

## RELOKASI HIPOSENTER GEMPA BUMI 18 AGUSTUS 2012 (MAGNITUDO 6,2 MB) DAN SUSULANNYA DI DAERAH PALU, SULAWESI TENGAH MENGGUNAKAN METODE MJHD

Ainiyatul Muthoharo, Supardiyono, Muhajir Anshori, Tri Deni rachman

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya  
ainiyatulmxiscience2@gmail.com

### Abstrak

Daerah Palu, Sulawesi Tengah merupakan salah satu wilayah yang sering dilanda bencana gempa bumi dan memiliki tingkat aktivitas yang sangat tinggi karena di Pulau Sulawesi terdapat Sesar Palu Koro, dan dilewati oleh formasi *Pacific Ring of Fire* yang berupa sederetan gunung api aktif maupun tidak aktif di seluruh dunia. Tujuan dari penelitian ini adalah merelokasi hiposenter gempa bumi di daerah Palu, Sulawesi Tengah menjadi lebih akurat dengan menggunakan metode *Modified Joint Hypocenter Determination* (MJHD). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah inversi MJHD untuk merelokasi gempa bumi utama dan susulannya, sedangkan untuk pemetaan relokasi menggunakan *Generic Mapping Tool* (GMT). Data yang digunakan sebanyak 154 buah gempa bumi, yang terdiri dari 1 gempa bumi utama dan 153 gempa susulan, dengan rentang waktu 18 Agustus 2012 – 30 Agustus 2012. Dari data yang telah dianalisis dengan menggunakan metode inversi MJHD didapatkan jumlah gempa yang direlokasi berjumlah 21 gempa dengan 1 gempa bumi utama dan 20 gempa susulan. Stasiun yang digunakan untuk relokasi 11 stasiun (APSI, BKSI, BNSI, KDI, KKSI, LUWI, MPSI, MRSI, PCI, SPSI, dan TTSI). Kedalaman awal dari hiposenter gempa bumi utama sebelum relokasi bernilai 10 km, tetapi setelah direlokasi kedalamannya berubah menjadi 17,47 km. Posisi gempa bumi utama pada tanggal 18 Agustus 2012 dan susulannya sampai tanggal 30 Agustus 2012 mengalami pergeseran tidak terlalu besar dan mendekati jalur sesar Palu Koro. Rata-rata RMS waktu tempuh BMKG sebesar 0,38146 dan MJHD bernilai 0,07593. Dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini data gempa bumi sesudah hasil relokasi menjadi lebih akurat.

**Kata Kunci:** *Modified Joint Hypocenter Determination* (MJHD), stasiun, RMS (*Root Mean Square*)

### Abstract

The Palu regions, Central Sulawesi is one of areas which often hit by the earthquake and has a very high level of activity because in Sulawesi there are Palu Koro Fault, and by passed the formation of the *Pacific Ring of Fire* which of a row of volcanoes active or not active around the world. The purpose of this research was to relocate the earthquake hypocenter in Palu regions, Central Sulawesi became more accurate by using the *Modified Joint Hypocenter Determination* (MJHD). The method used in this research is the inversion MJHD to relocate mainshock and aftershocks, whereas for mapping location using the *Generic Mapping Tool* (GMT). The data used as many as 154 pieces earthquake, which consists of one mainshocks and 153 aftershocks, with timescales of 18 August 2012 – 30 August 2012. From the data that has been analyzed by using the inversion method MJHD found the number of earthquakes that were relocated were 21 earthquakes with 1 mainshocks and 20 aftershocks. Stations used for the relocation of 11 stations (APSI, BKSI, BNSI, KDI, KKSI, LUWI, MPSI, MRSI, PCI, SPSI, and TTSI). Initial depth of the hypocenter mainshocks before relocated worth 10 km, but after changing the depth relocated to 17.47 km. The position of mainshocks on 18 August 2012 and aftershocks until date of 30 August 2012 shifting is not too big and approaching Palu Koro fault lines. Average RMS travel time BMKG 0,38146 and MJHD 0,07593. It can be concluded that in this research the data after the earthquake relocation results become more accurate.

**Keywords:** *Modified Joint Hypocenter Determination* (MJHD), station, RMS (*Root Mean Square*)

### PENDAHULUAN

Palu, Sulawesi Tengah merupakan daerah rawan gempa karena memiliki aktivitas tektonik tertinggi di Indonesia. Penyebab utamanya adalah karena di kota Palu terdapat patahan kerak bumi (sesar) berdimensi yang cukup besar, dikenal dengan sesar Palu Koro. Sesar Palu

Koro merupakan sesar mendatar (*strike-slip fault*) sebab dekat dengan jalur pertemuan tiga lempeng yakni lempeng Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik serta lempeng mikro Filipina (Watkinson dan Hall, 2011). Sesar ini berada di bawah perut bumi yang merupakan jenis sesar aktif. Pergeseran pada lempeng-lempeng tektonik yang cukup aktif di sesar Palu Koro membuat tingkat kegempaan di

wilayah ini dikategorikan cukup tinggi. Potensi gempa juga bertambah dengan fakta bahwa pulau Sulawesi dilewati oleh formasi *Pasific Ring of Fire* yang berupa sederetan gunung api aktif maupun tidak aktif di seluruh dunia.

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang bersifat merusak dan menimbulkan bencana yang diakibatkan dari getaran lapisan batuan yang patah yang energinya menjalar melalui badan dan permukaan bumi berupa gelombang seismik (Ibrahim dan Subarjo, 2004). Gempa bumi yang pernah terjadi di daerah Palu adalah gempa bumi pada tanggal 18 Agustus 2012 sekitar pukul 16:41:53 WIB dengan kekuatan 6,2 SR. Titik pusat gempa tercatat oleh BMKG sekitar 1,21° LS – 120,08° BT atau 27 km Barat Daya Parigi Mountong, Sulawesi. Hal ini merupakan salah satu bukti bahwa di Sulawesi Tengah merupakan daerah yang sering terjadi gempa bumi. Upaya mengurangi dampak gempa bumi tersebut melalui tindakan peringatan dini sangat diperlukan oleh pemerintah maupun masyarakat. Hal inilah yang membuat perlu adanya banyak informasi yang berhubungan dengan gempa bumi. Salah satunya adalah relokasi hiposenter gempa bumi.

Relokasi hiposenter merupakan koreksi dari lintang, bujur, dan kedalaman dari gempa bumi. Koreksi dari parameter hiposenter digunakan untuk memperbaiki informasi yang dikeluarkan secara cepat saat terjadi gempa bumi.

*Software* yang digunakan pada penelitian adalah *Modified Joint Hypocenter Determination* (MJHD), *Generic Mapping Tool* (GMT). MJHD digunakan untuk merelokasi hiposenter gempa bumi, sedangkan GMT digunakan untuk memetakan hasil relokasi hiposenter. Metode MJHD merupakan salah satu metode *inverse modeling*. Metode MJHD ini memiliki keunggulan dapat menghitung banyak gempa bumi secara simultan dan memiliki koreksi stasiun (Maung, 2009). Pada metode MJHD parameter gempa bumi yang akan berubah adalah lintang dan bujur gempa bumi, waktu terjadinya gempa bumi, namun perubahan yang signifikan akan terjadi pada kedalaman hiposenter gempa bumi.

Pada penelitian relevan yang dilakukan oleh Putri (2012) mengenai relokasi gempa bumi utama dan gempa bumi susulan menggunakan metode MJHD (studi kasus gempa bumi Mentawai 25 Oktober 2010) terlihat bahwa sebaran hiposenter sebelum dan setelah relokasi terdapat beberapa perbedaan yaitu posisi hiposenter dari gempa bumi utama dimana kedalaman awal adalah 11 km, namun setelah direlokasi kedalamannya berubah menjadi 27.88 km. Di wilayah Sulawesi tengah masih sedikit penelitian yang dilakukan, padahal wilayah tersebut sangat rawan terhadap terjadinya gempa. Hal inilah yang menyebabkan penelitian yang berjudul Relokasi

Hiposenter Gempa Bumi 18 Agustus 2012 (Magnitudo 6,2 mB) dan Susulannya di Daerah Palu, Sulawesi Tengah Menggunakan Metode MJHD perlu dilakukan untuk memberikan informasi mengenai relokasi hiposenter di daerah Palu, Sulawesi Tengah.

## METODE

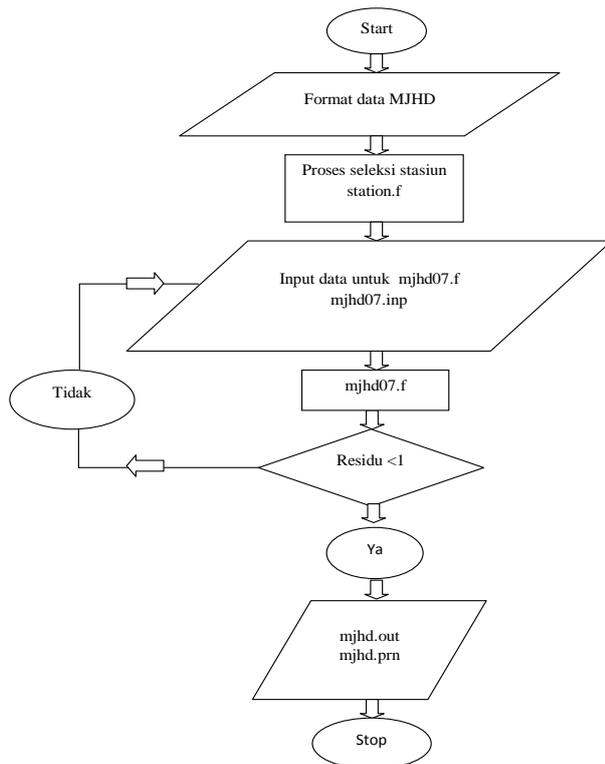
Jenis penelitian yang dilakukan merupakan jenis penelitian laboratorium berbasis komputasi (inversi). Data gempa bumi yang digunakan dengan rentang data 18 Agustus 2012 – 30 Agustus 2012 sebanyak 154 data. Data tersebut diperoleh dari data katalog BMKG. Software utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah MJHD (*Modified Joint Hypocenter Determination*) dan GMT (*Generic Mapping Tool*). Metode yang digunakan adalah metode MJHD dengan penerapan metode inversi.

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini berupa aktivitas gempa bumi utama (*mainshock*) dan gempa bumi susulan (*aftershock*), Data *event* gempa bumi yang diambil adalah *origin time*, lintang, bujur, kedalaman, *magnitude*, dan jumlah fase pada *event* gempa bumi tersebut. Serta masih terdapat keterangan mengenai stasiun-stasiun pencatat beserta parameternya yaitu selisih waktu tiba gelombang P pada stasiun tersebut dengan *origin time* dalam orde detik, residu, jarak, dan azimuth, sehingga didapatkan nilai *latitude* dan *longitude* yang baru setelah relokasi, untuk digunakan pada pemetaan relokasi gempa bumi.

Prosedur pengolahan data yang pertama memilih data dari katalog BMKG dengan batasan koordinat 0° LS – 3°LS dan 119° BT – 121° BT, kedalaman 1 – 1000 km, dan *magnitude* sebesar 1 – 9,5 SR. Mengubah data format BMKG ke dalam bentuk format data MJHD. Menentukan nilai *Minimum Number of Earthquake at Each Station* (MEQ) yaitu jumlah minimum sebuah gempa bumi dicatat pada sebuah stasiun, serta *Minimum Number of Station at Each Earthquake* (MNST) yaitu jumlah minimum stasiun yang mencatat sebuah gempa bumi, yang berarti hanya gempa yang memenuhi kriteria minimum tersebut yang dapat direlokasi. Model kecepatan awal yang digunakan adalah model kecepatan bumi global 1-D yaitu IASPEI91. Model kecepatan global IASPEI91 adalah model kecepatan bumi satu dimensi yang dihasilkan oleh *International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior* (IASPEI). Model kecepatan tersebut akan menjadi inputan pada *software* MJHD dan didapatkan hasil relokasi hiposenter di daerah Palu, Sulawesi Tengah. RMS yang didapatkan harus <1 (0,99) untuk mendapatkan hasil yang presisi.

Program MJHD dijalankan beberapa kali hingga didapat hasil yang baik. Pada setiap iterasi, nama *file input*, *file output* dan residu maksimum *travel-time* pada

file input MJHD harus selalu diubah. Berikut adalah gambar algoritma proses MJHD:

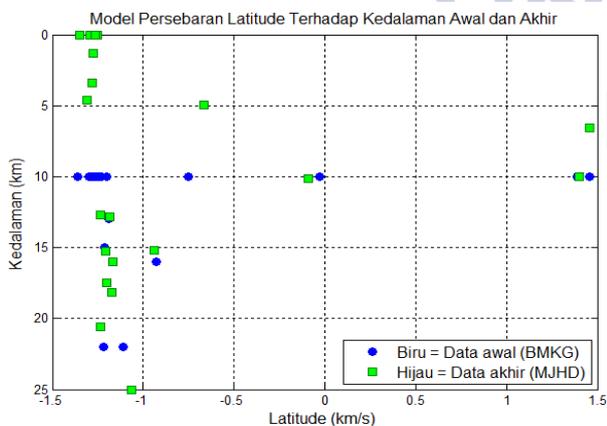


Gambar 1. Algoritma proses MJHD

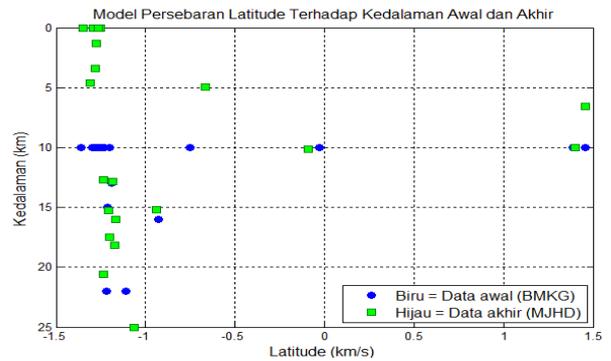
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Relokasi hiposenter

Berdasarkan hasil relokasi kedalaman yang didapatkan setelah pengolahan melalui *software* MJHD dapat ditunjukkan melalui model persabaran *latitude* terhadap kedalaman dan *longitude* terhadap kedalaman sebagai berikut:

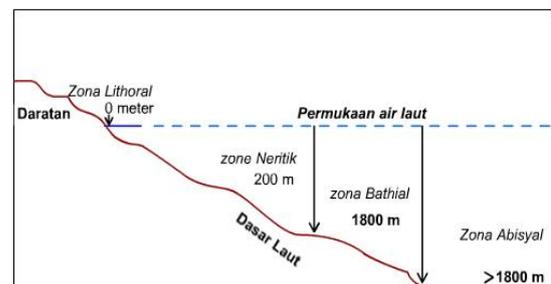


Gambar 2. Model persebaran *longitude* terhadap kedalaman awal dan akhir yang memenuhi syarat untuk direlokasi



Gambar 2. Model persebaran *latitude* terhadap kedalaman awal dan akhir yang memenuhi syarat untuk direlokasi

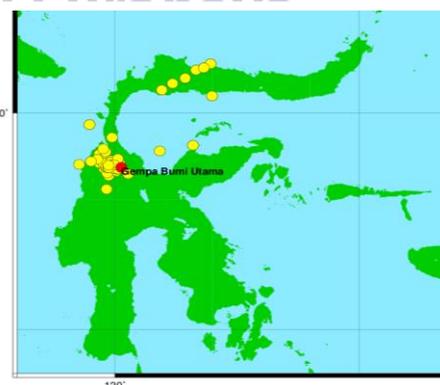
Pada gambar 1 dan 2 terlihat bahwa kedalaman data dari BMKG setelah memenuhi syarat untuk direlokasi memiliki kedalaman dangkal, berkisar 10 km – 22 km, sedangkan data setelah relokasi MJHD kedalaman berubah menjadi kedalaman dangkal berkisar 0 - 25 km.



Gambar 3. Zona laut berdasarkan kedalamannya

Pada gambar model persebaran *longitude* dan *latitude* terhadap kedalaman awal dan akhir terdapat 4 buah gempa bumi setelah hasil relokasi mempunyai kedalaman 0 meter, kedalaman ini berada pada permukaan air laut seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.

### B. Hiposenter gempa bumi sebelum direlokasi



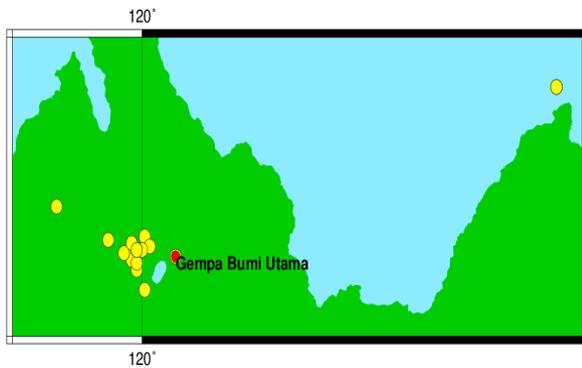
Gambar 4. Distribusi hiposenter BMKG sebelum direlokasi

Gempa bumi sebelum direlokasi berjumlah 154 data, 1 gempa bumi utama dan 153 gempa bumi susulan yang terjadi pada tanggal 18 Agustus 2012 – 30 Agustus 2012. Gempa bumi utama ditandai dengan lingkaran berwarna merah, sedangkan untuk gempa susulannya ditandai dengan lingkaran berwarna kuning.

### C. Hiposenter gempa bumi setelah relokasi

Pada penelitian ini untuk mendapatkan hiposenter baru yang lebih akurat digunakan persyaratan MEQ, MNST, dan minimal residu yang diperoleh. MEQ yang digunakan sebesar 9, artinya satu stasiun pencatat harus mencatat minimal 9 *event* gempa bumi. MNST yang dipakai sebesar 10, dimana satu buah gempa bumi minimal dicatat oleh 10 stasiun. Minimal residu waktu tempuh (O – C) yang digunakan adalah satu detik, oleh karena itu hanya gempa yang memenuhi kriteria tersebut yang dapat direlokasi.

Data input awal dari BMKG berjumlah 154 *event* gempa bumi, namun karena terdapat ketentuan MEQ, MNST, dan minimal residu waktu tempuh (O – C) *event* gempa bumi yang digunakan untuk relokasi berjumlah 21 buah.



Gambar 5. Distribusi hiposenter BMKG yang memenuhi syarat untuk direlokasi



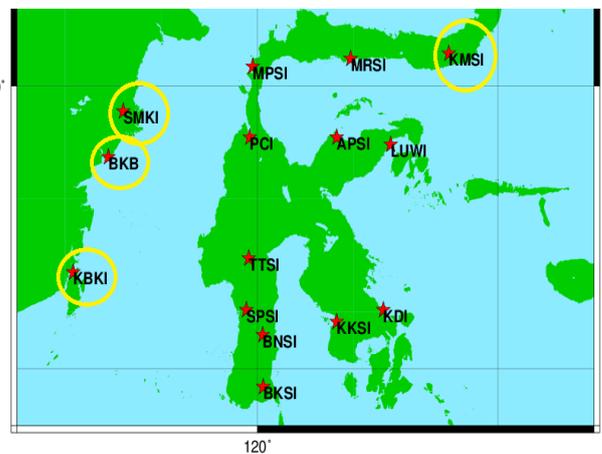
Gambar 6. Stasiun pencatat gempa bumi yang digunakan dalam relokasi

Gambar 6 menunjukkan stasiun yang digunakan dalam relokasi MJHD. Stasiun yang digunakan hanyalah stasiun yang mencatat minimal 10 event gempa bumi. Jumlah stasiun yang digunakan adalah 11 stasiun. Hampir seluruh stasiun berada di Pulau Sulawesi. Stasiun yang tidak digunakan selain karena adanya syarat minimal gempa bumi yang harus dicatat juga karena syarat residu waktu tempuh (O-C) minimal yaitu satu detik.

Pada station.out dalam program MJHD jumlah stasiun awal yang digunakan untuk relokasi berjumlah 15 stasiun (APSI, BKB, BKSI, BNSI, KBKI, KDI, KCSI, KMSI, LUWI, MPSI, MRSI, PCI, SMKI, SPSI, dan TTSI), namun karena ada beberapa stasiun yang tidak memenuhi syarat residu waktu tempuh (O-C) yaitu minimal satu detik, maka jumlah stasiun yang digunakan untuk relokasi menjadi 11 stasiun.

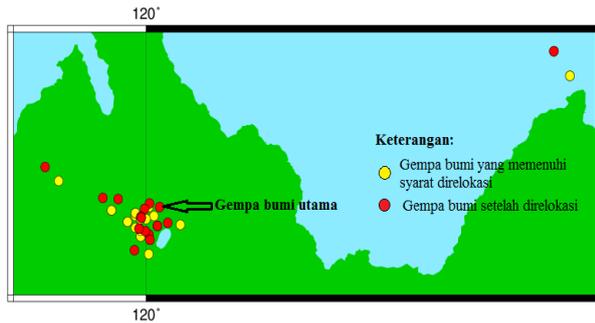
Tabel 1. Stasiun yang tidak digunakan untuk relokasi

No	Stasiun	Event Gempa Bumi	(O-C)
1	KMSI	18/8/2012 9:41:53	1.6
		18/8/2012 15:19:10	3.4
		19/8/2012 1:2:19	2.4
2	SMKI	18/8/2012 15:19:10	1.5
		18/8/2012 17:6:44	1.5
3	BKB	18/8/2012 15:1:4	2.7
		30/8/2012 16:55:32	1.5
		30/8/2012 16:55:32	1.5
4	KBKI	18/8/2012 11:39:4	2.6
		18/8/2012 11:54:34	2.0
		18/8/2012 16:20:27	1.0



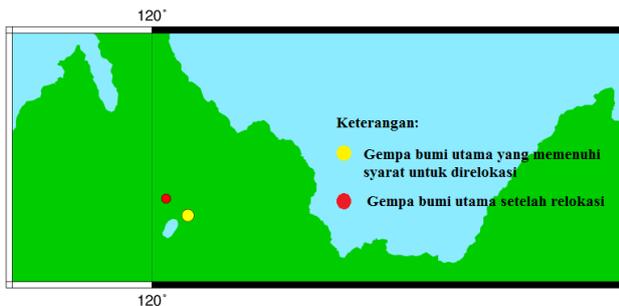
Gambar 7. Stasiun pencatat gempa bumi yang tidak digunakan dalam relokasi

Stasiun yang berwarna lingkaran kuning tidak digunakan dalam relokasi, sedangkan yang tidak terdapat lingkaran kuning digunakan dalam relokasi.



Gambar 8. Distribusi hiposenter BMKG sebelum dan setelah direlokasi

Pada gambar 8 diatas menunjukkan hasil relokasi dari metode *Modified Joint Hypocenter Determination* (MJHD). Berdasarkan sebaran hiposenter sebelum dan setelah terdapat perbedaan posisi hiposenter, dimana untuk lingkaran yang berwarna kuning gempa yang memenuhi syarat sebelum direlokasi dan yang berwarna merah setelah relokasi. Kedalaman awal dari hiposenter gempa bumi utama sebelum relokasi bernilai 10 km, tetapi setelah direlokasi kedalamannya berubah menjadi 17,47 km.



Gambar 9. Gempa bumi utama sebelum dan sesudah direlokasi

Posisi gempa bumi utama pada tanggal 18 Agustus 2012 dan susulannya sampai tanggal 30 Agustus 2012 mengalami perubahan, hal ini disebabkan oleh aktivitas Sesar Palu Koro. Perubahan parameter yang terjadi berupa waktu terjadinya, lokasi, maupun kedalaman. Peta distribusi hiposenter 9 terlihat bahwa posisi *event* gempa bumi mengalami pergeseran posisi yang tidak terlalu besar, gempa berada di darat dan di laut.

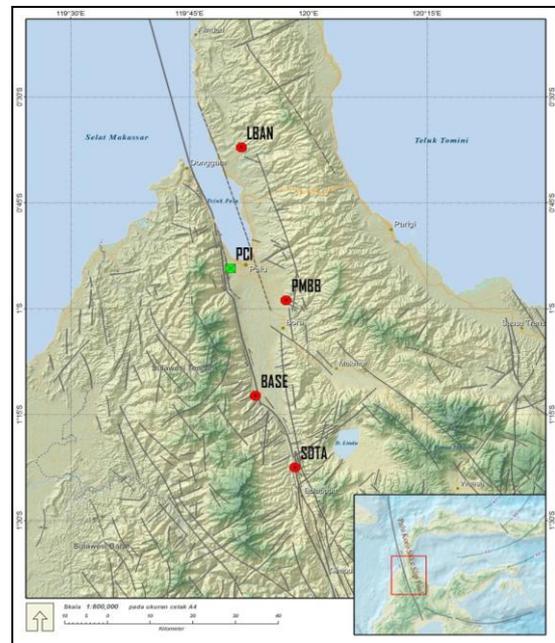
Palu, Sulawesi Tengah dikategorikan wilayah gempa dangkal yang menimbulkan kerusakan besar. Pada sesar Palu Koro merupakan gempa tipe zona perubahan (*transform zones*). Zona transform adalah sesar geser pada batas antara dua lempeng dimana pada daerah ini

terjadi gesekan/ translasi dan tidak terjadi penelanan kerak bumi, akan tetapi terjadi gerak horizontal dan menyebabkan gempa bumi besar.

Tabel 2. Klasifikasi zona gempa di Indonesia (Ramadhani,2011)

Klasifikasi Zona	Sumber Gempa	Magnitudo Maksimal
Zona Transform	Sesar Sumatera	7,6
	Sukabumi	7,6
	Baribis	6,0
	Lasem	6,0
	Majene-Bulukumba	6,5
	Palu-Koro	7,6

Zona sumber gempa yang mempengaruhi peristiwa kegempaan di kota Palu dan sekitarnya adalah sesar Palu Koro, sesar Matano, subduksi Sulawesi Utara, sesar Majene-Bulukumba, dan zona difusi Kalimantan Timur, Sulawesi Tengah, dan Sulawesi Timur.



Gambar 10. Sesar Palu Koro

Posisi gempa bumi mendekati Sesar Palu-Koro yang memanjang dari Palu ke arah Selatan dan Tenggara melalui Sulawesi Selatan bagian Utara menuju ke selatan Bone sampai di laut Banda yang menyebabkan aktivitas kegempaan di Sulawesi Tengah dikategorikan cukup tinggi. Potensi gempa juga bertambah dengan fakta bahwa Pulau Sulawesi dilewati oleh formasi *Pacific Ring of Fire* yang berupa sederetan gunung api aktif maupun tidak aktif di seluruh dunia.

