

SKRIPSI

**PREDIKSI POTENSI TERJADINYA TSUNAMI AKIBAT
GEMPA TEKTONIK MENGGUNAKAN ALGORITMA
ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)
DI INDONESIA**

Disusun dan diajukan oleh:

**ACHMAD ASJAR BAARI MILLANG
D121 17 1704**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PREDIKSI POTENSI TERJADINYA TSUNAMI AKIBAT GEMPA TEKTONIK MENGGUNAKAN ALGORITMA ADAPTIVE NEURO- FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) DI INDONESIA

Disusun dan diajukan oleh

ACHMAD ASJAR BAARI MILLANG
D121 17 1704

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 31 Juli 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T.
NIP. 19610813 198811 2 001



Ketua Program Studi,

Prof. Dr. Ir. Indrabayuwati, ST/MT, M. Bus. Sys., IPM, ASEAN. Eng
NIP. 19750716 200212 1 004

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Achmad Asjar Baari Millang
NIM : D121171704
Program Studi : Teknik Informatika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**PREDIKSI POTENSI TERJADINYA TSUNAMI AKIBAT GEMPA
TEKTONIK MENGGUNAKAN ALGORITMA ADAPTIVE NEURO-FUZZY
INFERENCE SYSTEM (ANFIS) DI INDONESIA**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, tanggal bulan 2024

Yang Menyatakan



ACHMAD ASJAR BAARI MILLANG
NIM. D121 17 1704

ABSTRAK

ACHMAD ASJAR BAARI MILLANG. *Prediksi Potensi Terjadinya Tsunami Akibat Gempa Tektonik Menggunakan Algoritma Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) Di Indonesia* (dibimbing oleh Ingrid Nurtanio)

Indonesia, yang terletak di kawasan "Cincin Api", sering menghadapi ancaman gempa bumi yang berpotensi memicu tsunami. Bencana ini dapat menyebabkan kerusakan besar dan korban jiwa yang signifikan. Meskipun berbagai metode deteksi tsunami telah dikembangkan, banyak di antaranya masih bergantung pada deteksi gelombang laut setelah gempa terjadi, yang terkadang tidak memberikan cukup waktu untuk evakuasi. Oleh karena itu, diperlukan metode prediksi yang lebih cepat dan akurat untuk meminimalisir dampak bencana ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model prediksi potensi terjadinya tsunami akibat gempa tektonik di Indonesia menggunakan algoritma Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS). Model ini diharapkan mampu memprediksi kemungkinan terjadinya tsunami berdasarkan data parameter gempa seperti magnitudo, kedalaman, dan jarak episentrum dari pantai. Dengan menggunakan ANFIS, diharapkan dapat memberikan prediksi yang lebih akurat dan membantu dalam pengambilan keputusan cepat saat terjadi gempa.

Metode penelitian ini melibatkan beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data gempa dari United States Geological Survey (USGS) dan National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Data tersebut kemudian melalui proses preprocessing, meliputi pembersihan data, seleksi fitur, dan normalisasi. Selanjutnya, data yang telah diproses digunakan untuk melatih model ANFIS yang terdiri dari lima lapisan, masing-masing dengan fungsi dan perannya sendiri dalam proses inferensi fuzzy.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ANFIS memiliki kemampuan prediksi yang cukup baik dengan tingkat akurasi mencapai 85%. Selain itu, model ini mampu mengidentifikasi parameter-parameter penting yang mempengaruhi potensi terjadinya tsunami, seperti magnitudo dan kedalaman gempa. Dengan demikian, penggunaan ANFIS dalam prediksi tsunami dapat menjadi alternatif yang efektif untuk meningkatkan kesiapsiagaan dan mitigasi bencana di Indonesia.

Kata Kunci: ANFIS, Tsunami, Gempa Bumi

ABSTRACT

ACHMAD ASJAR BAARI MILLANG. *Prediction of Tsunami Potential due to Tectonic Earthquake Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Algorithm (ANFIS) in Indonesia* (supervised by Ingrid Nurtanio)

Indonesia, located on the “Ring of Fire”, faces frequent threats from earthquakes that have the potential to trigger tsunamis. These disasters can cause major damage and significant loss of life. Although various tsunami detection methods have been developed, many of them still rely on detecting ocean waves after an earthquake has occurred, which sometimes does not allow enough time for evacuation. Therefore, faster and more accurate prediction methods are needed to minimize the impact of this disaster.

This research aims to develop a prediction model for the potential occurrence of tsunamis due to tectonic earthquakes in Indonesia using the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) algorithm. This model is expected to be able to predict the likelihood of a tsunami based on earthquake parameter data such as magnitude, depth, and epicenter distance from the coast. By using ANFIS, it is expected to provide more accurate predictions and help in making quick decisions when an earthquake occurs.

This research method involves several stages, namely collecting earthquake data from the United States Geological Survey (USGS) and the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). The data then went through a preprocessing process, including data cleaning, feature selection, and normalization. Next, the processed data was used to train an ANFIS model consisting of five layers, each with its own function and role in the fuzzy inference process.

The results showed that the ANFIS model has good prediction capabilities with an accuracy rate of 85%. In addition, the model is able to identify important parameters that affect the potential occurrence of tsunamis, such as earthquake magnitude and depth. Thus, the use of ANFIS in tsunami prediction can be an effective alternative to improve disaster preparedness and mitigation in Indonesia.

Keywords: ANFIS, Tsunami, Earthquake

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI . Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.	
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Gempa Bumi.....	4
2.2 Tsunami.....	10
2.3 Artificial Neural Networks (ANN).....	13
2.4 Fuzzy System.....	14
2.5 Artificial Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS).....	14
2.6 Numpy.....	15
2.7 Scikit-learn.....	16
2.8 Matplotlib.....	17
2.9 Anaconda.....	17
2.10 Jupyter Notebook.....	18
2.11 Python.....	18
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Tahapan Penelitian.....	20
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	22
3.3 Instrument Penelitian.....	22
3.4 Teknik Pengambilan Data.....	23
3.5 Perancangan Sistem.....	24
3.6 Evaluasi Model.....	37
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 Hasil <i>Preprocessing</i>	39
4.2 Hasil Perhitungan Algoritma ANFIS.....	40
4.3 Hasil Evaluasi Model.....	44
4.4 Hasil Prediksi.....	45
4.5 Hasil Prediksi Berdasarkan Input Data Baru.....	50
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Kesimpulan.....	51

5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Patahan lempeng bumi saat terjadi gempa bumi. (usgs.gov, 2021)	4
Gambar 2 Ilustrasi Amplitudo tsunami mencapai pantai (www.nea.gov.sg, 2017).....	13
Gambar 3 Jaringan Syaraf Biologis (rizkiprabowo.home.blog, 2021)	13
Gambar 4 Fuzzy model (medium.com/@gokcenazakyol/what-is-fuzzy-logic-fuzzy-logic-1-20041db1b971, 2023).....	14
Gambar 5 ANFIS model 3 input 5 membership	14
Gambar 6 Numpy Library	15
Gambar 7 Scikit-Learn Library	16
Gambar 8 Scikit-Fuzzy	16
Gambar 9 Matplotlib	17
Gambar 10 Anaconda.....	17
Gambar 11 Jupyter Notebook	18
Gambar 12 Python Language.....	18
Gambar 13 Tahapan Penelitian	20
Gambar 14 Data riwayat gempa USGS yang terjadi di Indonesia.....	24
Gambar 15 Data Riwayat gempa dan tsunami NOAA yang terjadi di Indonesia	24
Gambar 16 Flowchart rancangan Sistem	25
Gambar 17 Hasil pembersihan nilai NaN pada dataset.....	30
Gambar 18 <i>Corelation Matrix</i> variable gempa terhadap Tsunami	31
Gambar 19 Contoh layer ANFIS.....	34
Gambar 21 Nilai error selama pembelajaran pada 20 iterasi (epoch).....	46
Gambar 22 Nilai error selama pembelajaran pada 40 iterasi (epoch).....	47
Gambar 23 Nilai error selama pembelajaran pada 60 iterasi (epoch).....	48
Gambar 24 Perbandingan nilai aktual terhadap prediksi	49

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Deskripsi Ukuran Skala Richter (Suharjanto, 2013).....	7
Tabel 2 Deskripsi Skala <i>Modified Mercalli Intensity</i> (Suharjanto, 2013)	8
Tabel 3 Perbedaan periode Tsunami dan ombak laut (Hartuti, 2009)	12
Tabel 4 Nama Atribut dan Deskripsi atribut pada data USGS.....	27
Tabel 5 Nama Atribut dan Deskripsi atribut pada data NOAA	28
Tabel 6 <i>Feature</i> yang terpilih.....	31
Tabel 7 Contoh sampel data dari <i>feature</i> yang dipilih	32
Tabel 8 Sampel data Normalization menggunakan Min-Max	33
Tabel 9 <i>Confusion Matrix</i> ANFIS	44
Tabel 10 Evaluasi Performa Model ANFIS	45
Tabel 11 Tabel input baru dengan nilai atribut sama.....	50

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
ANFIS	Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System
ANN	Artificial Neural Network
USGS	United States Geological Survey
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
SR	Skala Richter
MMI	Modified Mercalli Intensity
PGA	Peak Ground Acceleration
NaN	Not a Number
CSV	Comma Separated Value

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Mentah Gempa Bumi USGS.....	54
Lampiran 2 Data Mentah Gempa Bumi Menyebabkan Tsunami NOAA.....	54
Lampiran 3 Tabel Hasil Prediksi ANFIS Menggunakan Input Data Historis	54

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala, Tuhan Yang Maha Esa, yang dengan limpahan rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Prediksi Potensi Terjadinya Tsunami Akibat Gempa Tektonik Menggunakan Algoritma Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) di Indonesia”** sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan jenjang Strata-1 di Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan penelitian ini, penulis menyajikan hasil penelitian terkait dengan judul yang telah diangkat dan telah melalui proses pencarian dari berbagai sumber baik jurnal penelitian, prosiding pada seminar-seminar nasional/internasional, buku, maupun dari situs-situs di internet.

Penulis menyadari bahwa penyusunan dan penulisan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik tanpa adanya bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN. Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bimbingan, motivasi, dan dukungan selama masa perkuliahan.
2. Ibu Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T., selaku pembimbing, yang senantiasa menyediakan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatian yang luar biasa dalam mengarahkan penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Kedua orang tua penulis, Syamsuddin Millang dan Isti Retno Setiasih, yang selalu memberikan dukungan, doa, dan semangat yang tiada hentinya.
4. Segenap Dosen dan Staf Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, yang telah banyak memberikan ilmu, pengalaman, serta bantuan kepada penulis selama menuntut ilmu di kampus tercinta ini.
5. Keluarga Penulis, yang selalu memberikan dukungan moral dan semangat dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Sahabat-sahabat penulis, Wahyu Faisal, Giyani Rayani, Fitriani Nasir, Bishram Yasir, Devy Noviani, Andar Sugianto, Irma Jufri, Muh. Wahyudi, dan Aries Sila yang selalu mendukung, membantu, dan menghibur penulis selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
7. Teman-teman di Departemen Teknik Informatika, khususnya angkatan 2017, yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam setiap langkah penulis.

8. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bentuk dukungan dan bantuannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah banyak membantu. Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini baik dari segi isi maupun penyajian. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya saran serta masukan yang membangun demi kesempurnaan laporan ini. Penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan semua pihak. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, 8 April 2024

Penulis,
Achmad Asjar Baari Millang

BAB 1.

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara maritim dimana luas lautan lebih besar dari luas daratan. Indonesia berada pada Lempengan Eurasia, Lempengan Indo-australia dan Lempengan Pasifik posisi letak Indonesia ini dikenal dengan wilayah Ring of Fire yang menyebabkan sangat sering terjadi gempa bumi. Gempa bumi merupakan salah satu ancaman terbesar dihadapi dengan potensi tsunami didalamnya yang dapat menyebabkan kerusakan bahkan menyebabkan korban jiwa (Utomo & Purba, 2019).

Indonesia rawan terhadap tsunami, terutama pulau-pulau yang meliputi Pulau Sumatera Bagian Barat, Pulau Jawa Bagian Selatan, Pulau Timor, Pulau Papua Bagian Utara, Sulawesi, Maluku, dan Pulau Kalimantan Bagian Timur (Liliana & Prihasari, 2019). Pada tanggal 26 Desember 2004, gempa berkekuatan 9,0 di lepas pantai barat Sumatera Utara, Indonesia, memicu tsunami yang melanda lebih dari 12 negara, menjadikannya tsunami paling mematikan dalam sejarah. Menurut laporan, jumlah korban tewas bisa lebih dari 200.000 (Veitch, 2010).

Tsunami merupakan gelombang laut yang dapat bergerak dengan kecepatan hingga 900 km/jam. Tsunami kebanyakan disebabkan oleh gempa bumi di dasar laut (Kementrian ESDM Indonesia, 2008). Namun, tidak semua gempa bumi bisa menyebabkan terjadinya Tsunami, Ada empat kondisi yang diperlukan agar sebuah gempa dapat menyebabkan tsunami yaitu Gempa terjadi di laut, Gempa bumi setidaknya berkekuatan 7 Skala Richter, Gempa bumi terjadi pada kedalaman kurang dari 100 km di bawah permukaan bumi, dan Gempa harus menyebabkan pergerakan vertikal dasar laut (IOTIC, 2020).

Metode yang digunakan untuk mendeteksi Tsunami di Indonesia dilakukan dengan mengandalkan Buoy. Buoy merupakan alat peringatan dini yang dipasang di tengah laut untuk mendeteksi gelombang laut yang dapat berpotensi menjadi bencana tsunami. Alat ini berfungsi untuk mengirimkan informasi dari tengah laut berdasarkan gelombang yang terjadi (Tulloh dkk., 2019). tetapi metode ini memiliki kelemahan yaitu Tsunami harus terjadi dahulu sebelum bisa memberikan informasi.

Tsunami yang mampu melaju hingga 900km/jam dan waktu yang diperlukan sensor untuk mengolah data oleh stasiun terdekat hingga bisa menjadi informasi

peringatan Tsunami tidak memberikan cukup ruang dan waktu agar orang-orang melakukan persiapan. oleh karena itu diperlukannya metode alternatif yang bisa digunakan untuk memprediksi dini akan potensi terjadinya Tsunami.

Merujuk pada permasalahan tersebut pemanfaatan algoritma Machine Learning dianggap dapat membantu memberikan solusi. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Efori Bulolo mengatakan “Bencana gempa bumi tidak dapat diprediksi, namun dampak bencana dapat diprediksi berdasarkan kejadian sebelumnya. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengekstrak informasi adalah algoritma C4.5 (Decision Tree). Keluaran dari metode ini dapat memprediksi dampak gempa (Bulolo dkk., 2017).

Maka dari itu, penulis mengusulkan judul “Prediksi Potensi Terjadinya Tsunami Akibat Gempa Tektonik Menggunakan Algoritma Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) di Indonesia” untuk mencoba menyelesaikan masalah tersebut. Diharapkan dengan penelitian ini dapat mengurangi kerugian dan korban jiwa dengan memberikan informasi berupa prediksi terjadinya Tsunami.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana penggunaan algoritma Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) untuk memprediksi potensi terjadinya tsunami akibat gempa bumi di Indonesia?
2. Bagaimana menguji performa *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* dalam memprediksi potensi Tsunami akibat gempa.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan akhir dari penelitian ini yakni:

1. Menggunakan algoritma Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) untuk memprediksi potensi terjadinya tsunami akibat gempa bumi di Indonesia.
2. Menganalisis kinerja algoritma *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* dalam memprediksi potensi Tsunami akibat gempa.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan didapatkan pada penelitian ini yakni :

- 1) Mengetahui tingkat akurasi dari algoritma *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)* dalam memprediksi potensi terjadinya bencana Tsunami di Indonesia.
- 2) Menjadi sumber referensi dalam pengembangan bagi penelitian selanjutnya terkait topik prediksi bencana di Indonesia.

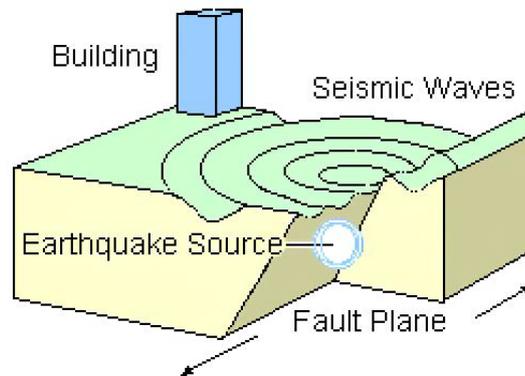
1.5 Ruang Lingkup

Berdasarkan beberapa hal yang dicantumkan pada rumusan masalah, maka ruang lingkup dari penelitian ini yakni :

1. Parameter target terdiri dari 0 yang tidak berpotensi tsunami hingga 4 yang menyebabkan Tsunami.
2. Parameter yang digunakan untuk memprediksi adalah *seismic feature* yang mencakup data magnitude, kedalaman gempa, serta jarak terjadinya gempa dari bibir pantai.
3. Sumber data didapatkan dari *United States Geological Survey (USGS)* dan *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*.
4. Data wilayah yang digunakan dibatasi hanya di negara Indonesia.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gempa Bumi



Gambar 1 Patahan lempeng bumi saat terjadi gempa bumi.
(usgs.gov, 2021)

Gempa bumi adalah suatu peristiwa pelepasan energi gelombang seismic yang terjadi secara tiba-tiba. Pelepasan energi ini diakibatkan karena adanya deformasi lempeng tektonik yang terjadi pada kerak bumi (Hartuti, 2009).

gempa bumi didefinisikan sebagai getaran yang bersifat alamiah, yang terjadi pada lokasi tertentu, dan sifatnya tidak berkelanjutan. Gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng bumi) secara tiba-tiba (sudden slip). Pergeseran secara tiba-tiba terjadi karena adanya sumber gaya (force) sebagai penyebabnya, baik bersumber dari alam maupun dari bantuan manusia (artificial earthquakes). Selain disebabkan oleh sudden slip, getaran pada bumi juga bisa disebabkan oleh gejala lain yang sifatnya lebih halus atau berupa getaran kecil-kecil yang sulit dirasakan manusia. Contoh getaran kecil adalah getaran yang disebabkan oleh lalu lintas, mobil, kereta api, tiupan angin pada pohon dan lain-lain. Getaran seperti ini dikelompokkan sebagai mikroseismisitas (Suharjanto, 2013).

2.1.1 Proses Terjadinya Gempa Bumi

Kebanyakan gempa bumi disebabkan dari pelepasan energi yang dihasilkan oleh tekanan yang dilakukan oleh lempengan yang bergerak. Semakin lama tekanan itu kian membesar dan akhirnya mencapai pada keadaan dimana tekanan tersebut tidak dapat ditahan lagi oleh pinggiran lempengan. Pada saat itulah gempa bumi akan terjadi. Gempa bumi biasanya terjadi di perbatasan lempengan-lempengan tersebut. Gempa bumi yang paling parah biasanya terjadi di perbatasan lempengan

kompresional dan translasional. Gempa bumi kemungkinan besar terjadi karena materi lapisan litosfer yang teriepit kedalam mengalami transisi fase pada kedalaman lebih dari 600 km.

Beberapa gempa bumi lain juga dapat terjadi karena pergerakan magma di dalam gunung berapi. Gempa bumi seperti itu dapat menjadi gejala akan terjadinya letusan gunung berapi. jika gunung tersebut mulai aktif, akan terjadi getaran di permukaan bumi dan itu termasuk gempa Vulkanik. Beberapa gempa bumi (namun jarang terjadi) juga terjadi karena menumpuknya massa air yang sangat besar di balik dam, seperti Dam Karibia di Zambia, Afrika. Sebagian lagi (jarang juga) juga dapat terjadi karena injeksi atau ekstraksi cairan dari/ke dalam bumi (contoh. pada beberapa pembangkit listrik tenaga panas bumi dan di *Rocky Mountain Arsenal*).

Terakhir, gempa juga dapat terjadi dari peledakan bahan peledak. Hal ini dapat membuat para ilmuwan memonitor tes rahasia senjata nuklir yang dilakukan pemerintah. Gempa bumi yang disebabkan oleh manusia seperti ini dinamakan juga seismisitas terinduksi (Suharjanto, 2013).

2.1.2 Klasifikasi Gempa

Menurut Hartuti (2009), Gempa bumi dapat digolongkan menjadi beberapa kategori, yaitu berdasarkan proses terjadinya, bentuk episentrumnya, kedalaman hiposentrumnya, jaraknya, dan lokasinya:

1. Menurut Proses Terjadinya

Menurut proses terjadinya, gempa bumi dapat diklasifikasikan menjadi lima. Berikut ini klasifikasi gempa tersebut:

- a. Gempa tektonik, yaitu gempa yang terjadi akibat adanya tumbukan lempeng-lempeng di lapisan litosfer kulit bumi oleh tenaga tektonik.
- b. Gempa vulkanik, yaitu gempa yang terjadi akibat aktivitas gunung berapi. Oleh karena itu, gempa ini hanya dapat dirasakan di sekitar gunung berapi saat akan meletus, saat meletus, dan setelah terjadi letusan.
- c. Gempa runtuh, yaitu gempa yang terjadi karena adanya runtuh tanah atau batuan. Lereng gunung atau pantai yang curam memiliki energi potensial yang besar untuk runtuh. Gempa ini sering terjadi di kawasan tambang akibat runtuhnya dinding atau terowongan pada tambang-tambang bawah tanah sehingga dapat menimbulkan

getaran di sekitar daerah runtuh. Gempa ini mempunyai dampak yang tidak begitu membahayakan. Namun, dampak yang berbahaya justru akibat dari timbunan batuan atau tanah longsor itu sendiri.

- d. Gempa jatuhan, yaitu gempa yang terjadi akibat adanya benda langit yang jatuh ke bumi, misalnya meteor. Seperti kita ketahui bahwa ada ribuan meteor atau batuan yang bertebaran mengelilingi orbit bumi. Sewaktu-waktu meteor tersebut jatuh ke atmosfer bumi, bahkan terkadang sampai ke permukaan bumi. Meteor yang jatuh ini akan menimbulkan getaran bumi jika massa meteor cukup besar. Getaran ini disebut gempa jatuhan. Gempa seperti ini jarang sekali terjadi.
- e. Gempa buatan, yaitu gempa yang memang sengaja dibuat oleh manusia. Suatu percobaan peledakan nuklir bawah tanah atau laut dapat menimbulkan getaran bumi yang dapat tercatat oleh seismograf seluruh permukaan bumi tergantung dengan kekuatan ledakan, sedangkan ledakan dinamit di bawah permukaan bumi juga dapat menimbulkan getaran namun efek getarannya sangat lokal.

2. Menurut Bentuk Episentrum

Menurut bentuk episentrumnya, gempa dapat dikelompokkan menjadi dua jenis. Berikut ini kedua jenis gempa tersebut.

- a. Gempa sentral, yaitu gempa yang episentrumnya berbentuk titik.
- b. Gempa linear, yaitu gempa yang episentrumnya berbentuk garis.

3. Menurut Kedalaman Hiposentrum

Menurut kedalaman hiposentrumnya, gempa dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis. Berikut ini ketiga kelompok gempa tersebut.

- a. Gempa bumi dalam, yaitu gempa dengan kedalaman hiposentrum lebih dari 300km di bawah permukaan bumi.
- b. Gempa bumi menengah, yaitu gempa dengan kedalaman hiposentrum berada antara 60-300km di bawah permukaan bumi.
- c. Gempa bumi dangkal, yaitu gempa dengan kedalaman hiposentrum kurang dari 60km di bawah permukaan bumi.

4. Menurut Jarak Episentrum

Menurut jarak episentrumnya, gempa dapat dibagi menjadi tiga kelompok. Ketiga kelompok tersebut adalah sebagai berikut.

- a. Gempa sangat jauh, yaitu gempa yang jarak episentrumnya lebih dari 10.000km.
- b. Gempa jauh, yaitu gempa yang jarak episentrumnya sekitar 10.000km.
- c. Gempa lokal, yaitu gempa yang jarak episentrumnya kurang dari 10.000km.

5. Menurut Lokasi Episentrum

Menurut lokasi episentrumnya, gempa dapat dikelompokkan menjadi dua. Kedua kelompok gempa tersebut adalah sebagai berikut.

- a. Gempa daratan, yaitu gempa yang lokasi episentrumnya berada di daratan.
- b. Gempa lautan, yaitu gempa yang lokasi episentrumnya berada di dasar laut. Gempa jenis inilah yang dapat berpotensi menimbulkan tsunami.

2.1.3 Skala kekuatan gempa

Besarnya kekuatan gempa diukur dengan menggunakan 3 (tiga) macam skala sebagai berikut:

1. Skala Richter

Skala Richter atau SR, skala ukuran kekuatan gempa yang diusulkan oleh fisikawan Charles Richter, didefinisikan sebagai logaritma dari amplitudo maksimum yang diukur dalam satuan mikrometer (pm) dari rekaman gempa oleh alat pengukur gempa Wood-Anderson, pada jarak 100 km dari pusat gempa. ukuran Skala Richter dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1 Deskripsi Ukuran Skala Richter (Suharjanto, 2013)

Skala Richter	Efek Gempa
0.0 – 2.0	Gempa kecil, tidak terasa
2.0 – 2.9	Tidak Terasa namun terekam oleh alat
3.0 – 3.9	Seringkali terasa, namun jarang menimbulkan kerusakan

Skala Richter	Efek Gempa
4.0 – 4.9	Dapat diketahui dari bergetarnya perabot dalam ruangan, suara gaduh bergetar. Kerusakan tidak terlalu signifikan.
5.0 – 5.9	Dapat menyebabkan kerusakan besar pada bangunan pada area yang kecil. Umumnya kerusakan kecil pada bangunan yang didesain dengan baik
6.0 – 6.9	Dapat merusak area hingga jarak sekitar 160 km
7.0 – 7.9	Dapat menyebabkan kerusakan serius dalam area lebih luas
8.0 – 8.9	Dapat menyebabkan kerusakan serius hingga dalam area ratusan mil
9.0 – 9.9	Menghancurkan area ribuan mil
10 <	Belum pernah terekam

2. Skala Modified Mercalli Intensity (MMI)

Pada 1902, seorang Vulkanolog Italia bernama Giuseppe Mercalli (1850-1914) mengklasifikasi skala intensitas gempa bumi dan pengaruhnya terhadap manusia, bangunan, dan tanah. Klasifikasi tersebut bernama Skala Mercalli yang ditentukan berdasarkan kerusakan akibat gempa dan wawancara kepada para korban sehingga bersifat sangat subyektif. Oleh karena itu, pada tahun 1931 seorang ilmuwan dari Amerika memodifikasi Skala Mercalli (*Modified Mercalli Intensity*) ini dan sampai sekarang digunakan di banyak wilayah gempa. Klasifikasi intensitas gempa dengan Skala Mercalli dapat dilihat di tabel 2.

Tabel 2 Deskripsi Skala *Modified Mercalli Intensity* (Suharjanto, 2013)

Ukuran	Keterangan
I	Direkam hanya oleh seismograf.
II	Getaran hanya dirasakan oleh masyarakat di sekitar pusat gempa.
III	Getaran dirasakan oleh beberapa orang.
IV	Getaran akan dirasakan oleh banyak orang. Porselen dan barang pecah belah berkerincing dan pintu berderak.

Ukuran	Keterangan
V	Binatang merasa kesulitan dan ketakutan. Bangunan mulai bergoyang. Banyak orang akan bangun dari tidurnya.
VI	Benda-benda mulai berjatuh dari rak.
VII	Banyak orang cemas, keretakan pada dinding dan jalan.
VIII	Pergeseran barang-barang di rumah.
IX	Kepanikan meluas, tanah longsor, banyak atap dan dinding yang roboh.
X	Banyak bangunan rusak, lebar keretakan di dalam tanah mencapai hingga 1 meter.
XI	Keretakan dalam tanah makin melebar, banyak tanah longsor dan batu yang jatuh.
XII	Hampir sebagian besar bangunan hancur, permukaan tanah perubahan menjadi radikal.

3. Skala *Peak Ground Acceleration* (PGA)

Skala Percepatan Puncak Tanah atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) menggambarkan percepatan tanah maksimum yang terjadi pada saat gempa. Skala ini biasanya diekspresikan dalam g (percepatan gravitasi bumi). Percepatan gelombang gempa yang sampai di permukaan bumi disebut juga percepatan tanah, merupakan gangguan yang perlu dikaji untuk setiap gempa bumi, kemudian dipilih percepatan puncak tanah atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) untuk dipetakan agar bisa memberikan pengertian tentang efek paling parah yang pernah dialami suatu lokasi.

4. Skala kekuatan Momen

Skala kekuatan momen diperkenalkan pada 1979 oleh Tom Hanks dan Hiroo Kanamori sebagai pengganti skala Richter dan digunakan oleh seismologis untuk membandingkan energi yang dilepas oleh sebuah gempa bumi. Kekuatan momen M_w adalah sebuah angka tanpa dimensi yang didefinisikan sebagai berikut:

$$M_w = \frac{2}{3} \left(\log_{10} \frac{M_0}{M \cdot n} - 9.1 \right) = \frac{2}{3} \left(\log_{10} \frac{M_0}{\text{dyn} \cdot \text{cm}} - 16.1 \right)$$

Di mana M_0 adalah Moment seismic (menggunakan satu newton meter $[N \cdot m]$ sebagai moment). Sebuah peningkatan satu tahap dalam skala logaritmik ini berarti sebuah peningkatan $10^{1,5} = 31,6$ kali dari jumlah energi yang dilepas, dan sebuah peningkatan 2 tahap berarti sebuah peningkatan $10^3 = 1000$ kali kekuatan awal.

2.2 Tsunami

Tsunami adalah gelombang, atau rangkaian gelombang dalam rentetan gelombang, yang dihasilkan oleh perpindahan kolom air secara vertikal dan tiba-tiba. Perpindahan ini dapat disebabkan oleh aktivitas seismik, ledakan vulkanisme, tanah longsor di atas atau di bawah air, dampak asteroid, atau fenomena meteorologi tertentu. Gelombang ini dapat dihasilkan di lautan, teluk, danau, atau waduk. Istilah *Tsunami* berasal dari Jepang yang berarti pelabuhan (*Tsu*) dan gelombang (*Nami*) (Bryant, 2008).

karena gelombang tersebut sering berkembang sebagai fenomena resonansi di pelabuhan setelah gempa lepas pantai. Tsunami dapat merambat dengan cepat dalam jarak yang luas tanpa mengalami penyebaran yang berarti dan sulit dideteksi oleh kapal di laut, karena kemiringan muka gelombang tidak terlihat (Striem & Miloh, 1976).

2.2.1 Penyebab terjadinya Tsunami

Karena tsunami melibatkan pergerakan air dalam jumlah besar, maka tsunami memerlukan sumber perpindahan awal yang sama besarnya. Sumber tsunami yang paling sering dan terkenal adalah gempa bumi, namun tanah longsor dan letusan gunung berapi juga dapat menyebabkannya, serta fenomena yang lebih eksotik seperti dampak asteroid.

1. Gempa Bumi Bawah Laut

Gempa tektonik merupakan salah satu gempa yang diakibatkan oleh pergerakan lempeng bumi. Jika gempa semacam ini terjadi di bawah laut, air di atas wilayah lempeng yang bergerak tersebut berpindah dari posisi ekuilibriumnya. Gelombang muncul ketika air ini bergerak oleh pengaruh gravitasi kembali ke posisi ekuilibriumnya. Bila wilayah yang luas pada dasar laut bergerak naik ataupun turun, tsunami dapat terjadi. Adapun Ciri-ciri gempa yang paling berpotensi menimbulkan tsunami adalah:

- a) gempa yang terjadi di dasar laut.
- b) kedalaman pusat gempa kurang dari 60 Km
- c) kekuatan gempa lebih besar dari 6,0 skala Richter
- d) jenis persesaran gempa tergolong sesar naik atau sesar turun.

2. Longsoran Lempeng Bawah Laut

Gerakan yang besar pada kerak bumi biasanya terjadi di perbatasan antar lempeng tektonik. Celah retakan antara kedua lempeng tektonik ini disebut dengan sesar fault). Sebagai contoh, di sekeliling tepian Samudra Pasifik, yang biasa disebut "lingkaran api (*Ring of Fire*)," lempeng samudra yang lebih padat menghunjam masuk ke bawah lempeng benua. Proses ini dinamakan dengan penghunjaman (*Subduction*). Gempa subduksi sangat efektif membangkitkan gelombang tsunami.

3. Aktivitas Vulkanik

Pergeseran lempeng di dasar laut, selain dapat mengakibatkan gempa juga sering kali menyebabkan peningkatan aktivitas vulkanik pada gunung berapi. Kedua hal ini dapat mengguncangkan air laut di atas lempeng tersebut. Meletusnya gunung berapi yang terletak di dasar samudra juga dapat menaikkan air dan membangkitkan gelombang tsunami.

4. Tumbukan Benda Luar Angkasa

Tumbukan dari benda luar angkasa seperti meteor merupakan gangguan terhadap air laut yang datang dari arah permukaan. Boleh dibayangkan, tsunami yang disebabkan tumbukan ini, umumnya terjadi sangat cepat dan yang mempengaruhi wilayah pesisir yang jauh dari sumber gelombang. Meskipun begitu, bila pergerakan lempeng dan tabrakan benda angkasa luar cukup dahsyat, kedua peristiwa ini dapat menciptakan Mega tsunami.

2.2.2 Karakteristik Tsunami

Perilaku gelombang tsunami sangat berbeda dari ombak laut biasa. Gelombang tsunami bergerak dengan kecepatan tinggi dan dapat merambat lintas samudra dengan energi yang sedikit berkurang. Tsunami dapat menerjang wilayah yang berjarak ribuan kilometer dari sumbernya, sehingga mungkin ada selisih waktu beberapa jam antara terciptanya gelombang ini dengan bencana yang ditimbulkannya di Pantai. Periode tsunami cukup bervariasi, mulai dari 2 menit

hingga lebih dari 1 jam. Panjang gelombangnya sangat besar, antara 100-200 Km. untuk lebih jelasnya bisa di lihat pada tabel berikut:

Tabel 3 Perbedaan periode Tsunami dan ombak laut (Hartuti, 2009)

Perbandingan Gelombang Tsunami dan Ombak Laut Biasa		
Parameter	Gelombang Tsunami	Ombak Biasa
Periode gelombang	2 menit sampai > 1 jam	± 10 detik
Panjang gelombang	100 – 200km	150 Meter

Pada suatu gelombang, bila rasio antara kedalaman air dan panjang gelombang sangat kecil, maka gelombang tersebut disebut gelombang air dangkal. Karena gelombang tsunami memiliki panjang gelombang yang sangat besar, sehingga gelombang tsunami berperan sebagai gelombang air dangkal, bahkan di samudra yang dalam sekalipun. Gelombang air dangkal bergerak dengan kecepatan yang setara dengan akar kuadrat hasil perkalian antara percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$) dan kedalaman air laut. Adapun rumus perhitungan kecepatan tsunami adalah sebagai berikut:

$$v = \sqrt{g(m/s^2) \times d(m)}$$

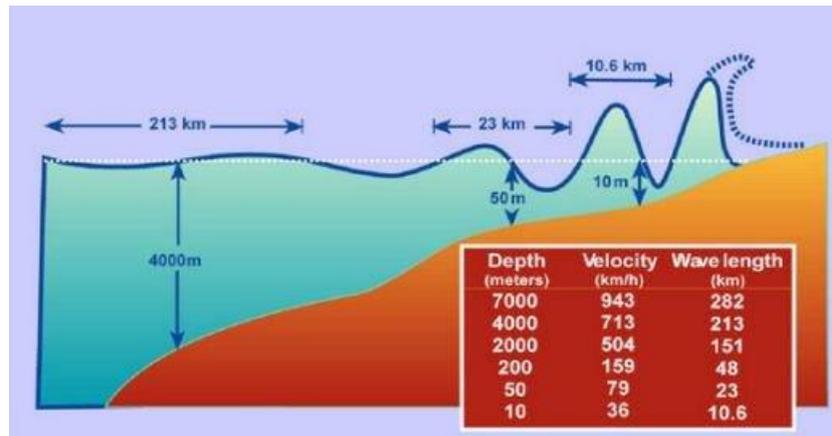
Dengan:

v = velocity (kecepatan)

g = gravity (9.8 m/s^2)

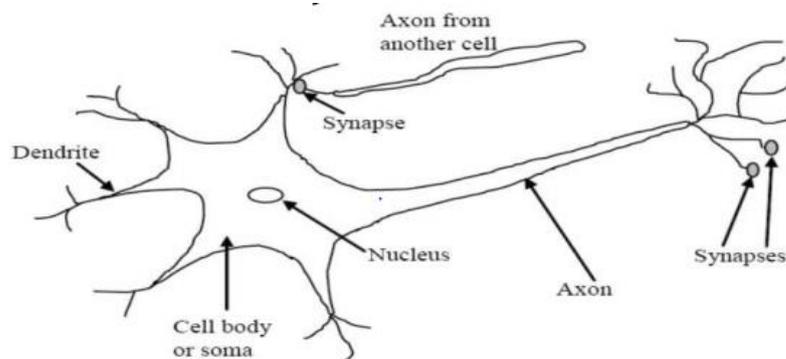
d = depth (kedalaman)

Energi dari gelombang tsunami merupakan fungsi perkalian antara tinggi gelombang dan kecepatannya. Nilai energi ini selalu konstan, yang berarti tinggi gelombang berbanding terbalik dengan kecepatan merambat gelombang. sehingga Saat memasuki wilayah dangkal, kecepatan gelombang tsunami akan menurun, sedangkan tingginya meningkat dan kemudian menciptakan gelombang mengerikan yang sangat merusak. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada ilustrasi berikut:



Gambar 2 Ilustrasi Amplitudo tsunami mencapai pantai (www.nea.gov.sg, 2017)

2.3 Artificial Neural Networks (ANN)

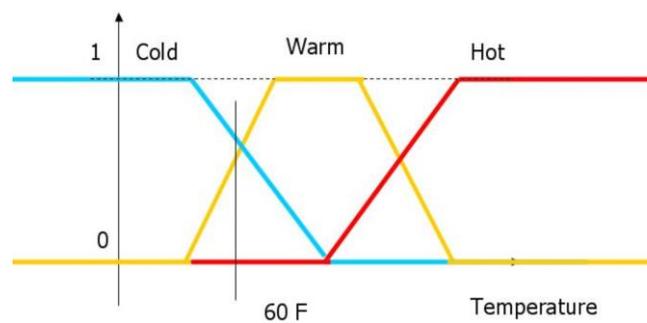


Gambar 3 Jaringan Syaraf Biologis (rizkiprabowo.home.blog, 2021)

Jaringan syaraf tiruan (JST) didefinisikan sebagai sistem pemrosesan informasi yang terinspirasi oleh struktur otak manusia. Gambar 3 menunjukkan neuron biologis yang terdiri dari istilah yang disebut soma, dendrit, dan akson. Soma adalah badan sel, sedangkan sejumlah ekstensi tulang belakang disebut dendrit. Akson bercabang dari soma dan terhubung ke dendrit neuron lain melalui sinapsis (Simon, 2012).

Terinspirasi dari neuron biologis di otak, JST terdiri dari sejumlah neuron yang saling berhubungan. Neuron adalah unit pemrosesan informasi yang menerima beberapa sinyal dari tautan inputnya, yang masing-masing memiliki bobot yang diberikan kepadanya. Bobot ini sesuai dengan efisiensi sinapsis dalam neuron biologis. Bobot adalah sarana dasar dari memori jangka panjang dalam JST (Negnevitsky, 2005). Umumnya, bobot awal jaringan diatur ke angka acak dan setelah itu; koreksi bobot dilakukan dari sekumpulan contoh pelatihan.

2.4 Fuzzy System

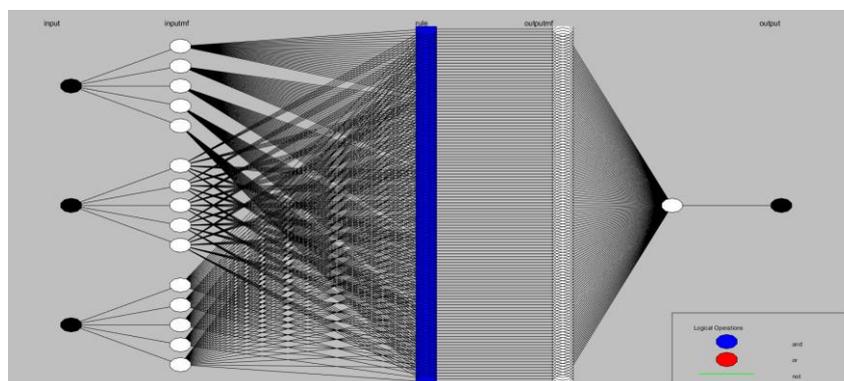


Gambar 4 Fuzzy model (medium.com/@gokcenazakyol/what-is-fuzzy-logic-fuzzy-logic-1-20041db1b971, 2023)

Himpunan fuzzy diperkenalkan oleh Zadeh (1965), untuk merepresentasikan dan memanipulasi data dan informasi yang memiliki berbagai alternatif ketidakpastian. Sepuluh tahun kemudian, ia memperkenalkan logika fuzzy yang didasarkan pada teori himpunan fuzzy dan merepresentasikan sebuah elemen ke dalam suatu derajat fungsi keanggotaan tertentu yang biasanya berupa bilangan real antara 0 dan 1 (Zadeh, 1975).

Berbeda dengan teori himpunan klasik atau himpunan tegas, di mana sebuah elemen merupakan anggota himpunan atau bukan, logika fuzzy dicirikan oleh istilah linguistik daripada angka. Sebagai contoh 'Mike sangat tinggi', di mana sangat adalah istilah linguistik yang menggambarkan besarnya variabel fuzzy tinggi. Dengan demikian, himpunan fuzzy merepresentasikan masalah dalam bahasa sehari-hari, dan meniru karakteristik penalaran dan pengambilan keputusan manusia.

2.5 Artificial Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)



Gambar 5 ANFIS model 3 input 5 membership

Keuntungan dari sistem inferensi fuzzy adalah bahwa ia dapat menangani ekspresi linguistik dan keuntungan dari jaringan syaraf adalah bahwa ia dapat dilatih sehingga dapat belajar sendiri dan meningkatkan diri Jang (1993). mengambil kedua keuntungan tersebut, menggabungkan kedua teknik tersebut, dan mengusulkan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS).

Ide di balik kombinasi jaringan syaraf dan inferensi fuzzy adalah untuk merancang sistem yang menggunakan sistem fuzzy untuk merepresentasikan pengetahuan dengan cara yang dapat ditafsirkan dan memiliki kemampuan belajar yang berasal dari jaringan syaraf yang dapat menyesuaikan parameter fungsi keanggotaan dan aturan linguistik secara langsung dari data dalam rangka untuk meningkatkan kinerja sistem (Wang et al., 2006).

Arsitektur ANFIS terdiri dari jaringan syaraf tiruan feedforward lima lapis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. ANFIS adalah sistem cerdas hibrida yang mengimplementasikan sistem inferensi fuzzy Sugeno untuk pendekatan sistematis dalam menghasilkan aturan fuzzy dari dataset inputoutput yang diberikan (Negnevitsky, 2005). Salah satu metode yang diusulkan oleh Jang untuk memperbarui parameter jaringan menggunakan kombinasi gradient descent dan least squares estimator (LSE). ANFIS menggunakan dua set parameter: satu set parameter premis dan satu set parameter konsekuen

2.6 Numpy



Gambar 6 Numpy Library

NumPy adalah paket dasar untuk komputasi ilmiah dalam Python. Ini adalah pustaka Python yang menyediakan objek larik multidimensi, berbagai objek turunan (seperti larik bertopeng dan matriks), dan bermacam-macam rutinitas untuk operasi cepat pada larik, termasuk matematika, logika, manipulasi bentuk, pengurutan, pemilihan, I/O, transformasi Fourier diskrit, aljabar linier dasar, operasi statistik dasar, simulasi acak, dan banyak lagi.

Inti dari paket NumPy adalah objek ndarray. Ini mengenkapsulasi larik n-dimensi dari tipe data homogen, dengan banyak operasi yang dilakukan dalam kode yang dikompilasi untuk kinerja.

2.7 Scikit-learn



Gambar 7 Scikit-Learn Library

Scikit-learn adalah perpustakaan pembelajaran mesin sumber terbuka yang mendukung pembelajaran yang diawasi dan tidak diawasi. Scikit-learn juga menyediakan berbagai alat untuk penyesuaian model, prapemrosesan data, pemilihan model, evaluasi model, dan banyak utilitas lainnya.

2.7.1 Scikit-Fuzzy



Gambar 8 Scikit-Fuzzy

Scikit-Fuzzy adalah kumpulan algoritme logika fuzzy yang dimaksudkan untuk digunakan dalam SciPy Stack, yang ditulis dalam bahasa komputasi Python.

2.8 Matplotlib



Gambar 9 Matplotlib

Matplotlib adalah sebuah pustaka plotting untuk bahasa pemrograman Python dan ekstensi matematika numerik NumPy. Ini menyediakan API berorientasi objek untuk menyematkan plot ke dalam aplikasi menggunakan toolkit GUI tujuan umum seperti Tkinter, wxPython, Qt, atau GTK. Ada juga antarmuka "pylab" prosedural yang didasarkan pada state machine (seperti OpenGL), yang dirancang agar mirip dengan MATLAB, meskipun penggunaannya tidak disarankan. Matplotlib menghasilkan angka-angka berkualitas publikasi dalam berbagai format cetak dan lingkungan interaktif di berbagai platform. Matplotlib dapat digunakan dalam skrip Python, shell Python/IPython, server aplikasi web, dan berbagai perangkat antarmuka pengguna grafis.

2.9 Anaconda



Gambar 10 Anaconda

Anaconda adalah distribusi bahasa pemrograman Python dan R untuk komputasi ilmiah (sains data, aplikasi pembelajaran mesin, pemrosesan data skala besar, analisis prediktif, dll.), yang bertujuan untuk menyederhanakan manajemen dan penyebaran paket. Distribusi ini mencakup paket-paket ilmu data yang cocok untuk Windows, Linux, dan macOS. Distribusi Anaconda hadir dengan lebih dari

250 paket yang terinstal secara otomatis, dan lebih dari 7.500 paket sumber terbuka tambahan dapat diinstal dari PyPI serta paket conda dan manajer lingkungan virtual.

2.10 Jupyter Notebook



Gambar 11 Jupyter Notebook

Jupyter Notebook (sebelumnya bernama IPython Notebook) adalah sebuah lingkungan komputasi interaktif berbasis web untuk membuat dokumen buku catatan. Jupyter Notebook dibangun dengan menggunakan beberapa pustaka sumber terbuka, termasuk IPython, ZeroMQ, Tornado, jQuery, Bootstrap, dan MathJax. Aplikasi Jupyter Notebook adalah sebuah REPL berbasis browser yang berisi daftar sel input/output yang terurut yang dapat berisi kode, teks (menggunakan Github Flavored Markdown), matematika, plot, dan media yang kaya. Jupyter Notebook mirip dengan antarmuka notebook dari program lain seperti Maple, Mathematica, dan SageMath, gaya antarmuka komputasi yang berasal dari Mathematica pada tahun 1980-an.

2.11 Python



Gambar 12 Python Language

Python adalah bahasa pemrograman tujuan umum yang ditafsirkan, tingkat tinggi. Dibuat oleh Guido van Rossum dan pertama kali dirilis pada tahun 1991, filosofi desain Python menekankan keterbacaan kode dengan penggunaan spasi putih yang signifikan. Konstruksi bahasanya dan pendekatan berorientasi objek bertujuan untuk membantu pemrogram menulis kode yang jelas dan logis untuk

proyek skala kecil dan besar. Python diketik secara dinamis dan pengumpulan sampah. Ini mendukung beberapa paradigma pemrograman, termasuk pemrograman terstruktur (terutama, prosedural), berorientasi objek, dan fungsional.