

IDENTIFIKASI JENIS DAN ARAH SESAR AKTIF DI WILAYAH SULAWESI SELATAN MENGGUNAKAN METODE HIPOCENTER DAN CENTROID (H-C)

Lorna, Rahmaniah, dan Ayusari Wahyuni¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Sains Dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar
Email: lornarlansyah.96@gmail.com, nia.physics08.uin@gmail.com,
ayusari_wahyuni@uin-alauddin.ac.id

Abstract: This study aims to identify the direction and type of active faults in the region of South Sulawesi by using the hypocenter and Centroid (HC). The data used is secondary data obtained from the hypocenter USGS, IRIS, GEOFON website and the data obtained from BMKG centroid that is processed using the focus mechanism to coordinate limit $-3^{\circ} - 6^{\circ} 30' \text{ LS} - 119^{\circ} - 120^{\circ} \text{ BT}$. According to the research by the method of HC obtained by the type and direction of the active faults in the region I with the type of normal fault directed N6E/32 south-north, region II with the type of strike-slip fault directed N358E/83 north-south, Region III with the type of oblique fault directed N74E/16 southwest-northeast, Region IV with the type of normal fault directed N109E/56 northwest-southeast and in the region of V with the type of strike-slip fault directed N332E/50 southeast-northwest.

Keywords: *Centroid, Focus Mechanism, HC methods, the hypocenter, Walanae Fault*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan daerah dengan manifestasi tektonik yang ditimbulkan berupa sesar dan gunung api teraktif di Dunia (Kaharuddin, 2011) karena terletak pada pertemuan antara tiga lempeng yang aktif bergerak (*triple junction*) yaitu Lempeng Pasifik yang bergerak relatif ke arah Barat dengan kecepatan 12 cm per tahun. Lempeng Indo-Australia yang bergerak relatif ke arah Utara dengan kecepatan 7 cm per tahun dan menyusup ke dalam Lempeng Eurasia yang relatif diam sehingga menyebabkan Pulau Sulawesi memiliki kondisi geologi yang kompleks dan rumit. Pergerakan dari lempeng-lempeng yang berbeda jenis tersebut menciptakan jalur penunjaman dan jalur subduksi yang terus aktif hingga sekarang sehingga pergerakan dari lempeng tersebut merupakan generator utama aktivitas gempabumi yang menimbulkan terjadinya sesar atau sesar regional dan lokal daerah.

Struktur geologi di Sulawesi didominasi oleh sesar mendatar sinistral dan sesar naik dengan arah barat laut – tenggara (Hamilton, 1979). Sesar-sesar aktif yang berada di Sulawesi yaitu sesar Gorontalo, sesar Palu-Koro (dari Flores, Palu hingga Selat Makassar), sesar Matano, sesar Lawanopo (Sulawesi Tenggara) dan

Sesar Walanae (Sulawesi Selatan). Keberadaan sesar-sesar aktif ini menyebabkan Sulawesi rawan terhadap bencana terutama masalah gempa dan tsunami. Menurut Atika Kurniati (2017) dalam penelitiannya gempa bumi yang terjadi di Sulawesi Selatan merupakan jenis gempa dangkal, gempa menengah, dan gempa dalam yang terjadi di darat dan di laut. Secara regional, pulau Sulawesi mendapat tekanan dari luar sehingga terjadi deformasi secara terus menerus, seperti tekanan dari Laut Flores di bagian selatan mengaktifkan sesar Palu-Koro dan Walanae. Menurut Kaharuddin (2011) berdasarkan pengembangan tektonik, Sesar Walanae, Palu-koro, Matano termasuk sesar *transcurrent* yang bersifat sinistral dan sesar Gorontalo yang bersifat destruktif. Hal ini mengakibatkan seringnya terjadi gempa bumi tektonik di daerah yang saling berlawanan sehingga menimbulkan retakan yang terjadi di kulit bumi. Berdasarkan penelitian Madlazim (2017) gerakan batuan ini bisa begitu cepat sehingga perlu dilakukan identifikasi arah pergerakan bidang sesar dengan kekuatan di atas 3 SR dengan menggunakan metode H-C untuk mengetahui jenis sesar yang menyebabkan gempa bumi. Metode H-C lebih unggul dari metode sebelumnya yaitu metode inversi karena tidak memerlukan banyak stasiun seismik. Penentuan jenis dan arah sesar ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat yang berada di wilayah sesar tersebut sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan pembangunan. Untuk menentukan jenis dan arah sesar yang menyebabkan gempa bumi parameter yang digunakan yaitu hiposenter, *centroid* dari kejadian gempa bumi. Hiposenter kejadian gempa bumi ini bersumber dari jaringan seismik BMKG, IRIS, USGS dan GEOFON. Dimana jarak hiposenter terhadap salah satu bidang nodal dari dua bidang yang paling mendekati 0 km merupakan bidang sesar teraktifkan. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis akan melakukan penelitian dengan judul "Identifikasi Jenis dan Arah Sesar Aktif di Wilayah Sulawesi Selatan Menggunakan Metode Hiposenter dan *Centroid* (H-C)".

Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis dan arah sesar aktif di wilayah Sulawesi Selatan menggunakan metode Hiposenter dan *Centroid* (H-C).

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu penelitian ini pada bulan Februari sampai Juni 2018 dan lokasi yang menjadi objek penelitian adalah wilayah Sulawesi Selatan pada koordinat 3° - 6° 30' LS dan 119° - 120° BT.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. *Software* ; Notepad, ArcGIS 10.3, Seisgram2K, AZMTAK, Matlab R2017a.
2. Data yang digunakan yaitu data *event* gempa berupa data *waveform*, waktu kejadian gempa, *longitude*, *latitude*, *depth*, magnitudo dan *centroid* pada periode 2008-2017.

Pengambilan Data

Data yang digunakan adalah data *centroid* dari *event* gempa yang terjadi di Wilayah Sulawesi Selatan periode 2008-2017. Data ini berisi informasi koordinat gempa, magnitude, kedalaman (*depth*) dan data *waveform*, dengan magnitude ≥ 3 SR. Data tersebut diperoleh dari website BMKG (repogempa.bmkg.go.id) yang menyediakan data gempa lokal. Menggunakan data hiposenter yang diperoleh dari website USGS (www.earthquake.usgs.gov/earthquakes), dan dari website IRIS (<http://ds.iris.edu/wilber3/findevent>) serta data hiposenter dari website GEOFON (<http://202.90.198.100/webdc3/>) sebagai data pembandingan.

Pengolahan Data

- a. Membuat peta seismisitas gempa
 1. Menginput data *event* gempa berupa data koordinat, magnitudo, dan kedalaman ke dalam program Ms.Excel.
 2. Membuat tabel frekuensi yang terdiri dari tabel periode terjadinya gempabumi dengan kriteria magnitudo ≥ 3 SR yang digunakan untuk melihat aktivitas gempa bumi yang terjadi setiap tahun pada wilayah Sulawesi Selatan.
 3. Mengeplot data dari program Excel ke dalam *software* ArGIS 10.3 dengan membagi data berdasarkan kedalaman hiposenternya untuk mengetahui sebaran gempabumi di Wilayah Sulawesi Selatan periode 2008-2017.

- b. Menentukan jenis sesar dan data *centroid*
 1. Menginput data *waveform* (data dalam bentuk gelombang) ke dalam *software* Seisgram2K.
 2. Melakukan *picking* pada Data gelombang tersebut sehingga diperoleh data gelombang P dengan spesifikasi:
 - e : Gelombangnya jelas
 - i : Tidak jelas
 - c : Gelombang kompresi (gelombang naik)
 - d : Gelombang dilatasi (gelombang turun)
 3. Menginput data hasil *picking* gelombang P, gelombang turun/dilatasi (-) dan gelombang naik/kompresi (+) (output dari *software* Seisgram2K) dan data *latitude*, *longitude*, *depth*, jumlah stasiun pencatat gempa, dan kode stasiun kemudian dijadikan input dalam *software* AZMTAK dalam bentuk Notepad.
 4. Menginput data ke dalam program Notepad dengan data lain berupa data koordinat waktu dan lokasi kejadian, kedalaman, magnitude, jumlah yang digunakan, waktu bacaan gelombang P dan koordinat lokasi setiap stasiun pencatat gempabumi.
 5. Hasil yang menjadi output dari *software* AZMTAK berupa bola *focal* dan nilai *stike* (jurus sesar), *dip* (sudut kemiringan), dan *rake* (besar sudut pergeseran) untuk setiap titik gempabumi atau data *Centroid*.
 6. Menganalisis pola untuk mengetahui jenis sesar yang terbentuk berdasarkan literature yang ada.

- c. Menentukan arah dan sesar aktif berdasarkan metode H-C
1. Data yang digunakan adalah data *centroid* berupa nilai *strike*, *dip* dan *rike*. Dan data hiposenter untuk setiap jaringan seismik yaitu GEOFON, IRIS dan USGS berupa data *longitude*, *latitude*, dan *depth*.
 2. Mengeplot data ke dalam Matlab R2017a untuk mengetahui sesar tersebut termaksud sesar yang aktif berdasarkan titik acuan berupa data hiposenter serta arah sesar tersebut.

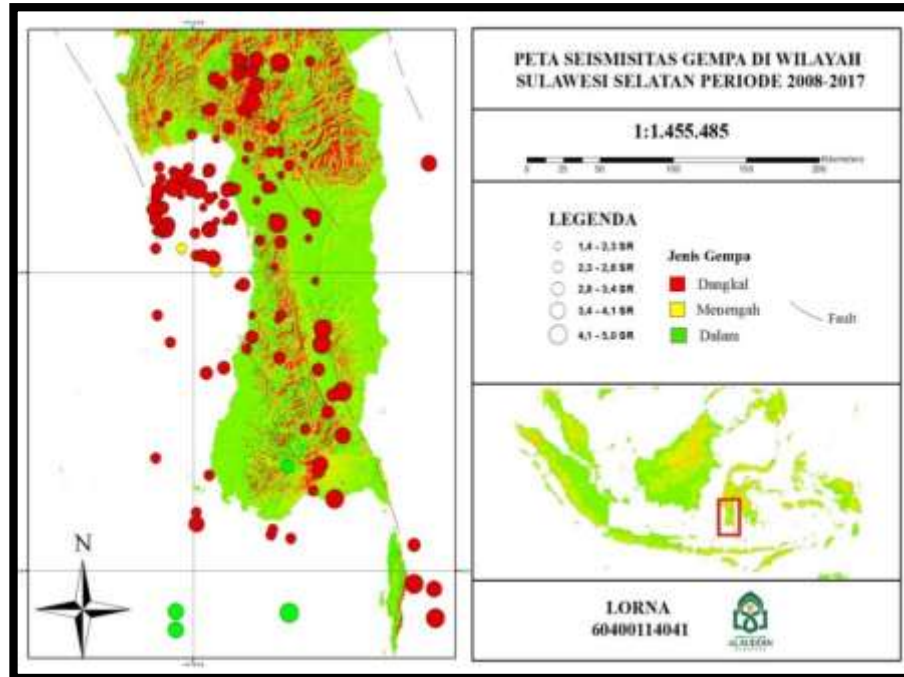
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Frekuensi Gempa Sulawesi Selatan periode 2008-2017

Data *event* gempabumi Sulawesi Selatan periode 2008-2017 yang diperoleh dari BMKG memiliki informasi mengenai *longitude*, *latitude*, waktu kejadian, *depth*, dan magnitudo untuk setiap tahun dan dikelompokkan berdasarkan data dan grafik seperti berikut:

Tabel 1. Data frekuensi gempa periode 2008-2017

No.	Tahun	Jumlah kejadian gempa
1	2008	5
2	2009	11
3	2010	24
4	2011	12
5	2012	16
6	2013	23
7	2014	13
8	2015	26
9	2016	20
10	2017	12
Jumlah		162



Gambar 1. Peta seismisitas gempa bumi Sulawesi Selatan periode 2008-2017

Data magnitudo dan kedalaman (*depth*) gempabumi untuk wilayah Sulawesi Bagian Selatan periode 2008-2017 dibatasi pada koordinat $3^{\circ} - 6^{\circ} 30'LS$ dan $119^{\circ} - 120^{\circ}BT$ diperoleh hasil plot data gempabumi berupa data harian gempabumi pada kurun waktu 10 tahun dengan menggunakan *software* ArcGis 10.3. Magnitudo yang digunakan pada peta seismisitas merupakan gempabumi dengan magnitudo 1-5 SR. Gempabumi yang sering terjadi tergolong gempabumi kecil. Pada gambar 1 berdasarkan kedalaman dan magnitudo memperlihatkan bahwa gempabumi yang terjadi bersumber dari gempabumi di darat maupun di laut. Peta seismisitas juga memperlihatkan bahwa aktivitas kegempaan yang terjadi cukup tinggi dengan titik hiposenter yang relatif dangkal. Sebaran gempabumi yang terjadi di darat dan di laut pada peta seismisitas berdasarkan kedalamannya merupakan gempabumi dangkal, menengah dan dalam. Di darat kedalaman terbesar yaitu 610 Km dan terendah 2 Km sedangkan di laut kedalaman terbesar yaitu 510 Km dan yang terendah 10 Km. Berdasarkan kekuatan gempanya, gempabumi yang terjadi di darat dan di laut merupakan gempa mikro (>1 SR) yang tidak dirasakan sampai dengan gempa sedang (≤ 5 SR) yang bisa saja dapat merusak.

Identifikasi Jenis Sesar Di Wilayah Sulawesi Selatan Periode 2008-2017

1. Pengolahan data gempabumi dengan menggunakan *Software* Seisgram2K

Berdasarkan pengolahan data gempabumi (lampiran L.3) menggunakan *software* Seisgram2K maka diperoleh hasil berupa pola gelombang P.



Gambar 2. Salah satu hasil *picking* gelombang P pada stasiun BNSI dengan menggunakan software Seisgram2K

Hasil *picking* data gelombang dari setiap stasiun gempa pada *software* Seisgram2K akan menghasilkan pola gelombang untuk setiap stasiun berupa gelombang dilatasi atau pola gelombang turun (D) dan pola gelombang kompresi atau gelombang naik (C) yang disajikan dalam bentuk file Notepad. Terdapat tiga komponen sensor data yaitu BHZ (pola gelombang berwarna biru), BHE (pola gelombang berwarna ungu), dan BHN (pola gelombang berwarna kuning). Waktu tiba gelombang P (tP) diperoleh dari hasil *picking* pada komponen BHZ atau vertikal gelombang sementara untuk waktu tiba gelombang S diperoleh dari hasil *picking* pada komponen BHN dan BHE. Berikut adalah salah satu output hasil pengolahan dan penelitian dari *software* Seisgram2K.

Tabel 2. salah satu output dari *Software* Seisgram2K

Nama Stasiun	Jenis Gelombang	Pola Gelombang	tP
BKSI	P	D	34.016
KAPI	P	C	39.345
BSSI	P	C	48.456
SPSI	P	C	56.751
KKSI	P	C	10.619
TTSI	P	D	12.551
MMSI	P	C	19.923

2. Pengolahan data gempa bumi dengan menggunakan *Software* AZMTAK

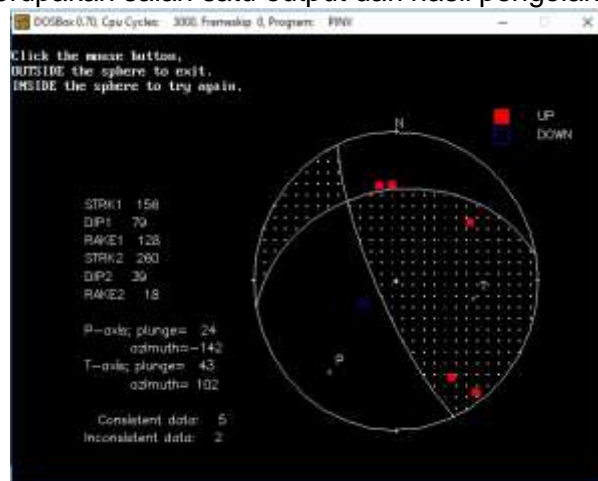
Data yang diperoleh dari arah gerakan pertama untuk pola gelombang P pada setiap stasiun berupa pola gerakan kompresi dan pola gerakan dilatasi. Dari program Notepad tersebut kemudian diolah menggunakan *software* AZMTAK

dimana hasil dari *software* Seisgram2K yang akan menjadi input datanya. Berikut ini adalah salah satu hasil polaritas gelombang yang diperoleh dari penelitian.

Tabel 3. Format salah satu data input gempa pada *software* AZMTAK

Koordinat Gempa	Kedalaman Gempa	Stasiun	C/D
Latitude -5,38	10 Km	BKSI	-1
		KAPI	1
		BSSI	1
Longitude 120,03		SPSI	1
		KKSI	1
		TTSI	-1
		MMSI	1

Data pola gelombang P yang menjadi input untuk *software* AZMTAK berupa nilai dilatasi -1 dan nilai kompresi 1, sementara hasil yang akan menjadi outputnya menunjukkan hasil orientasi bidang nodal berupa bola fokal, nilai *strike*, *dip* dan *rake*. Berikut ini merupakan salah satu output dari hasil pengolahan dan penelitian.



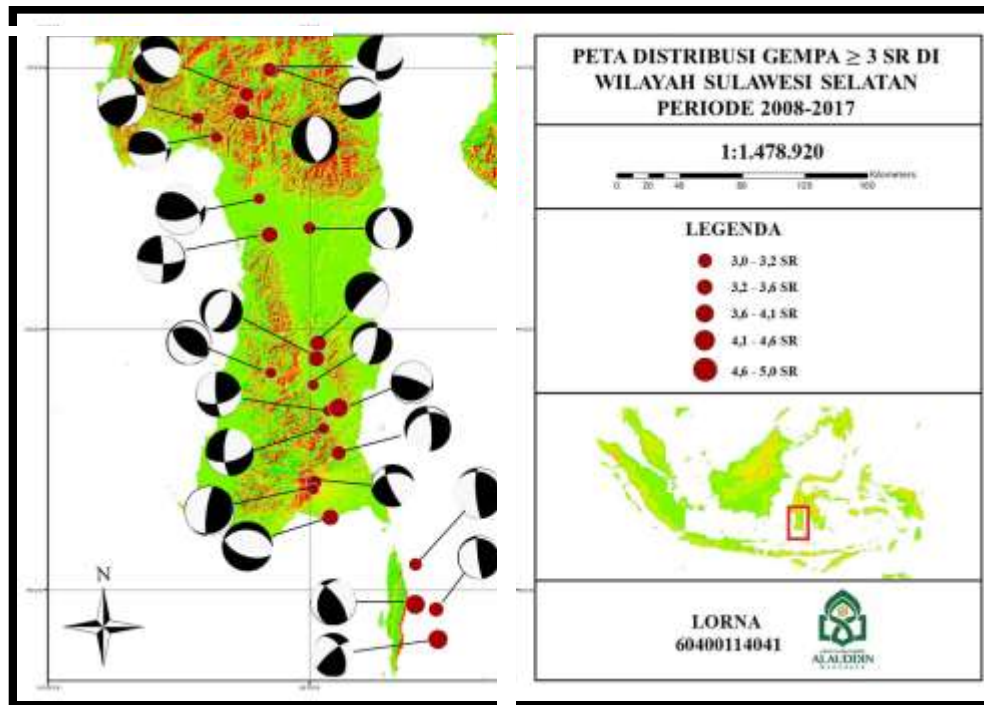
Gambar 3. Salah satu hasil pengolahan dari *software* AZMTAK

Berdasarkan output dari *software* AZMTAK distribusi data polaritas ditunjukkan oleh warna merah (*up*) yang merupakan kompresi dari gerak awal gelombang P dan *down* yaitu dilatasi. Parameter sesar yang diperoleh yaitu *strike*, *dip* dan *rake* pada bidang nodal 1 dan bidang nodal 2. Pada gambar 4.4 juga terdapat sumbu kompresif (P) dan sumbu tension (T) dengan masing-masing sudut *plunge* dan *azimuth*.

Sebaran Jenis Sesar Di Wilayah Sulawesi Selatan periode 2008-2017

Mekanisme fokus digunakan untuk mengetahui jenis dan arah sesar di wilayah Sulawesi Selatan periode 2008-2017 dengan data gempa yang digunakan

terdiri dari waktu kejadian, koordinat, kedalaman, dan magnitudo gempa. Kriteria magnitudo yang digunakan yaitu 3-5 SR dengan kedalaman 0-650 km serta batasan wilayah yang digunakan berada di sekitar Sesar Walanae. Berdasarkan gambar 4.5 dapat dilihat bahwa terdapat 24 bola fokal pada sebaran mekanisme fokus gempabumi.





Gambar 4. Peta bola fokal mekanisme fokus gempa bumi Sulawesi Selatan periode 2008-2017.

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan maka diperoleh parameter orientasi sesar berupa nilai *strike*, *dip*, dan *rake* dari dua nodal *planes* yang dihasilkan dari program *focal mechanism*.

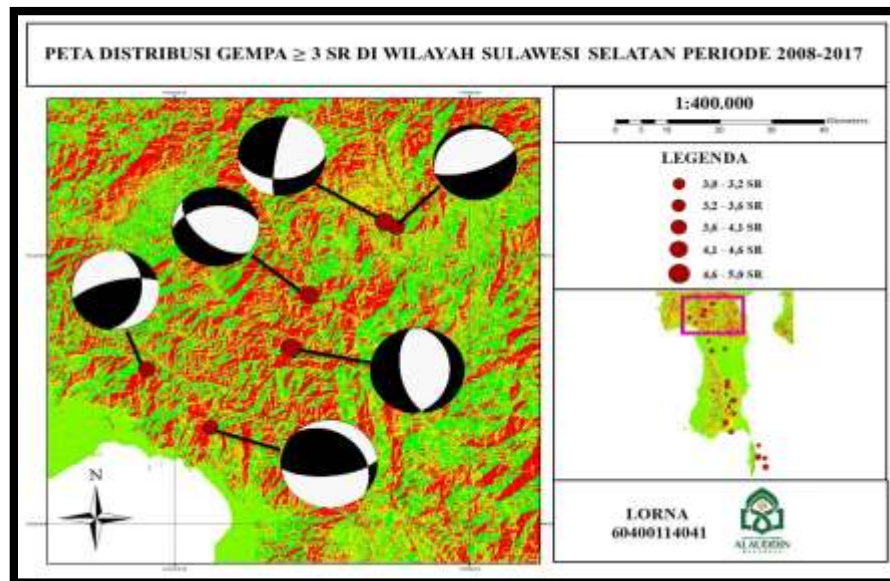
Tabel 4. Pola sesar penyebab gempa

No.	Beachball	Jenis Sesar	Jumlah
1		Sesar turun (<i>normal fault</i>)	6
2		Sesar geser (<i>strike slip</i>)	9

3		Sesar oblique (<i>oblique fault</i>)	10
4		Sesar naik (<i>reverse fault</i>)	2

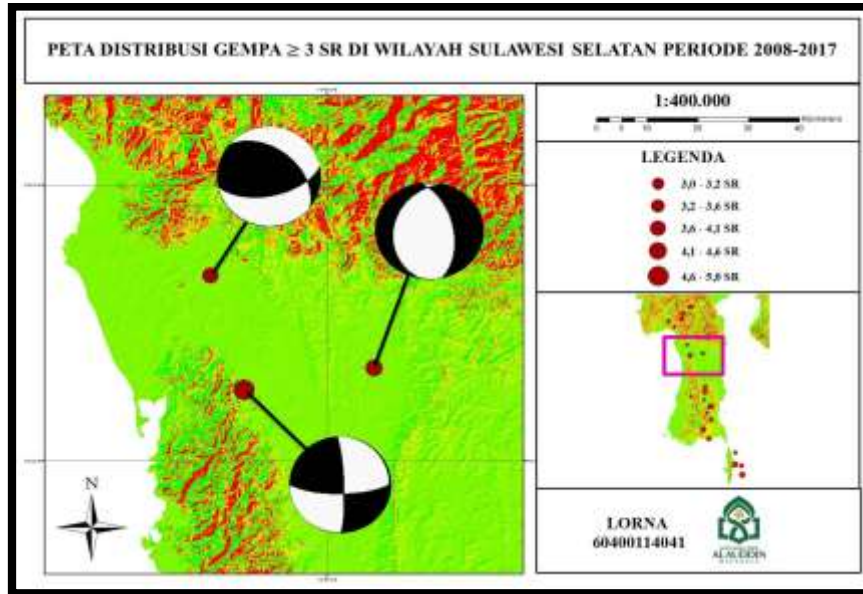
Gambar 4 menunjukkan sesar yang terjadi di wilayah Sulawesi Selatan pada periode 2008-2017 yang secara umum didominasi oleh Sesar geser (*strike slip*) dan Sesar *oblique* (*oblique fault*) atau sesar kombinasi yang ditandai dengan gambar belahan bola berwarna hitam adalah kompresi dan warna putih adalah dilatasi. Jika terdapat 4 bagian dengan warna gelap terang selang seling maka itu dinamakan sesar geser dan jika terdapat 3 bagian, apabila ditengah berwarna gelap maka itu dinamakan sesar naik begitu sebaliknya, apabila ditengah berwarna terang maka itu dinamakan sesar turun serta sesar kombinasi yang sering disebut sesar oblique atau sesar geser naik/turun. Untuk memudahkan pembacaan jenis sesar, berikut ini merupakan peta fokal sebaran gempabumi di wilayah Sulawesi Selatan dimana terdapat 27 bola fokal yang dibagi menjadi 5 region. Adapun region yang dimaksud sebagai berikut:

1. Jenis sesar pada region I



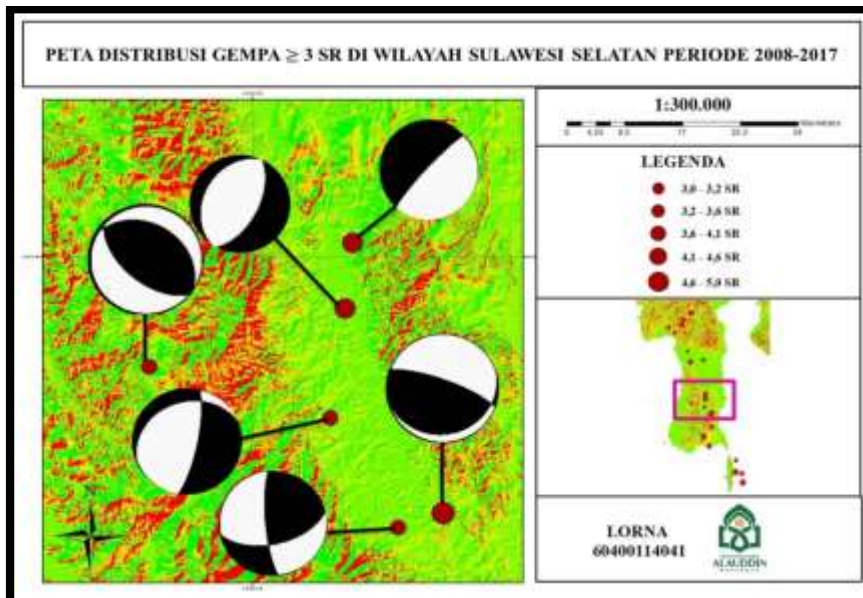
Gambar 5. Sebaran jenis sesar pada region I

2. Jenis sesar pada region II



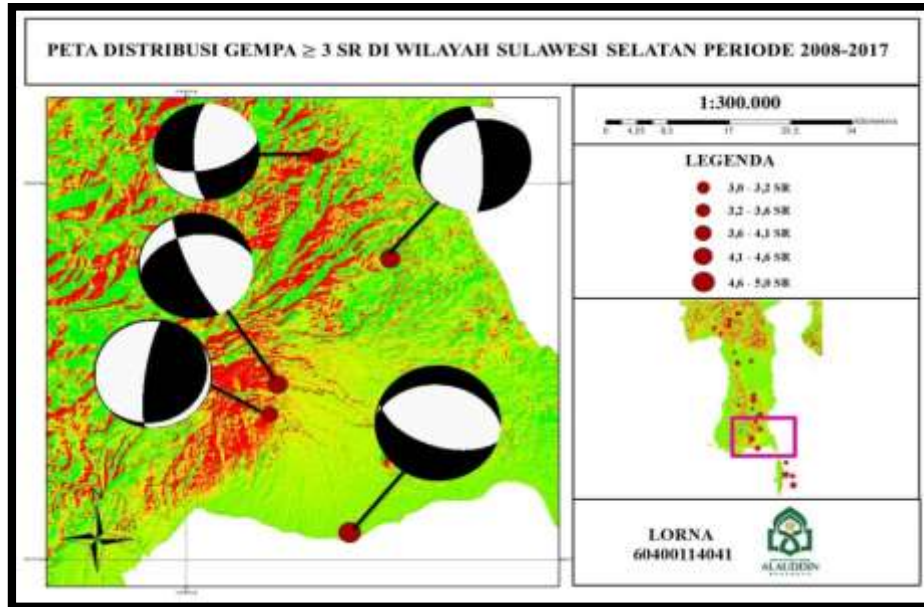
Gambar 6. Sebaran jenis sesar pada region II

3. Jenis sesar pada region III



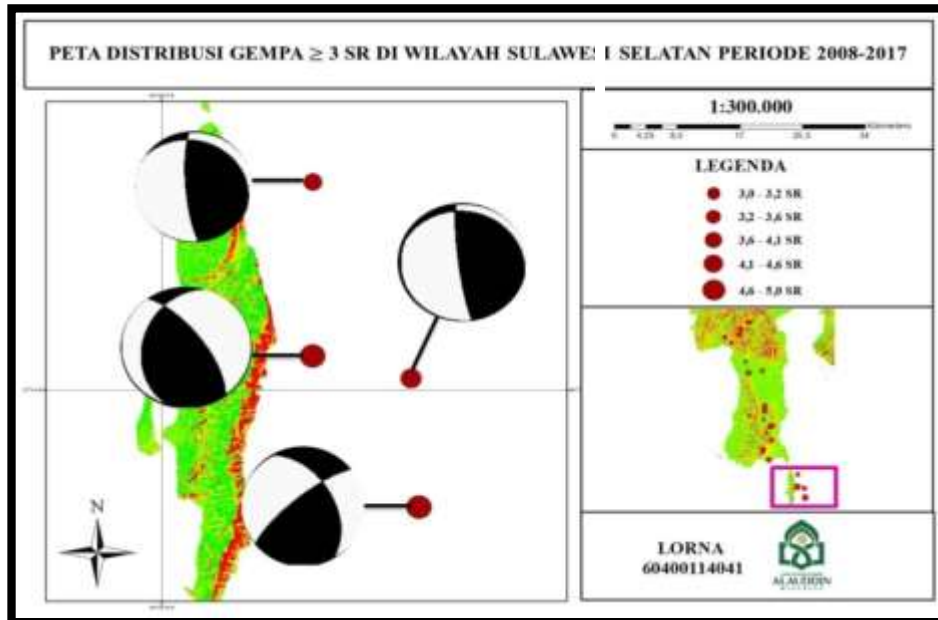
Gambar 7. Sebaran jenis sesar pada region III

4. Jenis sesar pada region IV



Gambar 8. Sebaran jenis sesar pada region IV

5. Jenis sesar pada region V



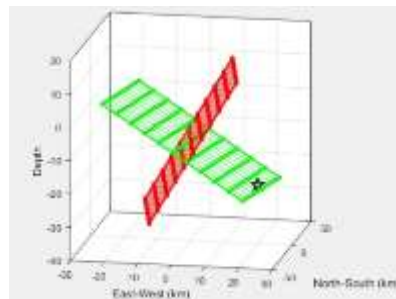
Gambar 9. Sebaran jenis sesar pada region V

Identifikasi Arah Sesar Berdasarkan Metode HC-plot

Data hasil penelitian berupa bidang sesar yang teraktifkan dari beberapa gempa bumi yang memiliki magnitudo 4-5 SR di wilayah Sulawesi Selatan pada periode 2008-2007. Parameter yang digunakan yaitu hiposenter dan *centroid*. Berikut ini hasil pengolahan data untuk setiap region dengan mengambil 1 data dari setiap region.

1. Arah sesar pada region I

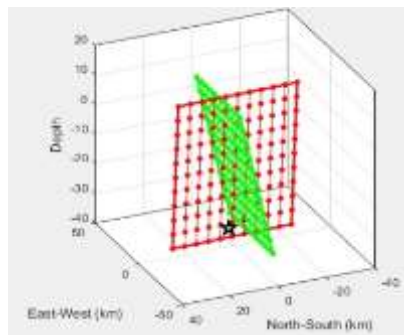
Lokasi *centroid* berada pada lintang $-3,25^{\circ}$ LS, bujur $119,61^{\circ}$ BT dan berada pada kedalaman 10 Km. lokasi hiposenter gempa bumi yang berada pada lintang $-3,167^{\circ}$ LS dan bujur $119,779^{\circ}$ BT serta berada pada kedalaman 23,7 Km.



Gambar 10. Output dari program H-C Plot berupa bidang sesar region I

2. Arah sesar pada region II

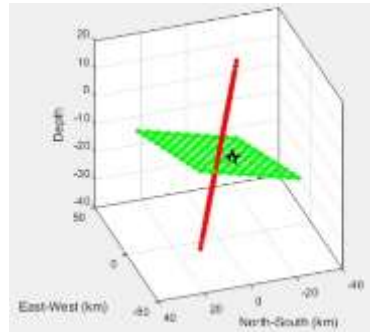
Gempa pada region II dengan lokasi *centroid* berada pada lintang $-3,96^{\circ}$ LS, bujur $119,77^{\circ}$ BT dan berada pada kedalaman 13 Km. lokasi hiposenter gempa bumi yang berada pada lintang $-3,93^{\circ}$ LS dan bujur $119,75^{\circ}$ BT serta berada pada kedalaman 33 Km.



Gambar 11. Output dari program H-C Plot berupa bidang sesar region II

3. Arah sesar pada region III

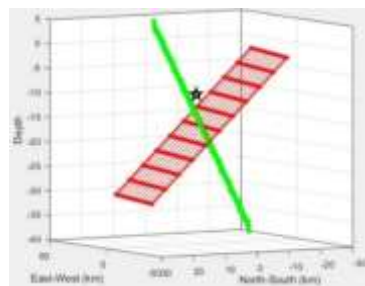
Gempa pada region III dengan lokasi *centroid* berada pada lintang $-4,95^{\circ}$ LS, bujur $120,17^{\circ}$ BT dan berada pada kedalaman 10 Km. lokasi hiposenter gempa bumi yang berada pada lintang $-4,99^{\circ}$ LS dan bujur $120,12^{\circ}$ BT serta berada pada kedalaman 10 Km.



Gambar 12. Output dari program H-C Plot berupa bidang sesar region III

4. Arah sesar pada region IV

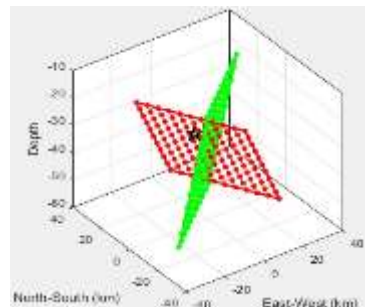
Gempa pada region IV dengan lokasi *centroid* berada pada lintang $-5,58^\circ$ LS, bujur $120,12^\circ$ BT dan berada pada kedalaman 16 Km. lokasi hiposenter gempabumi yang berada pada lintang $-5,60^\circ$ LS dan bujur $120,22^\circ$ BT serta berada pada kedalaman 10 Km.



Gambar 13. Output dari program H-C Plot berupa bidang sesar region IV

5. Arah sesar pada region V

Gempa pada region V dengan lokasi *centroid* berada pada lintang $-6,28^\circ$ LS, bujur $120,68^\circ$ BT dan berada pada kedalaman 27 Km. lokasi hiposenter gempabumi yang berada pada lintang $-6,28^\circ$ LS dan bujur $120,68^\circ$ BT serta berada pada kedalaman 27 Km.



Gambar 14. Output dari program H-C Plot berupa bidang sesar region V.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa bidang sesar aktif untuk region I dengan jenis sesar turun (*normal fault*) berarah N6E/32 Selatan-Utara, region II dengan jenis sesar geser (*strike slip*) berarah N358E/83 Utara-Selatan, region III dengan jenis sesar oblique (*oblique fault*) berarah N74E/16 Barat Daya-Timur Laut, region IV dengan jenis sesar turun (*normal fault*) berarah N109E/56 Barat Laut- Tenggara dan pada region V dengan jenis sesar geser (*strike slip*) berarah N332E/50 Tenggara-Barat Laut.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, C.I., Sapiie, B., Magetsari, N. A., Harsolumakso, A. H. 2006. *Geologi Fisik*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Afnimar.2009.*Seimologi*.Istitut Teknologi Bandumg:Bandung.

Al-Syeikh, Dr. Abdullah.2004.*Tafsir Ibnu Katsir*.Pustaka Imam Syafi'i:Bogor

Amstrong F.2012.*Struktur Geologi Sulawesi*.Perpustakaan Sains dan Teknologi:ITB

Anderson, E. M.1951. *The Dynamics of Faulting*.Oliver & Boys, Edinburgh.

BMKG.2015.*Bulletin Gempabumi dan Tsunami Indonesia*.Jakarta

BMKG.2017.*Skala MMI (Modifier Mercalli Intensity)*.www.bmkg.go.id

Cronin, Vince. 2010.*A Draft Primer on Focal Mecanism Solutions for Geologists*.UK.Baylor Universitty

Darma dan Sidi.2000. *An outline of the geology of Indonesia*. Jakarta: Ikatan Akhli Geologi Indonesia

Elnashai, Amr and Di Sarno, Luigi. 2008. *Fundamentals of Earthquake Engineering*. West Sussex. Wiley & Sons, Ltd

Erviawan.2010. *lipatan*.Makassar.UIN Makassar.

Hall, R., Wilson, M. E. J. 2000. *Neogene Sutures in Eastern Indonesia*. Journal of Asian Earth Sciences, 18, 781-808

Hamilton, W. 1979. *Tectonics of the Indonesian Region*. Washington: Geological Survey Profesional Paper 1078. 345p.

Hamka, Prof. Dr.1975. *Tafsir Al-Azhar Juzu 20*.Sukabumi

<https://agnasgeograph.wordpress.com/2012/04/20/struktur-geologi/>

<https://www.slideshare.net/mobile/army014/materi-kuliah-geologi-sruktur/>

- Kaharuddin.2011.Pengembangan tektonik dan implikasinya terhadap potensi gempa dan tsunami di kawasan pulau Sulawesi. Jurnal
- Kementrian Agama RI.2014.*Qur'an Hafalan*.Halim:Surabaya
- Kurniati, Atika.2017.*Aplikasi Mekanisme Fokus Dalam Identifikasi Sesar Di Sulawesi Bagian selatan*.Unhas:Makassar
- Madlazin.2011.Estimasi CMT, *bidang sesar dan durasi rupture gempabumi disumatra serta kemungkinan penerapan untuk peringatan dini tsunami* (Disertasi). Fisika ITS
- Madlazin.2017.*Pengaruh Hiposenter Terhadap Ketelitian Penentuan Bidang Sesar Teraktif Menggunakan Metode HC-plot diWilayah Papua*. Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI) Volume 06 Nomor 03 Tahun 2017, hal 18- 24
- Massinai, M.F.I. 2013. *Analisis Pola Sebaran Gempa Tektonik Berdasarkan Mekanisme Fokus (Studi Kasus Pulau Sulawesi, Tahun 1993-2012)*. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makassar
- Massinai, Muhammad Altin, Sudraat, Adjat, Lantu.2013.*The Influence of Seismik Activity in South Sulawesi Area to the Geomorfology of Jeneberang Watershed*, Journal of Engineering and Teknolog, Vol 3, No. 10, P.945-948
- Noor, Djauhari. 2010. *Pengantar Geologi*.Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik:Universitas Pakuan
- Okal, E.A.2011.*Earthquake, Fokal Mekanism*. Springer Science Business Media B. V.Evanston, Il. 60208, USA
- Santoso, Djoko.2002.*Pengantar Teknik Geofisika*. Penerbit ITB: Bandung.
- Shihab, M. Quraish.2002. *Tafsir Al-Misbah*.Jakarta:Lentera Hati
- Sompotan, Armstrong F.2012.*Struktur Geologi Sulawesi*.Perpustakaan Sains Kebumian Institut Teknologi Bandung:Bandung.
- Sunarjo, Gunawan, M.Taufik, Pribadi, Sugeng.2012.*Gempabumi Indonesia Edisi Populer*. Badan Metereologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.
- Suyono and Kusnama, 2010, *Stratigraphy and Tectonics of the Sengkang Basin, South Sulawesi*, Jurnal Geologi Indonesia.