

Analisis Penentuan Letak Epicentrum Gempa Dan Dampaknya Terhadap Konstruksi

Nelson Huatahaean¹, Mahadianto², Boy Simbolon³

Program Study Teknik Sipil, Universitas Darma Agung, Medan, Indonesia

Email: nelsonhutahean@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 10 November 2022

Revised: 10 November 2022

Accepted: 15 November 2022

Keywords:

Letak Epicentrum

Gempa

Konstruksi

Published by

Impression : Jurnal Teknologi dan Informasi
Copyright © 2023 by the Author(s) | This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

Ditinjau terhadap percepatan puncak gempa di permukaan bumi, maka lebih dari setengah wilayah Indonesia memiliki kekuatan gempa sedang sampai tinggi dengan kedalaman pusat gempa dari dangkal sampai sangat dalam. Jika lokasinya yang rawan terhadap gempa, maka struktur bangunan di Indonesia harus mempertimbangkan besarnya kekuatan gempa pada perencanaan konstruksi bangunan. Besarnya energi gempa yang terjadi menggunakan rumus $\text{Log } E = 11,4 + 1,5 R$. Selanjutnya dapat dihitung hubungan Magnitudo dan Frekuensi gempa yang terjadi. Pengaruh gempa dipermukaan tanah tidak hanya di tentukan oleh besar energi yang dilepaskan akan tetapi kedalaman atau jarak sumber gempa. Untuk menentukan pusat gempa (*epicentrum*) tidaklah sederhana, untuk itu digunakan parameter-parameter yang telah disederhanakan dengan data seismograf. Berdasarkan uraian latar belakang masalah tersebut penulis menarik judul Analisis Penentuan Letak Epicentrum Gempa Dan Dampaknya Terhadap Konstruksi dengan hasil penelitian semakin dekat permukaan tanah dari dasar batuan, kecepatan gelombang gempa yang datang dari bawah akan berkurang sedangkan amplitudo vibrasinya akan membesar. Meskipun demikian dampak kejadian ini akan efektif pada tanah dengan ketebalan lebih dari 10 m. Semakin dalam batuan berada maka elastisitas batuan semakin tinggi, hal ini memungkinkan pada kedalaman besar dapat menyimpan potensial besar yang suatu saat akan terlepas menjadi gempa.

Corresponding Author:

Author

Program Study Teknik Sipil, Universitas Darma Agung, Medan

Email: nelsonhutahean@gmail.com

PENDAHULUAN

Gempa bumi didefinisikan sebagai getaran yang bersifat alamiah yang terjadi pada lokasi tertentu, dan sifatnya tidak berkelanjutan. Getaran pada bumi terjadi akibat dari adanya proses pergeseran secara tiba-tiba (*sudden slip*) pada kerak bumi. Pergeseran secara tiba-tiba terjadi karena adanya sumber gaya (*force*) sebagai penyebabnya, baik bersumber dari alam itu sendiri maupun dari luar (*artificial earthquakes*). (Zahera et al., n.d.)

Selain disebabkan oleh *sudden slip*, getaran pada bumi juga bisa disebabkan oleh gejala lain yang sifatnya lebih halus atau berupa getaran kecil yang sulit dirasakan manusia. Getaran tersebut misalnya yang disebabkan oleh lalu-lintas, mobil, kereta api, dan lain-lain. Getaran seperti ini dikelompokkan sebagai mikroseismisitas (getaran sangat kecil).

Indonesia adalah negara kepulauan yang rentan terhadap gempa. Sehingga para ahli teknik sipil dalam perencanaan konstruksi harus memiliki pengetahuan tentang gempa yang dimulai dari sumber

gempa yaitu letak epicentrum, defenisi gempa, dan kekuatan gempa yang dapat merusak konstruksi bangunan.

Dalam tugas ini akan diuraikan tentang identifikasi sumber gempa (epicentrum) dan kekuatan gempa dan dampaknya terhadap bangunan.

Kekuatan gempa dapat diukur dengan menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan kuantitatif adalah pengukuran parameter gempa berdasarkan energy yang tercatat pada sumber gempa dengan menggunakan Skala Richter yang disebut dengan (Kurokawa et al., 2018)magnitude, sedangkan pendekatan kualitatif adalah pengukuran gempa dengan menggunakan intensitas (*intensity*).

URAIAN TEORI

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang terjadi secara tiba-tiba atau rentetan gerakan tiba-tiba dari tanah yang bersifat transient yang berasal dari suatu daerah terbatas dan menyebar dari suatu titik ke segala arah. Penyebab dari gempa bumi itu sendiri dapat terjadi oleh beberapa hal yang antara lain peristiwa alam berupa getaran/goncangan tanah yang diawali dengan patahnya lapisan tanah/batuan di dalam kulit bumi, dan diikuti dengan pelepasan energi secara mendadak yang mengiringi perkembangan bumi. Semakin besar energi regangan elastis batuan pada litosfir yang dilepas semakin kuat gempa yang terjadi. (Kurokawa et al., 2018)

Menurut Fowler (1990) Gempa bumi (*Seisme*) adalah sentakan asli dari bumi yang bersumber dari dalam bumi yang merambat melalui permukaan bumi dan menembus bumi. Gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng bumi). Bumi dengan kepadatannya selalu bergerak, dan gempa bumi terjadi apabila tekanan yang terjadi karena pergerakan itu sudah terlalu besar untuk dapat ditahan.

Apabila ditinjau terhadap percepatan puncak gempa di permukaan bumi, maka lebih dari setengah wilayah Indonesia memiliki kekuatan gempa sedang sampai tinggi dengan kedalaman pusat gempa dari dangkal sampai sangat dalam. Karena lokasinya yang rawan terhadap gempa, maka struktur bangunan di Indonesia harus mempertimbangkan besarnya kekuatan gempa pada perencanaan konstruksi bangunan. Fowler juga mengklasifikasikan gempa berdasarkan kedalaman fokus sebagai berikut :

- a. Gempa dangkal : kurang dari 70 km dari Muka Air Laut
- b. Gempa menengah : kurang dari 300 km Muka Air Laut
- c. Gempa dalam : lebih dari 300 km (kadang-kadang > 450 km) Muka Air Laut

Berdasarkan bentuk epicentrum gempa dapat dibagi tiga yaitu :

- a. Gempa central yaitu gempa yang epicentrumnya titik.
- b. Gempa linier yaitu gempa yang epicentrumnya garis

Berdasarkan jarak epicentrum :

- a. Gempa local, yaitu epicentrumnya kurang dari 10.000 km
- b. Gempa jauh, yaitu epicentrumnya sekitar 10.000 km
- c. Gempa sangat jauh, yaitu epicentrumnya lebih dari 10.000 km

Selain klasifikasi gempa tersebut dikenal juga gempa laut yaitu gempa yang epicentrumnya terdapat di bawah permukaan laut. Gempa ini menyebabkan terjadinya gelombang pasang yang dahsyat disebut tsunami.(Zamili, n.d.)

Gelombang Gempa

1. *Body wave* : gelombang ini berjalan melalui bagian dalam bumi, menghasilkan berkas sinar yang dibiaskan oleh kepadatan yang bervariasi dan modulus (kekakuan) dari interior bumi. Kepadatan dan modulus bervariasi sesuai dengan suhu, dan komposisi fase. Hal ini mirip dengan pembiasan gelombang cahaya. *Body wave* terdiri dari Gelombang primer dan sekunder. Gelombang primer adalah tekanan gelombang yang

berjalan lebih cepat daripada gelombang lain melalui bumi dan sampai pertama kali pada seismograf. Garis berwarna merah adalah gelombang sekunder dan garis berwarna hijau adalah gelombang primer. Gelombang ini dapat melakukan perjalanan melalui semua jenis bahan, termasuk cairan, dan dapat melakukan perjalanan hampir dua kali kecepatan gelombang sekunder. Di udara, gelombang ini mengikuti bentuk gelombang suara, dan memiliki kecepatan yang sama dengan kecepatan suara. Kecepatan gelombang primer yang sesuai dengan tipenya adalah 330 m/s di udara, 1450 m/s dalam air, dan sekitar 5000 m/s dalam granit. Gelombang sekunder adalah gelombang geser yang melintang di alam. Gelombang ini sampai pada seismograf setelah gelombang primer. Gelombang ini dapat mengambil karakteristik permukaan yang berbeda, seperti dalam kasus gelombang sekunder terpolarisasi horizontal, tanah bergerak bergantian ke satu sisi dan kemudian yang lain. Gelombang sekunder dapat melakukan perjalanan hanya melalui padatan, seperti cairan (cairan dan gas) tidak mendukung tegangan geser. Gelombang sekunder lebih lambat dari gelombang primer, dan kecepatannya sekitar 60% dari gelombang primer.

2. *Surface wave* analog dengan gelombang air dengan perjalanan sepanjang permukaan bumi. Perjalanan *surface wave* lebih lambat dari *body wave*. Hal ini disebabkan frekuensi yang rendah, durasi panjang, dan amplitudo yang besar, sehingga menjadi tipe yang paling merusak dari seluruh gelombang seismik. Gelombang ini disebut *surface wave* karena energinya berkurang setelah melewati lebih jauh ke permukaan. (Ridha et al., n.d.)

Analisis resiko gempa bertujuan untuk :(Vosviewer, n.d.)

1. Pemilihan periode ulang gempa untuk design
2. Penentuan a_{max} untuk periode ulang tertentu di batuan dasar
3. Penentuan Respon spektra untuk periode ulang tertentu di batuan dasar dan permukaan tanah
4. Analisa Resiko gempa dapat ditentukan secara Deterministik dan Probabilistik.
5. Metode Deterministik ditentukan berdasarkan pada asumsi tertentu tentang kejadian gempa tersebut.
6. Metode Probabilistik dilakukan dengan mempertimbangkan ketidakpastian secara eksplisit.
7. Metode probabilistik dilakukan karena peristiwa gempa merupakan gejala alam yang bersifat acak yang tidak dapat ditentukan dengan pasti, baik besar, tempat maupun waktu kejadiannya.
8. Dengan konsep probabilitas, terjadinya gempa dengan intensitas dan perioda ulang tertentu dapat diperkirakan.
9. Analisa resiko gempa dilakukan dengan memperkirakan berapa probabilitas terjadinya gempa di suatu daerah dengan intensitas tertentu selama periode ulang tertentu.
10. Angka kemungkinan (Probabilitas) ini mencerminkan terjadinya resiko gempa.
11. Resiko gempa (R_n) (Probability of Exceedence) adalah kemungkinan terjadinya suatu gempa dengan intensitas (percepatan, kecepatan, lama guncangan dan sebagainya) serta periode ulang rata-rata tertentu, selama masa guna (*lifetime*) bangunan (N tahun).
12. Resiko tahunan (R_a) : dari suatu intensitas gempa adalah angka kemungkinan terjadinya atau terlampauinya intensitas tersebut dalam jangka waktu 1 tahun.
13. Periode ulang rata-rata (T) dari suatu intensitas merupakan perbandingan terbalik dari resiko tahunan.

dimana T = mean return period-year

14. Resiko yang akan dicari untuk suatu jangka waktu yang pasti biasanya dihubungkan dengan umur bangunan yang akan ditinjau.
15. Dengan asumsi bahwa resiko-resiko dalam tahun-tahun yang berurutan tidak saling bergantung, maka hubungan antara resiko tahunan (R_a) dan resiko dalam jangka n tahun (R_n), dapat dinyatakan sebagai berikut: (Kirana Yuniartanti et al., n.d.)

$$R_n = 1 - 1(1 - R_a)^n$$

$$R_a = 1 - e^{-\sum P(I \geq 1)}$$

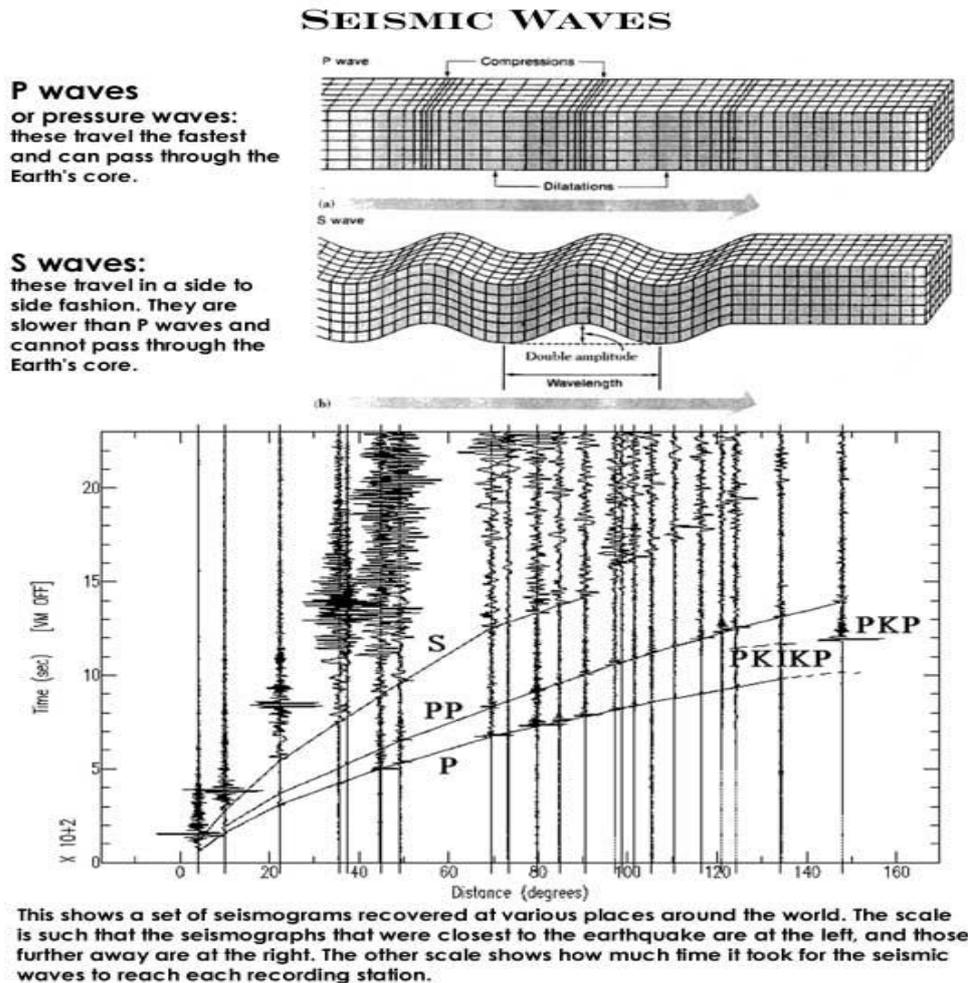
dimana $\sum P(I \geq i)$ = Probability of Exceedence (R_n)

Hubungan antara Resiko Tahunan dengan Resiko dalam jangka n tahun dinyatakan:

$$R_a = 1 - \exp\left(\frac{\ln(10R_n)}{n}\right) \text{ dan } T = \frac{1}{R_a}$$

16. Berdasarkan besarnya waktu periode ulang rata-rata ataupun resiko tahunan *Federation Internationale de la Precontrainte (FIP, 1977)* telah membuat tingkatan beban gempa kedalam tiga katagori, Pertama gempa sedang, dengan periode ulang rata-rata 10 tahun sampai 20 tahun.
17. Kedua gempa kuat, dengan periode ulang 50 tahun sampai 100 tahun dan yang terakhir gempa sangat kuat dengan periode ulang 100 tahun sampai 500 tahun Wangsadinata mengusulkan kriteria gempa yang didasarkan pada resiko gempa untuk bangunan dengan masa layan 100 tahun sebagai berikut :
 - a. Gempa Ringan : Resiko terlampaui (*risk of exceedance*, RN) adalah 60 % atau mempunyai perioda ulang 100 tahun.
 - b. Gempa Menengah : Resiko terlampaui (*risk of exceedance*, RN) adalah 40 % atau mempunyai perioda ulang 200 tahun.
 - c. Gempa Kuat : Resiko terlampaui (*risk of exceedance*, RN) adalah 20 % atau mempunyai perioda ulang 400 tahun.
 - d. Gempa Desain (Maksimum): Resiko terlampaui (*risk of exceedance*, RN) adalah 10 % atau mempunyai perioda ulang 1000 tahun.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Gelombang Seismic

Sumber : Soil Dynamics, Shamsheer Prakash

Gelombang seismik adalah gelombang mekanis yang muncul akibat adanya gempa bumi. Adapun pengertian gelombang secara umum adalah fenomena perambatan gangguan (usikan) dalam medium sekitarnya. Gangguan ini mula-mula terjadi secara lokal yang menyebabkan terjadinya osilasi (pergeseran) kedudukan partikel-partikel medium, osilasi tekanan atau pun osilasi rapat.

Gempa bumi merupakan guncangan pada tanah yang disebabkan oleh gerakan acak batuan di sepanjang daerah keruntuhan di muka bumi yang dinamakan dengan fault. Proses gempa bumi dapat dibandingkan dengan lenturan sebuah batang/tongkat hingga mengalami patah. Tegangan yang terakumulasi selama lenturan secara tiba-tiba dilepaskan saat tongkat/batang tersebut hancur. Getaran-getaran dihasilkan saat tongkat/batang melentur kembali ke keadaan sebelum melentur.

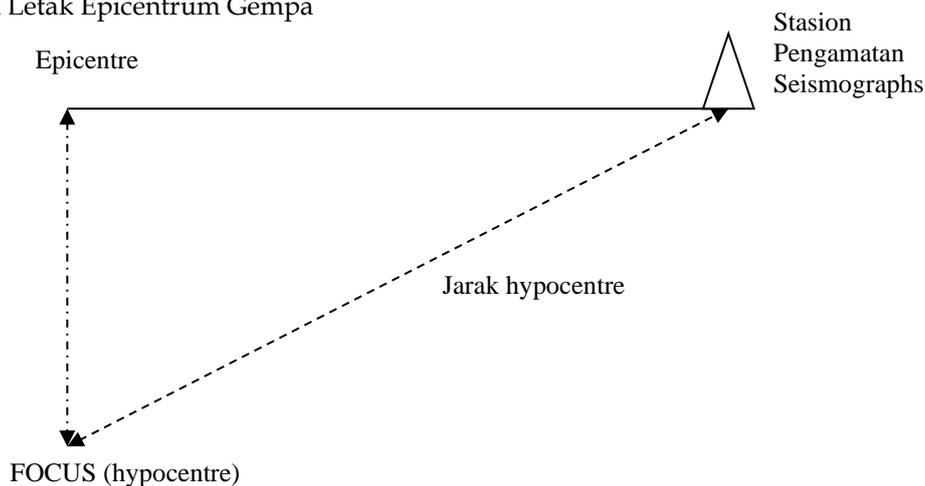
Di bumi, gelombang-gelombang gempa disebabkan oleh lepasnya tegangan-tegangan pada baguan secara tiba-tiba pada sisi lain daerah kegagalan. Kehancuran pada daerah kegagalan bisa jadi melepaskan seluruh atau sebagian tegangannya. Setiap tegangan sisa seringkali dilepaskan oleh penyeimbang minor di sepanjang daerah kegagalan sehingga menyebabkan gempa-gempa kecil yang dinamakan dengan *aftershock*.

Pada saat terjadi gempa, terjadi pelepasan energi, energi tersebut akan dirambatkan oleh gelombang gempa. Pelepasan energi tegangan mendadak oleh rekahan pada tepian lempeng tektonik merupakan penyebab utama dari aktifitas gempa, yang menyebabkan menjalarnya getaran pada bahagian bumi dalam bentuk gelombang.

Gelombang gempa terdiri dari gelombang badan (*body waves*) dan gelombang permukaan (*surface waves*). Kedua gelombang ini dapat dipantulkan (*reflected*) dan dibiaskan (*refracted*) pada batasan-batasan lapisan yang berbeda dari kulit bumi. Gelombang badan merambat di dalam bumi serta terdiri atas dua tipe, yaitu : *p-waves* dan *s-wave*. Tipe *p-waves* dikenal juga dengan sebutan gelombang utama, atau gelombang kompresi, atau gelombang membujur yang akan menekan dan memadatkan material padat maupun material cair yang dilaluinya. Gelombang ini seperti gelombang suara dengan arah pengaruh gelombang sejajar dengan arah perambatannya. Material yang dilaluinya memikul gaya tarik dan tekan. Gelombang ini dapat merambat melalui media padat dan cair. Semakin padat suatu lapisan tanah, kecepatan rambat gelombang ini akan semakin besar. Karena material geologi akan lebih kaku dalam kondisi terkompresi, maka gelombang tekan ini akan merambat lebih cepat dari pada tipe gelombang lainnya. *S-waves* disebut juga sebagai gelombang sekunder, gelombang geser, atau gelombang memotong yang menyebabkan deformasi geser pada material yang dilaluinya. Gerakan partikel tegak lurus terhadap arah perjalanan gelombang.

HASIL PENELITIAN

Penentuan Letak Epicentrum Gempa



Gambar 2. Letak Epicentrum

Metode homeoseista, yaitu dengan menggunakan tiga tempat yang terletak pada suatu homeoseista. Homeoseista adalah garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang mengalami/mencatat gelombang primer pada waktu yang sama;

Pada kasus gempa berdasarkan tiga buah stasiun pengamatan (A, B dan C) tercatat getaran gempa sebagai berikut: Misalnya stasiun A, B dan C mencatat getaran gempa pertama pada pukul 15: 11. 06, maka pada peta, ketiga stasiun tersebut terletak pada satu homoseista.

Stasiun A

Gelombang P pertama tercatat pukul 2: 28.25

Gelombang S pertama tercatat pukul 2: 30.40

Stasiun B

Gelombang P pertama tercatat pukul 2: 30.15

Gelombang S pertama tercatat pukul 2: 33.45

Stasiun C

Gelombang P pertama tercatat pukul 2: 32.15

Gelombang S pertama tercatat pukul 2: 36.15

Untuk menentukan jarak episentral masing-masing stasiun:

Dengan menghitung Delta A, Delta B dan Delta C

Delta A

$$((2. 30' 40'' - 2. 28' 25'') - 1') \times 1.000 \text{ km}$$

$$= (2' 15'' - 1') \times 1.000 \text{ km}$$

$$= 1' 15'' \times 1.000 \text{ km (karena } 1' = 60'' \text{ maka } (1 \times 1.000) + (15/60 \times 1.000))$$

$$= 1.250 \text{ km}$$

Artinya jarak episentrum gempa yang tercatat dari stasiun A berjarak 1.250 km.

Delta B

$$= ((2. 33' 45'' - 2. 30' 15'') - 1') \times 1.000 \text{ km}$$

$$= (3' 30'' - 1') \times 1.000 \text{ km}$$

$$= 2' 30'' \times 1.000 \text{ km}$$

$$(2 \times 1.000) + (30/60 \times 1.000)$$

$$= 2.500 \text{ km}$$

Artinya jarak episentrum gempa yang tercatat dari stasiun B berjarak 2.500 km

Delta C

$$= ((2. 36' 15'' - 2. 32' 15'') - 1') \times 1.000 \text{ km}$$

$$= (4' - 1') \times 1.000 \text{ km}$$

$$= 3' \times 1.000 \text{ km}$$

$$= 3.000 \text{ km}$$

Artinya jarak episentrum gempa yang tercatat dari stasiun C berjarak 3.000 km

Metode Episentral :

Metode episentral, yaitu dengan menggunakan rumus LASKA; Episentral ialah jarak episentrum atau pusat gempa di stasiun pencatat gempa. Untuk menentukan episentrum dengan menggunakan metode episentral diperlukan minimal tiga stasiun pengamat yang mencatat kejadian gempa, sehingga dapat dihitung jarak episentral masing-masing stasiun. Untuk menghitung jarak episentral digunakan rumus LASKA, yaitu:

$$\text{Delta} = ((S-P) - 1') \times 1.000 \text{ Kilometer}.$$

Delta = jarak episentral dari stasiun pengamat dalam satuan kilometer

S-P = selisih waktu pencatatan antara gelombang sekunder dan gelombang primer (dalam menit).

1' = 1 menit

Metode Kontur

Metode Kontur adalah penandaan daerah gempa yang mempunyai amplitude yang sama.

Metode Ekstrapolasi

Metode Ekstrapolasi adalah perhitungan linier dari suatu titik diluar dua titik yang menjadi acuan. Plot koordinat dan amplitude tiap-tiap seismograf buat segitiga lokasi epicentrum yang amplitudonya tertinggi.

PENUTUP

Kesimpulan pada penelitian ini adalah Letak epicentrum gempa bumi dapat ditentukan dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif melalui beberapa metode berikut ini:

- Metode Homeoseista dengan menggunakan tiga tempat yang terletak pada suatu homeoseista yaitu garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang mengalami/mencatat gelombang primer pada waktu yang sama;
- Metode Epicentral yaitu dengan menggunakan rumus LASKA; Episentral ialah jarak episentrum atau pusat gempa di stasiun pencatat gempa.
- Metode Kontur adalah penandaan daerah gempa yang mempunyai amplitude yang sama.
- Metode Ekstrapolasi adalah perhitungan linier dari suatu titik diluar dua titik yang menjadi acuan.

REFERENSI

- Kirana Yuniartanti, R., Tata Ruang, dan, & Pertahanan Nasional, B. (n.d.). *Learning Process: Spatial Planning of Disaster Prone Areas and Climate Change Impact in Alor Island*.
- Kurokawa, A., Chaidir, D., & Makarim, A. (2018). ANALISIS PLAXIS UNTUK DEWATERING BASEMENT DI TANAH KELEMPUNGAN DAN KEPASIRAN. In *Jurnal Mitra Teknik Sipil* (Vol. 1, Issue 2).
- Ridha, R., Rahmawaty, A. A., Santoso, H., Wilayah, P., Kota, D., Mataram, U. M., Pengendali, T., Rehabilitasi, K., Bpbd, R., Nusa, P., Barat, T., Ahli, S., Provinsi, G., & Tenggara Barat, N. (n.d.). *Strategi Percepatan Rehabilitasi dan Rekonstruksi Pasca Gempa Melalui Zonasi Rumah Tahan Gempa (RTG) di Kabupaten Lombok Utara*.
- Zahera, N., Widiastuti, M., & Sharly Arifin, T. P. (n.d.). *JURNAL TEKNOLOGI SIPIL Jurnal Ilmu Pengetahuan dan teknologi sipil (Studi Kasus : Landasan Bandara Samarinda Baru, Kota Samarinda)*.
- Zamili, W. (n.d.). *ANALISA PERBAIKAN TANAH DASAR MELALUI PROSES KONSOLIDASI AKIBAT TANAH TIMBUNAN PADA PEMBANGUNAN JALAN TOL MEDAN BINJAI SEKSI SATU TANJUNG MULIA HELVETIA STA 0+175-1+200*.
-