

ANALISIS SEISMOTEKTONIK UNTUK PENANGGULANGAN DAERAH RAWAN BENCANA GEMPA BUMI

Harsano Jayadi¹ dan Asdani Soehaimi²

¹Program Studi Teknik Geologi, Universitas Tadulako, Palu

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung

Email: harsanoj@gmail.com

Abstract: Tana Toraja located in the compression belt of two active fault seismic source zones. There are Palu- Koro and the Walanai faults have resulted the eastward, movement of the Banggai-Sula micro continent since neogen time. The field observations of the neotectonic holosen age were found as the river deposit and beachsand terraces and the fault fan structure where there are consist of three terraces units which the maximum high of the oldest terrace (± 100.000 years) about of 12 m and the minimum about of 7 m. Base on the differences high of the maximum terrace units in the Salu Sadang and Rongkong rivers, so the maximum magnitude earthquake displacement (md) can be calculated at every fault segments. The evaluation of geological structures and earthquake data, this region can be divided into four seismic source zones there are the salu sadang, The Buttu Karoa-Lamasi Sabang active faults, the old volcano tectonic earthquakes of the Buttu-Karoa-Kalumpang Mamuju and the volcano tectonic earthquakes of the Limbong Seismic Zource Zone. Base on tne neotectonic condition and the existing of seismic source zones above, Tana Toraja and surrounding area is one of the potential seismic hazard area in the South Sulawesi region which must be have more attention.

keywords: fault and earthquake

1. PENDAHULUAN

Tana Toraja merupakan salah satu daerah tujuan wisata andalan di Indonesia bagian timur. Kenyataan di lapangan objek wisata tersebut merupakan perpaduan geowisata dan budaya serta pertanian. Ketiga sektor tersebut terpadu dalam satu lingkungan alam yang artistik dan unik. Hal tersebut diatas tidak terlepas dari kondisi geologi wilayah ini yang dikontrol oleh tektonika kompresif yang kompleks sebagai hasil tumbukan lempeng mikro Banggai-Sula yang bergerak dari arah barat, mulai dari kala *Neogen* dan diduga berlanjut hingga kini. Dinamika geologi masa kini yang dihasilkan oleh tumbukan tersebut diatas dicerminkan oleh aspek neotektonik dan kegempaan wilayah sebagai data dasar yang bersifat mendasar dalam menentukan secara pasti bahwa suatu wilayah atau daerah mempunyai latar belakang dan berpotensi bencana geologi khususnya gempabumi. Ditentukannya suatu wilayah atau daerah berpotensi terjadi bencana gempabumi tersebut dapat dijadikan dasar sebagai peringatan dini akan bahayanya, sehingga penyusunan tata ruang wilayah berbasis akan lingkungan gempabumi harus dilakukan di daerah ini sesuai dengan tingkat kerawanan yang dimilikinya.

Struktur Geologi Regional

Struktur utama yang dijumpai adalah sesar normal dan sesar turun yang memiliki arah Utara-Timurlaut-Selatan-Baratdaya-Barat-Timur dan Utara-Baratlaut-Selatan-Tenggara. Pada kala *Oligosen-Miosen* Awal terjadinya kegiatan gunungapi membentuk batuan gunungapi Lamasi dan setempat-setempatnya batugamping. Setelah kegiatan gunungapi terhenti dan diikuti pegendapan batuan karbonat hingga awal *Miosen* Tengah hingga terbentuk formasi Riu. Pada *Miosen* Tengah bagian Tengah hingga awal *Miosen* Akhir terjadi proses tektonik yang disertai dengan kegiatan gunungapi yang menghasilkan batuan gunungapi Talaya, Tufa Baruppu. Batuan gunungapi Talaya bersusunan andesit basalt hingga terbentuk batuan gunungapi Adang.

Pada kala Akhir *Miosen* Tengah kegiatan gunungapi yang disertai terobosan batholit granit. Mamasa dan granit Kambuno yang menerobos semua batuan yang lebih tua yang membawa larutan hidrotermal yang kaya akan mineral bijih sulfida dan membentuk endapan bijih sulfida. Terobosan ini disertai dengan pengangkatan dan naik yang berarah Utara-Timurlaut-Selatan-Baratdaya. Sejak *Pliosen* Akhir daerah ini diduga berupa daratan dan pada kala *Plistosen* (?) terjadi kegiatan gunungapi menghasilkan Tufa Baruppu.

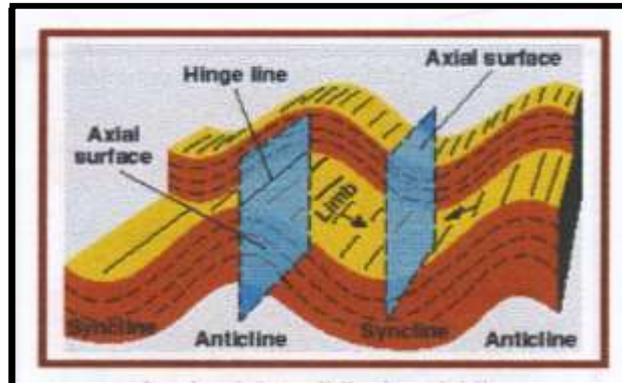
Bentuk Struktur Geologi

Struktur geologi merupakan bentuk dan kedudukan batuan yang terlihat pada singkapan maupun dibawah permukaan. Berdasarkan cara terdapatnya struktur geologi dibagi ke dalam tiga kategori yaitu :

- a. Struktur primer, disebabkan oleh proses pergerakan lempeng yang melibatkan batuan keras.
- b. Struktur sekunder, yang secara langsung berhubungan dan merupakan konsekuensi dari struktur primer seperti lipatan yang terbentuk akibat pensesaran lapisan yang lebih dalam.
- c. Struktur pasif, yang berkembang sebagai konsekuensi atau efek sisa dari efek struktur primer dan sekunder seperti pensesaran lokal pada punggung *antiklin*. Pengelompokan struktur ke dalam kategori di atas memungkinkan pemahaman mengenai penyebab dan efeknya sehingga dapat digunakan untuk keperluan prediktif.

Lipatan

Lipatan (*fold*) adalah lengkungan suatu benda pipih atau lempung yang disebabkan oleh gaya yang bekerja sejajar dengan permukaan lempeng atau oleh gaya yang bekerja tegak lurus permukaan. *Antiklin* adalah unsur struktur lipatan yang arahnya ke atas sedangkan *sinklin* adalah lipatan yang arahnya ke bawah.

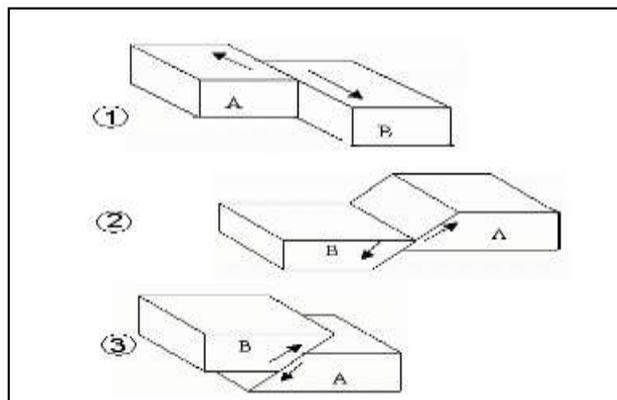


Gambar 1. Antiklin dan Sinklin

Sesar

Sesar (*fault*) adalah suatu rekahan pada batuan yang telah mengalami pergeseran sehingga terjadi pemindahan antara bagian-bagian yang berhadapan, dengan arah yang sejajar dengan bidang patahan. Sesar terjadi karena adanya gaya yang bekerja pada suatu batuan yang menyebabkan elastisitas batuan sudah ambang batas dan akhirnya terjadi pergerakan dan pergeseran dari batuan tersebut.

Dalam keadaan yang sebenarnya permukaan sesar dapat mempunyai keadaan yang berbeda dan demikian pula dengan gerakannya dapat mempunyai arah yang berlainan sepanjang permukaannya. Dapat dibedakan atas tiga bentuk gerakan dasar dari sesar.



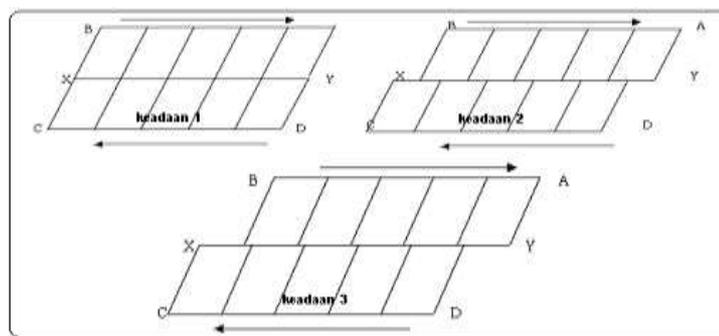
Gambar 2. Gerakan dasar dari sesar: sesar mendatar, sesar normal, dan sesar naik.

1. Gerakan sejajar jurus sesar, disebut sesar mendatar atau *strike slip fault*. Stress yang terbesar adalah *stress horisontal* dan *stress vertikal* kecil sekali.
2. Sesar relatif ke bawah terhadap blok dasar, disebut sesar turun atau *gravity fault*.
3. Gerakan relatif ke atas terhadap blok dasar, disebut sesar naik atau *thrust fault/ reverse fault*.

Hubungan Gempa Bumi dengan Bidang Sesar

Dalam hubungannya dengan bidang sesar beberapa analisis menyimpulkan bahwa gempa-gempa kecil di daerah yang frekuensi gempa rendah dapat digunakan atau menandai daerah yang mempunyai bahaya gempa. Bidang sesar dalam hal ini menandakan gerak vertikal dua blok sesar di daerah di mana sesar aktif yang sebelumnya tidak pernah diduga dapat terjadi.

Dengan mengetahui arah gerakan sesar, dapat diketahui sumber atau asal gaya-gaya di daerah itu, misalnya dalam studi gempa mikro yang merupakan karakteristik daerah yang dapat memisahkan gempa-gempa akibat gaya tektonik dengan gempa-gempa yang disebabkan oleh keaktifan *geothermal*. Dalam hal ini sesar akibat gempa tektonik ditandai dengan gerakan horizontal.



Gambar 3. Mekanisme dasar terjadinya sesar

Mekanisme dasar terjadinya sesar diperlihatkan pada gambar 3.

1. Perubahan (*deformasi*) blok sebelum terjadi gempa.
2. Deformasi blok setelah gempa bumi terjadi. Akibat gempa bumi bidang sesar yang berhadapan relatif bergeser sepanjang garis XY.

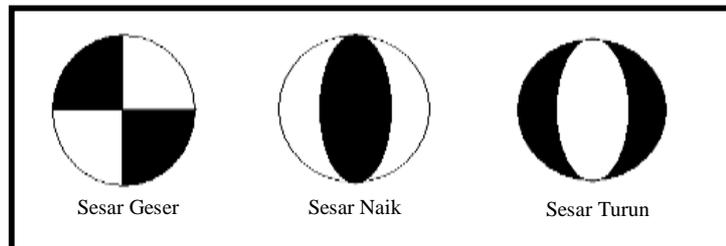
Mempunyai tingkat *stress-strain* (tekanan-regangan) yang sama dengan keadaan (1) dan merupakan keadaan yang sangat kritis untuk terjadi gempa. Sedangkan keadaan *stress-strain* setelah gempa terjadi sama dengan keadaan (2), selanjutnya blok atas akan terus menerus terpisah dari blok bawah sepanjang batas sesar yang melalui pengulangan gempa.

Mekanisme Fokus

Mekanisme terjadinya suatu gempa sering dikaitkan dengan adanya kombinasi gaya atau stress yang bekerja pada suatu batuan. Kombinasi stress kompresi (*compression*) dan dilatasi (*tension*), yang menyebabkan terjadinya suatu gempa dapat dimodelkan dengan mempelajari polarisasi gelombang gempa yang terekam pada seismograph komponen vertikal. Model idealisasi dari mekanisme terjadinya suatu gempa tersebut dikenal sebagai "*Mekanisme Fokus*" (*Focal Mechanism*).

Berdasarkan sifat radiasi gelombang P, maka dapat diperoleh distribusi radiasi, berikut polarisasinya yang dapat dibedakan sebagai gerakan *repulsif* disebut *kompresi* atau tekanan (*up*) sedangkan gerakan atraktif disebut *dilatasi* atau tarikan (*down*). Distribusi yang sistematis tersebut mengakibatkan ruang di sekitar episenter, yang dimisalkan sebagai suatu bola dapat dibagi menjadi empat kuadran yang dipisahkan oleh dua bidang nodal dan membentuk suatu mekanisme fokus suatu gempa.

Pada dasarnya mekanisme fokus adalah suatu model (bola fokus) yang menerangkan polarisasi gelombang gempa dan sistem *stress* yang bekerja dalam konsep sesar. Dengan mempelajari mekanisme fokus dan sekumpulan gempa yang terjadi untuk menganalisa sistem gaya tektonik yang bekerja pada suatu daerah.



Gambar 4. Klasifikasi Sesar (K. Kasahara, 1981)

2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah Kabupaten Tana Toraja dan sekitarnya dengan batasan koordinat 2o30' - 3o15' LS dan 119o30' - 120o15' dengan batas-batas sebelah Utara Kabupaten Mamuju, Luwu, sebelah Selatan Kabupaten Enrekang, sebelah Barat Kabupaten Polmas dan sebelah Timur Kabupaten Luwu dengan luas sekitar 3.205,77 km². Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah terdiri dari Seismograph L-4C-3D, GPS, Kompas Geologi, Kamera Digital dan Accu. Data yang diperoleh berupa data kegempaan dan data struktur geologi dikombinasikan dengan data gempa dari USGS, BMG wilayah Makassar, data mekanisme fokal dari USGS dan peta geologi dan topografi daerah sekitarnya. Selanjutnya data-data tersebut dianalisis di Pusat Penelitian Geologi Bandung dengan menggunakan program pengolah data gempa yaitu Drum Mode Display for Multiple/Drum Win, Viewer WVVW 9000, dan Seis untuk mengetahui event gempa yang terekam oleh seismograph.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil yang didapat dari penelitian ini adalah peta struktur geologi neotektonik dan kegempaan daerah Tana Toraja, lajur sumber gempabumi daerah Tana Toraja serta rekaman gempa dari 2 stasiun (Makale dan Parara) yang berbentuk Waveform gempa yang sudah diekstrak pada program Drum Mode Display for Multifile (Drumwin) dan dianalisis sehingga mendapatkan parameter gempanya.

Struktur geologi di daerah Tana Toraja dapat dikenal sebagai struktur perlapisan, lipatan, kekar, dan sesar. Secara keseluruhan unsur tersebut dibentuk di bentuk beberapa periode deformasi tektonik yakni Deformasi Tektonik dan Struktur Geologi *Pra-Tersier*, Deformasi Tektonik dan Struktur Geologi *Oligo-Miosen*, Deformasi Tektonik dan Struktur Geologi *Miosen Tengah Pliosen*, Deformasi Tektonik *Plistosen-Holosen* (Neotektonik), Kinematika Struktur Geologi Sesar Daerah Tana Toraja.

Berdasarkan kondisi struktur geologi, neotektonika dan kegempaan daerah ini dapat dibedakan atas empat lajur sumber gempa bumi yakni Lajur Sumber Gempa Bumi Sesar Aktif Salu Sadang, Lajur Sumber Gempa Bumi Patahan Aktif Buttu Karoa-Lamasi-Sabbang, Lajur Sumber Gempa Bumi Tektonik Gunungapi

Tua Buttu Karoa-Kalumpang-Mamuju, dan Lajur Sumber Gempa Bumi Tektonik Gunungapi Limbong

Berdasarkan data-data kegempaan yang dihimpun dari NEIC-USGS, BMG Wilayah IV Makasar dan hasil pemantauan dengan Puslitbang Bandung diperoleh 4 lajur sumber gempa bumi diantaranya:

- Lajur Sumber Gempa Bumi Sesar Aktif Salu Sadang. Lajur ini dapat ditelusuri di sepanjang alur Salu Sadang mulai dari Utara Makale, Utara Rantepao, Walenrang hingga Sabbang di Bagian Timur Laut daerah penelitian. Lajur sesar ini memotong batuan kelompok *Pra-Tersier*, *Tersier*, *Kwartir* termasuk batuan *Holosen* di daerah Buakayu.
- Lajur Sumber Gempa Bumi Patahan Aktif Buttu Karoa-Lamasi-Sabbang. Lajur ini terletak di sebelah Barat Laut-Utara dan Timur Laut kota Rantepao memotong batuan *Pra-Tersier*, *Tersier*, *Kwartir* serta batuan *Holosen* dengan arah hampir Barat-Timur.
- Lajur Sumber Gempa Bumi Tektonik Gunung Api Tua Buttu Karoa-Kalumpang-Mamuju. Lajur ini terletak di sebelah Barat Laut kota Rantepao. Pada lajur ini dijumpai sebuah sisa pusat erupsi yang lebih kecil dari pusat erupsi Buttu Karoa dan Kalumpang Mamuju.
- Lajur Sumber Gempa Bumi Tektonik Gunung Api Limbong. Lajur ini terletak di bagian utara daerah penelitian dan dikontrol oleh sesar berarah Barat-Timur. Selain berarah Barat-Timur dapat dilihat kelurusan berarah Utara-Selatan.

Berdasarkan data gempabumi USGS tahun 1979 – 1994 tercatat di daerah penelitian ada 3 buah kejadian gempabumi yang mempunyai solusi mekanisme fokusnya yakni gempa bumi tanggal 29-9-1979, 9-5-1990, 7-12-1994.

Hasil analisis mekanisme fokus gempa bumi tanggal 29-9-1979 dan 9-5-1990 memperlihatkan gerak sesar normal, gempa bumi tanggal 29-9-1979 tersebut di atas terletak pada koordinat 2.95 LS dan 119.8 BT, di sekitar Desa Boong, pada aliran Salu Sampiak. Sedangkan gempa bumi tanggal 9-5-1990 terletak pada kordinat 2.84 LS dan 119.57 BT di sebelah Barat laut Buttu Karoa pada aliran Salu Barasiak. Berdasarkan kedudukan pusat gempanya, kedalaman serta mekanismenya dapat dinyatakan bahwasanya gempa bumi tersebut terjadi di lajur tarikan pada bagian Utara Lajur Sesar Salu Sadang. Sedangkan gempa bumi tanggal 7-12-1994 memperlihatkan gerak sesar geser mengiri berkomponen naik yang terletak di koordinat 2.97 LS dan 119.81 BT pada lajur struktur sesar utama Salu Sadang di sebelah Barat daerah Rantepao.

4. SIMPULAN

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah deformasi tektonik dan struktur geologi di daerah ini diidentifikasi terdiri dari empat perioda deformasi yakni Deformasi tektonik dan Struktur Geologi *Pra-Tersier*, *Oligo-Miosen*, *Miosen Tengah-Pliosen*, *Plistosen-Holosen*. Pada kondisi struktur geologi, neotektonika dan kegempaan daerah ini dapat dibedakan atas 4 lajur sumber gempabumi yakni Lajur Sumber Gempa Bumi Sesar Aktif Salu Sadang, Lajur Sumber Gempa Bumi Sesar Aktif Buttu Karoa-Lamasi-Sabbang, Lajur Sumber Gempa Bumi Tektonik Gunung Api Tua Buttu Karoa-Kalumpang-Mamuju dan Lajur Sumber Gempa Bumi Tektonik Gunung Api Limbong. Hasil pemantauan gempa bumi selama penelitian terdapat 1 kali gempa bumi yang berpusat di lajur sumber gempa bumi Sesar Aktif Salu Sadang dengan kekuatan 3,05 mb dan kedalaman 11,1 km.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi dan Geofisika Wilayah IV Makassar., 2005, Data Gempabumi Sulawesi 1999-2007.
- Djuri.,Sudjatmiko., S. Bachri., Sukido., 1998, Peta Geologi Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo, Sulawesi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Chandra. Fredy., 2005, Studi Analisa Parameter dan Intensitas Gempabumi Kecamatan Gunung Halu dan Sekitarnya Tanggal 15 April 2005, Laporan Kerja Praktek, Jurusan Teknik Geologi, UPN, Yogyakarta.
- Ismail, Sulaiman, 1976, Pendahuluan Seismologi, Akademi Meteorologi dan Geofisika Jakarta.
- Jeffreys.H., Bullen.KE, (1940), Seismological Tables, British Association for The Advancement of Science, London.
- Loeqman, Agoes., 1999, Studi Seismotektonik dan Perkiraan Struktur Bawah Permukaan Daerah Sidikalang (Sumatera Utara), Tugas Akhir, Jurusan Geofisika dan Meteorologi, ITB, Bandung.
- Matsuda,T.,1975, Magnitude And Recurrence Interval of Earthquake From a Fault, Jour of Earth Sci, Nagoya Univ, Vol.13.
- Puspito. Nanang. T., Triyoso. Wahyu, 1999, Modul Praktikum Seismologi, Jurusan Geofisika dan Meteorologi, ITB, Bandung.
- Ratman, N., Atmawinasa,S., 1993, Peta Geologi lembar Mamuju, Sulawesi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Santoso, Djoko., 2002, Pengantar Teknik Geofisika, ITB, Bandung.
- Simanjuntak, T.O., Rusmana, E., Surono., Supandjono,J.B., 1991, Peta Geologi Lembar Malili Sulawesi.
- Soehaimi, Asdani., 2002, Analisis Mekanisme Fokal Gempabumi Tektonik, Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Sudo, K., 1986, Focal Mechanism of Earthquake, International Institute Seismology And Earthquake Engineering, Tsukuba, Japan.
- The Research Group For Active Faults of Japan., 1980a, Active Fault In Japan, Univ of Tokyo, 363.
- The Research Group For Active Faults of Japan., 1980b, Active Fault In and Arround Japan, The Distributions and Degree of Activity, Jour Natural Dissaster Sci., Vol.2, 61-99.
- USGS, NEIC, World Data Center For Seismology, Sulawesi Region 1973-2005, Golden Colorado.