

**PENENTUAN HIPOSENTER GEMPABUMI PROBOLINGGO
23 NOVEMBER 2022 SECARA OTOMATIS MENGGUNAKAN METODE
*ATTENTIVE DEEP LEARNING***

Oleh :

Suwarto / NIP. 19760630.200604.1.005

Tri Deni Rachman / NIP. 198312262006041003

Muhajir Anshori / NIP.198706292009111001



STASIUN GEOFISIKA KELAS II PASURUAN
BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
Pasuruan | Desember 2022

1. Pendahuluan

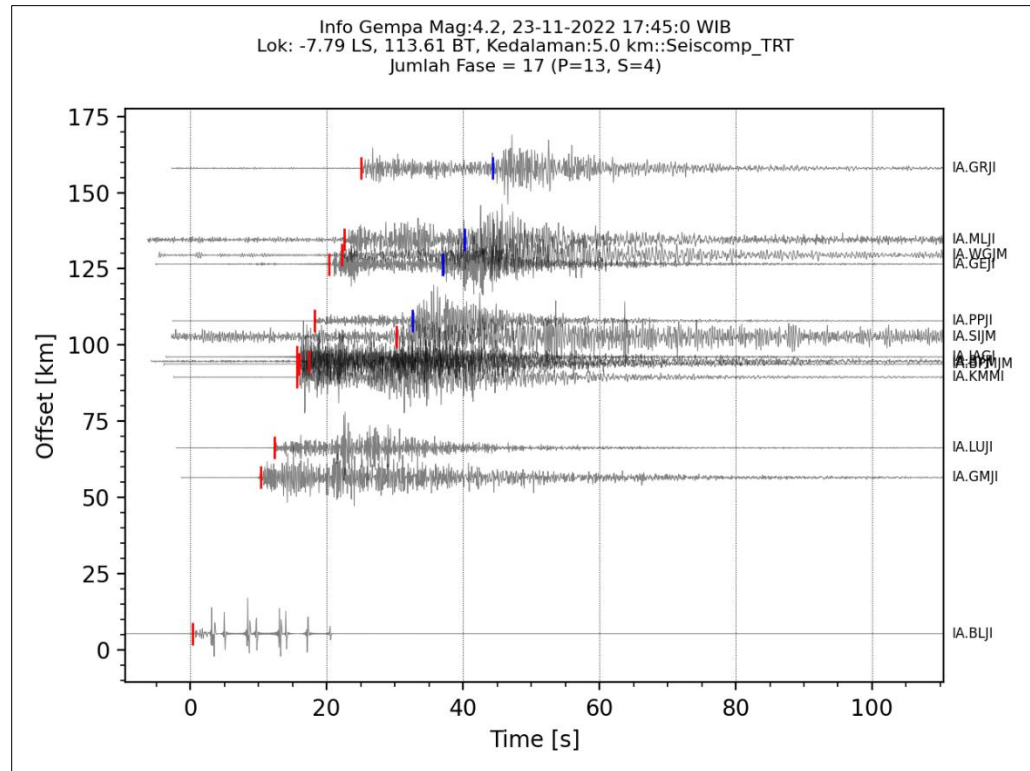
Jawa Timur merupakan wilayah dengan aktivitas seismik yang tinggi karena lokasinya yang berada pada daerah pertemuan 2 lempeng besar dunia yaitu Lempeng Indo-Australia dan Eurasia. Sumber gempabumi di Jawa Timur bukan hanya berasal dari zona *megathrust* di Selatan Jawa namun juga beberapa sesar lokal yang tidak kalah berbahaya. Gempabumi merusak telah terjadi di Selatan Malang (10 April 2021) dan di Selatan Blitar (21 Mei 2021) dimana keduanya menimbulkan kerusakan cukup parah dan juga korban jiwa. Dalam periode bulan Oktober 2016 hingga November 2022 Stasiun Geofisika Kelas II Pasuruan berhasil mencatat sekitar ribuan event gempabumi yang terjadi di daerah Jawa Timur dan sekitarnya. Gempabumi merusak terkini terjadi dengan sumber berada di darat tepatnya berlokasi pada jarak 14 km arah timur laut Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Gempabumi dengan kekuatan magnitudo 4.1 tersebut terjadi pada tanggal 23 November 2022 pukul 17.45.00. WIB dengan koordinat episenter -7.79 LS, 113.61 BT dan kedalaman 6 km (Sumber : PGR7).



Gambar 1. Peta lokasi gempabumi di Kabupaten Probolinggo tanggal 23 November 2022 (Sumber : PGR7)

Menurut informasi dari Pusat Pengendali Operasi (Pusdalops) BPBD Kab.Probolinggo dan BPBD Kab.Situbondo, telah terjadi kerusakan akibat gempabumi tersebut yaitu 4 unit rumah rusak ringan di Kec.Kotaanyar dan 1 unit sekolah (SMP 4 Pakuniran), 3 unit rumah dan 1 musholla rusak ringan di desa Selo Banteng kecamatan Banyu Glugur Kabupaten Situbondo.

Kajian singkat ini mencoba untuk menerapkan sebuah metode baru dalam penentuan hiposenter gempabumi khususnya dalam metode *picking* yaitu dari yang semula dilakukan secara manual oleh operator *on duty* menjadi dilakukan secara otomatis menggunakan metode *attentive deep learning* (Mousavi dkk, 2020). Berikut adalah plot waveform gempabumi Probolinggo tanggal 23 November 2022 hasil analisa *Seiscomp* Stasiun Geofisika Pasuruan.



Gambar 2. Plot waveform gempabumi Probolinggo tanggal 23 November 2022 hasil analisa *Seiscomp* Stasiun Geofisika Pasuruan.

2. Data dan Metode

2.1 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data *waveform* yang di download dari *seiscomp* Stasiun Geofisika Pasuruan beserta metadata-nya. dengan panjang data selama 10 menit berawal dari 2 menit sebelum hingga 8menit sesudah *origin time*. Jumlah stasiun yang digunakan adalah sebanyak 53 stasiun yang tersebar di wilayah Jawa Timur dan Sekitarnya.

2.2 Metode

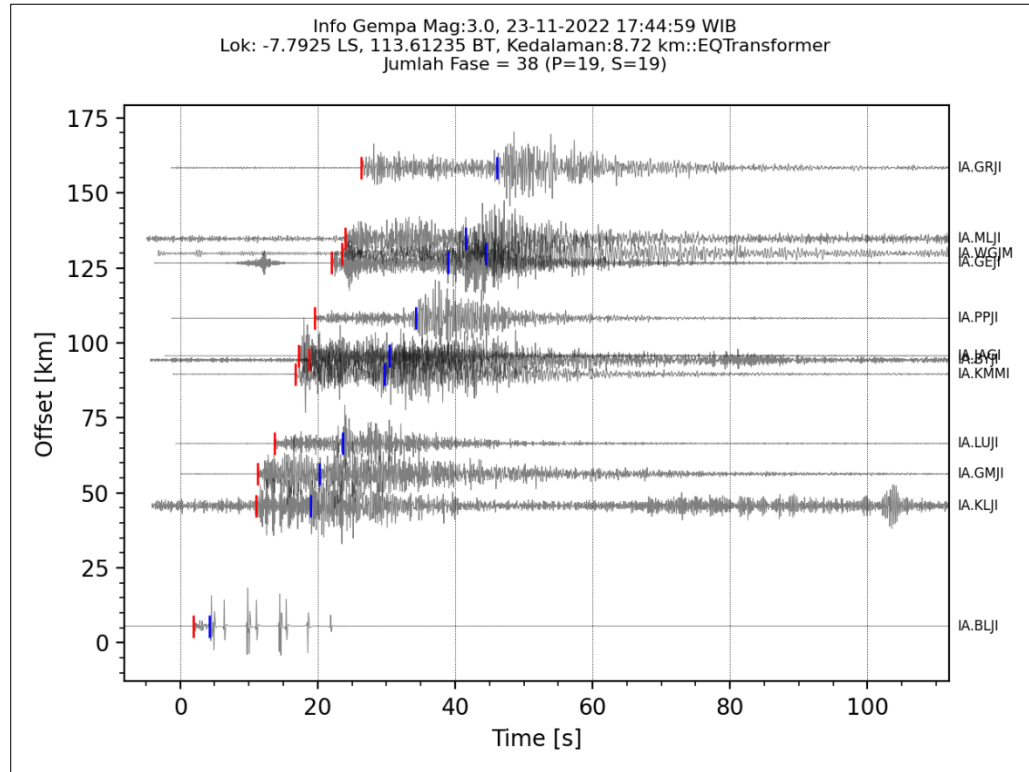
Deep learning adalah salah satu algoritma *machine learning* yang akhir-akhir ini banyak diterapkan dalam berbagai bidang termasuk seismologi seperti pembuatan sistem deteksi dan *picking* otomatis (Mousavi dkk, 2020), deteksi dan penentuan lokasi hiposenter oleh Perol dkk, (2018) dan Lomax dkk. (2018), penentuan *focal mechanism* (Kuang dkk., 2021) serta estimasi magnitudo gempabumi (Mousavi dan Beroza, 2019). Pada perkembangannya, *deep learning* memiliki beraneka ragam algoritma yang disesuaikan dengan karakteristik data input dan data target yang akan diprediksi. Metode ini memiliki prinsip yang cukup sederhana yaitu sebuah program dirancang guna mempelajari pola atau fitur yang terkandung dalam suatu rangkaian data untuk kemudian disimpan sebagai sebuah model yang dapat dipergunakan untuk memprediksi data yang berbeda.

Mousavi dkk., (2020) menerapkan metode *attentive deep learning* dalam sebuah program yang diberi nama *EQTransformer* (untuk selanjutnya disebut EQT). Model EQT diperoleh dari hasil training data sekitar 1 juta *waveform* dan dirancang untuk memiliki kemampuan mendeteksi dan melakukan *picking* sinyal gempabumi secara otomatis. Setelah melalui serangkaian uji coba dan perbandingan dengan metode lainnya, terbukti EQT memiliki akurasi dan validitas yang lebih baik dibandingkan dengan metode *picking* otomatis tradisional seperti AR-AIC, STA/LTA rasio dan lain-lain (Mousavi dkk., 2020). Program ini telah diterapkan pada *waveform continuous* sepanjang 5 bulan untuk kasus gempabumi Tottori Jepang Mw 6.6 Tahun 2000 serta mampu mendeteksi event gempabumi dengan jumlah 2 kali lipat lebih banyak daripada katalog yang dihasilkan oleh Japan Meteorological Agency (JMA) bahkan dengan jumlah stasiun yang hanya sepertiganya (Mousavi dkk., 2020).

Program terlebih dahulu akan mendeteksi apakah sebuah event gempabumi terekam pada suatu stasiun atau tidak. Proses *scanning* ini dilakukan untuk semua stasiun satu per satu. Jika terdeteksi sebuah gempa, sistem akan secara otomatis melakukan *picking* gelombang P dan S lalu menyimpan *arrival time* hasil *picking* berikut plot *waveform*-nya. Tahap berikutnya adalah proses asosiasi. Proses asosiasi adalah proses untuk mengelompokkan *arrival time* hasil *picking* yang berasal dari event yang sama. Dari proses ini akan diketahui berapa jumlah event yang berhasil di deteksi serta dipicking untuk selanjutnya dilakukan proses lokalisasi atau penentuan parameter hiposenter. Proses penentuan parameter hiposenter dilakukan dengan menggunakan *software hypoinvers* (Klein, 2014) serta menggunakan model kecepatan local (Koulakov, 2007). Parameter serta *plotting waveform* dari hasil *seiscomp* dan program otomatis akan dibandingkan untuk mengetahui tingkat performa program.

3. Hasil dan Diskusi

Berikut adalah nilai parameter gempabumi Probolinggo beserta *plot waveform*-nya berdasarkan hasil deteksi otomatis menggunakan metode *attentive deep learning*.



Gambar 3. Plot *waveform* gempabumi Probolinggo tanggal 23 November 2022 hasil analisa otomatis menggunakan metode *attentive deep learning*.

<i>EQ Parameter</i>	<i>Seiscomp</i>	<i>Automatoc attentive deep learning</i>
▪ <i>Latitude</i>	-7.79	-7.7925
▪ <i>Longitude</i>	113.61	113.61235
▪ <i>Depth</i>	5.0	8.72
▪ <i>N Phase (P, S)</i>	17 Phase (13 P, 4 S)	38 Phase (19 P, 19 S)

Sistem deteksi dan lokalisasi gempabumi secara otomatis dinilai merupakan sistem yang menjanjikan di masa depan mengingat penggunaannya yang jauh lebih praktis dan yang paling utama adalah minim sentuhan operator. Sistem ini tentu akan memiliki keunggulan yang signifikan manakala terjadi sebuah gempabumi yang diikuti gempa susulan yang sangat banyak. Namun tingkat kehandalan dan akurasi masih harus terus diuji agar tidak kalah dengan sistem manual.

Sistem deteksi dan picking otomatis menggunakan metode *attentive deep learning* yang diterapkan pada kasus gempabumi Probolinggo mampu menghasilkan parameter gempabumi yang tidak jauh berbeda dengan parameter yang dihasilkan oleh *seiscomp*. Perbedaan cukup signifikan terdapat pada jumlah fase yang dihasilkan. Hasil analisa *seiscomp* menghasilkan 17 fase yang terdiri dari 13 fase P dan 4 fase S sedangkan program otomatis menghasilkan lebih banyak fase yaitu sebanyak 38 fase.

Terdapat juga perbedaan pada parameter kedalaman dimana *seiscomp* menghasilkan kedalaman 5 km sedangkan program otomatis menghasilkan kedalaman 8.7 km. Sistem ini dinilai mampu menghasilkan parameter kedalaman yang lebih akurat daripada *seiscomp*. Pada sistem *seiscomp* sering dijumpai kedalaman gempabumi 0 km pada proses analisisnya sehingga seringkali harus dibuat *fix* dengan nilai tertentu. Hal tersebut mungkin disebabkan oleh perbedaan model kecepatan yang digunakan. Sistem ini sudah menggunakan model kecepatan lokal yang lebih representatif daripada model kecepatan global yang selama ini diterapkan pada *seiscomp*.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Sistem deteksi dan lokalisasi gempabumi secara otomatis menggunakan metode *attentive deep learning* yang diterapkan pada kasus gempabumi Probolinggo mampu menghasilkan parameter gempabumi yang tidak jauh berbeda dengan parameter yang dihasilkan oleh *seiscomp* namun dengan jumlah fase yang lebih banyak.
2. Sistem ini dinilai mampu menghasilkan parameter kedalaman yang lebih akurat daripada *seiscomp*. Pada sistem *seiscomp* sering dijumpai kedalaman gempabumi 0 km pada proses analisisnya sehingga seringkali harus dibuat *fix* dengan nilai tertentu. Hal tersebut mungkin disebabkan oleh perbedaan model kecepatan yang digunakan. Sistem ini sudah menggunakan model kecepatan lokal yang lebih representatif daripada model kecepatan global yang selama ini diterapkan pada *seiscomp*.

Daftar Pustaka

Fred Klein (2014) User's Guide to HYPOINVERSE-2000, a Fortran Program to Solve for Earthquake Locations and Magnitudes, Version 1.40, June 2014

Koulakov, I., Bohm, M., Asch, G., Luhr, B. G., Manzanares, A., Brotopuspito, K. S., Fauzi, P., Purbawinata, M. A., Puspito, N. T., Ratdomopurbo, A., Kopp, A., Rabbel, W. dan Shevkunova, E. (2007) : P and S velocity structure of the crust and the upper mantle beneath Central Java from local tomography inversion, *Journal Of Geophysical Research*, VOL. 112

Kuang, W., Yuan, C., & Zhang, J. (2021). Real-time determination of earthquake focal mechanism via deep learning. *Nature communications*, 12(1), 1-8."

Lomax, A., Michelini, A. & Jozinović, D. (2018). An investigation of rapid earthquake characterization using single station waveforms and a convolutional neural network, *Seismological Research Letters*.

Mousavi, S. M., Ellsworth, W., Zhu, W., Chuang, L., & Beroza, G. C. (2020). Earthquake transformer—an attentive deep-learning model for simultaneous earthquake detection and phase picking," *Nature Communications*, vol. 11.

Mousavi, S. M., Sheng, Y., Zhu, W. & Beroza, G. C. (2019). Stanford earthquake dataset (stead): A global data set of seismic signals for ai, *IEEE Access*, vol. 7, pp. 179 464–179 476.,

Mousavi, S. M., & Beroza, G. C. (2019). A Machine-Learning Approach for Earthquake Magnitude Estimation. *Geophysical Research Letters*.

Perol., T, Gharbi, M. & Denolle, M.(2018). Convolutional Neural Network for Earthquake detection and location. *Science Advances*, Vol. 4, no. 2, e1700578, DOI: 10.1126/sciadv.1700578.

Mengetahui



Kepala Stasiun Geofisika Kelas II Pasuruan

P. L. Y. OKTAVIA H., S.Kom, M.Kom
NIP. 19761004.199803.1.001