

**ANALISIS KEAKURATAN PREDIKSI MAGNITUDO DAN
KEDALAMAN GEMPA BUMI DI WILAYAH JAWA DAN
SEKITARNYA MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL
NEURAL NETWORK (ANN) DAN ADAPTIVE NEURO FUZZY
INFERENCE SYSTEM (ANFIS)**

TESIS



**Oleh:
THOMAS HARDY
1211601529**

**PROGRAM STUDI: MAGISTER ILMU KOMPUTER (MKOM)
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS BUDI LUHUR**

**JAKARTA
2015**

**ANALISIS KEAKURATAN PREDIKSI MAGNITUDO DAN
KEDALAMAN GEMPA BUMI DI WILAYAH JAWA DAN
SEKITARNYA MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL
NEURAL NETWORK (ANN) DAN ADAPTIVE NEURO FUZZY
INFERENCE SYSTEM (ANFIS)**

TESIS

**Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar
Magister Ilmu Komputer**



**Oleh:
THOMAS HARDY
1211601529**

**PROGRAM STUDI: MAGISTER ILMU KOMPUTER (MKOM)
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS BUDI LUHUR**

**JAKARTA
2015**



**PROGRAM STUDI : MAGISTER ILMU KOMPUTER (MKOM)
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS BUDI LUHUR**

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Thomas Hardy
Nomor Induk Mahasiswa : 211601529
Konsentrasi : Rekayasa Komputasi Terapan
Program Studi : Magister Ilmu Komputer

Menyatakan bahwa tesis yang berjudul:

Analisis Keakuratan Prediksi Magnitudo dan Kedalaman Gempa Bumi di Wilayah Jawa dan Sekitarnya Menggunakan Metode *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS).

1. Merupakan hasil karya tulis ilmiah sendiri dan bukan merupakan hasil karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik oleh pihak lain
2. Saya ijin untuk dikelola oleh Universitas Budi Luhur sesuai dengan norma hukum dan etika yang berlaku

Pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab dan saya bersedia menerima konsekuensi apapun sesuai aturan apabila di kemudian hari pernyataan ini tidak benar

Jakarta, Agustus 2015


(Thomas Hardy)



**PROGRAM STUDI : MAGISTER ILMU KOMPUTER (MKOM)
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS BUDI LUHUR**

LEMBAR PENGESAHAN

Nama Mahasiswa : Thomas Hardy
Nomor Induk Mahasiswa : 211601529
Konsentrasi : Rekayasa Komputasi Terapan
Jenjang Studi : Strata 2
Judul Tesis : **Analisis Keakuratan Prediksi Magnitudo dan Kedalaman Gempa Bumi Di Wilayah Jawa dan Sekitarnya Menggunakan Metode Artificial Neural Network (ANN) dan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS).**

Jakarta, 12 Agustus 2015

Tim Penguji :

Tanda tangan :

Ketua,

Prof. Dr. Moedjiono, M.Sc

Anggota,

Utomo Budiyanto, M.Kom, M.Sc

Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Nazori Az, M.T

Ketua Program Studi

(Dr. Ir. Nazori Az, M.T)

ABSTRAK

Wilayah Jawa dan sekitarnya merupakan daerah yang rawan dengan kejadian gempa bumi. Sejarah tingkat kegempaan di wilayah Jawa dan sekitarnya menyatakan bahwa dari tahun 1964 sampai sekarang telah terjadi sekitar 831 kejadian gempa bumi sedang hingga besar, dengan magnitudo di atas 5 skala Richter, yang telah menimbulkan korban jiwa lebih dari 6000 orang dan puluhan ribu rumah rusak. Namun sayangnya kejadian gempa bumi sampai saat ini belum bisa diprediksi tempat maupun waktu kejadiannya secara tepat. Belum ada suatu metode pun baik secara, fisis maupun numerik yang bisa memprediksi secara tepat kapan, dimana, dan seberapa besar gempa bumi akan terjadi. Pendekatan yang memungkinkan dilakukan untuk menangani fenomena *chaos* ini adalah pendekatan menggunakan *soft computing* dengan model pendekatan untuk melakukan komputasi dengan meniru akal manusia dan memiliki kemampuan untuk menalar dan belajar pada lingkungan yang penuh dengan ketidakpastian dan ketidaktepatan seperti kejadian gempa bumi. Penulis berusaha untuk memberikan alternatif metode prediksi gempa bumi di wilayah Jawa menggunakan metode *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Adaptive Neuro Fuzzy Infererence System* (ANFIS). Parameter yang akan diprediksi adalah magnitudo dan kedalaman gempa bumi, dengan data *training* adalah kejadian data kejadian gempa bumi dari tahun 2000-2013 dengan panjang data 14 tahun, dan untuk validasi model prediksi menggunakan data gempa bumi tahun 2014. Rentang data gempa bumi merupakan suatu data dengan deret waktu yang non-linier (acak), untuk melakukan prediksi gempa bumi, data historis tersebut harus dikelompokkan kedalam selang waktu terlebih dahulu, sehingga program ANN dan ANFIS dapat mempelajari prediksi melalui selang waktu (*time series*) tersebut, untuk menjadikan data kejadian gempa bumi sebagai data yang bersifat *time series* maka data kejadian gempa bumi disusun dalam rata-rata 10 harian atau dasarian kejadian gempa bumi dari tahun 2000-2014. Model prediksi kedalaman dan magnitudo gempa bumi telah berhasil dibangun menggunakan pembelajaran data historis kejadian gempa bumi dengan metode ANN dan ANFIS. Nilai akurasi rata-rata untuk prediksi kedalaman gempa bumi dengan metode ANN sebesar 55,48%, lebih baik dibandingkan dengan metode ANFIS dengan nilai akurasi rata-ratanya 47,81%. Berdasarkan hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa baik metode ANN dan ANFIS tidak bagus akurasinya dalam prediksi kedalaman gempa bumi tahun 2014 untuk wilayah Jawa dan sekitarnya. Nilai akurasi rata-rata untuk prediksi magnitudo gempa bumi dengan metode ANN sebesar 91,13%, sedangkan dengan metode ANFIS nilai akurasi rata-ratanya 95,11%. Berdasarkan hal ini maka prediksi magnitudo gempa bumi tahun 2014 untuk wilayah Jawa dan sekitarnya dengan metode ANFIS memiliki nilai akurasi yang lebih baik daripada dengan metode ANN.

Kata kunci : gempa bumi, magnitudo, kedalaman, ANN, ANFIS

ABSTRACT

Java and the surrounding region is an area that is prone to earthquake events. Seismicity rate in Java and surrounding states that from 1964 until now there had been about 831 events medium to large earthquakes, with magnitude above 5 on the Richter scale, which have caused fatalities more than 6000 people and tens thousands more of homes damaged. Unfortunately, the incidence of earthquakes until now could not predict where and when it happened exactly. No one else either method, the physical and numerical could predict exactly when, where, and how large earthquakes will occur. The approach allows done to deal with the phenomenon of chaos is the use of soft computing approach with a model approach to computing by imitating the human mind and the ability to reason and learn in an environment filled with uncertainty and imprecision as earthquake events. The author seeks to provide an alternative method of earthquake prediction in Java using Artificial Neural Network (ANN) and Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). Parameters to be predicted is the magnitude and depth of the earthquake, the training data is occurrence of earthquake occurrence data from the year 2000-2013 with a data length of 14 years, and for the validation of predictive models using the data earthquake in 2014. The range of earthquake data is non-linear (random) time series, to predict earthquakes, the historical data should be grouped into interval, so that the program can learn the ANN and ANFIS prediction through time interval (time series), to make earthquake occurrence data become time series of, it compiled in the 10-daily average of the 2000-2014 earthquake occurrence. Model predictions of depth and magnitude earthquake has successfully built using earthquake occurrence learning historical data with ANN and ANFIS method. Average accuracy value for the prediction of earthquake depth with ANN method is 55.48%, better than the ANFIS method with an average accuracy of 47.81%. Based on this it can be concluded that both methods of ANN and ANFIS not good accuracy in the prediction of the depth of the earthquake in 2014 in Java and its surroundings. Average accuracy value for the prediction of earthquakes magnitude with ANN method is 91.13%, while the ANFIS method accuracy values is 95.11%. Based on this, the predicted magnitude of the earthquake in 2014 in Java and surrounding areas with ANFIS method has an accuracy of better value than the ANN method.

Keywords : earthquake, magnitude, depth, ANN, ANFIS

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Naskah Tesis dengan judul “Analisis Keakuratan Prediksi Magnitudo dan Kedalaman Gempa Bumi di Wilayah Jawa dan Sekitarnya Menggunakan Metode *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS)”. Naskah Tesis ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi di Program Studi Magister Ilmu Komputer Universitas Budi Luhur di Jakarta. Seiring tahap penyelesaian tesis ini, banyak pihak yang telah berperan serta mendukung penulis untuk menyelesaikan tesis ini. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Dr. Ir. Nazori Az, M.T, selaku dosen pembimbing tesis yang telah membimbing dan memotivasi penulis dalam mengerjakan tesis dengan penuh kesabaran.
2. Bapak Prof. Dr. Edwin Aldrian, selaku Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG yang telah memberikan motivasi dan dukungan dana kuliah hingga memberikan semangat pada penulis.
3. Ir. Fachrizal, M.Sc, selaku Kepala Bidang Litbang BMKG, yang telah memberikan izin penulis untuk mengerjakan tesis di sela-sela pekerjaan.
4. Anastasia Sinah, Ibunda tercinta, Yang tak henti-hentinya memberikan dukungan do'a dan kasih sayang pada penulis hingga penulis termotivasi untuk melanjutkan pendidikan.
5. M. Markus, Ayah tercinta, yang telah bekerja keras untuk menyekolahkan anak-anaknya dengan penuh tanggungjawab dan ikhlas, hingga anak-anaknya terpacu menempuh pendidikan setinggi-tingginya.
6. Elfridauli Purba, istri tercinta, yang terus mendukung, menopang dan memberi kebahagiaan bagi penulis.
7. Petra Immanuel Anfrito Hardy, dan Felicia Nathania Lovrito Hardy, anak-anak tersayang yang selalu memberikan kekuatan, dan kebahagiaan bagi penulis.

8. Inang, yang selalu memberikan dukungan selama penulis bekerja dan kuliah, serta dengan sabar mengasuh anak-anak.
9. Mbak Ika, Mas Lucky, Kak Susi, Titah, Anna, Rohmad dan semua saudara yang telah memberikan dukungan bagi penulis.
10. Hastuadi Harsa, rekan penulis di Puslitbang BMKG, yang telah banyak membantu dalam pengerjaan tesis.
11. Teman – teman mahasiswa Magister Ilmu Komputer Universitas Budi Luhur kelas XB pada Semester 1 dan 2, kelas TI 7.2.1 pada Semester 3 terima kasih atas kekompakan dan kebersamaannya.
12. Rekan-rekan peneliti di Puslitbang BMKG, atas semua dukungannya
13. Bapak dan Ibu Dosen di Program Studi Magister Ilmu Komputer Universitas Budi Luhur yang dengan penuh tanggungjawab dan sabar memberikan ilmu pengetahuan, pencerahan, dan bimbingan selama masa perkuliahan.

Tak ada gading yang tak retak. Penulis menyadari bahwa naskah tesis ini masih banyak yang belum sempurna, Oleh karenanya saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan untuk kepentingan penelitian.

Jakarta, Agustus 2015

Thomas Hardy

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL LUAR	i
LEMBAR JUDUL DALAM	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN TESIS	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Masalah Penelitian	3
1.2.1. Identifikasi Masalah	3
1.2.2. Batasan Masalah	4
1.2.3. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
1.3.1. Tujuan Penelitian	4
1.3.2. Manfaat Penelitian	4
1.4. Sistematika Penulisan	5
1.5. Daftar Istilah	5
BAB II. LANDASAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN	7
2.1. Landasan Pustaka	7
2.1.1. Pengertian Gempa bumi	7
2.1.2. Parameter Gempa bumi	9
2.1.3. Macam-macam Gelombang Gempa bumi	10
2.1.4. Faktor Yang Mempengaruhi Besar Kecilnya Gempa	11

Bumi	
2.1.5. Dampak dari Gempa bumi	15
2.1.6. Aktivitas Gempa bumi di Indonesia	16
2.1.7. Seismisitas di wilayah Jawa	17
2.1.8. Prediksi Gempa bumi	20
2.1.9. Artificial Neural Network	21
2.1.10. Komponen Jaringan Syaraf	22
2.1.11. Bentuk dan Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan	23
2.1.12. Logika Fuzzy	26
2.1.13. Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i>	28
2.1.14. <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> (ANFIS)	31
2.1.15. Validasi Model	34
1.3. Metode Pengembangan Sistem Model Prototipe	36
2.4. Tinjauan Studi	39
2.5. Tinjauan Obyek Penelitian	42
2.6. Kerangka Konsep Penelitian	42
2.7. Hipotesis Penelitian	43
BAB III. METODOLOGI DAN RANCANGAN PENELITIAN	44
3.1. Metode Penelitian	44
3.2. Metode Pengumpulan Data	44
3.3. Tahapan Penelitian	45
3.4. Jadwal Penelitian	52
BAB IV. PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN	53
4.1. Analisis Prototipe Model Prediksi Kedalaman dan Magnitudo Gempa bumi	53
4.2. Gambaran Umum Prototipe Model yang Dikembangkan	53
4.3. Perancangan Tampilan Menu Utama Prototipe Model	54
4.4. Penyiapan Data Kedalaman dan Magnitudo Gempa bumi	55
4.5. Proses <i>Training</i> Data dengan metode Artificial Neural Network (ANN)	57
4.6. Proses Prediksi Data dengan metode <i>Artificial Neural Network</i>	61

(ANN).	
4.7. Proses <i>Training</i> Data dengan metode <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> (ANFIS)	64
4.8. Proses Prediksi Data dengan metode <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> (ANFIS)	67
4.9. Perbandingan Prediksi Kedalaman dan Magnitudo Gempa bumi dengan Metode ANN dan ANFIS	70
4.10. Rencana Implementasi Prototipe Model Prediksi Kedalaman dan Magnitudo Gempa bumi	71
BAB V. KESIMPULAN	72
5.1. Kesimpulan	72
5.2. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN-LAMPIRAN	76
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	153

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
II.1. Kondisi tektonik Indonesia	16
II.2. Seismisitas di Jawa dan sekitarnya 1964-2014	18
II.3. Struktur <i>neuron</i> jaringan syaraf	22
II.4. Neuron berinput tunggal	24
II.5. Arsitektur Multilayer Neural Network	26
II.6. a) Logika Tegas dan b) Logika Fuzzy	27
II.7. Diagram Blok Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i>	28
II.8. Sistem inferensi Fuzzy	30
II.9. Model logika Fuzzy Sugeno	32
II.10. Arsitektur Jaringan ANFIS	32
II.11. Model Prototipe	37
II.12. Kerangka Konsep Penelitian	42
III.1. Lokasi data gempa bumi	45
III.2. Data historis selang acak kejadian gempa bumi.....	47
III.3. Selang waktu kejadian gempa bumi	47
III.4. Penjelasan tentang konsep rerata dasarian data kedalaman dan magnitudo gempa bumi	49
III.5. Diagram alir tahapan penelitian	51
IV.1. Tampilan Menu Utama Prototipe Model Prediksi Gempa bumi dengan menggunakan metode ANN dan ANFIS	54
IV.2. Grafik data kedalaman gempa bumi tahun 2000 – 2014 dalam dasarian	55
IV.3. Grafik data magnitudo gempa bumi tahun 2000 – 2014 dalam dasarian	56
IV.4. Tampilan proses training data dengan metode ANN	58
IV.5. Grafik perbandingan hasil prediksi kedalaman gempa bumi dengan data observasi dengan metode ANN	61
IV.6. Grafik perbandingan hasil prediksi magnitudo gempa bumi	62

	dengan data observasi dengan metode ANN.	
IV.7.	Fungsi keanggotaan variabel kedalaman	64
IV.8	Fungsi keanggotaan variabel magnitudo	65
IV.9	Grafik perbandingan hasil prediksi kedalaman gempa bumi dengan data observasi dengan metode ANFIS.....	67
IV.10	Grafik perbandingan hasil prediksi magnitudo gempa bumi dengan data observasi dengan metode ANFIS	68



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
II.1. Tabel skala Richter.....	12
II.2. Skala Mercalli	13
II.3. Skala Omori	14
II.4. Data kejadian gempa bumi merusak di Jawa.....	19
II.5. Tabel penelitian-penelitian terdahulu.....	40
III.1. Jadwal penelitian	52
IV.1 Statistik kedalaman dan magnitudo gempa bumi tahun 2000 – 2014 dalam dasarian	56
IV.2 Validasi output data training terhadap target dengan metode ANN	59
IV.3 Perbandingan hasil prediksi kedalaman dan magnitude gempa bumi tahun 2014 dengan data observasi dengan metode ANN...	63
IV.4 Pendefinisian konsep dasar fuzzy yang dipakai dalam proses prediksi dengan metode ANFIS	64
IV.5 Validasi output data <i>training</i> terhadap target dengan metode ANFIS	66
IV.6 Perbandingan hasil prediksi kedalaman dan magnitude gempa bumi tahun 2014 dengan data observasi dengan metode ANN ...	69
IV.7 Perbandingan prediksi kedalaman dan magnitudo gempa bumi dengan metode ANN dan ANFIS.....	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data Kejadian Gempa Bumi di Pulau Jawa dan Sekitarnya Tahun 2000 – 2014	76
2. Input Data <i>Training</i> untuk metode ANN dan ANFIS	122
3. Grafik 36 proses <i>training</i> data kedalaman dan magnitudo dengan metode ANN	140
4. Grafik 12 proses <i>training</i> data dengan metode ANFIS	150

DAFTAR PUSTAKA

- [Abdillah 2010] Abdillah, “Analisis Keaktifan dan Risiko Gempa bumi pada Zona Subduksi Daerah Pulau Sumatera”, Skripsi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2010.
- [Afnimar 2009] Afnimar, *Seismologi*, Bandung: Penerbit ITB, 2009.
- [Alarifi 2012] Alarifi, A.S.N, Alarifi, N.S.N., and Al-Humidan, S. “Earthquake Magnitudo Predication using Artificial Neural Network in Northern Red Sea”, *Journal of King Saud University - Science*, 24, (May 2012): 301-313.
- [BMKG 2010] Bidang Mitigasi Gempa bumi dan Tsunami BMKG. 2010. *Katalog Gempa bumi Signifikan & Merusak*. Jakarta
- [Goel 2011] Goel, Arun. “ANN-Based Approach for Predicting Rating Curve of an Indian River”. *International Scholarly Research Network. ISRN Civil Engineering*, (2011): 1-4.
- [Jang 1993] Jang, J.S.R., “ANFIS: Adaptive Network-based Fuzzy Inference System”, *IEEE. Trans. Syst, Man, Cybern*, vol.23, (June, 1993): 665-685.
- [Kusumadewi 2010] Kusumadewi, Sri., dan Sri Hartati. Neuro – Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf (Edisi Kedua). Yogyakarta: Graha Ilmu. 2010
- [Malau 2008] Malau, H.A. “Studi Karakteristik Getaran Gempa di Yogyakarta untuk Mengembangkan Kriteria Desain Seismik Yogyakarta”. Tugas Akhir Sarjana, ITB Bandung, 2008.
- [Maulana 2012] Maulana, Rizky. “Prediksi Curah Hujan dan Debit menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*”, Skripsi, Institut Teknologi Bandung. 2012.
- [Padang 2012] Padang, Elohasen. “Estimasi Kejadian Gempa Bumi di Zona Tumbukan Maluku Berbasis ANFIS Termodifikasi”, *ISTECH*, Vol. 4. No. 1, (Februari 2012): 16 – 22.