



# APCP

## Applied Physics of Cokroaminoto Palopo

### Analisis *Focal Mechanism* Gempa Bumi di Danau Matano Sorowako Kabupaten Luwu Timur

Indirahasti<sup>1,\*</sup>, Suaedi<sup>2</sup>, Fitri Jusmi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Program Studi Fisika Fakultas Sains Universitas Cokroaminoto Palopo, Indonesia

<sup>2</sup>) Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Cokroaminoto Palopo, Indonesia

Email korespondensi : [fitrijusmi@uncp.ac.id](mailto:fitrijusmi@uncp.ac.id)

**ABSTRACT**– Indonesia is an area that is traversed by the confluence of three world plates, namely Indo-Australia moving to the north, Pacific to the east, and Eurasia to the south, this condition makes Indonesia prone to earthquakes. The South Sulawesi region, especially in the Sorowako area, is vulnerable to natural earthquakes because the Sorowako area is located south of Lake Matano where Lake Matano is located above a fault zone called the Matano fault. The earthquake occurred on December 15 2016 with coordinates  $(-2.61^{\circ}\text{S}) - (-2.65^{\circ}\text{S})$  and  $(121.77^{\circ}\text{E}) - (121.86^{\circ}\text{E})$  at a depth of 30 km and a magnitude of 4.0 SR. In the event of the earthquake, the focal mechanism can be analyzed using the P-wave initial motion method (compression and dilation) using Seiscomp P 3 software. The results of the focal mechanism analysis on December 15 obtained the value of the first nodal plane towards the fault plane (strike)  $105^{\circ}$ , tilt (dip)  $75^{\circ}$ , and the rake angle is  $127^{\circ}$ . Meanwhile, the second nodal plane has a strike of  $249^{\circ}$ , dip of  $39^{\circ}$  and rake of  $24^{\circ}$ . Based on these fault parameters, the earthquake that occurred on December 15, 2016 was an earthquake with an ascending fault pattern.

**ABSTRAK**–Indonesia merupakan daerah yang dilalui oleh pertemuan tiga lempeng dunia yaitu Indo-Australia bergerak ke utara, Pasifik ke timur, dan Eurasia ke selatan, kondisi inilah yang menyebabkan Indonesia rawan akan gempa bumi. Wilayah Sulawesi Selatan khususnya di daerah Sorowako rentan terhadap bencana alam gempa bumi karena wilayah Sorowako terletak di Selatan Danau Matano dimana posisi Danau Matano ini berada diatas zona patahan yang disebut patahan Matano. Gempa bumi yang terjadi pada tanggal 15 Desember tahun 2016 dengan koordinat  $(-2.61^{\circ}\text{LS}) - (-2.65^{\circ}\text{LS})$  dan  $(121.77^{\circ}\text{BT}) - (121.86^{\circ}\text{BT})$  pada kedalaman 30 km dan magnitudo 4,0 SR. Pada peristiwa gempa bumi tersebut dapat dianalisis *focal mechanism* menggunakan metode gerak awal gelombang P (kompresi dan dilatasi) dengan menggunakan *Software* seiscamp P 3. Hasil analisis *focal mechanism* pada tanggal 15 Desember diperoleh nilai bidang nodal pertama arah bidang sesar (*strike*)  $105^{\circ}$ , kemiringan (dip)  $75^{\circ}$ , dan sudut pergerakannya (*rake*)  $127^{\circ}$ . Sedangkan pada bidang nodal kedua memiliki *strike*  $249^{\circ}$ , *dip*  $39^{\circ}$ , dan *rake*  $24^{\circ}$ . Berdasarkan parameter-parameter sesar tersebut diperoleh gempa yang terjadi pada tanggal 15 Desember 2016 merupakan gempabumi berpola sesar naik.

**Kata Kunci** : *focal mechanism, strike, dip, rake.*

## PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai wilayah yang mempunyai tatanan geologi yang unik dan rumit. Hal ini dikarenakan, Kepulauan Indonesia merupakan jalur pertemuan tiga lempeng besar yaitu lempeng Indo-Australia yang relatif bergerak dari Selatan ke arah Utara, lempeng Eurasia yang relatif bergerak dari utara ke arah Selatan, dan lempeng Pasifik yang relatif bergerak dari Timur ke

arah Barat (Plumer, 2003). Lempeng Indo-australia bertumbukan dengan lempeng Eurasia, dimana lempeng Indo-Australia menyusup masuk ke bawah lempeng Eurasia dengan kedalaman  $\pm 300$  Km tepat di bawah pulau Sumatera dengan *Dip*  $\pm 60^{\circ} - 80^{\circ}$ , serta dengan kecepatan rata-rata  $\pm 5,5 - 7,0$  cm/tahun, dan dengan kedalaman  $\pm 650$  Km di bawah Pulau Jawa. Sedangkan lempeng Pasifik bertumbukan dengan lempeng Indo-Australia

dan lempeng Philipina dengan kecepatan  $\pm 11$  cm/tahun. Akibat dari pergerakan ketiga lempeng ini menimbulkan unsur-unsur tektonik seperti sesar, patahan lokal, lipatan, pergerakan tanah, dan sebagainya (Karyadi, 2008). Kondisi ini menjadikan wilayah Indonesia sebagai daerah tektonik aktif dengan tingkat seismisitas atau kegempaan yang tinggi, salah satunya termasuk di daerah Sulawesi Selatan.

Wilayah Sulawesi Selatan khususnya di daerah Sorowako rentan terhadap bencana alam gempa bumi karena daerah tersebut terletak di Selatan Danau Matano Sorowako yang dilalui oleh Sesar Matano di sebelah Utara, Sesar Palu Koro di sebelah Barat serta Sesar Lawanopo di sebelah Selatan. Serta ada pula tumbukan oleh Tolo Thrust di sebelah timur yang menyebabkan depresi Sesar Matano, sehingga menjadikan daerah Sorowako rawan gempa bumi (Wirma, Jasruddin, & Ihsan, 2012).

Kompleksnya proses tektonik dan tingginya tingkat seismisitas di Danau Matano Sorowako Kabupaten Luwu Timur maka perlu dilakukan penelitian. Penelitian yang dilakukan adalah menganalisis seismotektonik di Danau Matano Sorowako Kabupaten Luwu Timur dan sekitarnya berdasarkan pola penyebaran hiposenter dan analisis mekanisme sumber gempa bumi. Bentuk atau pola penunjaman serta mekanisme dari lempeng dapat diestimasi dari penyebaran hiposenter dan analisis mekanisme sumber gempa bumi. Data gempa bumi yang digunakan diperoleh dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika) Stasiun Geofisika Gowa. Metode yang dilakukan adalah mem-plot hiposenter untuk mengetahui pola penyebaran hiposenter dan gambaran model tektonik serta penunjamannya. Penentuan mekanisme sumber gempa bumi menggunakan polaritas gerakan pertama gelombang P. Mekanisme sumber gempa bumi merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi sesar dan pergerakannya dengan cara menentukan

parameter-parameter sesar berupa *strike*, *dip*, dan *rake*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui mekanisme pusat gempa di Danau Matano Sorowako Kabupaten Luwu Timur dengan menggunakan data arah gerakan awal gelombang Primer dan parameter-parameter bidang sesar di Danau Matano Sorowako Kabupaten Luwu Timur dengan menggunakan data arah gerakan awal gelombang Primer.

## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini merupakan deskriptif kuantitatif, dimana pada metode ini menjelaskan kondisi geologi lokasi penelitian dan untuk mengetahui nilai yang diinginkan, dalam hal ini mekanisme fokus gempa bumi. Penelitian ini dilaksanakan di Stasiun BMKG Gowa.

### 1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *software Seiscomp P3*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data gempa bumi di Danau Matano Sorowako Kabupaten Luwu Timur pada tanggal 15 Desember tahun 2016.

### 2. Metode Kerja

Tahapan awal penelitian ini adalah gempa bumi yang terjadi di Danau Matano berupa data yang diperoleh dari Stasiun BMKG Gowa, kemudian data tersebut diolah dengan menggunakan *Software Seiscomp P3*.

### 3. Pengolahan dan Interpretasi Data

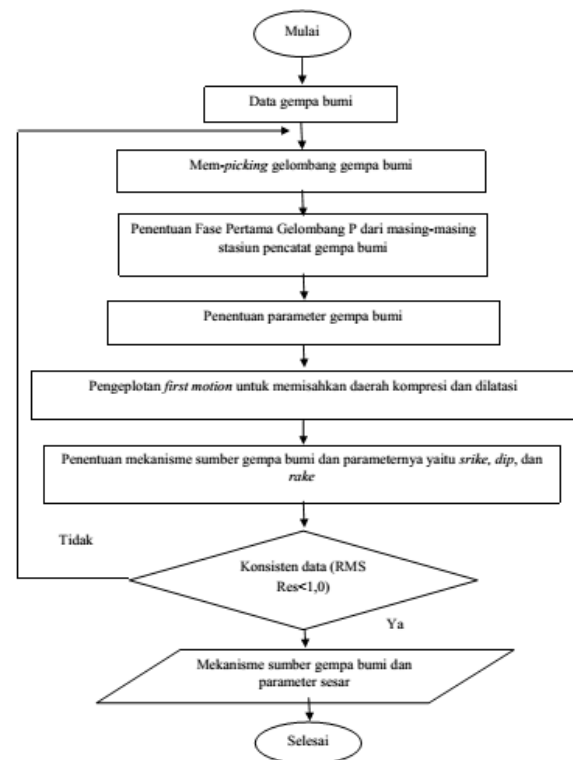
Metode pengolahan data berdasarkan impuls pertama gelombang P yang berupa pembacaan pertama yaitu kompresi dan dilatasi dari stasiun pencatat gempa bumi. Data yang digunakan meliputi lokasi gempa bumi yang telah diketahui Koordinat Episenter (lintang dan bujur), kedalaman, jumlah kode stasiun yang mencatat gelombang P atau data polaritas awal gelombang P. Parameter dalam menyelesaikan mekanisme sumber dengan

menggunakan polaritas gelombang P, dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut:

- Membuka *Software seiscorp P 3* dan memasukkan data gempa bumi berupa lintang dan bujur Danau Matano Soroako Kabupaten Luwu Timur yang diolah pada Stasiun BMKG Gowa.
- Memilih *event* gempa yang memiliki magnitudo paling tinggi selama tahun 2016, terjadi pada tanggal 15 Desember dengan magnitudo 4,0.
- Mem-picking gelombang dalam menentukan arah gerakan pertama polaritas gelombang P berupa kompresi (gerakan awal gelombang P ke atas) dan dilatasi (gerakan awal gelombang P ke bawah) dari masing-masing stasiun pencatat gempa bumi.
- Hasil *picking*-an tersebut kemudian di-*relocate* untuk mengetahui parameter gempa bumi berupa *depth*, *magnitude*, *latitude*, *longitude*, dan *RMS Residual*. Semakin kecil nilai *RMS Residual* maka data yang diperoleh lebih akurat.
- Memplot *first motion* untuk memisahkan antara daerah kompresi dan dilatasi pada proyeksi bidang luasan yang sama sampai diperoleh dua garis pemisah yang membagi daerah kompresi dan dilatasi kedalam empat kuadran, kemudian menentukan mekanisme sumber dan parameter bidang sesar *strike*, *dip*, dan *rake*.
- Strike*, *dip*, dan *rake* yang ditentukan dari solusi bidang sesar yang telah diperoleh, untuk selanjutnya digunakan untuk interpretasi tipe dan arah sesar penyebab gempa bumi.
- Menentukan akurasi hasil parameter mekanisme sumber gempa bumi dengan meminimalkan kesalahan data, hasil yang diambil adalah solusi mekanisme sumber gempa bumi yang mempunyai tingkat kebenaran atau konsisten data ( $RMS Res \leq 1,0$ ), jika tingkat konsisten datanya  $RMS Res \geq 1,0$  maka dilakukan verifikasi data kompresi dan dilatasi.

Hasil yang diperoleh dari *software seiscorp P3* yang berupa *Beach Ball* menunjukkan mekanisme sesar dari gempa bumi, yaitu dengan melihat posisi titik pusat lingkaran terdapat pada daerah kompresi (diarsir) atau pada daerah dilatasi (tanpa arsiran) dan posisi kedua nodal. Kemudian dibuat model bidang patahan dengan besar sudut solusi bidang sesar *strike*, *dip*, dan *rake* sudah ditentukan oleh *software seiscorp P3*.

Data yang digunakan adalah data gempa bumi di Danau Matano Sorowako Kabupaten Luwu Timur yang terekam oleh sensor *seismometer*.



Gambar 1. Diagram alir solusi penentuan solusi mekanisme sumber gempa bumi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Penelitian

Sorowako dan sekitarnya merupakan zona yang mempunyai tingkat seismisitas yang tinggi. Aktivitas gempa bumi yang tinggi berhubungan dengan aktivitas lempeng tektonik terutama zona subduksi, hal ini diperkirakan karena adanya tumbukan antara tiga lempeng besar yaitu, Pasifik, Eurasia, dan Indo-Australia.

Dengan tatanan geologi yang unik dan rumit pada daerah Sorowako sehingga menyebabkan daerah tersebut rentan

terhadap bencana alam gempa bumi. Daerah Sorowako terletak di Selatan Danau Matano Soroako yang dilalui oleh Sesar Matano di sebelah Utara, Sesar Palu Koro di sebelah Barat, serta Sesar Lawanopo di sebelah Selatan. Sementara itu ada pula tumbukan oleh Tolo Thrust di sebelah Timur (Wirma, Jasruddin, & Ihsan, 2012).

Mekanisme sumber gempa bumi berdasarkan gerak awal gelombang P. Patahan yang ditimbulkan oleh impuls gelombang atau orientasi bidang sesar yang dianalisa dari data stasiun yang belum ditentukan hasil pembacaan dari impuls pertama gelombang P, pengolahan impuls gelombang tersebut menggunakan *Software Seiscomp P3*. Input data berupa koordinat lokasi penelitian, hasil bacaan dari penginputan tersebut akan menampilkan *event* gempa sesuai dengan koordinat lokasi penelitian.

Berikut solusi *focal mechanism* gempa bumi yang terjadi di Danau Matano Sorowako Kabupaten Luwu Timur pada tanggal 15 Desember tahun 2016 yang berada pada koordinat  $(-2.61^{\circ}\text{LS}) - (-2.65^{\circ}\text{LS})$  dan  $(121.77^{\circ}\text{BT}) - (121.86^{\circ}\text{BT})$  yang dipeoleh dari Stasiun BMKG GOWA. Analisis data gempa bumi tersebut digunakan dalam menentukan solusi mekanisme sumber gempa bumi (*focal mechanism*) menggunakan *software seiscamp P 3*.

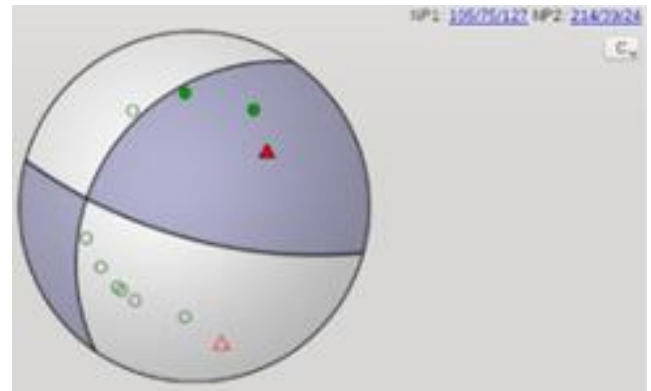
Berikut ini adalah hasil polaritas awal gelombang P dimana bagian yang disebut kompresi (C) merupakan gerakan awal gelombang P yang arah gerakan awal gelombangnya ke atas. Sedangkan dilatasi (D) merupakan gerak awal gelombang P yang arah gerakan awal gelombangnya ke bawah.

Tabel 1. Hasil polaritas gelombang P pada kejadian gempa bumi tanggal 15 Desember 2016

Kode Stasiun	Polaritas
KKSI	D
APSI	C
LUWI	C
SPSI	D
BNSI	D
PMSI	D

KAPI	D
BKSI	D
MPSI	D

Berdasarkan tabel tersebut terdapat nilai kompresi (C) sebanyak 2 stasiun dan dilatasi (D) terdapat 7 stasiun, dari seluruh total stasiun yaitu 9 stasiun. Selanjutnya akan diperoleh bola fokus bidang nodal kompresi dan dilatasi dengan nilai *strike*, *dip*, dan *rake*.



Gambar 2. Solusi mekanisme sumber gempa bumi di Danau Matano tanggal 15 Desember 2016

Bola fokus digambarkan dengan lingkaran yang menunjukkan hasil pengolahan data dengan gerak awal gelombang P. Distribusi data polaritas awal gelombang P pada masing-masing stasiun gempa ditunjukkan dengan simbol (●) yang berarti kompresi (*up*), dan simbol (○) yang berarti dilatasi (*down*). Sedangkan simbol (▲) menunjukkan sumbu tarikan (T) di kuadran kompresi dengan gambar arsiran, dan simbol (△) menunjukkan sumbu tekanan (P) di kuadran dilatasi dengan gambar yang tidak tersisir.



Gambar 13. Posisi gempa bumi

Analisis data gempa bumi yang terjadi pada tanggal 15 Desember 2016 dengan kedalaman 30 km dan *magnitudo* 4,0 SR yang menghasilkan solusi mekanisme sumber gempa bumi di Sorowako Kabupaten Luwu Timur yang menunjukkan hasil pengolahan data dengan gerak awal gelombang P yang berupa diagram mekanisme sumber gempa bumi sehingga dapat diperoleh parameter sesarnya. Nilai orientasi pada bidang nodal 1 mempunyai *strike* 105° *dip* 75° *rake* 127°, dan pada bidang nodal 2 mempunyai *strike* 249° *dip* 39° *rake* 24° dengan demikian dapat diketahui bahwa gempa yang terjadi pada tanggal 15 Desember 2016 merupakan gempa bumi berpola sesar naik.

Selain menggunakan parameter-parameter sesar, dalam menentukan jenis sesar juga dapat diketahui dari gambar diagram mekanisme sumber hasil pengeplotan. Jika pusat diagram (hiposenter) berada didalam kuadran kompresi (daerah yang diarsir) maka diinterpretasikan sebagai gempa bumi berpola sesar naik. Jika pusat diagram (hiposenter) berada dalam kuadran dilatasi (daerah yang tidak terarsir/putih) maka diinterpretasikan sebagai gempa bumi berpola sesar turun. Jika pusat diagram (hiposenter) berada atau dekat dua garis nodal, maka diinterpretasikan sebagai gempa bumi berpola sesar geser (Karyadi, 2008). Dari hasil gambar, dapat dilihat bahwa pusat diagram berada di dalam kuadran kompresi sehingga dapat diinterpretasikan sebagai gempa bumi berpola sesar naik, dimana *hanging wall* relatif bergerak ke atas terhadap *foot wall*-nya.

## 2. Pembahasan

Untuk dapat mengetahui gambaran pola tektonik daerah Sorowako dapat dilakukan dengan cara menentukan solusi mekanisme sumber gempa bumi. Solusi mekanisme sumber gempa bumi dapat menentukan orientasi sesar dan arah pergerakannya. Sesar yang terjadi dapat ditentukan berdasarkan rumusan dari jenis sesar. Sesar geser, jika  $\delta = 90^\circ$  dan  $\lambda = 0^\circ$  (geser kiri) atau  $\lambda = 180^\circ$  (geser kanan). Sesar turun, jika  $\delta \neq 0^\circ$  dan  $\delta \neq 90^\circ$  dan

$-180^\circ \leq \lambda \leq 0^\circ$ . Sesar naik, jika  $\delta \neq 0^\circ$  dan  $\delta \neq 90^\circ$  dan  $0^\circ \leq \lambda \leq +180^\circ$  (Aki & Richard, 1980). Selain itu sesar yang terjadi dapat pula ditentukan berdasarkan titik pusat dari diagram mekanisme sumber gempa bumi, apabila posisi pusat diagram berada di kuadran kompresi maka yang terjadi adalah sesar naik, apabila posisi pusat diagram berada di kuadran dilatasi yang terjadi adalah sesar turun, jika pusat diagram berada pada atau dekat garis nodal maka akan diperoleh sesar geser.

Gempa bumi yang terjadi di Danau Matano Sorowako Kabupaten Luwu Timur pada tahun 2016 yang berada pada koordinat (-2.24°LS) – (-2.7°LS) dan (121.07°BT) – (121.8°BT) diperoleh dari Stasiun BMKG Gowa. Penginputan data berupa koordinat tersebut yang kemudian menghasilkan *event* gempa yang terjadi selama tahun 2016. Banyaknya gempa yang terjadi kemudian diseleksi gempa bumi yang memiliki *magnitudo* paling besar, kejadian gempa bumi yang memiliki *magnitudo* paling tinggi ialah gempa bumi yang terjadi pada tanggal 15 Desember 2016 dengan koordinat (-2.61°LS) – (-2.65°LS) dan (121.77°BT) – (121.86°BT).

Kejadian gempa bumi ini di-*picking* untuk menentukan dari masing-masing stasiun yang mencatat gerak awal gelombang P berupa kompresi dan dilatasi. Hasil *picking*-an tersebut kemudian dilakukan pengeplotan *first motion* untuk memisahkan antara daerah kompresi dan dilatasi pada proyeksi bidang luasan yang sama sampai diperoleh dua garis pemisah yang membagi daerah kompresi dan dilatasi kedalam empat kuadran. Kemudian menentukan mekanisme sumber dan parameter bidang sesar *strike*, *dip*, dan *rake*. *Strike*, *dip*, dan *rake* yang ditentukan dari solusi bidang sesar yang telah diperoleh, selanjutnya digunakan untuk interpretasi tipe dan arah sesar penyebab gempa bumi.

Dalam penelitian ini dilakukan analisis *focal mechanism* untuk memperoleh nilai orientasi bidang nodal (parameter sesar) untuk menentukan jenis sesarnya. Gempa bumi yang terjadi pada tanggal 15 Desember diperoleh bidang nodal 1 dengan harga *strike*

(arah sesar)  $105^\circ$ , *dip* (kemiringan)  $75^\circ$ , *rake* (sudut pergerakan)  $127^\circ$ , dan pada bidang nodal 2 harga *strike*  $249^\circ$ , *dip*  $39^\circ$ , dan *rake*  $24^\circ$ , serta dapat dilihat posisi pusat diagram berada pada kuadran kompresi sehingga berdasarkan parameter tersebut gempa bumi yang terjadi berupa gempa bumi berpola sesar naik.

Dalam menganalisis mekanisme fokus sumber gempa bumi dengan menggunakan metode polaritas awal gelombang P, maka informasi yang didapatkan berupa polaritas gerak awal gelombang P yang arahnya ke atas (kompresi) dan polaritas gerak awal gelombang P yang arahnya ke bawah (dilatasi). Penentuan polaritas gerak awal gelombang P juga dibutuhkan pembacaan yang tepat agar didapatkan hasil yang tepat pula, sehingga hasil yang diperoleh berupa solusi bidang sesar berdasarkan nilai orientasinya. Polaritas gerak awal gelombang P sulit ditentukan jika terjadi gempa bumi yang berkekuatan kecil karena gelombang yang dipancarkan kurang jelas sehingga sulit membedakan antara gelombang gangguan (*noise*) dan gelombang sesungguhnya. Maka dari itu tingkat ketelitian sangat penting dalam menentukan polaritas gerak awal gelombang P untuk meminimalkan tingkat kesalahan dari hasil pengolahan data. Namun tingkat ketelitian akan terlihat berdasarkan nilai RMS yang diperoleh, semakin kecil nilai RMS maka informasi yang diperoleh semakin tepat pula.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dari hasil analisis mekanisme sumber gempa bumi adalah sebagai berikut:

1. Gempa bumi yang terjadi di Danau Matano Sorowako Kabupaten Luwu Timur pada tanggal 15 Desember 2016 memiliki magnitudo 4,0 SR menunjukkan bahwa mekanisme sumber gempa bumi berupa sesar naik (*reverse fault*) karena posisi pusat diagram berada di kuadran kompresi serta sudut pergeserannya (*rake*) yang bernilai negatif (-). Hal ini

disebabkan oleh aktifitas lempeng Indo-Australia menunjam di bawah lempeng Eurasia.

2. Analisis mekanisme sumber gempa bumi yang terjadi di Danau Matano Sorowako Kabupaten Luwu Timur pada tanggal 15 Desember 2016 memiliki magnitudo 4,0 SR dengan metode gerak awal gelombang P menghasilkan parameter sesar untuk bidang nodal 1 mempunyai harga *strike* (arah sesar)  $105^\circ$ , *dip* (kemiringan)  $75^\circ$ , dan *rake* (sudut pergeseran)  $127^\circ$ . Sedangkan pada nodal kedua mempunyai harga *strike* (arah sesar)  $249^\circ$ , *dip* (kemiringan)  $39^\circ$ , serta *rake* (sudut pergeseran)  $24^\circ$ .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ditujukan kepada BMKG Gowa yang telah memberikan dukungan selama penelitian berlangsung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aki, K., & Richard, P. G. (1980). *Quantitative Seismology and Methods*. San Fransisco: W.H Freeman and Company.
- Karyadi, D. (2008). *Penentuan Pola Mekanisme Sumber Gempa bumi Berdasarkan Polaritas Pertama Gelombang P (Gempa bumi Bengkulu 12 September 2007)*. Jakarta: Akademi Meteorologi dan Geofisika.
- Plumer, C. (2003). *Physical Geology*. New York: Mc Graw Hill Companies.
- Wirma, A., Jasruddin, & Ihsan, N. (2012). Analisis Rekahan Gempa bumi dan Gempa bumi Susulan dengan Menggunakan Metode Omori. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. Jilid 8, No. 3, 263 – 268.