

# Tektonik dan Pengaruhnya Terhadap Potensi Bencana Kebumihan di Wilayah Tana Toraja

Muhammad Altin Massinai

Departement Geofisika Universitas Hasanuddin Makassar  
Ketua Himpunan Ahli Geofisika Indonesia Wilayah Sulselbar

altin@science.unhas.ac.id

## ABSTRAK

*Sulawesi bagian selatan terdiri atas dua wilayah yaitu Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat yang memiliki seismisitas yang tinggi. Hal ini dipicu oleh adanya kontribusi sesar yang terdapat pada pergerakan lempeng. Jenis sesar penyebab gempa di daerah Sulawesi bagian selatan dapat dianalisis mekanisme sumber gempanya (focal mechanism). Dari hasil studi menunjukkan gempa yang dominan di Sulawesi bagian selatan terjadi di darat yang merupakan gempa dangkal dan gempa menengah. Adapun sesar yang berpotensi terjadi pada gempabumi di Toraja dan sekitarnya adalah getaran sesar Palu Koro Sesar Saddang, sesar Walanae dan sesar Pasangkayu), serta sesar minor Makalu, Wala, Pangandaran dll. Sesar-sesar ini memicu formasi batuan menjadi retak-retak. Hal ini dapat menimbulkan longsor terutama di Toraja Utara. Parameter longsor antara lain: elevasi, kemiringan lereng, aspek lereng, geologi, tekstur tanah, kelurusan, jarak dari jalan, jarak dari sungai, curah hujan dan penutupan lahan*

**Kata kunci:** tektonik, bencana kembang, di tana toraja

## I. Pendahuluan

Pulau Sulawesi dan pulau-pulau kecil di sekitarnya mempunyai kondisi geologi yang kompleks. Hal ini disebabkan kawasan tersebut merupakan tempat tumbukan aktif dari tiga lempeng (*triple junction*): Lempeng Hindia-Australia yang bergerak relatif ke arah utara, Lempeng Eurasia yang relatif diam dan Lempeng Pasifik di timur (Massinai, 2018).

Pergerakan-pergerakan lempeng yang ada di Pulau Sulawesi berdampak pada aktivitas tektonik yang mengakibatkan Sulawesi menjadi kawasan rawan bencana gempabumi. Kejadian gempabumi di Sulawesi dipicu oleh adanya kontribusi sesar yang terdapat pada pergerakan lempeng (Massinai, 2013).

Sulawesi dan daerah sekitarnya mempunyai

struktur geologi, terutama sesar yang sifatnya regional. Struktur geologi utama Sulawesi di antaranya Sesar Palu-Koro, Sesar Saddang, Sesar Walanae, Sesar Matano, Sesar Batui, Sesar Naik Poso, Sesar Balantak, Sesar Gorontalo, Tunjaman Sulawesi Utara, dan Teluk Bone. Sesar-Sesar aktif tersebut seringkali menjadi penyebab timbulnya gempa di wilayah Sulawesi berdasarkan data kegempaan, khususnya yang ada di Wilayah Sulawesi bagian Selatan (Lantu dkk, 2006).

## II. Tektonik Lengan Selatan Sulawesi

Toraja merupakan bagian dari tektonik Lengan Selatan Sulawesi, yang meliputi Sula-

wesi Selatan dan Barat. Posisi Toraja dalam fenomena tektonik berada diantara Sesar Palu Koro di sebelah Timur dan sebelah selatan sesar Walanae serta Palung Selat Makassar di sebelah Barat. Di tengah Toraja membujur sesar Saddang yang melintasi Mamasa dan Pinrang sebelum bergabung di Palung Selat Makassar. dan beberapa sesar minor lainnya, seperti sesar Makula yang berpusat di sebelah Timur Makale.

Model tektonik lengan Selatan Sulawesi menyatakan bahwa Selat Makassar ditafsirkan merupakan cekungan daratan muka (*foreland basin*) di kedua sisi dari daratan Sunda dan Lempeng Australia – Nugini. Sementara itu obduksi kerak samudera (Kompleks Lamasi) pra- Eosen ke Sulawesi Barat terjadi pada oligosen Akhir–Miosen sedangkan busur magmatik Sulawesi Barat Miosen Akhir diduga sebagai hasil tumbukan benua-benua (Surono dan Hartono, 2015).

Pengaruh tektonik Neogen di lengan selatan diduga paling representatif karena keberadaan struktur tektonik yang tersingkap di beberapa daerah. Daerah tersebut adalah daerah Sulawesi Barat, yang meliputi daerah Mamuju, Majene bagian barat, Toraja dan Enrekang di bagian tengah, sampai daerah Palopo di bagian timur. Di daerah ini terdapat dua lajur lipatan-sesar naik, yaitu lajur lipatan-Sesar naik Majene dan lajur lipatan-Sesar naik Kalosi dijumpai pluton granit besar, lajur volkanik-plutonik dan lajur kompleks ofiolit (Kompleks Lamasi), dan batuan alas malihan pra Tersier Latimojong.

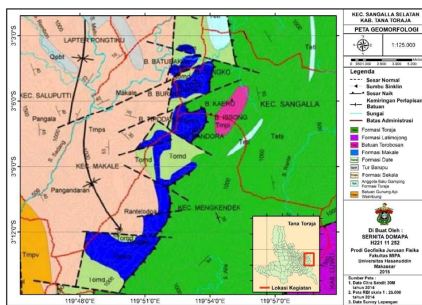
Berdasarkan peta geologi regional lembar Majene dan Bagian Barat Palopo, Djuri dkk (1998) menyatakan bahwa daerah Toraja dan sekitarnya tersusun oleh beberapa formasi batuan yang bervariasi yaitu Formasi Latimojong (Kls), didominasi oleh batuan metamorf (metamorphic rocks) berumur Kapur Akhir (Late Cretaceous), Formasi Toraja (Tets), tersusun umumnya oleh batuan sedimen klastik (clastic sedimentary rocks) berumur Eosen – Miosen (EoceneMiocene) dan Formasi Makale (Tomm), umumnya dari batuan karbonat (carbonate rocks) berumur Miosen Awal –

Miosen Tengah (Early Miocene – Middle Miocene). Formasi Date (Tomd), merupakan batuan sedimen bersifat gampingan (sedimentary rocks mixing with limestone) berumur Oligosen Tengah – Miosen Tengah (Middle Oligocene – Middle Miocene), Formasi Loka (Tml), adalah batuan vulkaniklastik (pyroclastic rocks) berumur Miosen Tengah – Miosen Akhir (Middle Miocene – Late Miocene), Formasi Sekala (Tmps), didominasi oleh batuan sedimen (sedimentary rocks) berumur Miosen Tengah – Pliosen (Middle Miocene - Pliocene). Batuan Terobosan (Tmpi), batuan beku (igneous rocks) yang bersifat intrusif berumur Mio-Pliosen (Mio-Pliocene), Batuan Gunungapi Malimbong (Tmpv), didominasi oleh batuan breksi vulkanik (volcanic breccia) dan lava berumur Miosen Tengah – Pliosen (Middle Miocene - Pliocene), dan Tufa Barupu (Qpbt), umumnya berupa tufa (tuff) berumur Plistosen (Pleistocene). Tufa Barupu (Qbt), tuf lapili, bersusun dasit dan sedikit breksi lava bersusun andesit dan dasit. Formasi Sekala (Tmps) terdiri dari batupasir hijau, grewake, napal, batulempung dan tufa, sisipan lava bersusunan andesit - basal. Batuan terobosan (Tmpi) terdiri dari granit, granodiorit, riolit, diorit, dan aplit. Batuan Gunungapi Lamasi (Tomc) berumur Oligosen – Miosen. Terdiri dari batugamping dan napal

Satuan Formasi Toraja (Tets) terdiri dari batupasir kuarsa, konglomerat kuarsa, kuar-sit, serpih dan batulempung yang umumnya berwarna merah atau ungu. Formasi ini mempunyai Anggota Rantepao (Tetr) yang terdiri dari batugamping numulit berumur Eosen Tengah Eosen Akhir.

Formasi Toraja menindih takselaras Formasi Latimojong, dan tertindih takselaras oleh Batuan Gunungapi Lamasi (Toml) yang terdiri dari batuan gunungapi, sedimen gunungapi dan batugamping yang berumur Oligo-Miosen atau Oligosen Akhir - Miosen Awal. Batuan gunungapi ini mempunyai Anggota Batugamping (Tomc), tertindih selaras oleh Formasi Riu (Tmr) yang terdiri dari batugamping dan napal. Formasi Riu berumur Miosen

Awal - Miosen Tengah, tertindih takselaras oleh Formasi Sekala (Tmps) dan Batuan Gunungapi Talaya (Tmtv). Formasi Sekala terdiri dari grewake, batupasir hijau, napal dan batugamping bersisipan tuf dan lava bersusunan andesit-basal; berumur Miosen Tengah - Pliosen; berhubungan menjemari dengan Batuan Gunungapi Talaya. Batuan Gunungapi Talaya terdiri dari breksi, lava dan tuf yang bersusunan andesit-basal dan mempunyai Anggota Tuf Beropa (Tmb). Batuan Gunungapi Talaya menjemari dengan Batuan Gunungapi Adang (Tma) yang terutama bersusunan leusit basal. Formasi-formasi seperti ini bila berada pada zona lemah (zona sesar) rentang terhadap bencana gempabumi. Zona lemah pada struktur geologi dapat dilihat dengan kasat mata di permukaan bumi. Sesar naik sering tidak nampak di permukaan bumi karena potesial mengalami longsor, sehingga untuk mengetahuinya memerlukan survei geofisika yang menggunakan gelombang seismik. Gelombang ini juga banyak digunakan dalam pencarian minyak bumi. Peta struktur geologi daerah Tana Toraja dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Struktur Geologi di Tana Toraja (Domapa, 2016)

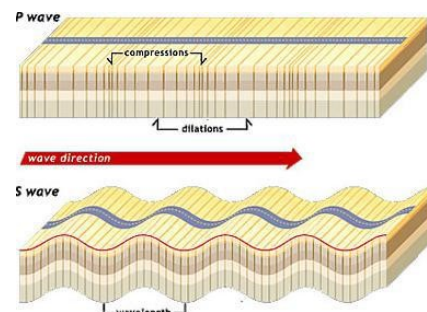
### III. Gelombang Gempabumi

Gelombang seismik adalah gelombang elastik gempabumi yang menjalar ke seluruh bagian dalam bumi dan melalui permukaan bumi, akibat adanya lapisan batuan yang patah secara tiba-tiba atau adanya suatu ledakan (Ismullah.dkk,2015).

Mekanisme gempabumi dikontrol oleh pola penjarangan gelombang seismik di dalam bumi. Pola mekanisme ini tergantung pada medium penjarangan atau keadaan struktur kulit bumi serta distribusi gaya atau tekanan yang terjadi.

Gelombang gempabumi adalah segala gelombang yang dapat tercatat oleh seismograph kecuali gerakan-gerakan yang disebabkan karena adanya gangguan alat (noise). Adapun tipe-tipe gelombang gempabumi di bagi menjadi 2 (dua) tipe yaitu (Afnimar, 2009):

1. *Body Wave* (gelombang badan), gelombang yang merambat melalui medium, terdiri dari dua macam gelombang yaitu:
  - (a) Gelombang Primer (P), gerakan partikelnya searah dengan arah penjarannya. Gelombang ini disebut gelombang longitudinal atau gelombang kompresional akibat partikel mengalami kompresi saat penjarannya. Gelombang Primer (P) mempunyai kecepatan terbesar dan muncul pertama kali di seismogram.
  - (b) Gelombang sekunder (S), gerakan partikelnya tegak lurus dengan arah penjarangan sehingga dikenal dengan gelombang transversal. Gelombang S mempunyai kecepatan lebih kecil daripada gelombang P dan muncul di seismogram setelah gelombang P.

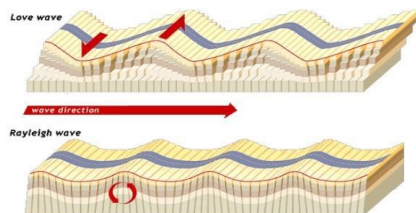


Gambar 2: Gelombang P dan S (Ismullah,2016)

2. *Surface Wave* (gelombang permukaan), gelombang yang merambat sejajar de-

ngan permukaan medium yang terdiri dari:

- (a) Gelombang Love merupakan gelombang permukaan yang menjalar dalam bentuk gelombang transversal, yakni merupakan gelombang-SH yang penjarannya paralel dengan permukaan.
- (b) Gelombang Rayleigh (R) merupakan gelombang permukaan yang gerakan partikel medianya merupakan kombinasi gerakan partikel yang disebabkan oleh gelombang P dan S.



**Gambar 3:** Gelombang Love dan gelombang Rayleigh (Ismullah, 2016)

## IV. Gempabumi

Gempabumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempabumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempabumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi (BMKG, 2015).

1. Berdasarkan penyebabnya:

- (a) Gempa tektonik, yaitu gempa yang disebabkan oleh pergeseran lapisan batuan pada daerah sesar.
- (b) Gempa vulkanik, yaitu gempa yang diakibatkan oleh aktivitas vulkanisme
- (c) Gempa guguran (gempa runtuh), yaitu disebabkan oleh runtuhnya bagian goa.

- (d) Gempa tumbukan, yaitu gempa yang disebabkan oleh meteor besar yang jatuh ke bumi.

2. Berdasarkan kedalaman hiposenter

- (a) Gempa dalam, yaitu kedalamannya  $> 300$  km di bawah permukaan bumi.
- (b) Gempa menengah, kedalamannya  $80 \text{ km} < h \leq 300 \text{ km}$  di bawah permukaan bumi.
- (c) Gempa dangkal, kedalamannya  $h < 80$  km di bawah permukaan bumi.

3. Berdasarkan jarak episenter

- (a) Gempa lokal, yaitu episenternya kurang dari 10000 km.
- (b) Gempa jauh, yaitu episenternya sekitar 10000 km.
- (c) Gempa sangat jauh, yaitu episenternya lebih dari 10000 km.

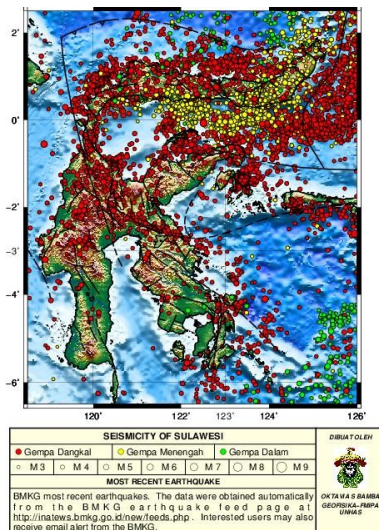
4. Berdasarkan kekuatannya

- (a) Gempa sangat besar  $M \geq 8.0$
- (b) Gempa besar  $7.0 \leq M \leq 8.0$
- (c) Gempa sedang  $5.0 \leq M < 7$
- (d) Gempa kecil  $3.0 \leq M < 5$
- (e) Gempa mikro  $1.0 \leq M < 3$
- (f) Gempa ultra mikro  $M < 1.0$

Sebaran episenter gempa di Sulawesi secara umum dapat dilihat pada Gambar 4, berikut. Gempabumi dihasilkan dari pergerakan sesar disebabkan gaya-gaya tektonik. Jenis sesar yang menimbulkan gempabumi dapat diketahui dengan menggunakan mekanisme fokal (Focal Mechanism) yang diperoleh dari data gelombang P dan Gelombang S.

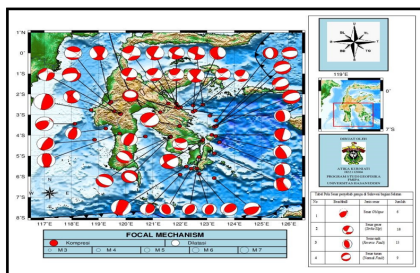
## V. Sebaran Mekanisme Fokus Gempabumi Sulawesi Bagian Selatan Periode 1976-2016

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat terdapat 46 bola fokal pada sebaran mekanisme fokus gempa. Peta sebaran mekanisme fokus didapat dari data gempa Sulawesi Bagian selatan Periode 1976-2016 yang terdiri dari



**Gambar 4:** Sebaran episenter gempabumi Sulawesi (BMKG)

waktu kejadian, koordinat, kedalaman, dan magnitudo gempa dapat dilihat pada Gambar 5. Kriteria magnitude yang digunakan yaitu 3-7 dengan kedalaman 0- 600 km. Gem-



**Gambar 5:** Peta mekanisme fokal gempabumi bagian selatan Sulawesi 1976-2016

pa pada pada posisi geografis  $2.00^{\circ}$  -  $4^{\circ}50'$  LS dan  $118^{\circ}$  -  $121^{\circ}00'$  BT terdapat 11 gempa sepanjang tahun 1976-2016, diantaranya 5 sesar naik (*reverse fault*), 1 sesar oblique dan 5 sesar geser (*strike slip fault*). Adapun yang paling dominan pada region ini yaitu sesar geser (*strike slip fault*) dan sesar naik (*reverse fault*). Pola sesar dengan keterangannya dapat dilihat pada Tabel 1. Bila dilihat pola sesar di area region ini didominasi oleh sesar naik yang menjadi faktor utama sumber gempa yang terjadi di laut. Gempabumi yang terjadi di laut pada region ini dipengaruhi oleh Makassar Thrust dan Sesar Paternoster serta pengaruh dari pemekaran dasar laut di

Teluk Bone sedangkan sesar naik yang menyebabkan gempa bumi di darat diakibatkan oleh pengaruh Sesar Walanae.

Sesar geser penyebab gempabumi pada region ini yaitu dipengaruhi oleh aktivitas Sesar Pasangkayu. Gempabumi yang terjadi di darat tersebut merupakan gempa dangkal dan gempa menengah. Sedangkan sesar Oblique yang terjadi pada gempabumi di laut dipengaruhi oleh Sesar Paternoster.

## VI. Tanah Longsor

Geologi atau litologi adalah salah satu parameter utama pada studi tanah longsor, oleh karena perbedaan satuan unit litologi akan berbeda kerentanannya terhadap tanah longsor. Litologi mempengaruhi tipe dan intensitas proses morphodinamik meliputi tanah longsor. Litologi yang demikian sangat rentan bila digoncang oleh gempabumi. Hal ini dapat memicu Bergeraknya batuan di daerah dataran tinggi atau perbukitan, pegunungan untuk meluncur ke arah rendahan atau toe. Akan lebih parah bila curah hujan yang relatif tinggi di daerah tersebut.

Longsor (landslide) adalah suatu bentuk pengangkutan atau pemindahan tanah terjadi pada saat bersamaan dalam volume besar, longsor terjadi sebagai akibat meluncurnya suatu volume tanah diatas suatu lapisan agak kedap air yang jenuh airnya. Lapisan kedap air tersebut terdiri atas liat atau mengandung liat tinggi atau batuan lain yang setelah jenuh air berlaku sebagai tempat meluncur (Hidayah, dkk, 2017). Gerakan tanah adalah proses pergerakan massa ke bawah menuruni bidang yang lebih rendah karena pengaruh gravitasi. Gerakan massa tersebut terjadi karena tergantungnya kestabilan tanah dan batuan penyusun lereng. Kestabilan tanah atau batuan disebabkan karena tegangan geser melampaui kekuatan gesernya, hal ini disebabkan karena adanya bidang-bidang lemah dan partikel yang dapat berubah karena kelembaban pada suatu tubuh tanah dan batuan (Massinai, dkk, 2013).

Parameter geologi dalam analisis longsor di

Tana Toraja terutama Toraja bagian Utara yakni: Sesar-sesar, Formasi Batuan Gununggapi Lamasi (Tplv), Formasi Batuan Gununggapi Malimbong (Tmvp), Formasi Toraja (Tets), Formasi Lantimojong (Kls), Tufa Barupu (Qpbt), Formasi Date (Tomd), Batuan Gununggapi Lamasi (Tomc), Formasi Sekala (Tmps), Batuan Terobosan (Tmpi), Tuf Barupu (Qbt), dan Formasi Toraja (Tets). Tatanan geologi yang berpotensi longsor adalah Formasi Lantimojong (Kls). Hal ini disebabkan oleh formasi lantimojong berumur Eosen yang terdiri dari perselingan batu pasir kuarsa, serpih dan batu lanau, bersisipan konglomerat kuarsa, batu lempung karbonat, batu gamping, napal, batu pasir hijau, batu pasir gampingan, dan batubara, dan lapisan resin dalam batu lempung.

## VII. Penutup

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Gempabumi yang terjadi di Sulawesi Bagian Selatan pada Periode 1976-2016 merupakan jenis gempa dangkal, gempa menengah dan gempa dalam yang terjadi di Laut dan di Darat. Hal ini terlihat dari Peta Seismisitas sebaran gempa berdasarkan magnitudo dan kedalaman gempa. Frekuensi gempa yang terjadi pun cenderung meningkat sehingga gempabumi yang terjadi di Sulawesi Bagian Selatan memiliki aktivitas yang tinggi.
2. Jenis sesar yang terjadi pada Gempabumi yang terjadi di Sulawesi Bagian Selatan pada Periode 1976-2016 merupakan sesar geser/mendatar mengiri (sinistral), sesar naik (reverse fault), sesar turun (normal fault), dan sesar oblique. Adapun yang paling dominan jenis sesar yang menjadi penyebab utama gempabumi di Sulawesi Bagian Selatan adalah jenis sesar geser/mendatar mengiri. Penyebab utama dari gempabumi di Sulawesi Bagian Selatan merupakan struktur geologi utama yaitu Sesar Matano, Sesar Lawanopo, Sesar Walanae, Tolo Thrust, dan

Teluk Bone serta struktur geologi lokal yaitu Sesar Paternoster, Sesar Pasangka-yu, sesar Saddang, pengaruh subduksi dari mikrokontinen Lengan Tenggara.

3. Faktor utama penyebab terjadinya bencana longsor di Kabupaten Toraja Utara adalah pergerakan sesar dan dibarengi curah hujan tinggi serta ketinggian dan kemiringan lereng.

## REFERENSI

- [1] Afnimar. 2009. Seismologi. Institut Teknologi Bandung. Bandung BMKG. 2015. *Bulletin Gempabumi dan Tsunami Indonesia*. Jakarta
- [2] Djuri, Sudjatmiko., S. Bachri., & Sukido. 1998. *Peta Geologi Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung.
- [3] Hidayah, Azaliatul., Paharuddin., Mas-sinai, Muhammad Altin., 2017. *Analisis Rawan Bencana Menggunakan Metoda AHP di Kabupaten Toraja Utara.*, Jurnal Geocebebes **V. 1, No. 1 p.1-4**.
- [4] Ismullah, Muhammad Fawzy., Lantu., Aswad, Sabrianto., Massinai, Muhammad Altin., 2015, *Tectonics Earthquake Distribution Pattern Analysis Based Focal Mechanisms (Case Study Sulawesi Island, 1993-2012)*, American Institute of Physics, AIP Confrence Proceedings 1658.
- [5] Ismullah, Muhammad Fawzy., 2016., *Aplikasi Double Difference untuk Penentuan Lokasi Hiposenter Secara Akurat Pada Zona Sesar Palu Koro Menggunakan Data Korelasi Silang Waveform*. Tesis Magister Teknik Geofisika ITB Bandung.
- [6] Lantu., Miranda, Suko Prayitno, Adi., 2006. *Analisis Gempabumi Tektonik dan Potensi Tsunami di Sulawesi Selatan Dan Barat.* Jurnal Fusi. V. 10, No.3. p.186-191.

- [7] Massinai, Muhammad Altin., Sudrajat, Adjat., Lantu. 2013, *The Influence of Seismic Activity in South Sulawesi Area to the Geomorphology of Jeneberang Watershed*, Journal of Engineering and Technology, Vol 3, No.10, P.945-948.
- [8] Massinai, Muhammad Altin. 2015. *Geomorfologi Tektonik*. Pustaka Ilmu. Yogyakarta
- [9] Massinai, Muhammad Altin., Ismullah, Muhammad Fawzy, 2018, *Determination Hypocentre and Focal Mechanism Earthquake of Oct 31, 2016 in South Sulawesi*, Journal of Physics: Conf.Series 979
- [10] Domapa, Sernita., Maria., Massinai, Muhammad Altin., Dahlang Tahir. 2016. *Interpretasi Data Geokimia Mata Air Panas di Daerah Geothermal Wala: Studi Kasus di Kabupaten Tana Toraja.*, Prosiding SFN XXIX Makassar.
- [11] Surono dan Hartono, 2015. *Geologi Sulawesi*. LIPI Press. Jakarta.