



ILMU-ILMU TEKNIK KEBENCANAAN 2019

ILMU-ILMU TEKNIK
KEBENCANAAN 2019



UNIVERSITAS LAMPUNG
Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedong Meneng
Rajabasa, Bandar Lampung 35145
Indonesia
www.unila.ac.id

ISBN 978-602-73260-3-3



ANALISIS HIPOSENTER GEMPA BUMI LOMBOK (NTB) MENGUNAKAN METODE GRID SEARCH DAN GEIGER

Iis Ratna Sari¹, Ahmad Zaenudin¹

¹ Teknik Geofisika. Gedung L Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung, Lampung 35145, Indonesia
*email: iisratna790@gmail.com

Abstract: Lombok Island is one of the disaster prone areas located in the back arc thrust zone, stretching along the northern part of Bali to Wetar Island. The back arc thrust zone was formed due to the infiltration of the Indo-Australian plate and the Flores Fault, this fault has been proven several times to be the cause of the earthquake. The effects caused by the earthquake are influenced by several factors, namely time, earthquake strength, location of the hypocenter, soil structure and building structure. Hypocenter analysis of an earthquake is needed to determine the position of the earthquake, the cause of the earthquake, and the factors that influence the results of the calculation of the position of the earthquake. The data used in the form of earthquake data that occurred on the island of Lombok (NTB) on December 22, 2018. The earthquake hypocenter was determined using the Grid Search method and the Geiger method. The combination of the two methods is quite effective in determining the location of an earthquake hypocenter. From the results of processing, the position of the earthquake was in the area of Central Lombok Island and included in the category of shallow earthquakes with an earthquake depth of 13.41 km located at coordinates 116.29°LS and 8.57°BT. The factors that influence the calculation results are in the form of accuracy when determining P and S waves, the number of phases used, the number of grids, and the initial t_{obs} value initiation.

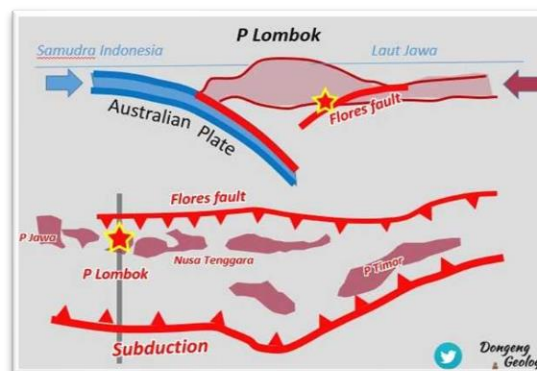
Keywords: earthquake, grid search method, geiger method, hypocenter

Abstrak: Pulau Lombok merupakan salah satu daerah rawan bencana yang berada pada zona back arc thrust, membentang di sepanjang bagian utara Bali sampai pulau Wetar. Zona back arc thrust terbentuk akibat penyusupan lempeng indo-australia dan lempeng eurasia. Sesar ini sudah terbukti nyata beberapa kali menjadi penyebab gempa bumi. Efek yang ditimbulkan oleh gempa bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu waktu, kekuatan gempa, letak hiposenter, struktur tanah dan struktur bangunan. Analisis hiposenter gempa bumi sangat diperlukan untuk menentukan posisi gempa bumi, penyebab terjadinya gempa bumi, dan faktor yang mempengaruhi hasil perhitungan posisi gempa bumi. Data yang digunakan berupa data gempa bumi yang terjadi di Pulau Lombok (NTB) pada tanggal 22 Desember 2018. Hiposenter gempa bumi ditentukan menggunakan metode Grid Search dan metode Geiger. Perpaduan dari kedua metode tersebut cukup efektif dalam menentukan letak hiposenter gempa bumi. Dari hasil pengolahan, posisi gempa bumi berada di daerah Pulau Lombok Tengah dan termasuk kedalam kategori gempa bumi dangkal dengan kedalaman gempa 13,41 km terletak pada koordinat 116.29°LS dan 8.57°BT. Adapun faktor yang mempengaruhi hasil perhitungan yaitu berupa ketepatan saat menentukan gelombang P dan S, Jumlah fase yang digunakan, Jumlah grid, dan inisiasi nilai t_{obs} awal.

Kata kunci: gempa bumi, metode *grid search*, metode *geiger*, hiposenter

I. PENDAHULUAN

Pulau Lombok di Nusa Tenggara Barat memiliki struktur tektonik yaitu berupa sesar naik belakang busur kepulauan (zona *back arc thrust*) yang terbentuk akibat tunjaman balik lempeng Eurasia terhadap lempeng Samudra Indo-Australia. *Back arc thrust* membujur di Laut Flores sejajar dengan busur Kepulauan Bali dan Nusa Tenggara dalam bentuk segmen-segmen, yaitu diantaranya segmen utama dan segmen minor. Sesar ini (*back arc thrust*) sudah terbukti nyata beberapa kali menjadi penyebab gempa mematikan karena ciri gempanya yang dangkal dengan magnitudo besar (Hidayati, dkk. 2018).



Gambar 1. Kondisi Geologi Pulau Lombok

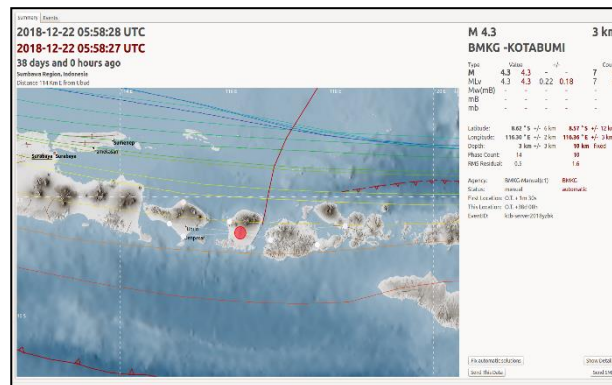
Aktivitas dari pergerakan suatu lempeng tektonik dapat diketahui dengan pemetaan lokasi gempa bumi. Pemetaan ataupun penentuan lokasi absolut gempa dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu geometri stasiun pengamat, akurasi pembacaan waktu tiba gelombang gempa, fasa gelombang yang tersedia, dan pengetahuan tentang struktur geologi pada daerah studi (Gomberg dkk., 1990).

Namun untuk skala lokal, faktor geometri dan ketersediaan data bisa diperbaiki dengan menambah jumlah stasiun pengamat pada daerah penelitian. Faktor kesalahan model kecepatan gelombang seismik dan penentuan waktu tiba dapat diminimalisir dengan analisis yang lebih lanjut (Akbar, dkk. 2012).

Penentuan pusat gempa dengan presisi yang tinggi sangat perlu dilakukan untuk membantu upaya mitigasi bencana gempa bumi. Ketelitian sangat diperlukan karena adanya heterogenitas materi bumi yang dilewati gelombang gempa dari hiposenter ke stasiun pencatat.

Oleh karena itu, diperlukan suatu cara untuk menentukan posisi gempa bumi dengan baik. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan analisis hiposenter pada lokasi atau daerah yang telah terjadi gempa bumi.

Pada penelitian ini, studi kasus yang dipilih yaitu gempa bumi di Nusa Tenggara Barat, tepatnya berada di Kepulauan Lombok, yang terjadi pada tanggal 22 Desember 2018. Lokasi titik pusat gempa bumi yang tercatat pada katalog BMKG berada pada koordinat 116,30°LS dan 8.62°BT.



Gambar 2. Lokasi Titik Gempa bumi Yang Tercatat Pada Katalog BMKG

Analisis hiposenter menggunakan 7 sensor seismik gempa. Adapun lokasi setiap stasiun yang digunakan dapat di lihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Koordinat Sensor Seismik Gempa bumi

Stasiun	X	Y	t(obs)
SRBI	115.21°LS	8.08°BT	109
RTBI	114.94°LS	8.45°BT	113,9
DNP	115.21°LS	8.68°BT	108,3
KLNI	116.09°LS	8.42°BT	93,5
TWSI	116.88°LS	8.74°BT	98,5
PLAI	117.72°LS	8.70°BT	117
DBNI	118.31°LS	8.50°BT	126

Tujuan dari analisis hiposenter ini yaitu selain untuk mengetahui letak posisi pusat gempa bumi, juga untuk mengetahui lebih detail tentang penyebab terjadinya gempa bumi, karakteristik kegempaan di suatu wilayah, dan dapat digunakan sebagai acuan ketika terjadi gempa yang sama di wilayah tersebut.

II. MATERIAL DAN METODE

2.1 Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu software seiscomp3, software arcgis, software surfer, microsoft excel. Sedangkan

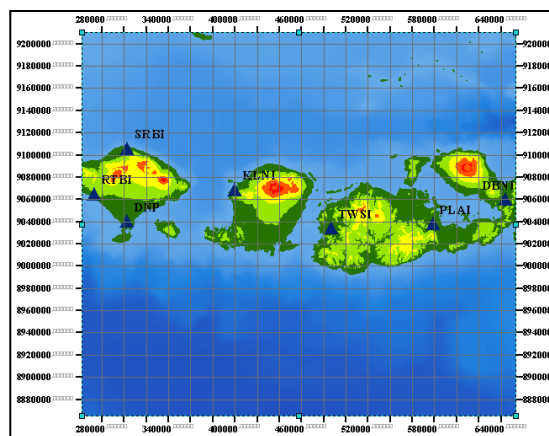
data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer gelombang gempa bumi yang diperoleh dari katalog Gempa BMKG.

2.2 Metode Penelitian

Penelitian analisis hiposenter ini, menggunakan perpaduan antara metode *Grid Search* dan Geiger. Latar belakang digunakannya perpaduan metode ini yaitu agar batas ruang eksplorasi model semakin lama semakin dipersempit sehingga proses iterasi lebih cepat dan memiliki nilai error yang minimum. Perpaduan dari kedua metode tersebut dinilai cukup efektif dengan ketelitian yang cukup tinggi.

2.2.1 Metode Grid Search

Metoda *Grid Search* merupakan metode solusi inversi non-linier menggunakan pendekatan global (Nugroho, dkk.2017). Dengan cara membuat grid dalam ruang di suatu area yang diduga menjadi lokasi sumber gempa bumi. Titik grid yang memiliki nilai kesalahan minimum merupakan lokasi sumber gempa bumi. Dalam pengolahan menggunakan metode *grid search* diperlukan nilai t_{obs} dari masing-masing stasiun pencatat. T_{obs} merupakan waktu tempuh gelombang P pertama yang tercatat pada stasiun pencatat (sensor seismik). Hal pertama yang dilakukan adalah menggrid area yang mencakup semua stasiun dan dugaan awal titik pusat gempa bumi.



Gambar 4. Meng-grid Area Penelitian

Kemudian, melakukan perhitungan nilai travel time (t_{tra}) tiap stasiun, nilai arrival time, residual, dan RMS.

$$t_{tra} = \frac{(x_0+x_i)^2+(y_0+y_i)^2+(z_0)^2}{v_p} \dots\dots\dots (1)$$

$$t_{arr} = (t_{tra}) + (t_0) \dots\dots\dots (2)$$

$$residual = (t_{obs}) - (t_{arr}) \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{RMS} = (r_1^2 + r_2^2 + \text{dst})/n_s \dots\dots\dots (4)$$

Sedangkan untuk menentukan kedalaman gempa bumi, kita gunakan koordinat dari nilai RMS terkecil yang telah di peroleh. Lakukan kembali perhitungan nilai travel time dengan rumus:

$$t_{\text{tra}} = \frac{(x+x_i)^2 + (y+y_i)^2 + (z)^2}{v_p} \dots\dots\dots (5)$$

Pada tahap ini juga akan diperoleh nilai rms, kedalaman gempa bumi dapat ditentukan dengan melihat hasil RMS terkecil.

2.2.2 Metode Geiger

Metode Geiger merupakan teknik pemodelan dengan cara mencoba-coba dan memodifikasi parameter model sehingga diperoleh kecocokan antara data perhitungan atau data estimasi dengan data lapangan. Caranya yaitu dengan memberikan harga awal hiposenter, kemudian menghitung waktu rambat gelombang untuk setiap stasiun yang digunakan. Dari perhitungan ini maka akan diperoleh nilai residu, yaitu perbedaan antara waktu rambat gelombang yang diamati dengan waktu rambat gelombang yang dihitung untuk setiap stasiun.

Pada pengolahan menggunakan metode geiger, data yang dibutuhkan adalah nilai koordinat dan kedalaman gempa bumi hasil pengolahan dari metode *Grid Search*. Adapun yang dihitung yaitu nilai arrival time, nilai residual, delta x, delta y, dan delta z.

$$\text{residual} = t(\text{obs})_i - t(\text{arr})_i \dots\dots\dots (6)$$

$$t(\text{arr})_i = \frac{(x_0+x_i)^2 + (y_0+y_i)^2}{v_p + t_0} \dots\dots\dots (7)$$

$$x = \frac{(x_0+x_i)}{v_p [(x_0+x_i)^2 + (y_0+y_i)^2 + (z_0)^2]} \dots\dots\dots (8)$$

$$y = \frac{(y_0+y_i)}{v_p [(x_0+x_i)^2 + (y_0+y_i)^2 + (z_0)^2]} \dots\dots\dots (9)$$

$$z = \frac{(z_0)}{[(x_0+x_i)^2 + (y_0+y_i)^2 + (z_0)^2]^{v_p}} \dots\dots\dots (10)$$

Selanjutnya lakukan regresi secara berulang, sampai nilai yang diperoleh konstan atau nilai rms nya mendekati nol.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gempa bumi merupakan gelombang seismik yang menyebabkan getaran di permukaan bumi, karena adanya pelepasan energi dari dalam bumi secara tiba-tiba. Gempa bumi dapat disebabkan oleh berbagai macam hal, seperti akibat aktivitas tektonik, runtuhannya/longsor, vulkanik, dan ada juga gempa bumi akibat aktivitas manusia (gempa bumi buatan).

Pada tahap pengolahan menggunakan metode grid search, grid yang digunakan harus mencakup lokasi gempa dan seluruh stasiun pencatat gempa. Kerapatan grid sangat mempengaruhi hasil perhitungan. Semakin rapat grid yang digunakan maka hasil yang diperoleh akan semakin relevan atau bisa dikatakan nilai error nya kecil. Adapun hasil pengolahan metode *Grid Search* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Pengolahan *Grid Search*

No.	Keterangan	Nilai
1.	t ₀	89.5
2.	v _p	5800 m/s
3.	n _s	7
4.	Rms rata-rata	1.947.832
5.	Rms min	1.540.157.578
6.	OT	05:58:11.61 UTC
7.	Koordinat Gempa bumi	116.27°LS - 8.50°BT
8.	Kedalaman Gempa bumi	5000 m

Selanjutnya, dugaan hiposenter hasil pengolahan metode *grid search* digunakan sebagai acuan dalam perhitungan titik hiposenter menggunakan metode geiger.

Pada pengolahan menggunakan metode geiger, tahap yang paling menentukan hasil pengolahan adalah nilai inisiasi t-obs awal yang diperoleh dari hasil pengolahan metode *grid search* diatas, karena metode geiger memerlukan nilai dugaan episenter awal yang terdekat. Adapun hasil perhitungan atau analisis hiposenter menggunakan metode geiger yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Pengolahan Geiger

No.	Koordinat	h (km)	t0 (s)
1.	116.29 LS 8.56 BT	24,07	88,05
2.	116.29 LS 8.57 BT	14,67	88,1
3.	116.29 LS 8.57 BT	13,47	88,06
4.	116.29 LS 8.57 BT	13,41	88,07
5.	116.29 LS 8.57 BT	13,41	88,07
6.	116.29 LS 8.57 BT	13,41	88,07
7.	116.29 LS 8.57 BT	13,41	88,07
8.	116.29 LS 8.57 BT	13,41	88,07

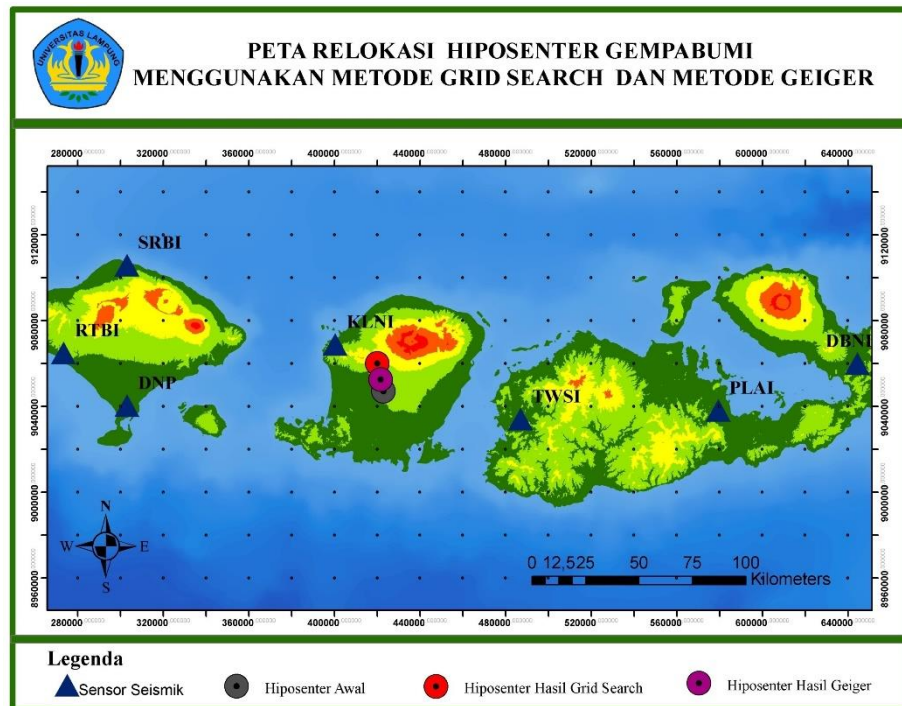
Kemudian bandingkan hasil analisis hiposenter gempa bumi yang telah diperoleh menggunakan kedua metode tersebut.

Tabel 4. Perbandingan Hasil

HASIL	(X,Y)	Kedalaman	OT (UTC)
Katalog BMKG	116.30 LS 8.62 BT	3 km	05:58:28.0
<i>Grid Search</i>	116.27 LS 8.50 BT	5km	05:58:11.61
Geiger	116.29 LS 8.57 BT	13,42 km	05:58:28.07

Ketika gempa bumi terjadi, stasiun BMKG yang tersebar di beberapa wilayah di Indonesia mencatat kejadian gempa tersebut. Namun, tentunya akan memiliki hasil yang berbeda-beda tiap stasiun terkait penentuan posisi dan kedalaman gempa. Hal ini karena adanya perbedaan heterogenitas materi bumi yang dilewati gelombang gempa dari hiposenter ke stasiun pencatat. Contohnya pada kasus gempa Lombok 22 Desember 2018, dimana masih terjadi silang pendapat atau perbedaan tentang posisi hiposenter saat gempa utama (*main shock*).

Hasil dari analisis hiposenter pada penelitian ini, penulis berhasil menentukan posisi hiposenter yang lebih baik (lihat pada tabel 4). Posisi sumber gempa hasil relokasi lebih bergeser ke daerah Lombok tengah, sedangkan kedalaman bergeser menjadi 13,42 km.



Gambar 5. Peta Relokasi Hiposenter

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dengan menggunakan perpaduan dua metode tersebut, diperoleh bahwa: Gempa bumi pada 22 Desember 2018 merupakan gempa bumi dangkal dengan kedalaman 13,42 km berada di daerah Lombok Tengah (NTB) pada koordinat $116.29^{\circ}\text{LS } 8.57^{\circ}\text{BT}$. Gempa bumi ini terjadi akibat aktivitas pada sesar naik Flores atau lebih dikenal dengan zona *back arc thrust*. Adapun faktor yang mempengaruhi hasil pengolahan dengan menggunakan kedua metode ini yaitu: ketepatan saat menentukan gelombang P dan S, jumlah fase yang digunakan, jumlah grid, dan inisiasi t_{obs} awal. Penentuan hiposenter gempa dengan pepaduan metoda grid search dan geiger menghasilkan posisi hiposenter yang lebih baik. Relokasi hiposenter gempa sangat perlu dilakukan untuk memperoleh hiposenter yang lebih baik, sehingga BMKG memiliki historis data gempa yang baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menghaturkan terimakasih kepada Stasiun Geofisika Kelas III BMKG Kota Bumi Lampung Utara yang telah menyediakan data pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akbar, A.F., Nugraha, A.D., dan Juanda, A.A. (2012). Penentuan Hiposenter Menggunakan Simulated Annealing Dan Guided Error Search Serta Penentuan Model Kecepatan Gelombang Seismik 1D Pada Lapangan Geothermal. *Jurnal Geofisika* Vol. 13 No 1.
- [2] Gombert, J. S., Shedlock, K. M. and Roecker, S. M. (1990). The effect of S-wave arrival times on the accuracy of hypocenter estimation. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 80: 1605-1628.
- [3] Hidayati, N., Trisnawati, Sativa, O., Wallansha, R., Sakti, A.P., Promono, S., dan Permana, D. (2018). Ulasan Guncangan Tanah Akibat Gempa Lombok Timur 29 Juli 2018. *Bidang Seismologi Teknik. BMKG.*
- [4] Nugroho, H., Widiyantoro, S., Ibrahim, G. (2007). Penentuan Posisi Hiposenter Gempa bumi Dengan Menggunakan Metoda Guided Grid Search Dan Model Struktur Kecepatan Tiga Dimensi. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 8(1): 48-60.