



**ESTIMASI POSISI AKHIR DEPOSISI PARTIKEL  
DENGAN ALGORITMA JARINGAN SYARAF TIRUAN**

**TESIS**

oleh

**Indriastutie Setia Hariwardanie  
NIM 091820101013**

**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2012**



**ESTIMASI POSISI AKHIR DEPOSISI PARTIKEL  
DENGAN ALGORITMA JARINGAN SYARAF TIRUAN**

**TESIS**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Magister Matematika (S2)  
dan mencapai gelar Magister Sains

oleh

**Indriastutie Setia Hariwardanie  
NIM 091820101013**

**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2012**

## **PERSEMBAHAN**

Tesis ini saya persembahkan untuk keluarga besar tercinta:

Ibunda Endang Dwi Hariningsih dan Ayahanda Bambang Sunaryo;

Suami tercinta Moh. Toriqul Huda;

Kedua Profesor kecil Abdan Fawwazut Thariq dan Ahza Niyazut Thariq;

Yang ikhlas dan tulus senantiasa memberikan doa, dukungan dan semangat demi terselesainya tesis ini.

## **MOTTO**

*“Man jadda wa jada”*

Barang siapa yang bersungguh-sungguh, maka dia akan mendapatkan  
Apa yang diinginkan

## **PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Indriastutie Setia Hariwardanie

NIM : 091820101013

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Estimasi Posisi Akhir Deposisi Partikel dengan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 22 Febuari 2012

Yang menyatakan,

Indriastutie Setia Hariwardanie  
NIM 091820101013

# **TESIS**

## **ESTIMASI POSISI AKHIR DEPOSISI PARTIKEL DENGAN ALGORITMA JARINGAN SYARAF TIRUAN**

Oleh

Indriastutie Setia Hariwardanie  
NIM 091820101013

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Moh. Hasan, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Rusli Hidayat, M.Sc..

## PENGESAHAN

Tesis berjudul "Estimasi Posisi Akhir Deposisi Partikel dengan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan" telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember

### Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Moh. Hasan, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19640404 198802 1 001

Drs. Rusli Hidayat, M.Sc.  
NIP 19661012 199303 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Drs. Slamin, M.Comp.Sc., Ph.D  
NIP 19670420199201 1 001

Agustina Pradjaningsih, S.Si, M.Si  
NIP 19710802200003 2 009

Mengesahkan

Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19610108 198602 1 001

## RINGKASAN

**Estimasi Posisi Akhir Deposisi Partikel dengan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan;** Indriastutie Setia Hariwardanie, 091820101013; 2012: 57 halaman; Program Studi Magister Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Di kehidupan nyata banyak sekali kegiatan yang menggunakan benda berwujud bahan butiran. Bahan-bahan butiran ini biasa disebut sebagai partikel. Penuangan gula pasir, penumpukan pasir atau batu, pengayakan pasir, dan penyimpanan bulir padi merupakan contoh dinamika partikel. Dinamika partikel melibatkan beberapa gaya, antara lain gaya gesek, gaya normal, dan gaya gravitasi. Hasan (2003) telah menerapkan model *stick and slip contact* untuk mensimulasikan salah satu dinamika partikel, yaitu deposisi partikel. Misalkan terdapat 200 partikel di jatuhkan pada ketinggian tertentu pastilah struktur yang terbentuk akan membentuk gundukan menyerupai segitiga. Mengapa kejadian tersebut dapat di ketahui karena setiap kali mata kita melihat sebuah partikel yang dijatuhkan pada ketinggian tertentu pasti stuktur akhirnya membentuk segitiga dan informasi tersebut disimpan dalam otak. Berbagai disiplin ilmu mengembangkan suatu metode komputasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologi yakni mampu memroses informasi seperti otak manusia, salah satu metode komputasi yang memiliki karakteristik seperti syaraf biologi manusia adalah jaringan syaraf tiruan. Tujuan penelitian ini adalah ingin mengetahui posisi akhir partikel ketika dalam keadaan stabil pada proses pelongsoran partikel.

Penelitian dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu menentukan kriteria tumbukan antar partikel, selanjutnya memprediksi posisi akhir partikel berikutnya ketika dalam keadaan stabil, kemudian menghitung tingkat kesalahan dalam memprediksi posisi akhir partikel. Untuk memprediksi posisi akhir partikel, jaringan syaraf tiruan memerlukan beberapa input data yang digunakan sebagai



laju pembelajaran (*learning rate*). Input data diperoleh dari hasil perhitungan simulasi awal dengan bantuan program FORTRAN. Setelah jaringan syaraf tiruan mempelajari karakteristik data yang ada kemudian memprediksi posisi akhir  $n$  partikel dengan bantuan program MATLAB. Dari hasil yang diperoleh tingkat kesalahan terkecil terjadi pada saat *learning rate* 7 input data dengan menggunakan 2 *hidden layer*. Sedangkan tiap-tiap *layer* terdiri dari 10 neuron sampai 25 neuron, dengan proses normalisasi membagi seluruh input data yang ada dengan data terbesar. Tingkat kesalahan terkecil diperoleh ketika memasukkan data dari perhitungan simulasi awal bukan pada saat posisi partikel sudah dalam keadaan stabil. Tingkat kesalahan cenderung naik ketika memasukkan data dari simulasi akhir perhitungan, yakni ketika turunan pertama dan kedua sama dengan nol, hal ini terjadi karena informasi data yang ada tidak menggambarkan sebuah pola.

Untuk menghasilkan 2 output maka diperlukan 2 *hidden layer*, sedangkan untuk mempercepat proses iterasi dapat dibatasi dengan menentukan jumlah interval *neuron* yang digunakan dalam setiap *layer*. Apabila output yang diperoleh sama dengan target yang diinginkan dapat ditunjukkan dengan koefisien korelasi yang mendekati 1 artinya data antara output dengan target telah sesuai.

## **PRAKATA**

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Estimasi Posisi Akhir Deposisi Partikel dengan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan”. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Magister Matematika (S2) dan mencapai gelar Magister Sains.

Penyusunan Tesis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Drs. Moh. Hasan, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Drs. Rusli Hidayat, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan tesis ini;
2. Drs. Slamun, M.Comp.Sc., Ph.D., selaku Dosen Penguji I dan Agustina Pradjaningsih, S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan tesis ini;
3. Kepala Sekolah SMP Al-Furqan Jember, seluruh dewan guru, dan karyawan SMP Al-Furqan yang telah banyak memberi kemudahan dalam menyelesaikan studi;
4. keluarga besar di Malang dan Lumajang yang telah memberikan dukungan moril;
5. semua teman-teman Pasca Sarjana Matematika angkatan 2009 yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, dan doa;
6. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tesis ini. Akhirnya penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Jember, Februari 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>HALAMAN RINGKASAN</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Perumusan Masalah</b> .....	5
<b>1.3 Tujuan</b> .....	6
<b>1.4 Manfaat</b> .....	6
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
<b>2.1 Konsep Dasar Jaringan Syaraf Tiruan</b> .....	7
2.1.1 Struktur dasar jaringan biologi .....	7
2.1.2 Perbandingan antara Jaringan Syaraf Tiruan dengan Komputasi Konvensional .....	9
2.1.3 Fungsi Aktivasi .....	9
<b>2.2 Jenis Jaringan Syaraf Tiruan</b> .....	12
<b>2.3 Lapisan pada Jaringan Syaraf Tiruan</b> .....	14

<b>2.4 Metode pelatihan pada Jaringan Syaraf Tiruan .</b>	15
2.4.1 Metode pelatihan terbimbing	15
2.4.2 Metode pelatihan tak terbimbing/mandiri	18
<b>2.5 Dinamika Partikel</b>	19
2.5.1 Gaya Normal	21
2.5.2 Gaya Gesek	22
<b>2.6 Penyelesaian secara Numerik</b>	23
<b>2.7 Algoritma Pelatihan pada jaringan syaraf tiruan</b>	29
<b>2.8 Galat Numerik</b>	30
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b>	31
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	35
<b>4.1 Hasil</b>	35
4.1.1 Penentuan Kriteria Tumbukan antar Partikel	35
4.1.2 Modifikasi Program	37
4.1.3 Simulasi dan Analisis Hasil	48
<b>4.2 Pembahasan</b>	50
4.2.1 Dinamika dan Struktur Akhir Gundukan Partikel Berukuran Heterogen	50
4.2.2 Hasil estimasi posisi akhir longsoran partikel dengan algoritma jaringan syaraf tiruan	52
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	56
<b>5.1 Kesimpulan</b>	56
<b>5.2 Saran</b>	56
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	57
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1.1 Contoh dinamika partikel .....	1
1.2 Proses pelongsoran partikel .....	4
2.1 Struktur dasar jaringan saraf tiruan dan struktur sederhana sebuah <i>neuron</i> .....	8
2.2 Fungsi aktivasi pada jaringan syaraf sederhana .....	10
2.3 Jaringan syaraf tiruan <i>feedforward</i> .....	13
2.4 Jaringan syaraf tiruan <i>recurrent</i> .....	14
2.5 <i>Single layer perceptron</i> .....	15
2.6 Ilustrasi pelongsoran partikel .....	19
2.7 (a) Proses penimbunan partikel ukuran heterogen pada permukaan alas datar .....	20
(b) Proses penimbunan partikel ukuran homogen pada permukaan alas datar .....	20
3.1 Skema kerangka pemikiran .....	33
4.1 Kriteria tumbukan partikel berbentuk lingkaran dengan ukuran heterogen..	35
4.2 Ilustrasi kemungkinan tumbukan antar partikel .....	36
4.3 Skema langkah program .....	38
4.4 Tampilan algoritma jaringan syaraf tiruan pada MATLAB .....	46
4.5 Hasil pembelajaran antara target dan output jaringan.....	47
4.6 Input data yang telah dinormalisasi .....	47
4.7 Struktur gundukan partikel berbentuk lingkaran dan berukuran heterogen..	51
4.8 (a) Prediksi posisi akhir partikel dengan algoritma jaringan syaraf tiruan (b) Posisi akhir partikel dengan Metode Predictor-Corrector .....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Data simulasi awal perhitungan posisi akhir partikel .....	58
B. Program simulasi dinamika partikel berbentuk lingkaran berukuran heterogen .....	85
C. Program estimasi posisi akhir deposisi partikel dengan algoritma Jaringan syaraf tiruan .....	110
D. Output program jaringan syaraf tiruan .....	128