

## FORECASTING EARTHQUAKE MAGNITUDE AROUND JAVA ISLAND BY USING FUZZY MODELING

Hari Purnomo Susanto, Dalud Daeka<sup>1</sup>

**Abstract:** The earthquake is one of disaster that up to now it can't be predicted. So many experts had been studying about how to predict earthquake. A few research had done by using mathematical modeling. This research purpose is to find mathematical modeling by using fuzzy logic system. It system was Constructed by combining of singleton fuzzification, multiple inferential machine, central mean defuzzification, and Gaussian member function. Fuzzy rule base was constructed by using Table look Up Scheme, its method was develop by Wang. There were three Fuzzy model that was construct in this research, the first is 3 input- 1output fuzzy model, second is 5 input – 1 output fuzzy model, and the third is 7 input – 1 output fuzzy model. Each fuzzy model is using 36 fuzzy set to construct the rule base. The result shows that the MAPE of each model respectively are 4,34%, 1,29, and 0.67%, then the MSE of each model respectively are 10,72%, 1.19%, and 0.14%. By analyse the result of MAPE and MSE of each model, the best model to forecast the magnitude of ertquake is 7 input – 1 input fuzzy model.

**Keywords:** *fuzzy modeling, defuzzification, earthquake*

---

### A. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki ancaman bencana gempa bumi dengan intensitas tinggi karena dilewati tiga pertemuan lempeng bumi yaitu Lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Gempa bumi terjadi karena terjadi pelepasan energi yang akibatkan pergerakan lempeng bumi. Menurut BMKG gempa bumi memiliki beberapa karakteristik yaitu berlangsung dalam waktu yang sangat singkat, lokasi kejadian tertentu, Akibatnya dapat menimbulkan bencana, berpotensi terulang lagi, Belum

---

<sup>1</sup> STKIP PGRI Pacitan, Pacitan, Indonesia, [hazi328@yahoo.co.id](mailto:hazi328@yahoo.co.id), [Dalud\\_daeka@gmail.com](mailto:Dalud_daeka@gmail.com)

dapat diprediksi, dan tidak dapat dicegah, tetapi akibat yang ditimbulkan dapat dikurangi.

Sesuai data dari BMKG Indonesia merupakan Negara yang memiliki ancaman bahaya gempa dengan intensitas tinggi. Berikut Kejadian-kejadian gempa yang tercatat menimbulkan banyak korban yaitu: Tahun 1992 terjadi gempa di Flores berkekuatan 7,9 SR dengan korban sekitar 2.500 jiwa. Tahun 2004 terjadi Gempa di NAD berkekuatan 9,0 SR yang mengakibatkan terjadinya tsunami dengan korban sekitar 220.000 jiwa. Tahun 2006 terjadi gempa di DIY berkekuatan 5,9 dengan korban meninggal 6.000 jiwa dan 300.000 keluarga kehilangan tempat tinggal.

Melihat ancaman yang dapat ditimbulkan akibat terjadinya gempa bumi, berdasarkan karakteristik dan korban jiwa yang banyak, menarik perhatian para ahli untuk mengetahui bagaimana suatu pemodelan matematika dapat memprediksi besar kekuatan gempa bumi. Kannan (2014) memprediksi letak dan besar gempa menggunakan distribusi Poisson dan model keterhubungan ruang. Rafi (2005) melakukan analisis dan prediksi gempa menggunakan distribusi Poisson. Stamatovska (Masaki, 2012) memprediksi posisi gempa yang akan terjadi menggunakan *Azimuth dependent mathematical model*. Oyesanya dan Collins (2009) membuat model *microseism time series model*. Homer, Pasau dan Ferdy (2013) melakukan analisis dan prediksi besarnya gempa menggunakan *Maximum Likelihood*. Chastin and Ian (2012) mengkonstruksi model matematika untuk memprediksi amplitudo gempa menggunakan data *time series*.

Berbeda dengan model-model di atas, model yang dikonstruksi pada penelitian ini yaitu model fuzzy dengan metode seleksi aturan basis menggunakan tabel look up scheme. Kelebihan dari model fuzzy yang terbentuk yaitu data yang digunakan bisa langsung digunakan untuk pemodelan sehingga tidak terlalu ribet dalam penggunaannya. Kelemahan penggunaan tabel look up memungkinkan adanya aturan basis samar yang tidak terbentuk, hanya dapat digunakan sesuai dengan interval yang didefinisikan saja.

Penelitian ini dilakukan dengan membentuk model fuzzy menggunakan proses yang terdiri dari fuzzifikasi, mesin inferensi, defuzzifikasi yang dikembangkan oleh Wang (1997).

## B. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini termasuk pada penelitian Terapan. Penerapan Fuzzy logic system pada pemodelan matematika untuk memprediksi besarnya gempa selanjutnya. Model matematika yang dibentuk dengan fuzzy logic system menggunakan data time series gempa dan data-data lain yang mempengaruhi terjadinya gempa. Data yang digunakan yaitu data skunder gempa yang diperoleh dari beberapa situs pencatat Gempa dan BMKG, dari data-data tersebut akan dibentuk suatu model matematika dengan menggunakan fuzzy logic system.

Data yang digunakan untuk membentuk model yaitu data gempa disekitar pulau jawa yang di ambil dari situs web rekomendasi dari BPBD dan BMKG yaitu Geofon.gfz-potsdam.de.

Data yang digunakan tercatat dari tahun 2003 sampai dengan Maret 2015 sebanyak 806 data gempa di atas 3 SR. dari data tersebut akan digunakan untuk mengkonstruksi model menggunakan system fuzzy dengan menggunakan metode tabel look up scheme. Berikut langkah-langkhnya,

**Langkah 1.** Dari 806 data gempa didefinisikan himpunan samar yang disesuaikan dengan interval data gempa, pada langkah ini diperoleh 36 himpunan fuzzy dengan lebar 0.125 menggunakan fungsi keanggotaan Gaussian. **Langkah 2.** Mengkonstruksi aturan fuzzy, aturan fuzzy yang dibentuk pada penelitian ini yaitu 3 input- 1 output, 5 input-1 output, dan 7 input-1 output, dari masing-masing mode tersebut diperoleh aturan fuzzy 803 aturan, 801 aturan, dan 799 aturan. Aturan-aturan fuzzy yang terbentuk belum bisa langsung digunakan harus diseleksi terlebih dahulu. **Langkah 3.** Menghitung nilai keanggotaan dari setiap aturan fuzzy yang terbentuk dan memilih nilai keanggotaan hasil perkalian dari aturan yang memiliki input yang sama. **Langkah 4.** Menyeleksi aturan-aturan fuzzy yang terbentuk sedemikian sehingga tidak terjadi gangguan. Dari masing-masing model diperoleh aturan fuzzy setelah diseleksi berturut-turut sebanyak 563 aturan, 790 aturan, dan 799 aturan. Aturan-aturan fuzzy tersebut siap digunakan membentuk model fuzzy yang di inginkan. **Langkah 5.** Mengkonstruksi model menggunakan aturan-aturan fuzzy yang terbentuk menggunakan kombinasi fuzzifikasi singletone, mesin inferensi pergandaan, dan defuzifikasi rata-rata pusat.

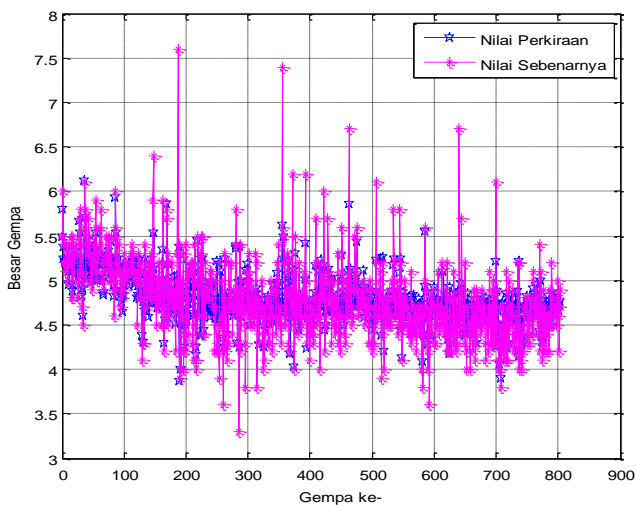
### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari masing-masing model fuzzy yang terbentuk diperoleh hasil sebagai berikut.

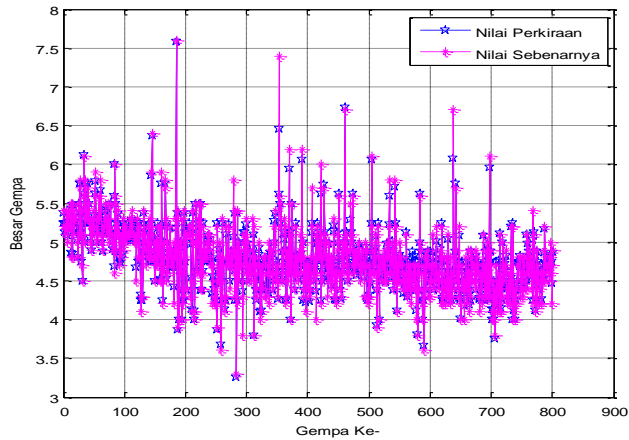
**Tabel 1. Perbandingan MAPE dan MSE dari setiap Model**

Model	MAPE	MSE
3 input-1 output	0.059011	0.15544
5 input-1 output	0.038291	0.078424
7 input-1 output	0.020891	0.021781

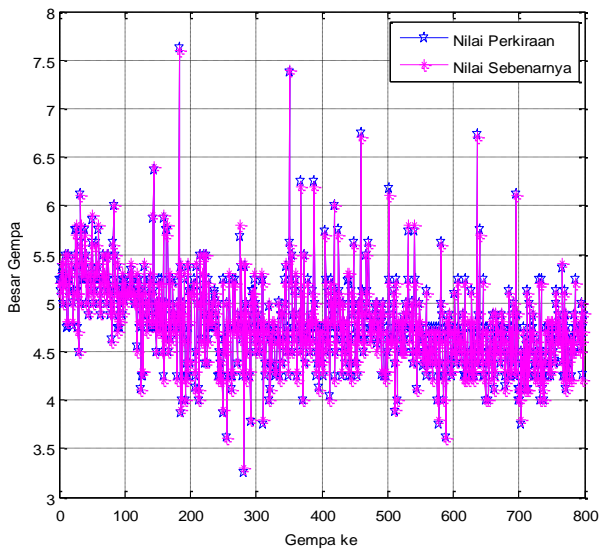
Berikut diberikan hasil perbandingan grafik antara data gempa asli dengan data gempa hasil prediksi data gempa menggunakan data yang digunakan untuk membentuk model.



**Gambar 1.** Grafik hasil prediksi model 3 input – 1 output



**Gambar 2.** Grafik hasil prediksi model 5 input – 1 output



**Gambar 3.** Grafik hasil prediksi model 7 input – 1 output

Model terbentuk dengan tiga input, 5 input, dan 7 input. Pada pemodelan matematika dengan menggunakan konsep fuzzy system tidak tergantung pada aturan apapun, tetapi pada penelitian ini banyak input yang digunakan didasarkan pada data gempa. Dapat juga dilakukan

dengan menentukan korelasi untuk menentukan korelasi tertinggi antar setiap input dan output, input yang memiliki korelasi tertinggi dapat digunakan untuk menentukan input yang berpengaruh.

Hasil MAPE dan MSE dari masing-masing model menunjukkan bahwa MAPE dan MSE dari model 5 input lebih kecil dari pada model dengan 3 input, ini menunjukkan bahwa model 5 lebih baik dari pada model 3 jika digunakan untuk menentukan prediksi. Model 7 input memiliki nilai MAPE dan MSE lebih kecil dari pada model dengan 3 input dan 5 input, ini berarti bahwa model dengan 7 input merupakan model terbaik yang dapat digunakan untuk memprediksi besar gempa.

#### **D. KESIMPULAN**

Penelitian ini menyimpulkan bahwa semakin banyak input yang digunakan untuk membentuk model menggunakan fuzzy logic system maka semakin bagus pula model tersebut digunakan untuk memprediksi. Model 7 merupakan model terbaik jika digunakan untuk memprediksi besar gempa.

Model-model dalam artikel ini hanya menggunakan data-data gempa saja. Jadi prediksi dilakukan dengan menggunakan data gempa yang telah terjadi untuk menentukan gempa yang akan datang. Data tersebut masuk pada wilayah data time series. Memprediksi gempa dengan data gempa sebelumnya dapat diartikan bahwa gempa yang akan datang dipengaruhi atau memiliki korelasi dengan gempa yang sudah terjadi.

Salah satu karakteristik gempa yang terjadi yaitu posisi terjadinya gempa sangat tidak beraturan. Sehingga harus ditentukan model gempa yang tidak didasarkan pada gempa sebelumnya untuk memprediksi gempa yang akan datang. tetapi didasarkan terhadap gejala-gejala atau factor-faktor yang terjadi disekitar pusat gempa sebelum terjadi gempa.

Penentuan model untuk memprediksi besar gempa selanjutnya dapat digunakan model fuzzy tetapi menggunakan factor-faktor yang menurut para ahli sangat mempengaruhi besar gempa diantaranya, suhu disekitar pusat sebelum terjadi gempa, kondisi lapisan ionosfer dan factor-faktor lainnya. Saya menduga prediksi gempa dengan menggunakan factor-faktor yang mempengaruhinya akan lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, A.M., Subanar, Widodo, Saleh, S. (2009). *A New Method for Generating Fuzzy Rules from Training Data and Its Applications to Forecasting Inflation Rate and Interest Rate of Bank Indonesia Certificate*, Journal of Quantitative Methods, Vol. 5, No. 2, 78-83, 2009.
- Kanao, M. (2012). *"Seismic Waves - Research and Analysis"*, Republic of Macedo: [CC BY 3.0 license](#)
- Kannan, S. (2013). *Innovative Mathematical Model for Earthquake Prediction*. journal of Engineering Failure Analysis No 41, 89–95, 2014
- Rafi, Zahid. 2005. *Analysis Of Seismicity In Arabian Sea Based On Statistical Model*. Pakistan Journal of Meteorology Vol. 2, Issue 4, 2005
- Sebastien F. M. Chastin and Ian G. Main. (2003). *Statistical analysis of daily seismic event rate as a precursor to volcanic eruptions*. geophysical research letters, vol. 30, no. 13, 1671,
- Susanto, H.P., dan Abadi, A.M. (2012). *Konstruksi model fuzzy untuk data Time series dan aplikasinya untuk Prediksi indeks harga saham Gabungan (IHSG)*. Diseminarkan di KMN 16 di UNPAD.
- Wang, Li Xin. (1997). *A Course in Fuzzy Systems and Control*. Prentice-Hall International: New Jersey.