempunyai keahlian dalam menghitung dengan handal tetapi juga dituntut mempunyai keahlian dan pengetahuan terhadap umur bangunan, prinsip-prinsip akuntansi, perpajakan dan mengerti tentang desain. Setelah semua biaya yang diperlukan dihitung maka selanjutnya melakukan perbandingan dengan penerimaan bruto per tahunnya akhirnya dapat diketahui penerimaan netto dari proyek tersebut. Adapun tujuan dari perhitungan ini adalah untuk menentukan layak tidaknya proyek ini dilanjutkan.

Class 3 atau estimasi biaya kelas 3. Biasanya dibuat untuk perhitungan *budget, authorization* atau *estimasi control*. Level informasi yang didapat biasanya sekitar 10-40%. Level akurasi estimasi kelas 3 bervariasi. Estimasi kelas 3 merupakan estimasi biaya semi-detail yang menggunakan cara unit cost atau assembly.

Class 2 atau estimasi biaya kelas 2, digunakan untuk tujuan *cost control* atau untuk urusan pelelangan dan penawaran tender. Informaasi yang tersedia pada kelas ini biasanya 30-70%. Estimasi ini dapat dikategorikan estimasi detail dengan unit cost detail. Range akurasi untuk estimasi kelas ini, jangka rendah -5 sampai -15% dan untuk jangka tinggi 5 sampai 20%. Pada tahap ini informasi

proyek yang diperlukan untuk pelaksanaan secara detail sudah didapat. Pada tahap ini biasanya melakukan perhitungan berdasarkan *quantity take-off* yang berdasarkan dokumen proyek yang terdiri dari spesifikasi dan gambar. Setelah perhitungan *quantity take-off* selesai maka estimator akan menggabungkan biaya material, biaya kebutuhan pekerja, biaya peralatan, subkontraktor, biaya overhead dan profit. Setiap item pekerjaan dalam detailed estimate akan mempunyai kode-kode pekerjaan sendiri untuk memudahkan pemantauan proses pekerjaan.

Class 1 atau estimasi biaya kelas 1 memiliki informasi paling lengkap biasanya 50-100% dari informasi yang dibutuhkan. Informasi tersebut diperoleh termasuk dari gambar teknik lengkap dan spesifikasi. Terkadang dengan tambahan lokasi dan kerangka waktu. Level akurasi untuk estimasi ini ialah -3 sampai -10% dan 3 hingga min lima belas persen.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5. 1. *Cost Significant Model*

5. 1. 1. Menghitung *Future Value*

Menghitung *future value* bertujuan agar mendapatkan nilai(harga) yang riil, karena dalam metode CSM menggunakan data proyek dengan tahun anggaran yang berbeda. Menghitung *future value* juga diharapkan akan menghasilkan keluaran pemodelan yang lebih optimal.

Pada penelitian ini digunakan data proyek dengan tahun anggaran 2015 yang akan digunakan sebagai data masukan, sebelum digunakan sebagai data masukan terlebih dahulu dihitung menggunakan data inflasi daerah penelitian. Data inflasi yang digunakan di peroleh dari BPS Kab. Malinau, seperti Tabel 5. 1

Tabel 5. 1 Inflasi Umum Kab. Malinau

No	Tahun	Inflasi Umum (%)
1	2015	3.83
2	2016	3.02

Sumber : BPS Kab.Malinau

Perhitungan *Future Value* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Pi = Po (1 + i)^n$$

Dimana :

Pi = Data setelah proyeksi

Po = Data asli

i = Koefisien Inflasi

n = Selisih antara tahun sebelum dan setelah proyeksi

Contoh salah satu data penelitian sebelum perhitungan *future value* dapat dilihat pada Tabel 5. 2 :

Tabel 5. 2 Data Proyek Pembangunan Jalan Malinau – Mensalong Tahun Anggaran 2015

Var	URAIAN	Harga (Rp)
X1	Mobilisasi	250,735,100.00
X2	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	67,265,000.00
X3	Pengamanan Lingkungan Hidup	7,393,100.00
X4	Manajemen Mutu	93,500,000.00
X5	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	48,166,140.00
X6	Pasangan Batu dengan Mortar	936,008,920.00
X7	Galian Perkerasan Beraspal tanpa Cold Milling Machine	186,943,680.00
X8	Galian Perkerasan Berbutir	433,614,720.00
X9	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	3,567,564,000.00
X10	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	11,860,231,680.00
X11	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	1,581,888,000.00
X12	Lapis Perekat - Aspal Cair	397,320,000.00
X13	Laston Lapis Aus (AC-WC)	10,630,594,867.20
X14	Laston Lapis Antara Perata (AC-BC(L))	15,313,077,964.80
X15	Bahan Anti Pengelupasan	177,040,784.80
X16	Beton mutu sedang $f_c' = 20$ Mpa	123,097,251.20
X17	Beton mutu rendah $f_c' = 10$ Mpa	6,018,320.00
X18	Baja Tulangan U32 Ulir	185,165,640.00
X19	Pondasi Cerucuk, Penyediaan dan Pemancangan cerucuk	68,790,150.00
X20	Pasangan Batu	199,544,152.50
X21	Bronjong dengan Kawat yang dilapisi Galvanis	149,582,400.00
X22	Sandaran (Railing)	3,118,500.00
X23	Marka Jalan Termoplastik	2,540,822,377.50
X24	Campuran Aspal Panas untuk Pekerjaan Minor	2,603,905,920.00
X25	Pemeliharaan Rutin Selokan, Saluran Air, Galian dan Timbunan	330,000,000.00
X26	Pemeliharaan Rutin Perlengkapan Jalan	11,000,000.00
X27	Pemeliharaan Rutin Jembatan	5,500,000.00

Sumber : Dinas Bina Marga Prov. Kaltara

Contoh perhitungan dapat dilihat seperti berikut :

Data pada tahun 2015 di proyeksikan pada tahun 2017 ($i = 3.83\% = 0.0383$)

Item pekerjaan mobilisasi (X1) : $Fv = Rp\ 250,735,100 \times (1 + 0.0383)^2$

$$= Rp\ 270,309,209.47$$

Item pekerjaan pas.batu (X20) : $Fv = Rp\ 199,544,152.50 \times (1 + 0.0383)^2$

$$= Rp\ 215,121,943.90$$

Item pekerjaan marka jalan (X23) : $Fv = Rp\ 2,540,822,377.50 \times (1 + 0.0383)^2$

= Rp 2,739,176,478.55

Hasil perhitungan keseluruhan dai tabulasikan dalam Tabel 5.3 dibawah :

Tabel 5. 3 Data Proyek Setelah Diproyeksikan ke Tahun 2017

Var	URAIAN	P (Rp)	F (Rp)
X1	Mobilisasi	250,735,100.00	270,309,209.47
X2	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	67,265,000.00	72,516,169.36
X3	Pengamanan Lingkungan Hidup	7,393,100.00	7,970,256.32
X4	Manajemen Mutu	93,500,000.00	100,799,254.22
X5	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	48,166,140.00	51,926,320.75
X6	Pasangan Batu dengan Mortar	936,008,920.00	1,009,080,225.40
X7	Galian Perkerasan Beraspal tanpa Cold Milling Machine	186,943,680.00	201,537,791.70
X8	Galian Perkerasan Berbutir	433,614,720.00	467,465,672.65
X9	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	3,567,564,000.00	3,846,072,626.36
X10	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	11,860,231,680.00	12,786,123,081.94
X11	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	1,581,888,000.00	1,705,381,076.49
X12	Lapis Perekat - Aspal Cair	397,320,000.00	428,337,536.73
X13	Laston Lapis Aus (AC-WC)	10,630,594,867.20	11,460,492,347.33
X14	Laston Lapis Antara Perata (AC-BC(L))	15,313,077,964.80	16,508,522,337.84
X15	Bahan Anti Pengelupasan	177,040,784.80	190,861,808.27
X16	Beton mutu sedang $f_c' = 20$ Mpa	123,097,251.20	132,707,070.77
X17	Beton mutu rendah $f_c' = 10$ Mpa	6,018,320.00	6,488,151.53
X18	Baja Tulangan U32 Ulir	185,165,640.00	199,620,945.65
X19	Pondasi Cerucuk, Penyediaan dan Pemancangan cerucuk	68,790,150.00	74,160,383.07
X20	Pasangan Batu	199,544,152.50	215,121,943.90
X21	Bronjong dengan Kawat yang dilapisi Galvanis	149,582,400.00	161,259,832.77
X22	Sandaran (Railing)	3,118,500.00	3,361,951.60
X23	Marka Jalan Termoplastik	2,540,822,377.50	2,739,176,478.55
X24	Campuran Aspal Panas untuk Pekerjaan Minor	2,603,905,920.00	2,807,184,757.03
X25	Pemeliharaan Rutin Selokan, Saluran Air, Galian dan Timbunan	330,000,000.00	355,762,073.70
X26	Pemeliharaan Rutin Perlengkapan Jalan	11,000,000.00	11,858,735.79
X27	Pemeliharaan Rutin Jembatan	5,500,000.00	5,929,367.90
Y	Total Biaya	51,777,888,668.00	55,820,027,407.08

5. 1. 2. Menentukan *Cost Significant Item*

Setelah semua data awal di proyeksikan ke tahun penelitian, langkah selanjutnya adalah menentukan item pekerjaan apa saja yang berpengaruh pada total biaya proyek (CSI). CSI ditentukan dengan mengurutkan proposi atau bobot dari tiap komponen biaya (variabel bebas) dari yang terbesar hingga terkecil. Pembobotan item pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5. 4.

Pada proyek ini 5 item pekerjaan yang apabila diakumulasikan memiliki bobot total sebesar 84.95% yaitu item pekerjaan laston lapis antar perata (X14) memiliki bobot 29.57%, pekerjaan lapis pondasi agregat kelas A (X10) dengan bobot 22.9%, pekerjaan laston lapis aus (X15) dengan bobot 20,55%, pekerjaan lapis pondasi agregat kelas S (X9) dengan bobot 6.89% dan pekerjaan campuran

aspal panas untuk pekerjaan minor (X24) memiliki bobot sebesar 5.03% (ditabulasikan dalam Tabel 5. 5).

Tahap selanjutnya adalah melihat korelasi antara item-item pekerjaan dengan total biaya proyek, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui item pekerjaan apa yang sangat mempengaruhi total biaya proyek dari lima item yang memiliki bobot tertinggi. Untuk nilai korelasi tiap item pekerjaan ditabulasikan dalam Tabel 5. 6.

Tabel 5. 4 Tabulasi Pembobotan Item Pekerjaan

Var	URAIAN	Harga Setelah Proyeksi (Rp)	Bobot (%)
X1	Mobilisasi	270,309,209.47	0.4843
X2	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	72,516,169.36	0.1299
X3	Pengamanan Lingkungan Hidup	7,970,256.32	0.0143
X4	Manajemen Mutu	100,799,254.22	0.1806
X5	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	51,926,320.75	0.0930
X6	Pasangan Batu dengan Mortar	1,009,080,225.40	1.8077
X7	Galian Perkerasan Beraspal tanpa Cold Milling Machine	201,537,791.70	0.3610
X8	Galian Perkerasan Berbutir	467,465,672.65	0.8375
X9	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	3,846,072,626.36	6.8901
X10	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	12,786,123,081.94	22.9060
X11	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	1,705,381,076.49	3.0551
X12	Lapis Perekat - Aspal Cair	428,337,536.73	0.7674
X13	Laston Lapis Aus (AC-WC)	11,460,492,347.33	20.5311
X14	Laston Lapis Antara Perata (AC-BC(L))	16,508,522,337.84	29.5746
X15	Bahan Anti Pengelupasan	190,861,808.27	0.3419
X16	Beton mutu sedang $f_c' = 20$ Mpa	132,707,070.77	0.2377
X17	Beton mutu rendah $f_c' = 10$ Mpa	6,488,151.53	0.0116
X18	Baja Tulangan U32 Ulir	199,620,945.65	0.3576
X19	Pondasi Cerucuk, Penyediaan dan Pemasangan cerucuk	74,160,383.07	0.1329
X20	Pasangan Batu	215,121,943.90	0.3854
X21	Bronjong dengan Kawat yang dilapisi Galvanis	161,259,832.77	0.2889
X22	Sandaran (Railing)	3,361,951.60	0.0060
X23	Marka Jalan Termoplastik	2,739,176,478.55	4.9072
X24	Campuran Aspal Panas untuk Pekerjaan Minor	2,807,184,757.03	5.0290
X25	Pemeliharaan Rutin Selokan, Saluran Air, Galian dan Timbunan	355,762,073.70	0.6373
X26	Pemeliharaan Rutin Perlengkapan Jalan	11,858,735.79	0.0212
X27	Pemeliharaan Rutin Jembatan	5,929,367.90	0.0106
Y	Total	55,820,027,407.08	100

Cost significant items pada proyek ditabulasikan dalam Tabel 5. 5 :

Tabel 5. 5 Item-item Pekerjaan Yang Signifikan Mempengaruhi Biaya Proyek

Uraian	Variabel	Per Item(%)	Akumulasi (%)	Harga
Laston Lapis Antara Perata (AC-BC(L))	X14	29.5746	29.5746	15,313,077,964.80
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	X10	22.9060	52.4805	11,860,231,680.00
Laston Lapis Aus (AC-WC)	X13	20.5311	73.0117	10,630,594,867.20
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	X9	6.8901	79.9018	3,567,564,000.00
Campuran Aspal Panas untuk Pekerjaan Minor	X24	5.0290	84.9308	2,603,905,920.00
Total				43,975,374,432.00

Tabel korelasi antara independent variable (X) dan depend variable (Y) dapat dilihat di Tabel 5. 6 :

Tabel 5. 6 Korelasi Item Pekerjaan (X) Terhadap Total Biaya Proyek (Y)

No	Uraian	Variabel	Correlation
1	Laston Lapis Antara Perata (AC-BC(L))	X14	0.7491
2	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	X10	0.4331
3	Laston Lapis Aus (AC-WC)	X13	0.5916
4	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	X9	0.4743
5	Campuran Aspal Panas untuk Pekerjaan Minor	X24	-0.3265

Untuk perhitungan korelasi manual, terlebih dahulu kita menghitung nilai kuadrat serta nilai jumlah tiap variabel baik itu nilai X dan Y, untuk nilai Y, X14, X10, X13, X9 dan X24 yang telah di kuadratkan terlampir pada Tabel 5.8 dan untuk tabulasi hasil perkalian Y dan tiap variabel X terlampir pada Tabel 5.9. Setelah nilai X^2 , Y^2 , $X.Y$, serta nilai jumlah dari masing-masing variabel telah kita ketahui, baru kita dapat menghitung korelasi masing-masing variabel antara variabel bebas dan variabel terikat. Untuk hasil perhitungan korelasi antar variabel dapat dilihat pada Tabel 5. 6.

Contoh perhitungan antara variabel :

Korelasi Item Pekerjaan Laston Lapis Antar Perantara (X14) Dengan Total Biaya Proyek (Y) :

$$r_{X14Y} = \frac{(n \cdot \sum X14 \cdot Y - (\sum X14 \cdot \sum Y))}{\sqrt{(n \cdot \sum X14^2 - \sum X14^2) \cdot (n \cdot \sum Y^2 - \sum Y^2)}}$$

$$r_{X14Y} = \frac{(10 \times 8.523.440.511.303.300.000.000 - (160.755.994320,77 \times 529.520.149.605,48))}{\sqrt{(10 \times 2.591.406.461.769.050.000.000 - 160.755.994.320,77^2) \cdot (10 \times 28.069.759.486.092.100.000.000 - 529.520.149.605,48^2)}}$$

$$r_{X14Y} = \frac{110.886.950.322.139.000.000}{147.994.436.065.134.000.000} = 0,749129$$

Korelasi Item Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Kelas A (X10) Dengan Total Biaya Proyek (Y) :

$$r_{X10Y} = \frac{(n \cdot \sum X10 \cdot Y - (\sum X10 \cdot \sum Y))}{\sqrt{(n \cdot \sum X10^2 - \sum X10^2) \cdot (n \cdot \sum Y^2 - \sum Y^2)}}$$

$$r_{X10Y} = \frac{(10 \times 6.327.278.442.442.720.000.000 - (119.382.391.576,80 \times 529.520.149.605,48))}{\sqrt{(10 \times 1.430.955.804.566.140.000.000 - 119.382.391.576,80^2) \cdot (10 \times 28.069.759.486.092.100.000.000 - 529.520.149.605,48^2)}}$$

$$r_{X10Y} = \frac{57.402.576.420.300.000}{132.535.088.189.138.000.000}$$

$$r_{X10Y} = 0,433112$$

Korelasi Item Pekerjaan Laston Lapis Aus (X13) Dengan Total Biaya Proyek (Y) :

$$r_{X13Y} = \frac{(n \cdot \sum X_{13} \cdot Y - (\sum X_{13} \cdot \sum Y))}{\sqrt{(n \cdot \sum X_{13}^2 - \sum X_{13}^2) \cdot (n \cdot \sum Y^2 - \sum Y^2)}}$$

$$r_{X13Y} = \frac{(10 \times 550.429.757.508.494.000.000 - (111.189.233.327,80 \times 529.520.149.605,48))}{\sqrt{(10 \times 1.238.549.402.068.860.000.000 - 111.189.233.327,80^2) \cdot (10 \times 28.069.759.486.092.100.000.000 - 529.520.149.605,48^2)}}$$

$$r_{X13Y} = \frac{49.033.340.222.861.000.000}{82.881.538.810.700.000}$$

$$r_{X13Y} = 0,59160$$

Dari Table 5.10, dapat dilihat nilai signifikansi tiap variabel, untuk pekerjaan laston lapis antara perata (X14) sebesar 0.013 (lebih kecil dari 0.05), ini menunjukan bahwa variabel X14 signifikan berpengaruh terhadap biaya proyek (Y), sedangkan nilai untuk variabel X10 = 0.211, X13 = 0.072, X9 = 0.166 dan X24 = 0.357 lebih besar dari 0.05, sehingga variabel-variabel tersebut dapat dinyatakan tidak signifikan dalam mempengaruhi biaya proyek (Y).

Tabel 5. 10 Tabel Korelasi & Signifikansi variabel

Correlations						
	Y	X14	X10	X13	X9	X24
Pearson Correlation	1	.749	0.433	0.592	0.474	-0.327
Sig. (2-tailed)		0.013	0.211	0.072	0.166	0.357
N	10	10	10	10	10	10

Tabel 5. 11 Tabel Koefisien Model

Coefficients						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error			
1	(Constant)	28051491262.998	7795489280.079		3.598	0.007
	X14	1.549	0.484	0.749	3.199	0.013
2	(Constant)	8045083054.666	5700223462.926		1.411	0.201
	X14	1.777	0.251	0.859	7.085	0.000
	X10	1.369	0.280	0.593	4.888	0.002
3	(Constant)	6817273211.105	7667398447.424		0.889	0.408
	X14	1.647	0.556	0.797	2.962	0.025
	X10	1.393	0.314	0.603	4.438	0.004
	X13	0.272	1.023	0.074	0.266	0.799
4	(Constant)	7144571131.615	9347994514.518		0.764	0.479
	X14	1.667	0.655	0.806	2.545	0.052
	X10	1.416	0.447	0.613	3.165	0.025
	X13	0.249	1.155	0.068	0.216	0.838
	X9	-0.186	2.343	-0.016	-0.080	0.940
5	(Constant)	-234399171.518	15154188478.966		-0.015	0.988
	X14	1.661	0.697	0.803	2.384	0.076
	X10	1.577	0.538	0.683	2.934	0.043
	X13	0.442	1.265	0.120	0.350	0.744
	X9	-0.500	2.540	-0.042	-0.197	0.854
	X24	1.687	2.613	0.114	0.645	0.554

Dari penjabaran nilai signifikansi korelasi antar variabel diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa variabel X14 secara signifikan berpengaruh terhadap Y, tabel Anova (Tabel 5. 11) untuk model 1 nilai signifikansi koefisien variabel, baik itu variabel Y = 0.007 dan X14 = 0.013 memiliki nilai lebih kecil dari 0.05, sehingga dapat dinyatakan pemodelan ini dapat digunakan, dengan persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y = 28,051,491,262.99 + 1,549 X14 \dots\dots\dots 5. 1$$

Dimana :

Y = Biaya Total Proyek

X14 = Pekerjaan Laston Lapis antara Perantara

5. 1. 3. Menghitung *Cost Model Factor* (CMF)

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, CMF diperoleh dari membandingkan selisih antara estimasi biaya yang dihasilkan model regresi dan biaya aktual suatu proyek, yang mana nilai rasio yang didapat nanti akan digunakan untuk menghitung biaya estimasi menggunakan *Cost Significant Model*. Untuk menghitung CMF terlebih dahulu kita harus menghitung biaya estimasi model yang dapat diperoleh dengan cara memasukan *cost significant item* kedalam model regresi yang telah diperoleh. Setelah mengetahui nilai Y' dapat dilanjutkan dengan menghitung *Cost Model Factor* (CMF), nilai CMF didapat dengan membagikan nilai Y' dengan nilai Y dimana Y' adalah estimasi biaya model dan Y adalah biaya total aktual. Untuk contoh dan hasil perhitungan baik Y' dan CMF dapat dilihat pada penjabaran berikut :

Contoh perhitungan Y'/M' :

$$Y' = 28,051,491,262.99 + 1,549 X14$$

$$Y' = 28,051,491,262.99 + 1,549(15,313,077,964.8)$$

$$Y' = 51,771,449,030.47$$

Dimana :

Y' = Total biaya model regresi

X14 = Cost Significant items (CSI) perhitungan

Contoh perhitungan CMF :

$$CMF = \frac{Y'}{Y}$$

$$CMF = \frac{51,771,449,030.47}{51,777,888.668}$$

$$CMF = 0.999$$

Dimana :

CMF = Nilai *Cost Model Factor*

Y' = Total biaya model regresi

Y = Total biaya awal

Tabel 5. 12 Tabulasi Perhitungan nilai Y' dan CMF

Cost Significant Item (X14)	Estimasi Biaya Total (Y')	Biaya Total Aktual (Y)	CMF
15,313,077,964.80	51,771,449,030.47	51,777,888,668.00	0.9999
15,743,150,111.97	52,437,630,786.43	50,462,689,396.60	1.0391
15,620,738,918.40	52,248,015,847.59	51,285,962,515.70	1.0188
14,956,885,605.15	51,219,707,065.37	51,301,473,285.38	0.9984
16,105,300,495.76	52,998,601,730.93	52,002,311,488.06	1.0192
16,319,407,104.00	53,330,252,867.09	53,279,999,078.90	1.0009
15,215,116,350.55	51,619,706,489.99	53,889,560,192.91	0.9579
16,898,654,169.49	54,227,506,571.53	54,428,375,726.52	0.9963
17,825,916,810.24	55,663,836,402.05	55,536,334,244.61	1.0023
16,757,746,790.40	54,009,241,041.32	55,555,555,008.80	0.9722
		Rata - rata	1.00049

5. 1. 4. Estimasi *Cost Significant Model* & Akurasi Model

Setelah mengetahui nilai rata-rata *Cost Model Factor* (CMF) kita dapat mengestimasi menggunakan Nilai CSM diperoleh dari membagi estimasi biaya

model (Y'_{CSM}) dengan rata-rata nilai CMF. Sedangkan untuk menghitung akurasi model dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Akurasi = \frac{Y'_{CSM} - Y}{Y} \times 100\%$$

Dimana :

Y'_{CSM} = Total biaya pemodelan *Cost Significant Model (CSM)*

Y = Total biaya awal

Untuk contoh perhitungan estimasi CSM, contoh perhitungan akurasi dan tabulasi hasil seluruh perhitungan dapat dilihat dibawah :

$$Y'_{CSM} = \frac{Y'}{CMF}$$

$$Y'_{CSM} = \frac{51,771,449,030.47}{1.00049}$$

$$Y'_{CSM} = 51,745,938,120.51$$

Dimana :

Y'_{CSM} = Total biaya pemodelan *Cost Significant Model (CSM)*

Y' = Total biaya model regresi

CMF = Rata-rata nilai *Cost Model Factor (CMF)*

Contoh perhitungan akurasi :

$$Akurasi = \frac{Y'_{CSM} - Y}{Y} \times 100\%$$

$$Akurasi = \frac{51,745,938,120.51 - 51,777,888,668}{51,777,888,668} \times 100\%$$

$$Akurasi = -0.062\%$$

Tabulasi hasil perhitungan disajikan sebagai berikut :

Tabel 5. 13 Tabulasi Perhitungan nilai Y'CSM dan Akurasi Model

Estimasi Biaya Total (Y')	Biaya Total Aktual (Y)	Estimasi CSM	Akurasi
51,771,449,030.47	51,777,888,668.00	51,745,938,120.51	-0.062
52,437,630,786.43	50,462,689,396.60	52,411,791,608.62	3.862
52,248,015,847.59	51,285,962,515.70	52,222,270,104.47	1.826
51,219,707,065.37	51,301,473,285.38	51,194,468,031.90	-0.209
52,998,601,730.93	52,002,311,488.06	52,972,486,128.96	1.866
53,330,252,867.09	53,279,999,078.90	53,303,973,840.63	0.045
51,619,706,489.99	53,889,560,192.91	51,594,270,352.73	-4.259
54,227,506,571.53	54,428,375,726.52	54,200,785,414.16	-0.418
55,663,836,402.05	55,536,334,244.61	55,636,407,478.49	0.180
54,009,241,041.32	55,555,555,008.80	53,982,627,436.51	-2.831
		Min	-4.259
		Max	3.862

Untuk mengetahui pemodelan yang dihasilkan dapat digunakan atau tidak, digunakan tabel klasifikasi estimasi biaya menurut AACE international (Tabel 5.14). Merujuk tabel klasifikasi estimasi biaya AACE, akurasi hasil pemodelan terendah -4.259% dan nilai akurasi terbesar 3.862% termasuk kedalam kelas 1 sehingga hasil pemodelan dapat digunakan.

Tabel 5. 14 Klasifikasi Estimasi Biaya Menurut AACE International

Estimation Class	End Usage (Typical purpose of estimate)	Methodology (Typical estimating method)	Expected Accuracy Range (Typical low & high range)
Class 5	Concept Screening	Capacity Factored Parametric Model Judgement or Analogy	Low: -20% to -50% High: 30% to 100%
Class 4	Study of Feasibility	Equipment Factored or Parametric Model	Low: -15% to -30% High: 20% to 50%
Class 3	Budgeted Authorization or Control	Semi-Detailed Unit Cost with Assembly Level Line Items	Low: -10% to -20% High: 10% to 30%
Class 2	Control or Bid / Tender	Detailed Unit Cost with Forced Detailed Take-Off	Low: -5% to -15% High: 5% to 20%
Class 1	Check Estimate or Bid / Tender	Detailed Unit Cost with Detailed Take-Off	Low: -3% to 10% High: 3% to 15%

Sumber : Christensen dan Dysert (2005)

5. 1. 5. Menghitung Akurasi Model Dengan *Mean Square Error (MSE)*

Setelah mengetahui item pekerjaan yang sangat berpengaruh terhadap biaya total proyek, kita dapat menghitung akurasi model. Sebelum menghitung akurasi model, terlebih dahulu kita mencari item pekerjaan model menggunakan metode regresi linier yang mempengaruhi total biaya proyek.

Hasil pemodelan item pekerjaan yang mempengaruhi total biaya proyek dapat dilihat pada Tabel 5. 15 :

Perhitungan nilai a :

$$a = \frac{(\sum Dt \cdot \sum t^2) - (\sum t \cdot \sum Dt \cdot x t)}{(\sum n \cdot \sum t^2 - \sum t^2)}$$
$$a = \frac{(160.775.994.320,77 \times 385) - (55 \times 901.637.849.473,32)}{(10 \times 385 - 55^2)}$$
$$a = \frac{12.300.976.092.463}{825}$$
$$a = 14.910.274.051.47$$

Perhitungan nilai b :

$$b = \frac{(\sum n \cdot \sum Dt \cdot x t) - (\sum Dt \cdot \sum t)}{(\sum n \cdot \sum t^2 - \sum t^2)}$$
$$b = \frac{(10 \times 901.637.849.473.32) - (160.775.994.320,77 \times 55)}{(10 \times 385 - 55^2)}$$
$$b = \frac{174.798.807.090,97}{825}$$
$$b = 211.877.341,93$$

Tabel 5. 15 Tabulasi Item Pekerjaan Model (X')

t	X14 (Rp)	t ²	X14 x t (Rp)	a (Rp)	b (Rp)	X14' (Rp)
1	15,313,077,964.80	1	15,313,077,964.80	14,910,274,051.47	211,877,341.93	15,122,151,393.40
2	15,743,150,111.97	4	31,486,300,223.94	14,910,274,051.47	211,877,341.93	15,334,028,735.33
3	15,620,738,918.40	9	46,862,216,755.20	14,910,274,051.47	211,877,341.93	15,545,906,077.26
4	14,956,885,605.15	16	59,827,542,420.60	14,910,274,051.47	211,877,341.93	15,757,783,419.18
5	16,105,300,495.76	25	80,526,502,478.82	14,910,274,051.47	211,877,341.93	15,969,660,761.11
6	16,319,407,104.00	36	97,916,442,624.00	14,910,274,051.47	211,877,341.93	16,181,538,103.04
7	15,215,116,350.55	49	106,505,814,453.86	14,910,274,051.47	211,877,341.93	16,393,415,444.97
8	16,898,654,169.49	64	135,189,233,355.94	14,910,274,051.47	211,877,341.93	16,605,292,786.90
9	17,825,916,810.24	81	160,433,251,292.16	14,910,274,051.47	211,877,341.93	16,817,170,128.83
10	16,757,746,790.40	100	167,577,467,904.00	14,910,274,051.47	211,877,341.93	17,029,047,470.75

Setelah mendapatkan item pekerjaan model ($X14'$) kita dapat menghitung *Mean Square Error* model dengan membandingkan item pekerjaan aktual ($X14$) dengan item pekerjaan model ($X14'$), hasil perhitungan ditabulasikan dalam Tabel 5. 16 :

Tabel 5. 16 Tabulasi Perhitungan *MSE*

X14 (Rp)	X14' (Rp)	Error
15,313,077,964.80	15,122,151,393.40	190,926,571.40
15,743,150,111.97	15,334,028,735.33	409,121,376.64
15,620,738,918.40	15,545,906,077.26	74,832,841.14
14,956,885,605.15	15,757,783,419.18	(800,897,814.03)
16,105,300,495.76	15,969,660,761.11	135,639,734.65
16,319,407,104.00	16,181,538,103.04	137,869,000.96
15,215,116,350.55	16,393,415,444.97	(1,178,299,094.42)
16,898,654,169.49	16,605,292,786.90	293,361,382.59
17,825,916,810.24	16,817,170,128.83	1,008,746,681.41
16,757,746,790.40	17,029,047,470.75	(271,300,680.35)
Σ		0.3300
Mean Square Error		0.0109

5. 2. Permodelan Menggunakan JST

5. 2. 1. Normalisasi Data

Dalam JST, data penelitian tidak bisa digunakan langsung sebagai data masukan. Data penelitian harus di normalisasi terlebih dahulu agar dapat di terima sebagai data masukan dalam jaringan saraf tiruan, karena dalam program jaringan saraf tiruan hanya dapat menerima data masukan dengan nilai <0 dan >1 .

Data penelitian sebelum normalisasi dapat dilihat pada Tabel 5. 17 dan setelah normalisasi dapat di lihat pada Tabel 5. 18 :

Contoh Perhitungan :

$$\text{Nilai Minimum Data (b)} = 715,110$$

$$\text{Nilai Maksimum Data (a)} = 16,205,378,918.40$$

$$X1' = \frac{0.8(X1 - b)}{(a - b)} + 0.1$$

$$X1' = \frac{0.8(141,535,000 - 715,110)}{(16,205,378,918.40 - 715,110)} + 0.1$$

$$X1' = \frac{112,655,912}{16,204,663,808.4} + 0.1 = 0,10695$$

$$X5' = \frac{0.8(X5 - b)}{(a - b)} + 0.1$$

$$X5' = \frac{0.8(57,140,782.78 - 715,110)}{(16,205,378,918.40 - 715,110)} + 0.1$$

$$X5' = \frac{45,140,538,22}{16,204,663,808.4} + 0.1 = 0,1028$$

Dimana :

$X1, X2, X3 \dots Xn$ = Nilai aktual

$X1', X2', X3' \dots Xn'$ = Nilai setelah normalisasi

Tabel 5. 17 Rekap Data Proyek Sebelum Normalisasi (a) = 1,X22 dan (b) = 9,X14

Var	Pola									
	1 (Rp)	2 (Rp)	3 (Rp)	4 (Rp)	5 (Rp)	6 (Rp)	7 (Rp)	8 (Rp)	9 (Rp)	10 (Rp)
X1	141,535,000.00	602,000,000.00	1,923,500,000.00	227,941,000.00	213,850,000.00	187,220,000.00	580,000,000.00	629,937,500.00	466,250,000.00	1,189,386,000.00
X2	149,350,000.00	109,000,000.00	137,550,000.00	61,150,000.00	132,874,700.00	7,225,000.00	111,490,000.00	51,880,000.00	133,400,000.00	52,100,000.00
X3	40,500,000.00	28,500,000.00	16,050,000.00	6,721,000.00	98,782,200.00	6,067,500.00	37,000,000.00	54,000,000.00	61,000,000.00	43,500,000.00
X4	101,625,000.00	55,250,000.00	145,250,000.00	85,000,000.00	89,855,250.00	77,500,000.00	71,250,000.00	48,750,000.00	80,750,000.00	73,125,000.00
X5	57,140,782.78	56,285,600.00	56,670,894.16	43,787,400.00	54,297,713.22	54,013,200.00	48,410,737.64	66,624,696.62	70,121,894.00	82,068,600.00
X6	490,366,426.20	681,802,800.00	702,483,269.32	850,917,200.00	738,590,533.24	773,508,400.00	714,738,763.20	668,202,421.60	749,194,180.00	877,643,200.00
X7	194,866,351.68	147,100,800.00	519,147,007.68	169,948,800.00	149,009,636.16	173,308,800.00	97,689,285.12	133,091,575.68	153,029,184.00	173,913,600.00
X8	411,322,487.52	346,684,800.00	345,978,376.80	394,195,200.00	397,655,391.84	465,225,600.00	269,207,027.04	343,497,863.52	361,003,776.00	487,569,600.00
X9	2,795,685,480.00	2,741,256,000.00	1,671,444,986.40	3,243,240,000.00	3,187,056,952.80	3,331,440,000.00	3,217,610,088.00	3,022,047,907.20	2,919,233,520.00	3,274,488,000.00
X10	9,543,239,847.36	10,071,216,000.00	11,667,034,895.04	10,782,028,800.00	10,784,072,427.84	10,805,011,200.00	12,109,733,539.20	10,724,230,690.56	10,809,410,688.00	11,233,468,800.00
X11	1,027,780,992.00	1,606,080,000.00	1,096,671,072.00	1,438,080,000.00	1,160,929,728.00	1,498,560,000.00	1,447,894,560.00	1,395,479,904.00	1,761,648,000.00	1,142,400,000.00
X12	254,973,600.00	361,200,000.00	299,575,584.00	361,200,000.00	294,019,992.00	378,000,000.00	365,771,952.00	353,729,208.00	443,503,200.00	314,160,000.00
X13	10,186,644,819.46	9,952,911,360.00	9,668,284,411.70	9,664,177,152.00	9,782,157,067.47	10,216,077,312.00	9,735,645,915.34	10,881,390,086.25	10,869,427,322.88	10,124,405,760.00
X14	14,311,954,647.24	14,200,671,744.00	13,597,168,731.96	13,920,979,968.00	14,641,182,268.88	14,835,824,640.00	13,831,923,955.05	15,362,412,881.36	16,205,378,918.40	15,234,315,264.00
X15	188,176,400.00	178,214,120.00	154,968,800.00	160,946,168.00	197,801,069.40	178,214,120.00	202,360,118.67	113,035,637.44	110,036,703.36	190,168,856.00
X16	98,966,100.77	97,401,458.00	90,900,738.31	111,906,592.00	121,797,987.41	94,728,812.00	82,076,911.90	85,561,277.41	78,999,625.82	73,012,948.00
X17	4,771,772.53	4,334,750.00	5,170,357.43	5,471,200.00	6,535,210.99	5,365,850.00	4,810,777.34	4,929,424.26	4,432,743.00	4,256,350.00
X18	133,473,565.50	164,640,900.00	97,104,243.03	168,332,400.00	166,700,240.19	174,977,100.00	175,014,015.00	189,244,230.69	164,943,603.00	172,762,200.00
X19	47,122,586.55	19,890,000.00	18,909,077.85	62,536,500.00	37,226,475.00	68,854,500.00	32,659,169.40	92,045,052.45	23,454,990.00	66,631,500.00
X20	127,264,335.42	165,211,200.00	178,544,785.80	181,403,775.00	180,403,220.93	175,051,905.00	173,807,001.06	182,539,595.74	184,151,662.80	213,210,060.00
X21	102,629,630.40	120,540,000.00	101,322,187.20	135,984,000.00	130,858,200.00	124,056,000.00	104,115,000.00	99,947,938.80	115,944,360.00	127,800,000.00
X22	715,110.00	2,655,000.00	8,302,827.50	2,835,000.00	2,757,507.50	4,253,000.00	5,040,750.00	5,411,914.30	8,243,600.00	8,225,000.00
X23	2,715,588,641.33	2,177,132,355.00	1,545,830,199.94	2,309,838,525.00	2,302,508,387.03	2,388,711,060.00	3,188,484,198.65	2,595,889,553.91	2,190,340,374.75	2,751,775,110.00
X24	2,467,087,056.00	2,684,572,800.00	2,461,242,073.92	2,367,187,200.00	2,349,189,696.00	2,402,668,800.00	2,358,152,220.48	2,279,407,018.56	2,381,178,240.00	2,517,164,160.00
X25	144,117,991.78	27,937,400.00	61,197,084.81	300,000,000.00	33,508,169.68	4,500,000.00	12,397,320.17	51,959,715.59	125,000,000.00	25,000,000.00
X26	24,228,237.86	11,844,100.00	11,898,139.19	10,000,000.00	11,311,665.69	3,500,000.00	6,446,047.52	17,802,182.48	7,500,000.00	17,500,000.00
X27	114,045,316.35	9,269,100.00	55,503,242.67	5,000,000.00	9,896,934.25	2,500,000.00	6,779,913.51	27,293,293.16	10,000,000.00	35,000,000.00

Data lengkap setelah normalisasi ditabulasikan dalam Tabel 5. 18 dibawah :

Tabel 5. 18 Data Masukan Setelah Normalisasi

Var	Pola									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X1	0.1070	0.1297	0.1949	0.1112	0.1105	0.1092	0.1286	0.1311	0.1230	0.1587
X2	0.1073	0.1053	0.1068	0.1030	0.1065	0.1003	0.1055	0.1025	0.1066	0.1025
X3	0.1020	0.1014	0.1008	0.1003	0.1048	0.1003	0.1018	0.1026	0.1030	0.1021
X4	0.1050	0.1027	0.1071	0.1042	0.1044	0.1038	0.1035	0.1024	0.1040	0.1036
X5	0.1028	0.1027	0.1028	0.1021	0.1026	0.1026	0.1024	0.1033	0.1034	0.1040
X6	0.1242	0.1336	0.1346	0.1420	0.1364	0.1382	0.1353	0.1330	0.1370	0.1433
X7	0.1096	0.1072	0.1256	0.1084	0.1073	0.1085	0.1048	0.1065	0.1075	0.1086
X8	0.1203	0.1171	0.1170	0.1194	0.1196	0.1229	0.1133	0.1169	0.1178	0.1240
X9	0.2380	0.2353	0.1825	0.2601	0.2573	0.2644	0.2588	0.2492	0.2441	0.2616
X10	0.5711	0.5972	0.6759	0.6323	0.6324	0.6334	0.6978	0.6294	0.6336	0.6545
X11	0.1507	0.1793	0.1541	0.1710	0.1573	0.1739	0.1714	0.1689	0.1869	0.1564
X12	0.1126	0.1178	0.1148	0.1178	0.1145	0.1186	0.1180	0.1174	0.1219	0.1155
X13	0.6029	0.5913	0.5773	0.5771	0.5829	0.6043	0.5806	0.6372	0.6366	0.5998
X14	0.8065	0.8010	0.7712	0.7872	0.8228	0.8324	0.7828	0.8584	0.9000	0.8521
X15	0.1093	0.1088	0.1076	0.1079	0.1097	0.1088	0.1100	0.1055	0.1054	0.1094
X16	0.1049	0.1048	0.1045	0.1055	0.1060	0.1046	0.1040	0.1042	0.1039	0.1036
X17	0.1002	0.1002	0.1002	0.1002	0.1003	0.1002	0.1002	0.1002	0.1002	0.1002
X18	0.1066	0.1081	0.1048	0.1083	0.1082	0.1086	0.1086	0.1093	0.1081	0.1085
X19	0.1023	0.1009	0.1009	0.1031	0.1018	0.1034	0.1016	0.1045	0.1011	0.1033
X20	0.1062	0.1081	0.1088	0.1089	0.1089	0.1086	0.1085	0.1090	0.1091	0.1105
X21	0.1050	0.1059	0.1050	0.1067	0.1064	0.1061	0.1051	0.1049	0.1057	0.1063
X22	0.1000	0.1001	0.1004	0.1001	0.1001	0.1002	0.1002	0.1002	0.1004	0.1004
X23	0.2340	0.2074	0.1763	0.2140	0.2136	0.2179	0.2574	0.2281	0.2081	0.2358
X24	0.2218	0.2325	0.2215	0.2168	0.2159	0.2186	0.2164	0.2125	0.2175	0.2242
X25	0.1071	0.1013	0.1030	0.1148	0.1016	0.1002	0.1006	0.1025	0.1061	0.1012
X26	0.1012	0.1005	0.1006	0.1005	0.1005	0.1001	0.1003	0.1008	0.1003	0.1008
X27	0.1056	0.1004	0.1027	0.1002	0.1005	0.1001	0.1003	0.1013	0.1005	0.1017

5. 2. 2. Membangun Arsitektur Jaringan

Dalam penelitian ini digunakan jaringan saraf tiruan propogasi mundur dengan 27 item pekerjaan dari 10 proyek sebagai nilai masukan yang akan diproses menggunakan program komputer. Ada beberapa parameter yang harus kita tentukan terlebih dahulu, yaitu :

- Jumlah *epoch* dapat dipanggil menggunakan instruksi “net.trainParam.show” dengan nilai kelalaian 25. Perintah ini digunakan untuk menunjukkan jumlah *epoch* yang terdapat dalam satu iterasi.
- Perintah “net.trainParam.goal” digunakan untuk memanggil Kinerja Tujuan. Kinerja tujuan memiliki nilai lalai 0, dalam penelitian ini menggunakan nilai 0.1 karena nilai 0 dianggap terlalu rendah yang menyebabkan lamanya proses suatu iterasi.

- Maksimum *epoch* memiliki nilai *default* 10. Semakin tinggi nilai maksimum *epoch* semakin optimal data keluaran yang dihasilkan tapi memerlukan waktu yang lama dalam prosesnya dan sebaliknya semakin kecil nilai yang di tentukan semakin cepat prosesnya sehingga hasil keluaran kurang optimal. Dalam program maksimum *epoch* dapat di panggil menggunakan instruksi “net.trainParam.epoch”.
- Momentum memiliki nilai *default* sebesar 0.9, dalam program dapat dipanggil menggunakan perintah “net.trainParam.mc”
- *Learning rate* adalah laju pembelajaran yang menyebabkan ketidakstabilan. Angka awal untuk *learning rate* adalah 0.01. *Learning rate* dapat dipanggil menggunakan instruksi “net.trainParam.lr”.

Pada Gambar 5. 1 menjelaskan ntuk penulisan coding parameter proses pelatihan :

```

16 % Memberikan nilai untuk mempengaruhi proses pelatihan
17 - net.performFcn = 'mse';
18 - net.trainParam.goal = 0.001;
19 - net.trainParam.show = 20;
20 - net.trainParam.epochs = 2000;
21 - net.trainParam.mc = 0.95;
22 - net.trainParam.lr = 0.1;
23

```

Gambar 5. 1 Coding Nilai Parameter Proses Pelatihan

5. 2. 3. Hasil Program Jaringan Saraf Tiruan Menggunakan MATLAB

Pada program jaringan saraf tiruan ini dibagi kedalam dua proses, yaitu proses pelatihan dan proses pengujian. Tahapan pelatihan diharapkan agar jaringan saraf yang dibuat memiliki memori agar menghasilkan keluaran (target latih) yang optimal, selain itu pada tahapan pelatihan dimaksudkan untuk mengetahui tingkat akurasi jaringan yang telah kita desain dengan membandingkan keluaran (target latih) dengan target uji.

5. 2. 4. Proses Pelatihan Jaringan

Seperti yang telah disinggung pada bab awal bahwa cara kerja jaringan saraf tiruan layaknya seperti kinerja saraf biologis pada otak manusia, yang apabila seseorang dihadapkan kepada suatu masalah maka secara simultan manusia akan berpikir untuk menemukan jalan keluar dari masalah yang dihadapinya. Semakin sering seseorang dihadapkan dengan masalah yang serupa, maka semakin baik pula orang tersebut menyelesaikan permasalahan.

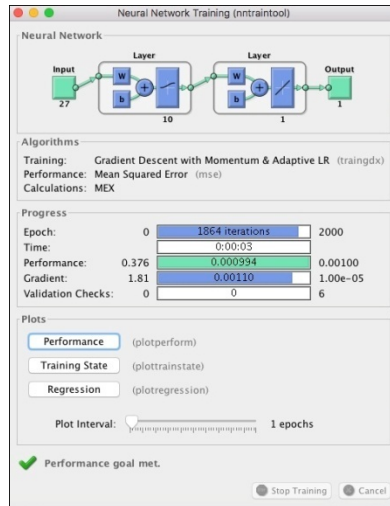
Dalam jaringan saraf tiruan, proses pelatihan jaringan memiliki konsep yang sama dengan konsep pembelajaran dalam menyelesaikan masalah seperti yang telah dijelaskan diatas, hal ini bertujuan agar hasil optimasi menggunakan jaringan saraf tiruan memiliki keluaran yang optimal. Dengan menggunakan 10 harga penawaran proyek jalan dengan 27 item pekerjaan sebagai data latih (pembelajaran), jaringan saraf tiruan akan mengeluarkan 27 bobot target latih yang mempresentasikan 27 item pekerjaan yang kemudian akan diteruskan kepada proses pengujian jaringan. Untuk penulisan coding pemanggilan data latih dari excel dapat dilihat pada Gambar 5.2 dibawah.

```
% Pemanggilan data latih dari excel
filename = 'Book1.xlsx';
sheet = 6;
xlRange = 'C5:AD31';

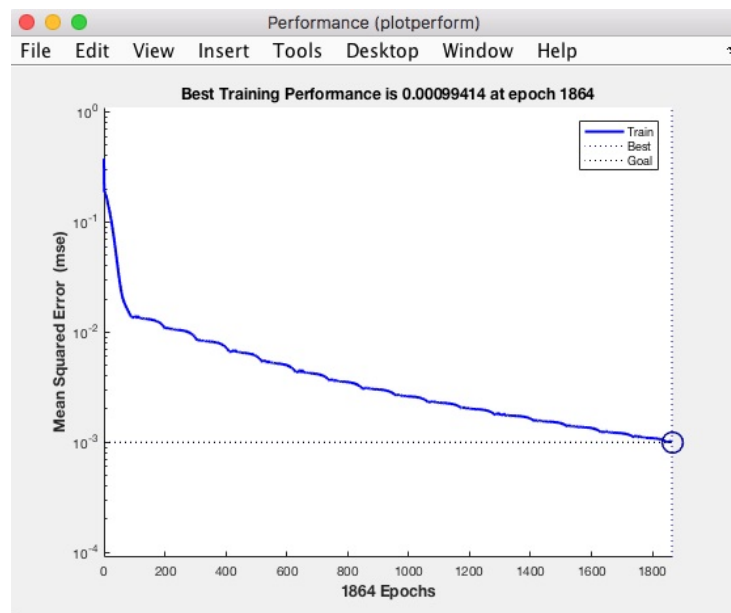
Data = xlsread(filename, sheet, xlRange);
data_latih = Data(:,1:27)';
target_latih = Data(:,28)';
[m,n] = size(data_latih);
```

[w] Gambar 5.2 Coding Pemanggilan Data Latih

Hasil proses pelatihan jaringan dapat dilihat pada Gambar 5.3, yang dimana iterasi berhenti pada *epoch* 1864 karena dianggap proses pelatihan telah optimal dan menghasilkan bobot target latih yang disajikan pada Tabel 5.19.



Gambar 5. 3 Proses Pelatihan Data Latih



Gambar 5. 4 Grafik Proses Pelatihan Data Latih

Gambar 5. 4 menjelaskan bahwa pada iterasi ke-1864 tahap pengujian dihentikan karena telah dianggap optimal, dan apa bila iterasi tetap dilanjutkan grafik tidak akan mengalami fluktuasi lagi.

Tabel 5. 19 Tabulasi Bobot Proses Pelatihan

X1	0.1169	X10	0.6068	X19	0.1432
X2	0.1447	X11	0.1686	X20	0.0674
X3	0.1022	X12	0.1642	X21	0.1096
X4	0.1128	X13	0.5413	X22	0.1159
X5	0.1025	X14	0.8203	X23	0.1270
X6	0.1740	X15	0.0865	X24	0.2264
X7	0.1091	X16	0.0933	X25	0.1241
X8	0.0958	X17	0.0490	X26	0.0966
X9	0.2091	X18	0.1315	X27	0.1380

Untuk mengetahui nilai asli dari bobot target latih yang telah dinormalisasi sebelumnya dapat menggunakan persamaan berikut :

$$= \frac{(target\ latih - 0.1) * (Data\ Maks - Data\ Min)}{0.8} + Data\ Min$$

Dimana :

$$Data\ Max = 16,205,378,918.4$$

$$Data\ Min = 715110$$

Contoh Perhitungan :

$$= \frac{(0.1169 - 0.1) * (16,205,378,918.4 - 715110)}{0.8} + 715110$$

$$= \frac{(0.0169) * (16204663808.4)}{0.8} + 715110$$

$$= 343,038,632.95$$

Untuk seluruh perhitungan bobot target latih disajikan dalam Tabel 5.20 , dimana nilai Y adalah nilai total estimasi biaya menggunakan jaringan saraf tiruan dan X1,X2,X3,...,X27 adalah item-item pekerjaan dalam proyek pembangunan jalan malinau-mansalong.

Tabel 5. 20 Tabulasi Renormalisasi Bobot Hasil Uji

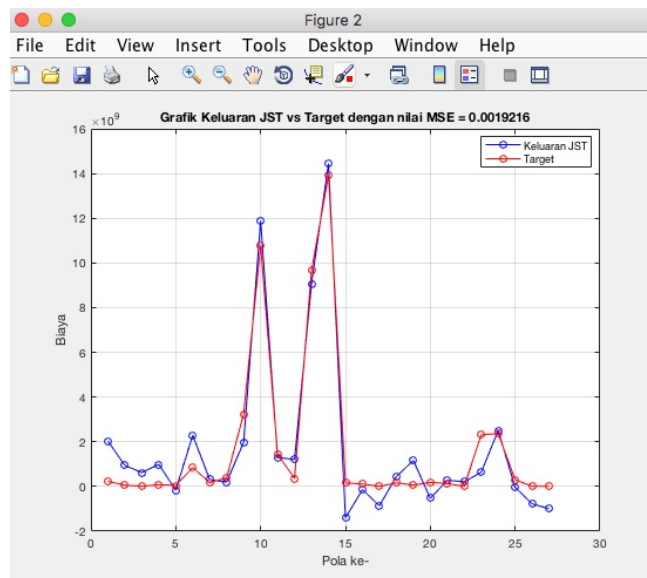
X1	343,038,632.95	X10	10,266,369,632.62	X19	875,766,955.65
X2	906,150,700.29	X11	1,390,265,031.57	X20	661,055,160.19
X3	45,277,935.47	X12	1,301,139,380.62	X21	195,171,075.70
X4	259,989,730.93	X13	8,939,612,783.31	X22	322,782,803.19
X5	51,354,684.40	X14	14,590,989,286.49	X23	547,622,513.53
X6	1,499,646,512.28	X15	274,168,811.77	X24	2,561,051,991.73
X7	185,043,160.82	X16	136,429,169.40	X25	488,880,607.23
X8	85,789,594.99	X17	1,033,762,427.79	X26	69,584,931.19
X9	2,210,626,136.87	X18	638,773,747.46	X27	770,436,640.90
				Y	50,650,780,039.35

Dimana :

$$Y = X1+X2+X3+...+X27$$

5. 2. 5. Proses Pengujian Jaringan

Dalam jaringan saraf tiruan proses pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi jaringan yang telah kita desain sebelumnya dengan membandingkan keluaran proses pelatihan dengan target uji. Untuk hasil running program dapat dilihat pada Gambar 5. 5 berikut :



Gambar 5.5 Grafik Keluaran Model Dengan MSE = 0.0019

Pada Gambar 5. 5 dapat dilihat nilai keluaran pengujian jaringan saraf tiruan bila dibandingkan dengan nilai target memiliki nilai Mean Square Error (MSE) sebesar 0.0019.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6. 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam *Cost Significant Model*, item pekerjaan yang secara signifikan mempengaruhi total biaya konstruksi jalan adalah (variabel bebas X14) item pekerjaan Laston Lapis Antar Perantara (AC-BC(L)) dengan nilai 0.749, yang artinya biaya dari item pekerjaan Laston Lapis Antar Perantara berpengaruh sebesar 74.9% dari total biaya proyek

2. Untuk pemodelan estimasi menggunakan *Cost Significant Model* menghasilkan model regresi sebagai berikut :

$$Y = 28,051,491,262.99 + 1,549 X14$$

Dimana :

Y = Total biaya proyek

X14 = Pekerjaan laston lapis antar perantara

3. Untuk akurasi pemodelan, hasil *Cost Significant Model* memiliki nilai sebesar – 4.21% hingga 3.91%. Yang mana bila nilai ini mengacu pada tabel akurasi yang disediakan AACE International, maka pemodelan yang dihasilkan dari penelitian ini masuk di dalam kelas 1 yang dimana hasil pemodelan dianggap baik karena memiliki informasi lengkap untuk melakukan estimasi. Untuk perhitungan *Mean Square Error* masing-masing pemodelan memiliki nilai sebagai berikut :

- *Cost Significant Model* = 0.0109

- Jaringan Saraf Tiruan = 0.0019

Berdasarkan nilai MSE ($0.0019 < 0.0109$) dapat disimpulkan bahwa pemodelan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan sedikit lebih unggul dari *Cost Significant Model*.

6. 2. Saran

Selama dalam masa penyelesaian penelitian ini, banyak ide maupun masukan yang tidak dapat dibahas dalam penelitian kali ini karena terbatas oleh waktu, sehingga ide dan masukan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Untuk pemodelan menggunakan *Cost Significant Model* (CSM) atau Jaringan Saraf Tiruan (JST), sebaiknya data masukan lebih diperbanyak agar keluaran yang dihasilkan lebih optimal.
2. Untuk pemodelan menggunakan JST, penelitian selanjutnya diharapkan menambahkan variabel yang secara riil terjadi dilapangan, contoh : seberapa besar pengaruh hujan pada hasil estimasi.
3. Untuk perbandingan permodelan, penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan model *Artificial Intelligence* (AI) yang lain sebagai pembanding, seperti Algoritma Genetik maupun Fuzzy.