



Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran  
<http://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jrpp>  
 Volume 7 Nomor 3, 2024  
 P-2655-710X e-ISSN 2655-6022

Submitted : 29/06/2024  
 Reviewed : 09/07/2024  
 Accepted : 21/07/2024  
 Published : 29/07/2024

Minarti Minarti<sup>1</sup>  
 Fatia Arta Utami<sup>2</sup>  
 Rahmaniah Ilham<sup>3</sup>  
 Amirin Kusmiran<sup>4</sup>  
 Muh. Karnaen<sup>5</sup>  
 Ramadhan Priadi<sup>6</sup>

## ANALISIS MOMEN TENSOR KEJADIAN GEMPABUMI DI KEPULAUAN SELAYAR : STUDI KASUS 14 DESEMBER 2021

### Abstrak

Kompleksitas tatanan geologi di Sulawesi sangat mempengaruhi aktivitas seismik yang dapat mengakibatkan gempabumi. Salah satunya gempabumi dangkal dengan magnitudo 7.3 SR di laut Flores yang terjadi pada tanggal 14 Desember 2021 yang berdampak fatal hingga Kepulauan Selayar. Untuk mengetahui penyebab terjadinya gempabumi tersebut perlu dilakukan analisis tensor momen untuk mengidentifikasi jenis dan pola pergerakan sesar pemuncunya. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Balai Besar Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BBMKG) Wilayah IV Makassar, berupa data waveform gempa susulan dari gempa utama yang terjadi di laut Flores. Data yang diperoleh merupakan data gelombang tiga komponen yang dianalisis menggunakan software ISOLA-GUI. Proses pengolahan data dilakukan dengan proses inversi waveform untuk menganalisis nilai momen tensor dan mengidentifikasi pola pergerakan bidang patahan/sesar. Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai tensor momen yang diperoleh yaitu  $M_{xx} = 1.47 \exp 28$ ,  $M_{yy} = 6.99 \exp 28$ ,  $M_{zz} = -8.46 \exp 28$ ,  $M_{xy} = -0.02 \exp 28$ ,  $M_{xz} = -2.76 \exp 28$ , dan  $M_{yz} = 1.46 \exp 28$ , yang mengindikasikan pola bidang sesar mendatar mengiri (left lateral strike-slip) yang digambarkan dalam beachball diagram.

**Kata Kunci:** Gempabumi, Kepulauan Selayar, Momen Tensor, Sesar

### Abstract

The complexity of the geological structure in Sulawesi greatly influences seismic activity that can trigger earthquakes. One such event was the shallow earthquake with  $M_w$  7.3 in the Flores Sea that occurred on December 14, 2021, which had fatal impacts until Selayar Islands. To understand the causes of this earthquake, it is necessary to analyze the type and pattern of the fault movement that triggered it. This research utilizes secondary data obtained from the Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency (BBMKG) Region IV Makassar, in the form of aftershock waveform data from the main earthquake that occurred in the Flores Sea. The data collected consists of three-component waveforms analyzed using ISOLA-GUI software. The data processing involves waveform inversion to analyze the moment tensor values and identify the fault plane movement patterns. The results obtained show the moment tensor values as follows:  $M_{xx} = 1.47 \exp 28$ ,  $M_{yy} = 6.99 \exp 28$ ,  $M_{zz} = -8.46 \exp 28$ ,  $M_{xy} = -0.02 \exp 28$ ,  $M_{xz} = -2.76 \exp 28$ , and  $M_{yz} = 1.46 \exp 28$ , indicating a left lateral strike-slip faulting pattern illustrated in the beachball diagram.

**Keywords:** Earthquakes, Selayar Islands, Moment Tensors, Faults

### PENDAHULUAN

Pulau Sulawesi yang terletak di tengah kepulauan Indonesia merupakan salah satu sistem tektonik yang kompleks, lengan-lengannya yang banyak mencerminkan sejarah geologisnya

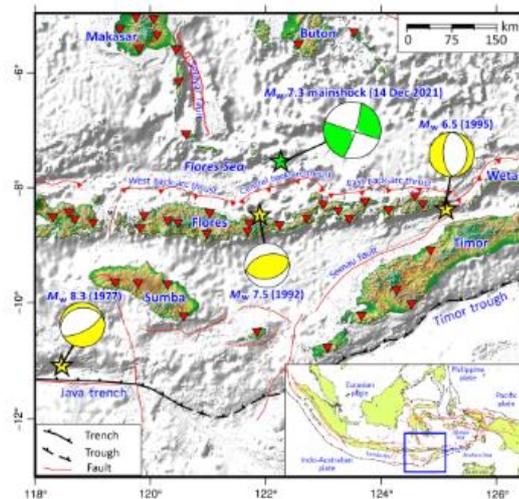
<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

<sup>5</sup>Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah IV Makassar

<sup>6</sup>Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Stasiun Gowa

email: minarti.minarti@uin-alauddin.ac.id

yang telah mengalami deformasi yang terbentuk dari kerak dari Sundaland di bagian tenggara lempeng kontinental Eurasia yang mengalami konvergensi dengan Australia (Hall, 2011). pulau ini terletak di pertemuan empat lempeng utama, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik dan satu lempeng mikro, yaitu Lempeng Samudera Filipina (Pasau et al., 2017). Sulawesi terletak di sebelah barat Lempeng Pasifik, barat laut Lempeng Indo-Australia dan sebelah timur Lempeng Eurasia, sehingga evolusi struktural lempeng-lempeng yang mengapit itu dipengaruhi oleh sistem yang berbeda (Zakaria & Sidarto, 2015). Struktur geografis di Sulawesi didominasi oleh sesar mendatar sinistral dan sesar yang naik dari barat laut ke tenggara. Adanya sesar yang dinamis tersebut membuat Sulawesi rawan bencana, terutama gempa bumi dan tsunami.



Gambar 1. Sebaran sesar di Indonesia (kanan bawah) dan mekanisme fokus gempa bumi yang terjadi pada tanggal 14 Desember 2021, dengan gempa bumi utama (mainshock) yang berwarna hijau, dan beberapa gempa bumi yang berpotensi tsunami berwarna kuning (Supendi, dkk., 2022)

Kabupaten Kepulauan Selayar merupakan salah satu dari 24 Kabupaten/Kota di Sulawesi Selatan yang terletak di ujung selatan Pulau Sulawesi dan membentang dari utara ke selatan. Daerah ini terkenal sebagai satu-satunya daerah di Sulawesi Selatan yang seluruh wilayahnya terpisah dari daratan Sulawesi dan terdiri dari gugusan beberapa pulau yang membentuk kepulauan. Wilayah Kepulauan Selayar meliputi wilayah daratan seluas 1.357,03 km<sup>2</sup> (12,91%) dan wilayah laut seluas 9.146,66 km<sup>2</sup> (87,09%). Secara topografis, Kepulauan Selayar terletak pada koordinat (letak astronomi) 5°42' - 7°35' Lintang Selatan dan 120°15' - 122°30' Bujur Timur. Geologi Kepulauan Selayar merupakan kelanjutan dari wilayah geologi Sulawesi Selatan bagian Timur yang tersusun dari jenis batuan sedimen. Konstruksi geologis Kepulauan Selayar menunjukkan bagaimana struktur dan penyebaran batuan bergerak dari utara ke selatan dan menitik ke barat. Sedangkan pantai timur umumnya terjal dan hanya dibatasi oleh laut dalam, yang umumnya merupakan jalur sesar.

Berdasarkan data kejadian bencana yang dikeluarkan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Sulawesi Selatan, telah terjadi sebanyak 10 kali kejadian gempa bumi pada tahun 2022 di Kepulauan Selayar. Dimana data kejadian bencana yang dikeluarkan oleh BPBD Provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2022 menunjukkan bahwa Kepulauan Selayar menjadi daerah yang paling rawan terjadi gempa bumi dibandingkan dengan daerah lainnya yang ada di provinsi Sulawesi Selatan. Hal ini dilihat dari banyaknya jumlah kejadian bencana gempa bumi yang dikeluarkan oleh BPBD Provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2022.

Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), telah terjadi gempa bumi pada Selasa, 14 Desember 2021 pukul 10:20:23 WIB yang lokasi pusat gempa berada di Laut Flores dengan arah 7,59° Lintang Selatan dan 122,24° Bujur Timur dengan magnitudo 7,4 SR pada kedalaman 10 km dan terletak sekitar 115 km sebelah utara Kota

Maumere (ibukota Kabupaten Sikka), provinsi Nusa Tenggara Timur, atau sekitar 256,6 km sebelah tenggara Kota Benteng (ibukota daerah Kepulauan Selayar), provinsi Sulawesi Selatan. Menurut data dari The United States Geologi Survey (USGS) Amerika Serikat, pusat gempa bumi terletak di  $7,603^{\circ}$  Lintang Selatan dan  $122,200^{\circ}$  Bujur Timur dengan magnitudo 7,3 SR pada kedalaman 18,50 km. Sedangkan menurut data Geo Forschungs Zentrum (GFZ) Jerman, pusat gempa bumi berada di lautan dengan arah  $122,26^{\circ}$  Bujur Timur dan  $7,61^{\circ}$  Lintang Selatan dengan magnitudo 7,0 SR pada kedalaman 12 km.

Akibat gempa tersebut Kepulauan Selayar mengalami kerusakan baik pada struktur maupun infrastruktur jalan dan bangunannya. Sebanyak 16.593 warga Kepulauan Selayar terlantar akibat kerusakan pasca gempa 14 Desember 2021. Lebih dari 230 rumah mengalami kerusakan sehingga menyebabkan banyak keluarga kehilangan tempat tinggal. Tempat ibadah, gedung sekolah dan jalanan juga terkena dampak gempa. Selain itu gempa bumi yang kuat dapat memicu ratusan hingga ribuan longsor dan dapat memakan korban jiwa (Yanti, 2022).

Pada Sabtu, 30 April 2022 pukul 21.04 WITA, gempa kembali terjadi pada jarak 45 km di bagian tenggara Kepulauan Selayar. Menurut BMKG, gempa yang terjadi memiliki magnitudo sekitar 5,2 SR dan pusatnya berada di koordinat  $6,67^{\circ}$  Lintang Selatan dan  $120,70^{\circ}$  Bujur Timur pada kedalaman 10 km. Guncangan ini terasa hampir di seluruh tempat yang terdapat di Kepulauan Selayar.

Seperti dilansir dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), gempa bumi juga terjadi pada Minggu, 12 Juni 2022 pukul 21.04 WIB. Gempa tersebut terjadi pada kedalaman 11 km. Dimana lokasi gempa bumi dilaporkan berada pada koordinat  $7,06^{\circ}$  Lintang Selatan dan  $120,97^{\circ}$  Bujur Timur. Gempa tersebut memiliki magnitudo sebesar 3,5 SR yang terjadi di Kepulauan Selayar Sulawesi Selatan, dimana gempa tersebut berpusat di laut.

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) melaporkan dalam situs resminya bahwa dua kali gempa terjadi pada hari Jumat, 28 Oktober 2022 pukul 19.15 WIB. Gempa bumi pertama melanda Kepulauan Selayar pada pukul 00:36:21 WIB dengan kekuatan 4,5 SR. Menurut BMKG, pusat gempa berada 10 km di bawah permukaan laut. Menurut analisis BMKG, koordinat pusat gempa berada pada  $7,2^{\circ}$  Lintang Selatan dan  $121,22^{\circ}$  Bujur Timur. Dengan kata lain, letaknya berada pada 128 km tenggara Pulau Selayar. Gempa kedua terjadi pada pukul 00:41:43 WIB di Kepulauan Selayar. Pusat gempa berkekuatan 4,2 SR dan pusat gempa berada di laut. Kali ini koordinatnya adalah lintang  $7,24^{\circ}$  Lintang Selatan dan  $121,2^{\circ}$  Bujur Timur.

Inilah yang menjadi landasan dilakukannya penelitian ini karena rawannya terjadi gempa bumi di lokasi tersebut. Dimana, berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Sulawesi Selatan, Kepulauan Selayar merupakan wilayah yang menduduki peringkat pertama dengan kejadian gempa bumi yang paling sering terjadi di provinsi Sulawesi Selatan.

Pola gerak patahan dan penyebab terjadinya gempa dapat diidentifikasi berdasarkan momen tensor gempa bumi. Program ISOLA-GUI dapat digunakan untuk menganalisis momen tensor gempa bumi dan model bidang patahan (Pratama & Santosa, 2018). Pengolahan data dengan ISOLA-GUI menghasilkan solusi mekanisme fokus gempa yang direpresentasikan sebagai beachball untuk menentukan parameter sumber dan model sesar penyebab gempa bumi (Fahntalia & Madlazim, 2017).

Penelitian (Ibad & Santosa, 2010) membahas mengenai model tsunami dan momen tensor gempa bumi Mentawai dengan magnitudo 7,8 SR pada 25 Oktober 2010. Momen tensor dan mekanisme fokusnya diperoleh dengan menggunakan data seismogram tiga komponen dengan program ISOLA-GUI. Dimana diperoleh pola sesar gempa Mentawai merupakan pola sesar normal yang berkorespondensi dengan pola sesar zona subduksi yaitu jenis normal fault.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Setyowidodo & Pamungkas, 2015) yang menganalisis seismogram dengan menggunakan bentuk gelombang tiga komponen untuk menemukan momen tensor dan mengidentifikasi pola pada bidang sesar subduksi pulau Jawa. Hasil analisis menunjukkan bahwa pola bidang sesar yang berkembang di Pulau Jawa merupakan sesar yang terdiri dari sesar mendatar dan sesar normal. Sehingga jika pola perkembangan zona sesar diketahui pada suatu wilayah yang akan terjadi gempa bumi, dampaknya dapat diprediksi.

Penelitian yang dilakukan (Pratama & Santosa, 2018) terkait gempa bumi dengan magnitudo  $\geq 5$  SR pada tahun 2016 di wilayah Maluku Utara dengan menggunakan program ISOLA-GUI menggunakan analisis momen tensor dan model bidang patahan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai tensor gempa bumi tektonik dan bentuk bidang patahan di daerah Maluku Utara dengan menggunakan program ISOLA-GUI.

Penelitian yang dilakukan oleh (Awaliah, 2020) dengan pemodelan mekanisme fokus dan solusi momen tensor gempa pulau Simeulue dengan menggunakan program ISOLA-GUI. Pola bidang patahan dalam mekanisme fokus gempa Pulau Simeulue dianalisis menggunakan ISOLA-GUI untuk menentukan dengan cepat momen tensor dan mekanisme fokus. Dimana hasil yang diperoleh menunjukkan bidang sesar yang dihasilkan dari solusi momen tensor merupakan sesar naik dan sesar kombinasi kearah naik.

Momen tensor gempa bumi dapat digunakan untuk menentukan model gerak sesar atau jenis sesar yang menyebabkan gempa. Gelombang seismik yang merambat dari hiposenter saat terjadi gempa banyak mengandung informasi tentang mekanisme sumber gempa. Momen tensor gempa bumi tidak hanya memberikan informasi tentang kekuatan gempa, tetapi juga informasi tentang keadaan tekanan permukaan tektonik dan zona sesar atau patahan (Zulkarnaen, 2015).

Sesar atau patahan merupakan hasil dari aktivitas tektonik. Dimana sesar atau patahan adalah suatu bentuk retakan pada lapisan batuan bumi yang dapat menyebabkan satu blok batuan bergerak relatif terhadap blok lainnya. Pergerakan batuan tersebut dapat relatif turun, naik, ataupun mendatar terhadap blok lainnya. Mengenal jenis dan ciri-ciri sesar atau patahan sangat penting untuk memahami ciri-ciri rekahan atau patahan yang menyebabkan gempa bumi (Awaliah, 2020).

Untuk mengetahuinya dapat dilakukan salah satu cara yaitu dengan memperkirakan momen tensor gempa bumi. Adapun pemodelan tensor momen digunakan untuk menggambarkan arah gaya gempa bumi yang dijelaskan oleh beachball. ISOLA-GUI dikembangkan untuk menemukan dan menentukan mekanisme fokus dengan cepat menggunakan inversi momen tensor untuk mendapatkan informasi tentang parameter sumber gempa bumi (Awaliah, 2020).

Penentuan momen tensor gempa bumi dengan menggunakan program ISOLA-GUI memiliki kelebihan untuk mengolah data gempa bumi dengan magnitudo kecil kurang dari 1,2 SR dan gempa besar lebih dari 9 SR. Keunggulan lain dibandingkan program lain adalah melibatkan koreksi instrumen dari seismogram yang digunakan dan menyediakan tools untuk melakukan filter data untuk menghilangkan noise atau gangguan sehingga dapat diperoleh data lebih akurat.

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai pola bidang sesar dan mekanisme fokus gempa bumi di wilayah Kepulauan Selayar, serta sebagai landasan dalam kegiatan penanggulangan bencana di wilayah tersebut.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Balai Besar Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BBMKG) Wilayah IV Makassar berupa data gempa bumi yang mencakup wilayah Kepulauan Selayar pada 14 Desember 2021. Adapun parameter-parameter gempa bumi yang terekam berupa kedalaman (depth) dengan satuan km, kecepatan gelombang P ( $V_p$ ) dengan satuan km/s, kecepatan gelombang S ( $V_s$ ) dengan satuan km/s, densitas ( $\rho$ ) dengan satuan g/cm<sup>3</sup>, faktor redaman gelombang P ( $Q_p$ ), dan faktor redaman gelombang S ( $Q_s$ ) serta data informasi gempa berupa latitude, longitude, magnitudo, waktu terjadinya gempa, nama dan koordinat stasiun yang merekam gempa bumi di sekitar wilayah penelitian yang terletak pada 5° 42' - 7° 35' LS dan 120° 15' - 122° 30' BT di Kabupaten Selayar, Sulawesi Selatan. Pengolahan datanya menggunakan Matlab R2019b dan ISOLA-GUI 2022 untuk menganalisis momen tensor dari data gempa serta menentukan jenis sesar serta parameter gempa yakni strike, dip dan rake.

Adapun tahapan pengolahan data dengan menggunakan program ISOLA-GUI di dalam Matlab dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Memasukkan Data SAC

Masukkan data dalam format SAC pada pilihan menu Impor Data. Data ini dimasukkan sebagai data bentuk gelombang yang terdiri dari tiga komponen: gelombang NS (Utara-Selatan), gelombang EW (Timur-Barat), dan gelombang Z (vertikal). Data yang dimasukkan disimpan dalam format ASCII dalam format .dat.

2. Model Bumi (Define Crustal Model)

Model bumi digunakan untuk memastikan bahwa hasil data yang diperoleh sesuai dengan kondisi sebenarnya. Dimana data yang dimasukkan berupa kedalaman (Depth) dengan satuan km, kecepatan gelombang P ( $V_p$ ) dengan satuan km/s, kecepatan gelombang S ( $V_s$ ) dengan satuan km/s, densitas batuan (Rho) dengan satuan  $g/cm^3$ , faktor redaman gelombang P ( $Q_p$ ), dan faktor redaman gelombang S ( $Q_s$ ). Hasil pengolahan data untuk fungsi green yang kemudian akan digunakan pada proses inversi ditentukan oleh model bumi yang dipilih atau dibuat, sehingga pengolahan data harus tepat.

3. Informasi Gempa (Event Info)

Data kejadian gempa dimasukkan pada tahap ini. Data yang dimasukkan sebelumnya berisi informasi seperti posisi Latitude dan Longitude, kedalaman gempa, besarnya gempa (magnitude), serta informasi waktu dan tanggal terjadinya gempabumi (origin time). Kemudian ISOLA-GUI memperbarui file dalam format event.isl, rawinfo.isl, duration.isl. Informasi ini digunakan selama proses inversi.

4. Pemilihan Stasiun (Station Selection)

Tahapan ini menggunakan stasiun yang telah dipilih sebelumnya dalam bentuk Smtr.stn yang terdiri dari nama stasiun, latitude dan longitude yang dibuat dengan menggunakan notepad. Kemudian dimasukkan ke dalam program ISOLA-GUI. Pemilihan stasiun sangat penting karena data keluaran yang diperoleh pada saat pemilihan stasiun akan digunakan pada proses selanjutnya. Data tersebut kemudian disimpan dalam bentuk Station.isl. Adapun minimal stasiun yang digunakan sebanyak 3 stasiun.

5. Persiapan Data Mentah (Raw Data Preparation)

Pada tahap ini, data waveform berbentuk ASCII yang dimasukkan pada menu import data dilakukan koreksi instrumentasi, dan file pole-zero pertama kali dibuat untuk setiap stasiun dan disimpan dalam folder pzfile pada program ISOLA GUI. Setelah itu dilakukan proses origin align dimana proses ini dilakukan untuk memilah waktu tiba gelombang berdasarkan data waveform tiga komponen.

6. Penentuan Lokasi Sumber Seismik (Seismic Source Definition)

Pada tahap ini diasumsikan terdapat satu pusat gempa pada lokasi terjadinya gempa dan kedalaman pusat gempa tetap. Nilai yang dimasukkan dalam menu ini adalah starting depth dimana awal diambil sebagai ukuran kedalaman awal untuk menentukan letak pusat gempa, selanjutnya depth step atau langkah kedalaman selanjutnya, dan No of Sources yaitu jumlah sumber seismik yang dibutuhkan. Setelah mengetahui kedalamannya selanjutnya dilakukan proses Green Function.

7. Perhitungan Fungsi Green (Green Function Computation)

Pada tahap ini proses penghitungan fungsi green dilakukan melalui command prompt. Langkah ini dilakukan untuk menentukan momen tensor dan parameter sumber gempa lainnya.

8. Inversi Gelombang Seismik (Waveform Inversion)

Pada proses ini dilakukan proses inversi untuk mengetahui hasil kurva displacement data waveform dengan data sintetik, yang nantinya akan menghasilkan nilai momen tensor. Sebelumnya dilakukan proses fitting kurva untuk mengetahui nilai variasi reduksi, jika nilai variasi yang diperoleh kurang dari 0,5 maka harus terus mengubah nilai filter hingga nilai variasi yang diperoleh lebih besar dari 0,5. Nilai variasi reduksi yang mendekati 1 menunjukkan semakin akurat proses pengolahan data yang telah dilakukan.

9. Plot Hasil (Plot Result)

Pada tahap ini diperoleh kurva data observasi dengan kurva sintetik dan mekanisme fokus dengan menggunakan solusi momen tensor yang dijelaskan oleh beachball. Dimana menggambarkan arah pergerakan sesar saat terjadi gempa di wilayah Kepulauan Selayar.

10. Analisa Momen Tensor

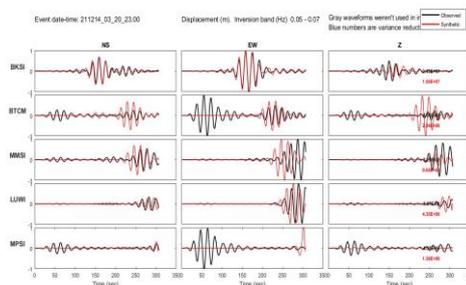
Pada tahap ini hasil pengolahan data yang dianalisis dengan ISOLA-GUI mengenai mekanisme fokus momen tensor seismik. Variasi bentuk beachball mencerminkan pola geometri dari sesar yang terjadi. Dimana bentuk geometri ini dipengaruhi oleh geologi dan letak hiposenter wilayah Kepulauan Selayar.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

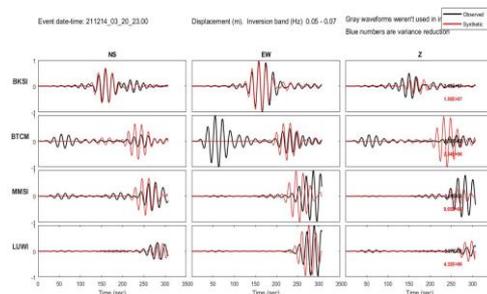
### Hasil Fitting Waveform

Inversi waveform dilakukan untuk mendapatkan sinyal sintetik lokal pada rekaman waveform 3 komponen. Dimana pada event gempa 2021/12/14 pemilihan fitting frekuensi dalam proses inversi adalah 0.05-0.07 Hz pada stasiun yang digunakan. Frekuensi yang digunakan dalam bentuk gelombang inversi harus lebih kecil dari frekuensi gempa. Dalam pemilihan filter dengan frekuensi rendah cocok dengan karakteristik gelombang gempabumi dan bertujuan untuk memudahkan pencocokan terbaik antara seismogram sintetik dan hasil observasi.

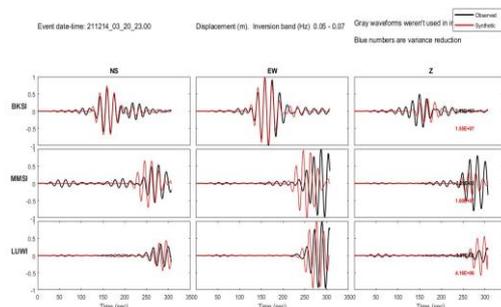
Data seismogram sintetik didapatkan dari proses inversi untuk dibandingkan dengan data seismogram observasi. Kurva hasil inversi gelombang seismik digambarkan dengan kurva warna merah sedangkan kurva data seismogram digambarkan dengan kurva warna hitam. Seperti yang dilihat dari fitting kurva yang dihasilkan korelasi ini terbilang baik. Dimana korelasi antara data seismogram dan sintetik semakin baik jika nilai Variasi Reduksi (VR) yang diperoleh mendekati nilai 1. Adapun hasil fitting waveform pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Hasil Fitting Waveform pada Event Gempa 5 Stasiun



Gambar 3. Hasil Fitting Waveform pada Event Gempa 4 Stasiun



Gambar 4. Hasil Fitting Waveform pada Event Gempa 3 Stasiun

Nilai acuan keakuratan solusi momen tensor adalah nilai variasi reduksi (VR) yang diperoleh. Ketika garis kurva observasi sama atau sejajar dengan kurva sintetik maka menunjukkan hasil yang baik. Dimana jika nilai VR > 0.5 atau 50% maka hasil momen tensor dinyatakan telah akurat. Adapun nilai Variasi Reduksi (VR) yang diperoleh dengan menggunakan 5 stasiun sekitar 0.65 atau 65%, untuk 4 stasiun sekitar 0.65 atau 65%, dan untuk 3 stasiun sekitar 0.66 atau 66%. Berdasarkan nilai yang diperoleh sehingga menunjukkan hasil kecocokan data observasi dan data sintetik sudah akurat.

Tingkat kecocokan antara data observasi dan data sintetik yang diperoleh dipengaruhi oleh stasiun yang digunakan. Dimana tingkat kecocokan data observasi dan data sintetik akan lebih baik jika stasiun yang digunakan dekat dengan lokasi gempa. Jika dilihat dari hasil inversi yang diperoleh ada beberapa gelombang yang tidak saling tumpang tindih. Hal ini dipengaruhi oleh stasiun yang digunakan yang jauh dari lokasi titik gempa.

Dari hasil pengolahan menggunakan program ISOLA-GUI didapatkan besar momen tensor sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai Momen Tensor

Event	Stasiun	Mxx	Myy	Mzz	Mxy	Mxz	Myz	Exp	VR
2021-12-14	5	2.15	6.54	-8.68	-0.03	-2.76	1.59	28	65%
	4	2.15	6.55	-8.70	-0.03	-2.76	1.58	28	65%
	3	1.47	6.99	-8.46	-0.02	-2.76	1.46	28	66%

Hasil dari aktivitas dari area patahan atau pertengahan antara dua lempeng yang mengalami pergeseran ditunjukkan dengan besar nilai momen tensor yang diperoleh. Komponen momen tensor yang diperoleh untuk 3 stasiun yang memiliki nilai variasi reduksi atau tingkat kecocokan yang lebih tinggi yaitu  $M_{xx} = 1.47 \text{ exp } 28$ ,  $M_{yy} = 6.99 \text{ exp } 28$ ,  $M_{zz} = -8.46 \text{ exp } 28$ ,  $M_{xy} = -0.02 \text{ exp } 28$ ,  $M_{xz} = -2.76 \text{ exp } 28$ , dan  $M_{yz} = 1.46 \text{ exp } 28$ . Dimana  $M_{xx}$  merupakan komponen momen tensor dengan dua gaya yang bergerak kearah x terhadap sumbu x,  $M_{xy}$  merupakan komponen momen tensor dengan dua gaya yang bergerak kearah x terhadap sumbu y,  $M_{xz}$  merupakan komponen momen tensor dengan dua gaya yang bergerak kearah x terhadap sumbu z,  $M_{yy}$  merupakan komponen momen tensor dengan dua gaya yang bergerak kearah y terhadap sumbu y,  $M_{yz}$  merupakan komponen momen tensor dengan dua gaya yang bergerak kearah y terhadap sumbu z,  $M_{zz}$  merupakan komponen momen tensor dengan dua gaya yang bergerak kearah z terhadap sumbu z.

Analisis gempabumi di wilayah Kepulauan Selayar dengan menggunakan nilai momen tensor yang telah didapatkan dan diolah pada inversi waveform tiga komponen. Dimana analisis momen tensor digunakan untuk menentukan arah gaya penyebab gempabumi dan jenis patahan yang digambarkan dengan beachball.

Hasil yang diperoleh dari pengolahan data menggunakan ISOLA-GUI dari sesar di Kepulauan Selayar memiliki parameter event gempa sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai Parameter Gempa Kepulauan Selayar

Event	Stat	Centroid Depth	Plane 1			Plane 2			VR
			Strike	Dip	Rake	Strike	Dip	Rake	
2021-12-14	5	27	40	84	-167	308	78	-6	65%
	4		40	84	-168	308	78	-6	65%
	3		40	84	-166	309	76	-7	66%

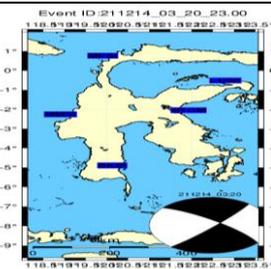
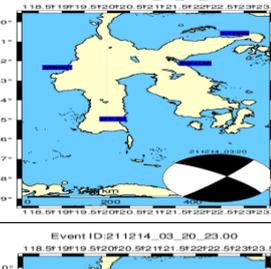
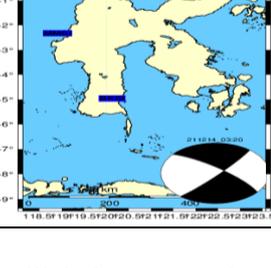
Setelah nilai strike, dip, dan rake didapatkan (tabel 2) dimana strike, dip dan rake adalah gambaran dari arah pergerakan slip. Nilai strike adalah sudut yang terbentuk antara jurus sesar dengan arah utara, sudut dip adalah sudut yang terbentuk oleh bidang sesar dengan bidang horizontal yang arahnya tegak lurus dengan arah strike, dan rake adalah sudut pergerakan bidang yang mengacu pada strike.

Solusi dari momen tensor gempabumi selalu menyediakan dua bidang patahan dimana satu bidang merupakan bidang patahan (fault plane) dan satu bidang lainnya merupakan bidang

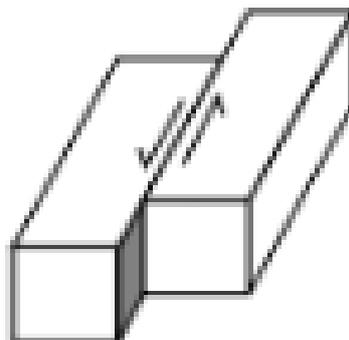
bantu (auxiliary plane). Dimana kedua bidang ini saling tegak lurus satu sama lain. Beachball yang dihasilkan mempunyai arti fisis, bagian yang cerah merupakan asal gaya yang menekan ke arah bagian yang gelap.

Berikut hasil identifikasi arah bidang patahan event gempa pada 14/12/2021 dimana berdasarkan bentuk beachball yang diperoleh pada pengolahan data event gempa lokal ini adalah Left Strike Slip atau Sesar Mendatar Mengiri yang dapat kita lihat pada tabel 3.

Tabel 3. Bentuk Beachball

Event	Stasiun	Beachball	Jenis Sesar
2021-12-14	5		Left Strike Slip atau Sesar Mendatar Mengiri
	4		
	3		

Dari hasil pengolahan data yang dilakukan gempabumi di Kepulauan Selayar. Hasil momen tensor yang diperoleh pada penelitian ini yang diolah menggunakan inversi waveform tiga komponen (NS, EW, dan Z). Dimana hasil momen tensor dianalisa untuk mengetahui arah gaya penyebab gempabumi, sehingga diketahui jenis patahannya yang digambarkan pada pola beachball. Berdasarkan hasil tabel 4.3 didapatkan hasil penggambaran beachball dimana terdapat hasil jenis sesar yang terjadi pada event gempa lokal di daerah Kepulauan Selayar adalah jenis Left Strike Slip atau Sesar Mendatar Mengiri.



Gambar 4. Arah Bidang Patahan Event Gempa pada 14/12/2021 dalam Bidang Datar

Hasil yang diperoleh sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Supendi et al., 2022) dimana gempa bumi yang terjadi pada tanggal 14 Desember 2021 memiliki mekanisme sumber guncangan utama menunjukkan gerakan geser mengiri pada sesar berarah barat-timur yang dinamakan sesar Kalaotoa.

Adapun (Fajriani, 2018), dalam penelitiannya menyatakan bahwa Pulau Sulawesi memiliki tingkat aktifitas kegempaan yang cukup tinggi dengan dominasi mekanisme sumber penyebab gempa terbanyak adalah berupa jenis sesar naik dan jenis sesar turun dan sesar geser/mendatar.

Sedangkan dalam penelitian yang dilakukan oleh (Kurniati, 2017) diperoleh hasil bahwa jenis sesar yang terjadi pada Gempabumi yang terjadi di Sulawesi bagian Selatan pada Periode 1976-2016 merupakan sesar geser/mendatar mengiri, sesar naik, sesar turun, dan sesar oblique. Dimana jenis sesar geser/mendatar yang paling dominan yang menjadi penyebab utama gempabumi di Sulawesi bagian Selatan. Sesar Matano, Sesar Lawanopo, Sesar Walanae, Tolo Thrust, dan Teluk Bone menjadi penyebab utama dari gempabumi di Sulawesi bagian Selatan yang merupakan struktur geologi utama.

Selain itu, dalam penelitian yang dilakukan oleh (Koesnama, 2014), terdapat sesar mendatar berukuran besar di Sulawesi seperti Sesar Palu - Koro, Sesar Matano, Sesar Lawanopo, dan Sesar Walanae. Dimana diketahui bahwa Kepulauan Selayar berada pada jalur sesar Walanae.

## **SIMPULAN**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa hasil momen tensor pada gempa 14 Desember 2021 dapat digunakan untuk menganalisa struktur pola bidang patahan di Kepulauan Selayar. Dimana nilai momen tensor yang diperoleh yaitu  $M_{xx} = 1.47 \exp 28$ ,  $M_{yy} = 6.99 \exp 28$ ,  $M_{zz} = -8.46 \exp 28$ ,  $M_{xy} = -0.02 \exp 28$ ,  $M_{xz} = -2.76 \exp 28$ , dan  $M_{yz} = 1.46 \exp 28$ . Adapun pola bidang sesar gempa yang terjadi di wilayah Kepulauan Selayar adalah Left Strike Slip atau Sesar Mendatar Mengiri.

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Saya selaku penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen yang telah membimbing dan memberikan masukan dalam penyelesaian penelitian ini. Serta penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang tak hentinya memberikan semangat dan dukungan kepada penulis selama proses penyusunan tulisan ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Awaliah, L. Z. (2020). Analisis Momen Tensor Dan Mekanisme Fokus Data Gempa Lokal Pada Daerah Pulau Simeuleu Menggunakan Program Isola-Gui. Repository.Uinjkt.Ac.Id. [http://Repository.Uinjkt.Ac.Id/Dspace/Handle/123456789/50423%0Ahttp://Repository.Uinjkt.Ac.Id/Dspace/Bitstream/123456789/50423/1/LULU\\_ZAENATUL\\_AWALIAH-FST.Pdf](http://Repository.Uinjkt.Ac.Id/Dspace/Handle/123456789/50423%0Ahttp://Repository.Uinjkt.Ac.Id/Dspace/Bitstream/123456789/50423/1/LULU_ZAENATUL_AWALIAH-FST.Pdf)
- Darwis, A. F. (2018). Gemuruh Di Lombok, Palu Dan Donggala, Senyap Di Selat Sunda Ulasan 3 Bencana Alam Merusak Di 2018. MAIPARK.
- Fahntalia, C. P., & Madlazim. (2017). Pengaruh Jumlah Stasiun Seismik Terhadap Hasil Estimasi Centroid Moment Tensor Gempa Bumi. Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI), 06(03), 1–5. <http://202.90.198.100/Webdc3/>,
- Fajriani, N. (2018). ANALISIS POLA-POLA SESAR DI PULAU SULAWESI DENGAN MENGGUNAKAN DATA GEMPA (STUDI KASUS 1977-2017). Skripsi.
- Ibad, M. I., & Santosa, B. J. (2010). Pemodelan Tsunami Berdasarkan Parameter Mekanisme Sumber Gempa Bumi Dari Analisis Waveform Tiga Komponen Gempa Bumi Mentawai 25 Oktober 2010. JURNAL SAINS DAN SENI POMITS.
- Koesnama. (2014). PENSESARAN MENDATAR DAN ZONA TUNJAMAN AKTIF DI SULAWESI: HUBUNGANNYA DENGAN KEGEMPAAN STRIKE-SLIP FAULTS AND ACTIVE SUBDUCTION IN THE SULAWESI AREA: THEIR RELATIONSHIPS WITH SEISMICITY. 15(2), 75–80.
- Kurniati, A. (2017). APLIKASI MEKANISME FOKUS DALAM IDENTIFIKASI SESAR DI SULAWESI BAGIAN SELATAN.

- Pasau, G., Ferdy, & Tamuntuan, G. H. (2017). Pengamatan Seismisitas Gempa Bumi Di Wilayah Pulau Sulawesi Menggunakan Perubahan Nilai A-B. *JURNAL MIPA UNSRAT ONLINE*, 6(1), 31–35.
- Pratama, H., & Santosa, B. J. (2018). Analisa Momen Tensor Dan Mekanisme Pusat Gempa Bumi Wilayah Maluku Utara Sepanjang Tahun 2016 Dengan Magnitude  $\geq 5$  SR Memanfaatkan Program ISOLA-GUI. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(1), 2337–3520.
- Setyowidodo, I., & Pamungkas, F. (2015). INVERSI WAVEFORM TIGA KOMPONEN GEMPA BUMI POLA BIDANG PATAHAN YANG BERKEMBANG DI PULAU JAWA MELALUI ANALISIS MOMEN TENSOR. 02, 110–118.
- Supendi, P., Rawlinson, N., Prayitno, B. S., Widiyantoro, S., Nugraha, A. D., Daryono, D., Anugrah, S. D., & Fatchurochman, I. (2022). The Kalaotoa Fault : A Newly Identified Fault That Generated The M W 7 . 3 Flores Sea Earthquake. 176–185. <https://doi.org/10.1785/0320220015>
- Yanti, J. (2022). OBERSERVASI SAR UNTUK PERUBAHAN LAHAN PASCA GEMPA 7,5 MW NTT DI PULAU SELAYAR. *Jurnal Lageogralia*, 20(2), 178–186.
- Zakaria, Z., & Sidarto. (2015). Aktifitas Tektonik Di Sulawesi Dan Sekitarnya Sejak Mesozoikum Hingga Kini Sebagai Akibat Interaksi Aktifitas Tektonik Lempeng Tektonik Utama Di Sekitarnya. *Geo-Science*, 16(3), 115–127.
- Zulkarnaen, I. (2015). ANALISIS INVERSI WAVEFORM TIGA KOMPONEN UNTUK MENENTUKAN MOMEN TENSOR, POLA BIDANG SESAR, DAN MEKANISME FOKUS GEMPA SULAWESI UTARA TAHUN 2014.