



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMODELAN ESTIMASI BIAYA KONSEPTUAL PADA  
PROYEK KONTRUKSI BANGUNAN PABRIK DENGAN  
TEKNIK JARINGAN SARAF TIRUAN**

**TESIS**

**JULIAN BAGUS H  
0806423684**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
DEPOK  
JANUARI 2011**

**218/FT-01/TESIS/01/2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMODELAN ESTIMASI BIAYA KONSEPTUAL PADA  
PROYEK KONTRUKSI BANGUNAN PABRIK DENGAN  
TEKNIK JARINGAN SARAF TIRUAN**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik**

**JULIAN BAGUS H**

**0806423684**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
KEKHUSUSAN MANAJEMEN KONSTRUKSI  
DEPOK  
JANUARI 2011**

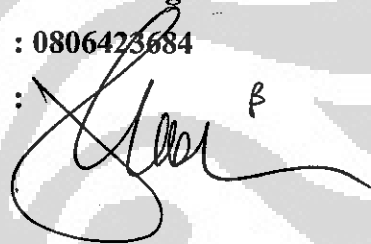
## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Julian Bagus H**

**NPM : 0806423684**

**Tanda Tangan :**



**Tanggal : 3 Januari 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : Julian Bagus Hariawan  
NPM : 0806423684  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Tesis : Pemodelan Estimasi Biaya Konseptual Pada Proyek Konstruksi  
Bangunan Pabrik Dengan Teknik Jaringan Saraf Tiruan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Yusuf Latief, MT (.....)

Pembimbing : Ir. Wisnu Isvara, MT (.....)

Penguji : Dr. Ir. Ismeth S. Abidin (.....)

Penguji : M.Ali Berawi, M.Eng.Sc, Ph.D. (.....)

Penguji : Prof. Dr.Ir. Krisna Mochtar, M.Sc (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 3 Januari 2011

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada ALLAH SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya lah, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih saya sebesar-besarnya kepada :

1. Prof.Dr. Ir. Yusuf Latief MT., selaku Dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, pikiran dan tenaga untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini.
2. Ir. Wisnu Isvara MT., selaku Dosen pembimbing yang telah banyak membantu saya menyediakan waktu, nasehat, arahan, pikiran dan tenaga untuk mengarahkan saya untuk menjadi lebih baik lagi dalam penyusunan tesis ini, dimana tesis ini merupakan bagian dari penelitian Program Doctoral beliau.
3. Dr. Ir. Ismeth Abidin, selaku dosen, pembimbing dan penguji yang telah menyediakan waktu, dan pikiran dalam mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini dan banyak memberikan saya masukan yang berarti.
4. M.Ali Berawi, M.Eng.Sc.PhD (DTS-FTUI) selaku ketua sidang tesis dan Prof. Dr. Ir. Krisna Mochtar, M.Sc selaku tim penguji.
5. Dosen pengajar dan staf dilingkungan pasca sarjana Universitas Indonesia, Fakultas Teknik, Departemen Teknik Sipil, Kekhususan Manajemen Kontruksi.
6. Ayahku Azhar Cikdin dan Ibuku Sri Udiyati, kedua orang tuaku yang sangat kucintai yang selalu memberikan dukungan moral, semangat dan doa-nya Terimakasih.
7. Kedua adikku Septia Ayu Hariningtiyas dan Martha ZulfiHardini Terimakasih
8. Kartika Yomy Putri many thanks for you, Im so lucky having you,muff.
9. Keluarga besar dan saudara-saudara yang selalu membantu dalam mendoakan.

10. Ir. Djati Samoedra, Ir. Frangkie , Ir Rifki (Indonakano) selaku atasan saya yang selalu memberikan saya waktu yang lebih dan data-data untuk tesis saya.
11. Teman-teman MKUI 2008 Darma Hendra, Mba Tika, Mas Riza, Pak Wawan, Pak Fajar, Bang Renan, Pak Teguh. semua teman-teman angkatan 2008 Ganjil dan Genap. yang saya tidak bisa sebutkan satu-persatu. Terimakasih, Senang bertemu dengan kalian semua.
12. Aspire one-ku, Team IT-ku Erik.ST, Rangga.ST, Pak othe yang sangat membantu sekali dalam penyelesaian program prototype saya. Terimakasih. 'tidak ada yang tidak mungkin didunia ini.' Google, Ebook, Jurnal AACE, dll. Terimakasih.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 3 Januari 2011

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Julian Bagus Hariawan  
NPM : 0806423684  
Program Studi : Teknik Sipil  
Departemen : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“ *Pemodelan Estimasi Konseptual Pada Proyek Kontruksi Bangunan Pabrik dengan Teknik Jaringan Saraf Tiruan* ”.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 3 Januari 2010

Yang menyatakan

  
(Julian Bagus Hariawan)

## ABSTRAK

Nama : Julian Bagus Hariawan  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul : Pemodelan Estimasi Biaya konseptual Pada Proyek  
Kontruksi Bangunan Pabrik Dengan Teknik Jaringan  
Saraf Tiruan

Salah satu hal penting dalam manajemen proyek konstruksi adalah tahap estimasi awal (*conceptual*). Menurut AACE tahap konseptual dibuat dengan keterbatasan informasi pada lingkup proyek, belum masuk dalam tahap desain dan engineering. Menurut AACE akurasi tahap konseptual berada pada rentang -20% sampai +30% dari biaya proyek sebenarnya. Teknik jaringan saraf tiruan merupakan salah satu cabang dari *Artificial Intelegence* yang berguna memecahkan masalah dengan meniru cara kerja otak manusia. Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan teknik JST dalam memodelkan estimasi biaya konseptual proyek konstruksi bangunan pabrik. Model estimasi biaya berbasis JST kemudian dikembangkan ke dalam sistem prototype yang mampu mengestimasi biaya konseptual konstruksi bangunan pabrik dengan waktu yang relative singkat dan akurat.

**Kata Kunci:** Jaringan Saraf Tiruan, *Artificial Intelegence*, Estimasi Biaya Konseptual, Konstruksi Bangunan Pabrik.

## ABSTRACT

Name : Julian Bagus Hariawan  
Study Program : Civil Engineering  
Title : Cost Estimation Modeling Conceptual On Factory  
Building Construction Projects With Artificial Neural  
Networks Technique.

One of the important things in construction project management is the stage of initial estimates (*conceptual*). AACE in the conceptual stage is made with limited information on the scope of the project and has not entered into the stage of design and engineering. The conceptual stage by AACE as accuracy in the estimation of conceptual expected to be in the range -20% to +30% of actual project costs. Artificial Neural Network (ANN) is onebranch of Artificial Intelligence which is useful in terms of solving problems by Artificial Intelligence which is useful in terms mimicking the workings of the human brain. This study will explore the use of ANN techniques in modeling the estimated cost of plant construction project conceptually. ANN-based cost estimation model and then developed into a prototype system that is able to estimate the cost of conceptual of factory building with a relatively short time and accurate.

**Keywords:** *Artificial Neural Networks Artificial, Intelligence, Conceptual Cost Estimates, Construction of Factory Building.*



## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.2.1 Deskripsi masalah.....	4
1.2.2 Signifikansi Masalah.....	5
1.3 Rumusan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Batasan Penelitian.....	6
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
1.7 Keaslian Penelitian.....	7
1.8 Sistematika Penulisan.....	11
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>13</b>
2.1 Pendahuluan.....	13
2.2 Estimasi Biaya dan Akurasi Biaya Proyek.....	14
2.2.1 Estimasi Biaya Proyek.....	14
2.2.2 Akurasi Estimasi Biaya.....	15
2.3 Definisi Estimasi Biaya tahap konseptual.....	19
2.3.1 Karakteristik estimasi biaya tahap konseptual.....	20
2.3.2 Proses estimasi biaya kontruksi tahap konseptual.....	22
2.3.3 Kualitas Input Estimasi Biaya Kontruksi Tahap Konseptual.....	24
2.3.4 Output Estimasi Biaya Kontruksi Tahap Konseptual.....	32
2.3.5 Penilaian Kualitas Estimasi Biaya Tahap Konseptual.....	33
2.4 Pabrik.....	34
2.4.1 Definisi Pabrik.....	34
2.4.2 Perencanaan Tata Letak Pabrik.....	41
2.4.2.1 Ruang Lingkup Perencanaan Fasilitas.....	41
2.4.2.2 Lokasi Pabrik.....	42
2.4.2.3 Tata Letak Pabrik.....	47
2.4.2.4 Tata Letak Alat Proses.....	50
2.4.3 Uji Kelayakan Ekonomi.....	52
2.4.3.1 Kawasan Industri di Wilayah Sekitar Jakarta.....	53
2.4.4 Struktur Estimasi Biaya.....	56
2.5 Estimasi dengan Nilai Rentang.....	57
2.5.1 Estimasi Biaya dengan Teknik Tradisional (Parametrik).....	58
2.5.2 Estimasi Biaya dengan Teknik Probabilistik.....	59
2.6 Artificial Intelegence.....	61
2.7 Artificial Neural Network.....	62
2.7.1 Definisi ANN.....	62
2.7.2 Konsep Dasar Model Neuron.....	66

2.7.3	Arsitektur Jaringan Neural Network .....	70
2.7.4	Fungsi Transfer ANN.....	74
2.7.5	Proses Pembelajaran Algoritma ANN .....	77
2.7.5.1	Pengembangan ANN .....	79
2.7.5.2	Estimasi Biaya Proyek dengan Metode ANN.....	81
2.7.6	Algoritma BackPropagation.....	83
2.7.7	Prosedur Pembelajaran Algoritma Backpropagation.....	85
2.7.8	Pengembangan ANN dengan Pelatihan BP .....	90
2.7.9	Evaluasi Kinerja Model ANN.....	92
2.7.10	Kerangka Pikiran dan Hipotesa .....	93
2.7.11	Hipotesa Penelitian .....	95
<b>3.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>96</b>
3.1	Pendahuluan .....	96
3.2	Pemilihan Strategi Penelitian .....	96
3.3	Proses Penelitian .....	98
3.4	Variabel Penelitian .....	101
3.4.1	Instrument Penelitian .....	103
3.5	Pengumpulan Data .....	103
3.6	Metode Analisis .....	110
3.7	Kesimpulan .....	111
<b>4.</b>	<b>ANALISA DATA .....</b>	<b>113</b>
4.1	Pengumpulan Data .....	113
4.2	Pemodelan ANN .....	114
<b>5.</b>	<b>SISTEM PROTOTYPE ANN .....</b>	<b>122</b>
5.1	Prototype Estimasi Biaya Konseptual.....	122
5.2	Pengembangan Prototype Estimasi Biaya Konseptual .....	124
5.3	Kinerja Prototype .....	131
5.4	Tingkat Sensitivitas Sistem Prototype Estimasi Biaya Konseptual .....	132
<b>6.</b>	<b>TEMUAN DAN BAHASAN .....</b>	<b>137</b>
6.1	Perbandingan Sistem Prototype dengan Analisa Regresi SPSS 17.0 .....	138
<b>7.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>141</b>
7.1	Kesimpulan .....	141
7.2	Saran.....	143
	<b>DAFTAR ACUAN .....</b>	<b>144</b>
	<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>147</b>

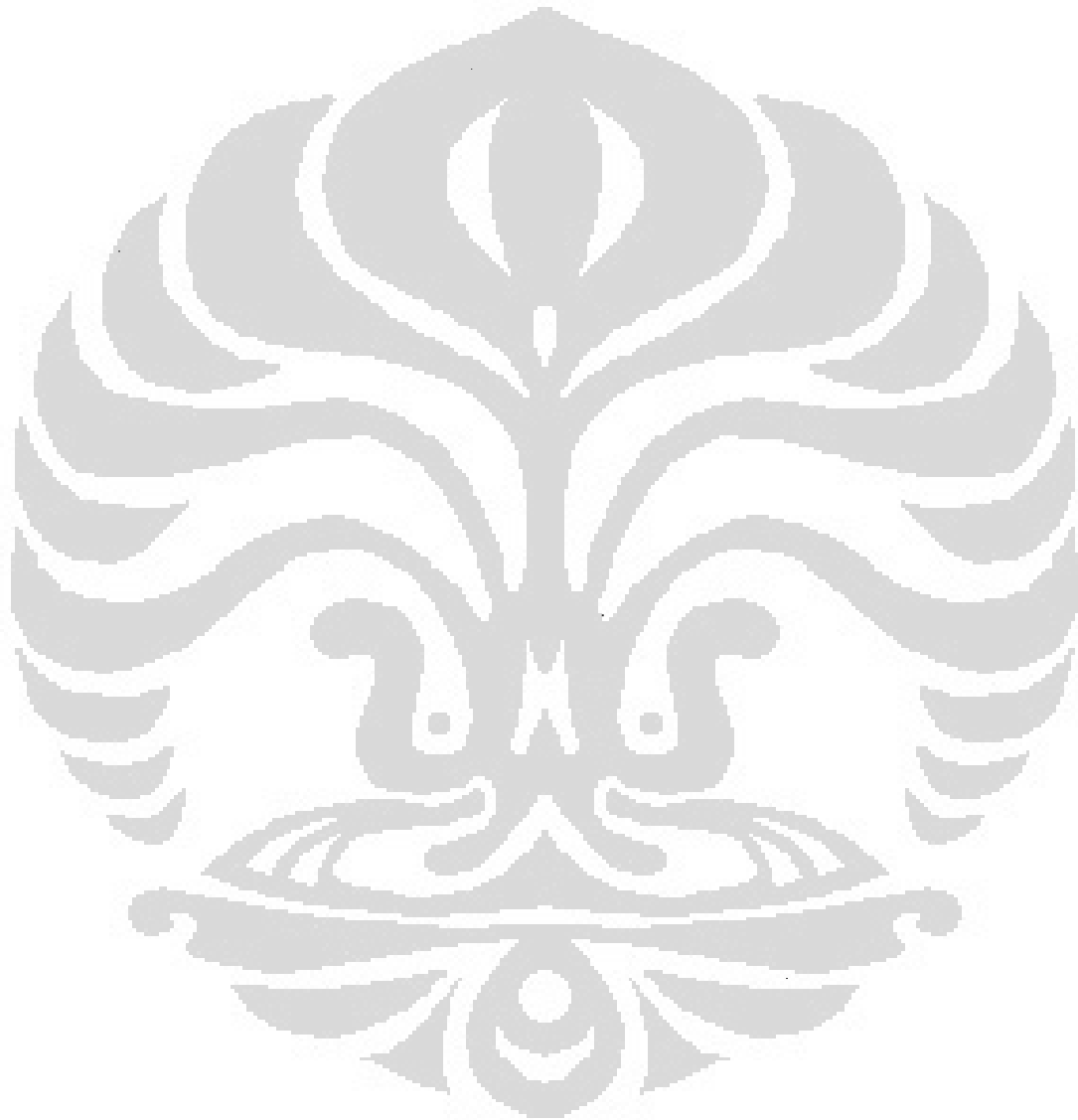
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Matriks Klasifikasi Estimasi AACE .....	17
Tabel 2.2	Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keakuratan Estimasi Biaya .....	33
Tabel 2.3	Analogi Jaringan Saraf Biologis ANN.....	64
Tabel 2.4	Penelitian Estimasi Proyek Dengan ANN dan Algorithma BP.....	82
Tabel 3.1	Strategi/Metode Penelitian Untuk Masing-Masing Situasi..	97
Tabel 3.2	Variabel Terikat dan Variable Bebas .....	102
Tabel 3.3	Format Validasi Pakar.....	105
Tabel 3.4	Format Pengumpulan Data Responden.....	109
Tabel 4.1	Rekapitulasi Data Variabel Penelitian .....	113
Tabel 4.2	Definisi Data Variabel.....	116
Tabel 4.3	Data Penelitian Yang Sudah Dinormalisasi ( <i>Squashing</i> ).....	116
Tabel 4.4	Definisi Nilai Untuk Data Kategori .....	117
Tabel 4.5	Parameter Pelatihan ANN .....	118
Tabel 4.6	Rekapitulasi Hasil Simulasi Pemodelan ANN oleh Matlab 7.8.....	121
Tabel 5.1	Pengaruh Tahun Pembangunan Terhadap Estimasi Biaya...	133
Tabel 5.2	Pengaruh Luas Bangunan Terhadap Estimasi Biaya .....	134
Tabel 5.3	Pengaruh Tinggi Bangunan Terhadap Estimasi Biaya.....	135
Tabel 5.4	Pengaruh Finishing Atap Bangunan Terhadap Estimasi Biaya .....	136
Tabel 6.1	Tabel Nilai Keluaran Model Prototype ANN (Data Testing)	137
Tabel 6.2	Hasil Analisa Regresi Keluaran SPSS 17.0 .....	138
Tabel 6.3	Nilai Koefisien Keluaran SPSS 17.0.....	139
Tabel 6.4	Perbandingan Nilai Estimasi Keluaran Model SPSS 17.0 dan Prototype Conceptual Cost Estimator ANN.....	140
Tabel 7.1	Rekapitulasi Factor-Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Estimasi Biaya Kontruksi Bangunan Pabrik.....	141
Tabel 7.2	Rekapitulasi Arsitektur Prototype ANN .....	142

## DAFTAR GAMBAR

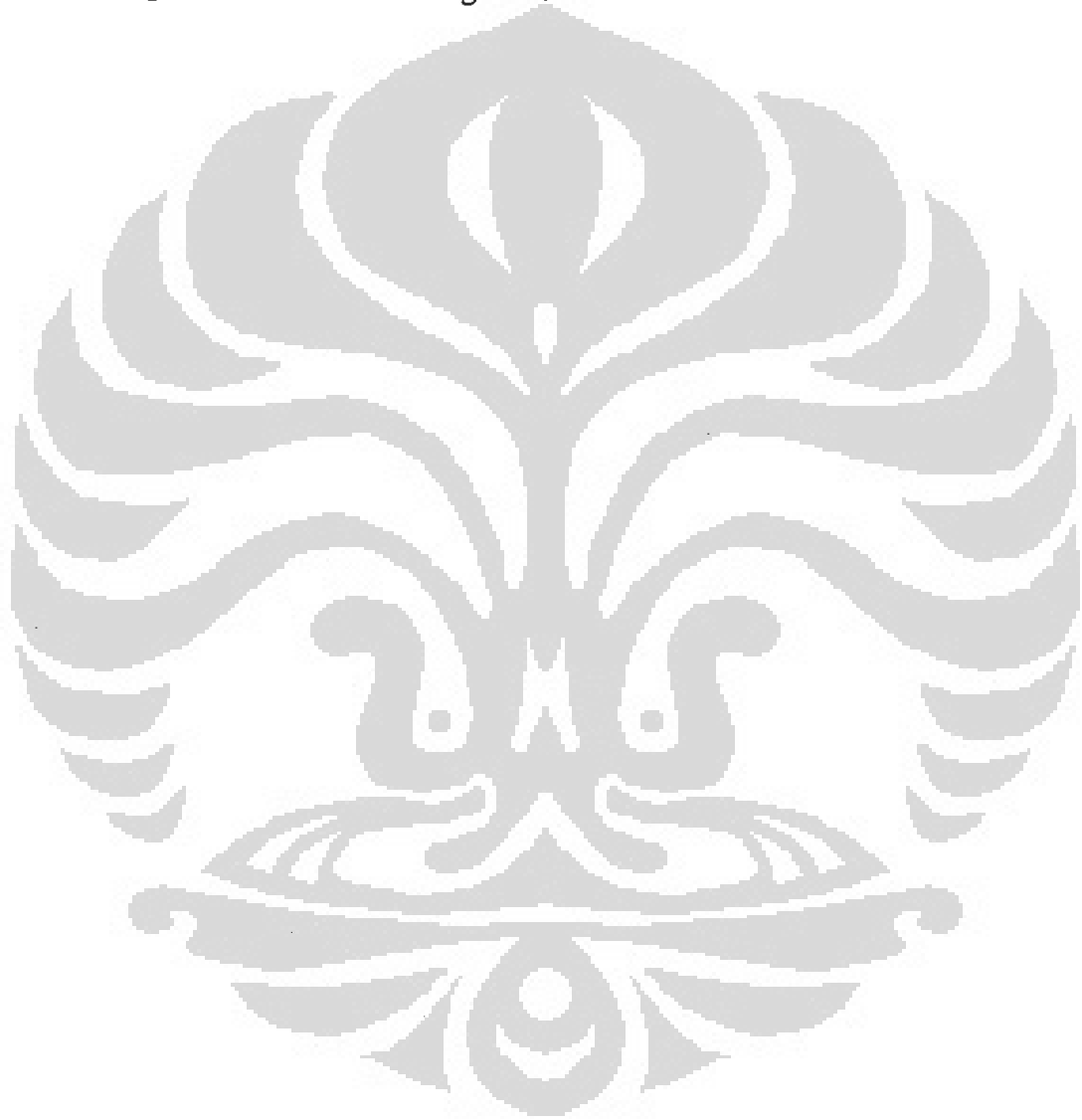
Gambar 2.1.	Peningkatan Akurasi Estimasi Menurut AACE Sesuai Tingkatan .....	19
Gambar 2.2.	Alur Proses Estimasi Biaya Tahap Awal .....	23
Gambar 2.3.	Alur Proses Estimasi Biaya Tahap Awal .....	25
Gambar 2.4.	Elemen Yang Diperlukan Pada Proses Estimasi Biaya Konseptual .....	31
Gambar 2.5.	Bentuk Sederhana Bangunan Pabrik.....	37
Gambar 2.6.	Single-Bay frame .....	37
Gambar 2.7.	Ruang Lingkup Perencanaan Pabrik .....	44
Gambar 2.8.	Perencanaan Tata-Letak Pabrik.....	48
Gambar 2.9.	Survei Property Komersial Tri-wulan I -2009 .....	55
Gambar 2.10.	Struktur Unit Jaringan Saraf Tiruan.....	68
Gambar 2.11.	Model Neuron MCP Dengan Unit Terbobot.....	68
Gambar 2.12.	Perceptron .....	69
Gambar 2.13.	Model Mathematics Sebuah Neuron Dasar.....	71
Gambar 2.14.	Model ANN Dengan Beberapa Layer.....	72
Gambar 2.15.	Feedback (Recurrent) Network.....	72
Gambar 2.16.	Arsitektur Single Layer Feedforward Network.....	73
Gambar 2.17.	Arsitektur Multilayer Network.....	74
Gambar 2.18.	Arsitektur Recurrent Network.....	74
Gambar 2.19.	Fungsi Transfer Linear.....	75
Gambar 2.20.	Fungsi Transfer Hard-Limit .....	75
Gambar 2.21.	Fungsi Transfer Log-Sigmoid.....	75
Gambar 2.22.	Fungsi Hyperbolic Tangent-Sigmoid.....	76
Gambar 2.23.	Fungsi Transfer Berbasis Radial.....	76
Gambar 2.24.	Matriks Bobot Pada Neural Network.....	78
Gambar 2.25.	Diagram Alur Pengembangan Dari Neural Network.....	79
Gambar 2.26.	Ilustrasi Underfitting Dan Over Fitting Pada Saat Pelatihan-An epoch.....	92
Gambar 2.27.	Alur Pikiran Penulisan.....	94
Gambar 3.1.	Diagram Alur Analysis Dan Pemodelan ANN.....	99
Gambar 4.1.	Arsitektur ANN Dalam Model Prototype .....	115
Gambar 4.2.	Kinerja Model ANN Terhadap Data Pelatihan .....	119
Gambar 4.3.	Nilai R Antara Actual dan Estimasi .....	120
Gambar 4.4.	Perbandingan Data Actual Dan Estimasi Keluaran Matlab .....	120
Gambar 5.1.	Windows Input Data Training Prototype Cost Estimator ....	126
Gambar 5.2.	Tampilan Windows Customize ANN Pada Prototype.....	127
Gambar 5.3.	Penentuan Nilai Alpha, Tingkat Error Dan Learning Rate..	128
Gambar 5.4.	Windows Input Data Training Pada Prototype .....	128
Gambar 5.5.	Tampilan Training Data Pada Prototype.....	129
Gambar 5.6.	Windows Hasil Training Data Testing.....	129
Gambar 5.7.	Windows Running New Data Pada Prototype.....	130
Gambar 5.8.	Perbandingan Data Actual Dengan Data Estimasi.....	131

Gambar 5.9. Pengaruh Tahun Pembangunan Dan Lokasi Proyek.....	132
Gambar 5.10. Pengaruh Luas Bangunan Terhadap Estimasi Biaya Konstruksi.....	133
Gambar 5.11. Pengaruh Tinggi Bangunan Pabrik Terhadap Estimasi Biaya.....	134
Gambar 5.12. Pengaruh Finishing Atap Pabrik Terhadap Estimasi Biaya.....	135



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kuisisioner Tahap 1
- Lampiran 2 Kuisisioner Tahap 2
- Lampiran 3 Data Proyek
- Lampiran 4 Source Code Dengan Program Matlab versi 7.0
- Lampiran 5 Source Code Prototype Dengan Bahasa Pemrograman C
- Lampiran 6 Risalah Sidang Tesis



# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pada perkembangan pembangunan proyek konstruksi akhir-akhir ini banyak bermunculan berbagai type proyek konstruksi. Type proyek konstruksi yang termasuk bangunan komersial antara lain kompleks perumahan, apartemen, bangunan perkantoran, pusat perbelanjaan, plaza, kompleks ruko/rukan, perhotelan. Bangunan fasilitas umum seperti gedung sekolah, universitas, rumah sakit, gedung pemerintahan, sarana rekreasi dan terminal. Adapun yang termasuk type bangunan industri seperti pabrik dan gudang. Pembangunan menurut type proyek konstruksi tersebut membutuhkan keahlian, pengetahuan dan pengalaman baik bagi perencana, manajer konstruksi maupun kontraktor. Salah satu hal penting yang harus dilakukan pada tahap awal merencanakan suatu proyek adalah memperkirakan besarnya biaya yang akan dibutuhkan untuk merealisasikan proyek tersebut. Akurasi estimasi akan bergantung kepada informasi yang tersedia pada waktu melakukan estimasi tersebut.

Estimasi biaya awal proyek merupakan salah satu tahapan yang paling penting dalam manajemen proyek konstruksi. Berhasil atau tidaknya sebuah proyek konstruksi sangat tergantung pada keakurasian estimasi yang dilakukan sepanjang proyek mulai dari konseptual sampai estimasi kelayakan dan estimasi detail atau *bid estimates*. Menurut Trost dan Oberlender (2002) [1] estimasi awal menjadi suatu hal yang kritis karena pada tahap ini terdapat proses pengambilan keputusan untuk proyek-proyek konstruksi terutama untuk menentukan apakah proyek akan berlanjut terus atau tidak. Karenanya kualitas manajemen proyek sangat ditentukan oleh tingkat akurasi estimasi biaya konstruksi Adeli dan Wu (1998) [2]. Estimasi yang tidak akurat tidak hanya mengakibatkan hilangnya kesempatan, tetapi juga menyebabkan upaya pengembangan yang terbuang percuma dan hasil yang lebih rendah dari yang diharapkan Oberlender dan Trost (2001).

Menurut Wideman R.M. (1995) [3] Estimasi tahap konseptual adalah tahapan pertama dari suatu proyek dimana kebutuhan proyek mulai dijelaskan,

dan munculnya alternatif-alternatif, target dan sasaran proyek yang akan dibangun, dan sumber dana yang sudah teridentifikasi. Estimasi biaya awal proyek atau tahap konseptual dibuat sebelum adanya gambar rencana dengan kata lain informasi yang didapat masih sangat minim oleh karena itu baik tingkat keakuratan dan ketepatannya pun masih sangat minim.

McCulloch dan Pitts pada tahun 1948, telah menemukan suatu metode yaitu metode *Artificial Neural Networks* atau biasa disebut dengan sistem jaringan saraf tiruan yang telah berkembang pesat dan telah digunakan pada berbagai aplikasi. Jaringan saraf tiruan merupakan salah satu sistem pemrosesan informasi yang didesain dengan menirukan cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan suatu masalah dengan melakukan proses belajar melalui perubahan bobot sinapsisnya. Jaringan saraf tiruan mampu melakukan pengenalan kegiatan berbasis data masa lalu. Data masa lalu akan dipelajari oleh jaringan saraf tiruan (*Artificial Neural Networks*) sehingga mempunyai kemampuan untuk memberikan keputusan terhadap data yang belum pernah dipelajari.

Beberapa peneliti manajemen konstruksi telah banyak menggunakan teknik jaringan saraf tiruan (*Artificial Neural Network*) ini kedalam lingkungan proyek. Beberapa peneliti bahkan menyebutkan hubungan antara penggunaan teknik ANN dengan akurasi estimasi biaya dapat memperlihatkan kinerja yang lebih baik dari pada cara-cara tradisional. Salah satu penelitian sebelumnya yaitu dengan mengestimasi biaya awal bangunan gedung hanya dengan memperhitungkan biaya pekerjaan struktur dengan menggunakan parameter luas lantai dan jumlah lantai (Dony Riswan dan Muhamad Abduh, 2006), Sementara itu, Fortune C dan Lees, M (1994) [4] menyebutkan bahwa sebagian besar estimasi biaya pada tahap awal hanya mempertimbangkan komponen fisik bangunan dan ia menyarankan agar *output* dari estimasi merupakan biaya pembangunan proyek secara menyeluruh. Graza dan Rouhana (1995) [5] menyatakan pemodelan biaya dengan menggunakan teknik ANN menghasilkan akurasi lebih baik dimana rata-rata kesalahannya lebih kecil dari *multiple regresion*. Gwang e.al (2004) [6] menguji berbagai metode dalam pemodelan estimasi biaya tahap awal konstruksi bangunan gedung dan menyimpulkan metode ANN dapat menghasilkan akurasi



prediksi terbaik dibandingkan dengan *multiple regression analysis* dan *case based reasoning*.

Saat ini di Indonesia baru tersedia pedoman teknis dalam menentukan estimasi biaya awal proyek hanya untuk kontruksi bangunan gedung serta rumah Negara. Pedoman tersebut berupa Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.45/2007 yang mengatur secara teknis bagaimana menghitung estimasi biaya kontruksi bangunan gedung serta rumah negara pada tahap konseptual melalui parameter-parameter seperti lokasi, kelas bangunan, luas lantai dan jumlah lantai. Pedoman teknis dalam menentukan estimasi biaya konseptual untuk proyek kontruksi pabrik saat ini di Indonesia belum tersedia, sedangkan metode dan teknik-teknik yang digunakan dalam estimasi biaya konseptual semakin berkembang dimana masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan. Adapun tujuan penulisan ini penulis bermaksud mencoba menyelesaikan kesulitan-kesulitan yang biasa ditemukan pada tahap konseptual yang umumnya disebabkan oleh kekurangan sejumlah informasi di awal, kekurangan basis data dari proyek sebelumnya, metode yang pernah dipakai sebelumnya dan sejumlah ketidakpastian dari proyek-proyek sebelumnya yang se-type dengan menggunakan metode *Artificial Neural Network* (ANN) pada suatu proyek kontruksi bangunan pabrik. Dalam hal ini penulis juga mencoba membandingkan hasil dari metode ANN dengan metode yang lain dalam hal ini dengan membandingkan dengan metode analisis regresi. Dengan adanya perbandingan ini diharapkan dapat menghasilkan peramalan relatif yang lebih akurat dan lebih efisien yang pada akhirnya bermanfaat sebagai acuan dalam menentukan parameter-parameter estimasi biaya pada tahap konseptual yang berpengaruh terhadap biaya proyek. Menurut Phaobunjong, K., dan Popescu, C.M, (2002) [7] parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian tahap konseptual haruslah memiliki sifat-sifat yang bersifat mudah untuk dikuantifikasi nilainya dan ketersediaan parameter tersebut pada tahap awal. Untuk itu dengan banyaknya parameter-parameter yg dapat diidentifikasi sewaktu awal estimasi diharapkan dapat membantu meningkatkan tingkat akurasi estimasi biaya awal suatu proyek kontruksi pabrik yang mana merupakan suatu langkah awal suksesnya suatu proses estimasi pada proyek pabrik itu sendiri nantinya.

## 1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah adalah untuk membatasi masalah penelitian yang telah ditetapkan. Perumusan masalah juga merupakan inti dari suatu penelitian. Berdasarkan uraian latar belakang dari penelitian ini, maka perlu dilakukan deskripsi dan signifikansi masalah penelitian yang akan dilakukan, sehingga akan mendapatkan suatu rumusan masalah yang akan dijawab dari penelitian ini.

### 1.2.1 Deskripsi Masalah

Salah satu hal penting dalam manajemen proyek konstruksi adalah tahap estimasi awal (*conceptual*), dimana estimasi biaya pada tahap awal yang efisien dan lebih akurat merupakan langkah awal dari sukses tidaknya suatu proyek. Pada tahap ini estimasi belum dibuat secara detail. Dimana menurut AACE pada tahapan konseptual ini dibuat dengan keterbatasan informasi pada lingkup proyek dan belum masuk kedalam tahap desain dan engineering. Adapun menurut AACE tahap konseptual dimulai dari kelas 5 sampai kelas 3. Pada kelas 3 menurut AACE tingkat akurasi diharapkan berada dalam rentang -20% sampai +30% dari biaya proyek sebenarnya. Maka dari itu sangatlah diperlukan dilakukan pengembangan-pengembangan metode estimasi biaya pada tahap konseptual. Tujuannya adalah tidak lain agar tidak terjadi perbedaan yang terlalu besar antara estimasi biaya konseptual dengan biaya proyek nantinya atau dengan kata lain dapat meningkatkan tingkat akurasi dari estimasi tahap konseptual.

Ada beberapa metode tradisional dalam mengestimasi diantaranya metode analogi, metode unit dan metode parametric dengan menggunakan regresi ataupun menggabungkan keduanya. Dalam pengembangannya ternyata metode-metode tersebut masih mempunyai kekurangan dalam hal kebutuhan pengembangan dalam bentuk matematik seperti menentukan fungsi biaya yang cocok dengan data historis yang tersedia. Kesulitan lainnya adalah ketidakcocokan dalam menjelaskan variable-variabel dari proyek itu sendiri dan interaksi diantara variable-variabel tersebut. Menurut Hardle (1990) Ada dua pendekatan di dalam analisa untuk kurva regresi yaitu dengan pendekatan metode parametrik dan pendekatan metode non-parametric. Dalam hal ini metode parametrik yang

digunakan berfungsi untuk mengestimasi pola hubungan antara variable-variable *Artificial Neural Network (ANN)*.

### 1.2.2 Signifikansi Masalah

Walaupun, banyak penelitian telah membuktikan hubungan yang erat antara biaya dengan parameter-parameter pembangunan suatu proyek konstruksi (seperti: luas lantai dan jumlah lantai), tetapi parameter-parameter tersebut hanya merepresentasikan ukuran fisik dari proyek (*scale of the project*) saja. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan efisiensi proyek-proyek konstruksi bangunan lainnya, dalam hal ini proyek bangunan pabrik. Perlu juga menghitung parameter-parameter desain yang berkaitan dengan efisiensi suatu proyek bangunan pabrik. Parameter-parameter lain yang secara signifikan juga memiliki korelasi yang erat terhadap biaya juga diperhitungkan seperti: bentuk bangunan pabrik, type finishing atap pabrik, type finishing lantai pabrik, type material dinding, dll). Penelitian tesis ini secara khusus hanya meninjau parameter-parameter yang memiliki korelasi erat terhadap biaya konseptual suatu proyek bangunan pabrik. Dalam hal ini biaya yang dimaksud adalah biaya total kontrak proyek fisik konstruksi (biaya bangunan).

### 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain :

- a. Faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap biaya pembangunan konstruksi pabrik?
- b. Bagaimana membuat suatu model berdasarkan factor-faktor yang berpengaruh terhadap biaya pembangunan konstruksi pabrik dengan menggunakan metode ANN dalam rangka meningkatkan akurasi estimasi biaya konseptual?

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

- a. Mengidentifikasi factor-faktor yang berpengaruh terhadap biaya pembangunan konstruksi bangunan pabrik.
- b. Membuat model estimasi biaya konstruksi pada tahap konseptual dengan metode ANN.

#### 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah di dalam penelitian yang dilakukan ini adalah pada hal-hal berikut :

- a. Sample penelitian difokuskan pada proyek-proyek pabrik manufaktur se-jabodetabek.
- b. Jenis proyek konstruksi pabrik yang dimaksud adalah jenis pabrik manufaktur atau pabrik perakitan.
- c. Adapun yang dimaksud parameter biaya konseptual konstruksi disini adalah parameter-parameter biaya dari bentuk fisik bangunan (Total biaya konstruksi bangunan diluar biaya pembebasan lahan, perhitungan harga tanah, pajak, pemeliharaan, perbaikan gedung dan finansial lainnya, dll).
- d. Sample penelitian ini adalah bernilai diatas Rp.1.000.000.000-Rp.50.000.000.000.

#### 1.6 Manfaat Penelitian

Sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian, adapun manfaat penelitian ini untuk memberikan kontribusi antara lain :

- a. Kepada diri penulis secara pribadi.
- b. Survey dan penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran pembelajaran terhadap pihak akademis tentang aplikasi pemakaian teknik jaringan saraf tiruan/ *Artificial Neural Network* (ANN) terhadap estimasi biaya awal dan dapat memberikan gambaran parameter-parameter apa sajakah yang berhubungan erat dengan biaya pada tahap estimasi awal pada proyek pabrik yang dapat meningkatkan performance dari estimasi biaya awal.

- c. Memberikan pemahaman kepada pihak kontraktor, owner maupun konsultan bahwa penerapan metode pemodelan biaya dengan menggunakan teknik ANN dapat menghasilkan akurasi lebih baik dimana rata-rata kesalahannya lebih kecil dibanding dengan metode tradisional lainnya, menghasilkan peramalan relatif yang lebih akurat dan lebih efisien yang pada akhirnya bermanfaat sebagai acuan dalam menentukan parameter-parameter estimasi biaya pada tahap konseptual yang merupakan langkah awal dari sukses suatu proses estimasi proyek itu sendiri.

### 1.7 Keaslian Penelitian

Adapun beberapa penelitian/tesis/journal yang terdahulu yang relevan dengan penelitian ini dan dapat dijadikan sebagai referensi, antara lain sebagai berikut :

- a. Sonmez, R. “ *Conceptual Cost Estimation of Building Projects with Regression Analysis and Neural Networks* “, Canadian Journal of Civil Engineering Vol.31, 677-683.

- Tujuan Penelitian :

Mengestimasi biaya konseptual dengan metode ANN dan multiple regression dengan model arsitektur ANN, 6 hidden layer dan 3 hidden layer untuk bangunan gedung health center. Sonmez dalam penelitiannya memasukkan parameter indeks waktu, lokasi, total luas bangunan, luas area pusat kesehatan dan umum, luas per unit, jumlah lantai dan luas parkir dengan output biaya total konstruksi bangunan gedung health center.

- Kesimpulan :

Baik ANN maupun analysis regresi menghasilkan prediksi estimasi yang akurat dan penggunaan simultan keduanya akan meningkatkan estimasi.

- b. Phaobunjong, K. (2002). “*Parametric Cost Estimating Model for Conceptual Estimating of Building Construction Projects* “, 2002

- Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini menjelaskan teori-teori yang berhubungan dengan estimasi biaya dan estimasi biaya pada tahap konseptual, penyusunan estimasi serta pemodelan estimasi biaya konseptual dengan metode parametric.

- Kesimpulan

Dalam model estimasi biaya yang dikembangkan bahwa parameter seperti jumlah lantai dan rasio penggunaan bangunan merupakan variable yang signifikan dalam membentuk pemodelan biaya konstruksi bangunan dalam dollar per square foot. Rasio penggunaan bangunan diidentifikasi merupakan predictor yang paling berpengaruh dalam estimasi biaya satuan bangunan. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa 72% dari data proyek menunjukkan deviasi biaya kurang dari 20% dan deviasi biaya lebih besar dari 40% dari actual data muncul sebanyak 7%.

- c. Dony Riswan dan Muhamad Abduh. "Pengembangan Model Estimasi Biaya Parameter Pada Proyek Pembangunan Gedung Negara" Journal, International Civil Engineering Conference Towards Sustainable Civil Engineering Practice" Surabaya, 2006.

- Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menginvestigasi potensi penerapan parameter Rasio Fasilitas Gedung (RFG) dalam metoda estimasi biaya parameter, sehingga model estimasi biaya parameter pembangunan gedung yang lebih komprehensif dapat dikembangkan dan pada akhirnya dapat meningkatkan *performance* dari estimasi biaya awal.

- Kesimpulan

Proses estimasi dengan pendekatan total biaya jauh lebih baik dari pada menggunakan pendekatan biaya per satuan luas dalam memprediksi biaya pelaksanaan konstruksi (koefisien determinasi total biaya mencapai 95,45%). Berdasarkan data yang ada terdapat kecenderungan bahwa estimasi biaya tahap awal yang selama ini berlangsung berkaitan dengan model estimasi. Dalam hal ini yang diatur oleh Kepmen Kimpraswil No. 332/2002 dimana model memiliki akurasi sebesar 47,25% sampai dengan 83,04% terhadap biaya pelaksanaan. Model yang dikembangkan mampu memprediksi biaya dengan tingkat akurasi yang lebih baik, yaitu sebesar -4,58% sampai dengan 19,87%. Rasio fasilitas gedung (RFG) merupakan bentuk lain dari faktor  $y$  % yang dikenal dalam Kepmen Kimpraswil No. 332/2002. Artinya, secara implisit nilai ini sudah tersedia pada proses

estimasi biaya awal bangunan gedung negara tetapi belum digunakan sebagai parameter untuk estimasi biaya. RFG merupakan parameter yang cukup signifikan dalam mempengaruhi biaya, yakni rata-rata sebesar 9,21% terhadap biaya total. Penambahan ruang yang bukan fungsional (dapat menyebabkan penurunan dalam nilai RFG) hal ini dapat mengakibatkan percepatan penambahan biaya karena penambahan ruang bukan fungsional, seperti halnya juga menambah total luas lantai (TLL) dapat merubah nilai parameter RFG. Kedua parameter tersebut (TLL dan RFG) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap biaya. Model TB\_lg yang dikembangkan ini dapat memperbaiki tingkat akurasi estimasi biaya awal terhadap biaya pelaksanaan disamping kemudahan dalam proses penggunaannya.

- d. Kim, Seo, Kang (2005) Kim, G.H., Seo, D.S., and Kang K.I. (2005). “*Hybrid Models of Neural Networks and Genetic Algorithms for Predicting Preliminary Cost Estimates*”, *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, 208-211

- Tujuan Penelitian :

Mengestimasi biaya konseptual pada bangunan resident dengan memasukkan parameter total area lantai, jumlah tingkat, jumlah unit, durasi, tipe atap, tipe pondasi, tipe finishing dengan output biaya total konstruksi bangunan gedung. Kim membandingkan metode ANN Backpropagation dengan Hybrid model dan Algoritma Genetika.

- Kesimpulan :

Penggunaan Hybrid (ANN) dengan optimasi AG menghasilkan model dengan ketelitian terbaik. Baik ANN maupun analisis regresi menghasilkan prediksi estimasi yang akurat dan penggunaan simultan keduanya akan meningkatkan estimasi.

- e. Siqueira, I.(1999) “*Neural network Based Cost Estimating*”, *Thesis, Departement of Buiding, Civil, and Environmental Engineering, Concordia University, Montreal, Quebec, Canada*

- Tujuan Penelitian :

Mengestimasi biaya konseptual pada bangunan gedung bangunan bertingkat yang berstruktur baja. Siquiera memasukan input variable luas, tinggi span, beban vertical, parameter tinggi panel, beban lateral, tipe dinding, luas kanopi, panjang kanopi, jumlah pintu, jumlah jendela dan jumlah bukaan. Pada penelitian ini menggunakan Multiple Regression linear dan jenis Algoritma pembelajaran.

- Kesimpulan :

ANN menghasilkan prediksi lebih baik dari pada analisis regresi untuk biaya total.

- f. Paul Hugo Zachariasz, "*Rekomendasi Tindakan Koreksi Pada Pengendalian Biaya Peralatan Dengan Metode Hybrid Probabilistic Neural Network*" , Tesis, Program Pascasarjana Fakultas Teknik Sipil UI, Depok, 2004.

- Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan meningkatkan kualitas decision support system dengan cara menggunakan metode Hybrid Probabilistic Neural Network khususnya pada decision support system dalam pengendalian biaya peralatan.

- Kesimpulan

Kesimpulan umum yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

Pengembangan program DSS yang berbasis *Hybrid Probabilistic Neural Networks* ini berguna untuk membangun system pengendalian biaya peralatan pada proyek konstruksi, dengan pemahaman yang menyeluruh, cepat dan memiliki memory yang baik. Pada variable tindakan koreksi, analisa statistic probabilistic untuk menghasilkan kinerja biaya normal diperoleh dengan usaha 0.00 % -12,96 % dengan angka probabilitas keberhasilan sebesar 52,98% - 99,65%. Oleh karena itu metode ini dapat memecahkan masalah yang tidak berjalan linear pada pola hubungan dampak-penyebab dibandingkan metode-metode konvensional lainnya.



- g. Indra Cahya Kusuma “ *Estimasi Biaya Konseptual Pada Proyek Jalan Raya Dengan Artificial Neural Network Untuk Peningkatan Akurasi* ” , Tesis, Program Pascasarjana Fakultas Teknik Sipil UI, Depok, 2009.

- Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui factor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap biaya konstruksi jalan raya pada tahap konseptual

- Kesimpulan

Kesimpulan umum yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

Model ANN yang dibuat dengan 6 data input variable lingkup proyek yaitu tahun awal pelaksanaan, durasi bulan pekerjaan, panjang perkerasan, lebar perkerasan, tipe perkerasan dan tipe terrain mampu menstimasi data output berupa besaran nilai proyek yang dikerjakan dengan akurat. Hasil estimasi keluaran Matlab maupun system prototype mampu memperdiksi besaran biaya konstruksi dengan rata-rata tingkat kesalahan estimasi sebesar 9,66% dan 11,44%. AACE (1997) menyatakan bahwa pada tahap konseptual toleransi tingkat ketelitian estimasi berkisar antara -30% sampai +50% berdasarkan pedoman tersebut dapat dinyatakan bahwa model estimasi biaya konseptual yang dibuat dapat diterima.

## 1.8 Sistematika Penulisan

Penelitian disusun dengan sistematika sebagai berikut:

a. Bab 1 Pendahuluan

Berisi latar belakang yang mendasari penelitian; rumusan masalah yang didapatkan dari indentifikasi permasalahan serta tingkat signifikansinya; tujuan dan batasan penelitian terutama dalam menjawab rumusan masalah; manfaat penelitian serta keaslian penelitian yang dilakukan.

b. Bab 2 Tinjauan Pustaka

Berisi mengenai teori-teori yang berhubungan dengan topic penelitian, mencakup teori-teori mengenai penjelasan berbagai tipe estimasi biaya, proses penyusunan, akurasi dari estimasi pada tiap tahapan proyek, teori mengenai

mengenai tehnik ANN, penelitian sejenis serta aplikasi dan pengembangan model biaya berdasarkan ANN akan dijelaskan secara detail pada bab ini.

c. **Bab 3 Metodologi Penelitian**

Menjelaskan metode penelitian yang diambil sesuai dengan permasalahan penelitian serta rumusan masalah penelitian. Metodologi penelitian tersebut direncanakan agar penelitian terarah, sistematis dan dapat menjawab rumusan masalah sehingga tujuan penelitian tercapai.

d. **Bab 4 Pengembangan Model Estimasi Biaya Konseptual dengan Metode ANN**

Menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengembangan model estimasi biaya, serta tools yang akan digunakan.

e. **Bab 5 Pengembangan Sistem Prototype Estimasi Biaya Konseptual dengan Teknik Jaringan Saraf Tiruan.**

Mengembangkan system Prototype yang mampu mengestimasi biaya secara mudah bagi estimator termasuk penjelasan platform system yang digunakan.

f. **Bab 6 Temuan dan Pembahasan**

Menganalisis temuan-temuan dalam penelitian serta pembahasan sesuai teori, data maupun literatur

g. **Bab 7 Kesimpulan dan Saran**

Memberikan kesimpulan terhadap hasil penelitian untuk menjawab rumusan masalah serta saran sehubungan dengan penelitian lebih lanjut.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pendahuluan

Di era kemajuan teknologi pada masa sekarang ini penelitian menggunakan perangkat lunak computer berkembang sangat pesat. Dalam waktu kurang dari satu tahun berbagai penemuan dan penelitian teknologi AI (*Artificial Intelligence*) sudah banyak dilakukan oleh banyak peneliti. Salah satu penelitian yang sedang banyak dikembangkan oleh peneliti adalah system kerja jaringan saraf tiruan manusia (*Neural Network System*) yang muncul sebagai inspirasi untuk menyelesaikan berbagai masalah-masalah yang timbul. Dalam perkembangannya para ahli mencoba untuk menggantikan system otak manusia ke dalam system computer. Diharapkan kerja system computer yang lebih cepat, lebih teliti dan akurat bila dibandingkan kerja manusia hal itulah yang mendorong percepatan pengembangan pada teknologi AI (*Artificial Intelligence*).

Banyak metode sedang dikembangkan untuk mengestimasi biaya konseptual. Salah satunya adalah dengan teknik jaringan saraf tiruan atau *Artificial Neural Network/ ANN*. Sejak ditemukan pertama kali oleh McCulloch dan Pitts pada tahun 1948, ANN telah berkembang pesat dan telah digunakan pada banyak aplikasi. ANN telah dikembangkan sejak tahun 1940. ANN (*Artificial Neural Network*) merupakan salah satu sistem pemrosesan informasi yang didesain dengan menirukan cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan masalah estimasi awal biaya yang minim akan informasi dan data. Metode ANN ini mampu melakukan pengenalan kegiatan berbasis data proyek-proyek masa lalu yang se-type. Data base proyek masa lalu akan dipelajari oleh jaringan saraf tiruan sehingga mempunyai kemampuan untuk memberikan keputusan terhadap data yang belum pernah dipelajari. Keunggulan yang dimiliki ANN seperti kemampuan untuk belajar, komputasi paralel, kemampuan untuk memodelkan fungsi *nonlinier* dan sifat *fault tolerance* membuat metode ini sering dipakai dalam banyak penelitian. Teori yang menginspirasi lahirnya sistem jaringan saraf muncul dari bermacam disiplin ilmu : terutama dari neuro science, teknik, dan ilmu komputer, juga dari psikologi, matematika, fisika, dan ilmu

bahasa. Ilmu-ilmu ini bekerja bersama untuk satu tujuan yaitu pengembangan sistem kecerdasan (Dayhoff, Judith.E. 1990).

Dalam bab 2 ini dijelaskan mengenai konsep dasar dan teori mengenai estimasi biaya konstruksi, tingkat akurasi sesuai tahapan proyek, estimasi biaya pada tahap konseptual, teori jaringan saraf tiruan/ ANN (*Artificial Neural Network*) dan tahapan pengembangan model ANN dalam mengestimasi biaya tahap konseptual pada proyek konstruksi pabrik.

## 2.2 Estimasi Biaya Dan Akurasi Biaya Proyek

### 2.2.1 Estimasi Biaya Proyek

Menurut AACE (*American Association of Cost Engineering*). Estimasi biaya merupakan area dari kegiatan engineering dimana pengalaman dan pertimbangan teknis dipakai dalam mengaplikasikan ilmu pengetahuan khususnya masalah perkiraan biaya dan pengendalian biaya (Imam Suharto, 1995) [8].

Menurut *National Estimating Society (USA)* "Estimasi Biaya adalah Seni memperkirakan (*The art of approximating*) kemungkinan jumlah biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan yang didasarkan atas informasi yang tersedia pada waktu itu". Sedangkan analisa biaya adalah pekerjaan yang menyangkut pengkajian biaya kegiatan-kegiatan proyek terdahulu yang akan dipakai sebagai bahan untuk menyusun biaya.

Menurut Barrie dan Paulson, (1992) [9] keakuratan estimasi biaya konseptual tergantung pada keahlian dan pengalaman estimator dalam menganalisa rencana proyek yang minim akan informasi dan data. Pengambilan keputusan di tahap awal suatu proyek konstruksi memiliki pengaruh yang besar terhadap kinerja proyek selanjutnya. Sedangkan Menurut Pratt, (1995) fungsi dari estimasi biaya dalam industri konstruksi adalah:

- a. Untuk melihat apakah perkiraan biaya konstruksi dapat terpenuhi dengan biaya yang ada.
- b. Untuk mengatur aliran dana ketika pelaksanaan konstruksi sedang berjalan
- c. Untuk kompetensi pada saat proses penawaran. Estimasi biaya berdasarkan spesifikasi dan gambar kerja yang disiapkan owner harus menjamin bahwa

pekerjaan akan terlaksana dengan tepat dan kontraktor dapat menerima keuntungan yang layak

Menurut Dysert (2005) [10] estimasi biaya merupakan prediksi biaya-biaya yang mungkin terjadi dari suatu proyek dengan ruang lingkup yang sudah diberikan dan didokumentasikan, di mana proyek harus diselesaikan pada lokasi yang telah ditentukan dan waktu yang ditetapkan. Tingkat akurasi dalam estimasi biaya merupakan hal yang penting terutama pada tahap awal estimasi. Tingkat akurasi merupakan suatu tingkatan dari pengukuran atau perhitungan yang bervariasi terhadap nilai aktual yang terjadi. Akurasi dari suatu estimasi merupakan suatu indikasi dari tingkatan dari perkiraan biaya terhadap realisasi biaya proyek yang dikeluarkan pada saat proyek selesai (Dysert, 2005).

### 2.2.2 Akurasi Estimasi Biaya

Pada tahap pra-rencana, seorang owner perlu mengetahui perkiraan biaya yang akan dikeluarkan untuk suatu proyek, sehingga owner mengetahui dana proyek yang dibutuhkan dan mempunyai gambaran nilai proyek sesuai dengan kualitas bangunan yang diinginkan. Tahapan estimasi yang dilakukan kontraktor berjalan sesuai dengan kualitas bangunan yang diinginkan. Tahapan estimasi yang dilakukan oleh kontraktor berjalan sesuai dengan proses perencanaan proyek, yaitu dimulai dengan tahapan konseptual, tahapan skematik, tahapan pengembangan desain dan tahapan tender (Gould, 1997) [11].

Tingkat akurasi di setiap tahapan estimasi suatu proyek menurut Gould (1997) :

#### a. Estimasi Tahap Konseptual

Tahapan dimana Owner/pemilik membutuhkan informasi biaya seawal mungkin pada suatu proyek, sehingga owner dapat mengambil keputusan untuk besar kecilnya proyek dan memperkirakan nilai proyek. Tahap konseptual dilakukan pada awal perencanaan berdasarkan pengalaman dan intuisi perencana, sehingga ketelitian estimasi ini hanya mencapai 20%.

#### b. Estimasi Skematik

Tahapan dimana proses perencanaan sudah mencapai 30%. Pada tahapan ini estimasi sudah mencapai finishing dasar. Estimasi dilakukan berdasarkan

keperluan dari kegunaan bangunan industri, misalnya jumlah lantai atau ruangan yang dibutuhkan dalam bangunan pabrik namun belum detail. Jadi tingkat ketelitian masih berkisar +/- 15%.

c. Estimasi Tahap Pengembangan Desain

Pada tahap estimasi ini dimana proses perencanaan sudah mencapai 60% dan perencanaan sudah lengkap beserta detail-detail yang ada, sehingga waktu yang diperlukan untuk melakukan estimasi pada tahap ini lebih banyak daripada tahap skematik. Estimasi pada tahap ini dilakukan berdasarkan semua detail yang ada sehingga tingkat ketelitiannya sudah mencapai +/- 10%.

d. Estimasi Tahapan Tender

Pada tahap ini semua item pekerjaan sudah tersedia sampai yang terkecil sudah diikutsertakan dan sudah detail, biasanya sudah menjadi *unit price* detail. Tingkat ketelitian pada tahap tender sudah mencapai 5% dari *final cost*-nya. Dalam tahapan ini kontraktor yang melakukan estimasi untuk kepentingan penawaran biaya proyek dalam proses tender.

Dengan demikian saat tahapan estimasi biaya konstruksi dilakukan, diharapkan dengan tersedianya data dan informasi yang memadai, faktor risiko dan ketidakpastian terkait dengan biaya konstruksi dapat diantisipasi lebih awal dan biaya realisasipun tidak jauh berbeda dengan apa yang telah diprediksikan, atau tingkat akurasi lebih tinggi. Sedangkan AACE mengklasifikasi tingkat keakuratan dalam setiap tahap estimasi sebagai berikut :

Tabel 2.1 Matriks Klasifikasi Estimasi AACE

Estimate Class	Primary Characteristic	Secondary Characteristic			
	Level of Project definition (Expressed as % of complete definition)	End Usage (Typical purpose of estimate)	Methodology (Typical estimating method)	Expected Accuracy Range (Typical low and high range)(a)	Preparation Effort (Typical of degree effort relative to least cost index)(b)
Class 5	0 % to 2 %	Concept screening	Capacity Factored, Parametric models, judgment or analogy,	L -20% to -50% H + 30% to + 100%	1
Class 4	1 % to 10%	Study or Feasibility	Equipment factor and parametric models	L -15% to -30% H +20% to +50%	2 to 4
Class 3	10% to 40%	Budget, Authoration or control	Semi-detailes unit cost with Assembly level line items	L -10% to -20% H +10% to +30%	3 to 10
Class 2	30% to 70%	Control or Bid tender	Detailes unit cost with forced detailed take off	L -5% to -15% H +5% to 20%	4 to 20
Class 1	50% to 100%	Check estimate or bid tender	Detailes unit cost with detailed take off	L -3% to -10% H +3% to +15%	5 to 100

Notes: [a] The state of process technology and availability of applicable reference cost data affect the range markedly. The +/- value represents typical percentage variation of actual costs from the cost estimate after application of contingency (typically at a 50% level of confidence) for given scope.

[b] If the range index value of "1" represents 0.005% of project costs, then an index value of 100 represents 0.5%. Estimate preparation effort is highly dependent upon the size of the project and the quality of estimating data and tools.

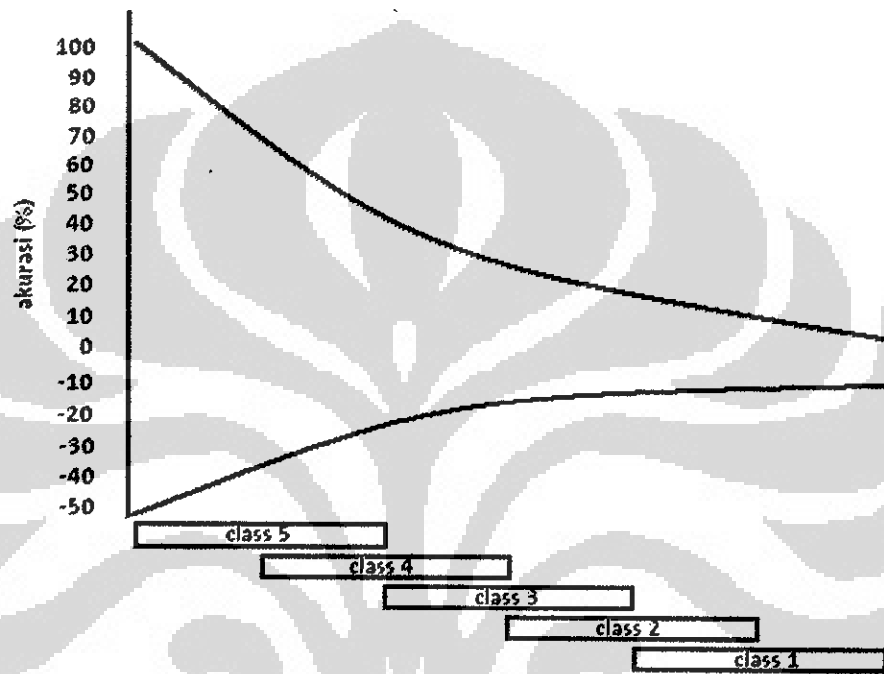
Sumber : AACE International Recommended Practice No.18R-97, *Cost Estimate Classification System*.

Menurut AACE akurasi dari suatu estimasi biaya akan semakin meningkat seiring dengan banyaknya informasi yang didapat dan detail proyek yang lebih lengkap, yaitu dari kelas 5 (tahap perencanaan, feasibility atau screening) menuju ke kelas 1 (tahap check estimate atau bid/tender) (Dysert. 2005). Dimana pada tahap 1 (class 5) tingkat akurasi menurut AACE range low berkisar -20% sampai -50%. Estimasi perkiraan biaya proyek yang dilakukan pada tahap ini dilakukan sebelum sejumlah informasi yang signifikan terkumpul dari detail desain dengan

lingkup pekerjaan yang masih belum lengkap. Adapun Estimasi biaya pada tahap konseptual ini akan menentukan suatu kelayakan proyek yang dituntut secara cepat dan akan menyaring beberapa desain alternative yang akan dipakai. Dasar perhitungan biaya/harga dari *conceptual estimate* berasal dari perhitungan detail proyek sebelumnya, (*data historical*) yang kemudian digabungkan menjadi paket-paket pekerjaan (*work packages*). Dalam hal ini tersedianya data base yang menyimpan data-data proyek sebelumnya berupa perhitungan biaya proyek, bentuk desain, dll akan banyak membantu didalam proses *conceptual estimate*. Estimasi biaya tahap konseptual juga merupakan *input* fundamental dari proses awal untuk membuat *decision making/keputusan* suatu proyek konstruksi. pada tahap Feasibility study (class 4) pada tahap ini tingkat akurasi mempunyai range low -15% sampai 30%. Tahap ini merupakan estimasi biaya tahap awal yang berupa hitungan kasar dan biasanya dilakukan pada saat sebelum proses adanya desain. Hasil dari perhitungan dari tahap *feasibility estimate* biasanya berupa nilai harga proyek biasanya pemilik proyek hanya mempertimbangkan perhitungan harga tanah, desain, pajak, pemeliharaan dan perbaikan gedung dan finansial lainnya. 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 mempunyai keahlian dan pengetahuan terhadap umur bangunan, prinsip-prinsip akuntansi, perpajakan, dan mengerti konsep 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. Pada tahap semi detailed estimated (class 3) menurut AACE mempunyai range low -10% sampai -20%. Pada tahap detail estimate (class 2) dalam tahap ini hal ini informasi yang didapatkan sudah lengkap menurut AACE mempunyai tingkat akurasi yang semakin meningkat tingkat ketidakakuratannya mencapai -5% sampai 15% dalam hal ini mengingat karena sudah banyak informasi yang sudah diperoleh. 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 tersendiri untuk memudahkan pemantauan proses pekerjaan (Stephen D. Schuette dan Roger W. Liska, 1998) [12].



Gambar 2.1 Peningkatan Akurasi Estimasi Menurut AACE Sesuai Tingkatan Definisi Proyek

Sumber: Dysert (2005)

### 2.3 Definisi Estimasi Biaya Tahap Konseptual

Estimasi konseptual adalah perkiraan awal mengenai nilai (*value*), jumlah (*amount*), ukuran (*size*), atau berat (*weight*). Dalam hal ini perkiraan estimasi awal ini hanya didasarkan pada beberapa data yang sangat minim atau hanya berdasarkan pengalaman proyek-proyek se-type yang sebelumnya. Estimasi konseptual pada suatu proyek konstruksi harus diperkirakan sebelum adanya estimasi yang lebih detail, untuk menetapkan besarnya kemungkinan biaya pada suatu proyek dan kelanjutan proyek tersebut. Kualitas suatu estimasi biaya proyek tergantung pada tersedianya data dan informasi, serta kecakapan dan pengalaman estimator. Tersedianya data dan informasi memegang peranan penting dalam hal

kualitas estimasi awal biaya proyek yang dihasilkan. estimasi biaya awal digunakan untuk studi kelayakan, alternatif disain yang mungkin, dan pemilihan desain yang optimal untuk sebuah proyek. Hal yang penting dalam pemilihan metode estimasi biaya awal haruslah akurat, mudah, dan tidak mahal dalam penggunaannya (Karshenas, S., Yousuf, Z.S, 1985) [13].

Menurut AACE pada tahapan konseptual ini dibuat dengan keterbatasan informasi pada lingkup proyek dan belum masuk kedalam tahap desain dan engineering. Adapun menurut AACE tahap konseptual dimulai dari kelas 5 sampai kelas 3 adapun akurasi dalam estimasi konseptual diharapkan berada dalam rentang -20% sampai +30% dari biaya proyek sebenarnya yang masuk dalam kelas 4. Menurut Schottlander, (2006) [14] estimasi biaya yang akurat dapat membuat perbedaan antara mendapatkan keuntungan atau kerugian pada suatu proyek. Pada tahapan pre-design atau penganggaran, estimasi yang akurat akan membantu dalam menentukan apakah proyek layak atau tidak untuk diteruskan. Menurut the *American Association of Cost Engineering* (AACE), estimasi biaya perlu dibedakan atau diklasifikasikan sesuai dengan tingkatan definisi proyek itu sendiri. Yang nanti pengklasifikasian itu bertujuan untuk:

- a. Berfungsi sebagai *guidelines* dan memudahkan kita dalam menyediakan dasar sebagai bahan perbandingan dan mengkorelasikan karakteristik utama yang umum dipakai dalam pengklasifikasian estimasi biaya tahap awal.
- b. Menggunakan tingkatan definisi proyek sebagai karakteristik primer (dominan) dalam mengkategorikan estimasi.
- c. Berfungsi meningkatkan komunikasi diantara seluruh stakeholder yang terlibat dalam proses persiapan, evaluasi, mencegah mis-interpretasi klasifikasi estimasi biaya dari kesalahan penafsiran atau dalam penggunaannya.

### 2.3.1 Karakteristik Estimasi Biaya Tahap Konseptual.

Menurut Stephen D. Schuette dan Roger W. Liska (1998) Estimasi tahap konseptual adalah "*suatu proses yang tidak pasti, karena perhitungannya berdasarkan sejumlah besar penilaian, pengalaman, kurang tersedianya informasi serta adanya ketidakpastian selama tahap konseptual*". Berikut beberapa karakteristik atau sifat dari Estimasi Biaya tahap Konseptual:

a. Bersifat ketidakpastian/ Tingkat akurasi masih rendah

Pada tahap estimasi konseptual mempunyai tingkat akurasi masih sangat rendah hal ini dikarenakan informasi pada tahap ini masih sangat minim atau masih sedikit informasi yang didapatkan.

a) Menurut Bley (1990)

Estimasi tahap konseptual merupakan tahapan proses estimasi yang belum pasti/tingkat keakurasiannya masih sangat rendah. Perhitungan pada tahap konseptual hanya berdasarkan sejumlah penilaian dan pengalaman. ini dikarenakan informasi yang tersedia belum lengkap atau minimnya informasi. Selain itu bahwa ketersediaan definisi lingkup yang lengkap merupakan factor yang paling krusial dalam estimasi tahap konseptual.

b) Menurut Carr (1983)

Estimasi pada tahap konseptual merupakan campuran dari seni dan ilmu pengetahuan. Ilmu pengetahuan dari estimasi menginformasikan biaya dari pekerjaan atau proyek yang terdahulu. Seninya adalah dalam memvisualisasikan proyek yang baru dengan membandingkan biaya-biaya perbandingan dengan proyek sebelumnya dan menyesuaikannya dengan keadaan proyek yang sekarang.

c) Menurut Noble (1987)

Estimasi konseptual merupakan penilaian, pendapat, peramalan atau prediksi biaya terhadap waktu dan aspek-aspek proyek lainnya.

b. Suatu kegiatan yang sumber dayanya masih terbatas.

Pada tahap ini informasi waktu maupun biaya (sumber daya) masih sangat terbatas dikarenakan proyek masih dalam tahap awal.

a) Menurut Bley (1990) Estimasi biaya konseptual dilakukan pada tahap awal proyek yang lingkup informasi yang tersedia secara detail dan presisi biasanya masih sangat terbatas.

b) Menurut Logcher (1980) Estimasi tahap konseptual memprediksi outcome di masa mendatang berdasarkan data yang belum lengkap. Dengan sumber daya yang masih sangat terbatas. Oleh karena itu estimasi pada tahap ini hanya berdasarkan pengetahuan proyek saat ini maupun pada masa lampau.

- c) Menurut kouskoulas et. Al (1974) bahwa estimasi konseptual harus cepat, murah dan cukup akurat walaupun informasi yang tersedia masih sangatlah terbatas (Phaobunjong, 2002).

### 2.3.2 Proses Estimasi Biaya Kontruksi Tahap Konseptual.

Proses awal dalam mengestimasi biaya proyek baru pada tahap konseptual umumnya dimulai dengan sebuah permintaan yang dibuat oleh manajemen (Bley, 1990). Proses awal dari tahap konseptual ini adalah tugas estimator mempelajari dan menginterpresentasikan beberapa ruang lingkup proyek yang ada dilapangan yang pada akhirnya menghasilkan sebuah perhitungan kasar estimasi. Pada tahap ini estimator sudah bisa memperkirakan strategi formula untuk metode estimasi dan menetapkan informasi-informasi tambahan apa saja yang akan dibutuhkan.. Estimator pada tahap ini, sudah diharuskan membuat konsep proyek, mengerti aktivitas yang diperlukan untuk memulai waktu mulai pelaksanaan dan waktu penyelesaiannya dengan cara membandingkan dengan beberapa data proyek sebelumnya jika dimungkinkan. Berdasarkan seluruh informasi yang dikumpulkan estimator, proses estimasi tahap konseptual dapat dihasilkan. Tahap konseptual ini merupakan tahap utama proses estimasi karena pada tahap ini akan dihasilkan suatu keputusan awal layak tidaknya suatu proyek itu diteruskan. Adapun *output* dari tahap ini nanti adalah estimasi kasar dan dokumentasi lingkup proyek berdasarkan data-data informasi yang dikumpulkan lalu membandingkannya dengan proyek sebelumnya untuk membangun suatu perkiraan biaya. Hasil estimasi tahap konseptual kemudian diserahkan kepada pihak manajemen untuk penetapan keputusan. Apakah proyek ini dilanjutkan atau tidak. Pada tahap ini, proses estimasi tahap konseptual telah dikatakan selesai. Adapun proses dapat diulang apabila ada perubahan dan modifikasi tentang lingkup proyek atas permintaan pemberi tugas/owner. Kualitas estimasi biaya konseptual yang baik menghasilkan biaya proyek yang ekonomis, murah, tepat dan akurat. Dalam hal ini mengurangi adanya resiko-resiko pada suatu estimasi yaitu apabila estimasi tersebut bersifat *underestimate* atau *overestimate* yang dapat mengakibatkan pengeluaran biaya proyek lebih daripada seharusnya.

- a. *Underestimate* -> biaya pelaksanaan melebihi dari yang diestimasi. Akibat perencanaan dan estimasi biaya yang kurang baik dapat meningkatkan biaya proyek secara signifikan.
- b. *Overestimate* -> berarti estimasi melebihi biaya pelaksanaan seharusnya, dimana proyek akan terlihat selesai sesuai dengan anggaran yang tersedia, namun pada kenyataannya melebihi dari anggaran yang seharusnya.



Gambar 2.2 Alur Proses estimasi biaya tahap awal

Sumber: Phaobunjong, K., 2002 .

Pada tahap ini owner atau pemilik sangatlah memerlukan suatu estimasi yang cukup akurat, dan efisien. hal ini terlihat dari alasan-alasan owner bahwa informasi suatu estimasi awal sangat penting bagi owner atau pemilik, berikut alasan-alasannya :

- a. Biaya Kontruksi yang tinggi, tetapi sumber dana terbatas

Karena bangunan semakin kompleks secara kualitatif, biaya bangunan semakin bertambah naik, sementara dana yang tersedia terbatas dan tingkat bunga yang tinggi, pemilik menginginkan sedini mungkin ramalan seluruh biaya proyek dapat diidentifikasi secara akurat, efisien dan dapat dikendalikan dengan baik.

- b. Biaya konstruksi merupakan komponen biaya terbesar dari seluruh biaya proyek.

Biaya konstruksi merupakan salah satu elemen dari biaya-biaya bangunan dan biaya ini merupakan biaya terbesar dari seluruh biaya proyek, karena pada saat inilah idea atau desain diubah kedalam struktur fisik yang sebenarnya. Dalam hal ini tentunya owner sangat ingin mengetahui biaya konstruksi ini sebelum proyek ini benar-benar dikonstruksi

- c. Owner menginginkan bangunan dikonstruksi sesuai dengan anggaran.

Pemilik atau owner biasanya tidak mau biaya konstruksi lebih besar dibanding anggaran yang sudah diperhitungkannya sebelumnya.

- d. Owner menginginkan nantinya harga tender mendekati perkiraan biaya estimasi awal.

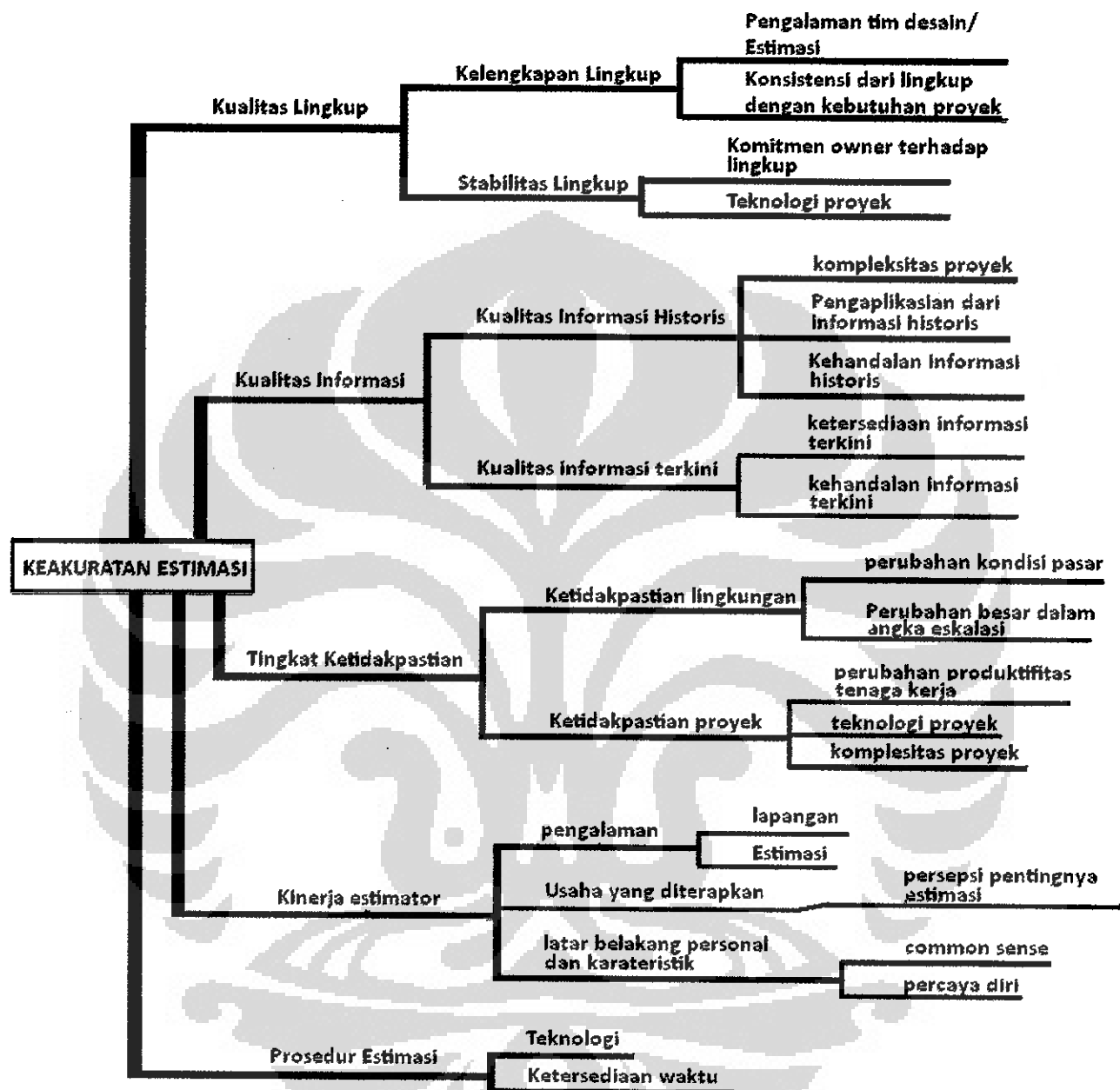
Keakuratan suatu estimasi yang dilakukan oleh estimator akan diuji pada saat tender/lelang. Estimasi biaya ini dijadikan oleh owner sebagai alat untuk memilih rekan kerja dalam tahap lelang. Banyak owner menginginkan kontraktor yang memberikan penawaran terendah yang mendekati estimasi biaya yang sebelumnya diperkirakan oleh estimator.

### 2.3.3 Kualitas *Input* Estimasi Biaya Konstruksi Tahap Konseptual.

Tersedianya data dan informasi memegang peranan penting dalam hal kualitas perkiraan biaya yang dihasilkan. Pada awal formulasi lingkup proyek karena sebagian data dan informasi belum tersedia atau belum ditentukan, maka perkiraan biaya yang dihasilkan masih berupa perkiraan kasar (*order magnitude*), dengan akurasi diatas 50% . Untuk menghitung biaya total proyek hal yang harus dilakukan pertama kali adalah mengidentifikasi lingkup kegiatan yang akan dikerjakan, kemudian mengkalikannya dengan biaya masing-masing lingkup yang dimaksud. Hal ini memerlukan kecakapan pengalaman serta judgement dari estimator. Pada masa awal proyek itulah dimana segala sesuatu masih dalam bentuk konseptual, kecakapan dan pengalaman estimator untuk mengambil judgement yang tepat sangat menentukan hasil akhir suatu perkiraan biaya (Yusuf latif, 2001).

Menurut Alfredo F Serpell (2005) [15]. Ada 5 (lima) faktor-faktor yang

mempengaruhi tingkat akurasi estimasi biaya pada tahap awal. Penentu tingkat akurasi dan keandalan estimasi biaya konseptual menurut Alfredo itu adalah :



Gambar 2.3 Alur Proses Estimasi Biaya Tahap Awal Alfredo

Sumber: Alfredo F Serpell (2005)

#### a. Kualitas Lingkup Proyek

Untuk menghitung estimasi biaya awal proyek biasanya hal yang harus dilakukan pertama kali adalah mengidentifikasi lingkup kegiatan apa saja yang akan dikerjakan, kemudian mengalikannya dengan biaya masing-masing

lingkup yang dimaksud. Adapun definisi ruang lingkup proyek itu sendiri terdiri dari kuantitas definisi jenis proyek, pendekatan desain, wilayah proyek, informasi kondisi alam sekitar dan metode serta teknologi yang akan dipakai. Lingkup proyek menggambarkan karakteristik proyek, pada tahap ini estimator menyiapkan perangkat komponen-komponen apa saja yang dibutuhkan dan spesifikasi proyek itu sendiri yang nantinya kesemua informasi yang dikumpulkan akan menjadi dasar proses dalam mengestimasi biaya pada tahap konseptual. Lingkup proyek disiapkan oleh *owner atau pemilik* dan dilakukan proses pemilihan desain oleh *designer*. Dalam proses ini, informasi hanya terdiri dari dengan kebutuhan-kebutuhan proyek secara umum, kebutuhan material dan kebutuhan peralatan, metode atau prosedur konstruksi yang akan digunakan sudah harus bisa diidentifikasi. Lalu kesemua informasi ini dikumpulkan dijadikan satu ke dalam paket definisi lingkup proyek. Paket ini nantinya sudah berisi seluruh informasi yang cukup penting yang dibutuhkan estimator yang berkaitan dengan detail desain dan proses *Engineering* (Gibson, 1993) [16]. Hal ini berguna untuk meningkatkan tingkat akurasi estimasi tahap awal itu sendiri melalui informasi-informasi spesifikasi dan definisi proyek yang cukup detail karena selain memberikan masukan untuk mendapatkan item-item yang diperlukan yang akan dimasukkan ke dalam rencana pekerjaan juga memberikan informasi untuk kebutuhan data historis proyek selanjutnya. Serpell (2005) membagi kualitas lingkup menjadi dua bagian yaitu: Kelengkapan lingkup yang terdiri dari pengalaman tim desain/estimasi, konsistensi dari lingkup dengan kebutuhan proyek dan stabilitas lingkup yang terdiri dari komitmen owner terhadap lingkup itu sendiri dan teknologi yang akan dipakai

b. Kualitas Informasi

Alfredo F Serpell (2005) membagi kualitas informasi menjadi 2 bagian yaitu kualitas informasi historis dan informasi terkini. Tersedianya data informasi yang cukup detail dan lengkap memegang peranan penting dalam hal kualitas perkiraan biaya yang dihasilkan pada tahap awal. Karena biasanya, pada awal formulasi lingkup proyek dikarenakan data dan informasi belum tersedia atau belum ditentukan, maka perkiraan biaya yang dihasilkan masih berupa



perkiraan kasar (*order magnitude*) dengan akurasi diatas 50% oleh karena itu kualitas informasi sangat memegang peranan penting pada tahap ini. Informasi adalah masukan kritis lain dari penafsiran biaya. Dua macam informasi yang sangat diperlukan sebagai acuan pada tahap ini menurut Alfredo F Serpell adalah : informasi sekarang dan informasi historis. Informasi historis merupakan hal yang paling relevan untuk dijadikan suatu patokan. Berdasarkan informasi historis yang ada, dapat membantu estimator memberikan suatu gambaran untuk menjadi acuan estimasi biaya pada saat sekarang. Steward (1987)[17] menyebutkan informasi merupakan sumber daya yang paling prinsip dan sangat diperlukan dalam suatu kegiatan estimasi. Bley (1990) menyatakan bahwa informasi dapat memberikan referensi kepada seorang *estimator* mengenai langkah awal untuk memperoleh gambaran biaya dalam hal ini informasi atau data historis. Data historis adalah data yang berhubungan dengan proyek yang sudah diselesaikan sebelumnya, seperti data-data spesifikasi dan data biaya. Data historis dapat dijadikan dasar untuk menentukan biaya yang pada proyek yang baru dengan membandingkan data historis proyek sebelumnya yang sejenis yang telah diselesaikan. Informasi atau data saat ini merupakan elemen kedua dari informasi estimasi biaya tahap konseptual. Sesuai namanya, informasi ini terkait dengan data terbaru dari proyek yang baru, seperti harga dan indeks harga lokal, produktivitas dan kondisi spesifik lapangan. Sumber utama dari informasi saat ini umumnya merupakan data yang dipublikasi. Data saat ini digunakan untuk menyesuaikan estimasi biaya dengan kondisi proyek saat ini.

c. Proses Estimasi

Alfredo F Serpell (2005) membagi proses estimasi menjadi dua bagian, yaitu tersedianya waktu untuk mengestimasi dan tersedianya teknologi. Pada dunia kontruksi banyak dikenal metode estimasi yang sering dipakai pada tahap ini, antara lain : metode analogi, metode parametric, memakai daftar indeks harga dan informasi proyek terdahulu, metode yang menganalisi unsure-unsurnya, dll. Metode estimasi digunakan untuk mengevaluasi lingkup proyek mengatur dan menganalisa informasi yang telah dikumpulkan untuk menghasilkan estimasi biaya tahap konseptual. Metode estimasi biaya tahap konseptual dapat

bervariasi tergantung pada tipe konstruksi yang dibangun. Barrie dan Paulson (1992), Bley (1990) dan PMI (1996), menyebutkan beberapa metode estimasi biaya konseptual yang umum dipakai adalah :

a) Metode Analogi.

Metode Analogi merupakan bentuk dari penilaian dari seorang pakar/ahli, metode ini biasanya menggunakan metode kualitatif dan sangat subyektif dikarenakan atas penilaian para ahli. Metode ini melibatkan biaya aktual dari proyek sejenis yang telah dilakukan sebagai dasar estimasi biaya dari proyek saat ini (PMI,1996). Pada metode ini data proyek terdahulu biasanya digunakan sebagai referensi proyek. Pada umumnya sangat sedikit dasar kuantitatif yang digunakan pada proses pemilihan strategi proyek karena biasanya hanya terbatas pada penilaian dan pengalaman *estimator* pada tahap eksekusi awal. Metode ini biasanya tidak banyak menggunakan perhitungan. Perhitungan yang digunakan terbatas pada penggunaan indeks untuk menyesuaikan biaya dan menetapkan biaya rata-rata untuk proyek sejenis. Sehubungan dengan sifatnya yang sederhana dan keterbatasan informasi lingkup proyek yang dibutuhkan, metode estimasi ini memiliki tingkat akurasi yang rendah namun dapat digunakan pada pertimbangan awal kelayakan secara ekonomi. Bagaimanapun, estimasi secara analogi merupakan jenis metode yang jarang digunakan dan tidak membutuhkan banyak biaya. Estimasi analogi merupakan metode yang paling dapat diandalkan dengan proyek referensi yang pada kenyataannya sejenis dan *estimator* yang dilibatkan dalam estimasi mempunyai keahlian dalam bidangnya (PMI, 1996).

b) Metode Unit (Unit Method) dan Parametrik

Metode unit digunakan bilamana angka yang menunjukkan volume total pekerjaan belum dapat ditentukan dengan pasti, tetapi biaya per unitnya (per-meter lari, meter persegi atau meter kubik) sudah dapat dihitung. Metode unit dari biaya per m<sup>2</sup> merupakan metode estimasi yang paling populer. Tidak seperti metode parametrik, metode unit biasanya berdasarkan metode estimasi yang ditentukan dari unit biaya yang sudah ditentukan sebelumnya. Menurut Scheutte, S.D., and Liska, R.W (1994)

Salah satu estimasi biaya awal yang sistematis adalah estimasi biaya elemental atau parameter. Metode ini memiliki potensi paling akurat di antara metode-metode estimasi biaya konseptual lainnya. Pendekatan yang digunakan dalam metode ini, estimasi biaya proyek ditelusuri dengan parameter yang secara signifikan mempengaruhi biaya konstruksi. Parameter yang paling sering digunakan dalam melakukan estimasi biaya awal untuk bangunan gedung adalah luas lantai. Menurut Bley (1990) metode unit dan metode parametrik adalah penyempurnaan metode analogi dimana metode-metode ini dikarakteristikan berdasarkan kenyataan bahwa biaya proyek terkait dengan satu atau beberapa unit atau parameter proyek. Pada metode parametrik, parameter merupakan ukuran dasar elemen proyek (Orczyk et al., 1990). Metode parametrik melibatkan penggunaan karakteristik proyek dalam sebuah model matematika untuk memperkirakan biaya proyek. Model ini dikembangkan dengan langkah awal membangun hubungan antara parameter bangunan dengan biaya bangunan tersebut. Beberapa metode dapat digunakan untuk menghubungkan antara biaya historikal dengan parameter informasi, namun teknik unik yang paling banyak digunakan adalah regresi linier. (Karshenas, 1984). Biasanya pada model parametrik ini model yang digunakan berupa model sederhana yang hanya mempunyai satu parameter atau model kompleks yang mempunyai banyak parameter.

c) Metode Gabungan

Metode gabungan merupakan metode yang menggunakan model yang cukup kompleks. Hal ini dikarenakan metode ini memakai model yang paling banyak dalam mengestimasi pada tahap konseptual. Metode gabungan ini menggunakan keterkaitan antara item satu dengan pekerjaan lain yang saling berkaitan dan telah dikombinasikan untuk membentuk sebuah fungsi atau pekerjaan yang berbeda. Sebagai contoh, sebuah pekerjaan gabungan untuk pembuatan suatu balok dari beton metode ini menghitung kuantitas atau biayanya berdasarkan kebutuhan bekisting, baja tulangan yang dibutuhkan, biaya beton per m<sup>2</sup> area pengecoran. Dengan cara ini, pengembangan metode gabungan dapat menjadi rumit

sebagaimana estimasi secara detail, tetapi metode ini dapat menjadi sebuah metode yang akurat dikarenakan banyak *input* data yang dimasukkan. *Input* utama untuk pengembangan model ini merupakan rekaman detail dari data-data kelengkapan proyek terdahulu. Pemeliharaan catatan detail pada *database* memerlukan usaha dan sumber daya yang besar yang umumnya perusahaan kecil tidak dapat melakukannya. Mengingat besarnya usaha yang diperlukan untuk mengembangkan model, Perusahaan yang memakai metode gabungan ini biasanya perusahaan-perusahaan besar yang sistem data basenya sudah terekam dengan baik dan biasanya spesialisasi pada satu jenis proyek konstruksi.

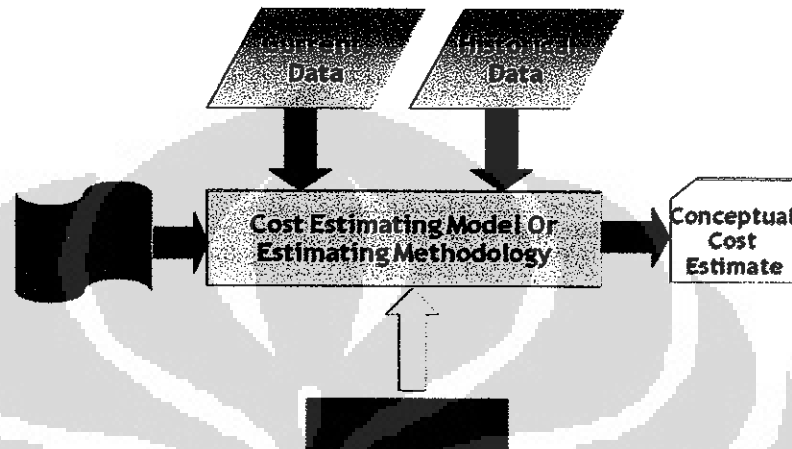
d. Tingkat Ketidakpastian

Faktor ketidakpastian juga sangat berperan pada tahap ini dikarenakan kualitas informasi mengenai adanya perubahan harga dasar juga akan mempengaruhi ketepatan estimasi. Untuk itu tingkat ketidakpastian juga sangat mempengaruhi tingkat akurasi estimasi awal biaya proyek.

e. Performa Estimator

Elemen terakhir yang cukup memberikan peran penting dalam proses estimasi pada tahap konseptual adalah *Estimator*. Orang yang bertanggung jawab untuk mengorganisir dan menganalisis seluruh informasi dan memperhitungkannya ke dalam estimasi. *Estimator* bukan hanya mengorganisir suatu proses, namun juga memasukkan keahlian dan pengalaman ke dalam proses estimasi biaya tersebut. Dimana pada masa awal proyek itulah dimana segala sesuatu masih dalam bentuk konseptual, kecakapan dan pengalaman estimator untuk mengambil keputusan yang tepat akan menentukan hasil akhir suatu perkiraan biaya, yang selanjutnya akan mempengaruhi hasil akhir dari proyek dimana akan terlihat kualitasnya. Penilaian ahli akan dibutuhkan untuk menilai *input-input* yang dimasukkan ke dalam proses estimasi (PMI, 1996). Keahlian tersebut merupakan penguasaan dalam hal kemampuan, kompetensi, pengalaman, keterbiasaan, pengetahuan, ketrampilan dalam bidangnya. Keahlian dalam estimasi biaya memudahkan *estimator* untuk memahami proyek baru berdasarkan proyek yang telah dilaksanakan sebelumnya,

membuat asumsi untuk mengatasi ketidaktersediaan informasi dan menyesuaikan informasi eksisting berdasarkan kondisi saat ini. Kemampuan *estimator* untuk memvisualisasikan lingkup pekerjaan dari ketidaklengkapan definisi lingkup merupakan faktor penting dalam estimasi tahap konseptual (Bley,1990).



Gambar 2.4 Elemen Yang Diperlukan Pada Proses Estimasi Biaya Pada Tahap Konseptual

Sumber: Alfredo F Serpell (2005)

Selain faktor-faktor diatas dalam mengestimasi biaya pada tahap awal diperlukan juga suatu informasi tambahan yang dapat mempengaruhi kulaitas estimasi awal itu sendiri. Berikut sumber-sumber data tambahan menurut William T.P (1994) [18] yang diperlukan estimator untuk mempermudah estimasi biaya pada suatu proyek :

- a. Sumber data kebutuhan (*Resource requirements*) : sebuah gambaran dari pemilik untuk pemenuhan request type suatu jenis kualitas (seperti : Material finishing atap , apakah menggunakan atap seng, asbes gelombang atau atap zinalume).
- b. Sumber data tarif/kurs (*Resource rates*): Sumber-sumber data yang menyimpan catatan penting tentang adanya perhitungan tarif atau peningkatan kurs.
- c. Perhitungan jangka waktu aktifitas (*Activity information*): Perhitungan perkiraan jangka waktu pelaksanaan proyek itu dimulai dan diselesaikan.
- d. Sumber-sumber data terdahulu (*Historical information*):
  - a) File-file proyek terdahulu yang mengarsipkan data-data penting seperti

perkiraan biaya, jumlah pekerja, dll.

- b) Perhitungan dasar biaya proyek.
- c) Pengetahuan/pengalaman tim proyek : catatan-catatan individu dari tim proyek yang dapat mengingat perhitungan dan perkembangan dari proyek yang lalu. Seperti halnya rekoleksi yang dapat dipakai pemilik akan menghasilkan suatu tim yang lebih jauh dapat dipercaya dalam mengelola proyek nantinya.

Sedangkan menurut PhaoBujong, (2002) Informasi tambahan lainnya yang dapat memberikan referensi kepada seorang estimator mengenai langkah awal atau alternatif-alternatif untuk memperoleh gambaran biaya adalah detail pendukung. Detail pendukung tersebut adalah:

- a. Deskripsi lingkup pekerjaan proyek yang diestimasi.
- b. Dokumentasi dari dasar penentuan untuk estimasi.
- c. Dokumentasi untuk setiap asumsi metode, alternatif-alternatif yang akan digunakan.

Detail-detail pendukung tidak hanya memberikan informasi lebih mengenai estimasi tersebut atau penjelasan untuk kegiatan estimasi, melainkan juga meningkatkan kualitas estimasi dengan memberikan informasi lebih mengenai estimasi tersebut. Dengan detail informasi yang lebih banyak, estimasi dapat memberikan pengetahuan kepada estimator dan pihak manajemen untuk membuat keputusan.

#### 2.3.4 *Output* Estimasi Biaya Kontruksi Tahap Konseptual

Hasil *output* dari tahap ini biasanya berbentuk satuan unit mata uang yang menggambarkan suatu nilai estimasi biaya awal proyek. Hasil ini menggambarkan seluruh informasi, asumsi, penyesuaian dan prosedur yang akan dipertimbangkan dalam proses estimasi lebih lanjut proses yang lebih detail. Satuan unit mata uang merupakan satuan yang paling banyak dipakai karena dapat membantu evaluasi proyek dan sebagai bahan perbandingan antara satu proyek dengan proyek lainnya (PMI, 1996). Detail pendukung dalam estimasi biaya juga harus dimasukkan sebagai bagian *output* dari hasil estimasi.

Hasil *output* ini sangat diperlukan owner karena apabila estimasi dapat

diestimasi seakurat mungkin berarti harga tender dapat mendekati perkiraan biaya. Karena biasanya owner tidak mau biaya yang dikeluarkan selama pelaksanaan konstruksi nanti melebihi anggaran yang dianggarkan sebelumnya. Keakuratan estimasi akan diuji pada tahapan lelang atau tender, dimana estimasi biaya akan dijadikan oleh owner sebagai alat untuk memilih kontraktor dalam tahap lelang. Alfredo (2005) merumuskan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja keakuratan *output* dari suatu estimasi biaya konseptual

Tabel 2.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keakuratan Dari Estimasi Biaya Tahap Konseptual

Ruang Lingkup	Informasi	Ketidakpastian	Estimator	Prosedur
Kuantitas	Proses	Teknologi	Bakat, ketrampilan	Kesalahan
Defnisi	Yang dicari	Proyek	Pengalaman	Ketersediaan waktu
Pendekatan desain	Ketersediaan	Lingkungan	Usaha yang diterapkan	Pengukuran
Status desain	Validitas	Produktivitas	Keahlian	
Kelengkapan	Kelengkapan	Pasar	Penilaian	
Detail	Relevansi	Konstruksi	Pengetahuan	
Kualitas informasi		Sifat proyek	<i>Common sense</i>	
Konsistensi			Kemampuan team	
Kontinuitas				
Sifat proyek				
Teknologi proyek				

Sumber: Alfredo F Serpell (2005)

### 2.3.5 Penilaian Kualitas Estimasi Biaya Tahap Konseptual

Ada dua metode prediksi yang dapat menilai kualitas suatu estimasi :

- Metode berdasarkan data terdahulu, metode ini dibuat menggunakan data-data yang bersifat historikal atau data proyek sebelumnya yang sudah diselesaikan dan biasanya metode ini menggunakan model kuantitatif.
- Metode berdasarkan "*Judgement*" atau keputusan individual, metode ini biasanya menggunakan pendapat individual atau pengalaman seorang estimator. Dimana hasil yang diproses akan menghasilkan suatu nilai prediksi.

Pada metode yang menggunakan informasi data terdahulu sangat

mengandalkan ketersediaan informasi yang tersimpan lalu menggunakannya untuk memprediksi manfaat dimasa yang akan datang. Pendekatan ini mengasumsikan bahwa apa yang terjadi dimasa lampau dapat diaplikasikan ke kondisi yang serupa dimasa yang akan datang. Penggunaan pendekatan berdasarkan data, model ekstrapolasi atau *causal* model dapat digunakan untuk memprediksi estimasi. Meskipun metode-metode tersebut sudah banyak digunakan dalam banyak situasi nyata, penilaian kualitas estimasi menghadirkan beberapa keterbatasan. Hal tersebut dikarenakan mungkin kurang lengkapnya informasi yang tersimpan. Pendekatan berdasarkan "*Judgement*" atau pengalaman biasanya berawal dari pendapat individual estimator atau dari para ahli. Pada metode ini para ahli menilai beberapa variabel kritis terhadap nilai faktor-faktor yang mempengaruhinya, menggunakan model kualitatif seperti keakuratan model faktor. Beberapa kelemahan dari penilaian kualitas estimasi berdasarkan metode "*judgement*" yaitu:

- Hasilnya akan sulit untuk divalidasi dikarenakan kurang tersedianya data.
- Kemungkinan besar hasil penilaian metode judgment ini dapat mengurangi efisiensi baik dari segi biaya maupun waktu yang disebabkan oleh pendapat para ahli yang dapat menyebabkan bias.
- Pada banyak kasus kinerjanya dapat tidak akurat dibanding dengan kinerja metode kuantitatif.

## 2.4 Pabrik

### 2.4.1 Definisi Pabrik

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 72 tahun 2008 tentang nomor pokok pengusaha barang kena cukai. Pabrik adalah tempat tertentu termasuk bangunan, halaman, dan lapangan yang merupakan bagian dari padanya, yang dipergunakan untuk menghasilkan barang kena cukai dan/atau untuk mengemas barang kena cukai dalam kemasan untuk penjualan eceran. Ada bermacam-macam pabrik yang kita ketahui sampai saat ini tergantung aktifitasnya, yaitu pabrik manufaktur atau pabrik perakitan dan pabrik sintesis atau pabrik kimia. Pabrik perakitan adalah jenis pabrik dimana aktifitasnya tidak mengubah barang barang produksi, mereka hanya merakit barang yang sudah jadi. Sedangkan untuk pabrik kimia adalah pabrik dimana aktifitasnya yaitu mengubah



bahan baku menjadi padu karena ada reaksi kimia, seperti pabrik sabun dan lain lain. Tujuan pendirian pabrik adalah untuk bisa mendapatkan nilai tambah, biasanya nilai tambah secara ekonomi, dari bahan baku yang diolah menjadi produk baru yang memiliki nilai jual yang lebih tinggi. Pabrik bisa digolongkan dalam dua kelompok besar berdasarkan sejauh mana sebuah reaksi kimia terlibat dalam proses produksi, yaitu pabrik manufaktur atau pabrik perakitan dan pabrik sintesis atau pabrik kimia.

Pabrik perakitan tidak mengubah bahan baku menjadi produk dengan reaksi kimia sebagai proses utama. Perubahan bahan baku menjadi produk bukan sebuah reaksi kimia. Pabrik perakitan mobil, pabrik konveksi dan pabrik rokok adalah beberapa contoh pabrik yang termasuk dalam kelompok ini. Pabrik kimia atau pabrik sintesis menyelenggarakan sebuah atau serangkaian reaksi kimia untuk mengubah bahan baku menjadi produk. Beberapa anggota kelompok ini misalnya pabrik sabun, pabrik alat-alat kosmetik dan pabrik gula. Pabrik-pabrik yang kerja utamanya membuat formulasi, hanya mencampurkan bahan-bahan kimia menjadi satu larutan atau campuran juga digolongkan sebagai pabrik kimia. Faktor-faktor pemilihan pabrik yang akan dibangun secara umum digolongkan menjadi tiga motivasi :

- a. Karena adanya permintaan pasar
- b. Ketersediaan bahan baku yang berlimpah
- c. Karena tersedianya teknologi baru.

Motivasi lain dibangunnya sebuah pabrik adalah kombinasi dua jenis motivasi di atas atau bahkan kombinasi ketiga-tiganya sekaligus. Pembangunan pabrik karena permintaan pasar yang meningkat merupakan motivasi yang sangat lazim dan sesuai dengan hukum ekonomi. Hal yang perlu diselidiki lebih lanjut adalah apakah lonjakan permintaan pasar tersebut akan stabil terus meningkat di masa datang, atau ada alasan-alasan khusus yang mempengaruhi pasar, seperti alasan tidak stabilnya politik negara, embargo ekonomi, atau kecelakaan-kecelakaan yang dialami produsen lain, calon saingan, yang menyebabkan produsen tersebut menurunkan produksi. Perlu data akurat dan analisis pasar yang jeli dari orang-orang yang berpengalaman untuk memastikan kestabilan peningkatan permintaan pasar. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah kapasitas

produksi calon-calon saingan dari pabrik yang akan dibangun. Bisa jadi saingan tersebut sudah mengantisipasi lebih dahulu dan sudah mulai meningkatkan kapasitas produksi sebagai usaha mencuri start. Motivasi membangun pabrik karena ketersediaan bahan baku merupakan motivasi yang sangat diharapkan dan didukung oleh pemerintah Indonesia. Fakta bahwa negara Indonesia punya sumber daya alam yang beraneka ragam dan berlimpah tidak perlu dipertanyakan lagi. Penggunaan bahan baku yang hanya ada di Indonesia akan meningkatkan daya saing pabrik tersebut. Bahan baku dari bidang pertanian menjanjikan keunggulan tersebut karena ada banyak jenis tumbuhan yang hanya bisa tumbuh alami di Indonesia. Hanya saja motivasi seperti ini memerlukan pemikiran yang kreatif, pemahaman terhadap teknologi kimia yang handal serta orang-orang yang memiliki visi tangguh. Tantangan lain adalah teknologi yang akan digunakan bisa jadi teknologi yang benar-benar baru atau teknologi lama yang perlu banyak modifikasi. Literatur yang terbatas yang dikarenakan negara-negara maju jarang menyelenggarakan penelitian pengembangan teknologi untuk mengolah bahan baku yang tidak ada di dalam negerinya. Karena itu motivasi jenis ini memerlukan serangkaian penelitian dan pengkajian teknologi sebelum pabrik yang dicita-citakan akan didirikan. Negara-negara maju saat ini berlomba-lomba membangun pabrik karena motivasi tersedianya suatu teknologi baru. Ketersediaan teknologi baru tidak hanya sekedar menyuguhkan suatu teknologi proses yang lebih hemat tapi bisa juga suatu produk baru. Hal ini bisa meningkatkan prestasi suatu negara di mata dunia.

a. Type Bangunan Pabrik

Menurut Bates (1978) berdasarkan geometri, bangunan pabrik dapat dibedakan menjadi 2 tipe, yaitu;

a) *Single Bay Frame*

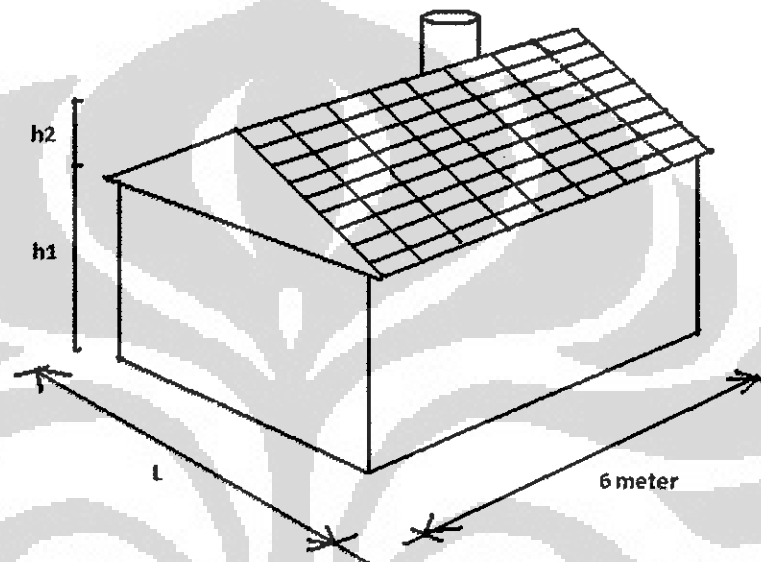
Tipe *Single Bay Frame* adalah tipe paling sederhana untuk bangunan pabrik.

b) *Double/Multi Gable Frame*

Tipe *Double/Multi Gable Frame* memiliki prinsip dasar yang sama dengan tipe *single bay frame*. Perbedaannya terdapat pada bentang yang terlalu panjang. Bentangan untuk *single bay frame* tidak mencukupi, sehingga

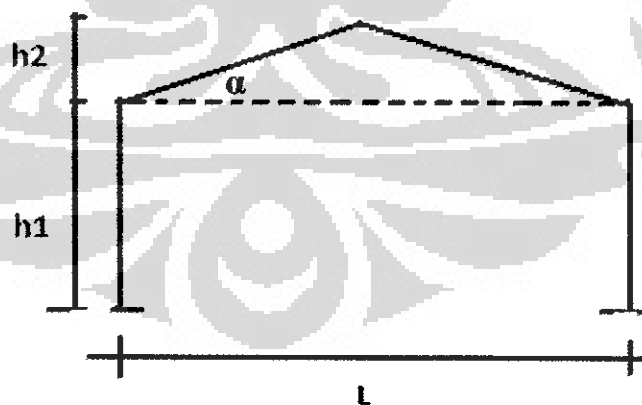
perlu dibuat bentang ganda atau majemuk. Menurut Gould (1997) Bangunan pabrik dapat dibedakan berdasarkan panjang bentang yaitu bentang pendek, bentang sedang dan bentang lebar.

- Short span : < 15 meter
- Medium span : 16 – 35 meter
- Long span : 36 – 60 meter



Gambar 2.5 Bentuk Sederhana Bangunan Pabrik

Sumber: Bates (1978)



Gambar 2.6 *Single-Bay Frame*

Sumber: Bates (1978)

**Keterangan :**

$h_1$  = tinggi kolom

$h_2$  = tinggi atap

$H$  = tinggi bangunan ( $h_1 + h_2$ )

$L$  = panjang bentang

$\alpha$  = sudut kemiringan penutup atap

b. Type Material Dinding Pabrik

a) Batako

Batako terdiri dari berbagai bentuk dan ukuran. Istilah batako berhubungan dengan bentuk persegi panjang yang digunakan untuk dinding beton. Batako digolongkan ke dalam dua kelompok utama: Batako padat dan batako berlubang. Batako berlubang memiliki sifat penghantar panas yang lebih baik dari batako padat dengan menggunakan bahan dan ketebalan yang sama. Batako berlubang memiliki beberapa keunggulan dari batu bata, beratnya hanya  $1/3$  dari batu bata dengan jumlah yang sama dan dapat disusun empat kali lebih cepat lebih kuat untuk semua penggunaan yang biasanya menggunakan batu bata. Di samping itu keunggulan lain batako berlubang adalah kedap panas dan suara.

b) Batu Bata

Jika disesuaikan dengan bahan pembuatannya, secara umum batu bata dibedakan menjadi 2 yaitu yang terbuat dari tanah liat dan batu bata dari pasir-kapur. Batu bata tanah liat ini memiliki 2 kategori utama, yaitu bata biasa dan bata muka.

(a) Batu Bata Tanah Liat

- Bata biasa memiliki permukaan dan warna yang tidak menentu. Bata ini digunakan untuk dinding dan ditutup dengan semen. Bata biasa seringkali disebut dengan bata merah.
- Bata muka memiliki permukaan yang baik, licin dan mempunyai warna atau corak yang sama. Meski digunakan untuk dinding juga,

namun bata muka tidak perlu ditutup lagi dengan semen. Bata muka biasa disebut sebagai bata

(b) Batu Bata Pasir - Kapur

Sesuai dengan namanya, batu bata ini dibuat dari campuran kapur dan pasir dengan perbandingan 1:8 serta air yang ditekan ke dalam campuran sehingga membentuk bata yang sangat padat. Biasa digunakan untuk bagian dinding yang terendam air dan memerlukan kekuatan tinggi.

c) Celconn (Bata Ringan)

Bata Celconn adalah salah satu dari jenis beton ringan aerasi (*Aerated Lightweight Concrete/ALC* atau *Autoclaved Aerated Concrete / AAC*) yang pertama kali dikembangkan di Swedia pada tahun 1923 untuk mengurangi penggundulan hutan akibat penggunaan kayu untuk konstruksi rumah yang semakin memperhatikan. Produk ini kemudian dikembangkan oleh Joseph Hebel di Jerman pada tahun 1943 dan mulai dikenal di Indonesia pada tahun 1995. Beton ringan aerasi ini dibuat dari bahan baku pasir kuarsa, kapur, semen, dan bahan pengembang yang dikategorikan sebagai bahan-bahan untuk beton ringan. Pasir kuarsa digiling dalam *ball mill* sehingga tercapai ukuran butiran yang dibutuhkan. Seluruh bahan baku yang sudah dicampur, air dan bahan pengembang ditimbang dan diukur dalam sebuah mesin pencampur sehingga menjadi adonan yang kemudian dituang ke dalam cetakan baja. Melalui proses kimia, terciptalah gas hidrogen yang membuat adonan mengembang membentuk jutaan pori-pori kecil yang membuat bata ini menjadi ringan. Proses akhirnya adalah mematangkannya dengan memanggang dalam suatu oven bertekanan tinggi yang disebut *autoclave chamber* dengan uap panas hingga suhu 183 derajat celcius. (sumber : [www.hebel.co.id](http://www.hebel.co.id))

(a) Sifat ringan pada bata yang dipasarkan diantaranya bermerk dagang Celcon dan Hebel ini tentunya memiliki keuntungan dan kerugian : Dengan ukuran yang sama maka bobotnya jauh lebih ringan sehingga pembebanan pada struktur di bawahnya juga lebih kecil, sehingga ukuran pondasi menjadi lebih kecil. Karena itu, bata ringan ini banyak

digunakan untuk bangunan-bangunan bertingkat banyak atau gedung-gedung karena pembebanan menjadi hal yang sangat penting untuk menekan biaya.

- (b) Dimensinya yang lebih besar dari bata konvensional yaitu 60cm x 20cm dengan ketebalan 7 hingga 10 cm menjadikan pekerjaan dinding lebih cepat selesai dibandingkan bata konvensional. Apalagi pada proses pemasangannya tidak dibutuhkan adukan pasangan yang tebal tapi cukup direkatkan dengan semen instant /mortar tipis-tipis saja.
- (c) Kelebihan lain adalah kemampuannya dalam hal insulasi (penahan) panas dan suara serta tahan terhadap api selama kurang lebih 4 jam, sehingga untuk ruangan-ruangan khusus yang mengharuskan tahan api atau kedap panas dan suara, produk ini sangat bermanfaat.
- (d) Dari segi harga tentunya saat ini masih lebih mahal dibandingkan dengan penggunaan bata konvensional dan pemasangannya harus dengan semen *instan/mortar* yang juga lebih mahal dibandingkan campuran semen dan pasir biasa. Tetapi tentunya dari kecepatan pemasangan, akan lebih menghemat upah tukang, walaupun tidak sembarang tukang bisa mengerjakannya. Selain itu permukaannya yang rapi dan ukurannya yang presisi membuat bata ini tidak membutuhkan pemlesteran yang tebal bahkan bisa diekspos atau langsung dicat, sehingga dari satu sisi juga cukup menghemat biaya

c. Type Lantai Pabrik

a) Floor Hardener

Berbahan cor semen yang dilapisi bahan kimia, menjadikannya lebih keras dari lantai semen biasa. Aplikasi ini tepat untuk aktifitas lantai *heavy duty*.

b) Screed/Lantai Kerja

Screed berbahan semen yang tidak tebal hanya untuk menyamakan permukaan lantai. Screed biasa dipakai pada pabrik yang tidak perlu beban yang terlalu berat untuk beban lantainya.

c) Coating Floor (Epoxy)

Pengerjaan Epoxy hampir mirip dengan floor hardener, perbedaannya hanya pada proses finishing yang lebih mengkilap. Epoxy juga dapat diaplikasikan tanpa nat atau seamless yang menjadikan ruangan dalam pabrik menjadi lebih terlihat bersih. Biasanya dipakai untuk pabrik makanan atau minuman.

#### d. Type Atap Pabrik

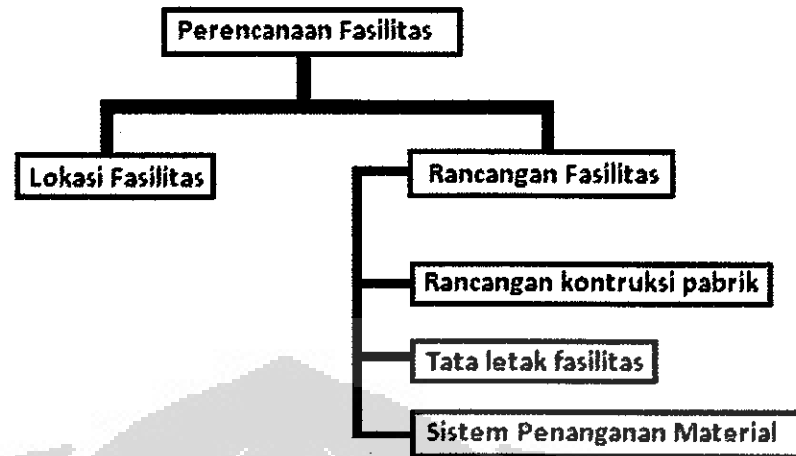
Bentuk dan material penutup atap pabrik beraneka macam jenisnya. Ada yang menggunakan seng, atap metal zinalume, asbes gelombang. Satu hal yang sama dari aneka penutup atap itu adalah memiliki relief. Namun bentuknya berbeda-beda, ada yang bertekstur miring ada yang bergelombang. Setiap jenis penutup atap memiliki cara pemasangan yang berbeda. Beda umum adalah cara meletakkannya ke kontruksi atap. Pemasangan genteng logam biasanya dilekatkan dengan menggunakan sekrup, paku atau pengunci khusus. Genteng logam yang banyak dijual sekarang ini terbuat dari campuran seng dan alumunium. Ada lagi jenis terbaru yang lebih sering digunakan pada kontruksi atap pabrik yaitu atap dari baja ringan. Ukurannya yang besar dan panjangnya bisa dipesan sesuai pesanan dapat mempercepat proses pengerjaan juga memperkecil kemungkinan bocor atau rembes. Ada beberapa merek genteng dari baja ringan. Salah satunya atap bergelombang baja ringan (Lysaght Flipclock yang sudah dilengkapi dudukan pengunci tipe KL 65.)

### 2.4.2 Perencanaan Tata Letak Pabrik

Pabrik sebagai tempat dilaksanakan aktifitas/kerja pembuatan barang dan atau jasa, perlu direncanakan dengan matang. Karena fasilitas fisik yang ada didalamnya cukup banyak dan saling terkait satu sama lain.

#### 2.4.2.1 Ruang Lingkup Perencanaan Fasilitas

Perencanaan fasilitas apakah berupa pembangunan proyek pabrik, atau bangunan pergudangan. Tidak hanya menyangkut tata letak sarana fisik saja. Namun ada masalah lain seperti penentuan lokasi, perancangan struktur bangunannya dan sebagainya.



Gambar 2.7 Ruang lingkup Perencanaan Pabrik

Sumber: Rahmadian S (2005)

Pada gambar 2.8 perencanaan fasilitas dikhususkan pada perencanaan fasilitas pabrik, bagaimana menentukan lokasi pabrik, bagaimana merancang tata letak sarana fisik seperti mesin-mesin, gudang, pengolahan limbah, kantor, masjid, parkir dan sebagainya. Didalam pabrik bagaimana merancang aliran material, alat penanganan material dan mengendalikan ratusan material yang terlibat didalam pabrik tersebut. Dua type dari Layout yang biasa digunakan pada desain pabrik

a. Fungsional :

Dalam layout fungsional mesin mesin dan peralatan yang mempunyai fungsi yang sama dikelompokkan dan ditempatkan dalam suatu ruang / tempat tertentu. Layout ini digunakan oleh perusahaan yang memproduksi secara pesanan atau lazim disebut perusahaan dengan proses produksi intermitten.

b. Garis :

Pada layout garis, mesin dan peralatan disusun berdasarkan urutan dari operasi proses pembuatan produk. Dengan demikian dalam layout ini tidak terdapat arus balik jika suatu aliran pembuatan barang telah sampai pada tahapan tertentu. Layout ini sering digunakan untuk perusahaan yang memproduksi untuk pasaran ( produksi massa).

#### 2.4.2.2 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik didasarkan atas pertimbangan yang secara praktis lebih menguntungkan, baik ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis. Pemilihan



lokasi pabrik secara umum bisa dikelompokkan berdasarkan dua alasan pemilihan, yaitu : dikarenakan mendekati tempat bahan baku berada atau mendekati tempat pasar berada. Faktor- factor pemilihan lokasi pabrik berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

a. Tersedianya Bahan Baku

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku dan pemasaran produk untuk menghemat biaya transportasi. Pabrik juga sebaiknya dekat dengan pelabuhan jika ada bahan baku atau produk yang dikirim dari atau ke luar negeri.

b. Dekat Dengan Pemasaran Produk

Diilewati jalur utama transportasi didukung oleh sarana transportasi yang memadai, distribusi atau serta banyaknya tempat untuk pemasaran produk.

c. Transportasi

Telah ada sarana transportasi darat dan laut yang cukup memadai, sehingga untuk transportasi pemenuhan bahan baku maupun pemasaran produk dapat mudah dilaksanakan.

d. Ketersediaan Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan pelaku dari proses produksi. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar jalannya proses produksi dengan kata lain tersedianya tenaga kerja yang cukup.

e. Utilitas

Ketersediaan energi dan air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu pabrik, baik untuk proses, pendingin, atau kebutuhan lainnya. Sumber air biasanya berupa sungai, air laut, atau danau. Energi merupakan faktor utama dalam operasional pabrik. Utilitas meliputi kebutuhan akan listrik yang memadai, jumlah air yang digunakan untuk proses maupun untuk karyawan.

f. Kondisi Geografis dan Sosial

Letak pabrik sebaiknya terletak di daerah yang stabil dari gangguan bencana alam (banjir, gempa bumi, dll). Kebijakan pemerintah setempat juga turut mempengaruhi lokasi pabrik yang akan dipilih. Kondisi sosial masyarakat diharapkan memberi dukungan terhadap operasional pabrik sehingga dipilih lokasi yang memiliki masyarakat yang dapat menerima keberadaan pabrik.

Sesuai dengan kebijakan pemerintah tentang kebijakan pengembangan industri, serta faktor-faktor lain seperti iklim, karakteristik lingkungan, dampak sosial serta hukum tentu sudah diperhitungkan. Lokasi, bangunan, atau tempat usaha sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (1) PP/72/2008 adalah paling sedikit harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

a) Bangunan Pabrik:

- Tidak berhubungan langsung dengan bangunan, halaman, atau tempat-tempat lain yang bukan bagian pabrik yang dimintakan izin.
- Berbatasan langsung dan dapat dimasuki dari jalan umum.
- Memiliki luas lokasi, bangunan, atau tempat usaha dalam batas tertentu.

b) Tempat Penyimpanan:

- Tidak berhubungan langsung dengan bangunan, halaman, atau tempat-tempat lain yang bukan bagian tempat penyimpanan yang dimintakan izin.
- Berbatasan langsung dan dapat dimasuki dari jalan umum
- Memiliki luas lokasi, bangunan, atau tempat usaha dalam batas tertentu.
- Memiliki tempat penimbunan permanen berupa tangki dengan kapasitas keseluruhan paling sedikit 200.000 (dua ratus ribu) liter etil alkohol dilengkapi dengan fasilitas penunjang berupa pompa, alat ukur volume dan suhu, dan tabel volume yang disahkan oleh dinas metrology (khusus untuk jenis pabrik kimia).
- Memiliki pagar dan/atau dinding keliling dari tembok, dengan ketinggian paling rendah 2 (dua) meter yang merupakan batas pemisah yang jelas, kecuali diatur lain oleh pemerintah daerah
- Memiliki ruang laboratorium dan peralatannya.

Adapun proses penentuan lokasi pabrik sebaiknya mengikuti langkah – langkah sebagai berikut :

- a. Tentukan tujuan memilih suatu lokasi, apakah karena ingin mendekati sumber bahan baku, apa karena dekat dengan pemasaran produksi,dll.

- b. Tentukan kriteria keputusan yang relevan dengan tujuan diatas. Perusahaan mencari lokasi baik karena alasan ekonomis maupun non ekonomis. Seperti kriteria ekonomis ongkos kerja dan bahan baku. Disamping itu factor-faktor yang bersifat kuantitatif seperti dampak lingkungan fisik dan sosiologis serta kecocokan pekerja dengan masyarakat sekitar perlu dipertimbangkan.
- c. Gunakan model-model lokasi seperti model analisis Break-Even Point (titik pulang pokok) dan model transportasi.
- d. Pemilihan titik lokasi.

Alasan-alasan pemilihan tersebut perlu mempertimbangkan biaya pengiriman dan transportasi, sarana dan prasarana di daerah sekitar serta kebijakan pemerintah daerah setempat. Pabrik biasanya didirikan di sekitar tempat bahan baku berada karena alasan bahan baku memiliki konsentrasi yang terlalu rendah. Freeport rela membangun pabriknya di tengah hutan Papua walaupun perusahaan tersebut harus mengeluarkan biaya besar untuk melengkapi sarana transportasi, pembebasan tanah, perumahan karyawan dan lain-lain karena biaya produksi akan jauh lebih mahal jika tanah yang mengandung emas dan tembaga tersebut dibawa ke pulau Jawa dan diolah di pulau Jawa. Alasan lain adalah bahan baku berupa gas atau cair yang perlu penanganan khusus dalam pemindahan dan transportasinya. Inilah sebabnya lokasi pengilangan gas alam dan minyak bumi berada di tempat terpencil. Pabrik yang menggunakan hasil pertanian sebagai bahan baku juga sering dibangun di dekat kawasan pertaniannya untuk menghindari kerusakan bahan baku karena busuk. Pabrik pengalengan ikan juga biasanya di dekat dermaga. Bahkan ada pabrik yang dibangun di atas kapal untuk menghindari ikan menjadi busuk dan menghemat biaya transportasi untuk pasar ekspor. Istilah 'mendekati pasar' di sini bukan semata-mata berarti harus berjarak dekat dengan pasar, tapi maksudnya adalah memiliki akses yang mudah, murah dan cepat ke konsumen karena tersedianya sarana transportasi yang memadai. Pemilihan lokasi pabrik yang mendekati pasar adalah alasan yang lebih lazim digunakan. Bagi pabrik yang memproduksi produk yang rentan dan perlu penanganan khusus, seperti pabrik es krim, membangun pabrik di dekat pasar yang ditargetkan menjadi sangat penting. Pabrik yang memiliki banyak saingan

juga perlu berada di daerah yang memiliki akses yang mudah dan cepat ke pasar. Pabrik-pabrik minuman ringan (*soft drink*) membangun pabrik pengemasan dalam botol (*bottling company*) di berbagai tempat untuk memperluas pasarnya dan untuk menjaga agar konsumennya tidak beralih ke produk lain yang sejenis. Istilah pasar sendiri tidak semata-mata pasar domestik namun juga berarti pasar mancanegara jika perusahaan berorientasi pada produk ekspor.

Bagi pabrik seperti ini, lokasi di dekat dermaga atau bandar udara menjadi contoh lokasi pabrik yang mendekati pasar. Bahkan kadang-kadang ada pabrik yang membangun dermaganya sendiri untuk kebutuhan ekspor bila dermaga umum tidak layak atau terlalu ramai. Pemilihan lokasi mendekati pasar biasanya lebih disukai apabila pemerintah daerah setempat memiliki dan mengatur tata kota dengan visi sebagai kota kawasan industri. Segala sarana perhubungan seperti jalan raya dan jalan bebas hambatan, dermaga dan bandara serta sarana utilitas seperti listrik dan air bersih adalah milik umum yang diusahakan oleh pemerintah. Sarana perumahan untuk karyawan juga akan mudah terjangkau dari kawasan pabrik jika kota tersebut memiliki tata kota yang baik sebagai kota industri. Sarana hiburan bagi karyawan tidak perlu disediakan oleh perusahaan karena pihak swasta akan berlomba-lomba untuk membangunnya di kota tersebut. Akan lain halnya jika lokasi pabrik mendekati bahan baku dan harus didirikan di lokasi terpencil. Segala sarana perhubungan, sarana utilitas, perumahan karyawan berikut sarana hiburan dan peribadatnya perlu menjadi perhatian perusahaan pemilik pabrik. Hal ini akan berarti tambahan biaya investasi. Tetapi perusahaan yang didirikan di lokasi mendekati bahan baku biasanya memiliki keuntungan biaya operasional yang lebih ringan serta dukungan pemerintah daerah setempat. Bahkan kadang-kadang perusahaan bisa mendesak pemerintah daerah untuk mengeluarkan kebijakan yang menguntungkan perusahaan misalnya kelonggaran peraturan mengenai lingkungan hidup dan ketenagakerjaan. Kebijakan pemerintah menjadi faktor yang sangat mempengaruhi perolehan profit dan benefit bagi perusahaan. Pemerintah daerah kawasan industri akan menetapkan upah minimum regional yang tinggi serta peraturan lingkungan yang ketat. Kebijakan ini berani dilakukan karena pemerintah daerah tersebut sadar akan nilai tawar dari kawasannya. Oleh sebab itu perusahaan yang akan membangun pabrik di kawasan

industri harus menghadapi biaya operasional yang lebih besar untuk pengeluaran sosial (social cost). Pada akhirnya pemilihan lokasi mendekati bahan baku atau mendekati pasar juga berdasarkan keuntungan ekonomi (profit) dan keuntungan sosial kemasyarakatan (benefit) dari akibat pemilihan lokasi.

#### 2.4.2.3 Tata Letak Pabrik

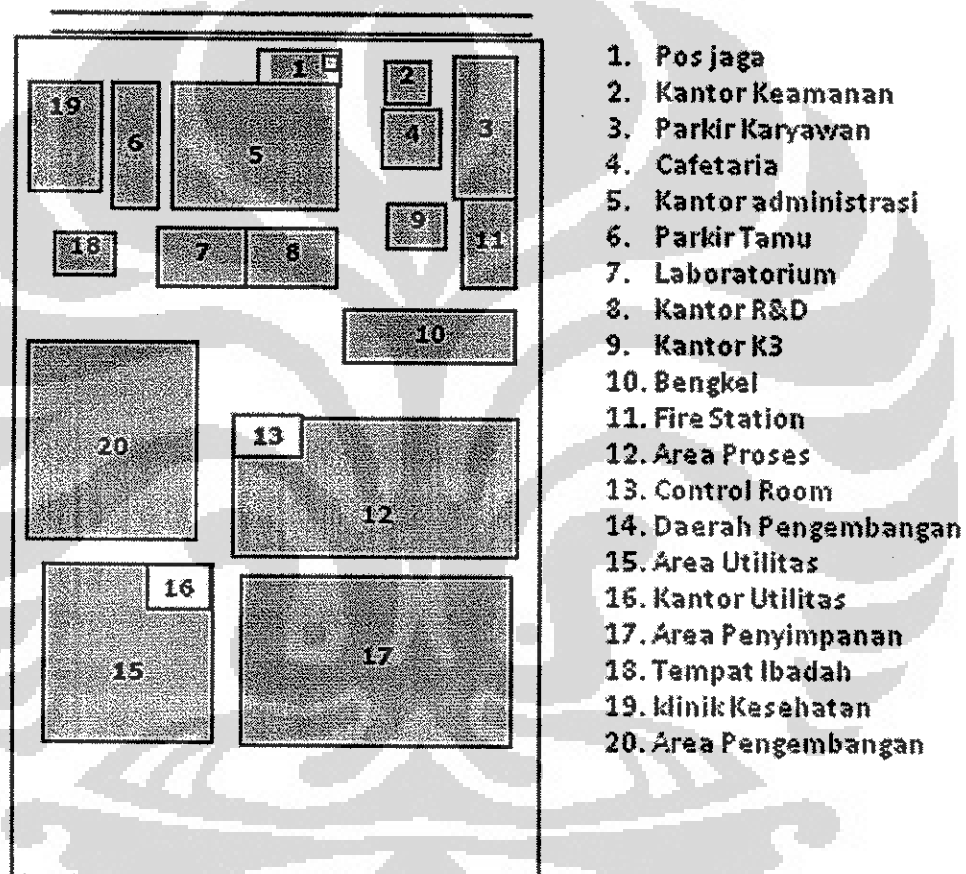
Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penimbunan bahan baku dan produk yang saling berhubungan. Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik efisien dan proses produksi serta distribusi dapat berjalan dengan lancar, aman, selamat, dan nyaman bagi karyawan dapat terpenuhi. Selain peralatan proses, beberapa bangunan fisik lain seperti kantor, poliklinik, laboratorium, kantin, bengkel, pemadam kebakaran, pos penjagaan, dan sebagainya ditempatkan pada bagian yang tidak mengganggu lalu lintas, barang dan proses. Tujuan tata letak pabrik adalah :

- a. Meminimalisasi backtracking (aliran bolak-balik).
- b. Meminimalisasi penundaan pekerjaan atas material.
- c. Meminimalisasi penanganan material.
- d. Mempertahankan/meningkatkan fleksibilitas baik dari segi variasi rancangan produk maupun jumlah yang dapat diproduksi.
- e. Memaksimalkan tenaga kerja dan ruang secara efektif
- f. Meningkatkan moral karyawan dan pekerja.
- g. Memberikan kemudahan perawatan fasilitas dan kebersihan.

Langkah-langkah perancangan tata letak pabrik, adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a. Definisikan tujuan tata letak, dalam hal ini biasanya berupa produk : berapa banyak dan jenis produk apa yang akan dibuat.
- b. Spesifikasikan aktifitas primer yang akan dikerjakan seperti mesin, mesin yang terlibat, jumlah mesin, proses produk, banyaknya tenaga kerja, kapasitas produksi, kebutuhan gudang bahan baku, aspek perawatan mesin serta penanganan material.

- c. Spesifikasi aktifitas sekunder yang mendukung aktifitas utama sampai pada kebutuhan luas lantai atau volume ruangan setiap aktifitas, yang termasuk aktifitas sekunder adalah area parkir, kantor, tempat ibadah, kantin, pengolahan limbah/sampah, klinik, pos satpam, dll.
- d. Analisis kesalingterkaitan antara seluruh aktifitas untuk menentukan derajat keterkaitan.
- e. Memilih alternative terbaik berdasarkan tujuan tata letak pabrik.



Gambar 2.8 Perencanaan Tata Letak Pabrik

Sumber: Rahmadian (2005)

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah :

a. Daerah Proses

Daerah proses adalah daerah yang digunakan untuk menempatkan alat-alat yang berhubungan dengan proses produksi. Dimana daerah proses ini diletakkan pada daerah yang terpisah dari bagian lain.

b. Keamanan

Keamanan terhadap kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan, asap, atau gas beracun harus benar-benar diperhatikan di dalam menentukan tata letak pabrik. Untuk itu harus dilakukan penempatan alat-alat pengamanan seperti hidran, penampung air yang cukup, dan penahan ledakan. Tangki penyimpanan bahan baku dan produk yang berbahaya harus diletakkan di area khusus dan perlu adanya jarak antara bangunan satu dengan lainnya guna memberikan pertolongan dan penyediaan jalan bagi karyawan untuk menyelamatkan diri.

c. Luas Area yang Tersedia

Harga tanah menjadi hal yang membatasi kemampuan penyedia area. Pemakaian tempat disesuaikan dengan area yang tersedia. Jika harga tanah amat tinggi, maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu diletakkan diatas peralatan yang lain, ataupun lantai ruangan diatur sedemikian rupa agar menghemat tempat.

d. Instalasi dan Utilitas

Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, udara, steam, dan listrik akan membantu kemudahan kerja dan perawatan. Penempatan peralatan proses di tata sedemikian rupa sehingga petugas dapat dengan mudah menjangkaunya dan dapat terjalin kelancaran operasi serta memudahkan perawatannya.

Secara garis besar tata letak pabrik dibagi dalam beberapa daerah utama, yaitu :

a. Daerah administrasi/perkantoran, laboratorium dan ruang control. Daerah ini merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses serta produk.

b. Daerah Proses

Daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan tempat proses berlangsung.

- c. Daerah Pergudangan Umum, Bengkel dan Garasi
- d. Daerah Utilitas

#### 2.4.2.4 Tata Letak Alat Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

- a. Aliran Bahan Baku dan Produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu juga diperhatikan penempatan pipa, dimana untuk pipa di atas tanah perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih, sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas kerja.

- b. Aliran Udara

Kelancaran aliran udara di dalam dan disekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnansi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya, sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja. Disamping itu juga perlu diperhatikan arah hembusan angin.

- c. Cahaya

Penerangan seluruh pabrik harus memadai pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi.

- d. Lalu Lintas Manusia

Dalam hal perancangan tata letak peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat menjangkau seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Jika terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Selain itu, keamanan pekerja dalam menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

- e. Tata Letak Alat Proses

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dengan tetap menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.



f. Jarak Antar Alat Proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan pada alat-alat proses lainnya.

g. *Maintenance*

*Maintenance* berguna untuk menjaga sarana atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi bahan baku yang diharapkan. Perawatan *preventif* dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan. Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada tiap-tiap alat. Perawatan tiap alat meliputi :

a) Over Head 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta leveling alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang rusak, kemudian dikembalikan seperti kondisi semula.

b) Repairing

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat yang rusak. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance* adalah :

a) Umur Alat

Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan

b) Bahan Baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

Tata letak alat proses harus harus dirancang sedemikian rupa sehingga

- a) Kelancaran proses produksi dapat terjamin
- b) Dapat mengefektifkan penggunaan ruangan
- c) Biaya material dikendalikan agar lebih rendah, sehingga dapat mengurangi biaya kapital yang tidak penting.
- d) Jika tata letak peralatan proses sudah benar dan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu memakai alat angkut dengan biaya mahal.

### 2.4.3 Uji Kelayakan Ekonomi

Suatu pabrik layak didirikan jika telah memenuhi beberapa syarat antara lain *safety*-nya terjamin dan tentu saja dapat mendatangkan profit. Dalam hal ini kita akan memfokuskan pada kelayakan secara ekonomi saja. Untuk mendirikan suatu pabrik diperlukan modal yang cukup besar. Modal ini bisa berasal dari investor maupun dari pinjaman bank. Modal yang digunakan ada 2 macam yaitu modal tetap dan modal kerja. Modal tetap meliputi pembelian alat-alat, instalasi, pemipaan, instrumentasi, isolasi (jika perlu), listrik, utilitas, bangunan, tanah, *engineering and construction*, *contractor's fee* dan *contingency*. Modal kerja besarnya tergantung pada jenis pabrik dan kapasitasnya. Modal kerja ini meliputi *raw material inventory*, *in process inventory*, *product inventory*, *extended credit* dan *available cash*. Kedua modal di atas digunakan untuk biaya produksi yang terbagi menjadi 3 macam yaitu biaya produksi langsung, biaya produksi tidak langsung dan biaya tetap. Biaya produksi langsung adalah biaya yang harus dikeluarkan untuk pembiayaan langsung suatu proses, seperti bahan baku, buruh dan supervisor, perawatan, *plant supplies*, paten dan royalty dan utilitas. Biaya produksi tidak langsung adalah biaya yang dikeluarkan untuk mendanai hal-hal yang secara tidak langsung membantu proses produksi, antara lain *payroll overhead* (seperti rekreasi karyawan), laboratorium, *plant overhead*, *packing* dan pengapalan. Biaya tetap adalah biaya yang tetap dikeluarkan baik pada saat pabrik berproduksi maupun tidak. Biaya ini mencakup depresiasi, pajak dan asuransi. Selain itu ada juga biaya umum yang meliputi administrasi, *sales expenses*, penelitian dan finance. Laba atau profit diperoleh dari hasil pengurangan harga jual dengan biaya produksi. Selain berorientasi pada perolehan profit, perusahaan

juga harus bisa mengembalikan modal apalagi jika modal itu berasal dari pinjaman. Waktu untuk pengembalian modal dinyatakan dengan persentase *Return On Investment (ROI)* yang dirumuskan sebagai perbandingan laba dengan modal tetap. Bisa juga dinyatakan dalam *Pay Out Time (POT)*. Besarnya *Return On Investment* dan *Pay Out Time* berbeda untuk tiap jenis pabrik tergantung dari resiko yang ditimbulkan oleh proses dalam pabrik. Uji kelayakan ekonomi juga dinyatakan dalam bentuk grafik hubungan kapasitas produksi dan biaya yang harus dikeluarkan. Akan terbentuk 2 buah titik yaitu *Shut Down Point* dan *Break Even Point*. *Shut Down Point* adalah suatu titik di mana pada kondisi itu jika proses dijalankan maka perusahaan tidak akan mendapatkan laba tetapi juga tidak menimbulkan kerugian. Jika pabrik beroperasi pada kapasitas di bawah titik *Shut Down Point* maka pabrik akan mendapatkan rugi. Titik *Break Even Point* adalah keadaan yang timbul jika pabrik beroperasi pada kapasitas penuh. Nilai *Break Even Point* yang baik untuk pabrik kimia biasanya berkisar antara 40% – 60%. Dengan memperhatikan semua unsur, dari pemilihan lokasi, pemilihan teknologi, kapasitas, teknologi proses dan pemroses serta ditunjang dengan pengendalian proses dan system manajemen sumber daya manusia yang baik, maka diperoleh laba yang optimum.

#### 2.4.3.1 Kawasan Industri di Wilayah Sekitar Jakarta

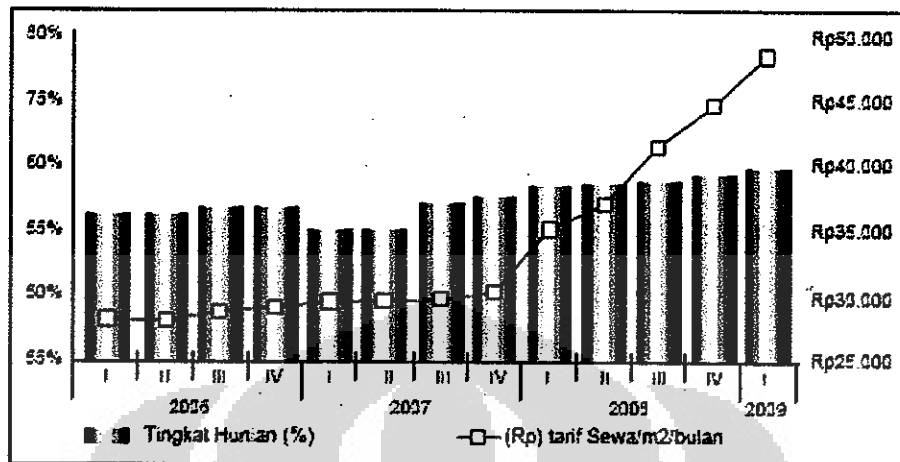
Sejak Keputusan Presiden dikeluarkan pada tahun 1989 yang mengizinkan pengembangan kawasan industri oleh pihak swasta, jumlah kawasan industri telah meningkat pesat. Seiring dengan perkembangan perekonomian di Indonesia seperti adanya deregulasi tentang Penanaman Modal Asing yang dikenal dengan PP No.20. Selain itu, kebijakan Pemerintah mengenai relokasi pabrik-pabrik yang berada di daerah hunian karena masalah pencemaran memberikan dampak positif bagi usaha Perseroan dimana dapat dilihat dengan meningkatnya permintaan atas lokasi kawasan industri yang dikelola oleh Perseroan Terbatas. Faktor-faktor utama lain yang terkait dengan prospek usaha Perseroan yang bergerak di bidang pembangunan dan pengelolaan kawasan industri, antara lain:

- Rencana Penyusunan Peraturan Pelaksanaan UU No. 25/2007 dalam rangka perbaikan iklim investasi.

- Angka Pertumbuhan Penduduk Provinsi Banten sebesar 4,18% dengan jumlah penduduk 9,423,400 jiwa (data BPS tahun 2007).
- Upah Minimum Regional Kabupaten Tangerang (2008) sebesar Rp 953,850,-/ bulan.
- Lokasi Kawasan industri yang akan memudahkan lalu lintas menuju ke Pelabuhan Laut Tanjung Priok.

Menurut riset properti Colliers Jardine (Indonesia Property Market, edited Feb 2008), permintaan tanah dari perusahaan-perusahaan domestik meningkat dikarenakan kebijakan-kebijakan pemerintah dalam penurunan tarif dan keringanan-keringanan perpajakan untuk membantu perusahaan-perusahaan kecil dan menengah dalam manufakturing. Hal ini diramalkan akan meningkatkan permintaan akan bangunan pabrik-pabrik yang sudah jadi di kawasan industry. Hasil Survei Properti Komersial Triwulan I-2009 oleh Bank Indonesia, jumlah pasokan lahan industri di wilayah Jabobeka (Jakarta, Bogor, Bekasi, dan Karawang) tahun 2008 tidak mengalami peningkatan, yaitu sebesar 5.817 Ha. Sementara tingkat penjualan lahan industri sedikit meningkat sebesar 0,35%, sedangkan harga jual lahan industri mengalami kenaikan dari Rp 764.338/m<sup>2</sup> menjadi sebesar Rp 773.401/m<sup>2</sup>. Selain itu, tarif sewa gedung pabrik standar dan gudang di Jabobeka pada triwulan I-2009 meningkat sebesar 8,41% menjadi sebesar Rp 48.447/m<sup>2</sup>/bulan. Sedangkan tingkat hunian lahan industri mengalami peningkatan 0,56% dibandingkan triwulan sebelumnya menjadi 69,45%. Ilustrasi di bawah ini menggambarkan perkembangan tingkat hunian dan tarif sewa lahan industri di Jabobeka.

### Tingkat Hunian dan Tarif Sewa Lahan Industri di Jabobeka



Gambar 2.10 Survei Properti Komersial Triwulan I-2009, Bank Indonesia

Sumber : Survei Properti Komersial Bank Indonesia

Serupa dengan triwulan sebelumnya, kawasan industri di Bekasi dan Karawang/Purwakarta merupakan lokasi yang populer yang mana pada area tersebut mencapai dua pertiga dari total transaksi selama triwulan dua tahun 2008. Sementara itu, kawasan di Serang dan Tangerang menyerap sisanya. Permintaan untuk kawasan industri pada triwulan dua tahun 2008 ini, masih didominasi oleh industri otomotif dan beberapa industri lainnya seperti logistik dan peleburan logam. Investor asing, khususnya Jepang, merupakan negara dimana permintaan utama untuk lahan industri berasal, sedangkan beberapa permintaan lainnya berasal dari pelaku industri lokal.

Berdasarkan data yang diperoleh dari portal Badan Koordinasi Penanaman Modal (BKPM) Propinsi Banten, perusahaan pengembang kawasan industri yang terdapat di Provinsi Banten, antara lain adalah sebagai berikut:

- Millennium Industrial Estate
- Taman Tekno Bumi Serpong Damai
- West Tangerang Industrial Estate Cikupa
- Kawasan Industri & Perdagangan Cikupamas
- Pasar Kemis Industrial Estate
- Langgeng Sahabat Industrial Estate
- Petrochemical Industrial Estate Pancapuri

- Cipta Cakra Murdaya
- Samada Perdana Industrial Estate

banyaknya faktor pendukung wilayah jabobeka sebagai kawasan industri juga merupakan potensi hal ini juga ditunjang dengan perkembangan sektor industri di dalam negeri dan meningkatnya investor asing yang akan datang ke Indonesia, yang pada akhirnya berpengaruh pada perkembangan kawasan industri yang didukung oleh pertumbuhan ekonomi nasional dimana meningkatkan kebutuhan akan wilayah khusus industri.

#### 2.4.4 Struktur Estimasi Biaya

Besarnya biaya kontruksi pabrik tergantung oleh beberapa variable. Variable biaya dengan jenis pelelangan dengan kontrak harga satuan, dipengaruhi oleh harga satuan pekerjaan, volume pekerjaan, pajak dan biaya lainnya seperti biaya overhead kantor dan biaya fee atau laba kontraktor yang sudah diperhitungkan kedalam harga satuan pekerjaan. Komponen biaya harga satuan pekerjaan dipengaruhi oleh:

- a. Harga Satuan Upah yang ditentukan jenis oleh pekerjaan dan lokasi pekerjaan.
- b. Harga Satuan Alat yang ditentukan oleh jenis, usia dan harga dari peralatan yang digunakan.
- c. Harga Satuan Material ditentukan oleh jenis material , alat yang digunakan untuk mengolah material dan upah.

Penelitian ini membatasi pada Pembangunan proyek pabrik tahap konseptual, perihal bentuk kontrak itu EPC atau Harga Satuan, penelitian tergantung banyaknya proyek yang sudah dilakukan. Ketersediaan data-data historis yang telah dilaksanakan serta kelengkapannya sangat mempengaruhi fokus penelitian terhadap tinjauan jenis proyek dan variable-variabel yang akan diteliti dan dianalisis. Estimasi biaya konseptual kontruksi pabrik didasarkan kepada informasi historis dari pelaksanaan kontruksi yang sudah dilakukan pada masa lampau, seperti lingkup pekerjaan, biaya dan spesifikasi. Data penelitian bersumber dari data kontrak proyek kontruksi pabrik.

## 2.5 Estimasi Dengan Nilai Rentang (*Range Estimate*)

Estimasi nilai rentang biaya atau juga biasa disebut dengan estimasi probabilistik timbul dikarenakan dengan kurang berhasilnya estimasi dengan nilai tunggal menangani sejumlah resiko dan ketidakpastian dalam mengestimasi. Hal ini yang menyebabkan beberapa ahli meneliti hal ini. Menurut Sonmez (2004)[19] Pada tahap konseptual banyak dimana ketersediaan informasi yang sangat minim dan terbatas serta lingkup proyek yang belum final menyebabkan unsur ketidakpastian dan hal ini tidak dapat direfleksikan dengan nilai tunggal. Oleh karena itu penggunaan estimasi yang bernilai rata-rata atau rentang merupakan hal yang esensial untuk menghitung sejumlah ketidakpastian. AACE menyebutkan dalam *Recommend Practice nya* didalam AACE 41R-08, 2008[1] mengenai estimasi nilai rentang bahwa estimasi nilai rentang merupakan teknik analisis resiko yang mengkombinasikan teknik sampling Monte Carlo, yang berfokus pada beberapa item-item kritis dan bersifat petunjuk praktis dengan cara merangking resiko resiko yang kritis dan menghitung peluangnya. Pendekatan ini dilakukan untuk membangun nilai rentang dari estimasi proyek secara keseluruhan dan untuk menjelaskan bagaimana kontingensi sebaiknya dialokasikan diantara item-item kritis tadi AACE 41R-08, (2008). Secara umum Dickman (1983) menyebutkan beberapa metode estimasi probabilistik yang cocok dalam mengestimasi biaya: teknik direct analysis, teknik central limits, metode approximate dan teknik simulasi seperti metode Monte Carlo. Menurut Raftery (1990) [20] simulasi Monte Carlo menyediakan kerangka yang cocok untuk manajemen yang sistematis dari resiko proyek. Karena estimasi probabilistik berfokus pada rentang (distribusi probabilitas) nilai kemungkinan dari variabel resiko akan sangat membantu memodelkan variabel-variabel proyek secara sistematis dan membantu estimator dalam membuat keputusan yang kuat dan dapat dipercaya. Dengan estimasi nilai rentang kita dapat menganalisis resiko proyek dengan mengidentifikasi item-item yang mempunyai efek kritis dan menerapkan rentang hanya pada item-item tersebut. Analisa resiko bukan merupakan analisa dari akurasi sebuah estimasi. Karena tingkat keakurasian sebuah estimasi tergantung biasanya tergantung dari maturity. Kontingensi yang

dilakukan melalui analisis resiko tidak mengukur estimasi melainkan hanya merefleksikan resiko-resiko yang ada.

### 2.5.1 Estimasi Biaya Dengan Teknik Tradisional (Parametrik)

Teknik-teknik peramalan umumnya merupakan pendekatan kuantitatif yang telah digunakan selama setengah abad, dapat berupa metode deterministic maupun stokastik. Metode regresi (*linear regression* dan *multiple regression*), model ekonometrik, *moving average method*, dan *exponential smoothing methods* merupakan contoh-contoh yang menggunakan metode deterministic. Sedangkan *maximum likelihood method* Box-Jankins models dan *probability weighted moment* (L-moment) merupakan contoh berbasis stokastik. Model estimasi biaya deterministik (mengacu kepada model parametrik) secara tradisional telah digunakan banyak peneliti sehubungan dengan formulasi yang simple. Teknik ini data-data historis digunakan untuk mengembangkan hubungan-hubungan biaya berdasarkan analisis statistik. Estimasi parametrik yaitu penentuan siklus biaya suatu sistem dari model matematik yang terdiri sejumlah parameter dan berdasarkan proyek historis yang serupa. Pengertian lainnya estimasi parametrik yaitu estimasi biaya dari suatu sistem yang dibuat dari komponen-komponen teragregasi oleh model matematik yang terdiri dari parameter-parameter. Dalam analisis parametrik, perhitungan parameter utama harus dijelaskan hubungannya dengan variabel-variabel bebas sebelum analisis dilakukan. Variabel-variabel dalam perhitungan parametrik dapat diidentifikasi dengan memfokuskan karakteristik-karakteristik suatu sistem yang berhubungan langsung dengan terhadap biaya berdasarkan suatu studi. Kemudian hubungan matematik untuk korelasi data dapat digunakan untuk menyatakan hubungan tersebut. Model-model matematik yang paling populer adalah bentuk linier dari perhitungan aritmatik, logaritmik, dan semi-logaritmik. Dalam teknik estimasi biaya parametrik, variabel terikat merupakan biaya dan dua atau lebih variable bebas seperti ukuran, lokasi, kapasitas, waktu, dan sebagainya. Umumnya tiga bentuk perhitungan dalam estimasi parametrik sebagai berikut:

#### a. Hubungan Linier

$$\text{Cost} = a + bX + cX_2 + \dots \quad (2.1)$$



b. Hubungan Logaritmik

$$\text{Log (Cost)} = a + b \log X_1 + c \log X_2 + \dots \quad (2.2)$$

c. Hubungan Eksponensial

$$\text{Cost} = a + bX_1^C + d X_2^E + \dots \quad (2.3)$$

Dimana:

a, b, c, d, dan e konstan dan  $X_1, X_2, X_3, X_4, X \dots$  Merupakan karakteristik/variabel kinerja yang mempengaruhi biaya.

Kriteria terbaik untuk memilih bentuk dari hubungan estimasi biaya merupakan pemahaman yang baik dalam hal bagaimana biaya-biaya bervariasi dengan perubahan dalam variabel-variabel bebas. Hal tersebut merupakan tugas yang sulit dan berdasarkan pengalaman dari *estimator* yang terlibat dan dilakukan dengan *trial and error* Creese dan Li (1995) [21] menyebutkan kerugian utama dari teknik tradisional untuk estimasi parametrik adalah bentuk matematik harus dijelaskan lebih dahulu sebelum analisis dilakukan untuk menentukan fungsi biaya aktual yang cocok dengan data historis. Selain itu memodelkan biaya sebagai fungsi dari anggota variabel-variabel bebas bukan merupakan tugas yang mudah. Hal tersebut disebabkan sejumlah besar variabel yang ada pada sistem yang dievaluasi serta sejumlah interaksi diantara variabel-variabel tersebut. Kelemahan lainnya adalah penggunaan hubungan estimasi biaya tunggal terhadap keseluruhan variabel-variabel biaya yang terlibat sering mempunyai korelasi matematik yang berbeda dengan biaya dari sistem. Permasalahan-permasalahan ini menjelaskan akurasi yang rendah dan terbatasnya penggunaan teknik estimasi parametrik yang berdasarkan analisis matematik dalam dunia konstruksi dan kebutuhan untuk teknik yang lebih akurat untuk memecahkan permasalahan estimasi biaya (Ayed, A.S., 1998) [22].

### 2.5.2 Estimasi Biaya Dengan Teknik Probabilistik

Secara umum, Dickman (1983) menyebutkan empat metode estimasi probabilistic yang cocok untuk estimasi biaya: teknik *direct analysis* metode berdasarkan teorema "*central-limits*", metode dan teknik simulasi seperti metode Monte Carlo. Dickman mengidentifikasi metode Monte Carlo merupakan pendekatan yang paling cocok dalam estimasi probabilistik. Asworth (1985) [23]

kemudian menambahkan kecocokan metode Monte Carlo tersebut sebagai alat bantu pembuat keputusan yang efektif dengan mendemonstrasikan kemampuan metode dalam simulasi yang akurat. Penelitian lainnya oleh Walker (1988), Jaafari (1990), dan Uher & Levido (1992) menunjukkan hal yang sama. Raftery (1990) menyatakan bahwa estimasi probabilistik berdasarkan simulasi Monte Carlo menyediakan kerangka yang cocok untuk manajemen yang sistematis dari risiko proyek. Karena estimasi probabilistik fokus pada rentang (distribusi probabilitas) nilai kemungkinan dari berbagai variabel risiko, maka akan membantu memodelkan variabel-variabel proyek secara sistematis dan menyediakan *estimator* alat bantu keputusan yang kokoh dan dapat dipercaya (Uher, T. E., 1996) [24].

Variabel-variabel risiko dalam model estimasi biaya probabilistik harus dinyatakan dengan distribusi probabilitas. Probabilitas merupakan cara dalam mengukur ketidakpastian dan dapat dinilai secara obyektif (dengan menerima data yang dapat dihitung dari database atau dengan *men-generate* data melalui eksperimen acak) atau subyektif, berdasarkan pengetahuan yang ada. Betts (1991), Ivkovic(1991) dan Townley (1991) mempercayai bahwa data obyektif lebih disukai karena konsistensi dan akurasi yang dirasakan (Uher, T. E., 1996). *Recommended Practices* yang dikeluarkan oleh AACE (2008) mengenai estimasi nilai rentang menjelaskan bahwa risiko yang berhubungan dengan estimasi nilai rentang mempunyai pengertian sesuatu hal potensial yang tidak diinginkan terjadi dan atau kemungkinan suatu kejadian, sebagai contoh suatu ketidakpastian maupun ancaman. Estimasi nilai rentang merupakan teknik analisis risiko yang mengkombinasikan teknik sampling Monte Carlo, fokus kepada beberapa item kritis, dan *heuristics* (petunjuk praktis) untuk merangking risiko-risiko kritis dan peluang. Kunci dalam melaksanakan analisis risiko proyek dengan menggunakan estimasi nilai rentang adalah untuk mengidentifikasi dengan benar item-item yang mempunyai efek kritis pada manfaat proyek dan penerapan rentang hanya pada item-item tersebut. Analisis risiko bukan merupakan analisis dari akurasi estimasi. Akurasi tergantung kepada *deliverables* dan *maturity* dari estimasi. Kontingensi, yang ditentukan melalui analisis risiko, tidak mengukur akurasi estimasi, hanya merefleksikan risiko pada yang ditetapkan atau probabilitas yang ditentukan.

## 2.6 Artificial Intelligence

*Artificial Intelligence* adalah cabang ilmu computer yang berhubungan dengan cara merepresentasikan pengetahuan menggunakan simbol dengan menggunakan aturan dasar, atau *heuristic*, untuk mengolah informasi (Turban, 2005). Dengan menggunakan *heuristic*, seseorang tidak harus berpikir ulang sepenuhnya tentang apa yang harus dilakukan setiap kali menghadapi persoalan serupa. *Heuristic* adalah pengetahuan informal yang kritis mengenai suatu area aplikasi yang merupakan “*rule of good judgement*” juga mencakup pengetahuan tentang bagaimana memecahkan persoalan secara efisien dan efektif, bagaimana merancang langkah-langkah dalam memecahkan persoalan kompleks, bagaimana meningkatkan performa, dan seterusnya (Turban, Aronson, & Liang, 2005)[25].

Secara garis besar, AI terbagi ke dalam dua faham pemikiran yaitu AI Konvensional dan Kecerdasan Komputasional (CI, Computational Intelligence). AI konvensional kebanyakan melibatkan metoda-metoda yang sekarang diklasifikasikan sebagai pembelajaran mesin, yang ditandai dengan formalisme dan analisis statistik. Dikenal juga sebagai AI simbolis, AI logis, AI murni dan AI cara lama (GOFAI, Good Old Fashioned Artificial Intelligence). Metoda-metodanya meliputi:

- a. Sistem pakar : menerapkan kapabilitas pertimbangan untuk mencapai kesimpulan. Sebuah sistem pakar dapat memproses sejumlah besar informasi yang diketahui dan menyediakan kesimpulan-kesimpulan berdasarkan pada informasi-informasi tersebut.
- b. Pertimbangan berdasar kasus
- c. Jaringan Bayesian
- d. AI berdasar tingkah laku : metoda modular pada pembentukan sistem AI secara manual

Kecerdasan komputasional melibatkan pengembangan atau pembelajaran iteratif (misalnya penalaan parameter seperti dalam sistem koneksionis. Pembelajaran ini berdasarkan pada data empiris dan diasosiasikan dengan AI non-simbolis, AI yang tak teratur dan perhitungan lunak. Metoda-metoda pokoknya meliputi:

- a. Jaringan Syaraf Tiruan : sistem dengan kemampuan pengenalan pola yang sangat kuat

- b. Sistem Fuzzy : teknik-teknik untuk pertimbangan di bawah ketidakpastian, telah digunakan secara meluas dalam industri modern dan sistem kendali produk konsumen.
- c. Komputasi Evolusioner : menerapkan konsep-konsep yang terinspirasi secara biologis seperti populasi, mutasi dan "*survival of the fittest*" untuk menghasilkan pemecahan masalah yang lebih baik.

Metoda-metoda ini terutama dibagi menjadi algoritma evolusioner (misalnya algoritma genetik) dan kecerdasan berkelompok (misalnya algoritma semut). Dengan sistem cerdas hibrid, percobaan-percobaan dibuat untuk menggabungkan kedua kelompok ini. Aturan inferensi pakar dapat dibangkitkan melalui jaringan syaraf atau aturan produksi dari pembelajaran statistik seperti dalam ACT-R. Sebuah pendekatan baru yang menjanjikan disebutkan bahwa penguatan kecerdasan mencoba untuk mencapai kecerdasan buatan dalam proses pengembangan evolusioner sebagai efek samping dari penguatan kecerdasan manusia melalui teknologi.

## 2.7 *Artificial Neural Network* (ANN)

### 2.7.1. Definisi ANN

ANN merupakan salah satu teknik *Artificial Intelligence* yang merupakan bagian dari ilmu komputer yang mempelajari bagaimana membuat mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia bahkan bisa lebih baik daripada yang dilakukan manusia. Christos Stergiou dan Dimitri Siganos (1996) menyebutkan Neural Network adalah sebuah perhitungan yang didasarkan pada model dan mekanisme sel-sel saraf otak manusia (*neuron*) didalamnya menyelesaikan berbagai permasalahan kompleks seperti pengenalan pola, pengolahan informasi secara cepat, proses belajar dan indentifikasi. Sama seperti otak manusia, metode ini dapat belajar dari pengalaman, sehingga dikategorikan sebagai metode yang menggunakan *artificial intelligence*.

ANN sederhana pertama kali diperkenalkan oleh Warren McCulloch dan Walter Pitts di tahun 1943. McCulloch dan Pitts menyebutkan ANN merupakan salah satu sistem pemrosesan informasi yang didesain dengan menirukan cara

kerja otak manusia dalam menyelesaikan suatu masalah dengan melakukan proses belajar melalui perubahan bobot sinapsisnya. McCulloch dan Pitts menyimpulkan bahwa kombinasi beberapa neuron sederhana menjadi system neural yang akan meningkatkan kemampuan komputasinya. Bobot dalam jaringan yang diusulkan oleh McCulloch dan Pitts diatur untuk melakukan fungsi logika sederhana. Fungsi aktifasi yang dipakai adalah fungsi threshold. Akan tetapi, keterbatasan teknologi pada saat tersebut menyebabkan penggunaan yang sangat terbatas dari metode ini.

Menurut Lehay, M.B., M.A Johson and S.K Rogers, ANN adalah Sebuah jaringan neural yang terbentuk turunan dari Artificial Intelligence (AI) yang sedang diterapkan dalam pengaturan industrial yang dimulai dari sistem pengendalian ke robot (Antsaklis, P.J, 1991) [26]. Pendekatan yang berbeda untuk AI dari teknik tradisional seperti sistem pakar dengan mencoba untuk meniru mekanisme yang otak manusia memanipulasi data dan mencapai keputusan. Menurut Haykin, S. (1999) [27], *Neural Network* merupakan sebuah prosesor yang terdistribusi paralel dan mempunyai kecenderungan untuk menyimpan pengetahuan yang didapatkannya dari pengalaman dan membuatnya tetap tersedia untuk digunakan. Hal ini menyerupai kerja otak dalam dua hal, yang pertama bahwa pengetahuan diperoleh oleh jaringan melalui suatu proses belajar, dan yang kedua bahwa kekuatan hubungan antar sel saraf yang dikenal dengan bobot sinapsis digunakan untuk menyimpan pengetahuan.

ANN mampu melakukan pengenalan kegiatan berbasis data masa lalu. Data masa lalu akan dipelajari oleh jaringan saraf tiruan sehingga mempunyai kemampuan untuk memberikan keputusan terhadap data yang belum pernah dipelajari. *Artificial Neural Network (ANN)* atau jaringan syaraf buatan merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk menstimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. ANN diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran (Fausett, 1994) [28]. Elemen yang paling mendasar dari jaringan syaraf adalah sel syaraf. Sel-sel saraf inilah membentuk bagian kesadaran manusia yang meliputi beberapa kemampuan umum.

Pada dasarnya sel syaraf biologi menerima masukan dari sumber yang lain dan mengkombinasikannya dengan beberapa cara, melaksanakan suatu operasi yang non-linear untuk mendapatkan hasil dan kemudian mengeluarkan hasil akhir tersebut. Dalam tubuh manusia terdapat banyak variasi tipe dasar sel syaraf, sehingga proses berpikir manusia menjadi sulit untuk direplikasi secara elektrik. Sekalipun demikian, semua sel syaraf alami mempunyai empat komponen dasar yang sama. Keempat komponen dasar ini diketahui berdasarkan nama biologinya yaitu, dendrit, soma, akson, dan sinapsis. Setiap sel syaraf akan memiliki satu inti sel, inti sel ini nanti yang akan bertugas untuk melakukan pemrosesan informasi (*Processing Element*). Informasi yang datang akan diterima oleh dendrit. Selain menerima informasi dendrit juga menyertai akson sebagai keluaran dari suatu pemrosesan informasi. Informasi hasil olahan ini akan menjadi masukan bagi neuron lain yang mana antar dendrite kedua sel tersebut dipertemukan dengan sinapsis. Informasi yang dikirimkan antar neuron ini berupa rangsangan yang dilewatkan melalui dendrit. Informasi yang datang dan diterima oleh dendrit akan dijumlahkan dan dikirim melalui akson ke dendrit akhir yang bersentuhan dengan dendrit dari neuron yang lain. Informasi ini akan diterima oleh neuron lain jika memenuhi batasan tertentu, yang sering dikenal dengan nama nilai ambang (*threshold*) yang dikatakan teraktivasi.

Hubungan antara jaringan syaraf biologis dan ANN menurut Medsker dan Liwbowitz (1994) terdapat pada tabel berikut:

Tabel 2.3. Analogi Jaringan Syaraf Biologis dan ANN

Biologis	ANN
Soma	<i>Node</i>
Dendrit	<i>Input</i>
Akson	<i>Output</i>
Sinapsis	Bobot
Laju Pelan	Laju Cepat
Banyak <i>Neuron</i> ( $10^9$ )	Sedikit <i>Neuron</i> (ratusan atau ribuan lusin)

Sumber: Efrain Turban et.al., *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, 2005.

Beberapa Sifat dan kelebihan ANN dengan teknik *Artificial Intelligence*

yang lain menurut Wassermann (1989), Gallant (1988), dan Castelaz (1987), sebagai berikut :

a. Belajar Adaptif

ANN mempunyai kemampuan untuk belajar bagaimana melakukan tugas-tugas didasarkan pada data yang diberikan untuk pelatihan atau pengalaman awal. melalui contoh, tidak seperti *expert systems*, belajar dari banyak pola contoh pelatihan dan asosiasinya misalnya *output* yang ditentukan. Contoh pelatihan ini dapat dihasilkan dari ahli tanpa kebutuhan untuk meminta, bagaimana ataupun mengapa sehingga sampai pada kesimpulan. ANN menghasilkan respon yang cepat, tidak membutuhkan waktu yang lama untuk pembelajaran.

b. Self-Organisation

ANN dapat membuat sendiri organisasinya atau representasi dari informasi yang diterimanya selama waktu belajar. ANN dapat meng-ekstrak klasifikasi (*clustering*) karakteristik- karakteristik dari sejumlah besar contoh *input* pada kasus *unsupervised learning*. ANN mampu mendistribusikan memori; bobot koneksi merupakan unit memori dari jaringan. Nilai bobot ANN menggambarkan *state of knowledge* dari jaringan.

c. Fault Toleransi melalui Informasi Redundant Coding

ANN mempunyai *fault-tolerant* sejak memori didistribusikan, kegagalan dari beberapa processing element akan sedikit merubah keseluruhan perilaku jaringan.

d. ANN Dapat Merepresentasikan Ketidakpastian

ANN dapat mengukur kepercayaan dengan memodifikasi pola permasalahan dengan dua cara: (1) memilih nilai *input* untuk menggambarkan pengukuran kepercayaan atribut, dan (2) dengan menambahkan atribut lain dalam merepresentasikan pengukuran kepercayaan pada contoh *input*. ANN memerlukan penyimpanan memori yang lebih sedikit. Satu kumpulan bobot jaringan berkemampuan merepresentasikan ruang yang besar dari pola yang disimpan.

Beberapa kekurangan dalam pengembangan ANN adalah :

a. Penyelesaian masalah melalui ANN hanya didasarkan pada teknik *heuristic*.

- b. Interaksi yang terjadi dalam ANN sangat kompleks.
- c. Mempelajari ANN sangat susah dimengerti sehingga sering di sebut "*black box*".
- d. ANN memodelkan sesuatu berdasarkan pengalaman terdahulu tetapi ANN tidak mampu menjelaskan dan menjustifikasi keputusan yang dihasilkan.

Zurada (2002) menyebutkan ANN adalah sistem selular fisik yang dapat memperoleh, menyimpan dan menggunakan pengetahuan yang didapatkan dari pengalaman. ANN merupakan salah satu teknik *Artificial Intelligence* yang merupakan bagian dari ilmu komputer yang mempelajari bagaimana membuat mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia bahkan bisa lebih baik daripada yang dilakukan manusia. Menurut Khosrowshahi (2005), ANN cocok digunakan untuk pemecahan masalah tentang penentuan estimasi biaya, prediksi ataupun peramalan. Berkat bentuk arsitekturnya yang dapat menerima, mengolah dan mengeluarkan berbagai variabel secara bersamaan, ANN dapat diaplikasikan pada sebuah sistem *multivariable*. Selain itu dengan bervariasi jumlah layer dari ANN, maka metode ini dapat digunakan baik untuk sistem linear maupun non linear.

Perkembangan teknik ANN tersebut di latarbelakangi oleh kesulitan-kesulitan yang timbul jika menggunakan teknik tradisional seperti multiple regression analysis diantaranya kesulitan dalam hal :

- a. Menghubungkan variable-variabel dalam model yang non linear
- b. Memodelkan ketergantungan antara *input* data yang saling mempengaruhi saat memperhitungkan variable-variabel yang berhubungan terhadap biaya konstruksi.
- c. Dapat menyatukan dan menghubungkan data-data yang kurang lengkap sebagaimana yang biasa disebut dengan *Black box*.

### 2.7.2. Konsep Dasar Model Neuron

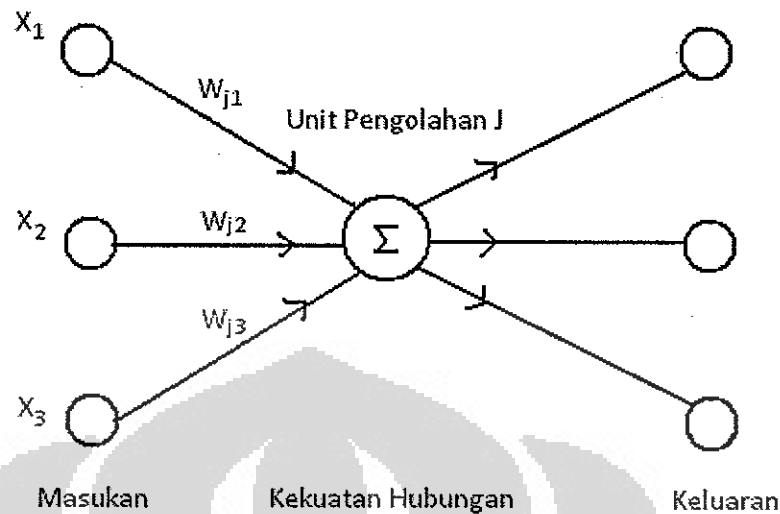
Seperti halnya otak manusia, jaringan saraf juga terdiri dari beberapa neuron dan ada hubungan antara neuron-neuron tersebut. Beberapa neuron akan mentransformasikan informasi yang diterimanya melalui sambungan keluaran menuju neuron-neuron yang lain. Neuron adalah unit pemroses informasi yang



menjadi dasar dalam pengoperasian jaringan syaraf tiruan. Tiruan neuron dalam struktur jaringan saraf tiruan adalah sebagai elemen pemroses yang dapat berfungsi seperti halnya sebuah neuron. Sejumlah sinyal masukan  $a$  dikalikan dengan masing-masing penimbang yang bersesuaian  $w$ . Kemudian dilakukan penjumlahan dari seluruh hasil perkalian tersebut dan keluaran yang dihasilkan dilalukan kedalam fungsi pengaktif untuk mendapatkan tingkatan derajat sinyal keluarannya  $F(a,w)$ . Walaupun masih jauh dari sempurna, namun kinerja dari tiruan neuron ini identik dengan kinerja dari sel biologi yang kita kenal saat ini. Neuron terdiri dari 3 elemen pembentuk :

- a. Himpunan unit-unit yang dihubungkan dengan jalur koneksi. Jalur-jalur tersebut memiliki bobot/kekuatan yang berbeda-beda. Bobot yang bernilai positif akan memperkuat sinyal dan yang bersifat negative akan memperlemah sinyal yang dibawanya. Jumlah, struktur dan pola hubungan antar unit-unit tersebut akan menentukan arsitektur jaringan.
- b. Suatu unit penjumlah yang akan menjumlahkan *input-input* sinyal yang sudah dikalikan dengan bobotnya. Misalnya  $X_1, X_2, \dots, X_m$  adalah unit-unit *input* dan  $W_{j1}, W_{j2}, \dots, W_{jm}$  adalah bobot penghubung dari unit-unit keluaran  $Y_j$ , maka unit penjumlah akan memberikan keluaran sebesar  $U = X_1 W_{j1} + X_2 W_{j2} + \dots + X_m W_{jm}$
- c. Fungsi aktifasi yang akan menentukan apakah sinyal dari *input* neuron akan diteruskan ke neuron lain atau tidak.

Dengan kata lain neuron/sel saraf adalah sebuah unit pemrosesan informasi yang merupakan dasar operasi jaringan saraf tiruan. Neuron ini dimodelkan dari penyerderhanaan sel saraf manusia yang sebenarnya. Neuron pada neural network dimodelkan sebagai sebuah proses yang mengeluarkan sebuah *output* dari berbagai *input* yang ada (Christos dan Dimitri, 1996). Gambar dibawah ini menunjukkan contoh sederhana suatu neuron.

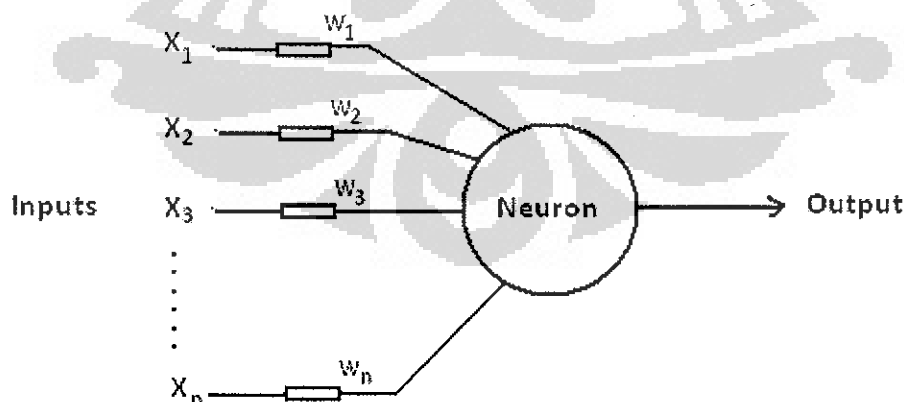


Gambar 2.10 Struktur Unit Jaringan Saraf Tiruan

Sumber : (Christos dan Dimitri, 1996).

Keputusan memilih *output* yang akan dikeluarkan adalah didasarkan pada pola *input* yang diberikan. Kekuatan model metode ini adalah kemampuannya untuk mengambil keputusan walaupun *input* yang diberikan tidak ada dalam database pola-pola yang telah dikenalnya. Dalam kasus ini, *output* yang dikeluarkan adalah berdasarkan pola dalam data base yang paling dekat dengan pola yang ada.

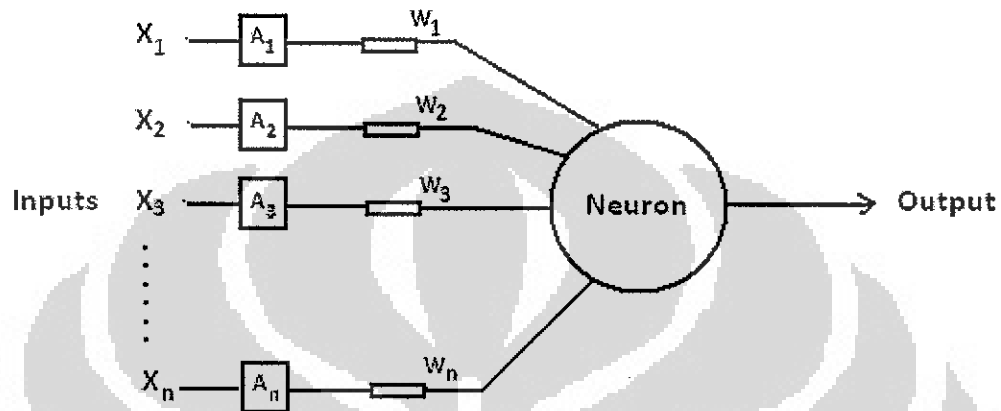
Sebuah model neuron yang lebih akurat dengan menambahkan bobot untuk setiap *input* diperkenalkan oleh McCulloch and Pitts (1940).



Gambar 2.11 Model Neuron MCP Dengan *Input* Terbobot

Sumber : McCulloch and Pitts (1940).

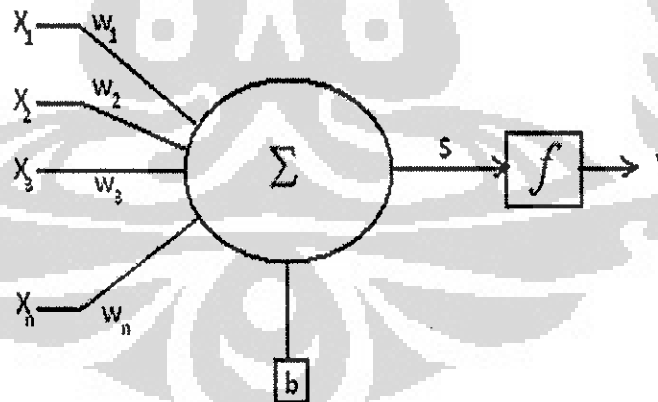
Sebuah model untuk meningkatkan performa dari MCP model diperkenalkan oleh Frank Rosenblatt pada masa 60-an. Ia menambahkan pre-processing pada *input* sebelum dikalikan bobotnya dan memasuki proses perhitungan *output* (Christos dan Dimitri, 1996).



Gambar 2.12 Perceptron

Sumber : (Christos dan Dimitri, 1996).

Dengan menambahkan bias dan fungsi transfer pada setiap neuron, maka didapatkan bentuk dasar matematis sebuah neuron sebagai berikut:



$$y = f(Wp+b)$$

Gambar 2.13 Model Matematis Sebuah Neuron Dasar

Sumber : (Christos dan Dimitri, 1996).

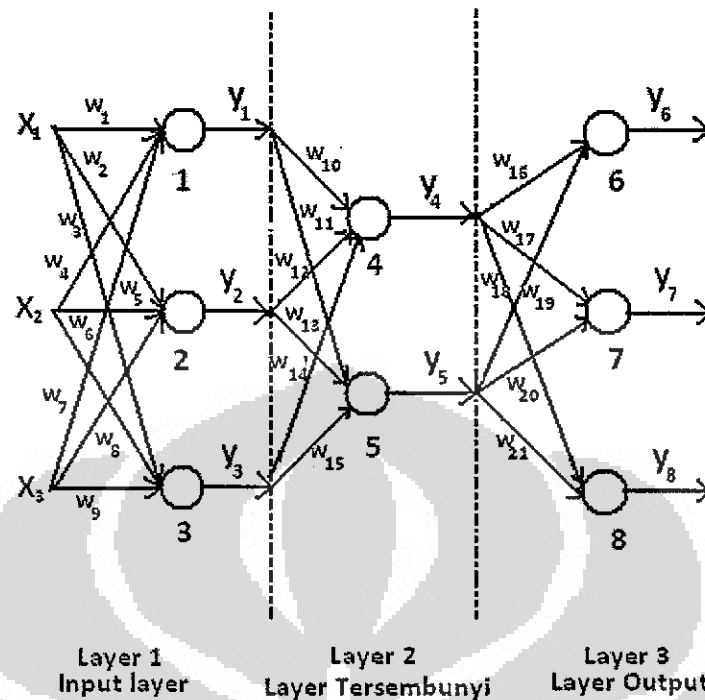
Dimana  $W$  adalah bobot dari *input-input* pada neuron tersebut, dan  $f$  adalah fungsi transfer dari model neuron. Fungsi transfer dari neuron sendiri dan bergantung pada kasus yang ditinjau, seperti hard limit yang banyak digunakan untuk pengenalan pola, sedangkan untuk kasus indentifikasi atau desain control banyak digunakan fungsi sigmoid dan radial (Jerzy Moncincki, 1995).

### 2.7.3. Arsitektur Jaringan Neural Network

Model jaringan saraf tiruan terdiri atas beberapa elemen penghitung tak linier yang masing-masing dihubungkan melalui suatu pembobot dan tersusun secara paralel. Pembobot inilah yang nantinya akan berubah (beradaptasi) selama jaringan saraf tiruan ini mengalami pelatihan. Pelatihan perlu dilakukan pada suatu jaringan saraf tiruan sebelum digunakan untuk menyelesaikan masalah. Dari pelatihan jaringan saraf tiruan ini diperoleh tanggapan yang benar (diinginkan) terhadap masukan yang diberikan kepadanya. Pada suatu tingkat tertentu jaringan saraf tiruan ini dapat memberikan tanggapan yang benar walaupun masukan yang diberikan kepadanya berubah oleh suatu keadaan. Hubungan antar neuron dalam ANN mengikuti pola tertentu tergantung pada arsitekturnya dan berhubungan dengan algoritma pembelajaran yang digunakan untuk melatih network.

Pada umumnya sebuah jaringan ANN memiliki 3 buah layer, yaitu:

- a. Layer *input*
- b. Layer tersembunyi dimana terjadi pengolahan data *input*
- c. Layer *output*



Gambar 2.14 Model ANN Dengan Beberapa Layer

Sumber : Jerzy Moncincki, (1995)

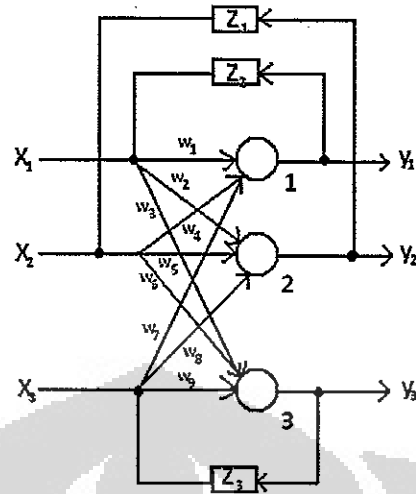
Berikut model ANN Jerzy Moncincki, (1995) dimana layer 1 adalah *layer input*, layer 2 adalah *layer tersembunyi*, dan layer 3 adalah *layer output*. Pada beberapa referensi lain, *input* seringkali dianggap sebagai layer tersendiri, sehingga layer 1 juga dianggap sebagai layer tersembunyi. Berdasarkan arah proses dari *input* menuju *output*, maka jaringan ini dapat dibedakan menjadi 2 type (Christos dan Dimitri, 1996) :

a. Feedforward Network

Jaringan dimana arah sinyal pada neuron adalah satu arah. *Output* yang dihasilkan tidak mempengaruhi *output* selanjutnya.

b. Feedback (*Recuurent*) Network

Jaringan dimana *output* yang dihasilkan akan menjadi *input* pada proses perhitungan *output* selanjutnya sehingga terjadi sebuah loop yang berkesinambungan. Jaringan ini memiliki performs yang lebih baik karena melakukan koreksi error yang terjadi.



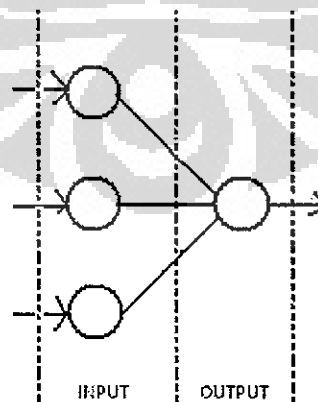
Gambar 2.15 *Feedback (Recurrent) Network*

Sumber : Jerzy Moncincki, (1995)

Sedangkan Haykin,(1999) mengklasifikasikan arsitektur ANN menjadi 3 jenis jaringan yaitu :

a. Jaringan Layar Tunggal (*Single Layer Feed forward Networks*)

Dalam jaringan ini, sekumpulan *input* neuron dihubungkan langsung dengan sekumpulan *output*nya. Jaringan dengan lapisan tunggal hanya memiliki satu lapisan dengan bobot- bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima *input* kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi *output* tanpa harus melalui *hidden layer* dan tidak berlaku sebaliknya. Dengan kata lain, ciri-ciri dari arsitektur ANN dengan lapisan tunggal adalah hanya terdiri dari satu lapisan *input* dan satu lapisan *output*, tanpa *hidden layer* dan bergerak dari lapisan *input* ke *output* (*feedforward*).

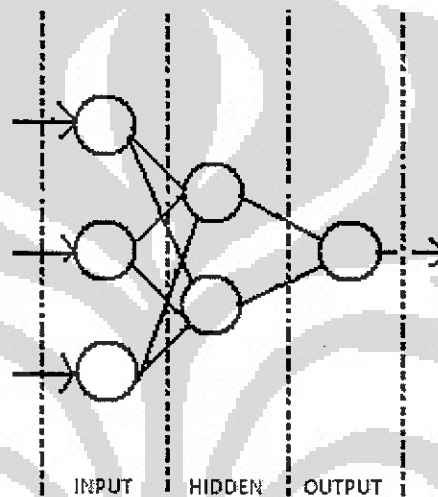


Gambar 2.16 Arsitektur *Single Layer Feedforward Network*

Sumber : Haykin,(1999)

b. Jaringan Layar Jamak (*Multilayer Feed forward Network*)

Jaringan layar jamak merupakan perluasan dari layar tunggal. Dalam jaringan ini, selain unit *input* dan *output*, ada unit-unit lain (yang sering disebut dengan layar tersembunyi). Jaringan layar jamak dapat menyelesaikan masalah yang lebih kompleks dibandingkan dengan layar tunggal, meskipun kadangkala proses pelatihan lebih kompleks dan lama. Umumnya, ada lapisan bobot-bobot yang terletak antara dua lapisan yang bersebelahan.

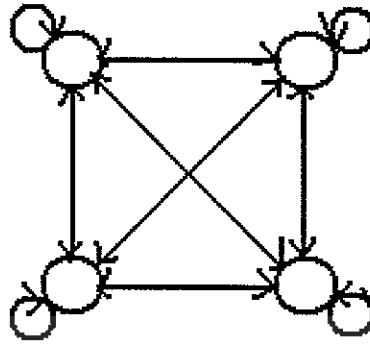


Gambar 2.17 Arsitektur *Multilayer Feedforward Network*

Sumber : Haykin,(1999)

c. Jaringan Recurrent (*Recurrent Networks*)

Model jaringan recurrent mirip dengan jaringan layar tunggal ataupun ganda. Hanya saja, neuron *output* yang memberikan sinyal ada unit *input* sering disebut *feedback loop*. Jaringan ini mempunyai arsitektur yang berbeda di mana neuron saling dihubungkan dan sekurang-kurangnya mempunyai satu *feedback loop*.



Gambar 2.18 Arsitektur *Recurrent Network*

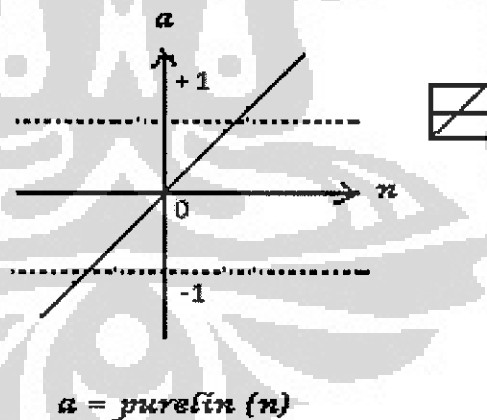
Sumber : Haykin,(1999)

#### 2.7.4. Fungsi Transfer ANN

Karakteristik dari sebuah ANN tergantung pada fungsi transfer dari bobot dan fungsi dari *input-output*. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa fungsi transfer yang digunakan pada setiap neuron dari sebuah ANN adalah tergantung pada jenis kasus yang dianalisa (Jerzy Moncincki, 1995) Beberapa fungsi transfer yang umum digunakan dalam ANN, yaitu:

##### a. Linear

Hubungan antara *input* dan *output* adalah bersifat linear sehingga *output* final adalah hasil dari penjumlahan *input-input* terbobot.



Gambar 2.19 Fungsi Transfer Linear

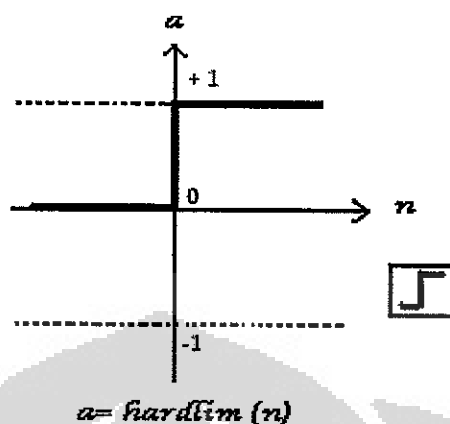
Sumber : Jerzy Moncincki, (1995)

##### b. *Hard Limit*

Berfungsi mengkonversikan *input* dari suatu variabel yang bernilai kontinyu ke suatu *output* biner (0 atau 1). *Output* final dibandingkan dengan sebuah nilai



acuan. Fungsi ini sering digunakan pada kasus pengenalan pola.

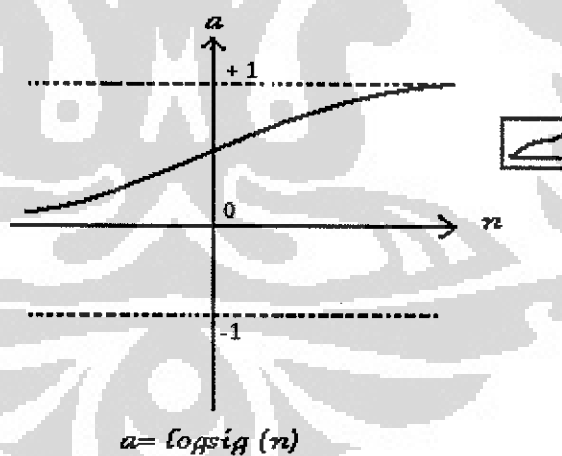


Gambar 2.20 Fungsi Transfer *Hard-Limit*

Sumber : Jerzy Moncincki, (1995)

c. *Sigmoid*

Perubahan besar *output* tidak berbanding lurus dengan perubahan *input*. Fungsi transfer ini sering digunakan untuk kasus identifikasi dan desain control. Contoh dari jenis fungsi transfer ini adalah fungsi transfer *log sigmoid* dan *hyperbolic tangent sigmoid*.



Gambar 2.21 Fungsi Transfer *Log-Sigmoid*

Sumber : Jerzy Moncincki, (1995)

### 2.7.5. Proses Pembelajaran Algoritma ANN

Salah satu bagian terpenting dari konsep ANN adalah terjadinya proses pembelajaran. Proses belajar yang dimaksud adalah kemampuan ANN untuk mengingat pola-pola *input* beserta responnya. Tujuan utama dari proses pembelajaran adalah melakukan pengaturan terhadap bobot-bobot yang ada pada ANN, sehingga diperoleh bobot akhir yang tepat sesuai dengan pola data yang dilatih. Selama proses pembelajaran akan terjadi perbaikan bobot-bobot berdasarkan algoritma tertentu. Nilai bobot akan bertambah, jika informasi yang diberikan oleh neuron yang bersangkutan tersampaikan, sebaliknya jika informasi tidak disampaikan oleh suatu neuron ke neuron yang lain, maka nilai bobot yang menghubungkan keduanya akan dikurangi. Pada saat pembelajaran dilakukan pada *input* yang berbeda, maka nilai bobot akan diubah secara dinamis hingga mencapai suatu nilai yang cukup seimbang. Apabila nilai ini telah tercapai mengindikasikan bahwa tiap-tiap *input* telah berhubungan dengan *output* yang diharapkan. Kemampuan pembelajaran dari suatu ANN dicapai dengan mengaplikasikan algoritma pembelajaran. Menurut Christos dan Dimitri (1996) Proses memorisasi ini sendiri dapat dikategorikan menjadi :

#### a. *Associate Mapping*

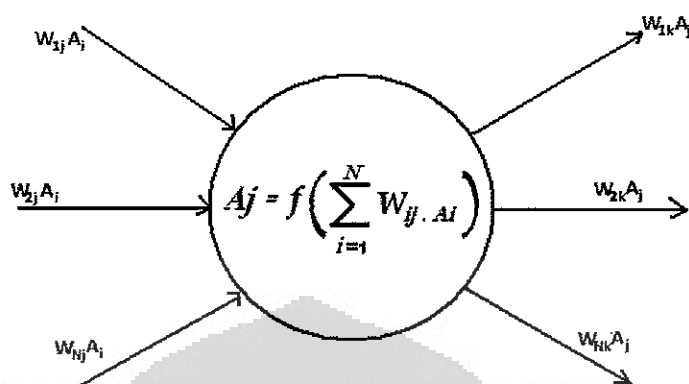
Dimana ANN belajar untuk membuat sebuah pola tertentu dari satu set *input* yang diberikan. Mekanisme pembuatan pola tersebut dapat dibedakan menjadi:

- a) *Auto-association*, dimana pola *input* di asosiasikan terhadap *input* yang diberikan sendiri.
- b) *Hetero-Association*, terdiri atas :
  - *Nearest neighbourhood recall*. *Output* diambil berdasarkan dari pola *input* yang terdekat
  - *Interpolative recall*, *output* yang diambil merupakan hasil interpolasi dari pola-pola *input* yang terdekat.

#### b. *Regularity Detection*

Berbeda dengan *associative mapping*, dimana ANN menyimpan hubungan antara pola-pola *input* dalam proses ini setiap unit *input* memiliki peranan tersendiri dalam menentukan *output* yang akan dihasilkan. Hasil dari proses belajar ini tersimpan dalam matriks bobot untuk setiap *input*nya (Jerzy

Moncincki, 1995).



Gambar 2.24 Matriks bobot pada Neural Network

Sumber : Jerzy Moncincki (1995)

Menurut Christos dan Dimitri, (1996) perubahan yang terjadi pada matriks bobot yang terjadi neural network dapat dikategorikan sebagai :

- a. *Fixed network*, jika matriks bobot tidak mengalami perubahan
- b. *Adaptive network* ,jika matriks bobot dapat dirubah selama proses belajar itu berlangsung.

Proses belajar dari neural network itu sendiri menurut Kasabov (1996) [29] dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) klasifikasi yaitu sebagai berikut:

- a. *Supervised Learning*

Metode pembelajaran terawasi dimana contoh pelatihan sebagai pembelajaran terdiri dari *input* vektor  $x$  dan *output* vektor  $y$  yang ditentukan. Pelatihan dilakukan sampai ANN “ belajar ” mengetahui hubungan tiap *input* vektor  $x$  dengan *output* vektor  $y$ . Sebagai contoh ANN dapat mempelajari pendekatan fungsi  $y=f(x)$  yang direpresentasikan dengan kumpulan pelatihan  $(x,y)$ . Tipe Algoritma pembelajaran yang termasuk ke dalam golongan ini adalah *backpropagation* , jaringan Hopfield, perceptron, dan sebagainya.

- b. *Unsupervise Learning*

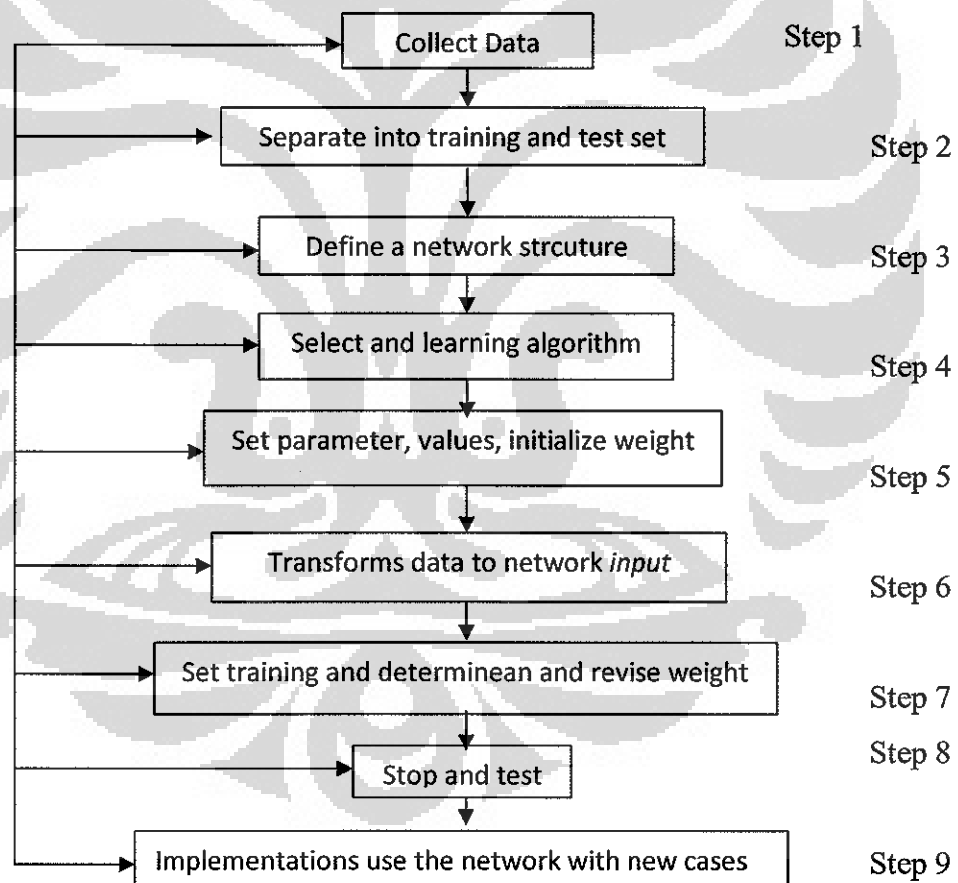
Metode pembelajaran tidak diawasi dimana hanya *input* vektor  $x$  yang diberikan dan ANN mempelajari beberapa karakteristik dari pola yang terjadi. Tipe Algoritma pembelajaran yang termasuk ke dalam golongan ini diantaranya adalah teori resonansi adaptif, learning vector quantization, self organizing kohonen, dan sebagainya.

c. *Reinforced / Reward-Penalty Learning,*

Yaitu kombinasi dari dua paradigma di mana didasarkan pada *input* vektor  $x$  kepada ANN dan melihat *output* vector yang dihasilkan jaringan. Jika dipertimbangkan hasilnya baik maka memberikan “*reward*” kepada jaringan dengan menambah bobot hubungan dan sebaliknya.

2.7.5.1 Pengembangan ANN

Alur diagram dalam proses pengembangan ANN secara umum dapat dijelaskan pada Gambar 2.22. ANN harus dilatih di mana proses pembelajarannya sangat dipengaruhi oleh arsitektur jaringan, algoritma pembelajaran, parameter, learning rate, dan bobot sehingga sesuai Gambar 2.17 perlu perbaikan-perbaikan pada langkah tertentu untuk melihat kinerja dari model ANN yang dikembangkan.



Gambar 2.25 Diagram Alur Pengembangan Dari *Neural Network*

Sumber ; Turban E Aronson, JE & Liang .,TP Decision SupportSystem and IntelegantSystem,2005

Penjelasan diagram alur proses dalam mengembangkan ANN sebagai berikut: (Turban Aronson & Liang, 2005). Dua langkah pertama dalam proses pembangunan ANN adalah mengumpulkan data dan memisahkannya menjadi kumpulan pelatihan dan pengujian. Kasus pelatihan digunakan untuk memperbaiki bobot, sedangkan kasus pengujian digunakan untuk validasi jaringan. Data yang digunakan selama pelatihan dan pengujian harus melibatkan semua atribut yang berguna bagi pemecahan masalah. Sistem hanya dapat belajar sebanyak yang dapat diberitahu data. Oleh karena itu, pengumpulan dan persiapan data merupakan langkah paling kritis dalam pembangunan sistem yang baik. Pada umumnya, semakin banyak data yang digunakan maka akan semakin baik. Kelompok data yang lebih besar meningkatkan waktu pengolahan selama pelatihan, tetapi akan memperbaiki akurasi pelatihan dan sering menyebabkan konvergensi yang lebih cepat atas sekelompok bobot. Untuk set data berukuran sedang, biasanya 80 persen dari data dipilih secara *random* untuk pelatihan dan 20 persen untuk pengujian. Setelah set data pelatihan dan pengujian diidentifikasi, langkah berikutnya adalah mendesain struktur jaringan saraf. Langkah ini meliputi pemilihan topologi dan penentuan: *node*, *input*, *node output*, jumlah *hidden layer*, dan jumlah *node* tersembunyi. Setelah struktur jaringan dipilih, maka langkah keempat perlu menentukan algoritma pembelajaran untuk mengidentifikasi sekumpulan bobot koneksi yang paling mencakup data pelatihan dan memiliki akurasi prediktif terbaik. Untuk topologi *feedforward* yang kita pilih untuk masalah prediksi biaya, pendekatan yang umum digunakan adalah algoritma *backpropagation*. Pelatihan ANN merupakan proses iteratif yang dimulai dari sekumpulan bobot *random* dan kemudian secara perlahan meningkatkan kesesuaian model jaringan dengan set data diketahui, iterasi terus berlangsung sampai jumlah *error* nya konvergen di bawah nilai yang telah diatur sebelumnya. Pada algoritma *backpropagation*, dua parameter, tingkat pembelajaran (*learning rate*) dan momentum, dapat diperbaiki untuk mengontrol kecepatan pencapaian solusi. Keduanya menentukan rasio selisih antara nilai yang dihitung dengan nilai actual dari kasus pelatihan. Beberapa konversi data mungkin diperlukan di dalam proses pelatihan.

Konversi ini meliputi: (1) mengubah format data agar memenuhi persyaratan perangkat lunak, (2) normalisasi skala data agar membuatnya

menjadi lebih sebanding, dan (3) menghilangkan data problematik. Setelah set data pelatihan siap, data ini dimasukkan ke dalam paket tersebut dan kemudian prosedur pembelajaran dijalankan. Tergantung pada jumlah node dan ukuran set data pelatihan, pencapaian solusi dapat memakan ribuan sampai jutaan iterasi. Setelah pelatihan selesai, diperlukan pengujian jaringan. Pengujian (Langkah 8) memeriksa performa model jaringan yang diambil dengan mengukur kemampuannya untuk mengklasifikasi data pengujian secara tepat. Pengujian “*black box*” (membandingkan hasil uji dengan hasil historis) merupakan pendekatan primer untuk memverifikasi apakah *input* menghasilkan *output* yang sesuai.

Faktor *error* dapat digunakan untuk membandingkan hasil pada metode *benchmark* yang telah diketahui. Rencana pengujian seharusnya memasukkan kasus-kasus rutin seperti halnya kemungkinan besar situasi permasalahan. Jika pengujian ini menyatakan deviasi besar, maka set pelatihan mungkin harus diulangi dan beberapa data “buruk” mungkin harus dihilangkan dari kumpulan data *input*. Pada Langkah 9, sekelompok bobot stabil didapatkan. Sekarang jaringan dapat mereproduksi *output* yang diminta dari *input* seperti yang diberikan dalam set pelatihan. Jaringan telah siap digunakan sebagai sistem mandiri atau sebagai bagian dari sistem perangkat lunak lain, dimana data *input* barunya akan diberikan dan *output*-nya akan berupa rekomendasi keputusan. Implementasi dari ANN sering membutuhkan antarmuka dengan sistem informasi berbasis-komputer lainnya dan pelatihan pengguna. Pengawasan dan umpan balik ke pengembang secara terus-menerus direkomendasikan untuk kemajuan dan kesuksesan system dapat diterima secara jangka panjang.

#### 2.7.5.2 Estimasi Biaya Proyek dengan Metode ANN

Pada umumnya metode ANN dipakai untuk menyelesaikan masalah yang *input*nya berbentuk kategori dan numerical serta hubungan *input output*nya tidak linier. Dalam hal ini metode statistic umumnya tidak dapat menyelesaikannya dengan baik. Sedangkan ANN dalam mendistribusikan data tidak terpengaruh karena ANN tidak membuat asumsi apapun tentang distribusi data (Turban, Aronson & Liang, 2005). Berikut penelitian yang cukup relevan dengan penulisan

ini. Bagaimana metode ANN diaplikasikan untuk mengestimasi sebuah biaya konseptual proyek.

Tabel 2.4 Penelitian Estimasi Proyek Dengan ANN dan Algorithm Pembelajaran Backpropagation

No	Peneliti	Deskripsi	Data input ANN	Data output ANN	Model	Algorithm pembelajaran	Hasil
1	Sonmez (2004)	Estimasi Biaya konseptual bangunan gedung "Continuing care retirement community"	Indeks waktu, lokasi Total luas bangunan, %luas pusat kesehatan luas per unit, jmlh lantai luas parkir	Biaya total kontruksi bangunan gedung health center	Multiple regression linear, ANN model 6 hidden layer dan 3 hidden layer	ANN dengan multilayer feedforward menggunakan algorithm backpropagation	Baik ANN maupun analisis regresi menghasilkan estimasi yang akurat dan penggunaan simultan
2	Siquierra (1999)	Estimasi Biaya konseptual bangunan gedung dgn struktur baja tingkat Rendah	luas, tinggi, joint span beban vertikal, tinggi pan dinding, luas kanopi, panjang kanopi, jumlah pintu, jumlah jendela presentase bukaan.	Biaya total kontruksi biaya parametric struktur, biaya parametric Dinding	Multiple regression linear dan jenis algoritma pembelajaran	ANN dengan algoritma general regression, neural network (GRNN) dan backpropagation	ANN menghasilkan pre diksi lebih baik daripada regresi untuk biaya total serta biaya parametric dinding sedangkan untuk biaya parametric Struktur Sebaliknya
3	Graza & Rouhanna (1995)	Estimasi biaya aktual pi pa dari baja karbon	Diameter jumlah rating flange, pipa elbow	biaya pipa per 100ft	Multiple regression	back propagation dalam studi ini tidak cocok untuk aplikasi lain	Mean-square tidak error dengan ANN lebih kecil daripada multiple regression

Tabel 2.4 (Sambungan)

No	Peneliti	Deskripsi	Data input ANN	Data output ANN	Model	Algorithm pembelajaran	Hasil
4	Mckim (1993)	Memprediksi persentase perubahan biaya final dari biaya estimasi	kontraktor, arsitek, lokasi besaran proyek	persentase perubahan Biaya	Mean overrun method	Tehnik ANN lebih baik dalam kasus estimasi biaya kasar dan tidak direkomendasikan untuk detailed estimator	Nilai varian dari ANN lebih kecil dari mean overrun method
5	Kim, Seo Kang (2005)	Preeliminery Estimate untuk residential building	Total area lantai, jumlah tingkat, jumlah unit, durasi, tipe atap, tipe pondasi tipe basement, tingkat finishing	Biaya aktual	Backpropagation, hybrid model, GA	backpropagation, optimasi BP dengan Algorithm dan GA murni	penggunaan hybrid (ANN) dengan optimasi GA menghasilkan model dengan ketelitian terbaik.

Sumber Turban, Aronson & Liang, 2005).

Berdasarkan penelitian penelitian sebelumnya pemakaian algorithm pembelajaran Backpropagation sangatlah familiar dan sering digunakan, hal itu dikarenakan back propagation mampu memecahkan masalah yang sukar dijelaskan, hubungan antara variabel-variabel yang sulit untuk dijelaskan dengan formula matematika (Sodikov, 2005)[30]. Kelebihan lain algoritma back propagation adalah mampu melatih dalam bentuk multiple layer network dalam pelatihan data sampel tanpa harus membuat jaringan network menjadi rusak atau tidak stabil dan baik dalam menggeneralisasikan parameter-parameter data input (Wilmot & Bing Mei, 2005)[31].

#### 2.7.6 Algoritma Back propagation

Jaringan Back propagation merupakan salah satu algoritma yang sering digunakan dalam menyelesaikan masalah-masalah yang rumit. Algoritma pelatihan Backpropagasi (*Back Propagation*) atau ada yang menterjemahkannya menjadi propagasi balik, pertama kali dirumuskan oleh Werbos dan dipopulerkan oleh Rumelhart dan McClelland untuk dipakai pada JST, dan selanjutnya



algoritma ini biasa disingkat dengan BP. telah berhasil diaplikasikan di berbagai bidang, diantaranya diterapkan di bidang finansial, pengenalan pola tulisan tangan, pengenalan pola suara, sistem kendali, pengolah citra medika dan masih banyak lagi keberhasilan BP sebagai salah satu metoda komputasi yang handal. Algoritma ini juga banyak dipakai pada aplikasi pengaturan karena proses pelatihannya didasarkan pada hubungan yang sederhana, yaitu : Jika keluaran memberikan hasil yang salah, maka penimbang (*Weight*) dikoreksi supaya galatnya dapat diperkecil dan respon jaringan selanjutnya diharapkan akan lebih mendekati harga yang benar. BP juga berkemampuan untuk memperbaiki penimbang pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Ketika Jaringan diberikan pola masukan sebagai pola pelatihan maka pola tersebut menuju ke unit-unit pada lapisan tersembunyi untuk diteruskan ke unit-unit lapisan keluaran. Kemudian unit-unit lapisan keluaran memberikan tanggapan yang disebut sebagai keluaran jaringan. Saat keluaran jaringan tidak sama dengan keluaran yang diharapkan maka keluaran akan menyebar mundur (*backward*) pada lapisan tersembunyi diteruskan ke unit pada lapisan masukan. Oleh karenanya maka mekanisme pelatihan tersebut dinamakan *backpropagation/propagasi balik*. Tahap pelatihan ini merupakan langkah bagaimana suatu jaringan saraf itu berlatih, yaitu dengan cara melakukan perubahan penimbang (sambungan antar lapisan yang membentuk jaringan melalui masing-masing unitnya). Sedangkan pemecahan masalah baru akan dilakukan jika proses pelatihan tersebut selesai, fase tersebut adalah fase mapping atau proses pengujian/testing. Algoritma Pelatihan Back Propagasi terdiri dari dua proses, feed forward dan backpropagation dari galatnya. Algoritma backpropagation menggunakan error *output* untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan error ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan dahulu. Pada saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktifasi yang dapat dideferensasikan, seperti sigmoid (Drs. Jong Sek Siang, Msc, 2005) [32]:

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (2.1)$$

Dengan :

$$f'(x) = \sigma f(x)[1 - f(x)] \quad (2.2)$$

Atau tangen sigmoid ;

$$y = f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (2.3)$$

Atau :

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-2x}}{1 + e^{-2x}} \quad (2.4)$$

Dengan :

$$f'(x) = [1 - f(x)][1 + f(x)] \quad (2.5)$$

### 2.7.7 Prosedur Pembelajaran Algoritma Backpropagation

Langkah-langkah pembelajaran ANN dengan algoritma backpropagation sebagai berikut:

- a) Inisiasi bobot (ambil bobot awal dengan nilai acak yang cukup kecil)
- b) Tetapkan : Nilai maksimum Epoch, Target Epoch dan Learning Rate (a)
- c) Inisialisasi Epoch = 0
- d) Kerjakan langkah-langkah berikut selama (Epoch < Maksimum Epoch) dan (MSE < Target Error):

$$\text{Epoch} = \text{Epoch} + 1$$

Untuk tiap-tiap pasangan elemen yang akan dilakukan pembelajaran, dimulai dengan mengerjakan :

Feedforward :

- e) Tiap-tiap unit *input* ( $X_i$   $i= 1,2,3,\dots,n$ ) menerima sinyal  $x_i$  dan meneruskan sinyal tersebut kesemua unit pada lapisan yang ada di atasnya (hidden layer).
- f) Tiap-tiap unit pada suatu hidden layer ( $Z_j$   $j= 1,2,3, \dots, p$ ) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* terbobot:

$$z_{in_j} = b1_j + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (2.6)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *output*nya:

$$z_j = f(z_{in_j}) \quad (2.7)$$

Dan kirim sinyal tersebut kesemua unit dilapisan atasnya (unit-unit *output*nya).

- g) Tiap-tiap unit *output*nya ( $Y_k$   $k= 1,2,3,\dots, m$ ) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* terbobotnya.

$$y_{in_k} = b_{2k} + \sum_{i=1}^p z_i w_{ik} \quad (2.8)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *outputnya* :

$$y_k = f(y_{in_k}) \quad (2.9)$$

Dan kirim sinyal tersebut ke semua unit dilapisan atasnya (unit-unit *output*).

Catatan :

Langkah (b) dilakukan sebanyak jumlah *hidden layer*.

### **Backpropagation**

- h) Tiap-tiap unit *outputnya* ( $Y_k, K = 1, 2, 3, \dots, m$ ) menerima target pola yang berhubungan dengan pola *input* pembelajaran, hitung informasi errornya:

$$\delta_{2_k} = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) \quad (2.10)$$

$$\delta_{2_{jk}} = \delta_k z_k \quad (2.11)$$

$$\beta_{2_k} = \delta_k \quad (2.12)$$

Kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai  $w_{jk}$ ) dengan fungsi *gradient descent* :

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_{2_{jk}} \quad (2.13)$$

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai  $b_{2k}$ ) dengan fungsi *gradient descent* :

$$\Delta b_{2_k} = \alpha \beta_{2_k} \quad (2.14)$$

Langkah (d) ini juga dilakukan sebanyak jumlah *hidden layer*, yaitu dengan menghitung informasi error dari suatu *hidden layer* ke *hidden layer* sebelumnya.

- i) Tiap-tiap unit tersembunyi ( $Z_j, j = 1, 2, 3, \dots, p$ ) menjumlahkan delta *inputnya* (dari unit-unit yang berada pada lapisan di atasnya):

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_{2_k} w_{jk} \quad (2.15)$$

Kalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktifasinya untuk menghitung informasi error:

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j})$$

$$(2.16)$$

$$\phi_{1,j} = \delta_{1,j} x_j \quad (2.17)$$

$$\beta_{1,j} = \delta_{1,j} \quad (2.18)$$

Kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai  $v_{ij}$ ) dengan fungsi gradient descent :

$$\Delta v_{ij} = \alpha \phi_{1,j} \quad (2.19)$$

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai  $b_{1j}$ ) dengan fungsi gradient descent :

$$\Delta b_{1,j} = \alpha \beta_{1,j}$$

- j) Tiap-tiap *output* ( $Y_k$ ,  $k= 1,2,3,\dots,m$ ) memperbaiki bias dan bobotnya ( $j=0,1,2,\dots,p$ ):

$$W_{jk}(\text{baru}) = W_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (2.20)$$

$$b_{2k}(\text{baru}) = b_{2k}(\text{lama}) - \Delta b_{2k} \quad (2.21)$$

Tiap-tiap tersembunyi ( $Z_j$ ,  $j = 1,2,3,\dots,p$ ) memperbaiki bias dan bobotnya ( $i= 0,1,2,\dots,n$ ):

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) - \Delta v_{ij} \quad (2.22)$$

$$b_{1j}(\text{baru}) = b_{1j}(\text{lama}) + \Delta b_{1j} \quad (2.23)$$

- k) Hitung MSE ..... (2.24)

Pemilihan bobot awal sangat mempengaruhi ANN dalam mencapai minimum global (satu local saja) terhadap nilai error, serta cepat tidaknya suatu proses pelatihan menuju kekonvergenan. Apabila nilai bobot awal terlalu besar, maka *input* ke setiap hidden layer atau lapisan *output* akan jatuh pada daerah dimana turunan fungsi sigmoidnya akan sangat kecil, sebaliknya apabila nilai bobot awal terlalu kecil, maka *input* ke setiap hidden layer atau lapisan *output* akan sangat kecil yang akan menyebabkan proses pelatihan akan berjalan sangat lambat. Biasanya bobot awal diinisialisasi secara random dengan nilai antara -0,5 sampai 0,5 (atau -1 sampai 1 atau interval lainnya). Ada alternative lainnya selain inisialisasi secara random, yaitu dengan cara Metode *Nguyen-Windrow*. Metode *Nguyen-Windrow* akan menginisialisasi bobot-bobot dari lapisan *input* ke

hidden layer dirancang sedemikian rupa sehingga dapat meningkatkan kemampuan hidden layer dalam melakukan proses pembelajaran. Metode Nguyen-Windrow secara sederhana dapat diimplementasikan dengan prosedur sebagai berikut :

Tetapkan :  $n$  = jumlah neuron (unit) pada lapisan *input*

$P$  = jumlah neuron (unit) pada hidden layer

Beta = factor pengskalaan

$$\text{dimana, } \beta = 0.7 (p)^{1/n} \quad (2.25)$$

a. Kerjakan untuk setiap unit pada hidden layer ( $j = 1, 2, \dots, p$ ):

b. Inisialisasi bobot bobot dari lapisan *input* ke hidden layer

$V_{ij}$  = bilangan random antara -0,5 sampai 0,5 (atau antara  $-g$  sampai  $g$ ).

c. Hitung

$$\|v_j\| = \sqrt{v_{j1}^2 + v_{j2}^2 + \dots + v_{jN}^2} \quad (2.26)$$

d. Inisialisasi ulang bobot-bobot :

$$v_{ij} = \frac{\beta V_{ij}}{\|v_j\|} \quad (2.27)$$

e. Set Bias

$B_{1j}$  = bilangan random antara  $-\beta$  sampai  $\beta$  analisis Nguyen -Windrow didasarkan atas fungsi aktivasi tangen hiperbolik.

Fungsi kinerja jaringan yang sering digunakan untuk backpropagation adalah *Mean Square Error* (MSE), fungsi ini akan mengambil rata-rata kuadrat error yang terjadi antara *output*, jaringan dan target. Sebagian besar algoritma pelatihan untuk jaringan feedforward menggunakan gradient dari fungsi kinerja untuk menentukan bagaimana mengatur bobot-bobot dalam rangka meminimumkan kinerja. Gradient ini ditentukan dengan menggunakan suatu teknik yang disebut dengan nama backpropagation akan menggerakkan bobot dengan arah gradient negative. Prosedur pembelajaran algoritma backpropagation diatas melakukan perbaikan bobot dengan fungsi pembelajaran gradient descent. Adakalanya fungsi tersebut hanya merespon gradien lokal saja. Oleh karena itu berkembang modifikasi fungsi tersebut dengan *gradient descent with momentum* yang tidak hanya merespon gradien lokal saja, namun juga mempertimbangkan

kecenderungan yang baru saja terjadi pada suatu permukaan error. Besarnya perubahan bobot ini dipengaruhi oleh suatu konstanta (yang dikenal dengan nama momentum)  $mc$ , yang bernilai antara 0 sampai 1) Perubahan bobot pada persamaan (2.24), berubah menjadi :

$$\Delta W_{jk} = \alpha \varphi_{2jk} \quad (2.28)$$

Untuk epoch = 1, dan

$$\Delta W_{jk} = mc * W_{jk}(\text{epoch sebelumnya}) + \alpha \varphi_{2jk} \quad (2.29)$$

Untuk epoch > 1

Demikian pula untuk bobot bias, persamaan (2.25) berubah menjadi :

$$\Delta b_{2k} = \alpha \beta_{2k} \quad (2.30)$$

Untuk epoch = 1, dan

$$\Delta b_{2k} = mc * b_k(\text{epoch sebelumnya}) + \alpha \varphi_{2k} \quad (2.31)$$

Untuk epoch > 1, perubahan bobot pada persamaan (2.30), berubah menjadi :

$$\Delta v_{jk} = \Delta v_{jk} + \alpha \varphi_{1ij} \quad (2.32)$$

Untuk epoch = 1, dan

$$v_{jk} = mc * \Delta v_{jk}(\text{epoch sebelumnya}) + \alpha \varphi_{1ij} \quad (2.33)$$

Untuk epoch > 1, dan

Demikian pula untuk bobot bias, persamaan (2.31) berubah menjadi :

$$\Delta b_{1j} = \alpha \beta_{1j} \quad (2.34)$$

Untuk epoch = 1, dan

$$\Delta b_{1j} = mc * \Delta b_{1j}(\text{epoch sebelumnya}) + \alpha \beta_{1j} \quad (2.35)$$

Untuk epoch > 1

Pada piranti lunak Matlab yang dapat digunakan untuk analisis ANN, pengalihan dengan momentum juga dilakukan terhadap gradient kinerja, yaitu, perubahan bobot pada persamaan (2.24), berubah menjadi:

$$\Delta w_{jk} = \alpha \varphi_{2jk} \quad (2.36)$$

Untuk epoch = 1 dan,

$$\Delta w_{jk} = mc * \Delta w_{jk}(\text{epoch sebelumnya}) + (1 - mc) * \alpha \varphi_{2jk} \quad (2.37)$$

Untuk epoch > 1

Demikian pula untuk bobot bias, persamaan (2.25) berubah menjadi ;

$$\Delta b_{2_k} = \alpha \beta 2_k \quad (2.38)$$

Untuk epoch = 1, dan

$$\Delta b_{2_k} = mc * \Delta b_{2_k}(\text{epoch sebelumnya}) + (1 - mc) * \alpha \beta 2_k \quad (2.39)$$

Untuk epoch > 1

Perubahan bobot pada persamaan (2.30), berubah menjadi ;

$$\Delta v_{jk} = \Delta v_{jk} + \alpha \varphi 1_{ij} \quad (2.40)$$

Untuk epoch = 1, dan

$$\Delta v_{jk} = mc * \Delta v_{jk}(\text{epoch sebelumnya}) + (1 - mc) * \alpha \varphi 1_{ij} \quad (2.41)$$

Untuk epoch > 1 dan demikian pula untuk bobot bias, persamaan (2.31) berubah menjadi :

$$\Delta b_{1_j} = \alpha \beta 1_j \quad (2.41)$$

Untuk epoch = 1, dan

$$\Delta b_{1_j} = mc * \Delta b_{1_j}(\text{epoch sebelumnya}) + (1 - mc) * \alpha \beta 1_j \quad (2.43)$$

Untuk epoch > 1

Dengan demikian apabila nilai  $mc = 0$  maka perubahan bobot hanya akan dipengaruhi oleh gradiennya. Namun apabila  $mc = 1$ , maka perubahan bobot akan sama dengan perubahan bobot sebelumnya.

Menurut Rumelhart et.al (1986)[33] umumnya pelatihan harus melalui banyak cycles sebelum batas ambang dari error tercapai. Jumlah yang diperlukan tergantung pada pengurangan tingkat error pada tiap-tiap cycle latihan. Angka kekorvergenan tergantung pada factor-faktor meliputi kompleksitas permasalahan dan nilai-nilai yang diadopsi untuk parameter-parameter pembelajaran (seperti learning rate dan factor momentum dalam menghasilkan delta rule). Sejumlah proses terlibat dengan tiap-tiap cycle pelatihan merupakan factor lain yang mempengaruhi waktu yang dibutuhkan untuk melatih jaringan, secara tertentu hal itu dipengaruhi juga oleh pola-pola latihan yang digunakan, jumlah lapisan dan jumlah koneksi tiap layer.

### 2.7.8 Pengembangan ANN dengan Pelatihan *Back Propagation*

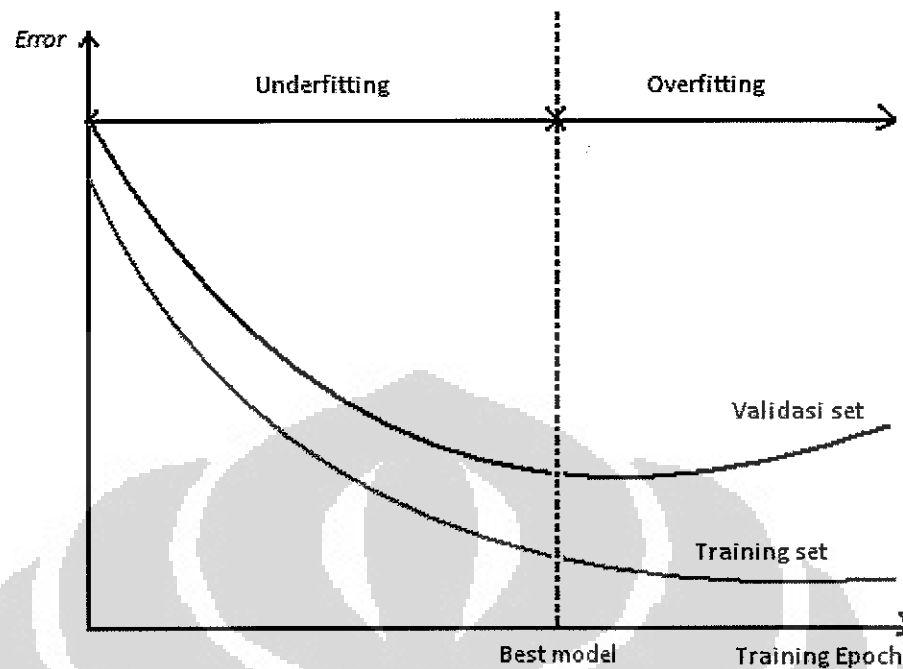
Beale dan Hagan (2008) meneliti seberapa besar jaringan itu bekerja dengan baik dalam memprediksi untuk suatu pola yang baru pada suatu pelatihan.

Dan itu menjadi suatu hal yang kritis dalam pengembangan ANN dapat menyebabkan model itu *Underfitting* dan *Overfitting*:

- a. *Underfitting* : Apabila ANN tidak cukup mengalami proses pelatihan dan dapat menjadi gagal dalam mendeteksi suatu data yang kompleks.
- b. *Overfitting* : Apabila ANN terlalu kompleks karena ANN dapat dengan mudah memprediksi suatu nilai yang jauh dari rentang data pelatihan yang diberikan. Kesalahan dalam suatu pelatihan ANN biasanya disebabkan oleh *Noise* yang tidak diperhitungkan ANN yang dapat menyebabkan proses pelatihan gagal. ANN yang dimodelkan harus mengalami proses pelatihan yang benar agar tidak mengalami *overfitting* dan dapat memprediksi *output* dengan akurat.

Pencegahan yang dapat dilakukan agar tidak timbul *over fitting* selama proses pelatihan adalah dengan mengurangi jumlah neuron tersembunyi atau jumlah *hidden layer*, sehingga ANN dapat bekerja dengan baik. Selain itu apabila jaringan tidak cukup dalam memodelkan fungsi, "*over learning*" sebaliknya juga tidak akan muncul. Teknik lainnya adalah dengan menggunakan validasi silang. Beberapa kasus pelatihan disediakan digunakan untuk pelatihan dengan algoritma *backpropagation*. Beberapa kasus pelatihan tersebut digunakan sebagai *independent check* pada saat proses perhitungan. Ketika progress pelatihan sedang berlangsung kesalahan pelatihan secara alami akan menurun dan secara alami akan dapat meminimalisasi fungsi kesalahan, termasuk meminimalisasi kesalahan pada saat mengumpulkan data validasi. Pada saat pengujian berhenti menurun atau benar-benar mulai bertambah, ANN akan mengalami *overfitting* dan pada saat itu juga disarankan pelatihan dihentikan. Apabila pada saat proses pelatihan *overfitting* timbul, disarankan untuk mengurangi jumlah neuron yang tersembunyi atau dengan bahasa lainnya mengurangi jumlah *hidden layer*, sehingga kinerja ANN yang terlalu *Powerfull* dapat dikurangi. berikut ilustrasi menurut Beale dan Hagan (2008) pada saat proses pelatihan ANN:





Gambar 2.26 Ilustrasi *Underfitting* dan *Overfitting* Pada Saat Pelatihan Epoch

Sumber : Demuth, H., Beale, M., & Hagan, M., *Neural Network Toolbok™ 6 User's guide, the Mathworks, Inc., 2008*

### 2.7.9 Evaluasi Kinerja Model ANN

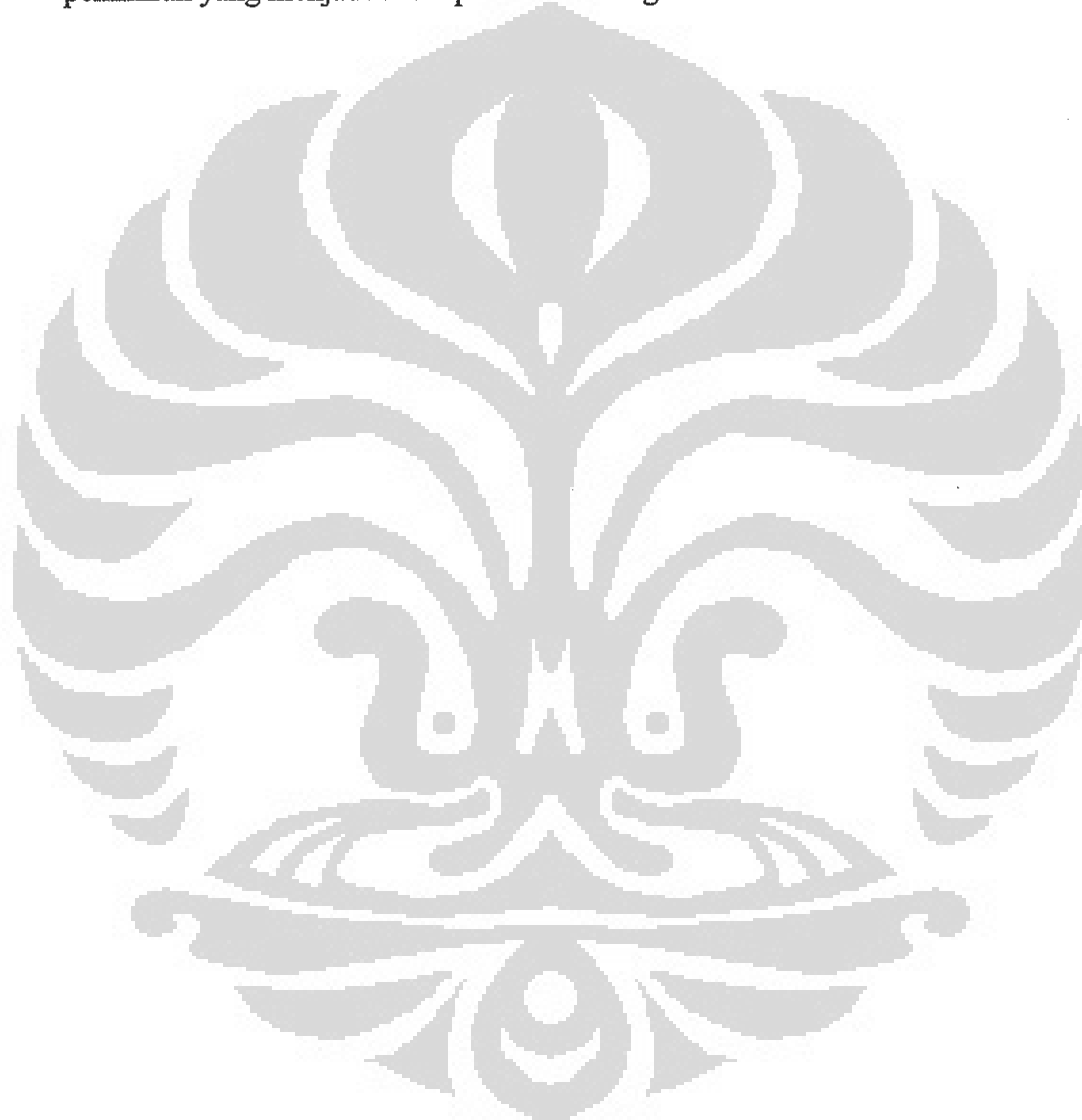
Keberhasilan dari pengaplikasian model ANN tidak tergantung hanya dari banyaknya kualitas data yang digunakan untuk pelatihan, tetapi juga tipe dan struktur dari ANN yang diterapkan, metode pelatihan dan bagaimana data *input* dan *output* model ANN itu di strukturkan dan diaplikasikan. Evaluasi kinerja pemodelan ANN harus dievaluasi agar model estimasi biaya yang dihasilkan akurat berdasarkan data-data yang direpresentasikan berdasarkan type data proyek yang sejenis. Evaluasi akurasi estimasi biaya yang umum dilakukan adalah dengan membandingkan biaya aktual (data historis) dengan biaya estimasi. Menurut Hegazy, T. dan Ayed, A. (1998), dan Sodikov (2005) pendekatan yang biasa dilakukan dalam mengevaluasi akurasi estimasi tersebut adalah dengan menghitung MSE (*the Mean Square Error*) dan MMRE (*the Mean Magnitude of Relative Error*).

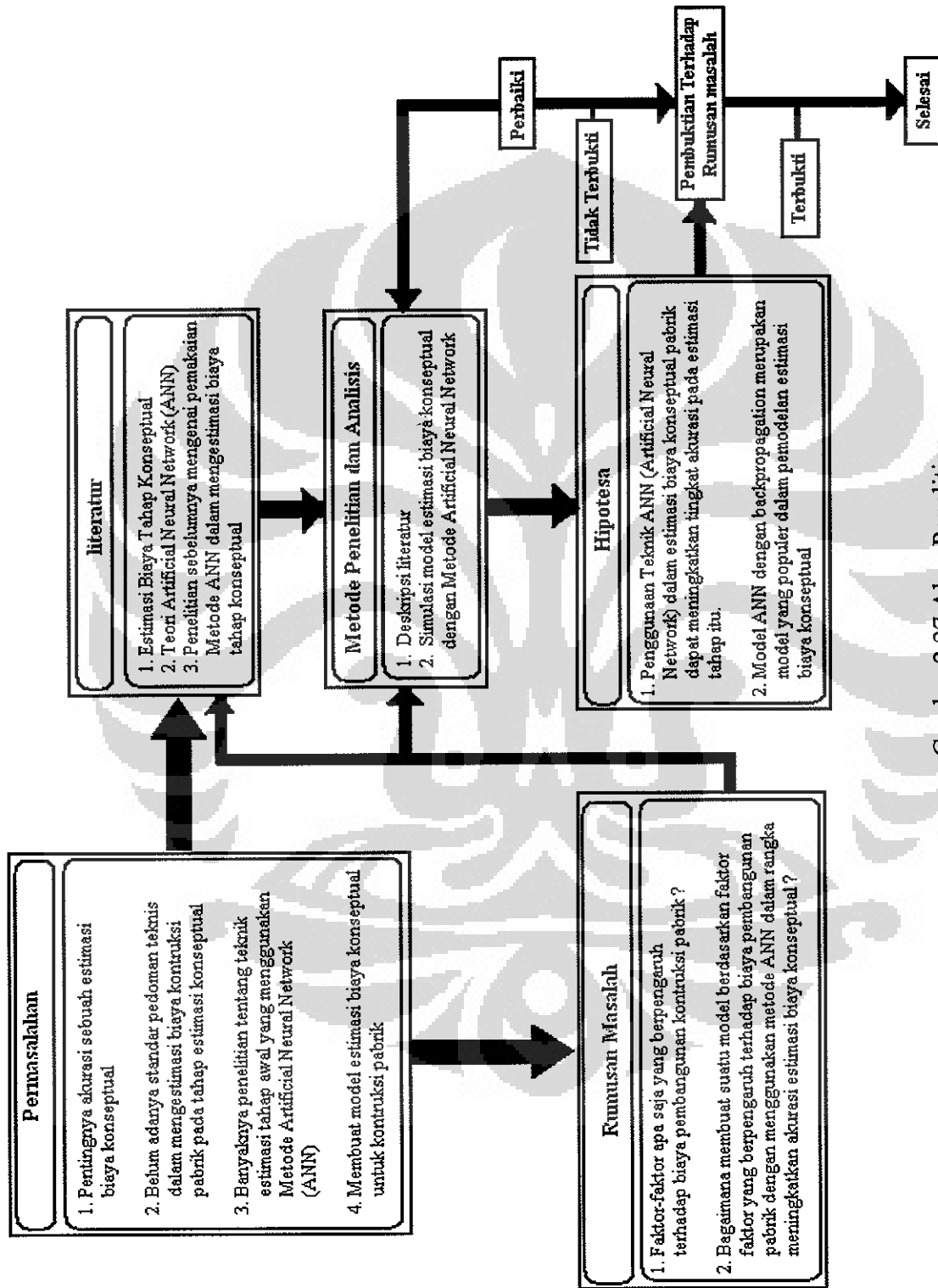
$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (aktual_i - estimasi_i)^2 \quad (2.44)$$

$$MMRE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|aktual_i - estimasi_i|}{aktual_i} \quad (2.45)$$

### 2.7.10 Kerangka Pikiran dan Hipotesa

Kerangka Pemikiran Penelitian ini dilatarbelakangi oleh banyaknya penelitian yang menggunakan teknik ANN dalam mengestimasi biaya proyek konstruksi pada tahap konseptual. Berdasarkan latar belakang permasalahan yang sudah dikemukakan pada Bab 1, serta studi pustaka yang menjadi landasan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian ini maka dapat disusun kerangka pemikiran yang menjadi dasar penelitian sebagai berikut :



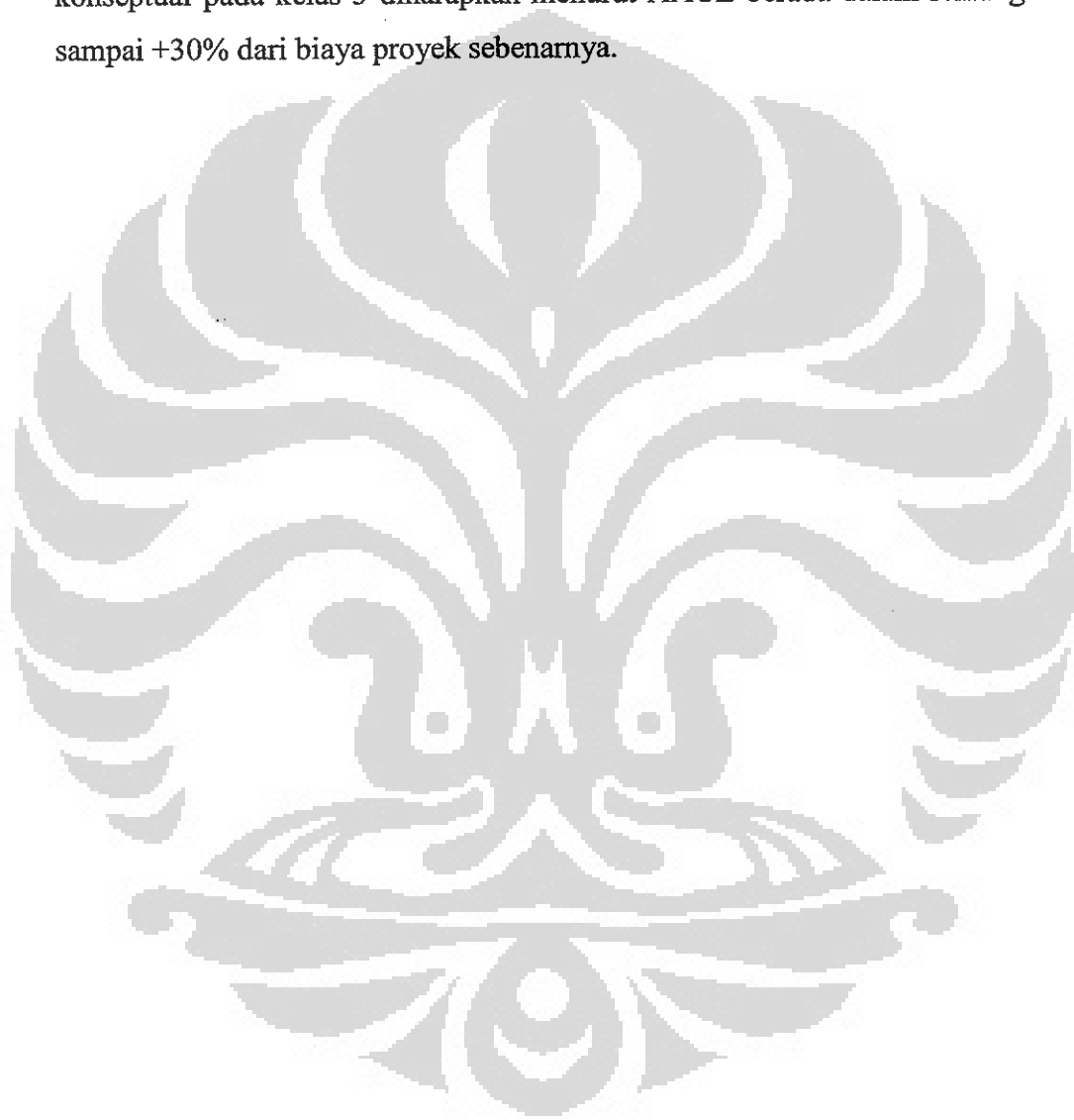


Gambar 2.27 Alur Penelitian

Sumber : Hasil Olahan

### 2.7.11 Hipotesa Penelitian

Berdasarkan literatur teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan serta penelitian yang relevan sebelumnya mengenai penggunaan ANN dalam estimasi biaya konstruksi maka dapat ditarik hipotesis penelitian yaitu penggunaan *Teknik Jaringan Saraf Tiruan/ANN* dapat meningkatkan tingkat akurasi pada estimasi tahap konseptual menjadi lebih baik, adapun akurasi dalam estimasi konseptual pada kelas 3 diharapkan menurut AACE berada dalam rentang -20% sampai +30% dari biaya proyek sebenarnya.



## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Pendahuluan

Keakuratan estimasi biaya konseptual di tahap awal suatu proyek sangat diperlukan guna pengambilan keputusan konstruksi oleh pihak manajemen, yang tentunya memiliki pengaruh yang besar terhadap kinerja biaya proyek dan pada proyek selanjutnya. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai desain dari penelitian dalam mengeksplorasi penggunaan teknik jaringan saraf tiruan (*Artificial Neural Network/ANN*) dalam pembuatan estimasi biaya konseptual pada proyek pembangunan konstruksi pabrik dan membuat pemodelan estimasi biaya untuk proyek konstruksi pabrik pada tahap konseptual. Pada bab ini juga akan menjelaskan penelitian yang akan dilakukan adalah bersifat deskriptif. Desain deskriptif bertujuan untuk menguraikan tentang sifat-sifat atau karakteristik suatu keadaan serta mencoba untuk mencari suatu uraian yang menyeluruh dan teliti dari suatu keadaan, karena desain penelitian untuk menguraikan sifat atau karakteristik suatu fenomena tertentu, maka tidak memberikan kesimpulan yang terlalu jauh atas data yang ada. Pada sub bab 3.2 dipaparkan mengenai pemilihan strategi penelitian. Selanjutnya pada sub bab 3.3 dijelaskan mengenai proses penelitian, yang memaparkan tentang variable penelitian, instrument penelitian, dan pengumpulan data serta analisa data yang dihasilkan dari telaah studi pustaka dan *trial error*. Pada bagian sub bab 3.4 yang merupakan bagian terakhir dari bab ini disimpulkan mengenai metode pengumpulan data, analisis data yang akan dilaksanakan, serta validitas dan realibilitas dari data-data yang digunakan dalam penelitian ini.

### 3.2 Pemilihan Strategi Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui parameter-parameter apa saja yang harus diperhitungkan terhadap estimasi biaya pada tahap konseptual yang dapat meningkatkan tingkat akurasi pada estimasi biaya konseptual pada pembangunan konstruksi bangunan pabrik. Berdasarkan teori di atas, dapat dijelaskan bahwa setelah menemukan maksud dan tujuan penelitian yang telah

didukung dengan tinjauan pustaka pada bab 2, maka dilanjutkan dengan membuat suatu penelitian yang lebih detail, dimana diperlukan suatu usaha atau tahapan untuk membuat suatu pertanyaan yang harus dijawab dalam rangka pengumpulan data yang relevan.

Dalam menyelesaikan penelitian ini diperlukan metode penelitian yang sesuai. Metode penelitian merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Cara ilmiah berarti kegiatan penelitian ini didasarkan pada ciri-ciri keilmuan yang rasional, empiris dan sistematis (Sugiyono, 2003). Penelitian ini menggunakan strategi penelitian kuantitatif, karena tujuan yang ingin dicapai adalah menemukan fakta berdasarkan catatan dari dokumen, serta membutuhkan pengujian hipotesa penelitian. Menurut Yin (1996) bahwasanya strategi dalam metode penelitian perlu mempertimbangkan 3 (tiga) faktor, yaitu jenis pertanyaan yang akan digunakan, pengendalian terhadap peristiwa yang diteliti dan fokus terhadap peristiwa yang sedang berjalan atau baru diselesaikan. Strategi dalam penentuan metode penelitian dapat dilihat Tabel 3.1

Tabel 3.1 Strategi/Metode Penelitian Untuk Masing-Masing Situasi

<b>Strategi</b>	<b>Jenis pertanyaan yang digunakan</b>	<b>Kendali terhadap peristiwa yang diteliti</b>	<b>Fokus terhadap peristiwa yang berjalan/baru diselesaikan</b>
Eksperimen	Bagaimana, mengapa	Ya	Ya
Survey	Siapa, dimana, berapa banyak, berapa besar	Tidak	Ya
Analisis	Siapa, apa, dimana, berapa banyak, berapa besar.	Tidak	Ya/ Tidak
Sejarah	Bagaimana, mengapa	Tidak	Tidak
Studi Kasus	Bagaimana, mengapa	Tidak	Ya

Sumber: Diterjemahkan dari (Yin 1996)

Menurut Yin (1994) pertanyaan “*bagaimana*” dan “*mengapa*” lebih memberikan keterangan-keterangan yang bersifat menjelaskan sesuatu dan

kemungkinan hal yang sudah pasti, pendekatan yang paling sesuai adalah studi kasus, sejarah dan eksperimen. Hal ini disebabkan beberapa pertanyaan mempunyai hubungan dengan cara kerja sesuatu yang membutuhkan penelitian lebih mendalam daripada pengukuran frekuensi kejadian atau dampak yang ditimbulkan. Sedangkan pertanyaan “apa” (yang berbentuk “berapa banyak” dan “berapa besar”), “siapa” dan “dimana” pendekatan yang lebih sesuai adalah survai dan analisis arsip. Pendekatan tersebut mempunyai keuntungan jika tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah menggambarkan suatu frekuensi kejadian, tingkat pengaruh dari suatu peristiwa/kejadian atau untuk memprediksi mengenai hasil yang pasti.

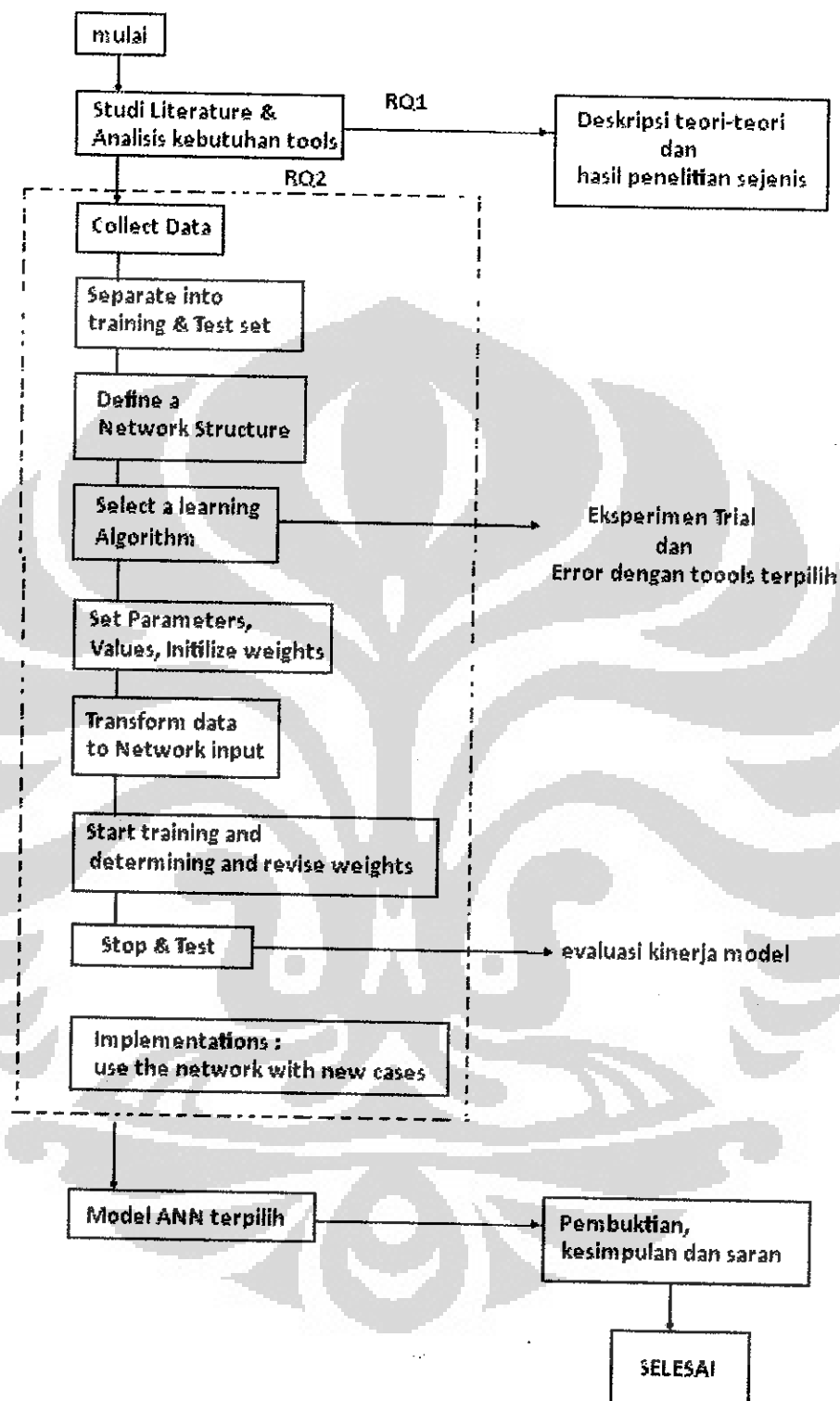
Mengacu pada strategi penelitian yang disarankan oleh Yin seperti yang terlihat pada **Tabel 3.2**, pertanyaan pertama dalam *research question* dapat dijawab dengan pendekatan survei, dimana kuisisioner diberikan kepada responden para kontraktor dan owner. Dan dengan penjawab *research question* yang kedua penulis akan mencoba membuat model.

Jenis *research question* pada sub bab 1.2.3 Rumusan Masalah yang diperlukan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan seperti apa dan bagaimana, dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Faktor-faktor 'apa' saja yang berpengaruh terhadap pembangunan kontruksi pabrik?
- b. 'Bagaimana' membuat suatu model berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap biaya pembangunan pabrik dengan menggunakan teknik *jaringan saraf tiruan* (ANN) dalam rangka meningkatkan akurasi estimasi biaya ditahap konseptual?

### 3.3 Proses Penelitian

Penelitian merupakan suatu siklus. Setiap tahapan akan diikuti oleh tahapan lain secara terus menerus. Untuk dapat melaksanakan penelitian sesuai dengan tujuan yang diharapkan, maka proses penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram Alur Analysis dan Pemodelan ANN

Sumber : Hasil olahan



a. Pengumpulan Data

Penelitian yang dilakukan memerlukan pengumpulan data dengan melakukan survey pada sumber informasi yang dibutuhkan. Survey merupakan suatu metode yang sistematis untuk mengumpulkan data berdasarkan suatu sampel agar mendapatkan informasi dari populasi yang serupa (Tan, 1995) [34]. Willie Tan juga mengatakan bahwa tujuan utama dari survey bukan untuk menentukan suatu kasus yang spesifik, namun untuk mendapatkan karakteristik utama dari populasi yang dituju pada suatu waktu yang telah ditentukan.

b. Teori Dasar Sampling

Teori sampling adalah studi hubungan yang ada antara populasi dan sampel yang diambil dari populasi. Hal ini sangat berguna dalam banyak koneksi. Sebagai contoh akan sangat berguna dalam perkiraan jumlah populasi yang tidak diketahui (seperti populasi mean, varians, dll). Sering disebut parameter populasi, membentuk suatu pengetahuan tentang jumlah sampel yang sesuai (seperti sampel, mean, varians, dll), sering disebut sampel statistik (Spiegel, 1972). Agar kesimpulan dari teori sampling dan statistik inferensi valid, sampel harus dipilih sehingga dapat mewakili populasi. Sebuah studi tentang metode sampling dan masalah-masalah terkait yang timbul disebut rancangan percobaan. Satu cara di mana sampel yang representatif dapat diperoleh adalah dengan proses yang disebut random sampling, dimana setiap anggota populasi mempunyai kesempatan yang setara untuk diikutsertakan dalam sampel (Spiegel, 1972). Menurut Spiegel (1972), anggaphlah bahwa semua kemungkinan sampel dengan ukuran  $N$  yang menarik tanpa penggantian dari populasi dengan ukuran terbatas. Untuk nilai  $N$  yang besar ( $N \geq 30$ ) distribusi sampling berarti kira-kira distribusi normal dengan mean dan deviasi standar terlepas dari populasi.

c. Penetapan Teknik Analisis dan Pengolahan Data

Berdasarkan data yang diperoleh dan dikumpulkan, maka perlu dicari pola analisis yang tepat untuk mengolah data tersebut. Analisis yang dipakai harus merupakan analisis yang tepat dalam mengolah data yang ada, sehingga

hasilnya sesuai dengan topik dan tujuan. Penelitian ini menggunakan analisis risiko dalam pengolahan datanya.

### 3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 (dua) variabel, yaitu variabel terikat (*dependent variable*), serta variabel bebas (*independent variable*).

#### a. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang memberikan reaksi jika dihubungkan dengan variabel bebas. Variabel ini faktornya diamati dan diukur untuk menentukan pengaruh yang disebabkan oleh variabel bebas. Jika besaran pengaruhnya berbeda maka manipulasi terhadap variabel bebas membuktikan adanya hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat. \

#### b. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi variabel lain. Variabel ini faktornya diukur, dimanipulasi, atau dipilih untuk menentukan hubungan dengan suatu gejala yang diteliti. Variabel bebas merupakan faktor-faktor yang berperan dan berpengaruh terhadap peningkatan kinerja kualitas proyek yang digunakan dalam penelitian ini.

Berdasarkan data-data sekunder yang diperoleh yaitu berupa data-data historis kontrak proyek pembangunan pabrik, maka akan disusun parameter-parameter dari data-data tersebut sebagai variabel penyusun penelitian dalam bentuk matriks dan vector. Variabel tersebut menjadi data proses elemen sebagai neuron pada lapisan *input* dan lapisan *output* kedalam struktur jaringan ANN. Variabel –variabel penelitian yang merupakan variabel bebas pada lapisan input berasal dari lingkup pekerjaan proyek konstruksi pabrik yang mempengaruhi karakteristik biaya konstruksi pabrik seperti: bentuk bangunan, tinggi bangunan, luas bangunan, type finishing atap pabrik dan type finishing lantai pabrik, dll. Sedangkan variabel yang merupakan neuron pada lapisan *output* atau variabel terikat yaitu besaran biaya konstruksi final.

Tabel 3.2. Tabel Variabel Terikat dan Variable Bebas

No.	VARIA BEL	KETERANGAN	TYPE	KATEGORI	REFERENSI
<b>INPUT</b>					
<b>1</b>	<b>Lokasi</b>				
	X1	Lokasi pabrik	Categorical	Jakarta, bogor, depok, bekasi-karawang	William D.H (1967), Gould (1997), Kim. Seo, Kang (2005), Sonmez (2004)
	X2	Topografi tanah	Categorical	Cut, fill, cut and fill atau hanya perlu pembersihan lahan saja	William D.H (1967), Gould (1997), Sodikov (2005)
<b>2</b>	<b>Desain</b>				
	X3	Luas bangunan pabrik (m2)	Numerical		Sonmez (2004), Kim. Seo, Kang (2005)
	X4	Jumlah tingkat	Numerical		Kim. Seo, Kang (2005), Sonmez (2004)
	X5	Type bangunan pabrik	Categorical	Single frame, double/multi frame	Bates (1978), Gould (1997)
	X6	Type Pondasi	Categorical	Bore pile, tiang pancang	Kim. Seo, Kang (2005), Sonmez (2004)
	X7	Tinggi bangunan	Numerical		Ferr.y, Dj (2005), Johnson., DA(1990), Marshall and Swift (2005), Michaels J (1989)
	X8	Material Rangka atap	Categorical	Rangka Baja ringan, Besi siku, Rangka Baja	Kim. Seo, Kang (2005), Sonmez (2004)
	X9	Type material finishing atap	Categorical	Atap zinalume, atap galvalume, Asbes gelombang, atap seng, genteng metal.	Kim. Seo, Kang (2005), Sodikov (2005)
	X10	Type material finishing dinding	Categorical	Batu Bata, Batako, Bata ringan	Siquiera (1999), Farrington (1979), Orhon I (1996)
	X11	Type finishing lantai	Categorical	Floor Hardener, Screed, Keramik, Floor coating epoxy.	Sodikov (2005)
<b>3</b>	<b>Waktu</b>				
	X12	Tahun Pembangunan	Numerical		Kouskoulas dan Koehn (1974), Hegazy dan Ayed (1998)
	X13	Durasi Proyek (hari)	Numerical		Sodikov (2005), Asworth (2004)
<b>OUTPUT</b>					
	Y	Biaya Kontrak (Rp)	Numerical	1.000.000.000 - 50.000.000.000	Kim. Seo, Kang (2005), Sonmez (2004)

Sumber : Hasil olahan

Dari variabel di atas, kemudian dicari tingkat pengaruh dari masing-masing variabel. Masing-masing faktor tersebut menghasilkan tingkat pengaruh terhadap peningkatan kinerja kualitas proyek. Variabel-variabel tersebut diperoleh melalui studi literatur, survei kepada responden dan kepada para pakar.

#### 3.4.1 Instrument Penelitian

Instrument penelitian yang dipakai dalam penelitian adalah menggunakan parameter-parameter dari data historis yang sudah ditabulasi dengan semakin banyak data yang diperoleh diharapkan dapat mewakili suatu populasi selain itu juga data yang cukup banyak akan membuat model jaringan ANN mendapatkan proses pembelajaran dalam proses pelatihan.

Data yang telah ditabulasi lalu disusun untuk memudahkan dalam mencari pembentuk variabel-variabel penelitian yang akan dirubah kedalam bentuk matriks dan vektor hal ini berguna untuk proses komputasi dalam mencari model jaringan yang terbaik dan mengurangi kesalahan paling kecil dalam membuat model. Instrument lainnya adalah piranti lunak serta tools pendukung dalam melakukan pengujian terhadap data-data yang telah ditabulasi untuk proses pelatihan dan dalam rangka mencari model ANN yang terbaik. Alat ini merupakan instrument yang efisiensi dalam mengumpulkan keterangan-keterangan yang diperlukan untuk menguji hipotesa.

### 3.5 Pengumpulan Data

Adapun teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara survei. Survei dilakukan dengan menggunakan beberapa cara yaitu kuesioner dan wawancara. Data yang akan diteliti dan dianalisa dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder.

#### a. Data Primer

Data primer didapat dengan melakukan studi lapangan. Studi lapangan merupakan cara pengumpulan data dengan melakukan survei kepada perusahaan-perusahaan konstruksi yang berkompeten terhadap permasalahan yang diteliti. Pendekatan untuk pengumpulan data primer dilakukan dengan

cara survei. Survei merupakan suatu metode yang sistematis untuk mengumpulkan data berdasarkan suatu sampel agar mendapatkan informasi dari populasi yang serupa (Tan, 1995) [72]. Selain itu tujuan utama dari survei bukan untuk menentukan suatu kasus yang spesifik, namun untuk mendapatkan karakteristik utama dari populasi yang dituju pada suatu waktu yang telah ditentukan. Sebagai landasan teori dalam pengumpulan data primer, dilakukan studi literatur melalui buku-buku, jurnal, majalah dan artikel.

b. Data Sekunder

Merupakan data atau informasi yang diperoleh dari studi literatur, seperti buku-buku, jurnal, makalah, penelitian-penelitian berkaitan sebelumnya, dan dapat juga disebut data yang sudah diolah, meliputi :

- a) Data yang digunakan sebagai landasan teori dari penelitian, yang diperoleh dari buku-buku, jurnal, makalah, dan lain-lain.
- b) Data untuk variabel-variabel penelitian diambil dari penelitian yang berkaitan sebelumnya.

Pengumpulan data akan dilakukan dengan menyebarkan kuesioner pada responden. Penulis akan melakukan survey dengan menyebarkan kuesioner dengan persyaratan sebagai berikut :

- a. Penelitian dilakukan terhadap proyek pembangunan pabrik manufaktur yang berada di Jabodetabek.
- b. Penelitian difokuskan pada pelaksanaan proyek pembangunan pabrik yang diikuti oleh kontraktor golongan M dan B.
- c. Kategori proyek tidak kompleks, jadi nilai proyek antara Rp 1.000.000.000,00 (satu milyar rupiah) sampai Rp 50.000.000.000,00 (lima puluh milyar rupiah).
- d. Populasi penelitian ini melibatkan beberapa Owner dan Konsultan Supervisi.
- e. Responden penelitian ini adalah mereka yang secara purposif terpilih menjadi sampel penelitian. Sampel yang digunakan adalah responden yang memenuhi kriteria dalam penelitian ini berdasarkan dari pengalaman, reputasi dan kerjasama,
- f. Kriteria pakar yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

- a) Memiliki pengalaman dalam memimpin team estimasi atau proyek kontruksi pabrik di suatu perusahaan jasa konstruksi atau instansi yang terkait lainnya selama kurang lebih 5 tahun.
- b) Memiliki reputasi yang baik dan memiliki pendidikan yang menunjang dibidangnya.
- g. Kriteria responden/ stakeholder adalah sebagai berikut:
  - a) Responden penelitian ini adalah Owner dan Kontraktor pelaksana proyek kontruksi pabrik.
  - b) Owner adalah Kepala Satker/ Kuasa Pengguna Anggaran, dan Pejabat Pembuat Komitmen serta Pengendali Teknis.
  - c) Bagi Kontraktor pelaksana memiliki pengalaman dalam pembangunan proyek kontruksi pabrik.
  - d) Memiliki reputasi yang baik.
  - e) Memiliki pengalaman yang menunjang dibidangnya.

Teknik sampling yang digunakan adalah random sampling. Pengumpulan data dilakukan dalam 3 (tiga) tahap, yaitu:

- a. Survei dan wawancara kepada 5 orang pakar untuk mengetahui variabel-variabel dari faktor yang mempengaruhi biaya pada tahap awal proyek konstruksi pabrik. Untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempunyai pengaruh tersebut dilakukan dengan menggunakan berbagai format pengumpulan data, dimulai dengan survei dan wawancara untuk mendapatkan variabel yang berpengaruh.

Tabel 3.3. Format Validasi Pakar

No.	Varia bel	Nama variable	Keterangan Variabel	Referensi	Skala Penilaian Categoric al	Ya	Tdk	Komentar/tangg apan/perbaikan
1	Lokasi							
	X1	Lokasi pabrik	(Ket: lokasi bangunan disini adalah lokasi tempat akan dibangunnya pabrik).	William D.H (1967), Kim. Seo, Kang (2005), Sonmez (2004)	Jabodetab ek.			

Universitas Indonesia

Tabel 3.3 (Sambungan)

No.	Variabel	Nama variable	Keterangan Variabel	Referensi	Skala Penilaian Categorical	Ya	Tdk	Komentar/tanggapan/perbaikan
	X2	Topografi tanah	(Ket: yang dimaksud topografi tanah disini yang paling dominan dilakukan adalah apakah diperlukan cut, fill atau cut and fill atau hanya butuh pembersihan lahan saja)	William D.H (1967), Gould (1997), Sodikov (2005)	butuh cut, fill, cut and fill atau anya butuh pembersihan lahan saja			
2	<b>Desain</b>							
	X3	Luas bangunan pabrik (m <sup>2</sup> )	(Ket: Total luas bangunan pabrik disini adalah luas bangunan, dinding terluar dari dinding pabrik dan tidak termasuk bangunan diluar bangunan pabrik)	Sonmez (2004), Kim. Seo, Kang (2005)				
	X4	Jumlah tingkat bangunan (1,2,3)	(ket : Jumlah tingkat bangunan disini adalah jumlah tingkat yang termasuk didalam unsur bangunan pabrik)	Kim. Seo, Kang (2005), Sonmez (2004)	1 tingkat, 2 tingkat, 3 tingkat			
	X5	Luas parkir (m <sup>2</sup> )	(ket ; Luas parkir adalah luas total lahan parkir yang disediakan di area pabrik)	Sonmez (2004)				
	X6	Type bangunan pabrik	(Ket: yang dimaksud type bangunan pabrik disini adalah type bangunan pabrik jenis apa yang akan dibangun apakah itu mempunyai bentang/lebar muka yg besar atau kecil).	Bates (1978), Gould (1997)	Single frame atau double /multi frame			
	X7	Jenis pabrik	(Ket: yang dimaksud jenis pabrik disini adalah pabrik jenis apa yang akan dibangun).	Siqueira (1999), Bates (1997)	Pabrik makanan/ minuman, pabrik perakitan mobil, pabrik rokok, dll			

Tabel 3.3 (Sambungan)

No.	Variabel	Nama variable	Keterangan Variabel	Referensi	Skala Penilaian Categorical	Ya	Tdk	Komentar/tanggapan/perbaikan
	X8	Bentuk Bangunan pabrik	(Ket : yang dimaksud bentuk bangunan disini adalah bentuk dari bangunan pabrik itu sendiri apakah itu kotak, persegi panjang atau silinder,dll)	Oberlender ,G.D (2001)	kotak, persegi panjang atau silinder,dll			
	X9	Tinggi bangunan (m)	(Ket : yang dimaksud tinggi bangunan disini adalah tinggi bangunan pabrik yang tidak termasuk tinggi dari cerobong,dll)	Ferry., Dj (1999), Johnson R (1990), Marshal & Swift (2005)				
	X10	Jarak antar bangunan (m)	(Ket; Yang dimaksud jarak antar bangunan disini adalah Jarak antara bangunan pabrik satu dengan pabrik lainnya yang masih satu kawasan)	Dysert ., L.R (2005)				
	X11	Type pondasi	(Ket: yang dimaksud type pondasi disini adalah menggunakan type jenis pondasi bore pile atau pondasi tiang pancang)	Johnson, (1990) , Kim. Seo, Kang (2005)	Bore pile atau Pondasi tiang pancang			
	X12	Type material rangka atap	(Ket: yang dimaksud type rangka atap disini menggunakan rangka baja wf, baja ringan, atau sejenisnya untuk struktur rangka atap)	Johnson, (1990)	Rangka baja ringan, Rangka baja wf, rangka besi,dll			
	X13	Type material finishing atap	(Ket : yang dimaksud Type finishing atap disini adalah penggunaan material atap seperti memakai baja ringan spandek, baja ringan flipclock, seng atau asbes gelombang )	Johnson (1990), Oberlender G.D (2001), Kim. Seo, Kang (2005), Sonmez (2004)	Atap zinalume, Asbes gelombang, atap seng, genteng metal.			



Tabel 3.3 (Sambungan)

No.	Varia bel	Nama variable	Keterangan Variabel	Referensi	Skala Penilaian Categoric al	Ya	Tdk	Komentar/tangg apan/perbaikan
	X14	Type material finishing dinding	(Ket: yang dimaksud type dinding disini adalah penggunaan material dinding yang akan dipakai)	Farrington N (1979), Ferry ., DJ (1999)	Batako ,Batu bata, , Bata ringan celcon.			
	X15	Type finishing lantai	(Ket : Yang dimaksud type finshing lantai disini adalah menggunakan keramik, hanya di skreet atau floor hardener).	Sodikov (2005)	Screed, Floor Hardener, Keramik, Coating floor.			
	X 16	Jumlah pintu	(Ket: yang dimaksud jumlah pintu disini banyaknya pintu didalam lokasi pabrik untuk akses keluar masuk barang).	Siquiera (1999)				
<b>3</b>	<b>Waktu</b>							
	X17	Waktu pembangu nan/ Tahun Pembangu nan (thn)	(Ket : Yang dimaksud waktu pembangunan dsini adalah waktu awal pembangunan dimana proyek akan dimulai)	Bledsoe., JD (1992), Demkin., J.A (2001), Emsley (2002), Johnson.R (1990), Oberlender .,GD (2001), Ogershok. D (2005)				
	X18	Durasi Proyek (days)	(Ket : Yang dimaksud durasi proyek disini adalah lama nya durasi proyek dimulai dari proyek itu dimulai hingga serah terima bangunan)	Asworth (2004), William D.H (1967)				

Sumber : Hasil Olahan

- a) Setelah survai pertama kepada pakar selesai, langkah selanjutnya yaitu survai dan wawancara kepada *responden/stakeholder* untuk kelengkapan data yang akan diolah.

Tabel 3.4 Format Pengumpulan Data Responden

**Petunjuk Pengisian :**

1. Isilah data-data yang sesuai pada tempat isian yang bertanda titik-titik.
2. Lingkari jawaban anda atau beri tanda (√) pada kotak isian sesuai jawaban anda.

**A. DATA PROFIL UMUM PROYEK**

1. Nama (Pengisi Kuesioner) : .....
2. Jabatan Pada Proyek Ini : .....
3. Pengalaman Kerja : ..... Tahun
4. Pendidikan Terakhir : S1 / S2 / S3 (lingkari jawaban anda)
5. Nama Proyek : .....
6. Lokasi Proyek di Jakarta :
  - Jakarta  Bogor  Depok  Tangerang  Bekasi-karawang
7. Nilai Kontrak Proyek : Rp .....
8. Waktu Pembangunan .....
9. Durasi Pembangunan ..... (hari)
10. Jenis Pabrik: .....  
(cth : pabrik perakitan mobil, pabrik tekstil,dll)
11. Total Luas bangunan Pabrik : ..... (m<sup>2</sup>)
12. Jumlah tingkat bangunan pabrik : ..... Tingkat
13. Luas Parkir area pabrik : .....(m<sup>2</sup>)
14. Tinggi Bangunan Pabrik ..... (m)
15. Jarak antar bangunan : ..... (m)  
(Ket : jarak antar bangunan pabrik yang satu dengan yang lainnya yang masih satu area pabrik)
16. Luas Bangunan gudang ..... (m<sup>2</sup>)  
(Ket; Luas bangunan gudang yang terdapat didalam area bangunan pabrik)
17. Topografi Tanah lokasi pabrik (paling dominan).  
(Ket: Topografi tanah yang dimaksud disini adalah apakah lokasi proyek pada saat pembangunan proyek pabrik membutuh cut, fill , cut and fill atau hanya butuh pembersihan lahan saja).

Cut       Fill       Cutt and Fill

Hanya butuh pembersihan lahan saja

Tabel 3.4 (Sambungan)

18. Bentuk bangunan Pabrik : .....

Kotak       Silinder       Bentuk Lain seperti ; .....

19. Type Pondasi

Bore pile       Tiang pancang

20. Type rangka atap

Rangka kayu       Rangka Baja ringan       Rangka Baja Wf       Rangka Baja siku

Penggunaan rangka atap jenis lain seperti ; .....

21. Type dinding (material dinding) :

Batako berlubang       Batako padat       Batu bata       Bata ringan cellcone

Penggunaan material dinding jenis lain seperti ; .....

22. Type finishing atap

Atap zinalume       Atap Galvalume       Asbes gelombang       Genteng zinalume

Penggunaan material atap jenis lain seperti ; .....

23. Type finishing lantai ; .....

Screed       Floor Hardener       Keramik       Floor Coating (Epoxy)

Type finishing lantai jenis lain seperti ; .....

Sumber : Hasil Olahan

- b) Setelah didapatkan data-data tersebut, selanjutnya adalah memasukkan input data dan melakukan pelatihan backpropagation dengan menggunakan aplikasi software Matlab versi 7.8 untuk mencari model ANN yang terbaik.

### 3.6 Metode Analisis

Data dan informasi yang dikumpulkan dari kuesioner ini diharapkan dapat menghasilkan suatu analisis yang tepat terhadap factor-faktor yang paling dominan dalam rangka peningkatan kinerja akurasi estimasi biaya tahap awal proyek konstruksi pabrik, sehingga hasil yang diperoleh sesuai dengan topik dan tujuan.

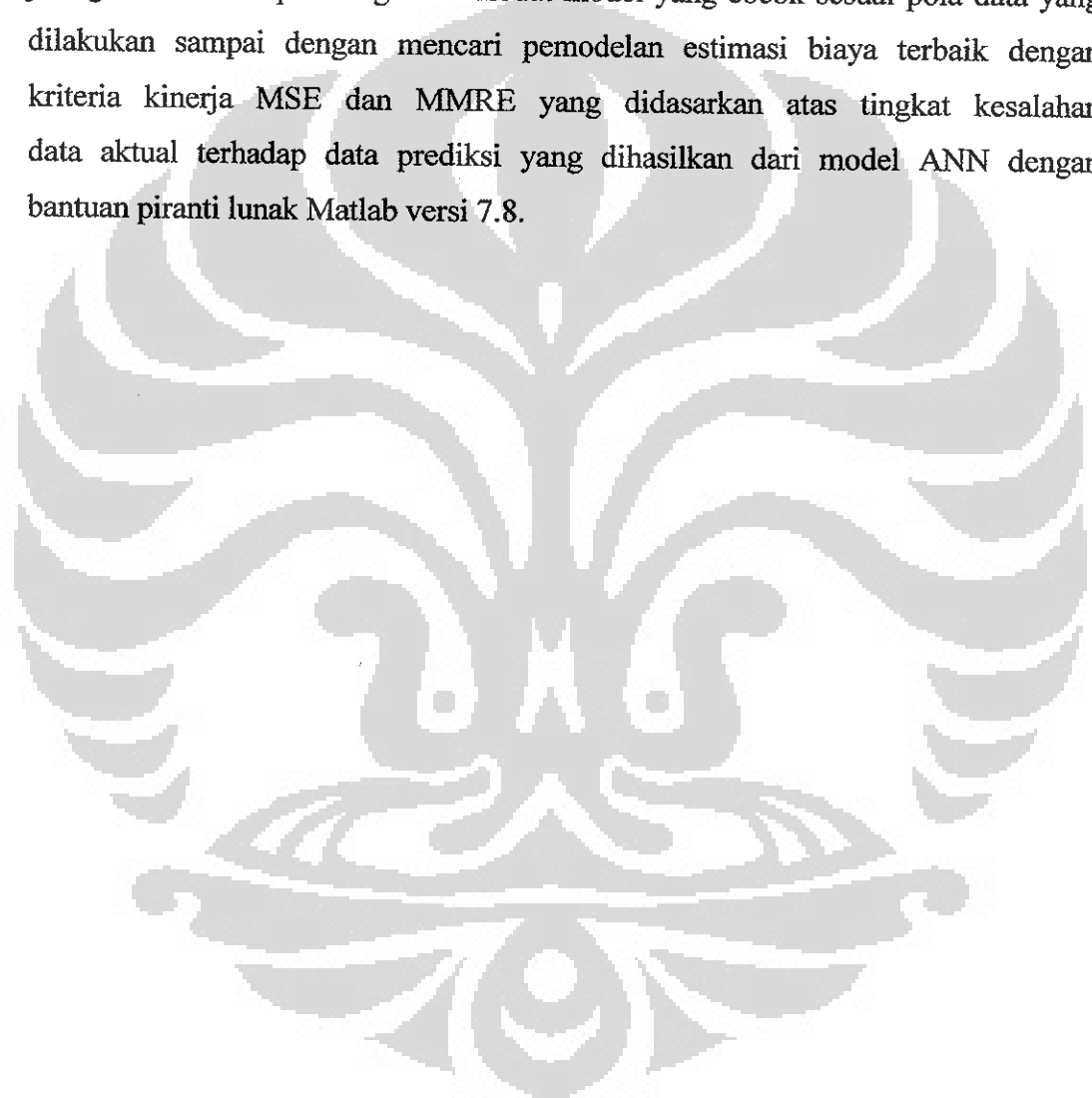
Analisis penelitian berupa deskriptif dalam menjawab rumusan permasalahan pertama, serta *trial* dan *error* terhadap model estimasi biaya dengan menilai kinerjanya sesuai dengan teori pada Bab 2 Studi Pustaka. Kinerja model tersebut yaitu dengan cara mencari rata-rata *error* paling sedikit antara prediksi biaya hasil model ANN dengan aktual biaya konstruksi proyek pabrik pada data-data proyek historis. Metode MSE (*the Mean Square Error*) dan MMRE/MAPE (*the Mean Magnitude of Relative Error*) dilakukan dengan persamaan statistik dan dilakukan dengan program Matlab termasuk dalam membantu pemodelan ANN sebagai alat bantu komputasi dalam perhitungan.

Adapun metode perbandingan dalam analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis statistik dengan menggunakan program statistik SPSS (*Statistical Program for Social Science*) 17. Menurut Santoso (2009), SPSS menyediakan menu khusus untuk perhitungan statistik parametrik dan non-parametrik. Analisa yang akan dipakai dengan software SPSS versi 17 ini adalah analisa regresi berganda dimana analisis regresi ganda pada dasarnya menggambarkan hubungan (*relationship*) antara satu variabel yang disebut variabel terikat (*dependent, explained*), dengan variabel lainnya yang disebut variabel bebas (*independent, explanatory variables*). Analisa regresi berganda merupakan model matematis yang akan memperlihatkan hubungan secara kuantitatif terikat Y dan variable X. Suatu peramalan regresi ganda atau persamaan penduga dibentuk untuk menerangkan pola hubungan variabel-variabel, sedangkan analisis korelasi adalah untuk mengukur keeratan hubungan antara variabel-variabel. Dengan kata lain, analisis regresi ganda menjawab bagaimana pola hubungan variabel-variabel dan analisis korelasi menjawab bagaimana keeratan hubungan yang diterangkan dalam persamaan regresi.

### 3.7 Kesimpulan

Dalam meningkatkan tingkat akurasi estimasi biaya tahap awal diperlukan analisis terhadap factor-faktor yang paling dominan pada kondisi awal proyek. Tindakan koreksi merupakan tindakan yang diperlukan untuk memperbaiki kinerja dan kualitas suatu proyek konstruksi pabrik. Penelitian ini bersifat dekriptif

dan bersifat eksperimen dimana dalam menjawab research question tentang faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap estimasi pada tahap konseptual dan bagaimana model *Artificial Neural Network* dapat diaplikasikan untuk membantu meningkatkan tingkat akurasi suatu estimasi pada tahap konseptual dengan mencari pemodelan estimasi biaya terbaik dilakukan dengan piranti lunak Matlab versi 7.8 yang dimana langkah awal dimulai dengan menentukan arsitektur jaringan ANN sampai dengan membuat model yang cocok sesuai pola data yang dilakukan sampai dengan mencari pemodelan estimasi biaya terbaik dengan kriteria kinerja MSE dan MMRE yang didasarkan atas tingkat kesalahan data aktual terhadap data prediksi yang dihasilkan dari model ANN dengan bantuan piranti lunak Matlab versi 7.8.



## BAB 4 ANALISA DATA

### 4.1 Pengumpulan Data

Setelah dilakukan studi literature.. maka didapat berbagai parameter-parameter proyek yang dikumpulkan sebagai variabel bebas yang berhubungan erat dengan variable biaya yang menjelaskan variasi nilai suatu biaya proyek. Parameter-parameter proyek tersebut kemudian menjadi input sedangkan parameter total biaya kontruksi menjadi variable output seperti rekapitulasi pada Table 4.1

Tabel 4.1 Rekapitulasi Data Variabel Penelitian

Faktor	Variabel	Nama variabel	Unit	Range
Lokasi	X1	lokasi pabrik	Kategori	jakarta, depok, bekasi, bogor, karawang
	X2	topografi tanah	Kategori	cut, fill, cut and fill, pembersihan lahan saja
	X3	Luas bangunan pabrik	m2	550-7500/m2
Desain	X4	Jumlah tingkat bangunan	Kategori	1-2/tingkat
	X5	type bangunan pabrik	Kategori	single frame dan double/multiframe
	X6	type pondasi	Kategori	pondasi tiang pancang, pondasi bore pile
	X7	tinggi bangunan	M	6-14 m
	X8	material rangka bangunan	Kategori	Rangka baja , Rangka besi,dll.
	X9	material finishing atap	Kategori	atap zincalume, galvalume, asbes, genteng
	X10	material finishing dinding	Kategori	batako,batu bata, bata ringan
	X11	type finishing lantai	Kategori	floor hardener,screed,coating epoxy
Waktu	X12	tahun pembangunan	Tahun	2004-2010
	X13	durasi proyek	Hari	100-185/hari
	Y	Total Biaya kontruksi	(milyard.Rp)	Rp. 2.110.015.000- 19.894.520.000

Sumber : Hasil olahan

Data-data tersebut ditentukan berdasarkan parameter-parameter yang mempunyai pengaruh cukup besar dalam biaya kontruksi. Luas bangunan pabrik, lokasi pabrik, tinggi bangunan pabrik, harga material pada tahun pembuatan mempengaruhi biaya kontruksi. Durasi lamanya pekerjaan berhubungan erat dengan banyaknya volume pekerjaan dan tingkat kompleksitas dari suatu bentuk bangunan tersebut.

## 4.2 Pemodelan ANN

Adapun langkah-langkah dalam pemodelan ANN yang sudah digambarkan pada gambar 3.1

a. Langkah 1 yaitu dimulai dari Pengumpulan Data :

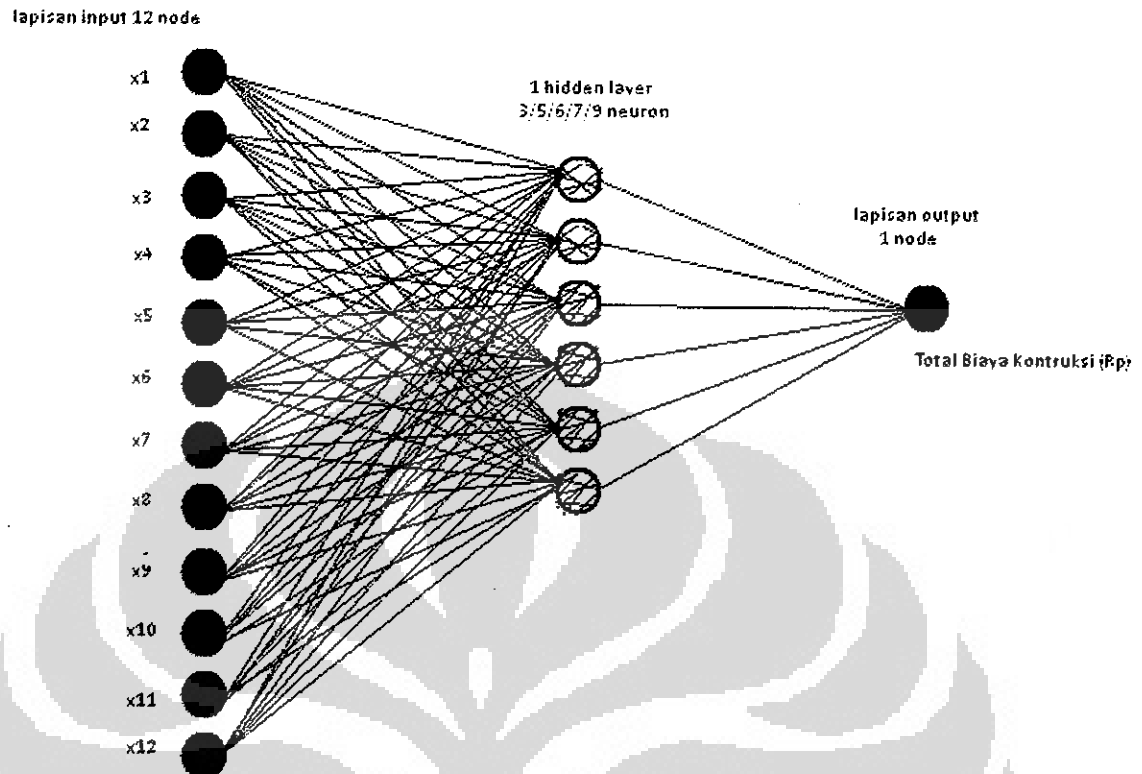
Rekapitulasi data penelitian terdapat pada table 4.1 yang terdiri dari 13 variabel lingkup proyek. Dimana variable ini nanti akan berfungsi untuk memprediksi variable biaya konstruksi (terlampir di lampiran).

b. Langkah 2 yaitu Pemisahan Data :

Data-data yang telah dikumpulkan dikelompokkan menjadi 2 bagian yaitu data diperlukan untuk pelatihan dan data untuk pengujian. Data pelatihan digunakan untuk melatih jaringan agar pola mengenal pola melalui perbaikan bobot dan bias agar mencapai konvergen, sedangkan data pengujian diperlukan untuk mengetahui dan mengukur kinerja dari pemodelan ANN yang sudah dipilih. Berikut table 4.2 menunjukkan 80 data merupakan data untuk pelatihan dan 3 data terakhir untuk data pengujian kinerja model ANN (terlampir dilampiran).

c. Langkah 3. Penentuan Arsitektur Struktur Jaringan ANN

Penentuan arsitektur jaringan ANN disini menggunakan system jaringan dengan beberapa lapisan. atau yang biasa disebut *multilayer feedforward*. Jumlah neuron pada lapisan *input* jaringan adalah jumlah variable dari lingkup proyek yaitu sebanyak 13 buah (Table 4.1), sedangkan jumlah neuron/node lapisan output sebanyak 1 buah dalam hal ini data output merupakan data dari total biaya konstruksi, dan 1 buah hidden layer yang cocok dalam banyak aplikasi (Hegazy dan Ayed, 1998). Namun Hegazy (1994) menyarankan jumlah hidden layer boleh lebih dari satu asalkan data pelatihan mencukupi.



Gambar 4.1 Arsitektur ANN yang Digunakan Dalam Pemodelan

Sumber: Hasil Olahan

Semua model menggunakan 13 neuron sebagai proses elemen pada lapisan input ANN, 1 buah neuron pada lapisan output berupa variable total biaya kontruksi, dan 1 hidden layer dimana jumlah neuron dari hidden layer bervariasi dan uji coba dengan menggunakan 3,5,6,7 dan 8 buah neuron.

d. Langkah 4, Pemilihan Algoritma Pembelajaran

Algoritma pembelajaran yang digunakan dalam jaringan ini menggunakan algoritma propagation. Hal ini dikarenakan algoritma backpropagation cocok untuk peramalan, estimasi maupun prediksi. Adapun fungsi pembelajaran menggunakan fungsi gradient descent dan gradient descent dengan momentum. Fungsi aktivasi yang dipakai oleh jaringan berguna untuk mengaktifkan neuron pada tiap lapisan sehingga mengeluarkan output yang diinginkan. Adapun proses ini dilakukan secara trial and error.

e. Langkah 5 Menentukan Parameter, Nilai, dan Bobot Awal

Langkah selanjutnya adalah menentukan Learning rate, nilai momentum dan nilai bobot awal. Learning rate yang digunakan yaitu bernilai antara 0 sampai



1, nilai momentum untuk gradient descent dengan momentum yang digunakan antara 0 sampai 1, sedangkan nilai bobot awal menggunakan nilai acak yang ditentukan oleh Program Matlab.

f. Langkah 6 Merubah Data ke dalam Jaringan ANN

Data-data yang menjadi input dan output jaringan akan dikonversikan terlebih dahulu, sesuai aktivasi fungsi yang dipakai sehingga berada pada rentang nilai -1 dan 1 dengan normalisasi atau *squashing data*. Tabel 4.5 menunjukkan data input dan output jaringan yang dinormalisasikan ke nilai -1 dan 1 berdasarkan persamaan berikut :

$$\text{Nilai terskala} = \frac{2x (\text{nilai } xi - \text{nilai min } xi) - 1}{\text{nilai max } xi - \text{nilai min } xi} \quad (4.1)$$

Tabel 4.2 Contoh Data Variabel Penelitian Yang Sudah Didefinisikan

Lokasi	Nilai (Rp)	Waktu (Thn)	Durasi (Hari)	Luas (m2)	Tingkat	Tinggi (m)	Topografi	Type bangunan pabrik	Pondasi	Rangka	Dinding	Atap	Lantai
2	14,300,000,000	2009	180	2970	2	11	2	1	2	1	1	1	2
2	17,500,000,000	2010	180	5110	1	9	1	2	1	1	3	2	1
3	15,750,000,000	2009	180	4350	1	9	2	1	1	1	2	1	2
2	17,362,800,000	2001	100	5220	2	12	2	2	2	1	2	1	2
2	18,833,234,000	2006	185	5500	1	9	3	2	1	1	2	1	2
1	18,800,120,000	2006	175	3250	2	12	3	2	2	1	3	2	2
2	7,293,200,000	2007	120	1500	2	12	3	1	2	2	3	1	2
2	13,138,000,000	2007	180	4300	1	9	1	1	1	1	2	1	1
2	19,000,000,000	2007	120	5500	2	12	3	2	1	1	3	2	2
2	10,446,450,000	2005	185	5500	1	9	3	1	1	1	2	2	2

Sumber: Hasil Olahan

Tabel 4.3 Contoh Data Variabel Penelitian Yang Sudah Normalisasi

Lokasi	Nilai (Rp)	Waktu (Thn)	Durasi (Hari)	Luas (m2)	Tngkt	Tinggi	Tpgrf	bntk	Pndsi	Rangka	wall	atap	Lt
-0.5	0.568736142	1	0.764705882	0.56355194	-1	-0.3333333	0	-1	1	-1	-1	-1	1
-0.5	-0.44345898	0.111111111	-1	0.87811956	-1	-0.7777778	1	-1	-1	-1	0	0	1
0	0.130266075	0.111111111	0.882352941	0.63459083	1	0.33333333	1	1	-1	-1	0	-1	1
-0.5	0.814855876	0.333333333	0.529411765	0.99419617	-1	-1	0	-1	1	-1	0	1	1
-0.5	0.772727273	0.333333333	0.529411765	0.87811956	-1	-0.7777778	1	1	-1	-1	0	-1	1

Tabel 4.3 Sambungan

Lokasi	Nilai (Rp)	Waktu (Thn)	Durasi (Hari)	Luas (m2)	Tngkt	Tinggi	Tpgrf	bntk	Pndsi	Rangka	wall	atap	Lt
-0.5	0.735033259	1	0.882352941	0.45908299	-1	-0.3333333	-1	-1	-1	-1	1	-1	1
0	0.541019956	0.777777778	0.882352941	0.54730122	-1	-0.3333333	0	-1	-1	-1	0	-1	1
-0.5	0.719822616	-1	-1	0.44631457	1	0.3333333	0	-1	1	-1	0	0	1
-0.5	0.882841907	0.111111111	1	0.41381312	-1	-0.3333333	1	1	-1	1	0	0	1

Sumber: Hasil Olahan

Tabel 4.4 Definisi Nilai Untuk Data Kategori

Lokasi	Nilai
jakarta	1
Kerawang	2
Bekasi	3
depok	4
cikampek	5

Topografi	Nilai
cut	1
fill	2
cut and fill	3
pembersihan lahan saja	4

Rangka Atap	Nilai
Baja wf	1
Besi siku	2

Finishing atap	Nilai
zincalume	1
galvalume	2
Asbes	3

Type bangunan	Nilai
single frame	1
double frame	2

Mat.Dinding	Nilai
batako	1
batu bata	2
bata ringan	3

Finishing lantai	Nilai
floor hardener	1
coating epoxy	2

Type pondasi	Nilai
tiang pancang	1
bored pile	2

Sumber: Hasil Olahan

## g. Langkah 7. Mulai Pelatihan dan Menentukan Bobot dan Perbaikan Bobot

Proses pelatihan dilakukan terus menerus melalui hubungan bobot-bobot dan bias antar neuron pada tiap lapisan ANN. Dalam melakukan proses tersebut digunakan aplikasi Matlab versi 7.8. pelatihan dilakukan sampai ANN

mencapai target tertentu dan apabila tidak mencapai target maka harus dihentikan sampai criteria tertentu.

h. Langkah 8. Proses Penghentian Pelatihan dan Lakukan Pengujian

Proses criteria penghentian pada proses pelatihan adalah :

- a) Waktu maksimum, yaitu waktu maksimum yang diberikan untuk melakukan pelatihan ditetapkan 10 menit atau 600 detik.
- b) Maksimum Epoch, yaitu jumlah maksimum epoch yang diperbolehkan selama proses pelatihan. Dalam hal ini iterasi akan dihentikan apabila nilai epoch mencapai nilai maksimum epoch yang ditetapkan sebanyak 65.000 epoch.
- c) Kinerja Tujuan (*Goal*), yaitu target nilai fungsi kinerja jaringan. Iterasi akan berhenti apabila kinerja jaringan telah mencapai target yang diinginkan yang ditetapkan sebesar  $MSE = 10^{-3}$
- d) Maksimum Kegagalan (*Fail*), yaitu apabila iterasi menghasilkan kegagalan akibat gradient yang terdapat pada iterasi ke-n lebih besar daripada gradient ke-(n-1) sebanyak nilai maksimum jumlah kegagalannya, sehingga harus dihentikan. Adapun nilai maksimum kegagalan ditetapkan bernilai 5.
- e) Gradient minimum, yaitu akar jumlah kuadrat dari semua gradient terkecil yang diperbolehkan. Iterasi harus dihentikan apabila nilai ini kurang dari gradient minimum yang ditetapkan dengan nilai sebesar  $10^{-10}$ .

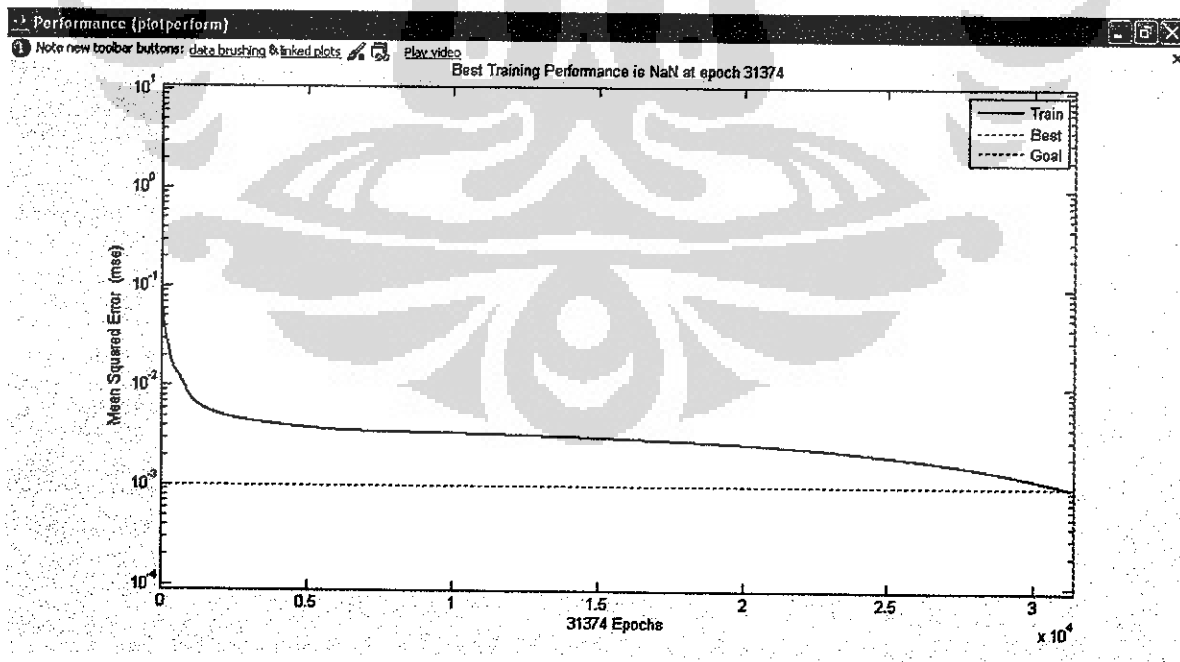
Parameter pelatihan yang digunakan dalam model ANN terdapat pada tabel 4.5.

<b>Training parameter</b>	<b>Nilai fungsi</b>	<b>Deskripsi</b>
Data	80 data pelatihan dan 5 pengujian	Pelatihan/pengujian
Jumlah input	13	
Jumlah output	1	
Jmlh hidden layer	1	
Jml neuron hidden layer	3/5/6/7/8	Trial yang terbaik
Algoritma Pembelajaran	Backpropagation	
Fungsi Pembelajaran	Gradien descent momentum	
Fungsi Aktivasi	Sigmoid bipolar (tagsig)	
Normalisasi data	Ya	
Learning data	0-1	trial yang terbaik

Momentum	0-1	trial yang terbaik
Kriteria penghentian iterasi		
maksimum epoch	65.000	
Kinerja tujuan (Goal)	$10^{-3}$	
Maksimum kegagalan	5	
Gradien minimum	$10^{-10}$	
Waktu maksimum	600'	

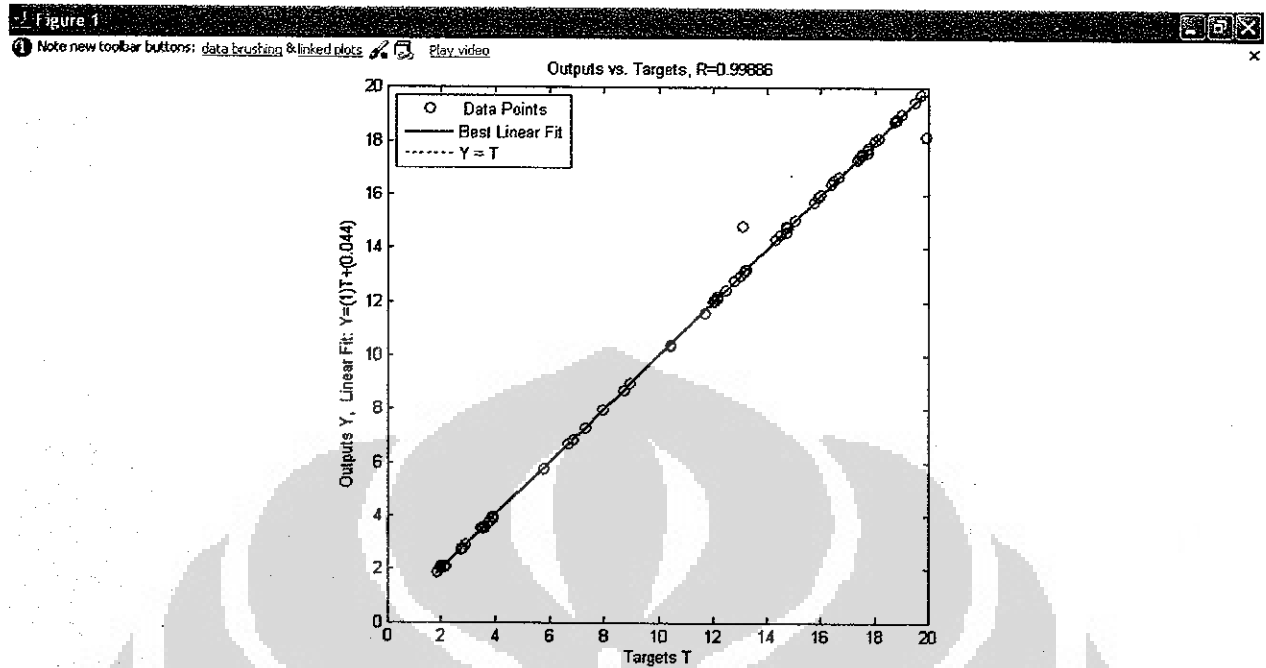
Sumber : Hasil Olahan

Setelah dilakukan proses pelatihan sesuai dengan target yang diinginkan pada data pelatihan, maka dilakukan pengujian model yang telah dilatih terhadap data-data yang belum ditemukan oleh jaringan yaitu data pengujian (data ke 81-85). Disini dilakukan evaluasi kinerja jaringan sesuai dengan criteria yang ditentukan seperti nilai MSE dan MMRE (tingkat kesalahan estimasi total biaya konstruksi), antara data target dengan data output dari model ANN yang telah dilatih. Gambar 4.3, 4.4 dan 4.5 berikut ini merupakan salah satu keluaran program Matlab dalam mencari model yang cocok sesuai dengan criteria yang diinginkan dalam Tabel 4.4



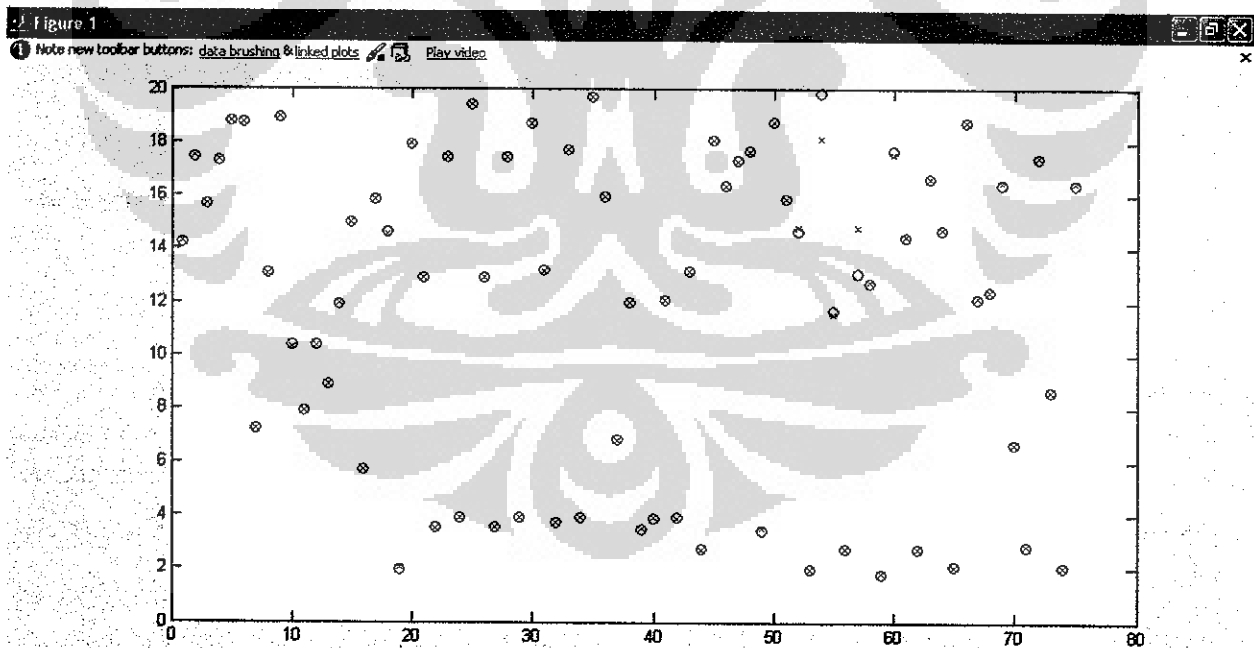
Gambar 4.2 Kinerja Model ANN Terhadap Data Pelatihan (13-7-1)

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 4.3 Nilai R Antara Data Aktual (Target) dengan Data Estimasi (Output) Model ANN (13-7-1) Pada Set Data Pelatihan dan Pengujian.

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 4.4 Perbandingan Data Aktual (target) Dengan Data Estimasi (Output) Model ANN (13-7-1) Pada Set Data Pelatihan dan Pengujian.

Sumber : Hasil Olahan

Gambar ini merupakan keluaran dari program Matlab hasil simulasi model ANN dengan berbagai arsitektur yang terdapat pada lampiran 2, sedangkan rekapitulasi data dari kinerja setiap model ANN terbaik setelah beberapa kali menjalankan program Matlab terdapat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Rekapitulasi Hasil Simulasi Pemodelan ANN

Model ANN	ArsitekturANN	MSE (10)	R (10 <sup>-18</sup> )	MMRE- Tingkat Kesalahan Estimasi Biaya Kontruksi (%)			Algoritma Backpropagation
		85 Data Total	85 Data Total	data training (80 data)	data test (5 data)	(85 data) Total	
<b>ANN 1 hidden layer</b>	13-3-1	102,75	0,931	47,56	43,66	47,50	<i>Gradient Descent with Momentum</i>
	13-5-1	30,95	0,982	34,31	33,35	34,70	
	13-6-1	9,72	0,991	19,97	18,45	19,21	
	13-7-1			17,43	14,30		
	13-8-1	6,21	0,994	16,18	17,67	18,38	

Sumber : Hasil Olahan

i. Langkah 9. Aplikasi Model ANN Terpilih untuk Proyek Baru

Berdasarkan Tabel 4.5 untuk model, Model ANN gradient descent dengan memakai momentum ini menunjukkan bahwa hasil dari pemodelan ANN dengan arsitektur 13-7-1 mampu memprediksi data pengujian dengan tingkat kesalahan sebesar 14,30 % (paling kecil dibandingkan dengan model lainnya. Pemodelan dengan arsitektur 13-8-1 hanya bagus dalam memprediksi untuk data-data pelatihan yaitu sebesar 16.18 % (paling kecil dibandingkan dengan model lainnya) akan tetapi untuk tingkat koreksi kesalahan untuk data-data pengujian, menunjukkan kinerja yang kurang baik atau bisa dikatakan kemampuan generalisasi dari arsitektur 13-8-1 kurang apabila dibandingkan dengan arsitektur 13-7-1.

## BAB 5 ESTIMASI BIAYA KONSEPTUAL DENGAN SISTEM *PROTOTYPE ANN*

### 5.1 *Prototype* Estimasi Biaya Konseptual

Pengembangan system model estimasi biaya konseptual dengan ANN (Artificial Neural Network) ditulis dengan bahasa pemrograman C. Bahasa C dikembangkan oleh Dennis Ritchie sekitar tahun 1970-an di Bell Telephone Laboratories Inc (Sekarang adalah AT&T Bell Laboratories). Bahasa C pertama kali digunakan pada komputer Digital Equipment Corporation PDP-11 yang menggunakan sistem operasi UNIX. Standar bahasa C yang asli adalah standar dari UNIX. Sistem operasi, kompilasi C dan seluruh program aplikasi UNIX yang esensial ditulis dalam bahasa C. Patokan dari standar UNIX ini diambilkan dari buku yang ditulis oleh Brian Kernighan dan Dennis Ritchie berjudul "The C Programming Language", diterbitkan oleh Prentice-Hall tahun 1978. Kepopuleran bahasa C membuat versi-versi dari bahasa ini banyak dibuat untuk komputer mikro. Untuk membuat versi-versi tersebut menjadi standar, ANSI (American National Standards Institute) membentuk suatu komite (ANSI committee X3J11) pada tahun 1983 yang kemudian menetapkan standar ANSI untuk bahasa C. Standar ANSI ini didasarkan kepada standar UNIX yang diperluas.

Standar ANSI menetapkan sebanyak 32 buah kata-kata kunci (keywords) standar. Versi-versi bahasa C yang menyediakan paling tidak 32 kata-kata kunci ini dengan sintaks yang sesuai dengan yang ditentukan oleh standar, maka dapat dikatakan mengikuti standar ANSI. Buku ajar ini didasarkan pada bahasa C dari standar ANSI.

Pada saat ini C merupakan bahasa pemrograman yang sangat populer di dunia. Banyak pemrograman yang dibuat dengan bahasa C seperti assembler, interpreter, program paket, sistem operasi, editor, kompilasi, program bantu, Word Star, Dbase, aplikasi untuk bisnis, matematika dan game, bahkan ada pula yang menerapkannya untuk kecerdasan buatan. Dalam beberapa literatur bahasa C digolongkan sebagai bahasa tingkat menengah. Penggolongan ke dalam bahasa tingkat menengah bukanlah berarti bahwa bahasa C lebih sulit dibandingkan dengan bahasa tingkat tinggi seperti PASCAL atau BASIC. Demikian juga bahasa

C bukanlah bahasa yang berorientasi pada mesin seperti bahasa mesin dan assembly. Pada kenyataannya bahasa C mengkombinasikan elemen dalam bahasa tingkat tinggi dan bahasa tingkat rendah. Kemudahan dalam membuat program yang ditawarkan pada bahasa tingkat tinggi dan kecepatan eksekusi dari bahasa tingkat rendah merupakan tujuan diwujudkannya bahasa C.

Pada tahun 2003 European Computer Manufacturer Association (ECMA) pada tahun 2003 mencatat beberapa tujuan desain dari bahasa pemrograman C, sebagai berikut (Wikipedia,2008)

Beberapa alasan mengapa memakai bahasa C:

- a. C adalah bahasa pemrograman yang paling populer saat ini, Dengan banyaknya programmer bahasa C, membawa pengaruh semakin mudahnya kita menemukan pemecahan masalah yang kita dapatkan ketika menulis program dalam bahasa C. Pengaruh positif lain adalah semakin banyaknya kompiler yang dikembangkan untuk berbagai platform (berpengaruh ke portabilitas).
- b. C adalah bahasa pemrograman yang memiliki portabilitas tinggi, Program C yang kita tulis untuk satu jenis platform, bisa kita kompilasi dan jalankan di platform lain dengan tanpa ataupun hanya sedikit perubahan. Ini bisa diwujudkan dengan adanya standarisasi ANSI untuk C.
- c. C adalah bahasa pemrograman yang fleksibel, Dengan menguasai bahasa C, kita bisa menulis dan mengembangkan berbagai jenis program mulai dari operating system, word processor, graphic processor, spreadsheets, ataupun kompiler untuk suatu bahasa pemrograman.
- d. C adalah bahasa pemrograman yang bersifat modular, Program C ditulis dalam routine yang biasa dipanggil dengan fungsi. Fungsi-fungsi yang telah kita buat, bisa kita gunakan kembali (reuse) dalam program ataupun aplikasi lain.

Sistem estimasi biaya konseptual dengan Neural Network didesain dengan menggunakan filosofi dari piranti lunak Matlab dalam melaksanakan proses algoritma *backpropagation*. Pengembangan model dengan bantuan Matlab menunjukkan algoritma pembelajaran *backpropagation* dengan fungsi pembelajaran *gradient descent* dengan momentum menunjukkan hasil yang lebih



baik dibandingkan *gradient descent* biasa. Oleh karena itu prototype system estimasi biaya konseptual dengan Neural Network yang akan dibuat ini, menggunakan algoritma pembelajaran *backpropagation* dengan fungsi pembelajaran *gradient descent* dengan momentum.

Sistem prototype ini dikembangkan berbasis bahasa C dalam membentuk Algoritma pembelajaran, fungsi pembelajaran dan proses pembelajaran dalam ANN dengan mengadopsi dari Frank fleurey (2002) dan dicompile dengan program Microsoft Visual Studio 2005. Beberapa contoh kode pemrograman dalam system prototype terdapat pada lampiran.

## 5.2 Pengembangan *Prototype* Estimasi Biaya Konseptual

Sistem prototype dibagi kedalam 3 tab window/halaman utama yaitu :

### a. Data-Training

Bagian ini berisi tahapan awal dalam memasukkan data serta deskripsi variable x (bebas) yang merupakan variable input ke dalam Neural Network. Pada bagian ini pula proses aktivasi untuk melakukan proses training jaringan dapat dilakukan dengan menekan tombol training. Langkah-langkah yang perlu dipersiapkan terlebih dahulu sebagai berikut:

- a) Menentukan jumlah variable input dan output dimana dalam kasus penelitian ini yaitu berjumlah 13 variabel input dan 1 variabel output yaitu keluaran total biaya kontruksi penanganan jalan dengan cara mengeditnya pada jumlah variable input dan output.
- b) Menentukan deskripsi 13 variabel input dan 1 variabel output, yaitu :
  - x1 = Luas Bangunan
  - x2 = Jumlah Tingkat
  - x3 = Lokasi
  - x4 = Topografi Tanah
  - x5 = Type Bangunan Pabrik
  - x6 = Type pondasi
  - x7 = Tinggi Bangunan
  - x8 = Type Material Rangka atap Bangunan
  - x9 = Type Finishing Atap

- x10 = Type Material Dinding
- x11 = Type Finishing Lantai
- x12 = Tahun Pembuatan
- x13 = Durasi Proyek
- y = Perkiraan Biaya konstruksi

Perintah memasukkan variable-variabel tersebut dengan cara menekan tombol load config dan memasukkan file config yang sudah kita definsikan sebelumnya.

c) *Load Data*

Memasukkan data input sebagai data pelatihan kedalam jaringan dengan menekan tombol load data. Data yang perlu dipersiapkan adalah data dengan ukuran matriks  $m \times n$  (baris kolom) yaitu 80 baris dan 14 kolom. Jumlah baris 71 merupakan data training (pelatihan) sebanyak 80 buah sedangkan 14 kolom merupakan variabel biaya bebas  $x$  yaitu 13 variabel  $x$  dan 1 variabel terikat  $y$  yang merupakan variabel biaya konstruksi pada proyek. Format data harus berbentuk csv (*comma delimited*) yang dapat dibuat dengan menggunakan program Microsoft Excel dan belum dinormalisasi atau di skala. Pada saat load data maka program akan otomatis menskala data sehingga nilai data berubah ke dalam rentang nilai 1 sampai -1.

Cost Estimator with Neural Network

Neural Network Training Running

Input										
Tahun	Lokasi	Durasi	Luas	Tingkat	Tinggi	Topografi	Bangunan	Pondasi	Rangka	Dinding
2005	2	120	1800	1	9	3	1	2	1	2
2005	2	175	1650	1	6	2	1	2	2	2
2005	2	175	1750	2	12	2	1	2	2	2
2005	2	185	5500	1	9	3	1	1	1	2
2005	3	100	1500	1	7	3	1	1	2	2
2005	3	180	3596	2	12	3	2	1	1	2
2005	4	175	3650	2	12	2	1	2	1	2
2006	1	175	3250	2	12	3	2	2	1	2
2006	2	120	2120	1	7	2	1	1	1	2
2006	2	185	3750	1	9	2	2	1	1	2
2006	2	185	3760	1	9	1	2	1	1	2
2006	2	185	5500	1	9	3	2	1	1	2
2007	1	120	1350	1	7	2	2	2	2	2
2007	1	120	3000	1	6	1	2	1	1	2

No. of Training Data Points: 80

Load Data Initialize Training Testing

Gambar 5.1 Windows Input Data Training Prototype Cost Estimator *Neural Network*

Sumber : Hasil Olahan

a. *Neural Network*

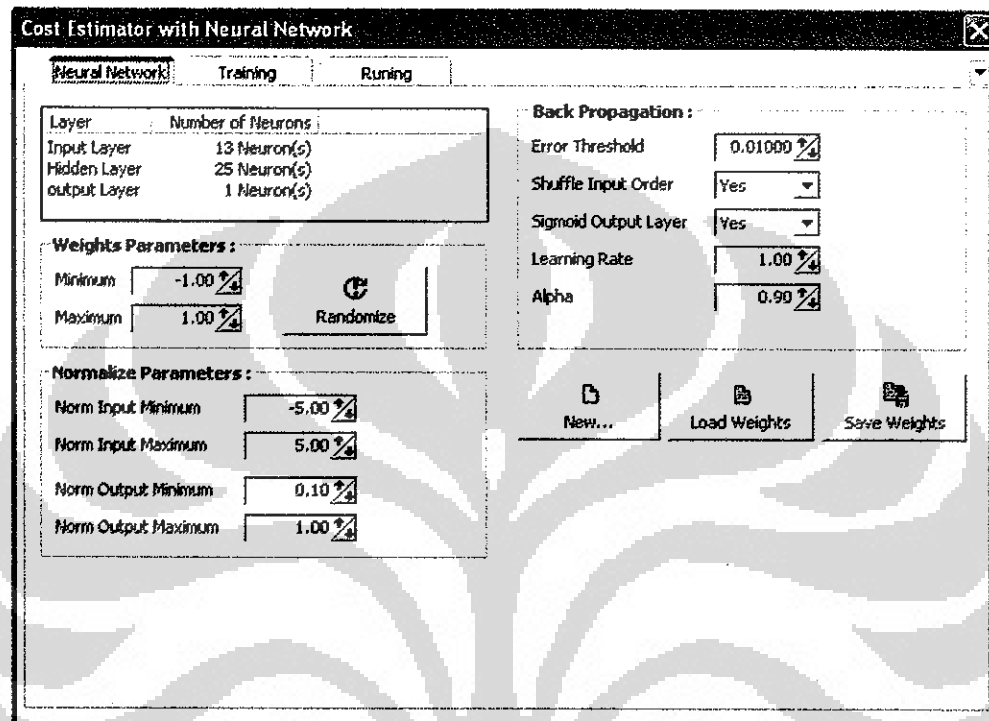
Bagian ini berisi customisasi dari neural network yaitu :

- Penentuan jumlah *hidden layer* maupun banyaknya jumlah neuron pada *hidden layer* tersebut dengan menekan tombol *new*.
- Menentukan besaran bobot awal secara random dengan menekan tombol *randomize*.
- Memilih proses aktivasi yang dilakukan seperti fungsi sigmoid
- Menyimpan hasil pelatihan jaringan dengan menekan tombol *save*.
- Mengeluarkan data jaringan yang sudah dilatih dan disimpan oleh computer dengan menekan tombol *load*.

Pada tab algoritma *backpropagation* maka parameter yang perlu ditentukan nilainya :

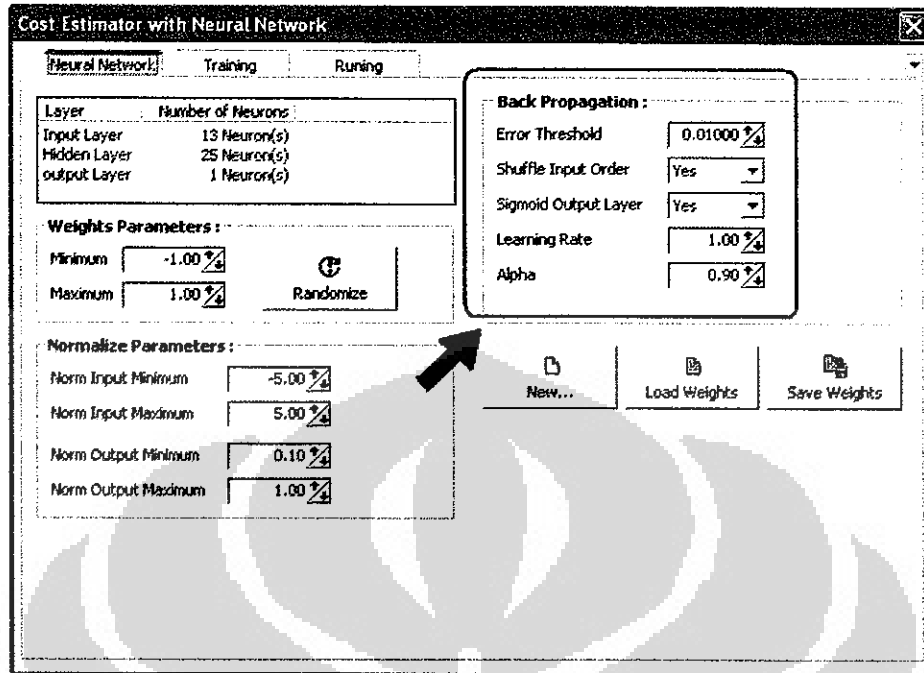
- Menentukan besaran nilai koefisien pembelajaran (*alpha*)
- Menentukan besaran nilai momentum (*gamma*)

- c) Menentukan jumlah iterasi maksimum yang diperbolehkan
- d) Menentukan kinerja jaringan atau tingkat kesalahan yang diinginkan (MSE).



Gambar 5.2 Tampilan Windows Customize *Neural Network* Pada Prototype Conceptual Cost Estimator Neural Network

Sumber : Hasil Olahan



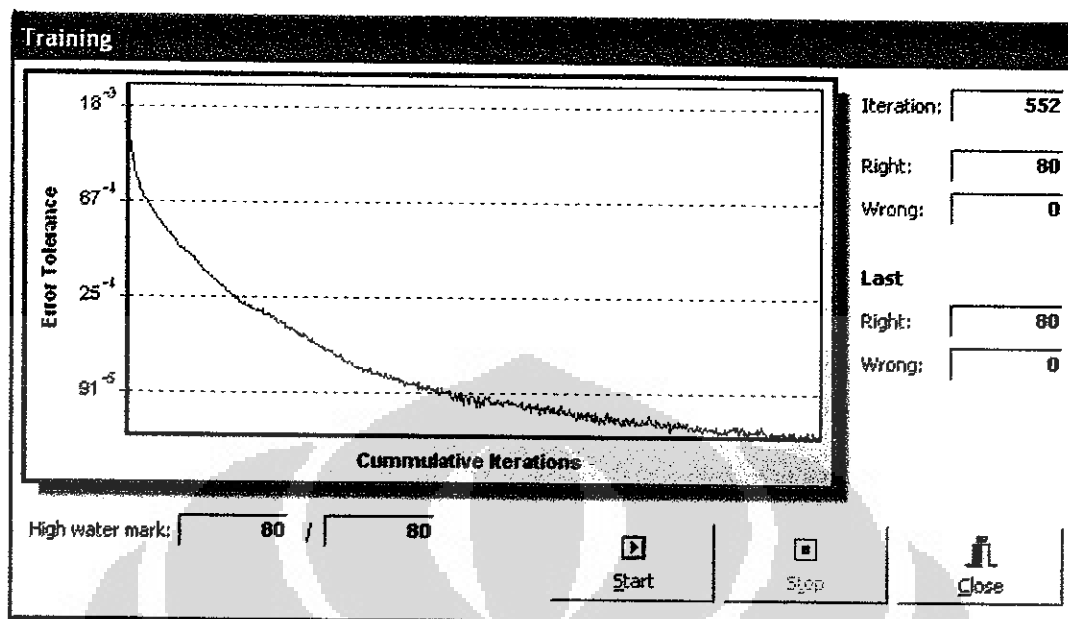
Gambar 5.3 Penentuan Nilai Alpha, Tingkat Error dan Learning Rate Pada Prototype Cost Estimate With Neural Network.

Sumber : Hasil Olahan

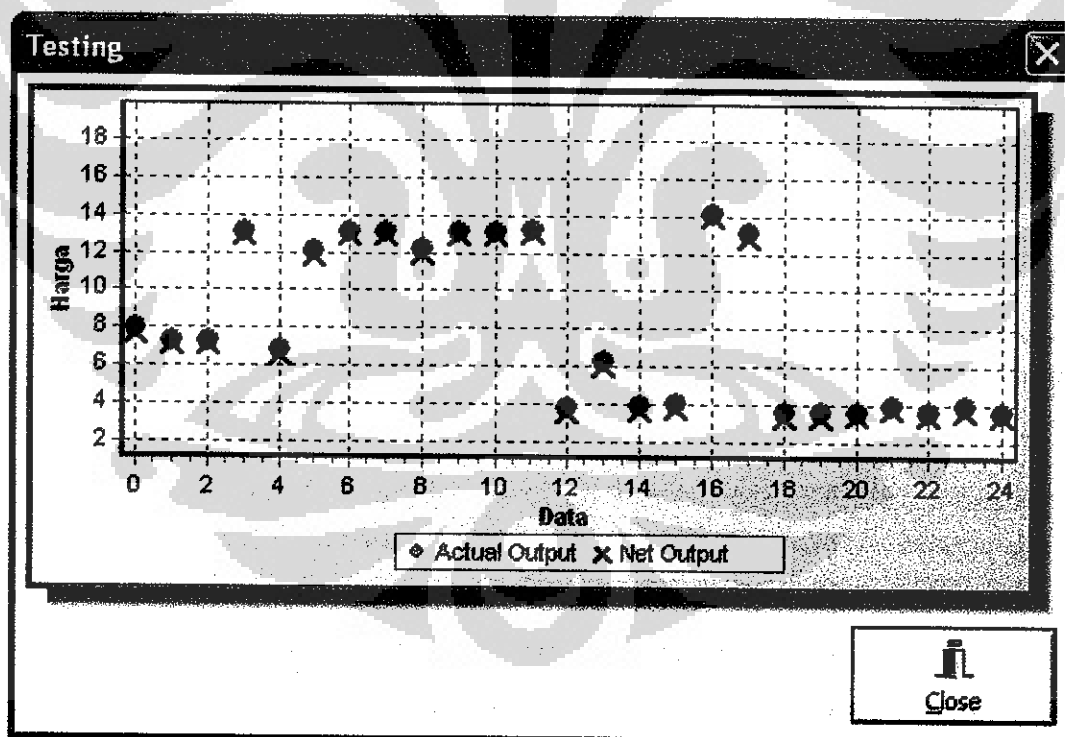
Tahun	Lokasi	Durasi	Luas	Tingkat	Tinggi	Topografi	Bangunan	Pondasi	Rangka	Dinding
2005	2	120	1800	1	9	3	1	2	1	3
2005	2	175	1650	1	6	2	1	2	2	2
2005	2	175	1750	2	12	2	1	2	2	3
2005	2	185	5500	1	9	3	1	1	1	2
2005	3	100	1500	1	7	3	1	1	2	2
2005	3	180	3596	2	12	3	2	1	1	2
2005	4	175	3650	2	12	2	1	2	1	2
2006	1	175	3250	2	12	3	2	2	1	3
2006	2	120	2120	1	7	2	1	1	1	2
2006	2	185	3750	1	9	2	2	1	1	2
2006	2	185	3760	1	9	1	2	1	1	2
2006	2	185	5500	1	9	3	2	1	1	2
2007	1	120	1380	1	7	2	2	2	2	3
2007	1	120	3000	1	6	1	2	1	1	1

Gambar 5.4 Windows Input Data Training Pada Prototype Conceptual Cost Estimator.

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.5 Tampilan Training Data Pada Prototype Conceptual Cost Estimator.  
Sumber : Hasil olahan



Gambar 5.6 Windows Hasil Training Data Testing Pada Prototype Conceptual  
Cost Estimator.

Sumber : Hasil olahan

b. *New Estimate dan Testing*

Pada tahap ini jaringan ANN akan diadakan pengujian terhadap data-data yang tidak dimasukkan kedalam pelatihan maupun mengestimasi biaya untuk data proyek baru. User hanya cukup memasukkan besaran parameter proyek yang akan diestimasi untuk selanjutnya system akan mengestimasi biaya kontruksi sesuai dengan hasil pembelajaran yang disimpan kedalam memori. Besaran parameter proyek yang akan diestimasi baik itu data pengujian maupun data proyek baru akan di input pada kotak yang tersedia seperti tahun awal pelaksanaan, lokasi, durasi pekerjaan , dll. System akan secara otomatis menormalisasikan data tersebut kedalam skala antara rentang 1 dan -1 sesuai dengan besaran data pelatihan didalam jaringan yang sudah disimpan kedalam memori. Selanjutnya system akan menghitung perkiraan biaya kontruksi sesuai dengan parameter yang diberikan serta model ANN yang telah dilatih dan disimpan kedalam memori tersebut.

Parameter	Value	Estimated Value
Tahun	2010	1.000
Lokasi	Kerawang	-0.500
Durasi	185	1.000
Luas	7,500	1.000
Tingkat	2	1.000
Tinggi	15	1.000
Topografi	Cut	-1.000
Tipe Bangunan	Single Frame	-1.000
Tipe Pondasi	Tiang Pancang	-1.000
Rangka	Baja WF	-1.000
Material Dinding	Bstako	-1.000
Material Finishing Atap	Zincalume	-1.000
Lantai	Floor Hardener	-1.000
Harga	17.514	0.863

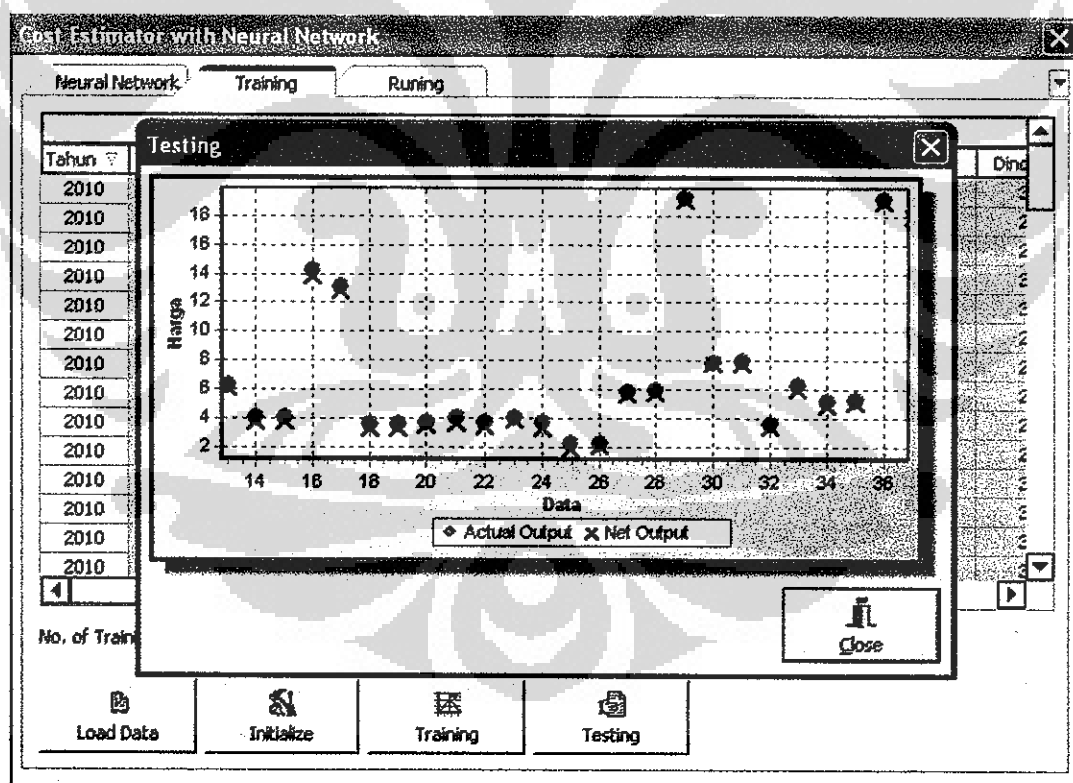
Gambar 5.7 Windows Running New Data pada Prototype Conceptual Cost Estimator Neural Network.

Sumber : Hasil Olahan

Setelah tahap ini diselesaikan maka hasil perhitungan perkiraan biaya konstruksi dapat kita cetak termasuk besaran parameter proyek yang telah input ke dalam window testing tersebut. Perintah cetak dilakukan menggunakan tombol print apabila kita sudah yakin dengan langkah yang sudah kita masukkan beserta data-datanya. Apabila kita masih ingin merubah/mengganti maka kita dapat melihat hasil tampilan sebelum kita mencetak dengan menekan tombol *Preview*.

### 5.3 Kinerja Prototype

Kinerja dari prototype system diukur dari tingkat akurasi perkiraan biaya Proyek yang diestimasi dibandingkan dengan biaya konstruksi actual pelaksanaan. Hasil rata-rata tingkat error untuk 80 data pelatihan mencapai 14,40 % dan untuk 5 data pengujian sebesar 15,96% sehingga tingkat error untuk keseluruhan 85 data mencapai 14,59 %.



Gambar 5.8 Perbandingan Data Actual (Target) Dengan Data Estimasi (Output)  
Oleh *Conceptual Cost Estimator Neural Network*.

Sumber : Hasil Olahan

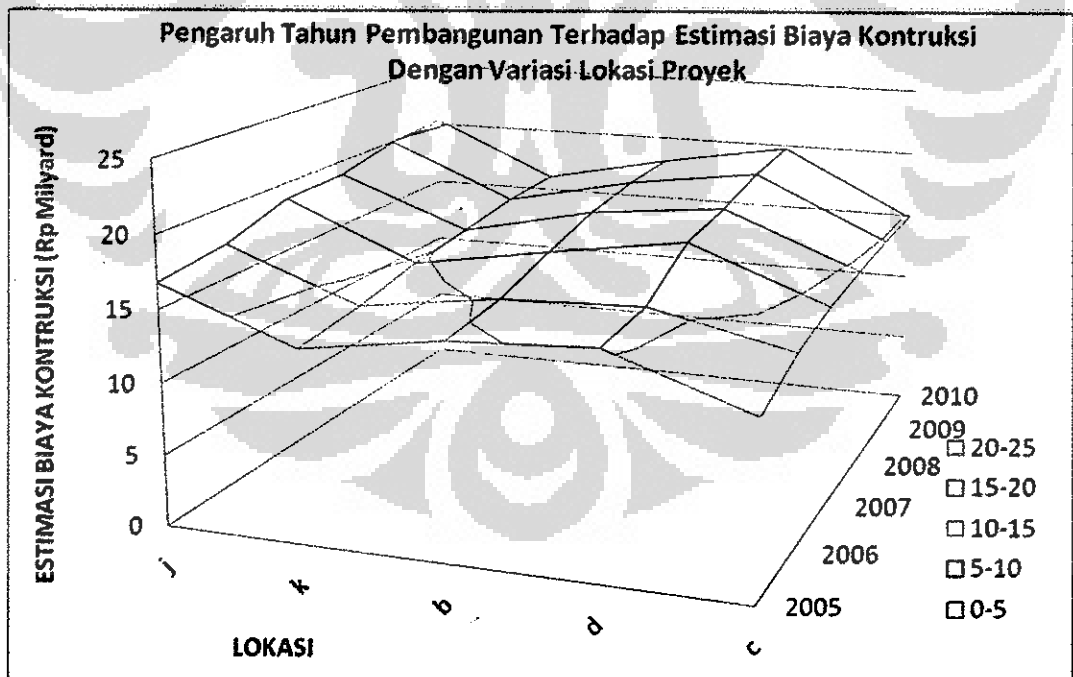


Berdasarkan Gambar 5.9 hasil estimasi untuk data pengujian yaitu data proyek untuk karawang mempunyai tingkat kesalahan yang lebih besar dibandingkan data pengujian lainnya. Hal tersebut dapat disebabkan oleh beberapa hal di antaranya:

- Tidak konsistennya angka biaya pada proyek karawang hal ini disebabkan kemungkinan adanya kesalahan atau kurangnya angka digit dalam pengisian kuisioner oleh responden.
- Adapun penyebab kemungkinan yang kedua adalah proses pembelajaran yang belum maksimal dalam mengenali pola, sehingga dalam mengenali kasus yang sedikit berbeda maka hasil estimasi sedikit berbeda.

#### 5.4 Tingkat Sensitivitas Sistem Prototype Estimasi Biaya Konseptual

Pengujian tingkat sensitivitas ini perlu dilakukan dalam pengembangannya. Adapun proses langkahnya dalam melakukan sensitivitas hamper sama dengan pemodelan yang terdapat pada Bab 4. Besaran dari masing - masing variabel proyek akan diuji dengan cara merubah nilai dari salah satu variabel dimana nilai pada variabel yang lainnya bersifat konstan.



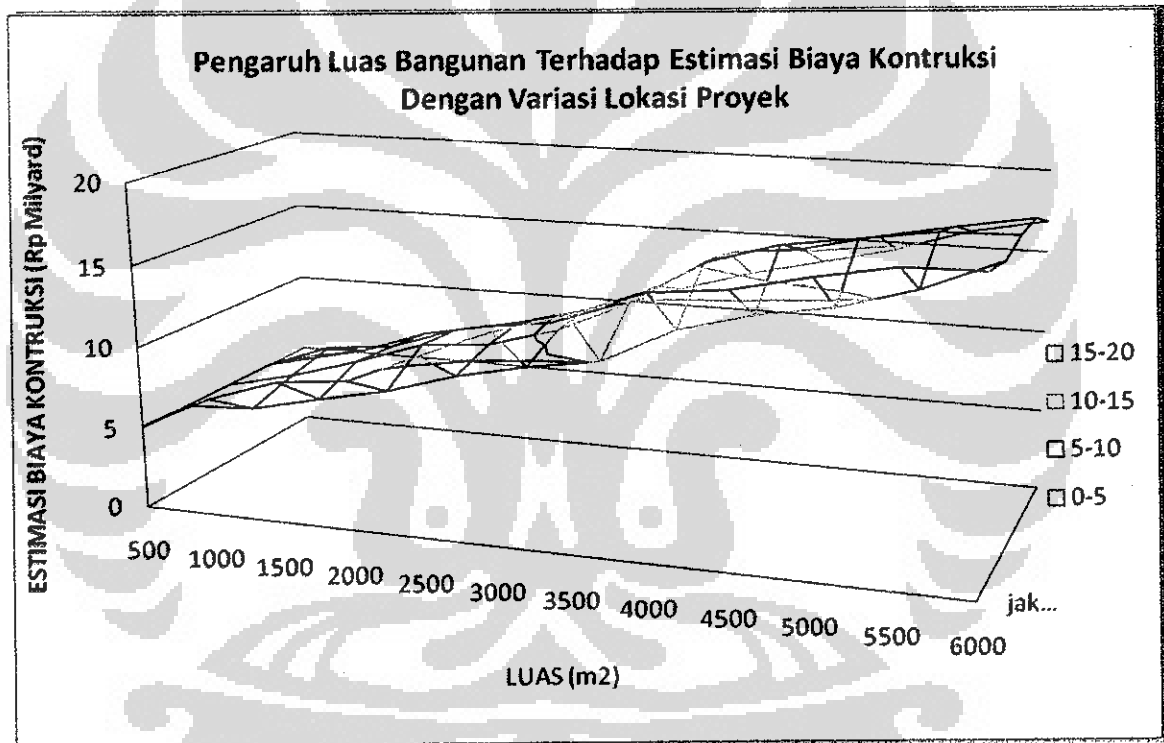
Gambar 5.9 Pengaruh Tahun Pembangunan dan Lokasi Proyek Terhadap Estimasi Biaya Kontruksi

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 5.1 Pengaruh Tahun Pembangunan Terhadap Estimasi Biaya Kontruksi Dengan Variasi Lokasi Proyek.

Tahun	Jakarta	karawang	bekasi	depok	cikampek
2005	16.81	13.33	14.803	15.315	12.034
2006	17.387	13.887	15.264	15.616	13.534
2007	18.829	14.812	16.42	17.906	14.264
2008	18.952	15.328	17.428	18.426	14.622
2009	19.975	15.923	17.963	19.313	14.849
2010	20.322	16.079	18.081	19.766	14.851

Sumber : Hasil Olahan



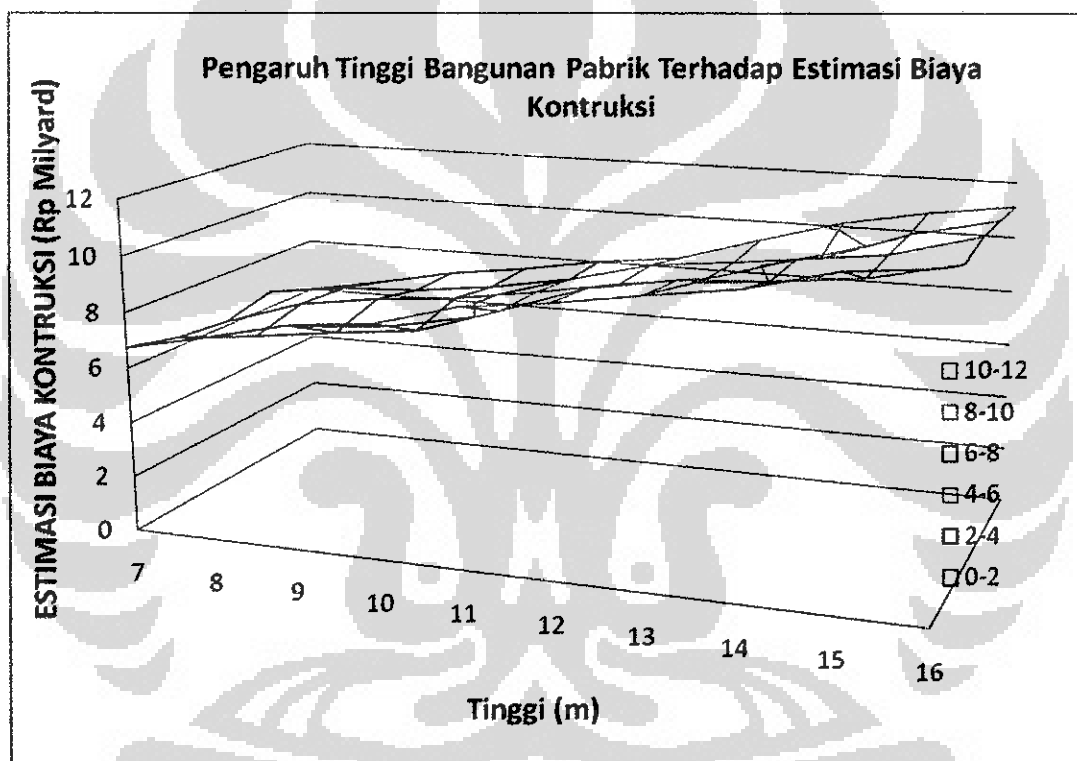
Gambar 5.10 Pengaruh Luas Bangunan Terhadap Estimasi Biaya Kontruksi Dengan Variasi Lokasi Proyek (\*Lokasi di Jakarta).

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 5.2 Pengaruh Luas Bangunan Pabrik Terhadap Estimasi Biaya Kontruksi  
Dengan Variasi Lokasi.

Lokasi	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
Jakarta	5.117	7.21	8.662	9.115	10.983	12.742	14.044	15.657	16.124	17.145	17.989	18.067
Karawang	5.012	5.238	6.246	7.145	8.453	9.399	10.115	12.346	13.567	14.345	15.674	17.564
Bekasi	5.025	6.034	7.322	8.756	9.156	10.423	12.441	15.215	16.564	17.231	17.897	18.011
Depok	5.047	6.635	7.045	8.502	9.362	10.562	12.334	14.769	15.321	16.378	17.236	18.013
Cikampek	4.167	5.162	6.678	7.546	8.113	9.679	11.112	12.425	13.475	14.576	15.996	16.879

Sumber : Hasil Olahan



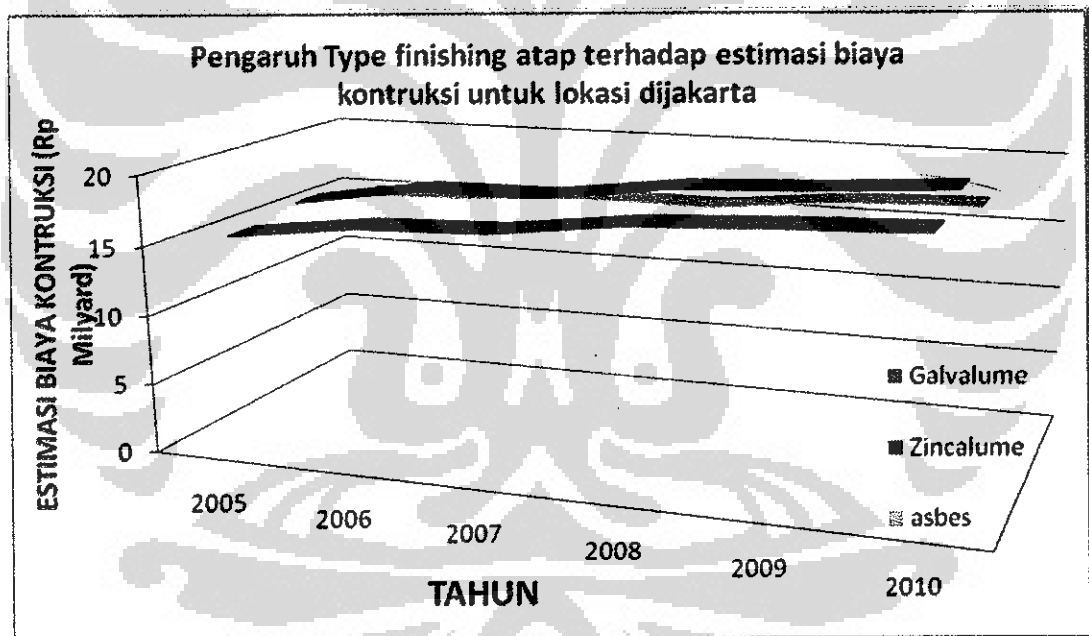
Gambar 5.11 Pengaruh Tinggi Bangunan Terhadap Estimasi Biaya Kontruksi Pada Prototype ANN (\*Lokasi di Jakarta)

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 5.3 Pengaruh Tinggi Bangunan Pabrik Terhadap Estimasi Biaya Kontruksi Dengan Variasi Lokasi dan Tinggi Pabrik.

Tinggi	Jakarta	Karawang	Bekasi	Depok	Cikampek
7	6.751	6.327	6.153	6.598	6.001
8	7.372	6.626	7.089	6.979	6.523
9	8.051	7.016	7.512	7.128	7.114
10	8.351	7.338	7.776	7.488	7.511
11	9.18	8.281	8.227	8.001	8.018
12	9.531	9.309	8.755	8.766	8.357
13	10.018	9.813	9.177	9.092	9.276
14	10.458	10.003	10.083	9.453	10.138
15	11.251	10.347	10.456	10.515	10.693
16	11.556	11.014	11.272	11.212	11.113

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.12 Pengaruh Finishing Atap Pabrik Dengan Menggunakan Atap Berbahan Zincalume, Galvalume dan Asbes Terhadap Estimasi Biaya Kontruksi di Daerah Jakarta.

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 5.4 Pengaruh Type Finishing Atap Bangunan Pabrik Terhadap Estimasi Biaya Kontruksi Dengan Variasi Lokasi dan Tinggi Pabrik (\*Lokasi di Jakarta).

Tahun	Galvalume	Zincalume	Asbes
2005	15.476	16.115	15.023
2006	16.628	17.566	15.291
2007	16.926	17.656	15.824
2008	18.074	18.836	15.751
2009	18.554	19.271	16.727
2010	18.925	19.930	16.986

Sumber : Hasil Olahan

Hasil analisis sensitivitas memperlihatkan bahwa perbedaan tahun pembangunan pelaksanaan proyek dapat menyebabkan kenaikan biaya kontruksi. Hal tersebut dikarenakan pola data yang dipelajari oleh ANN saat proses training. Pola tersebut berlaku sama untuk variabel-variabel lainnya yaitu, luas bangunan, tinggi bangunan, dll. Untuk masing-masing tipe finishing atap maupun type finishing atap akan mempengaruhi kenaikan estimasi biaya kontruksi.

Hubungan antara variabel-variabel proyek ini dengan estimasi biaya kontruksi digambarkan dengan kurva garis estimasi yang membentuk fungsi garis polinomial dengan tingkat orde 3 dengan bantuan Microsoft Excel Nilai korelasi sensitivitas variabel proyek terhadap estimasi biaya hampir seluruhnya mendekati 1 yang itu berarti bahwa kurva sensitivitas dengan tepat membentuk model polinomial orde 3 dengan persamaan :

$Ax^3 + bx^2 + cx + d$  dengan a, b, c dan d menyatakan nilai konstanta dan x menyatakan nilai variabel proyek. Secara umum berdasarkan hasil kinerja estimasi yang dihasilkan dari system Prototype serta melihat hasil sensitivitas dari model maka dapat disimpulkan bahwa system prototype cukup bisa dipakai atau bisa diaplikasikan terhadap proyek dengan ruang lingkup yang hampir serupa dengan proyek sejenis yang telah dilaksanakan.

## BAB 6 TEMUAN DAN BAHASAN

### 6.1 Temuan

Hasil temuan dalam penelitian ini adalah pengujian kinerja prototype dimana pengukuran kinerja diukur dari tingkat akurasi perkiraan biaya proyek yang diestimasi dibandingkan dengan biaya konstruksi actual pelaksanaan. Adapun hasil rata-rata tingkat error untuk 5 data pengujian sebesar 15,60 %. Untuk data pelatihan 80 data mencapai 14,37 % hal ini lebih kecil dibanding dengan data testing dikarenakan model sudah mengenali pola data pelatihan. Untuk keseluruhan 85 data mencapai 14,59% hal ini berarti model dapat diterima dikarenakan model masuk dalam batas toleransi yang diharapkan. Dimana menurut AACE tahap konseptual yang dimulai dari kelas 5 sampai kelas 3 diharapkan berada dalam rentang -20% sampai +30% dari biaya proyek sebenarnya. Hal ini bisa dilihat pada tabel 6.1

Tabel 6.1 Tabel Nilai Keluaran Model Prototype ANN Untuk Data Testing

Data Baru :

Lokasi	Tahun	Durasi (Hari)	Luas (m <sup>2</sup> )	Tinggi (m)	Nilai (Rp)
Cikampek	2009	120	2850	14	15.879.956.000
Bekasi	2009	150	1715	9	13.155.994.000
Karawang	2010	180	3785	9	17.999.985.000
Depok	2008	175	2617	8	13.145.346.000
Karawang	2010	175	4125	10	19.565.214.000

	Nilai (Rp)	Nilai (Rp)	error (%)
A	15.879.956.000	13.876.000.000	-12%
B	13.155.994.000	10.397.000.000	-20%
C	17.999.985.000	15.979.000.000	-11%
D	13.145.346.000	10.513.000.000	-20%
E	19.565.214.000	16.721.000.000	-14%
<b>rata-rata error =</b>			<b>-15.60%</b>

Sumber : Hasil Olahan

### 6.1.1 Perbandingan Sistem Prototype Dengan Analisis Regresi Versi SPSS 17.0

Adapun temuan lain yang ditemukan pada penelitian ini adalah dimana peneliti mencoba membandingkan teknik jaringan saraf tiruan dengan metode analisis regresi yang menggunakan program statistik SPSS (*Statistical Program for Social Science*) 17.0. dimana perbandingan kedua metode ini banyak dilakukan pada penelitian - penelitian sebelumnya. Analisa yang akan dipakai dengan software SPSS versi 17.0 ini adalah analisa regresi berganda dimana analisis regresi ganda pada dasarnya menggambarkan hubungan (*relationship*) antara satu variabel yang disebut variabel terikat (*dependent, explained*), dengan variabel lainnya yang disebut variabel bebas (*independent, explanatory variables*). Analisa regresi berganda merupakan model matematis yang akan memperlihatkan hubungan secara kuantitatif terikat Y dan variable X. Suatu peramalan regresi ganda atau persamaan penduga dibentuk untuk menerangkan pola hubungan variabel-variabel, sedangkan analisis korelasi adalah untuk mengukur keeratan hubungan antara variabel-variabel.

Dalam Perbandingan System prototype dengan analisis regresi yang dilakukan dengan SPSS terlihat banyak perbedaan. Sebelum dilakukan analisa regresi dilakukan terlebih dahulu analisa korelasi hal ini dilakukan untuk mengetahui variabel-variabel yang lebih mempunyai hubungan erat dengan biaya sehingga akan menghasilkan keluaran yang lebih baik. berikut keluaran hasil analisa regresi yang sebelumnya telah dilakukan analisa korelasi. Dimana menurut SPSS 17.0 dari ke 13 variabel yang mempunyai hubungan erat dengan biaya hanya 3 variabel yaitu variabel luas, durasi dan variabel tinggi bangunan.

Tabel 6.2 Hasil Analisa Regresi Dengan Metode Stepwise Oleh SPSS 17.0

Variables Entered/Removed <sup>a</sup>			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	LUAS		Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).
2	DURASI		Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).
3	TINGGI		Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).

a. Dependent Variable: BIAYA\_Y

Tabel 6.2 (Sambungan)

## Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.848 <sup>a</sup>	.720	.716	2.92609
2	.877 <sup>b</sup>	.768	.762	2.67653
3	.890 <sup>c</sup>	.792	.784	2.55435

- a. Predictors: (Constant), LUAS  
 b. Predictors: (Constant), LUAS, DURASI  
 c. Predictors: (Constant), LUAS, DURASI, TINGGI

Sumber : Hasil Olahan SPSS 17.0

Tabel 6.3 Nilai Koefisien Keluaran Model SPSS 17.0

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.404	.622		3.868	.000
	LUAS	.003	.000	.848	14.148	.000
2	(Constant)	-3.709	1.621		-2.288	.025
	LUAS	.002	.000	.664	9.313	.000
	DURASI	.051	.013	.287	4.028	.000
3	(Constant)	-6.108	1.751		-3.488	.001
	LUAS	.002	.000	.622	8.933	.000
	DURASI	.050	.012	.282	4.139	.000
	TINGGI	.289	.099	.160	2.923	.005

a. Dependent Variable: BIAYA\_Y

Sumber : Hasil Olahan

Persamaan regresi yang dikeluarkan SPSS adalah :

$$Y = -6.108 + 0,02 (\text{Luas}) + 0,050 (\text{Durasi}) + 0,289 (\text{Tinggi})$$



Berikut perbandingan tingkat error keluaran model prototype dengan model yang dikeluarkan SPSS 17.0

Tabel 6.4 Perbandingan Nilai Keluaran Model SPSS 17.0 dan Prototype  
ANN

Contoh data proyek baru :

Lokasi	Tahun	Durasi (Hari)	Luas (m2)	Tinggi (m)	Nilai (Rp)
Cikampek	2009	120	2850	14	15.879.956.000
Bekasi	2009	150	1715	9	13.155.994.000
Karawang	2010	180	3785	9	17.999.985.000
Depok	2008	175	2617	8	13.145.346.000
Karawang	2010	175	4125	10	19.565.214.000

	Nilai Proyek	Nilai yang di perkirakan	Perbedaan	Nilai yang di perkirakan	Perbedaan
<b>A</b>	15.879.956.000	13.876.000.000	-12%	9.231.000.000	-41%
<b>B</b>	13.155.994.000	10.397.000.000	-20%	7.207.000.000	-45%
<b>C</b>	17.999.985.000	15.979.000.000	-11%	12.529.000.000	-30%
<b>D</b>	13.145.346.000	10.513.000.000	-20%	9.838.000.000	-25%
<b>E</b>	19.565.214.000	16.721.000.000	-14%	13.192.000.000	-32%
<b>rata-rata error =</b>			<b>-15.60%</b>		<b>-34.60%</b>

Sumber : Hasil Olahan

Dalam perbandingan untuk data testing System prototype ANN dan keluaran SPSS terdapat perbedaan yang cukup besar dimana tingkat kesalahan estimasi pada keluaran SPSS jauh lebih besar dan tidak mendekati nilai proyek sebenarnya hal ini mungkin dikarenakan karena banyaknya variabel yang sudah terbuang oleh analisa sebelumnya. Sehingga dari 13 variabel hanya tersisa 3 variabel yang mewakili yang menurut SPSS mempunyai kaitan yang cukup erat dengan biaya. Hal ini tidak terjadi pada system prototype ANN dikarenakan pada system ini memasukkan kesemua variabel untuk dipelajari pola sehingga system dapat memprediksi lebih baik dengan kata lain system prototype dengan teknik jaringan saraf tiruan mempunyai kinerja dan tingkat akurasi yang lebih baik dengan model SPSS 17.0.

## BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

### 7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, temuan-temuan, pembahasan serta interpretasi terhadap penelitian ini, maka dengan hasil yang ada dapat ditarik kesimpulan sebagai jawaban dari rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Adapun faktor-faktor yang cukup berpengaruh terhadap biaya pembangunan kontruksi pabrik adalah: Tahun pelaksanaan, Lokasi pabrik, Durasi (hari), Luas bangunan pabrik, Jumlah tingkat bangunan, Tinggi Pabrik, Bentuk Topografi, Type Bangunan Pabrik, Type Pondasi, Type Rangka Atap pabrik, Type material Dinding pabrik, Type Finishing Atap pabrik dan Type Finishing Lantai pabrik. Untuk definisinya bisa terlihat pada table berikut :

Tabel 7.1 Tabel Rekapitulasi Faktor - Faktor yang Berpengaruh Terhadap  
Estimasi Biaya Kontruksi Bangunan Pabrik

Faktor	Definisi
X1 lokasi pabrik	jakarta, depok, bekasi, bogor, karawang
X2 topografi tanah	cut, fill, cut and fill, pembersihan lahan saja
X3 Luas bangunan pabrik	550-7500/m <sup>2</sup>
X4 Jumlah tingkat bangunan	1-2/tingkat
X5 type bangunan pabrik	single frame dan double/multiframe
X6 type pondasi	pondasi tiang pancang, pondasi bore pile
X7 tinggi bangunan	6-14 m
X8 material rangka bangunan	Rangka baja , Rangka besi,dll.
X9 material finishing atap	atap zinalume, galvalume, asbes, genteng
X10 material finishing dinding	batako,batu bata, bata ringan
X11 type finishing lantai	floor hardener,screed,coating epoxy
X12 tahun pembangunan	2004-2010
X13 durasi proyek	100-185/hari
Y Total Biaya kontruksi	Rp. 2.110.015.000- 19.894.520.000

Sumber : Hasil olahan

- b. Model Prototype Jaringan Saraf Tiruan/ANN telah dikembangkan dengan menggunakan bahasa C adapun struktur jaringan prototype ANN didalam penelitian ini menggunakan :

Tabel 7.2 Tabel Rekapitulasi Arsitektur *Prototype* ANN

<i>Training parameter</i>	<i>Nilai fungsi</i>	<i>Deskripsi</i>
Data	80 data pelatihan dan 5 pengujian	Pelatihan/pengujian
Jumlah input	13 parameter	
Jumlah output	1	
Jmlh hidden layer	1	
Jml neuron hidden layer	1	Trial yang terbaik
Algoritma Pembelajaran	Backpropagation	
Fungsi Pembelajaran	Gradien descent momentum	
Fungsi Aktivasi	Sigmoid bipolar (tagsig)	
Normalisasi data	Ya	
Learning data	0-1	trial yang terbaik
Momentum	0-1	trial yang terbaik
Kriteria penghentian iterasi		
maksimum epoch	65.000	
Kinerja tujuan (Goal)	$10^{-3}$	
Maksimum kegagalan	5	
Gradien minimum	$10^{-10}$	
Waktu maksimum	600'	

Sumber : Hasil olahan

Dimana arsitektur jaringan ANN disini menggunakan lapisan *input* jaringan sebanyak 13 buah. Algoritma pembelajaran yang digunakan dalam jaringan ini menggunakan algoritma propagation. Hal ini dikarenakan algoritma backpropagation cocok untuk peramalan, estimasi maupun prediksi. Adapun fungsi pembelajaran menggunakan fungsi gradient descent dengan momentum. Learning rate yang digunakan yaitu bernilai antara 0 sampai 1, nilai momentum untuk gradient descent dengan momentum yang digunakan antara 0 sampai 1. Setelah system prototype melewati proses pelatihan sampai dengan target yang diinginkan pada data pelatihan, system prototype akan dibandingkan kinerja MMRE-nya (tingkat kesalahan estimasi total biaya konstruksi) dengan keluaran analisa regresi SPSS 17.0. hal ini dilakukan pengujian terhadap model yang telah dilatih terhadap data-data yang belum ditemukan oleh jaringan yaitu data pengujian (data ke 81- 85).

Hasil estimasi keluaran system *prototype* mampu memprediksi besaran biaya kontruksi lebih baik untuk data proyek baru dengan rata-rata tingkat kesalahan estimasi sebesar -15.60 % dibanding keluaran regresi SPSS 17.0 yaitu rata-rata sebesar -30,60%. Menurut AACE (1997) menyatakan bahwa toleransi tingkat ketelitian estimasi pada tahap konseptual diharapkan berada dalam rentang -20% sampai +30% dari biaya proyek sebenarnya berdasarkan pedoman tersebut dapat dinyatakan bahwa system *prototype* estimasi biaya konseptual yang dibuat dapat diterima.

## 7.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis, temuan-temuan, pembahasan serta interpretasi terhadap penelitian ini, maka saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah :

- a. Semakin banyaknya variasi data yang sejenis dan jumlah data yang cukup memungkinkan untuk membuat model lebih banyak mempelajari pola dan akan semakin dekat dengan nilai sebenarnya. Variabel proyek seperti nilai suku bunga, nilai tingkat pertumbuhan daerah dan tingkat inflasi diperkirakan secara signifikan dapat mempengaruhi biaya kontruksi dan dapat dimasukkan ke dalam model untuk penelitian lebih lanjut. Salah satu hal penting pada estimasi pada tahap konseptual adalah ketersediaanya data-data historis yang sejenis yang pernah dikerjakan. Pentingnya Data base dalam proses pengembangan model ini yang dilakukan oleh teknik jaringan saraf tiruan sangat dipengaruhi oleh kualitas dan kuantitas data yang dipelajari. Oleh karena itu sangat dibutuhkan manajemen data base yang baik.
- b. Menggabungkan Teknik Jaringan Saraf Tiruan dengan beberapa teknik lainnya sehingga membentuk *Hybrid System* perlu dilakukan untuk saling melengkapi kinerja estimasi. Hal ini bisa dengan menggabungkan dengan teknik *Algoritma Genetika (GA)* atau *teknik Fuzzy* yang apabila digabungkan menjadi system *Neural Fuzzy*.

## DAFTAR ACUAN

- [1] Trost S.T., & Oberlender G.D., "Predicting Accuracy of Early Cost Estimates Using Factor Analysis and Regression." *Journal of Construction Engineering and Management* (2003):129(2), 198-204.
- [2] Adeli, H & Wu, M. (1998). "Regularization Neural Network for Construction Cost Estimation," *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol.124, No.1, 18-24.
- [3] Wideman R.M. (1995) *Cost Control of Capital Projects*, BiTech Publisher Ltd, Richmond, BC, Canada.
- [4] Fortune, C., and Lees, M. (1994). "Early cost advice for clients-yhe practitioners' verdict." Proc., Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) 10<sup>th</sup> Annual Conf., Loughborough Univ. of Technology, U.K., 422-432
- [5] J.M, de la Graza and K. G Rouhana, "Neural Network Versus Parameter – Based Applications In Cost Estimating." *Cost Engineering*, Vol. 37, No. 2, 14-18, 1995.
- [6] Wang e.al (2004). "Process Cost Modeling Using Neural Networks." *International Journal of Production Research* 38(16).
- [7] Phaobunjong, K.(2002). "Parametric Cost Estimating Model For Conceptual Cost Estimating Of Building Construction Projects", Dissertation, The University of Texas at Austin.
- [8] Suharto, I., *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*, Jakarta, Erlangga. 1995, p605.
- [9] Barrie, D.S., and B.C. Paulson. *Professional Construction Engineering and Management*. McGraw-Hill Series in Construction Engineering and Management. New York: McGraw-Hill, 1992.
- [10] Dysert. R Larry., *An Introduction to Parametric Estimating.*, AACE International Transactions., 2008.
- [11] Gould, F. E. "Managing The Construction Process" (*Estimating, Scheduling and Project Control*). New Jersey: Prentice Hall, 1997.
- [12] Stephen D. Schuette dan Roger W. Liska. *Building Construction Estimting*, Singapore: McGrawHill International Editions, 1994.
- [13] Karshenas, S., Yousuf, Z.S, *Predesign Cost Estimating Method for Multistory Buildings*. *Journal of Construction Engineering Management* 110 (March 1984): 79-86.

- [14] Schottlander, E.D. (2006). "How Accurate Are Your Estimates?", *AACE International Transactions*.
- [15] Serpell, A.F. (2005). Improving Conceptual Cost Estimating Performance, *AACE International Transactions*, 13.1-13.6.
- [16] Gibson Jr., G.E. Kaczmarowski, J. H., and Lore Jr., H. E. (1993). "Modeling Pre-Project Planning for The Construction of Capital Facilities." Source document 04, Construction Industry Institute, Austin, Texas.
- [17] Stewart, R.D., and R.M. Wiskida. Cost Estimator's Reference Manual. New York: John Wiley, 1987.
- [18] William T.P. (1994). "Predicting Changes In Construction Cost Indexes Using Neural Networks." *J. Construction, Engineering and Management*, ASCE, 120(2), 306-320.
- [19] Sonmez, R (2004). "Conceptual Cost Estimation of Building Projects With Regression Analysis and Neural Networks," *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol.31, 677-683.
- [20] Raftery, J (1994). *Risk Analysis in Project Management*, E & FN Spon, London.
- [21] Creese, R.C., and Li Li. (1995). "Cost Estimation of Timber Bridges Using Neural Networks." *Cost Engineering* 37(5): 17-22.
- [22] Ayed, A.S. (1998). "Parametric Cost Estimating Of Highway Projects Using Neural Networks," Thesis, St. John's, Newfoundland, Canada, 1998.
- [23] Asworth, A. Cost Studies of Buildings. Prentice Hall, UK. (2004), (L1, M3, M4, M5, M6, M21).
- [24] Uher, Thomas E. (1996). "A Probabilistic Cost Estimating Model," *Cost Engineering*, Vol.38 No.4, 33-37.
- [25] Turban, E., Aronson, J.E., & Liang, T.P. (2005). *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, Edisi 7, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [26] Antsaklis, P.J. June, (1990) "Neural Networks for Control Systems". *IEEE Transactions on Neural Networks*. 1(2):242-243.
- [27] Haykin, S. (1999). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation* 2<sup>nd</sup> Edition, Pearson Prentice Hall.
- [28] Fausett, L. *Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications*. New Jersey: Prentice-Hall International, Englewood Cliffs, 1994.

- [29] Kasabov, Nikola K. (1998). *Foundation of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering*, 2nd printing, The MIT Press.
- [30] Sodikov, J. (2005). "*Cost Estimation of Highway Projects in developing Countries*": Artificial Neural Network Approach, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.6, 1036-1047.
- [31] Wilmot, C.G. & Mei, B. (2005). "*Neural Network Modelling of Highway Construction Costs*", *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol.131, No.7, 765-771.
- [32] Siang, J.J. (2005). "*Jaringan Saraf Tiruan dan Pemrogramannya menggunakan Matlab*", Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [33] Rumelhart, D.F., G.F., Hilton and R. J Williams. *Learning Internal Representation by Error Propagation Parallel Distributed Processing: Exploration in The Microstructures of Cognition*, Vol.1: Foundation. Cambridge, MS: MIT Press, 1986.
- [34] Tan, Willie. *Research Methods In Real Estate & Construction*. Singapore : National University, 1995.

**DAFTAR REFERENSI**

- American Association of Cost Estimators (AACE), (2008). Risk Analysis and Contingency Determination Using Range Estimating, *AACE International Recommended Practice*, No.41R-08.
- American Association of Cost Estimators (AACE), (1997). Cost Estimate classification System-As Applied In Engineering, Procurement, and Construction for The Process Industries, *AACE International Recommend Practice*, No.18R-97.
- Siang, J.J. (2005). "*Jaringan Saraf Tiruan dan Pemrogramannya menggunakan Matlab*", Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Suharto, I., Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional, Jakarta, Erlangga. 1995, p605.
- Barrie, D.S., and B.C. Paulson. Professional Construction Engineering and Management. McGraw-Hill Series in Construction Engineering and Management. New York: McGraw-Hill, 1992.
- Sonmez, R (2004). "*Conseptual Cost Estimation of Building Projects With Regression Analysis and Neural Networks*," Canadian Journal of Civil Engineering, Vol.31, 677-683.
- Serpell, A.F. (2005). Improving Conceptual Cost Estimating Performance, *AACE International Transactions*, 13.1-13.6.
- Gould, F. E. "*Managing The Construction Process*" (*Estimating, Scheduling and Project Control*). New Jersey: Prentice Hall, 1997.
- Phaobunjong, K.(2002). "*Parametric Cost Estimating Model For Conceptual Cost Estimating Of Building Construction Projects*", Dissertation, The University of Texas at Austin.





**LAMPIRAN 1**  
**Kuisisioner Tahap 1**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMODELAN ESTIMASI BIAYA KONSEPTUAL PADA  
PROYEK KONTRUKSI BANGUNAN PABRIK DENGAN  
TEKNIK JARINGAN SARAF TIRUAN**

**KUESIONER  
VALIDASI PAKAR**

**JULIAN BAGUS H  
0806423684**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
KEKHUSUSAN MANAJEMEN KONSTRUKSI  
DEPOK  
JANUARI 2011**



PROGRAM PASCASARJANA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS INDONESIA

## PENGANTAR

### 1. Maksud

Dalam rangka melakukan penelitian untuk keperluan Tesis yang berjudul :  
“ Pemodelan Estimasi Konseptual Pada Proyek Kontruksi Bangunan Pabrik Dengan Teknik Jaringa Saraf Tiruan ”, kami bermaksud untuk melakukan evaluasi dan justifikasi hasil temuan kepada para pakar.

### 2. Tujuan

Untuk melakukan validasi kepada pakar agar dapat mengetahui variabel-variabel dari faktor yang mempengaruhi biaya proyek konstruksi khususnya proyek kontruksi bangunan pabrik di Jabodetabek.

### 3. Kegunaan Kuesioner

Data yang diperoleh akan dianalisa, dan hasilnya akan dilakukan survai dan wawancara kepada *responden* untuk selanjutnya dilakukan pengolahan data.

Demikianlah pengantar yang dapat kami sampaikan, atas kesedian Bapak/Ibu untuk meluangkan waktu dalam pengisian kuesioner ini, kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,  
Mahasiswa Universitas Indonesia  
Program Pascasarjana Bidang Ilmu Teknik

JULIAN BAGUS H

Npm : 0806423684



PROGRAM PASCASARJANA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS INDONESIA

Survey ini dilakukan untuk mengevaluasi dan melakukan justifikasi hasil temuan kepada para pakar.

#### A. DATA RESPONDEN

Silakan mengisi data anda dibawah ini :

1. Nama : .....
2. Alamat : .....
3. Telp/ HP : .....
4. Email : .....
5. Nama Instansi/ Perusahaan : .....
6. Posisi/ Jabatan : .....
7. Pengalaman : ..... Tahun
8. Pendidikan : S1 / S2 / S3 (coret yang tidak perlu)

Semua informasi yang Bapak/ Ibu berikan dalam survey ini **dijamin keasliannya** dan hanya akan dipakai untuk keperluan penelitian saja.

- B. Berikan penilaian Bapak/Ibu (dengan memberikan tanda “√” pada kotak yang sesuai) mengenai kategori-kategori berikut ini dengan penilaian **Ya/ Tidak**.

Apakah variabel-variabel berikut mempunyai pengaruh terhadap biaya pada tahap estimasi tahap konseptual pada proyek konstruksi bangunan pabrik ?

No.	Varia bel	Nama variable	Keterangan Variabel	Referensi	keterangan Categorical	Ya	Tdk	Komentar/tanggapan/perbaikan
<b>1</b>	<b>Lokasi</b>							
	X1	Lokasi pabrik	(Ket: lokasi bangunan disini adalah lokasi tempat akan dibangunnya pabrik).	William D.H (1999), Kim. Seo, Kang (2005), Sonmez (2004)	Jabodetabek.			
	X2	Topografi tanah	(Ket: yang dimaksud topografi tanah disini yang paling dominan dilakukan adalah apakah diperlukan cut, fill atau cut and fill atau hanya butuh pembersihan lahan saja)	William D.H (1967), Gould (1997), Sodikov (2005)	butuh cut, fill, cut and fill atau anya butuh pembersihan lahan saja			
<b>2</b>	<b>Desain</b>							
	X3	Luas bangunan pabrik (m2)	(Ket: Total luas bangunan pabrik disini adalah luas bangunan, dinding terluar dari dinding pabrik dan tidak termasuk bangunan diluar bangunan pabrik)	Sonmez (2004), Kim. Seo, Kang (2005)				
	X4	Jumlah tingkat bangunan (1,2,3)	(ket : Jumlah tingkat bangunan dsini adalah jumlah tingkat yang termasuk didalam unsur bangunan pabrik)	Kim. Seo, Kang (2005), Sonmez (2004)	1 tingkat, 2 tingkat, 3 tingkat			
	X5	Luas parkir (m2)	(ket ; Luas parkir adalah luas total lahan parkir yang disediakan di area pabrik)	Sonmez (2004)				
	X6	Type bangunan pabrik	(Ket: yang dimaksud type bangunan pabrik disini adalah type bangunan pabrik jenis apa yang akan dibangun apakah itu mempunyai bentang/lebar muka yg besar atau kecil).	Bates (1999), Gould (1997)	Single frame atau double /multi frame			

No.	Varia bel	Nama variable	Keterangan Variabel	Referensi	keterangan Categorical	Ya	Tdk	Komentar/tanggapan/perbaikan
	X7	Jenis pabrik	(Ket: yang dimaksud jenis pabrik disini adalah pabrik jenis apa yang akan dibangun).	Siqueira (1999), Bates (1997)	Pabrik makanan/minuman, pabrik perakitan mobil, pabrik rokok,dll			
	X8	Bentuk Bangunan pabrik	(Ket : yang dimaksud bentuk bangunan disini adalah bentuk dari bangunan pabrik itu sendiri apakah itu kotak, persegi panjang atau silinder,dll)	Oberlender,G .D (2001)	kotak, persegi panjang atau silinder,dll			
	X9	Tinggi bangunan (m)	(Ket : yang dimaksud tinggi bangunan disini adalah tinggi bangunan pabrik yang tidak termasuk tinggi dari cerobong,dll)	Ferry., Dj (1999), Johnson R (1990), Marshal & Swift (2005)				
	X10	Jarak antar bangunan (m)	(Ket; Yang dimaksud jarak antar bangunan disini adalah Jarak antara bangunan pabrik satu dengan pabrik lainnya yang masih satu kawasan)	Dysert ., L.R (2005)				
	X11	Type pondasi	(Ket: yang dimaksud type pondasi disini adalah menggunakan type jenis pondasi bore pile atau pondasi tiang pancang)	Johnson, (1990), Kim. Seo, Kang (2005)	Bore pile atau Pondasi tiang pancang			
	X12	Type material rangka atap	(Ket: yang dimaksud type rangka atap disini menggunakan rangka baja wf, baja ringan, atau sejenisnya untuk struktur rangka atap)	Johnson, (1990)	Rangka baja ringan, Rangka baja wf, rangka besi,dll			
	X13	Type material finishing atap	(Ket : yang dimaksud Type finishing atap disini adalah penggunaan material atap seperti memakai baja ringan spandek, baja ringan flipclock, seng atau asbes gelombang )	Johnson (1990), Oberlender G.D (2001), Kim. Seo, Kang (2005), Sonmez (2004)	Atap zinalume, Asbes gelombang, atap seng, genteng metal.			

	<b>X14</b>	<b>Type material finishing dinding</b>	(Ket: yang dimaksud type dinding disini adalah penggunaan material dinding yang akan dipakai)	Farrington N (1999), Ferry., DJ (1999)	Batako ,Batu bata, , Bata ringan celcon.			
	<b>X15</b>	<b>Type finishing lantai</b>	(Ket : Yang dimaksud type finshing lantai disini adalah menggunakan keramik, hanya di skreet atau floor hardener).	Sodikov (2005)	Screed, Floor Hardener, Keramik, Coating floor.			
	<b>X 16</b>	<b>Jumlah pintu</b>	(Ket: yang dimaksud jumlah pintu disini banyaknya pintu didalam lokasi pabrik untuk akses keluar masuk barang).	Siquiera (1999)				
<b>3</b>	<b>Waktu</b>							
	<b>X17</b>	<b>Waktu pembangunan/ Tahun Pembangunan (thn)</b>	(Ket : Yang dimaksud waktu pembangunan disini adalah waktu awal pembangunan dimana proyek akan dimulai)	Bledsoe., JD (1992), Demkin., J.A (2001), Emsley (2002), Johnson.R (1990), Oberlender., GD (2001), Ogershok.D (2005)				
	<b>X18</b>	<b>Durasi Proyek (days)</b>	(Ket : Yang dimaksud durasi proyek disini adalah lama nya durasi proyek dimulai dari proyek itu dimulai hingga serah terima bangunan)	Asworth (2004), William D.H (1997)				

- c. Berikan komentar Bapak/ Ibu, jika ada tambahan factor-faktor selain diatas yang mempengaruhi biaya pada estimasi biaya tahap konseptual.

No.	Sumber Risiko	Faktor Risiko

Terima kasih atas partisipasi Bapak/ Ibu, kami sangat menghargai semua informasi yang telah diberikan.

..... 2010

Tanda Tangan Responden

-----





**LAMPIRAN 2**  
**Kuisisioner Responden**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMODELAN ESTIMASI BIAYA KONSEPTUAL PADA  
PROYEK KONTRUKSI BANGUNAN PABRIK DENGAN  
TEKNIK JARINGAN SARAF TIRUAN**

**KUESIONER  
RESPONDEN**

**JULIAN BAGUS H  
0806423684**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
KEKHUSUSAN MANAJEMEN KONSTRUKSI  
DEPOK  
JANUARI 2011**



### 1. Pendahuluan

Estimasi biaya awal proyek atau ..... konseptual dibuat sebelum adanya gambar rencana dengan kata lain informasi yang didapat masih sangat minim oleh karena itu baik tingkat keakuratan dan ketepatannya pun masih sangat minim. Sedangkan Estimasi awal menjadi suatu hal yang kritis karena pada tahap ini terdapat proses pengambilan keputusan untuk menentukan apakah proyek akan berlanjut terus atau tidak. Maka dari itu sangatlah diperlukan dilakukan pengembangan-pengembangan metode estimasi biaya pada tahap konseptual. Tujuannya adalah tidak lain agar tidak terjadi perbedaan yang terlalu besar antara estimasi biaya konseptual dengan biaya proyek sebenarnya.

### 2. Tujuan Pelaksanaan Survey

Mengidentifikasi factor-faktor yang berpengaruh terhadap biaya pembangunan konstruksi bangunan pabrik dan membuat model estimasi biaya konstruksi pada tahap konseptual dengan teknik *jaringan saraf tiruan/ ANN*.

### 3. Kegunaan Kuesioner

Data yang diperoleh akan diolah dan analisa, untuk mendapatkan parameter-parameter yang berpengaruh terhadap biaya.

### 4. Kerahasiaan Informasi

Seluruh informasi yang Bapak/ Ibu berikan dalam survey ini akan dirahasiakan.

### 5. Batasan Penelitian

- Sample penelitian difokuskan pada proyek-proyek pabrik manufaktur se-jabodetabek.
- Parameter biaya konseptual konstruksi disini adalah parameter biaya dari bentuk fisik bangunan
- Sample penelitian ini adalah bernilai diatas Rp.1.000.000.000-Rp.50.000.000.000.

Apabila Bapak/ Ibu memiliki pertanyaan mengenai survey ini, dapat menghubungi :

- Mahasiswa : **Julian Bagus H** pada HP : 085691218426 atau e-mail : [julianbagus@ymail.com](mailto:julianbagus@ymail.com)
- Dosen : **Prof. DR. Ir. Yusuf Latief, MT** pada HP : 08128099019 atau e-mail : [latief73@eng.ui.ac.id](mailto:latief73@eng.ui.ac.id)
- Dosen : **Ir. Wisnu Isvara, MT** pada HP : 0816996713 atau e-mail : [isvara0307@yahoo.com](mailto:isvara0307@yahoo.com)

Terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu meluangkan waktu untuk mengisi kuesioner penelitian ini. Semua informasi yang Bapak/ Ibu berikan dalam survey ini dijamin kerahasiaannya dan hanya akan dipakai untuk keperluan penelitian saja

Hormat kami

**JULIAN BAGUS H**  
Npm : 0806423684

**Petunjuk Pengisian :**

1. Isilah data-data yang sesuai pada tempat isian yang bertanda titik-titik.
2. Lingkari jawaban anda atau beri tanda (√) pada kotak isian sesuai jawaban anda.

**A. DATA PROFIL UMUM PROYEK**

1. Nama (Pengisi Kuesioner) : .....
2. Jabatan Pada Proyek Ini : .....
3. Pengalaman Kerja : ..... Tahun
4. Pendidikan Terakhir : S1 / S2 / S3 (lingkari jawaban anda)
5. Nama Proyek .....
6. Lokasi Proyek di Jakarta :
  - Jakarta  Bogor  Depok  Tangerang  Bekasi-karawang
7. Nilai Kontrak Proyek : Rp .....
8. Waktu Pembangunan .....
9. Durasi Pembangunan ..... (hari)
10. Jenis Pabrik : .....  
(cth : pabrik perakitan mobil, pabrik tekstil,dll)
11. Total Luas bangunan Pabrik : ..... (m<sup>2</sup>)
12. Jumlah tingkat bangunan pabrik : ..... Tingkat
13. Luas Parkir area pabrik : .....(m<sup>2</sup>)
14. Tinggi Bangunan Pabrik ..... (m)
15. Jarak antar bangunan : ..... (m)  
(Ket : jarak antar bangunan pabrik yang satu dengan yang lainnya yang masih satu area pabrik)
16. Luas Bangunan gudang ..... (m<sup>2</sup>)  
(Ket; Luas bangunan gudang yang terdapat didalam area bangunan pabrik)
17. Topografi Tanah lokasi pabrik (paling dominan).  
(Ket: Topografi tanah yang dimaksud disini adalah apakah lokasi proyek pada saat pembangunan proyek pabrik membutuh cut, fill , cut and fill atau hanya butuh pembersihan lahan saja).
  - Cut  Fill  Cut and Fill

Hanya butuh pembersihan lahan saja

18. Bentuk bangunan Pabrik : .....

Kotak       Silinder       Bentuk Lain seperti ; .....

19. Type Pondasi

Bore pile       Tiang pancang

20. Type rangka atap

Rangka kayu       Rangka Baja ringan       Rangka Baja Wf       Rangka  
Baja siku       Penggunaan rangka atap jenis lain seperti ; .....

21. Type dinding (material dinding) :

Batako berlubang       Batako padat       Batu bata       Bata ringan  
cellcone       Penggunaan material dinding jenis lain seperti ; .....

22. Type finishing atap

Atap zinalume       Atap Galvalume       Asbes gelombang  
 Genteng zinalume       Penggunaan material atap jenis lain seperti ;  
.....

23. Type finishing lantai ; .....

Screed       Floor Hardener       Keramik       Floor Coating  
(Epoxy)       Type finishing lantai jenis lain seperti ; .....

[ \*Terlampir pada lampiran]

## B. PENUTUP

Terima kasih atas kesediaan Bapak/ Ibu telah menyediakan waktu untuk mengisi kuesioner ini.



**LAMPIRAN 3**  
**Tabel Data Proyek**

Tabel Data Proyek Pabrik

													BIAYA (Milyard)
005	4	175	3650	2	12	2	1	2	1	2	2	1	13.105
005	2	175	1650	1	6	2	1	2	2	3	3	1	7.958
005	3	180	3598	2	12	3	2	1	1	2	2	2	12.045
006	1	175	3250	2	12	3	2	2	1	3	2	2	13.117
007	1	120	1350	1	7	2	2	2	2	3	3	2	3.72
006	2	185	3750	1	9	1	2	1	1	2	1	2	13.118
006	2	185	5500	1	9	3	2	1	1	2	1	2	13.121
007	3	120	500	1	6	2	1	2	1	2	2	2	3.521
007	3	120	625	1	6	1	1	1	1	2	2	2	3.55
007	5	120	470	1	7	3	1	2	2	1	1	2	3.471
007	5	120	1600	1	7	3	2	2	2	1	2	2	3.93
007	1	120	1350	1	7	2	2	2	2	3	3	2	3.72
007	2	120	1500	2	12	3	1	2	2	3	1	2	3.982
007	2	120	2000	2	12	2	1	2	1	3	1	2	3.991
008	4	120	775	1	7	1	1	2	1	2	1	2	3.511
007	5	120	1600	1	7	3	2	2	2	1	2	2	3.93
007	2	120	5500	2	12	3	2	1	1	3	2	2	6.456
007	5	120	1600	1	7	3	2	2	2	1	2	2	3.93
007	3	120	500	1	6	2	1	2	1	2	2	2	3.521
007	3	120	625	1	6	1	1	1	1	2	2	2	3.55
007	5	120	470	1	7	3	1	2	2	1	1	2	3.471
007	5	120	1600	1	7	3	2	2	2	1	2	2	3.93
008	4	120	775	1	7	1	1	2	1	2	1	2	3.511
008	4	175	3770	2	12	3	2	2	1	2	1	2	6.191
008	5	120	1610	1	7	1	1	1	2	2	1	1	3.952
008	5	175	4200	2	14	3	2	1	1	3	1	2	6.311
008	1	120	580	1	7	2	1	2	1	3	1	1	3.532
008	1	120	670	1	6	1	1	1	1	3	2	2	3.551
008	1	120	1200	1	6	1	1	1	1	2	1	2	3.911
008	1	120	1215	1	6	1	1	1	1	2	1	2	3.913
008	4	120	775	1	7	1	1	2	1	2	1	2	3.511
008	1	120	580	1	7	2	1	2	1	3	1	1	3.532
008	1	120	670	1	6	1	1	1	1	3	2	2	3.551
008	1	120	1200	1	6	1	1	1	1	2	1	2	3.911
008	4	175	3770	2	12	3	2	2	1	2	1	2	6.191
008	5	120	1610	1	7	1	1	1	2	2	1	1	3.952
008	5	175	4200	2	14	3	2	1	1	3	1	2	6.311
009	2	180	2970	2	11	2	1	2	1	1	1	2	6.792
009	3	180	4350	1	9	2	1	1	1	2	1	2	19.756

Lampiran 3 : Lanjutan

													BIAYA (Milyard)
009	5	120	850	1	7	2	1	1	2	2	3	2	2.001
008	5	175	4200	2	14	3	2	1	1	3	1	2	6.311
009	1	120	7500	2	14	3	2	2	2	3	2	1	15.914
009	2	120	971	1	7	3	1	1	2	2	1	2	2.003
009	2	120	973	1	7	3	1	1	2	2	3	2	2.008
009	2	120	985	1	7	3	1	1	2	2	1	2	2.01
009	2	120	1200	1	7	3	1	2	2	2	1	2	6.112
009	2	180	2970	2	11	2	1	2	1	1	1	2	6.792
009	3	180	4350	1	9	2	1	1	1	2	1	2	19.756
009	5	120	850	1	7	2	1	1	2	2	3	2	2.001
010	1	180	2115	2	14	3	1	1	1	3	2	1	12.156
010	1	180	3500	1	9	1	1	1	1	2	1	2	15.112
010	1	180	3570	1	9	2	2	2	1	2	2	2	15.12
010	2	180	4570	2	14	3	1	2	1	3	2	2	16.013
010	2	180	5842	1	7	3	1	1	1	3	2	1	16.101
010	1	185	5700	1	9	3	2	1	1	2	2	2	16.103
010	1	185	6700	1	9	3	2	1	1	2	1	1	16.21
010	2	120	2750	2	15	2	1	1	1	2	1	2	13.114
010	2	180	1256	2	14	3	1	2	1	2	2	1	11.126
010	2	180	5842	1	7	3	1	1	1	3	2	1	16.101
010	2	180	1260	2	14	3	1	2	1	2	2	1	11.13
010	2	180	4570	2	14	3	1	2	1	3	2	2	16.013
010	2	180	2250	2	14	3	1	2	1	3	1	2	13.127
010	2	180	4210	1	9	1	1	1	1	3	1	1	16.001
010	2	180	4560	2	14	2	1	1	1	3	2	2	16.078
010	1	180	3570	1	9	2	2	2	1	2	2	2	15.12
010	2	180	4570	2	14	3	1	2	1	3	2	2	16.013
010	2	180	5842	1	7	3	1	1	1	3	2	1	16.101
010	1	185	5700	1	9	3	2	1	1	2	2	2	16.103
010	1	185	6700	1	9	3	2	1	1	2	1	1	16.21
010	2	120	2750	2	15	2	1	1	1	2	1	2	13.114
010	2	180	1256	2	14	3	1	2	1	2	2	1	11.126
010	2	180	5110	1	9	1	2	1	1	3	2	1	17.111
010	2	180	5400	2	14	3	2	1	1	3	2	1	17.634
010	2	180	5669	2	14	3	2	1	1	3	2	2	17.678
010	3	180	4810	1	9	3	2	1	1	1	2	1	16.12
010	3	185	6800	1	9	3	2	1	1	3	1	1	18.011
010	4	180	4000	1	9	2	2	1	1	3	2	1	15.163
010	4	180	4550	1	9	3	2	2	1	2	1	2	15.455



10	4	185	5700	1	9	1	2	1	1	1	1	2	17.512
10	4	185	6200	1	9	1	1	1	1	3	1	2	18.008

**Sumber : Hasil Olahan****Keterangan :**

Lokasi	Nilai
jakarta	1
Kerawang	2
Bekasi	3
depok	4
cikampek	5

Type pondasi	Nilai
tiang pancang	1
bored pile	2

Rangka	Nilai
Baja wf	1
Besi	2

Topografi	Nilai
cut	1
fill	2
cut and fill	3
pembersihan lahan saja	4

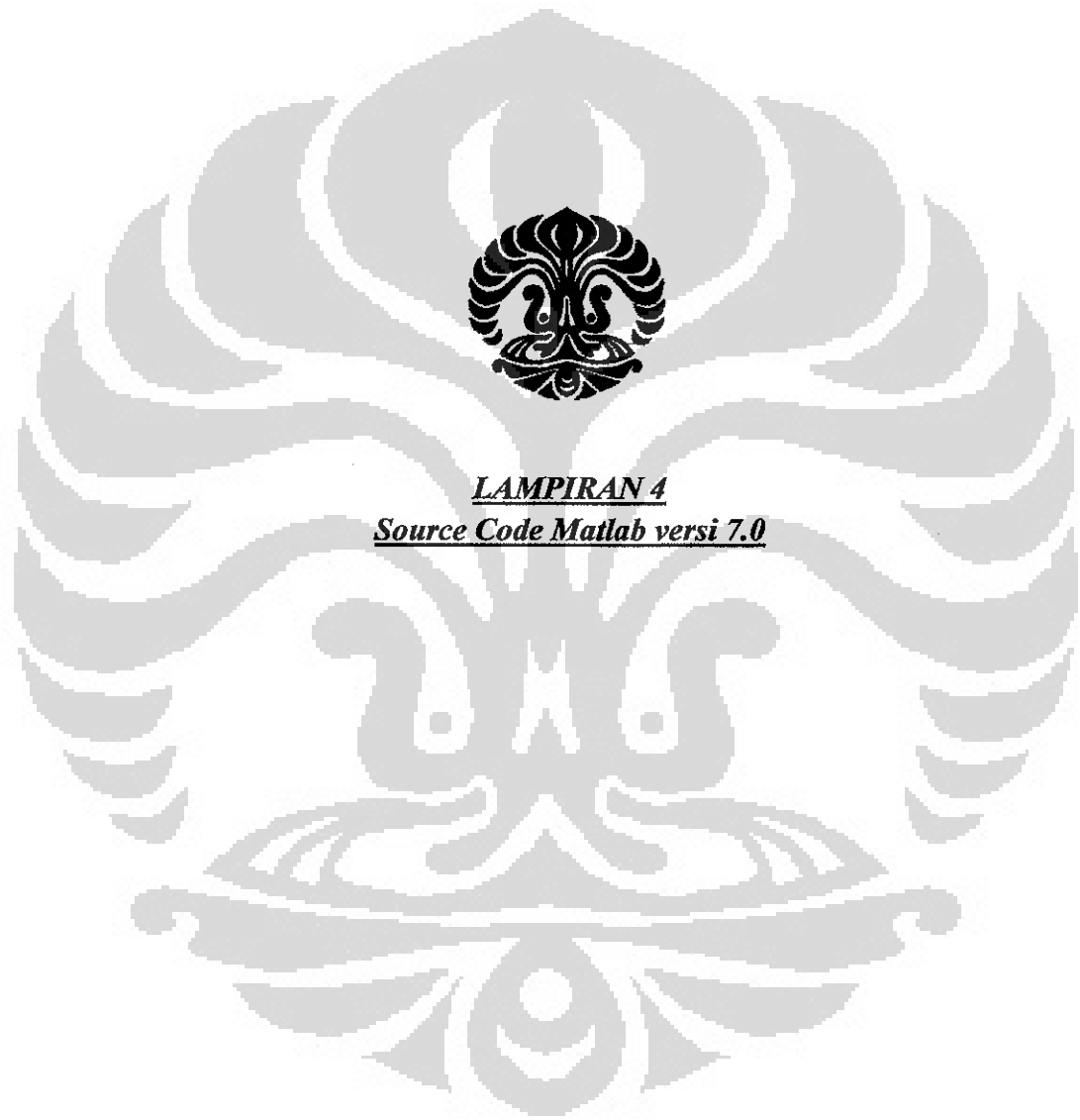
Material dinding	Nilai
batako	1
batu bata	2
bata ringan	3

Finishing lantai	Nilai
floor hardener	1
coating epoxy	2

Finishing atap	Nilai
zincalume	1
galvalume	2
asbes	3

Type bangunan	Nilai
single frame	1
double frame	2

**Sumber : Hasil Olahan**



**LAMPIRAN 4**  
**Source Code Matlab versi 7.0**

## LAMPIRAN

## Lampiran Source code dengan Matlab 7.5

```
>> % factory maintenance data
>> Z=xlsread('tes.xls')
```

```
Z =
```

```
1.0e+003 *
```

```
Columns 1 through 8
```

2.0090	0.0020	0.1800	2.9700	0.0020	0.0110	0.0020	0.0010
2.0100	0.0020	0.1800	5.1100	0.0010	0.0090	0.0010	0.0020
2.0090	0.0030	0.1800	4.3500	0.0010	0.0090	0.0020	0.0010
2.0010	0.0020	0.1000	5.2200	0.0020	0.0120	0.0020	0.0020
2.0060	0.0020	0.1850	5.5000	0.0010	0.0090	0.0030	0.0020
2.0060	0.0010	0.1750	3.2500	0.0020	0.0120	0.0030	0.0020
2.0070	0.0020	0.1200	1.5000	0.0020	0.0120	0.0030	0.0010
2.0070	0.0020	0.1800	4.3000	0.0010	0.0090	0.0010	0.0010
2.0070	0.0020	0.1200	5.5000	0.0020	0.0120	0.0030	0.0020
2.0050	0.0020	0.1850	5.5000	0.0010	0.0090	0.0030	0.0010
2.0050	0.0020	0.1750	1.6500	0.0010	0.0060	0.0020	0.0010
2.0070	0.0020	0.1200	2.0000	0.0020	0.0120	0.0020	0.0010
2.0050	0.0020	0.1200	1.8000	0.0010	0.0090	0.0030	0.0010
2.0060	0.0020	0.1200	2.1200	0.0010	0.0070	0.0010	0.0010
2.0060	0.0020	0.1850	3.7500	0.0010	0.0090	0.0010	0.0020
2.0040	0.0020	0.1750	3.6500	0.0010	0.0070	0.0030	0.0010
2.0090	0.0010	0.1200	7.5000	0.0020	0.0140	0.0030	0.0020
2.0100	0.0020	0.1800	5.7600	0.0020	0.0140	0.0030	0.0020
2.0090	0.0020	0.1200	0.9710	0.0010	0.0070	0.0030	0.0010
2.0080	0.0030	0.1850	5.5000	0.0010	0.0090	0.0030	0.0010
2.0050	0.0040	0.1750	3.6500	0.0020	0.0120	0.0020	0.0010
2.0070	0.0030	0.1200	0.6500	0.0010	0.0060	0.0020	0.0010
2.0100	0.0040	0.1800	4.0000	0.0010	0.0090	0.0020	0.0020
2.0070	0.0050	0.1800	0.8500	0.0010	0.0070	0.0030	0.0010
2.0100	0.0040	0.1850	5.7000	0.0010	0.0090	0.0010	0.0020
2.0080	0.0010	0.1750	3.8500	0.0020	0.0120	0.0030	0.0020
2.0070	0.0030	0.1200	0.6250	0.0010	0.0060	0.0010	0.0010
2.0100	0.0040	0.1800	4.5500	0.0010	0.0090	0.0030	0.0020
2.0080	0.0050	0.1200	1.6100	0.0010	0.0070	0.0010	0.0010
2.0100	0.0040	0.1850	6.2000	0.0010	0.0090	0.0010	0.0010
2.0080	0.0040	0.1750	3.7700	0.0020	0.0120	0.0030	0.0020
2.0080	0.0010	0.1200	0.6700	0.0010	0.0060	0.0010	0.0010
2.0100	0.0030	0.1800	4.8100	0.0010	0.0090	0.0030	0.0020
2.0070	0.0050	0.1200	1.6000	0.0010	0.0070	0.0030	0.0020

2.0100	0.0030	0.1850	6.8000	0.0010	0.0090	0.0030	0.0020
2.0100	0.0020	0.1800	4.2100	0.0010	0.0090	0.0010	0.0010
2.0050	0.0030	0.1000	1.5000	0.0010	0.0070	0.0030	0.0010
2.0050	0.0030	0.1800	3.5980	0.0020	0.0120	0.0030	0.0020
2.0070	0.0030	0.1200	0.5000	0.0010	0.0060	0.0020	0.0010
2.0070	0.0030	0.1200	1.5000	0.0010	0.0070	0.0030	0.0010
2.0080	0.0010	0.1750	3.7640	0.0020	0.0120	0.0030	0.0010
2.0080	0.0010	0.1200	0.5800	0.0010	0.0070	0.0020	0.0010
2.0100	0.0010	0.1800	3.5700	0.0010	0.0090	0.0020	0.0020
2.0070	0.0010	0.1200	1.3500	0.0010	0.0070	0.0020	0.0020
2.0100	0.0010	0.1850	5.7000	0.0010	0.0090	0.0030	0.0020
2.0080	0.0050	0.1750	4.2000	0.0020	0.0140	0.0030	0.0020
2.0070	0.0010	0.1200	3.0000	0.0010	0.0060	0.0010	0.0020
2.0100	0.0010	0.1800	3.5000	0.0010	0.0090	0.0010	0.0010
2.0070	0.0050	0.1200	0.4700	0.0010	0.0070	0.0030	0.0010
2.0100	0.0010	0.1850	6.7000	0.0010	0.0090	0.0030	0.0020
2.0090	0.0050	0.1200	1.7680	0.0020	0.0140	0.0010	0.0010
2.0100	0.0020	0.1800	5.7600	0.0020	0.0140	0.0020	0.0010
2.0090	0.0020	0.1200	0.9710	0.0010	0.0070	0.0030	0.0010
2.0090	0.0050	0.1200	1.8700	0.0020	0.0140	0.0030	0.0020
2.0100	0.0020	0.1800	4.5600	0.0020	0.0140	0.0020	0.0010
2.0090	0.0020	0.1200	1.2000	0.0010	0.0070	0.0030	0.0010
2.0090	0.0050	0.1200	1.6780	0.0020	0.0140	0.0030	0.0020
2.0100	0.0010	0.1800	4.5700	0.0020	0.0140	0.0030	0.0010
2.0090	0.0050	0.1200	0.8500	0.0010	0.0070	0.0020	0.0010
2.0080	0.0050	0.1200	1.6780	0.0020	0.0140	0.0030	0.0020
2.0100	0.0020	0.1800	5.4000	0.0020	0.0140	0.0030	0.0020
2.0080	0.0040	0.1200	0.7750	0.0010	0.0070	0.0010	0.0010
2.0080	0.0050	0.1200	4.6570	0.0020	0.0140	0.0020	0.0020
2.0100	0.0010	0.1800	5.8420	0.0010	0.0070	0.0030	0.0010
2.0090	0.0020	0.1200	0.9850	0.0010	0.0070	0.0030	0.0010
2.0090	0.0040	0.1200	2.3240	0.0020	0.0140	0.0010	0.0020
2.0100	0.0010	0.1800	2.1150	0.0020	0.0140	0.0030	0.0010
2.0100	0.0020	0.1200	2.7500	0.0020	0.0150	0.0020	0.0010
2.0090	0.0050	0.1200	2.3500	0.0020	0.0140	0.0030	0.0020
2.0100	0.0020	0.1800	2.2500	0.0020	0.0140	0.0030	0.0010
2.0080	0.0010	0.1200	1.2000	0.0010	0.0060	0.0010	0.0010
2.0090	0.0050	0.1200	2.2250	0.0020	0.0140	0.0030	0.0020
2.0100	0.0020	0.1800	1.2560	0.0020	0.0140	0.0030	0.0010
2.0070	0.0050	0.1200	0.4500	0.0010	0.0070	0.0020	0.0010
2.0090	0.0050	0.1200	2.3500	0.0020	0.0140	0.0030	0.0020
2.0100	0.0020	0.1800	2.2500	0.0020	0.0140	0.0030	0.0010
2.0080	0.0010	0.1200	1.2000	0.0010	0.0060	0.0010	0.0010
2.0090	0.0050	0.1200	2.2250	0.0020	0.0140	0.0030	0.0020
2.0100	0.0020	0.1800	1.2560	0.0020	0.0140	0.0030	0.0010
2.0070	0.0050	0.1200	0.4500	0.0010	0.0070	0.0020	0.0010

## Columns 9 through 14

0.0020	0.0010	0.0010	0.0010	0.0020	0.0143
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0010	0.0175
0.0010	0.0010	0.0020	0.0010	0.0020	0.0158
0.0020	0.0010	0.0020	0.0010	0.0020	0.0174
0.0010	0.0010	0.0020	0.0010	0.0020	0.0188
0.0020	0.0010	0.0030	0.0020	0.0020	0.0188
0.0020	0.0020	0.0030	0.0010	0.0020	0.0073
0.0010	0.0010	0.0020	0.0010	0.0010	0.0131
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0020	0.0190
0.0010	0.0010	0.0020	0.0020	0.0020	0.0104
0.0020	0.0020	0.0030	0.0030	0.0010	0.0080
0.0020	0.0010	0.0030	0.0010	0.0020	0.0104
0.0020	0.0010	0.0030	0.0020	0.0020	0.0090
0.0010	0.0010	0.0020	0.0010	0.0020	0.0120
0.0010	0.0010	0.0020	0.0010	0.0020	0.0151
0.0020	0.0020	0.0020	0.0030	0.0010	0.0058
0.0020	0.0020	0.0030	0.0020	0.0010	0.0159
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0020	0.0147
0.0010	0.0020	0.0020	0.0010	0.0020	0.0020
0.0010	0.0010	0.0020	0.0010	0.0020	0.0180
0.0020	0.0010	0.0020	0.0020	0.0010	0.0130
0.0010	0.0020	0.0010	0.0010	0.0010	0.0036
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0010	0.0175
0.0020	0.0010	0.0010	0.0020	0.0020	0.0040
0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0020	0.0195
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0020	0.0130
0.0010	0.0010	0.0020	0.0020	0.0020	0.0036
0.0020	0.0010	0.0020	0.0010	0.0020	0.0175
0.0010	0.0020	0.0020	0.0010	0.0010	0.0040
0.0010	0.0010	0.0030	0.0010	0.0020	0.0187
0.0020	0.0010	0.0020	0.0010	0.0020	0.0133
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0020	0.0038
0.0010	0.0010	0.0010	0.0020	0.0010	0.0177
0.0020	0.0020	0.0010	0.0020	0.0020	0.0040
0.0010	0.0010	0.0030	0.0010	0.0010	0.0198
0.0010	0.0010	0.0030	0.0010	0.0010	0.0160
0.0010	0.0020	0.0020	0.0010	0.0020	0.0069
0.0010	0.0010	0.0020	0.0020	0.0020	0.0120
0.0020	0.0010	0.0020	0.0020	0.0020	0.0035
0.0010	0.0020	0.0020	0.0010	0.0020	0.0039
0.0010	0.0010	0.0030	0.0010	0.0020	0.0121
0.0020	0.0010	0.0030	0.0010	0.0010	0.0040
0.0020	0.0010	0.0020	0.0020	0.0020	0.0132
0.0020	0.0020	0.0030	0.0030	0.0020	0.0028
0.0010	0.0010	0.0020	0.0020	0.0020	0.0181
0.0010	0.0010	0.0030	0.0010	0.0020	0.0164

0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0174
0.0010	0.0010	0.0020	0.0010	0.0020	0.0177
0.0020	0.0020	0.0010	0.0010	0.0020	0.0035
0.0010	0.0010	0.0020	0.0010	0.0010	0.0188
0.0020	0.0010	0.0030	0.0020	0.0020	0.0159
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0020	0.0147
0.0010	0.0020	0.0020	0.0030	0.0020	0.0020
0.0020	0.0010	0.0030	0.0020	0.0010	0.0199
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0020	0.0117
0.0020	0.0020	0.0020	0.0010	0.0020	0.0028
0.0020	0.0010	0.0030	0.0020	0.0010	0.0131
0.0020	0.0010	0.0030	0.0020	0.0020	0.0128
0.0010	0.0020	0.0020	0.0030	0.0020	0.0019
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0020	0.0177
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0010	0.0145
0.0020	0.0010	0.0020	0.0010	0.0020	0.0028
0.0020	0.0010	0.0010	0.0010	0.0020	0.0167
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0010	0.0148
0.0010	0.0020	0.0020	0.0010	0.0020	0.0022
0.0020	0.0010	0.0010	0.0020	0.0020	0.0188
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0010	0.0122
0.0010	0.0010	0.0020	0.0010	0.0020	0.0124
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0020	0.0165
0.0020	0.0010	0.0030	0.0010	0.0020	0.0067
0.0010	0.0010	0.0020	0.0010	0.0020	0.0029
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0010	0.0175
0.0020	0.0010	0.0020	0.0020	0.0010	0.0087
0.0020	0.0020	0.0010	0.0030	0.0020	0.0021
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0020	0.0165
0.0020	0.0010	0.0030	0.0010	0.0020	0.0067
0.0010	0.0010	0.0020	0.0010	0.0020	0.0029
0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0010	0.0175
0.0020	0.0010	0.0020	0.0020	0.0010	0.0087
0.0020	0.0020	0.0010	0.0030	0.0020	0.0021

>> %Divide the Input & Output/Target Research Data

>> I=Z(1:75,1:13)'

I =

Columns 1 through 6

2009	2010	2009	2001	2006	2006
2	2	3	2	2	1
180	180	180	100	185	175
2970	5110	4350	5220	5500	3250
2	1	1	2	1	2
11	9	9	12	9	12

2	1	2	2	3	3
1	2	1	2	2	2
2	1	1	2	1	2
1	1	1	1	1	1
1	3	2	2	2	3
1	2	1	1	1	2
2	1	2	2	2	2

**Columns 7 through 12**

2007	2007	2007	2005	2005	2007
2	2	2	2	2	2
120	180	120	185	175	120
1500	4300	5500	5500	1650	2000
2	1	2	1	1	2
12	9	12	9	6	12
3	1	3	3	2	2
1	1	2	1	1	1
2	1	1	1	2	2
2	1	1	1	2	1
3	2	3	2	3	3
1	1	2	2	3	1
2	1	2	2	1	2

**Columns 13 through 18**

2005	2006	2006	2004	2009	2010
2	2	2	2	1	2
120	120	185	175	120	180
1800	2120	3750	3650	7500	5760
1	1	1	1	2	2
9	7	9	7	14	14
3	1	1	3	3	3
1	1	2	1	2	2
2	1	1	2	2	1
1	1	1	2	2	1
3	2	2	2	3	3
2	1	1	3	2	2
2	2	2	1	1	2

**Columns 19 through 24**

2009	2008	2005	2007	2010	2007
2	3	4	3	4	5
120	185	175	120	180	180
971	5500	3650	650	4000	850
1	1	2	1	1	1
7	9	12	6	9	7

3	3	2	2	2	3
1	1	1	1	2	1
1	1	2	1	1	2
2	1	1	2	1	1
2	2	2	1	3	1
1	1	2	1	2	2
2	2	1	1	1	2

**Columns 25 through 30**

2010	2008	2007	2010	2008	2010
4	1	3	4	5	4
185	175	120	180	120	185
5700	3850	625	4550	1610	6200
1	2	1	1	1	1
9	12	6	9	7	9
1	3	1	3	1	1
2	2	1	2	1	1
1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	2	1
1	3	2	2	2	3
1	2	2	1	1	1
2	2	2	2	1	2

**Columns 31 through 36**

2008	2008	2010	2007	2010	2010
4	1	3	5	3	2
175	120	180	120	185	180
3770	670	4810	1600	6800	4210
2	1	1	1	1	1
12	6	9	7	9	9
3	1	3	3	3	1
2	1	2	2	2	1
2	1	1	2	1	1
1	1	1	2	1	1
2	3	1	1	3	3
1	2	2	2	1	1
2	2	1	2	1	1

**Columns 37 through 42**

2005	2005	2007	2007	2008	2008
3	3	3	3	1	1
100	180	120	120	175	120
1500	3598	500	1500	3764	580
1	2	1	1	2	1
7	12	6	7	12	7



3	3	2	3	3	2
1	2	1	1	1	1
1	1	2	1	1	2
2	1	1	2	1	1
2	2	2	2	3	3
1	2	2	1	1	1
2	2	2	2	2	1

## Columns 43 through 48

2010	2007	2010	2008	2007	2010
1	1	1	5	1	1
180	120	185	175	120	180
3570	1350	5700	4200	3000	3500
1	1	1	2	1	1
9	7	9	14	6	9
2	2	3	3	1	1
2	2	2	2	2	1
2	2	1	1	1	1
1	2	1	1	1	1
2	3	2	3	1	2
2	3	2	1	1	1
2	2	2	2	1	2

## Columns 49 through 54

2007	2010	2009	2010	2009	2009
5	1	5	2	2	5
120	185	120	180	120	120
470	6700	1768	5760	971	1870
1	1	2	2	1	2
7	9	14	14	7	14
3	3	1	2	3	3
1	2	1	1	1	2
2	1	2	1	1	2
2	1	1	1	2	1
1	2	3	3	2	3
1	1	2	2	3	2
2	1	2	2	2	1

## Columns 55 through 60

2010	2009	2009	2010	2009	2008
2	2	5	1	5	5
180	120	120	180	120	120
4560	1200	1678	4570	850	1678
2	1	2	2	1	2
14	7	14	14	7	14

2	3	3	3	2	3
1	1	2	1	1	2
1	2	2	2	1	1
1	2	1	1	2	1
3	2	3	3	2	3
2	1	2	2	3	2
2	2	1	2	2	2

**Columns 61 through 66**

2010	2008	2008	2010	2009	2009
2	4	5	1	2	4
180	120	120	180	120	120
5400	775	4657	5842	985	2324
2	1	2	1	1	2
14	7	14	7	7	14
3	1	2	3	3	1
2	1	2	1	1	2
1	2	2	1	1	2
1	1	1	1	2	1
3	2	1	3	2	1
2	1	1	2	1	2
1	2	2	1	2	2

**Columns 67 through 72**

2010	2010	2009	2010	2008	2009
1	2	5	2	1	5
180	120	120	180	120	120
2115	2750	2350	2250	1200	2225
2	2	2	2	1	2
14	15	14	14	6	14
3	2	3	3	1	3
1	1	2	1	1	2
1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	1	1
3	2	3	3	2	3
2	1	2	1	1	2
1	2	2	2	2	1

**Columns 73 through 75**

2010	2007	2009
2	5	5
180	120	120
1256	450	2350
2	1	2
14	7	14

3	2	3
1	1	2
2	2	1
1	2	1
2	1	3
2	3	2
1	2	2

>> O=Z(1:75,14)'

O =

**Columns 1 through 8**

14.3000 17.5000 15.7500 17.3620 18.8330 18.8000 7.2930 13.1380

**Columns 9 through 16**

19.0000 10.4460 7.9580 10.4460 8.9540 12.0000 15.0550 5.7700

**Columns 17 through 24**

15.9000 14.7000 2.0000 18.0000 13.0000 3.6000 17.5000 3.9500

**Columns 25 through 32**

19.5000 13.0000 3.6000 17.5000 3.9500 18.7500 13.2500 3.7800

**Columns 33 through 40**

17.7500 3.9500 19.7500 16.0000 6.8700 12.0450 3.5200 3.9000

**Columns 41 through 48**

12.1300 3.9500 13.2000 2.7700 18.1300 16.4000 17.3500 17.7000

**Columns 49 through 56**

3.4700 18.8000 15.9000 14.7000 2.0000 19.8900 11.7110 2.7800

**Columns 57 through 64**

13.1100 12.7700 1.8500 17.7230 14.4700 2.7640 16.6600 14.7560

**Columns 65 through 72**

2.1500 18.8230 12.1560 12.4450 16.4740 6.7000 2.8720 17.4650

## Columns 73 through 75

8.7000 2.1100 16.4740

&gt;&gt; TI=Z(75:80,1:13)'

TI =

2009	2010	2008	2009	2010	2007
5	2	1	5	2	5
120	180	120	120	180	120
2350	2250	1200	2225	1256	450
2	2	1	2	2	1
14	14	6	14	14	7
3	3	1	3	3	2
2	1	1	2	1	1
1	2	1	1	2	2
1	1	1	1	1	2
3	3	2	3	2	1
2	1	1	2	2	3
2	2	2	1	1	2

&gt;&gt; TO=Z(75:80,14)'

TO =

16.4740 6.7000 2.8720 17.4650 8.7000 2.1100

&gt;&gt; A=Z(1:80,1:13)'

A =

## Columns 1 through 6

2009	2010	2009	2001	2006	2006
2	2	3	2	2	1
180	180	180	100	185	175
2970	5110	4350	5220	5500	3250
2	1	1	2	1	2
11	9	9	12	9	12
2	1	2	2	3	3
1	2	1	2	2	2
2	1	1	2	1	2
1	1	1	1	1	1
1	3	2	2	2	3
1	2	1	1	1	2
2	1	2	2	2	2

## Columns 7 through 12

2007	2007	2007	2005	2005	2007
2	2	2	2	2	
120	180	120	185	175	120
1500	4300	5500	5500	1650	2000
2	1	2	1	1	2
12	9	12	9	6	12
3	1	3	3	2	2
1	1	2	1	1	1
2	1	1	1	2	2
2	1	1	1	2	1
3	2	3	2	3	3
1	1	2	2	3	1
2	1	2	2	1	2

## Columns 13 through 18

2005	2006	2006	2004	2009	2010
2	2	2	2	1	2
120	120	185	175	120	180
1800	2120	3750	3650	7500	5760
1	1	1	1	2	2
9	7	9	7	14	14
3	1	1	3	3	3
1	1	2	1	2	2
2	1	1	2	2	1
1	1	1	2	2	1
3	2	2	2	3	3
2	1	1	3	2	2
2	2	2	1	1	2

## Columns 19 through 24

2009	2008	2005	2007	2010	2007
2	3	4	3	4	5
120	185	175	120	180	180
971	5500	3650	650	4000	850
1	1	2	1	1	1
7	9	12	6	9	7
3	3	2	2	2	3
1	1	1	1	2	1
1	1	2	1	1	2
2	1	1	2	1	1
2	2	2	1	3	1
1	1	2	1	2	2
2	2	1	1	1	2

## Columns 25 through 30

2010	2008	2007	2010	2008	2010
4	1	3	4	5	4
185	175	120	180	120	185
5700	3850	625	4550	1610	6200
1	2	1	1	1	1
9	12	6	9	7	9
1	3	1	3	1	1
2	2	1	2	1	1
1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	2	1
1	3	2	2	2	3
1	2	2	1	1	1
2	2	2	2	1	2

## Columns 31 through 36

2008	2008	2010	2007	2010	2010
4	1	3	5	3	2
175	120	180	120	185	180
3770	670	4810	1600	6800	4210
2	1	1	1	1	1
12	6	9	7	9	9
3	1	3	3	3	1
2	1	2	2	2	1
2	1	1	2	1	1
1	1	1	2	1	1
2	3	1	1	3	3
1	2	2	2	1	1
2	2	1	2	1	1

## Columns 37 through 42

2005	2005	2007	2007	2008	2008
3	3	3	3	1	1
100	180	120	120	175	120
1500	3598	500	1500	3764	580
1	2	1	1	2	1
7	12	6	7	12	7
3	3	2	3	3	2
1	2	1	1	1	1
1	1	2	1	1	2
2	1	1	2	1	1
2	2	2	2	3	3
1	2	2	1	1	1
2	2	2	2	2	1

## Columns 43 through 48

2010	2007	2010	2008	2007	2010
1	1	1	5	1	1
180	120	185	175	120	180
3570	1350	5700	4200	3000	3500
1	1	1	2	1	1
9	7	9	14	6	9
2	2	3	3	1	1
2	2	2	2	2	1
2	2	1	1	1	1
1	2	1	1	1	1
2	3	2	3	1	2
2	3	2	1	1	1
2	2	2	2	1	2

## Columns 49 through 54

2007	2010	2009	2010	2009	2009
5	1	5	2	2	5
120	185	120	180	120	120
470	6700	1768	5760	971	1870
1	1	2	2	1	2
7	9	14	14	7	14
3	3	1	2	3	3
1	2	1	1	1	2
2	1	2	1	1	2
2	1	1	1	2	1
1	2	3	3	2	3
1	1	2	2	3	2
2	1	2	2	2	1

## Columns 55 through 60

2010	2009	2009	2010	2009	2008
2	2	5	1	5	5
180	120	120	180	120	120
4560	1200	1678	4570	850	1678
2	1	2	2	1	2
14	7	14	14	7	14
2	3	3	3	2	3
1	1	2	1	1	2
1	2	2	2	1	1
1	2	1	1	2	1
3	2	3	3	2	3
2	1	2	2	3	2
2	2	1	2	2	2

**Columns 79 through 80**

2010	2007
2	5
180	120
1256	450
2	1
14	7
3	2
1	1
2	2
1	2
2	1
2	3
1	2

>> B=Z(1:80,14)'

B =

**Columns 1 through 8**

14.3000 17.5000 15.7500 17.3620 18.8330 18.8000 7.2930 13.1380

**Columns 9 through 16**

19.0000 10.4460 7.9580 10.4460 8.9540 12.0000 15.0550 5.7700

**Columns 17 through 24**

15.9000 14.7000 2.0000 18.0000 13.0000 3.6000 17.5000 3.9500

**Columns 25 through 32**

19.5000 13.0000 3.6000 17.5000 3.9500 18.7500 13.2500 3.7800

**Columns 33 through 40**

17.7500 3.9500 19.7500 16.0000 6.8700 12.0450 3.5200 3.9000

**Columns 41 through 48**

12.1300 3.9500 13.2000 2.7700 18.1300 16.4000 17.3500 17.7000

**Columns 49 through 56**

3.4700 18.8000 15.9000 14.7000 2.0000 19.8900 11.7110 2.7800



**Columns 57 through 64**

13.1100 12.7700 1.8500 17.7230 14.4700 2.7640 16.6600 14.7560

**Columns 65 through 72**

2.1500 18.8230 12.1560 12.4450 16.4740 6.7000 2.8720 17.4650

**Columns 73 through 80**

8.7000 2.1100 16.4740 6.7000 2.8720 17.4650 8.7000 2.1100

>> %Preprocessing Data use Normalization/squashing

>> [In,is]=mapminmax(I)

In =

**Columns 1 through 8**

0.7778	1.0000	0.7778	-1.0000	0.1111	0.1111	0.3333	0.3333
-0.5000	-0.5000	0	-0.5000	-0.5000	-1.0000	-0.5000	-0.5000
0.8824	0.8824	0.8824	-1.0000	1.0000	0.7647	-0.5294	0.8824
-0.2851	0.3220	0.1064	0.3532	0.4326	-0.2057	-0.7021	0.0922
1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000
0.1111	-0.3333	-0.3333	0.3333	-0.3333	0.3333	0.3333	-0.3333
0	-1.0000	0	0	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	1.0000	0	0	0	1.0000	1.0000	0
-1.0000	0	-1.0000	-1.0000	-1.0000	0	-1.0000	-1.0000
1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000

**Columns 9 through 16**

0.3333	-0.1111	-0.1111	0.3333	-0.1111	0.1111	0.1111	-0.3333
-0.5000	-0.5000	-0.5000	-0.5000	-0.5000	-0.5000	-0.5000	-0.5000
-0.5294	1.0000	0.7647	-0.5294	-0.5294	-0.5294	1.0000	0.7647
0.4326	0.4326	-0.6596	-0.5603	-0.6170	-0.5262	-0.0638	-0.0922
1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
0.3333	-0.3333	-1.0000	0.3333	-0.3333	-0.7778	-0.3333	-0.7778
1.0000	1.0000	0	0	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000
1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000
-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000
1.0000	0	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0
0	0	1.0000	-1.0000	0	-1.0000	-1.0000	1.0000
1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000

## Columns 61 through 66

2010	2008	2008	2010	2009	2009
2	4	5	1	2	4
180	120	120	180	120	120
5400	775	4657	5842	985	2324
2	1	2	1	1	2
14	7	14	7	7	14
3	1	2	3	3	1
2	1	2	1	1	2
1	2	2	1	1	2
1	1	1	1	2	1
3	2	1	3	2	1
2	1	1	2	1	2
1	2	2	1	2	2

## Columns 67 through 72

2010	2010	2009	2010	2008	2009
1	2	5	2	1	5
180	120	120	180	120	120
2115	2750	2350	2250	1200	2225
2	2	2	2	1	2
14	15	14	14	6	14
3	2	3	3	1	3
1	1	2	1	1	2
1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	1	1
3	2	3	3	2	3
2	1	2	1	1	2
1	2	2	2	2	1

## Columns 73 through 78

2010	2007	2009	2010	2008	2009
2	5	5	2	1	5
180	120	120	180	120	120
1256	450	2350	2250	1200	2225
2	1	2	2	1	2
14	7	14	14	6	14
3	2	3	3	1	3
1	1	2	1	1	2
2	2	1	2	1	1
1	2	1	1	1	1
2	1	3	3	2	3
2	3	2	1	1	2
1	2	2	2	2	1

## Columns 17 through 24

0.7778	1.0000	0.7778	0.5556	-0.1111	0.3333	1.0000	0.3333
-1.0000	-0.5000	-0.5000	0	0.5000	0	0.5000	1.0000
-0.5294	0.8824	-0.5294	1.0000	0.7647	-0.5294	0.8824	0.8824
1.0000	0.5064	-0.8522	0.4326	-0.0922	-0.9433	0.0071	-0.8865
1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
0.7778	0.7778	-0.7778	-0.3333	0.3333	-1.0000	-0.3333	-0.7778
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	1.0000
1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000
1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
1.0000	1.0000	0	0	0	-1.0000	1.0000	-1.0000
0	0	-1.0000	-1.0000	0	-1.0000	0	0
-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000

## Columns 25 through 32

1.0000	0.5556	0.3333	1.0000	0.5556	1.0000	0.5556	0.5556
0.5000	-1.0000	0	0.5000	1.0000	0.5000	0.5000	-1.0000
1.0000	0.7647	-0.5294	0.8824	-0.5294	1.0000	0.7647	-0.5294
0.4894	-0.0355	-0.9504	0.1631	-0.6709	0.6312	-0.0582	-0.9376
-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
-0.3333	0.3333	-1.0000	-0.3333	-0.7778	-0.3333	0.3333	-1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	1.0000	0	0	0	1.0000	0	1.0000
-1.0000	0	0	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

## Columns 33 through 40

1.0000	0.3333	1.0000	1.0000	-0.1111	-0.1111	0.3333	0.3333
0	1.0000	0	-0.5000	0	0	0	0
0.8824	-0.5294	1.0000	0.8824	-1.0000	0.8824	-0.5294	-0.5294
0.2369	-0.6738	0.8014	0.0667	-0.7021	-0.1070	-0.9858	-0.7021
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
-0.3333	-0.7778	-0.3333	-0.3333	-0.7778	0.3333	-1.0000	-0.7778
1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	0	1.0000
1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000
-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0
0	0	-1.0000	-1.0000	-1.0000	0	0	-1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

## Columns 41 through 48

0.5556	0.5556	1.0000	0.3333	1.0000	0.5556	0.3333	1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
0.7647	-0.5294	0.8824	-0.5294	1.0000	0.7647	-0.5294	0.8824
-0.0599	-0.9631	-0.1149	-0.7447	0.4894	0.0638	-0.2766	-0.1348
1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
0.3333	-0.7778	-0.3333	-0.7778	-0.3333	0.7778	-1.0000	-0.3333
1.0000	0	0	0	1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
1.0000	1.0000	0	1.0000	0	1.0000	-1.0000	0
-1.0000	-1.0000	0	1.0000	0	-1.0000	-1.0000	-1.0000
1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000

## Columns 49 through 56

0.3333	1.0000	0.7778	1.0000	0.7778	0.7778	1.0000	0.7778
1.0000	-1.0000	1.0000	-0.5000	-0.5000	1.0000	-0.5000	-0.5000
-0.5294	1.0000	-0.5294	0.8824	-0.5294	-0.5294	0.8824	-0.5294
-0.9943	0.7730	-0.6261	0.5064	-0.8522	-0.5972	0.1660	-0.7872
-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000
-0.7778	-0.3333	0.7778	0.7778	-0.7778	0.7778	0.7778	-0.7778
1.0000	1.0000	-1.0000	0	1.0000	1.0000	0	1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000
1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000
-1.0000	0	1.0000	1.0000	0	1.0000	1.0000	0
-1.0000	-1.0000	0	0	1.0000	0	0	-1.0000
1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000

## Columns 57 through 64

0.7778	1.0000	0.7778	0.5556	1.0000	0.5556	0.5556	1.0000
1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-0.5000	0.5000	1.0000	-1.0000
-0.5294	0.8824	-0.5294	-0.5294	0.8824	-0.5294	-0.5294	0.8824
-0.6516	0.1688	-0.8865	-0.6516	0.4043	-0.9078	0.1935	0.5296
1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
0.7778	0.7778	-0.7778	0.7778	0.7778	-0.7778	0.7778	-0.7778
1.0000	1.0000	0	1.0000	1.0000	-1.0000	0	1.0000
1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
1.0000	1.0000	0	1.0000	1.0000	0	-1.0000	1.0000
0	0	1.0000	0	0	-1.0000	-1.0000	0
-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000

## Columns 65 through 72

0.7778	0.7778	1.0000	1.0000	0.7778	1.0000	0.5556	0.7778
-0.5000	0.5000	-1.0000	-0.5000	1.0000	-0.5000	-1.0000	1.0000
-0.5294	-0.5294	0.8824	-0.5294	-0.5294	0.8824	-0.5294	-0.5294
-0.8482	-0.4684	-0.5277	-0.3475	-0.4610	-0.4894	-0.7872	-0.4965
-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000
-0.7778	0.7778	0.7778	1.0000	0.7778	0.7778	-1.0000	0.7778
1.0000	-1.0000	1.0000	0	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
0	-1.0000	1.0000	0	1.0000	1.0000	0	1.0000
-1.0000	0	0	-1.0000	0	-1.0000	-1.0000	0
1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000

## Columns 73 through 75

1.0000	0.3333	0.7778
-0.5000	1.0000	1.0000
0.8824	-0.5294	-0.5294
-0.7713	-1.0000	-0.4610
1.0000	-1.0000	1.0000
0.7778	-0.7778	0.7778
1.0000	0	1.0000
-1.0000	-1.0000	1.0000
1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000
0	-1.0000	1.0000
0	1.0000	0
-1.0000	1.0000	1.0000

is =

```

name: 'mapminmax'
xrows: 13
xmax: [13x1 double]
xmin: [13x1 double]
xrange: [13x1 double]
yrows: 13
ymax: 1
ymin: -1
yrange: 2

```

```
>> [On,os]=mapminmax(O)
```

**On =**

**Columns 1 through 8**

**0.3803 0.7350 0.5410 0.7197 0.8828 0.8792 -0.3966 0.2514**

**Columns 9 through 16**

**0.9013 -0.0470 -0.3228 -0.0470 -0.2124 0.1253 0.4640 -0.5654**

**Columns 17 through 24**

**0.5576 0.4246 -0.9834 0.7905 0.2361 -0.8060 0.7350 -0.7672**

**Columns 25 through 32**

**0.9568 0.2361 -0.8060 0.7350 -0.7672 0.8736 0.2639 -0.7860**

**Columns 33 through 40**

**0.7627 -0.7672 0.9845 0.5687 -0.4435 0.1303 -0.8149 -0.7727**

**Columns 41 through 48**

**0.1397 -0.7672 0.2583 -0.8980 0.8049 0.6131 0.7184 0.7572**

**Columns 49 through 56**

**-0.8204 0.8792 0.5576 0.4246 -0.9834 1.0000 0.0932 -0.8969**

**Columns 57 through 64**

**0.2483 0.2106 -1.0000 0.7598 0.3991 -0.8987 0.6419 0.4308**

**Columns 65 through 72**

**-0.9667 0.8817 0.1426 0.1746 0.6213 -0.4623 -0.8867 0.7312**

**Columns 73 through 75**

**-0.2406 -0.9712 0.6213**

**os =**

**name: 'mapminmax'**

**xrows: 1**

**xmax: 19.8900**

```

xmin: 1.8500
xrange: 18.0400
yrows: 1
ymax: 1
ymin: -1
yrange: 2

```

```

>> % Use 13 neuron in Input,1 Hidden Layer with 3 neuron,& 1
Output(project cost)
>> % Use Sigmoid Bipolar for Transfer Function
>> net=newff(In,On,[7],{'tansig'},'traingdm');
>> % Random Initial Weight by Matlab
>> net.IW{1,1}

```

```
ans =
```

```
Columns 1 through 8
```

```

0.4534 0.0675 0.4326 -0.6688 0.2240 0.4659 0.3825 0.3669
0.6010 0.6776 -0.5304 0.5171 -0.4870 0.2885 0.4372 -0.3317
-0.5681 0.7080 -0.1192 0.6610 0.3138 -0.2786 -0.4769 0.2737
0.6215 -0.5148 0.6251 0.2687 -0.7039 0.6769 -0.0154 0.2332
0.1905 0.6775 0.4207 0.3710 -0.3211 -0.6702 -0.0783 -0.4857
-0.5889 0.6690 0.6724 0.3558 -0.6641 -0.0896 0.2141 -0.5575
-0.4507 -0.0298 0.3169 -0.2193 -0.8198 -0.2410 0.4260 -0.0033

```

```
Columns 9 through 13
```

```

0.6623 0.2868 0.4908 -0.3586 0.6010
-0.2364 0.5789 -0.3639 0.1719 -0.3172
0.1299 0.6995 0.4787 -0.0407 0.3917
-0.4153 0.0710 -0.3856 -0.2230 0.3815
0.3617 -0.5202 0.6180 0.4763 -0.1721
-0.3584 -0.5132 -0.2195 0.1248 0.0992
0.0121 -0.4934 -0.6174 0.1012 -0.8631

```

```
>> net.b{1,1}
```

```
ans =
```

```

-1.6261
-1.0840
0.5420
0
0.5420
-1.0840
-1.6261

```

```

>> net.LW{2,1}

ans =

    -0.8921    0.0616    0.5583    0.8680   -0.7402    0.1376   -0.0612

>> net.b{2,1}

ans =

    -0.9762

>> %set max epoch,goal of MSE, Learning rate,show step
>> net.trainParam.epochs=65000

net =

Neural Network object:

architecture:

    numInputs: 1
    numLayers: 2
    biasConnect: [1; 1]
    inputConnect: [1; 0]
    layerConnect: [0 0; 1 0]
    outputConnect: [0 1]

    numOutputs: 1 (read-only)
    numInputDelays: 0 (read-only)
    numLayerDelays: 0 (read-only)

subobject structures:

    inputs: {1x1 cell} of inputs
    layers: {2x1 cell} of layers
    outputs: {1x2 cell} containing 1 output
    biases: {2x1 cell} containing 2 biases
    inputWeights: {2x1 cell} containing 1 input weight
    layerWeights: {2x2 cell} containing 1 layer weight

functions:

    adaptFcn: 'trains'
    divideFcn: 'dividerand'
    gradientFcn: 'calcgrad'
    initFcn: 'initlay'
    performFcn: 'mse'

```



```

plotFcns: {'plotperform','plottrainstate','plotregression'}
trainFcn: 'traingdm'

```

**parameters:**

```

adaptParam: .passes
divideParam: .trainRatio, .valRatio, .testRatio
gradientParam: (none)
initParam: (none)
performParam: (none)
trainParam: .show, .showWindow, .showCommandLine, .epochs,
            .time, .goal, .max_fail, .lr,
            .mc, .min_grad

```

**weight and bias values:**

```

IW: {2x1 cell} containing 1 input weight matrix
LW: {2x2 cell} containing 1 layer weight matrix
b: {2x1 cell} containing 2 bias vectors

```

**other:**

```

name: ''
userdata: (user information)

```

```

>> net.trainParam.goal=1e-3;
>> net.trainParam.lr=0.5;
>> net.trainParam.mc=0.4;
>> net.trainParam.mc=0.5;
>> net.trainParam.show=2000;
>> net.trainParam.max_fail=5

```

```
net =
```

**Neural Network object:**

**architecture:**

```

numInputs: 1
numLayers: 2
biasConnect: [1; 1]
inputConnect: [1; 0]
layerConnect: [0 0; 1 0]
outputConnect: [0 1]

```

```

numOutputs: 1 (read-only)
numInputDelays: 0 (read-only)
numLayerDelays: 0 (read-only)

```

**subobject structures:**

**inputs:** {1x1 cell} of inputs  
**layers:** {2x1 cell} of layers  
**outputs:** {1x2 cell} containing 1 output  
**biases:** {2x1 cell} containing 2 biases  
**inputWeights:** {2x1 cell} containing 1 input weight  
**layerWeights:** {2x2 cell} containing 1 layer weight

**functions:**

**adaptFcn:** 'trains'  
**divideFcn:** 'dividerand'  
**gradientFcn:** 'calgrad'  
**initFcn:** 'initlay'  
**performFcn:** 'mse'  
**plotFcns:** {'plotperform', 'plottrainstate', 'plotregression'}  
**trainFcn:** 'traingdm'

**parameters:**

**adaptParam:** .passes  
**divideParam:** .trainRatio, .valRatio, .testRatio  
**gradientParam:** (none)  
**initParam:** (none)  
**performParam:** (none)  
**trainParam:** .show, .showWindow, .showCommandLine, .epochs,  
 .time, .goal, .max\_fail, .lr,  
 .mc, .min\_grad

**weight and bias values:**

**IW:** {2x1 cell} containing 1 input weight matrix  
**LW:** {2x2 cell} containing 1 layer weight matrix  
**b:** {2x1 cell} containing 2 bias vectors

**other:**

**name:** ''  
**userdata:** (user information)

**>> net.trainParam.min\_grad=1e-10**

**net =**

**Neural Network object:**

**architecture:**

**numInputs:** 1  
**numLayers:** 2  
**biasConnect:** [1; 1]  
**inputConnect:** [1; 0]  
**layerConnect:** [0 0; 1 0]  
**outputConnect:** [0 1]

**numOutputs:** 1 (read-only)  
**numInputDelays:** 0 (read-only)  
**numLayerDelays:** 0 (read-only)

**subobject structures:**

**inputs:** {1x1 cell} of inputs  
**layers:** {2x1 cell} of layers  
**outputs:** {1x2 cell} containing 1 output  
**biases:** {2x1 cell} containing 2 biases  
**inputWeights:** {2x1 cell} containing 1 input weight  
**layerWeights:** {2x2 cell} containing 1 layer weight

**functions:**

**adaptFcn:** 'trains'  
**divideFcn:** 'dividerand'  
**gradientFcn:** 'calgrad'  
**initFcn:** 'initlay'  
**performFcn:** 'mse'  
**plotFcns:** {'plotperform', 'plottrainstate', 'plotregression'}  
**trainFcn:** 'traingdm'

**parameters:**

**adaptParam:** .passes  
**divideParam:** .trainRatio, .valRatio, .testRatio  
**gradientParam:** (none)  
**initParam:** (none)  
**performParam:** (none)  
**trainParam:** .show, .showWindow, .showCommandLine, .epochs,  
 .time, .goal, .max\_fail, .lr,  
 .mc, .min\_grad

**weight and bias values:**

**IW:** {2x1 cell} containing 1 input weight matrix  
**LW:** {2x2 cell} containing 1 layer weight matrix  
**b:** {2x1 cell} containing 2 bias vectors

other:

name: ''  
 userdata: (user information)

```
>> net.divideFcn='';
>> [net,tr]=train(net,In,On);
>> pause;
>> BobotAkhir_input=net.IW{1,1}
```

BobotAkhir\_input =

Columns 1 through 8

0.6301	-0.1119	0.5946	-1.1986	-0.8091	-0.5065	0.3713	0.5051
1.6846	0.5566	-1.2891	-1.3484	-0.5801	-0.2437	0.8861	-0.1927
-0.1107	0.8837	-1.4743	0.2522	0.9289	0.1222	-1.6116	1.5604
1.7449	-0.7722	0.8350	2.7548	1.6708	1.8953	-0.4893	1.1625
0.2108	0.6479	-0.8899	0.8161	-0.2856	-1.3713	-0.0548	-1.7225
-0.0527	0.0979	0.3539	0.6111	-0.5874	-0.9677	0.1715	-0.7177
-1.1809	-0.1263	0.2912	-0.1767	-1.0004	-0.5251	1.2893	-0.7723

Columns 9 through 13

0.1069	1.2364	-0.5271	-0.1265	0.2600
-0.1831	1.9819	-0.6889	0.2818	-0.0801
0.6502	-0.1489	0.9680	0.5871	0.3309
-0.8066	1.2832	-0.2389	-0.5529	0.1297
0.5420	-1.0977	0.0711	0.5039	-0.1950
-0.0862	-1.9009	-0.7093	-0.1469	0.1113
-0.3896	-0.8088	-0.6584	-0.4992	-0.5489

```
>> BobotAkhir_Bias_Input=net.b{1,1}
```

BobotAkhir\_Bias\_Input =

-1.3107  
 -0.6059  
 1.1616  
 0.2620  
 0.2778  
 0.4916  
 -0.9997

```
>> BobotAkhir_Lapisan=net.LW{2,1}
```

BobotAkhir\_Lapisan =

1.0186 -1.4175 1.2136 1.5404 1.3499 -1.4152 1.3876

>> BobotAkhir\_Bias\_Lapisan=net.b{2,1};

>> Yn=sim(net,In)

Yn =

Columns 1 through 8

0.3840 0.7416 0.5396 0.7236 0.8833 0.8811 -0.3970 0.2495

Columns 9 through 16

0.9064 -0.0562 -0.3225 -0.0532 -0.2111 0.1293 0.4648 -0.5654

Columns 17 through 24

0.5581 0.4152 -0.9745 0.7949 0.2359 -0.8107 0.7339 -0.7683

Columns 25 through 32

0.9567 0.2340 -0.8086 0.7348 -0.7676 0.8726 0.2576 -0.7862

Columns 33 through 40

0.7636 -0.7654 0.9829 0.5698 -0.4472 0.1304 -0.8140 -0.7686

Columns 41 through 48

0.1363 -0.7702 0.2580 -0.9039 0.8051 0.6151 0.7158 0.7560

Columns 49 through 56

-0.8146 0.8798 0.5617 0.4370 -0.9840 0.8079 0.0790 -0.8986

Columns 57 through 64

0.4396 0.2134 -0.9993 0.7445 0.4048 -0.8978 0.6437 0.4343

Columns 65 through 72

-0.9745 0.8804 0.1471 0.1744 0.6272 -0.4604 -0.8843 0.7325

Columns 73 through 75

-0.2438 -0.9716 0.6272

```
>> Y=mapminmax('reverse',Yn,os)
```

```
Y =
```

```
Columns 1 through 8
```

```
14.3338 17.5589 15.7372 17.3969 18.8370 18.8179 7.2893 13.1203
```

```
Columns 9 through 16
```

```
19.0455 10.3634 7.9610 10.3903 8.9657 12.0365 15.0622 5.7698
```

```
Columns 17 through 24
```

```
15.9037 14.6154 2.0800 18.0399 12.9977 3.5578 17.4902 3.9400
```

```
Columns 25 through 32
```

```
19.4995 12.9809 3.5767 17.4980 3.9461 18.7410 13.1933 3.7788
```

```
Columns 33 through 40
```

```
17.7572 3.9660 19.7358 16.0093 6.8366 12.0458 3.5278 3.9376
```

```
Columns 41 through 48
```

```
12.0998 3.9224 13.1972 2.7171 18.1322 16.4182 17.3262 17.6889
```

```
Columns 49 through 56
```

```
3.5219 18.8055 15.9365 14.8121 1.9939 18.1571 11.5826 2.7645
```

```
Columns 57 through 64
```

```
14.8355 12.7952 1.8561 17.5852 14.5217 2.7716 16.6761 14.7877
```

```
Columns 65 through 72
```

```
2.0798 18.8109 12.1970 12.4429 16.5276 6.7175 2.8934 17.4767
```

```
Columns 73 through 75
```

```
8.6713 2.1066 16.5276
```

```
>> %Simulation ANN to Test Data
```

```
>> TIn=mapminmax('apply',TI,is)
```

```
TIn =
```

```

0.7778  1.0000  0.5556  0.7778  1.0000  0.3333
1.0000 -0.5000 -1.0000  1.0000 -0.5000  1.0000
-0.5294 0.8824 -0.5294 -0.5294 0.8824 -0.5294
-0.4610 -0.4894 -0.7872 -0.4965 -0.7713 -1.0000
1.0000  1.0000 -1.0000  1.0000  1.0000 -1.0000
0.7778  0.7778 -1.0000  0.7778  0.7778 -0.7778
1.0000  1.0000 -1.0000  1.0000  1.0000  0
1.0000 -1.0000 -1.0000  1.0000 -1.0000 -1.0000
-1.0000  1.0000 -1.0000 -1.0000  1.0000  1.0000
-1.0000 -1.0000 -1.0000 -1.0000 -1.0000  1.0000
1.0000  1.0000  0  1.0000  0 -1.0000
0 -1.0000 -1.0000  0  0  1.0000
1.0000  1.0000  1.0000 -1.0000 -1.0000  1.0000

```

```
>> TOn=sim(net,TIn)
```

```
TOn =
```

```
0.6272 -0.4604 -0.8843 0.7325 -0.2438 -0.9716
```

```
>> Tann=mapminmax('reverse',TOn,os)
```

```
Tann =
```

```
16.5276 6.7175 2.8934 17.4767 8.6713 2.1066
```

```
>> An=mapminmax('apply',A,is)
```

```
An =
```

```
Columns 1 through 8
```

```

0.7778  1.0000  0.7778 -1.0000  0.1111  0.1111  0.3333  0.3333
-0.5000 -0.5000  0 -0.5000 -0.5000 -1.0000 -0.5000 -0.5000
0.8824  0.8824  0.8824 -1.0000  1.0000  0.7647 -0.5294  0.8824
-0.2851 0.3220 0.1064 0.3532 0.4326 -0.2057 -0.7021 0.0922
1.0000 -1.0000 -1.0000  1.0000 -1.0000  1.0000  1.0000 -1.0000
0.1111 -0.3333 -0.3333  0.3333 -0.3333  0.3333  0.3333 -0.3333
0 -1.0000  0  0  1.0000  1.0000  1.0000 -1.0000
-1.0000  1.0000 -1.0000  1.0000  1.0000  1.0000 -1.0000 -1.0000
1.0000 -1.0000 -1.0000  1.0000 -1.0000  1.0000  1.0000 -1.0000
-1.0000 -1.0000 -1.0000 -1.0000 -1.0000 -1.0000  1.0000 -1.0000
-1.0000  1.0000  0  0  0  1.0000  1.0000  0
-1.0000  0 -1.0000 -1.0000 -1.0000  0 -1.0000 -1.0000
1.0000 -1.0000  1.0000  1.0000  1.0000  1.0000  1.0000 -1.0000

```

```
Columns 9 through 16
```

0.3333	-0.1111	-0.1111	0.3333	-0.1111	0.1111	0.1111	-0.3333
-0.5000	-0.5000	-0.5000	-0.5000	-0.5000	-0.5000	-0.5000	-0.5000
-0.5294	1.0000	0.7647	-0.5294	-0.5294	-0.5294	1.0000	0.7647
0.4326	0.4326	-0.6596	-0.5603	-0.6170	-0.5262	-0.0638	-0.0922
1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
0.3333	-0.3333	-1.0000	0.3333	-0.3333	-0.7778	-0.3333	-0.7778
1.0000	1.0000	0	0	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000
1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000
-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000
1.0000	0	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0
0	0	1.0000	-1.0000	0	-1.0000	-1.0000	1.0000
1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000

## Columns 17 through 24

0.7778	1.0000	0.7778	0.5556	-0.1111	0.3333	1.0000	0.3333
-1.0000	-0.5000	-0.5000	0	0.5000	0	0.5000	1.0000
-0.5294	0.8824	-0.5294	1.0000	0.7647	-0.5294	0.8824	0.8824
1.0000	0.5064	-0.8522	0.4326	-0.0922	-0.9433	0.0071	-0.8865
1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
0.7778	0.7778	-0.7778	-0.3333	0.3333	-1.0000	-0.3333	-0.7778
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	1.0000
1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000
1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
1.0000	1.0000	0	0	0	-1.0000	1.0000	-1.0000
0	0	-1.0000	-1.0000	0	-1.0000	0	0
-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000

## Columns 25 through 32

1.0000	0.5556	0.3333	1.0000	0.5556	1.0000	0.5556	0.5556
0.5000	-1.0000	0	0.5000	1.0000	0.5000	0.5000	-1.0000
1.0000	0.7647	-0.5294	0.8824	-0.5294	1.0000	0.7647	-0.5294
0.4894	-0.0355	-0.9504	0.1631	-0.6709	0.6312	-0.0582	-0.9376
-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
-0.3333	0.3333	-1.0000	-0.3333	-0.7778	-0.3333	0.3333	-1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	1.0000	0	0	0	1.0000	0	1.0000
-1.0000	0	0	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

## Columns 33 through 40



1.0000	0.3333	1.0000	1.0000	-0.1111	-0.1111	0.3333	0.3333
0	1.0000	0	-0.5000	0	0	0	0
0.8824	-0.5294	1.0000	0.8824	-1.0000	0.8824	-0.5294	-0.5294
0.2369	-0.6738	0.8014	0.0667	-0.7021	-0.1070	-0.9858	-0.7021
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
-0.3333	-0.7778	-0.3333	-0.3333	-0.7778	0.3333	-1.0000	-0.7778
1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	0	1.0000
1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000
-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0
0	0	-1.0000	-1.0000	-1.0000	0	0	-1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

## Columns 41 through 48

0.5556	0.5556	1.0000	0.3333	1.0000	0.5556	0.3333	1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
0.7647	-0.5294	0.8824	-0.5294	1.0000	0.7647	-0.5294	0.8824
-0.0599	-0.9631	-0.1149	-0.7447	0.4894	0.0638	-0.2766	-0.1348
1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
0.3333	-0.7778	-0.3333	-0.7778	-0.3333	0.7778	-1.0000	-0.3333
1.0000	0	0	0	1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
1.0000	1.0000	0	1.0000	0	1.0000	-1.0000	0
-1.0000	-1.0000	0	1.0000	0	-1.0000	-1.0000	-1.0000
1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000

## Columns 49 through 56

0.3333	1.0000	0.7778	1.0000	0.7778	0.7778	1.0000	0.7778
1.0000	-1.0000	1.0000	-0.5000	-0.5000	1.0000	-0.5000	-0.5000
-0.5294	1.0000	-0.5294	0.8824	-0.5294	-0.5294	0.8824	-0.5294
-0.9943	0.7730	-0.6261	0.5064	-0.8522	-0.5972	0.1660	-0.7872
-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000
-0.7778	-0.3333	0.7778	0.7778	-0.7778	0.7778	0.7778	-0.7778
1.0000	1.0000	-1.0000	0	1.0000	1.0000	0	1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000
1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000
-1.0000	0	1.0000	1.0000	0	1.0000	1.0000	0
-1.0000	-1.0000	0	0	1.0000	0	0	-1.0000
1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000

## Columns 57 through 64

0.7778	1.0000	0.7778	0.5556	1.0000	0.5556	0.5556	1.0000
1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-0.5000	0.5000	1.0000	-1.0000
-0.5294	0.8824	-0.5294	-0.5294	0.8824	-0.5294	-0.5294	0.8824
-0.6516	0.1688	-0.8865	-0.6516	0.4043	-0.9078	0.1935	0.5296
1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
0.7778	0.7778	-0.7778	0.7778	0.7778	-0.7778	0.7778	-0.7778
1.0000	1.0000	0	1.0000	1.0000	-1.0000	0	1.0000
1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000
1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
1.0000	1.0000	0	1.0000	1.0000	0	-1.0000	1.0000
0	0	1.0000	0	0	-1.0000	-1.0000	0
-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000

## Columns 65 through 72

0.7778	0.7778	1.0000	1.0000	0.7778	1.0000	0.5556	0.7778
-0.5000	0.5000	-1.0000	-0.5000	1.0000	-0.5000	-1.0000	1.0000
-0.5294	-0.5294	0.8824	-0.5294	-0.5294	0.8824	-0.5294	-0.5294
-0.8482	-0.4684	-0.5277	-0.3475	-0.4610	-0.4894	-0.7872	-0.4965
-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000
-0.7778	0.7778	0.7778	1.0000	0.7778	0.7778	-1.0000	0.7778
1.0000	-1.0000	1.0000	0	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
0	-1.0000	1.0000	0	1.0000	1.0000	0	1.0000
-1.0000	0	0	-1.0000	0	-1.0000	-1.0000	0
1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000

## Columns 73 through 80

1.0000	0.3333	0.7778	1.0000	0.5556	0.7778	1.0000	0.3333
-0.5000	1.0000	1.0000	-0.5000	-1.0000	1.0000	-0.5000	1.0000
0.8824	-0.5294	-0.5294	0.8824	-0.5294	-0.5294	0.8824	-0.5294
-0.7713	-1.0000	-0.4610	-0.4894	-0.7872	-0.4965	-0.7713	-1.0000
1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000
0.7778	-0.7778	0.7778	0.7778	-1.0000	0.7778	0.7778	-0.7778
1.0000	0	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	0
-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000
1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000
-1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000
0	-1.0000	1.0000	1.0000	0	1.0000	0	-1.0000
0	1.0000	0	-1.0000	-1.0000	0	0	1.0000
-1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000

>> Bn=sim(net,An)

**Bn =**

**Columns 1 through 8**

0.3840 0.7416 0.5396 0.7236 0.8833 0.8811 -0.3970 0.2495

**Columns 9 through 16**

0.9064 -0.0562 -0.3225 -0.0532 -0.2111 0.1293 0.4648 -0.5654

**Columns 17 through 24**

0.5581 0.4152 -0.9745 0.7949 0.2359 -0.8107 0.7339 -0.7683

**Columns 25 through 32**

0.9567 0.2340 -0.8086 0.7348 -0.7676 0.8726 0.2576 -0.7862

**Columns 33 through 40**

0.7636 -0.7654 0.9829 0.5698 -0.4472 0.1304 -0.8140 -0.7686

**Columns 41 through 48**

0.1363 -0.7702 0.2580 -0.9039 0.8051 0.6151 0.7158 0.7560

**Columns 49 through 56**

-0.8146 0.8798 0.5617 0.4370 -0.9840 0.8079 0.0790 -0.8986

**Columns 57 through 64**

0.4396 0.2134 -0.9993 0.7445 0.4048 -0.8978 0.6437 0.4343

**Columns 65 through 72**

-0.9745 0.8804 0.1471 0.1744 0.6272 -0.4604 -0.8843 0.7325

**Columns 73 through 80**

-0.2438 -0.9716 0.6272 -0.4604 -0.8843 0.7325 -0.2438 -0.9716

**>> Bann=mapminmax('reverse',Bn,os)**

**Bann =**

**Columns 1 through 8**

14.3338 17.5589 15.7372 17.3969 18.8370 18.8179 7.2893 13.1203

**Columns 9 through 16**

19.0455 10.3634 7.9610 10.3903 8.9657 12.0365 15.0622 5.7698

**Columns 17 through 24**

15.9037 14.6154 2.0800 18.0399 12.9977 3.5578 17.4902 3.9400

**Columns 25 through 32**

19.4995 12.9809 3.5767 17.4980 3.9461 18.7410 13.1933 3.7788

**Columns 33 through 40**

17.7572 3.9660 19.7358 16.0093 6.8366 12.0458 3.5278 3.9376

**Columns 41 through 48**

12.0998 3.9224 13.1972 2.7171 18.1322 16.4182 17.3262 17.6889

**Columns 49 through 56**

3.5219 18.8055 15.9365 14.8121 1.9939 18.1571 11.5826 2.7645

**Columns 57 through 64**

14.8355 12.7952 1.8561 17.5852 14.5217 2.7716 16.6761 14.7877

**Columns 65 through 72**

2.0798 18.8109 12.1970 12.4429 16.5276 6.7175 2.8934 17.4767

**Columns 73 through 80**

8.6713 2.1066 16.5276 6.7175 2.8934 17.4767 8.6713 2.1066

>> %Measure performance of ANN

>> pause;

>> [m1,b1,r1]=postreg(Y,O)

**m1 =**

**0.9963**

**b1 =**

**0.0435**

**r1 =**

**0.9989**

**>> pause;**

**>> [m2,b2,r2]=postreg(Tann,TO)**

**m2 =**

**1.0016**

**b2 =**

**-0.0028**

**r2 =**

**1.0000**

**>> pause;**

**>> [m3,b3,r3]=postreg(Bann,B)**

**m3 =**

**0.9965**

**b3 =**

**0.0397**

**r3 =**

**0.9989**

**>>**



**LAMPIRAN 5**  
**Source Code Prototype dengan Bahasa C**

## Lampiran Source code prototypen dengan bahasa C :

```

//-----
#include <vcl.h>
#pragma hdrstop

#include "FrmMain.h"
#include "FrmNewNN.h"
#include "FrmInitialize.h"
#include "FrmTraining.h"
#include "FrmTesting.h"
#include "FrmWeights.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma link "cxClasses"
#pragma link "cxControls"
#pragma link "cxCustomData"
#pragma link "cxData"
#pragma link "cxDataStorage"
#pragma link "cxEdit"
#pragma link "cxFilter"
#pragma link "cxGraphics"
#pragma link "cxGrid"
#pragma link "cxGridBandedTableView"
#pragma link "cxGridCustomTableView"
#pragma link "cxGridCustomView"
#pragma link "cxGridLevel"
#pragma link "cxGridTableView"
#pragma link "cxLabel"
#pragma link "cxStyles"
#pragma link "JvCombobox"
#pragma resource "*.dfm"
TFMain *FMain;
//-----
__fastcall TFMain::TFMain(TComponent* Owner)
: TForm(Owner)
{
    int i, j;

    ANNConfStruct = new TANNConf;
    ANNConfStruct->no_of_inputs = NO_OF_INPUTS;
    ANNConfStruct->no_of_h1_nodes = 25;
    ANNConfStruct->no_of_outputs = LAYER_OUTPUT;
    ANNConfStruct->max_year = 0;
    ANNConfStruct->min_year = 3000;
    ANNConfStruct->max_duration = 0;

```

```

ANNConfStruct->min_duration = 400;
ANNConfStruct->max_luas = 0;
ANNConfStruct->min_luas = 10000;
ANNConfStruct->max_tingkat = 0;
ANNConfStruct->min_tingkat = 10;
ANNConfStruct->max_tinggi = 0;
ANNConfStruct->min_tinggi = 100;
ANNConfStruct->max_out = 0.0;
ANNConfStruct->min_out = 3.4 * pow10(38);
ANNConfStruct->norm_inp_max = 5.0;
ANNConfStruct->norm_inp_min = -5.0;
ANNConfStruct->norm_out_max = 1.0;
ANNConfStruct->norm_out_min = 0.1;
ANNConfStruct->WeightsMax = 1.0;
ANNConfStruct->WeightsMin = -1.0;
ANNConfStruct->ErrorThreshold = 0.01;
ANNConfStruct->LearningRate = 1.0;
ANNConfStruct->Alpha = 0.9;
ANNConfStruct->Shuffle = true;
ANNConfStruct->SigmoidOut = true;

AMinMaxStruct = new TMinMax;

pViewList = new TStringList;
pViewList->Add("Input Layer");
pViewList->Add("Hidden Layer");
pViewList->Add("output Layer");

UpdateListView();
UpdateRange();

pDataTrnList = new TList;

x_net = new float[ANNConfStruct->no_of_inputs + 1];
h_net = new float[ANNConfStruct->no_of_h1_nodes];
y_net = new float[ANNConfStruct->no_of_outputs];

Wxh = new float*[ANNConfStruct->no_of_inputs + 1];

for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_inputs + 1; i++) {
    Wxh[i] = new float[ANNConfStruct->no_of_h1_nodes];

    for (j=0; j<ANNConfStruct->no_of_h1_nodes; j++)
        Wxh[i][j] = 0;
}

Why = new float*[ANNConfStruct->no_of_h1_nodes];

```



```

for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_h1_nodes; i++) {
    Why[i] = new float[ANNConfStruct->no_of_outputs];

    for (j=0; j<ANNConfStruct->no_of_outputs; j++)
        Why[i][j] = 0;
}

JvSpinEdit6->Value = ANNConfStruct->WeightsMin;
JvSpinEdit7->Value = ANNConfStruct->WeightsMax;
JvSpinEdit8->Value = ANNConfStruct->norm_inp_min;
JvSpinEdit9->Value = ANNConfStruct->norm_inp_max;
JvSpinEdit10->Value = ANNConfStruct->norm_out_min;
JvSpinEdit11->Value = ANNConfStruct->norm_out_max;
JvSpinEdit12->Value = ANNConfStruct->ErrorThreshold;
JvSpinEdit13->Value = ANNConfStruct->LearningRate;
JvSpinEdit14->Value = ANNConfStruct->Alpha;

JvComboBox2->ItemIndex = (ANNConfStruct->Shuffle)?1:0;
JvComboBox1->ItemIndex = (ANNConfStruct->SigmoidOut)?1:0;
}
//-----
void __fastcall TFMain::FormDestroy(TObject *Sender)
{
    int i;

    delete AMinMaxStruct;
    delete pViewList;

    for (i=0; i<pDataTrnList->Count; i++) {
        ADataTrnStruct = (PDataTrn) pDataTrnList->Items[i];

        delete ADataTrnStruct;
    }

    pDataTrnList->Clear();

    delete pDataTrnList;

    for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_inputs + 1; i++)
        delete [] Wxh[i];

    delete [] Wxh;

    for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_h1_nodes; i++)
        delete [] Why[i];

    delete [] Why;
}

```

```

delete [] x_net;
delete [] h_net;
delete [] y_net;

delete ANNConfStruct;
}
//-----

void __fastcall TFMain::UpdateListView()
{
    int i;
    TListItem *pItem;
    AnsiString NoNeuron;

    ListView1->Clear();

    for (i = 0; i < 3; i++) {
        pItem = ListView1->Items->Add();
        pItem->Caption = pViewList->Strings[i];

        switch (i) {
            case 0:
                NoNeuron = IntToStr(ANNConfStruct->no_of_inputs);
                break;
            case 1:
                NoNeuron = IntToStr(ANNConfStruct->no_of_h1_nodes);
                break;
            case 2:
                NoNeuron = IntToStr(ANNConfStruct->no_of_outputs);
                break;
        }

        pItem->SubItems->Add(NoNeuron + " Neuron(s)");
    }
}
//-----

void __fastcall TFMain::UpdateRange()
{
    float range;

    JvSpinEdit1->MaxValue = ANNConfStruct->max_year;
    JvSpinEdit1->MinValue = ANNConfStruct->min_year;
    JvSpinEdit2->MaxValue = ANNConfStruct->max_duration;
    JvSpinEdit2->MinValue = ANNConfStruct->min_duration;
    JvSpinEdit3->MaxValue = ANNConfStruct->max_luas;
    JvSpinEdit3->MinValue = ANNConfStruct->min_luas;
}

```

```

JvSpinEdit4->MaxValue = ANNConfStruct->max_tingkat;
JvSpinEdit4->MinValue = ANNConfStruct->min_tingkat;
JvSpinEdit5->MaxValue = ANNConfStruct->max_tinggi;
JvSpinEdit5->MinValue = ANNConfStruct->min_tinggi;

if (ANNConfStruct->max_out >= ANNConfStruct->min_out) {
    range = (float) ANNConfStruct->max_out - (float) ANNConfStruct-
>min_out;

    ANNConfStruct->min_out = ANNConfStruct->min_out - 0.1 * range;
    ANNConfStruct->max_out = ANNConfStruct->max_out + 0.1 * range;
}
}
//-----

float __fastcall TFMain::frand()
{
    float tmp = (float) rand();

    return tmp / RAND_MAX;
}
//-----

float __fastcall TFMain::NormalizeData(float Data, float MaxData, float
MinData, float NormRange, float NormMax, float NormMin)
{
    const float zero_check = 1e-8;
    float tmp;

    if (fabs(MaxData - MinData) > zero_check) {
        if (Data >= MaxData)
            return NormMax;
        else if (Data <= MinData)
            return NormMin;
        else {
            tmp = (Data - MinData) / (MaxData - MinData);

            return (NormRange * tmp + NormMin);
        }
    }
    else
        return (0.5 * NormRange + NormMin);
}
//-----

float __fastcall TFMain::DenormalizeData(float Data, float MaxData, float
MinData, float NormRange, float NormMax, float NormMin)
{

```

```

float tmp;

tmp = (Data - NormMin) / NormRange;

return (tmp * (MaxData - MinData) + NormMin);
}
//-----

float __fastcall TFMain::sigmoid(float x)
{
    if (x > 50)
        return 1.0;

    if (x < -50)
        return 0.0;

    return 1.0 / (1.0 + exp(-x));
}
//-----

float __fastcall TFMain::ff_error(float desired, float net_out) {
    float sum;

    sum = (desired - net_out) * (desired - net_out);

    return 0.5 * sum;
}
//-----

void __fastcall TFMain::shuffl(int no_of_items, int *pshuffle_list)
{
    int i, j, k, n, remining_items;

    int *pnumber_list = new int[no_of_items];

    randomize();

    remining_items = no_of_items;

    for (i=0; i<no_of_items; i++) {
        pshuffle_list[i] = 0;
        pnumber_list[i] = i;
    }

    n = 0;

    while (remining_items >= 1) {
        k = random(remining_items);

```

```

pshuffle_list[n] = pnumber_list[k];
remining_items--;

for (j = k; j<remining_items; j++)
    pnumber_list[j] = pnumber_list[j+1];

    n++;
}

delete [] pnumber_list;
}
//-----

void __fastcall TFMain::feedforward(float *InpArr, float *OutArr, bool
UseSig)
{
    int i, j;
    float wx = 0.0;
    float wh1 = 0.0;

    for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_h1_nodes; i++) {
        wx = 0.0;

        for (j=0; j<ANNConfStruct->no_of_inputs + 1; j++)
            wx += Wxh[j][i] * InpArr[j];

        h_net[i] = sigmoid(wx);
    }

    for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_outputs; i++) {
        wh1 = 0.0;

        for (j=0; j<ANNConfStruct->no_of_h1_nodes; j++)
            wh1 += Why[j][i] * h_net[j];

        if (UseSig)
            OutArr[i] = sigmoid(wh1);
        else
            OutArr[i] = wh1;
    }
}
//-----

void __fastcall TFMain::JvBitBtn1Click(TObject *Sender)
{
    int i, j;

    FNewNN->JvSpinEdit1->Value = ANNConfStruct->no_of_h1_nodes;
}

```

```

if (FNewNN->ShowModal() == mrOk) {
    delete [] h_net;

    h_net = new float[FNewNN->JvSpinEdit1->Value];

    for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_inputs + 1; i++)
        delete [] Wxh[i];

    for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_inputs + 1; i++) {
        Wxh[i] = new float[FNewNN->JvSpinEdit1->Value];

        for (j=0; j<FNewNN->JvSpinEdit1->Value; j++)
            Wxh[i][j] = 0.0;
    }

    for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_h1_nodes; i++)
        delete [] Why[i];

    delete [] Why;

    Why = new float*[FNewNN->JvSpinEdit1->Value];

    for (i=0; i<FNewNN->JvSpinEdit1->Value; i++) {
        Why[i] = new float[ANNConfStruct->no_of_outputs];

        for (j=0; j<ANNConfStruct->no_of_outputs; j++)
            Why[i][j] = 0.0;
    }

    ANNConfStruct->no_of_h1_nodes = FNewNN->JvSpinEdit1->Value;

    UpdateListView();
}
}
//-----

void __fastcall TFMain::JvBitBtn4Click(TObject *Sender)
{
    AnsiString FName;
    FILE *file;
    char data[1000];
    int i, j;

    if (OpenDialog1->Execute()) {
        FName = OpenDialog1->FileName;

        if ((file = fopen(FName.c_str(), "rt")) == NULL)

```

```

MessageDlg("Cannot open file '" + FName + "'", mtError,
TMsgDlgButtons() << mbOK, 0);
else {
for (i=0; i<pDataTrnList->Count; i++) {
ADataTrnStruct = (PDataTrn) pDataTrnList->Items[i];

delete ADataTrnStruct;
}

pDataTrnList->Clear();

ANNConfStruct->max_year = 0;
ANNConfStruct->min_year = 3000;
ANNConfStruct->max_duration = 0;
ANNConfStruct->min_duration = 400;
ANNConfStruct->max_luas = 0;
ANNConfStruct->min_luas = 10000;
ANNConfStruct->max_tingkat = 0;
ANNConfStruct->min_tingkat = 10;
ANNConfStruct->max_tinggi = 0;
ANNConfStruct->min_tinggi = 100;
ANNConfStruct->max_out = 0.0;
ANNConfStruct->min_out = 3.4 * pow10(38);

while (!feof(file)) {
ADataTrnStruct = new TDataTrn;

fgets(data, 1000, file);
sscanf(data, "%i,%i,%i,%i,%i,%i,%i,%i,%i,%i,%i,%i,%i,%i,%i",
&ADataTrnStruct->InpData[0], &ADataTrnStruct->InpData[1],
&ADataTrnStruct->InpData[2], &ADataTrnStruct->InpData[3],
&ADataTrnStruct->InpData[4], &ADataTrnStruct->InpData[5],
&ADataTrnStruct->InpData[6], &ADataTrnStruct->InpData[7],
&ADataTrnStruct->InpData[8], &ADataTrnStruct->InpData[9],
&ADataTrnStruct->InpData[10], &ADataTrnStruct->InpData[11],
&ADataTrnStruct->InpData[12], &ADataTrnStruct->OutData);

ADataTrnStruct->InpData[13] = 1;

pDataTrnList->Add(ADataTrnStruct);
}

fclose(file);

TcxCustomDataController *dc = cxGrid1BandedTableView1-
>DataController;
dc->RecordCount = pDataTrnList->Count;
dc->BeginUpdate();

```

```

for (i=0; i<pDataTrnList->Count; i++) {
  ADataTrnStruct = (PDataTrn) pDataTrnList->Items[i];

  if (ANNConfStruct->max_year < ADataTrnStruct->InpData[0]) {
    ANNConfStruct->max_year = ADataTrnStruct->InpData[0];
    AMinMaxStruct->max_year = ADataTrnStruct->InpData[0];
  }

  if (ANNConfStruct->min_year > ADataTrnStruct->InpData[0]) {
    ANNConfStruct->min_year = ADataTrnStruct->InpData[0];
    AMinMaxStruct->min_year = ADataTrnStruct->InpData[0];
  }

  if (ANNConfStruct->max_duration < ADataTrnStruct->InpData[2]) {
    ANNConfStruct->max_duration = ADataTrnStruct->InpData[2];
    AMinMaxStruct->max_duration = ADataTrnStruct->InpData[2];
  }

  if (ANNConfStruct->min_duration > ADataTrnStruct->InpData[2]) {
    ANNConfStruct->min_duration = ADataTrnStruct->InpData[2];
    AMinMaxStruct->min_duration = ADataTrnStruct->InpData[2];
  }

  if (ANNConfStruct->max_luas < ADataTrnStruct->InpData[3]) {
    ANNConfStruct->max_luas = ADataTrnStruct->InpData[3];
    AMinMaxStruct->max_luas = ADataTrnStruct->InpData[3];
  }

  if (ANNConfStruct->min_luas > ADataTrnStruct->InpData[3]) {
    ANNConfStruct->min_luas = ADataTrnStruct->InpData[3];
    AMinMaxStruct->min_luas = ADataTrnStruct->InpData[3];
  }

  if (ANNConfStruct->max_tingkat < ADataTrnStruct->InpData[4]) {
    ANNConfStruct->max_tingkat = ADataTrnStruct->InpData[4];
    AMinMaxStruct->max_tingkat = ADataTrnStruct->InpData[4];
  }

  if (ANNConfStruct->min_tingkat > ADataTrnStruct->InpData[4]) {
    ANNConfStruct->min_tingkat = ADataTrnStruct->InpData[4];
    AMinMaxStruct->min_tingkat = ADataTrnStruct->InpData[4];
  }

  if (ANNConfStruct->max_tinggi < ADataTrnStruct->InpData[5]) {
    ANNConfStruct->max_tinggi = ADataTrnStruct->InpData[5];
    AMinMaxStruct->max_tinggi = ADataTrnStruct->InpData[5];
  }
}

```



```

if (ANNConfStruct->min_tinggi > ADataTrnStruct->InpData[5]) {
    ANNConfStruct->min_tinggi = ADataTrnStruct->InpData[5];
    AMinMaxStruct->min_tinggi = ADataTrnStruct->InpData[5];
}

if (ANNConfStruct->max_out < ADataTrnStruct->OutData)
    ANNConfStruct->max_out = ADataTrnStruct->OutData;

if (ANNConfStruct->min_out > ADataTrnStruct->OutData)
    ANNConfStruct->min_out = ADataTrnStruct->OutData;

for (j=0; j<13; j++)
    dc->Values[i][j] = ADataTrnStruct->InpData[j];

dc->Values[i][13] = RoundTo(ADataTrnStruct->OutData, -3);
}

dc->EndUpdate();

JvValidateEdit2->Value = pDataTrnList->Count;

if (pDataTrnList->Count != 0) {
    JvBitBtn5->Enabled = true;
    JvBitBtn6->Enabled = true;
    JvBitBtn8->Enabled = true;
}
else {
    JvBitBtn5->Enabled = false;
    JvBitBtn6->Enabled = false;
    JvBitBtn8->Enabled = false;
}

UpdateRange();
}
}
}
//-----

void __fastcall TFMain::JvBitBtn8Click(TObject *Sender)
{
    float range;

    range = (float) AMinMaxStruct->max_year - (float) AMinMaxStruct->min_year;

    FInitialize->JvSpinEdit1->MaxValue = AMinMaxStruct->min_year;

```

```

FInitialize->JvSpinEdit1->MinValue = AMinMaxStruct->min_year - 0.1 *  
range;  
FInitialize->JvSpinEdit1->Value = ANNConfStruct->min_year;

FInitialize->JvSpinEdit2->MaxValue = AMinMaxStruct->max_year + 0.1 *  
range;  
FInitialize->JvSpinEdit2->MinValue = AMinMaxStruct->max_year;  
FInitialize->JvSpinEdit2->Value = ANNConfStruct->max_year;

range = (float) AMinMaxStruct->max_duration - (float) AMinMaxStruct-  
>min_duration;

FInitialize->JvSpinEdit3->MaxValue = AMinMaxStruct->min_duration;  
FInitialize->JvSpinEdit3->MinValue = ((AMinMaxStruct->min_duration -  
0.1 * range) < 1)?1:AMinMaxStruct->min_duration - 0.1 * range;  
FInitialize->JvSpinEdit3->Value = ANNConfStruct->min_duration;

FInitialize->JvSpinEdit4->MaxValue = ((AMinMaxStruct->max_duration +  
0.1 * range) > 400)?400:AMinMaxStruct->max_duration + 0.1 * range;  
FInitialize->JvSpinEdit4->MinValue = AMinMaxStruct->max_duration;  
FInitialize->JvSpinEdit4->Value = ANNConfStruct->max_duration;

range = (float) AMinMaxStruct->max_luas - (float) AMinMaxStruct-  
>min_luas;

FInitialize->JvSpinEdit5->MaxValue = AMinMaxStruct->min_luas;  
FInitialize->JvSpinEdit5->MinValue = ((AMinMaxStruct->min_luas - 0.1 *  
range) < 1)?1:AMinMaxStruct->min_luas - 0.1 * range;  
FInitialize->JvSpinEdit5->Value = ANNConfStruct->min_luas;

FInitialize->JvSpinEdit6->MaxValue = ((AMinMaxStruct->max_luas + 0.1  
* range) > 10000)?10000:AMinMaxStruct->max_luas + 0.1 * range;  
FInitialize->JvSpinEdit6->MinValue = AMinMaxStruct->max_luas;  
FInitialize->JvSpinEdit6->Value = ANNConfStruct->max_luas;

range = (float) AMinMaxStruct->max_tingkat - (float) AMinMaxStruct-  
>min_tingkat;

FInitialize->JvSpinEdit7->MaxValue = AMinMaxStruct->min_tingkat;  
FInitialize->JvSpinEdit7->MinValue = ((AMinMaxStruct->min_tingkat -  
0.1 * range) < 1)?1:AMinMaxStruct->min_tingkat - 0.1 * range;  
FInitialize->JvSpinEdit7->Value = ANNConfStruct->min_tingkat;

FInitialize->JvSpinEdit8->MaxValue = ((AMinMaxStruct->max_tingkat +  
0.1 * range) > 10)?10:AMinMaxStruct->max_tingkat + 0.1 * range;  
FInitialize->JvSpinEdit8->MinValue = AMinMaxStruct->max_tingkat;  
FInitialize->JvSpinEdit8->Value = ANNConfStruct->max_tingkat;

```

```
range = (float) AMinMaxStruct->max_tinggi - (float) AMinMaxStruct->min_tinggi;
```

```
FInitialize->JvSpinEdit9->MaxValue = AMinMaxStruct->min_tinggi;
FInitialize->JvSpinEdit9->MinValue = ((AMinMaxStruct->min_tinggi - 0.1
* range) < 1)?1:AMinMaxStruct->min_tinggi - 0.1 * range;
FInitialize->JvSpinEdit9->Value = ANNConfStruct->min_tinggi;
```

```
FInitialize->JvSpinEdit10->MaxValue = ((AMinMaxStruct->max_tinggi +
0.1 * range) > 100)?100:AMinMaxStruct->max_tinggi + 0.1 * range;
FInitialize->JvSpinEdit10->MinValue = AMinMaxStruct->max_tinggi;
FInitialize->JvSpinEdit10->Value = ANNConfStruct->max_tinggi;
```

```
if (FInitialize->ShowModal() == mrOk) {
  ANNConfStruct->min_year = FInitialize->JvSpinEdit1->Value;
  ANNConfStruct->max_year = FInitialize->JvSpinEdit2->Value;
  ANNConfStruct->min_duration = FInitialize->JvSpinEdit3->Value;
  ANNConfStruct->max_duration = FInitialize->JvSpinEdit4->Value;
  ANNConfStruct->min_luas = FInitialize->JvSpinEdit5->Value;
  ANNConfStruct->max_luas = FInitialize->JvSpinEdit6->Value;
  ANNConfStruct->min_tingkat = FInitialize->JvSpinEdit7->Value;
  ANNConfStruct->max_tingkat = FInitialize->JvSpinEdit8->Value;
  ANNConfStruct->min_tinggi = FInitialize->JvSpinEdit9->Value;
  ANNConfStruct->max_tinggi = FInitialize->JvSpinEdit10->Value;
```

```
  UpdateRange();
}
```

```
//-----
```

```
void __fastcall TFMain::JvBitBtn9Click(TObject *Sender)
```

```
{
  int i, j;
  float range;

  range = ANNConfStruct->WeightsMax - ANNConfStruct->WeightsMin;

  for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_inputs+1; i++)
    for (j=0; j<ANNConfStruct->no_of_h1_nodes; j++)
      Wxh[i][j] = (range * frand() + ANNConfStruct->WeightsMin);

  for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_h1_nodes; i++)
    for (j=0; j<ANNConfStruct->no_of_outputs; j++)
      Why[i][j] = (range * frand() + ANNConfStruct->WeightsMin);
}
```

```
//-----
```

```
void __fastcall TFMain::JvBitBtn3Click(TObject *Sender)
```

```

{
FILE *FSave;
int i, j;

if (SaveDialog1->Execute()) {
if ((FSave = fopen(SaveDialog1->FileName.c_str(), "wb")) == NULL)
MessageDlg("Cannot create file " + SaveDialog1->FileName + ".\"",
mtError, TMsgDlgButtons() << mbOK, 0);
else {
fwrite(ANNConfStruct, sizeof(TANNConf), 1, FSave);

for (i=0; i<(ANNConfStruct->no_of_inputs+1); i++)
fwrite(Wxh[i], sizeof(float), ANNConfStruct->no_of_h1_nodes, FSave);

for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_h1_nodes; i++)
fwrite(Why[i], sizeof(float), ANNConfStruct->no_of_outputs, FSave);

fclose(FSave);
}
}
}
//-----
void __fastcall TFMain::JvBitBtn2Click(TObject *Sender)
{
int i, j;
FILE *FOpen;

if (OpenDialog2->Execute()) {
if ((FOpen = fopen(OpenDialog2->FileName.c_str(), "rb")) == NULL)
MessageDlg("Cannot open file " + OpenDialog2->FileName + ".\"",
mtError, TMsgDlgButtons() << mbOK, 0);
else {
for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_inputs + 1; i++)
delete [] Wxh[i];

for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_h1_nodes; i++)
delete [] Why[i];

delete [] Why;

fread(ANNConfStruct, sizeof(TANNConf), 1, FOpen);

for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_inputs + 1; i++)
Wxh[i] = new float[ANNConfStruct->no_of_h1_nodes];

for (i=0; i<(ANNConfStruct->no_of_inputs+1); i++)
fread(Wxh[i], sizeof(float), ANNConfStruct->no_of_h1_nodes, FOpen);
}
}
}

```

```

Why = new float*[ANNConfStruct->no_of_h1_nodes];

for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_h1_nodes; i++)
    Why[i] = new float[ANNConfStruct->no_of_outputs];

for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_h1_nodes; i++)
    fread(Why[i], sizeof(float), ANNConfStruct->no_of_outputs, FOpen);

fclose(FOpen);

JvSpinEdit6->Value = ANNConfStruct->WeightsMin;
JvSpinEdit7->Value = ANNConfStruct->WeightsMax;
JvSpinEdit8->Value = ANNConfStruct->norm_inp_min;
JvSpinEdit9->Value = ANNConfStruct->norm_inp_max;
JvSpinEdit10->Value = ANNConfStruct->norm_out_min;
JvSpinEdit11->Value = ANNConfStruct->norm_out_max;
JvSpinEdit12->Value = ANNConfStruct->ErrorThreshold;
JvSpinEdit13->Value = ANNConfStruct->LearningRate;
JvSpinEdit14->Value = ANNConfStruct->Alpha;

ComboBox1->ItemIndex = (ANNConfStruct->SigmoidOut)?1:0;
ComboBox2->ItemIndex = (ANNConfStruct->Shuffle)?1:0;

delete [] h_net;

h_net = new float[ANNConfStruct->no_of_h1_nodes];

UpdateListView();
UpdateRange();
}
}
}
//-----

void __fastcall TFMain::JvBitBtn5Click(TObject *Sender)
{
    int i;

    pNormDataList = new TList;

    for (i=0; i<pDataTrnList->Count; i++) {
        ANormDataStruct = new TANormData;

        ADataTrnStruct = (PADATATrn) pDataTrnList->Items[i];

        ANormDataStruct->InpData[0] = NormalizeData(ADataTrnStruct-
        >InpData[0], ANNConfStruct->max_year, ANNConfStruct->min_year,

```

```

ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min,
ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
  ANormDataStruct->InpData[1] = NormalizeData(ADataTrnStruct-
>InpData[1] - 1, 4, 0, ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct-
>norm_inp_min, ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct-
>norm_inp_min);
  ANormDataStruct->InpData[2] = NormalizeData(ADataTrnStruct-
>InpData[2], ANNConfStruct->max_duration, ANNConfStruct-
>min_duration, ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct-
>norm_inp_min, ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct-
>norm_inp_min);
  ANormDataStruct->InpData[3] = NormalizeData(ADataTrnStruct-
>InpData[3], ANNConfStruct->max_luas, ANNConfStruct->min_luas,
ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min,
ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
  ANormDataStruct->InpData[4] = NormalizeData(ADataTrnStruct-
>InpData[4], ANNConfStruct->max_tingkat, ANNConfStruct->min_tingkat,
ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min,
ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
  ANormDataStruct->InpData[5] = NormalizeData(ADataTrnStruct-
>InpData[5], ANNConfStruct->max_tinggi, ANNConfStruct->min_tinggi,
ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min,
ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
  ANormDataStruct->InpData[6] = NormalizeData(ADataTrnStruct-
>InpData[6] - 1, 3, 0, ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct-
>norm_inp_min, ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct-
>norm_inp_min);
  ANormDataStruct->InpData[7] = NormalizeData(ADataTrnStruct-
>InpData[7] - 1, 1, 0, ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct-
>norm_inp_min, ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct-
>norm_inp_min);
  ANormDataStruct->InpData[8] = NormalizeData(ADataTrnStruct-
>InpData[8] - 1, 1, 0, ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct-
>norm_inp_min, ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct-
>norm_inp_min);
  ANormDataStruct->InpData[9] = NormalizeData(ADataTrnStruct-
>InpData[9] - 1, 1, 0, ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct-
>norm_inp_min, ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct-
>norm_inp_min);
  ANormDataStruct->InpData[10] = NormalizeData(ADataTrnStruct-
>InpData[10] - 1, 2, 0, ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct-
>norm_inp_min, ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct-
>norm_inp_min);
  ANormDataStruct->InpData[11] = NormalizeData(ADataTrnStruct-
>InpData[11] - 1, 2, 0, ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct-
>norm_inp_min, ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct-
>norm_inp_min);

```

```

ANormDataStruct->InpData[12] = NormalizeData(ADataTrnStruct-
>InpData[12] - 1, 1, 0, ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct-
>norm_inp_min, ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct-
>norm_inp_min);
ANormDataStruct->InpData[13] = 1;
ANormDataStruct->OutData = NormalizeData(ADataTrnStruct-
>OutData, ANNConfStruct->max_out, ANNConfStruct->min_out,
ANNConfStruct->norm_out_max - ANNConfStruct->norm_out_min,
ANNConfStruct->norm_out_max, ANNConfStruct->norm_out_min);

pNormDataList->Add(ANormDataStruct);
}

FTraining->reset();
FTraining->JvValidateEdit7->Value = pDataTrnList->Count;
FTraining->ShowModal();

for (i=0; i<pNormDataList->Count; i++) {
ANormDataStruct = (PANormData) pNormDataList->Items[i];

delete ANormDataStruct;
}

pNormDataList->Clear();

delete pNormDataList;
}
//-----

void __fastcall TFMain::JvBitBtn6Click(TObject *Sender)
{
int i;

FTesting->Series1->Clear();
FTesting->Series2->Clear();

for (i=0; i<pDataTrnList->Count; i++) {
ADataTrnStruct = (PDataTrn) pDataTrnList->Items[i];

x_net[0] = NormalizeData(ADataTrnStruct->InpData[0], ANNConfStruct-
>max_year, ANNConfStruct->min_year, ANNConfStruct->norm_inp_max -
ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct->norm_inp_max,
ANNConfStruct->norm_inp_min);
x_net[1] = NormalizeData(ADataTrnStruct->InpData[1] - 1, 4, 0,
ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min,
ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
x_net[2] = NormalizeData(ADataTrnStruct->InpData[2], ANNConfStruct-
>max_duration, ANNConfStruct->min_duration, ANNConfStruct-

```

```

>norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct-
>norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
  x_net[3] = NormalizeData(ADataTrnStruct->InpData[3], ANNConfStruct-
>max_luas, ANNConfStruct->min_luas, ANNConfStruct->norm_inp_max -
ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct->norm_inp_max,
ANNConfStruct->norm_inp_min);
  x_net[4] = NormalizeData(ADataTrnStruct->InpData[4], ANNConfStruct-
>max_tingkat, ANNConfStruct->min_tingkat, ANNConfStruct-
>norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct-
>norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
  x_net[5] = NormalizeData(ADataTrnStruct->InpData[5], ANNConfStruct-
>max_tinggi, ANNConfStruct->min_tinggi, ANNConfStruct-
>norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct-
>norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
  x_net[6] = NormalizeData(ADataTrnStruct->InpData[6] - 1, 3, 0,
ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min,
ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
  x_net[7] = NormalizeData(ADataTrnStruct->InpData[7] - 1, 1, 0,
ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min,
ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
  x_net[8] = NormalizeData(ADataTrnStruct->InpData[8] - 1, 1, 0,
ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min,
ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
  x_net[9] = NormalizeData(ADataTrnStruct->InpData[9] - 1, 1, 0,
ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min,
ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
  x_net[10] = NormalizeData(ADataTrnStruct->InpData[10] - 1, 2, 0,
ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min,
ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
  x_net[11] = NormalizeData(ADataTrnStruct->InpData[11] - 1, 2, 0,
ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min,
ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
  x_net[12] = NormalizeData(ADataTrnStruct->InpData[12] - 1, 1, 0,
ANNConfStruct->norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min,
ANNConfStruct->norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
  x_net[13] = 1;

  feedforward(x_net, y_net, ANNConfStruct->SigmoidOut);

  FTesting->Series1->AddY(ADataTrnStruct->OutData, "", clBlue);
  FTesting->Series2->AddY(DenormalizeData(y_net[0], ANNConfStruct-
>max_out, ANNConfStruct->min_out, ANNConfStruct->norm_out_max -
ANNConfStruct->norm_out_min, ANNConfStruct->norm_out_max,
ANNConfStruct->norm_out_min), "", clRed);
}

FTesting->ShowModal();
}

```



```
//-----
void __fastcall TFMain::JvBitBtn7Click(TObject *Sender)
{
    x_net[0] = NormalizeData(JvSpinEdit1->Value, ANNConfStruct-
>max_year, ANNConfStruct->min_year, ANNConfStruct->norm_inp_max -
ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct->norm_inp_max,
ANNConfStruct->norm_inp_min);
    x_net[1] = NormalizeData(ComboBox1->ItemIndex, 4, 0, ANNConfStruct-
>norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct-
>norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
    x_net[2] = NormalizeData(JvSpinEdit2->Value, ANNConfStruct-
>max_duration, ANNConfStruct->min_duration, ANNConfStruct-
>norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct-
>norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
    x_net[3] = NormalizeData(JvSpinEdit3->Value, ANNConfStruct-
>max_luas, ANNConfStruct->min_luas, ANNConfStruct->norm_inp_max -
ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct->norm_inp_max,
ANNConfStruct->norm_inp_min);
    x_net[4] = NormalizeData(JvSpinEdit4->Value, ANNConfStruct-
>max_tingkat, ANNConfStruct->min_tingkat, ANNConfStruct-
>norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct-
>norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
    x_net[5] = NormalizeData(JvSpinEdit5->Value, ANNConfStruct-
>max_tinggi, ANNConfStruct->min_tinggi, ANNConfStruct-
>norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct-
>norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
    x_net[6] = NormalizeData(ComboBox2->ItemIndex, 3, 0, ANNConfStruct-
>norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct-
>norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
    x_net[7] = NormalizeData(ComboBox3->ItemIndex, 1, 0, ANNConfStruct-
>norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct-
>norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
    x_net[8] = NormalizeData(ComboBox4->ItemIndex, 1, 0, ANNConfStruct-
>norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct-
>norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
    x_net[9] = NormalizeData(ComboBox5->ItemIndex, 1, 0, ANNConfStruct-
>norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct-
>norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
    x_net[10] = NormalizeData(ComboBox6->ItemIndex, 2, 0, ANNConfStruct-
>norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct-
>norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
    x_net[11] = NormalizeData(ComboBox7->ItemIndex, 2, 0, ANNConfStruct-
>norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct-
>norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
    x_net[12] = NormalizeData(ComboBox8->ItemIndex, 1, 0, ANNConfStruct-
>norm_inp_max - ANNConfStruct->norm_inp_min, ANNConfStruct-
>norm_inp_max, ANNConfStruct->norm_inp_min);
}
```

```

x_net[13] = 1;

JvValidateEdit3->Value = x_net[0];
JvValidateEdit4->Value = x_net[1];
JvValidateEdit5->Value = x_net[2];
JvValidateEdit6->Value = x_net[3];
JvValidateEdit7->Value = x_net[4];
JvValidateEdit8->Value = x_net[5];
JvValidateEdit9->Value = x_net[6];
JvValidateEdit10->Value = x_net[7];
JvValidateEdit11->Value = x_net[8];
JvValidateEdit12->Value = x_net[9];
JvValidateEdit13->Value = x_net[10];
JvValidateEdit14->Value = x_net[11];
JvValidateEdit15->Value = x_net[12];

feedforward(x_net, y_net, ANNConfStruct->SigmoidOut);

JvValidateEdit1->Value = DenormalizeData(y_net[0], ANNConfStruct-
>max_out, ANNConfStruct->min_out, ANNConfStruct->norm_out_max -
ANNConfStruct->norm_out_min, ANNConfStruct->norm_out_max,
ANNConfStruct->norm_out_min);

JvValidateEdit16->Value = y_net[0];
}
//-----
void __fastcall TFMain::JvSpinEdit8Change(TObject *Sender)
{
ANNConfStruct->norm_inp_min = JvSpinEdit8->Value;
}
//-----
void __fastcall TFMain::JvSpinEdit9Change(TObject *Sender)
{
ANNConfStruct->norm_inp_max = JvSpinEdit9->Value;
}
//-----
void __fastcall TFMain::JvSpinEdit10Change(TObject *Sender)
{
ANNConfStruct->norm_out_min = JvSpinEdit10->Value;
}
//-----
void __fastcall TFMain::JvSpinEdit11Change(TObject *Sender)
{
ANNConfStruct->norm_out_max = JvSpinEdit11->Value;
}
//-----
void __fastcall TFMain::JvSpinEdit6Change(TObject *Sender)
{

```

```

ANNConfStruct->WeightsMin = JvSpinEdit6->Value;
}
//-----
void __fastcall TFMain::JvSpinEdit7Change(TObject *Sender)
{
ANNConfStruct->WeightsMax = JvSpinEdit7->Value;
}
//-----
void __fastcall TFMain::JvComboBox1Change(TObject *Sender)
{
ANNConfStruct->SigmoidOut = (JvComboBox1->ItemIndex ==
1)?true:false;
}
//-----
void __fastcall TFMain::JvComboBox2Change(TObject *Sender)
{
ANNConfStruct->Shuffle = (JvComboBox2->ItemIndex == 1)?true:false;
}
//-----
void __fastcall TFMain::JvSpinEdit12Change(TObject *Sender)
{
ANNConfStruct->ErrorThreshold = JvSpinEdit12->Value;
}
//-----
void __fastcall TFMain::JvSpinEdit13Change(TObject *Sender)
{
ANNConfStruct->LearningRate = JvSpinEdit13->Value;
}
//-----
void __fastcall TFMain::JvSpinEdit14Change(TObject *Sender)
{
ANNConfStruct->Alpha = JvSpinEdit14->Value;
}
//-----
void __fastcall TFMain::ListView1DbClick(TObject *Sender)
{
int i;

TListItem *pNode;
if (ListView1->Selected)
if (ListView1->Selected->Index == 0 || ListView1->Selected->Index == 1) {
FWeights->ListView1->Clear();
FWeights->ListView2->Clear();

if (ListView1->Selected->Index == 0) {
MidLayer = false;

for (i=0; i<13; i++) {

```

```

    pNode = FWeights->ListView1->Items->Add();

    if (i != 12)
        pNode->Caption = "Neuraon " + IntToStr(i);
    else
        pNode->Caption = "Threshold";
    }
}
else {
    MidLayer = true;

    for (i=0; i<ANNConfStruct->no_of_h1_nodes; i++) {
        pNode = FWeights->ListView1->Items->Add();

        pNode->Caption = "Neuron " + IntToStr(i);
    }
}

FWeights->ShowModal();
}
}
//-----
Application->CreateForm(__classid(TFTesting), &FTesting);
Application->CreateForm(__classid(TFWeights), &FWeights);
Application->Run();
}
catch (Exception &exception)
{
    Application->ShowException(&exception);
}
catch (...)
{
    try
    {
        throw Exception("");
    }
    catch (Exception &exception)
    {
        Application->ShowException(&exception);
    }
}
}
return 0;
}
//-----
#include <vcl.h>
#pragma hdrstop

#include "FrmInitialize.h"

```



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
KEKHUSUSAN MANAJEMEN KONSTRUKSI  
DEPOK**

**PERNYATAAN PERBAIKAN TESIS**

Dengan ini dinyatakan bahwa pada :

Hari : Senin, 3 Januari 2010  
Jam : 08.25 WIB – selesai  
Tempat : Ruang Seminar Lt.2 Gedung EC FTUI - Depok

Telah berlangsung Ujian Tesis Semester Ganjil 2010 Program Studi Teknik Sipil Reguler, Program Pendidikan Magister Bidang Ilmu Teknik Manajemen Konstruksi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia dengan peserta :

Nama : Julian Bagus Hariawan  
Npm : 0806423684  
Judul Tesis : Pemodelan Estimasi Konseptual Pada Proyek Kontruksi Bangunan Pabrik Dengan Teknik Jaringan Saraf Tiruan

Dan dinyatakan harus menyelesaikan perbaikan tesis yang diminta oleh Dosen Penguji, yaitu :

Dosen Penguji I : Dr. Ir. Ismeth.S. Abidin

No.	Pertanyaan/Saran	Keterangan/Penjelasan
1	Mengapa judul ini penting?	<p>Penting, Dimana menurut AACE pada tahapan konseptual ini dibuat dengan keterbatasan informasi pada lingkup proyek dan belum masuk kedalam tahap desain dan engineering. Adapun menurut AACE tahap konseptual dimulai dari kelas 5 sampai kelas 3 adapun akurasi dalam estimasi konseptual diharapkan berada dalam rentang -20% sampai +30% dari biaya proyek sebenarnya. Maka dari itu sangatlah diperlukan dilakukan pengembangan-pengembangan metode estimasi biaya pada tahap konseptual. Tujuannya adalah tidak lain agar tidak terjadi perbedaan yang terlalu besar antara estimasi biaya konseptual dengan biaya proyek nantinya atau dengan kata lain dapat meningkatkan tingkat akurasi dari estimasi tahap konseptual.</p> <p>penjelasan sudah ditambahkan dilatar-belakang masalah dihal 1 dan hal 4</p>
2	Apakah ada cara lain untuk menyelesaikan masalah penelitian dan mengapa ANN dipilih sebagai metode pemodelan?	<p>Graza dan Rouhana (1995) menyatakan pemodelan biaya dengan menggunakan teknik ANN menghasilkan akurasi lebih baik dimana rata-rata kesalahannya lebih kecil dari <i>multiple regresion</i>. Selain itu juga menurut Gwang e.al (2004) menguji berbagai metode dalam pemodelan estimasi biaya tahap</p>

		awal konstruksi bangunan gedung dan menyimpulkan metode ANN dapat menghasilkan akurasi prediksi terbaik dibandingkan dengan <i>multiple regression analysis</i> dan <i>case based reasoning</i> . penjelasan lebih mendalam ada dihalaman 64
3	Jelaskan perolehan data apa saja, mengapa dan bagaimana validasi reliabilitas pemodelan?	Beberapa penelitian sebelumnya seperti Kouskoulas dan Koehn (1974), Hegazy dan Ayed (1998), memasukkan parameter tahun pembangunan untuk mewakili kondisi umum yang ada pada saat tahun tersebut. Parameter dan penelitian sebelumnya terlihat dihalaman 105.
4	Bagaimana mengukur ketidakpastian dalam model?	Menurut Hegazy, T. dan Ayed, A. (1998) , dan Sodikov (2005) pendekatan yang biasa dilakukan dalam mengevaluasi akurasi estimasi tersebut adalah dengan menghitung MSE ( <i>the Mean Square Error</i> ) dan MMRE ( <i>the Mean Magnitude of Relative Error</i> ). Untuk penjelasan yang lebih detail terdapat dihalaman 95.
5	Jelaskan defice of error model dan bagaimana errornya?	Iterasi akan berhenti apabila kinerja jaringan telah mencapai target yang diinginkan yang ditetapkan sebesar $MSE = 10^{-3}$ penjelasan lebih mendalam dan bagaimana menentukan tingkat error ada dihalaman 120.
6	Bagaimana cara untuk meningkatkan akurasi model?	sudah dibahas sewaktu sidang, kinerja Tujuan ( <i>Goal</i> ) atau target nilai fungsi kinerja jaringan. Iterasi akan berhenti apabila

		kinerja jaringan telah mencapai target yang diinginkan yang ditetapkan sebesar $MSE=10^3$ penjelasan ada dihalaman 83, 118 sampai halaman 121,
7	Biaya antar tahun perlu diperhatikan	Kouskoulas dan Koehn (1974), Hegazy dan Ayed (1998) dan beberapa penelitian sebelumnya hanya memasukkan tahun pembangunan dikarenakan tahun pembangunan sudah cukup mewakili kondisi umum yang terjadi pada tahun tersebut. terlihat pada table 3.2 dihalaman 105
8	Jelaskan proses validasi model dan mengapa dengan cara ini?	sudah dibahas sewaktu sidang, Menurut Hegazy, T. dan Ayed, A. (1998) , dan Sodikov (2005) pendekatan yang biasa dilakukan dalam mengevaluasi validasi model estimasi tersebut adalah dengan menghitung MSE ( <i>the Mean Square Error</i> ) dan MMRE ( <i>the Mean Magnitude of Relative Error</i> ). Untuk penjelasan yang lebih detail terdapat dihalaman 95.

Dosen Penguji II : M.Ali Berawi, M.Eng.Sc, Ph.D.

No.	Pertanyaan/Saran	Keterangan/Penjelasan
1	Pada Tabel AACE tahap konseptual masuk didalam kelas apa?	Menurut AACE pada tahapan konseptual ini dibuat dengan keterbatasan informasi pada lingkup proyek dan belum masuk kedalam tahap desain dan engineering. Adapun menurut AACE tahap konseptual dimulai dari kelas 5 sampai kelas 3 adapun akurasi dalam estimasi konseptual diharapkan berada



		dalam rentang -20% sampai +30% dari biaya proyek sebenarnya yang masuk dalam kelas 4. penjelasan dapat dilihat pada Tabel 2.1 Matriks klasifikasi estimasi AACE dihalaman 18-20.
--	--	--

Dosen Pembimbing I : Prof.Dr.Ir.Yusuf Latief,MT

No.	Pertanyaan/Saran	Keterangan/Penjelasan
1	Validasi model bagaimana?	Pendekatan yang biasa dilakukan dalam memvalidasi kinerja model dengan menghitung MSE ( <i>the Mean Square Error</i> ) dan MMRE ( <i>the Mean Magnitude of Relative Error</i> ). (Hegazy, T. dan Ayed, A. (1998) dan Sodikov (2005). Dimana rumus untuk MSE dan MMRE terdapat pada halaman 95.

Dosen Pembimbing II : Ir. Wisnu Isvara, MT.

No.	Pertanyaan/Saran	Keterangan/Penjelasan
1	Deskripsi biaya estimasi konseptual apa? Penjelasan?	sudah dibahas disidang dan perbaikan sudah dilakukan baik teori maupun penjelasan sudah ditambahkan pada halaman 19-20.
2	Highlight pada table apa? konseptual masuk didalam kelas apa?	Menurut AACE pada tahapan konseptual ini dibuat dengan keterbatasan informasi pada lingkup proyek dan belum masuk kedalam tahap desain dan engineering. Adapun menurut AACE tahap konseptual dimulai dari kelas 5 sampai kelas 3 adapun akurasi dalam estimasi konseptual diharapkan berada dalam rentang -20% sampai

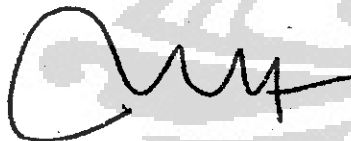
		+30% dari biaya proyek sebenarnya yang masuk dalam kelas 4. penjelasan dapat dilihat pada Tabel 2.1 Matriks klasifikasi estimasi AACE dihalaman 17-20.
3	Penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan harap dimasukkan?	Perbaikan sudah dilakukan, penulis sudah memasukkan penelitian sebelumnya, terlihat pada halaman 11.
4	Proses validasi agak kurang, algoritma apa yang tepat dipakai? Kenapa memakai algoritma backpropagation?	Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya pemakaian algoritma pembelajaran Backpropagation sangatlah familiar dan sering digunakan, hal itu dikarenakan backpropagation mampu memecahkan masalah yang sukar dijelaskan, hubungan antara variabel-variabel yang sulit untuk dijelaskan dengan formula matematika (Sodikov, 2005). Kelebihan lain algoritma backpropagation adalah mampu melatih dalam bentuk multiple layer network dalam pelatihan data sampel tanpa harus membuat jaringan network menjadi rusak atau tidak stabil dan baik dalam menggeneralisasikan parameter-parameter data input (Wilmot & Bing Mei, 2005). Hal 85-86
5	Jelaskan metode analisa dan pemodelan hal 101.	Adapun langkah-langkah dalam pemodelan AAN sudah digambarkan pada gambar 3.1 dan penjelasan tahapan pemodelan ada dihalaman 116-121.
6	Apa yang berbeda dengan regresi dan kenapa dibandingkan dengan regresi ?	Pada umumnya metode ANN dipakai untuk menyelesaikan

hal ini metode statistic umumnya tidak dapat menyelesaikannya dengan baik. Sedangkan ANN dalam mendistribusikan data tidak terpengaruh karena ANN tidak membuat asumsi apapun tentang distribusi data (Turban, Aronson & Liang, 2005). Adapun metode perbandingan dalam analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis statistik dengan menggunakan program statistik SPSS (*Statistical Program for Social Science*) 17. teori dan penjelasan sudah ditambahkan. Penjelasan terlihat dihalaman 84-85.

Tesis ini sudah diperbaiki dan telah disetujui sesuai dengan keputusan sidang Ujian Tesis tanggal 3 Januari 2011 dan telah mendapat persetujuan dari dosen pembimbing.

Jakarta, 3 Januari 2011  
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



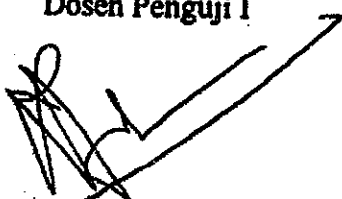
(Prof. Dr. Ir. Yusuf Latief, MT)

Dosen Pembimbing II



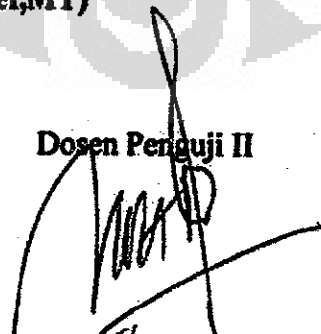
(Ir. Wisnu Isvara, MT.)

Dosen Penguji I




(Dr. Ir. Ismeth.S. Abidin)

Dosen Penguji II



(M. Ali Berawi, M. Eng. Sc, Ph.D)

Dosen Penguji III



(Prof. Dr. Ir. Krisna Mochtar, M.Sc)

Universitas Indonesia