

**PERKEMBANGAN TEKTONIK DAN IMPLIKASINYA
TERHADAP POTENSI GEMPA DAN TSUNAMI
DI KAWASAN PULAU SULAWESI**

¹Kaharuddin MS, ²Ronald Hutagalung dan ³Nurhamdan

¹Jurusan Geologi Universitas Hasanuddin

²Jurusan Geologi Universitas Gorontalo

³Asosiasi Pengusaha Marmer Sulawesi Selatan

ABSTRAK

Pulau Sulawesi terletak pada zona pertemuan diantara tiga pergerakan lempeng besar yaitu pergerakan lempeng Hindia Australia dari selatan dengan kecepatan rata 7 cm/tahun, lempeng Pasifik dari timur dengan kecepatan sekitar 6 cm/tahun dan lempeng Asia bergerak relatif pasif ke tenggara. Posisi Sulawesi yang berada pada kawasan lempeng tektonik microplate sangat rawan terhadap gerakan dan benturan ketiga lempeng bumi tersebut yang akan menimbulkan fenomena geologi dan dampak merugikan pada kehidupan manusia, terutama ancaman gempa dan tsunami yang disetiap saat dapat terjadi. Perkembangan tektonik di kawasan Pulau Sulawesi berlangsung sejak zaman Tersier hingga sekarang, sehingga Pulau Sulawesi termasuk daerah teraktif di Indonesia dan mempunyai fenomena geologi yang kompleks dan rumit. Manifestasi tektonik yang ditimbulkan berupa patahan dan gunungapi, seperti patahan Walanae (Sulawesi Selatan), Palu Koro (dari Flores, Palu hingga Selat Makassar), Patahan Gorontalo, patahan Batui (Sulawesi Tengah), patahan naik Selat Makassar dan patahan Matano, Lawanoppo dan Kolaka (Sulawesi Tenggara). Dari fenomena geologi dan tektonik tersebut di atas, maka di kawasan Pulau Sulawesi terdapat beberapa daerah rawan terhadap bencana terutama masalah gempa dan tsunami, seperti daerah-daerah yang berada pada jalur Patahan Walanae, Palu Koro, Selat Makassar terutama bagian tengah dan utara, perpotongan antara patahan Kolaka dan Palu Koro, patahan Gorontalo, Batui, Matano dan patahan Kolaka. Daerah-daerah yang harus mendapat perhatian dan harus diwaspadai adalah daerah perpotongan atau persinggungan di antara patahan, karena di daerah ini gempa dapat bergenerasi dan berpotensi menimbulkan bencana geologi. Sebagai contoh, gempa yang terjadi di Makassar pada tanggal 12 Desember 2010 dengan kekuatan 5,9 SR pusat gempa terletak 232 km ke arah baratdaya Makassar, berada pada daerah perpotongan patahan Selat Makassar dengan patahan Laut Flores Barat.

Kata kunci : Tektonik, gempabumi, tsunami.

PENDAHULUAN

Pulau Sulawesi terletak pada zona pertemuan diantara tiga pergerakan lempeng besar yaitu pergerakan lempeng Hindia-Australia dari selatan

kecepatan rata – rata 7 cm/tahun, lempeng Pasifik dari arah timur dengan kecepatan sekitar 6 cm/tahun dan lempeng Asia bergerak relative pasif ke tenggara \pm 3 cm/tahun.

Perkembangan tektonik di kawasan Pulau Sulawesi berlangsung sejak zaman Tersier hingga sekarang, sehingga bentuknya yang unik menyerupai huruf “K”, dan termasuk daerah teraktif di Indonesia, mempunyai fenomena geologi yang kompleks dan rumit. Manifestasi tektonik yang ditimbulkan berupa patahan dan gunungapi dapat menimbulkan gempa, tsunami dan bencana geologi lainnya.

Secara tektonik/struktur dan sejarah perkembangannya, Pulau Sulawesi dibagi dalam 4 (empat) mintakat geologi (Endarto dan Surono, 1991) yaitu busur vulkanik Sulawesi Barat, kontinental kerak Banggai Sula, oseanik kerak Sulawesi Timur dan kompleks metamorf Sulawesi Tengah. Keempat mintakat tersebut dipisahkan oleh batas – batas tektonik yang saling mempengaruhi satu sama lain

Sehubungan dengan kejadian gempa dan tsunami akibat aktivitas tektonik diatas, maka ada beberapa daerah yang harus diwaspadai yaitu pada daerah perpotongan atau persinggungan diantara patahan, karena pada dasarnya di daerah inilah gempa dapat bergenerasi dan berpotensi menimbulkan bencana geologi.

Peta lokasi Pulau Sulawesi ditunjukkan dalam gambar 1.

SULAWESI DAN TEKTONIK GLOBAL

Sulawesi dalam tektonik global tidak terlepas dari tatanan tektonik Indonesia yang berada pada daerah pertemuan tiga lempeng bumi yang saling berinteraksi satu sama lain, kondisi inilah yang menyebabkan Indonesia termasuk Sulawesi didalamnya sangat berpotensi terhadap gempa dan tsunami (gambar 2).

Sejalan dengan perkembangan tektonik secara regional, posisi Indonesia semakin tertekan dan terjepit oleh ketiga lempeng raksasa tersebut, menjadikannya semakin rentan terhadap gempa dan tsunami yang sifatnya meningkat terus.

Indonesia secara tektonik terbagi menjadi dua bagian yaitu bagian barat yang merupakan daerah interaksi antara lempeng makro (Kraton Asia

dengan lempeng Hindia-Australia), sehingga gempa dan tsunaminya lebih besar. Sedangkan Indonesia bagian timur tersusun oleh lempeng – lempeng mikro yang sifatnya lemah terhadap akumulasi energi dan mudah melepaskan energi dalam wujud gempa – gempa lebih kecil dibandingkan Indonesia bagian barat, namun frekuensinya lebih tinggi.

Secara regional, Pulau Sulawesi mendapat tekanan dari luar sehingga terjadi deformasi secara terus menerus, seperti tekanan dari Laut Flores di bagian selatan mengaktifkan patahan Palu-Koro dan Walanae, Banggai-Sula dan Laut Banda dari timur mengaktifkan patahan Matano, Batui, Lawanoppo dan Kolaka, Laut Sulawesi dari utara mengaktifkan subduksi laut Sulawesi dan patahan Gorontalo dan aktivitas gunungapi di utara serta tekanan dari lempeng Laut Maluku dari timur menimbulkan gempa dan gunungapi di Sulawesi Utara. Sehubungan dengan fenomena tektonik tersebut diatas, maka di kawasan Pulau Sulawesi terdapat empat buah patahan *transcurrent* yaitu Sorong – Matano *transcurrent* bersifat sinistral, Palu-Koro *transcurrent* bersifat sinistral, Gorontalo *transcurrent* bersifat destral dan Walanae *transcurrent* bersifat sinistral. Keempat pataha tersebut diatas merupakan jalur yang berpotensi sebagai zona rawan gempa dan tsunami.

TEKTONIK DAN STRUKTUR

Secara tektonik Pulau Sulawesi dibagi dalam empat mintakat yang didasari atas sejarah pembentukannya yaitu Sulawesi Barat, Sulawesi Timur, Banggai-Sula dan Sulawesi Tengah yang bersatu pada kala Miosen – Pliosen oleh interaksi antara lempeng Pasifik, Australia terhadap lempeng Asia.

Interaksi ketiga lempeng tersebut memberikan pengaruh cukup besar terhadap kejadian bencana alam geologi di Sulawesi pada umumnya dalam wujud gempa bumi, tsunami, gerakan tanah, gunungapi dan banjir yang senantiasa terjadi seiring dengan berlangsungnya aktivitas tektonik.

Di kawasan Pulau Sulawesi terdapat sedikitnya 9 unsur tektonik dan struktur yang dapat memicu

terjadinya gempa dan tsunami yaitu patahan Walanae, patahan Palu-Koro, patahan Matano-Lawanoppo, patahan Kolaka, patahan Paternoster, patahan Gorontalo, patahan naik Batui-Balantak, subduksi lempeng Laut Sulawesi dan subduksi lempeng Maluku. Struktur – struktur tersebut diatas merupakan dampak dari pada aktivitas tektonik Neogen yang bekerja di kawasan Sulawesi (gambar 3).

1. Patahan Walanae

Patahan Walanae berada di bagian selatan Sulawesi Selatan membentang dari selatan (sebelah timur Pulau Selayar) ke utara melalui Bulukumba, Sinjai, Bone, Soppeng, Sidrap, Pinrang dan Majene - Mamuju dan berakhir di Selat Makassar. Sifat pergerakan adalah sinistral atau mengiri. Patahan Walanae merupakan percabangan dari lanjutan patahan Palu-Koro yang melalui Teluk Bone dan di ujung barat laut menerus hingga patahan Paternoster di Selat Makassar.

2. Patahan Palu-Koro

Patahan Palu-Koro memanjang dari utara (Palu) ke selatan (Malili) hingga teluk bone sepanjang \pm 240 km. Bersifat sinistral dan aktif dengan kecepatan sekitar 25-30 mm/tahun (Kertapati, 2001 dan Permana, 2005). Patahan Palu-Koro berhubungan dengan patahan Matano-Sorong dan Lawanoppo-Kendari, sedang di ujung utara melalui Selat Makassar berpotongan dengan zona subduksi lempeng Laut Sulawesi.

3. Patahan Matano dan Lawanoppo

Patahan Matano dan Lawanoppo berpotongan atau menyatu di ujung utara dengan patahan Palu-Koro, yang mendapat energi dari perpanjangan patahan Sorong dan Tukang Besi di Laut Banda. Kedua patahan ini bersifat sinistral dan aktif, berhubungan dengan pembentukan danau Matano, Towuti dan beberapa depresi kecil lainnya.

4. Patahan Kolaka

Dampak dari pada perkembangan tektonik Kuartar Laut Banda membentuk patahan geser

Kolaka yang bersifat sinistral dan aktif. Patahan ini memanjang dari tenggara ke barat laut melalui Kolaka hingga Teluk Bone memotong patahan Palu-koro (bawah laut) berlanjut ke kota Palopo ke arah puncak Palopo-Toraja.

5. Patahan Paternoster

Patahan ini terbentang memanjang dari tenggara ke barat laut di Selat Makassar bersifat destrral (menganan) dan aktif. Patahan ini berhubungan dengan patahan Walanae di daratan Sulawesi. Pada bagian selatannya sejajar dengan patahan Flores Barat yang memotong patahan naik Selat Makassar yang juga sifatnya destrral.

6. Patahan Gorontalo

Patahan Gorontalo terbentang melalui kota Gorontalo dari tenggara ke barat laut. Pembentukannya berhubungan dengan keaktifan subduksi lempeng Laut Sulawesi. Sifatnya destrral dan aktif.

7. Patahan naik (*thrust*) Batui-Balantak

Patahan Batui-Balantak terbentuk oleh pengaruh pergerakan lempeng Pasifik Barat ke barat melalui patahan Sorong dan Matano membentuk patahan naik yang aktif.

8. Subduksi lempeng Laut Sulawesi

Terletak di laut Sulawesi sebelah utara Pulau Sulawesi memanjang dari barat ke timur. Subduksi lempeng ini menunjam masuk ke selatan di bawah Sulawesi Utara dan Gorontalo. Subduksi lempeng laut Sulawesi yang aktif diduga membentuk gunungapi Una-una dan deretan gunungapi Manado-Sangihe.

9. Subduksi lempeng Laut Maluku

Zona subduksi lempeng Laut Maluku terbentang di utara Sulawesi dari utara ke selatan di sebelah timur Manado. Lempeng Laut Maluku menunjam ke barat masuk di bawah busur Manado-Sangihe, berhubungan dengan volkanisme dan gempa di kawasan ini.

POTENSI GEMPA DAN TSUNAMI

Letak Pulau Sulawesi dalam tatanan tektonik global berada pada daerah pertemuan tiga lempeng bumi yang saling berinteraksi satu sama lain dan merupakan zona gesekan/suture antara lempeng makro Indonesia barat dengan lempeng mikro Indonesia timur. Kondisi inilah yang menyebabkan Sulawesi sangat potensial terhadap bencana alam geologi terutama gempa dan tsunami.

Pulau Sulawesi, walaupun merupakan lempeng mikro yang sifat gempanya lebih kecil dibanding Indonesia barat (lempeng makro), namun sebenarnya Pulau Sulawesi tersebut diapit oleh lempeng – lempeng besar seperti lempeng Australia, Pasifik, Asia dan Laut Sulawesi, sehingga ancaman akan bencana gempa dan tsunami tetap berpotensi besar.

1. Gempabumi

Gempabumi adalah suatu sentakan yang disebabkan oleh pelepasan energi yang bersumber dari dalam bumi kemudian merambat ke permukaan, getarannya dapat dirasakan langsung oleh manusia ataupun melalui pencatat gempa (seismograf). Secara umum, gempabumi dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain pergerakan lempeng bumi yang menimbulkan gempa tektonik, letusan gunungapi menghasilkan gempa gunungapi dan runtuhannya lapisan batuan yang disebut gempa runtuh.

Dari sisi lain berdasarkan kedalaman fokus gempa, dikenal ada tiga jenis gempa yaitu gempa dangkal dengan fokus gempa lebih kecil dari 60 km, gempa menengah fokus gempa antara 60 – 300 km dan gempa dalam fokus gempanya lebih besar dari 300 km.

Jenis gempa yang terjadi di kawasan Sulawesi berupa gempa tektonik dan hanya pada daerah utara (Manado dan sekitarnya) sebagai busur gunungapi aktif dapat terjadi gempa gunungapi.

Lokasi – lokasi atau titik gempa pada umumnya bergenerasi pada daerah persinggungan dan perpotongan patahan atau daerah tumbukan

lempeng, dimana pada daerah ini lempeng – lempeng bumi saling berinteraksi dan saling menghalang – halangi laju pergerakannya sehingga dapat menampung dan melepaskan energi dalam bentuk gempa bumi.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka daerah yang berpotensi terjadi gempa adalah sepanjang jalur patahan Walanae. Patahan Palu-Koro, Matano-Lawanoppo, Kolaka-Teluk Bone, Paternoster Selat Makassar dan sekitarnya, Gorontalo dan Manado serta jalur patahan Batui-Balantak-Sorong.

Daerah – daerah yang berpotensi terjadi gempa ditunjukkan dalam gambar 3 dan 4 pada peta gempabumi kawasan Sulawesi.

2. Tsunami

Secara harfiah, tsunami berasal dari bahasa Jepang, yaitu *tsu* berarti pelabuhan dan *nami* adalah gelombang laut. Jadi tsunami adalah gelombang laut yang disebabkan oleh gempa bumi bawah laut, letusan gunungapi bawah laut, longsoran bawah laut, dan jatuhnya meteorit di laut. Dapat menggerakkan seluruh massa air laut dengan periode gelombang panjang, tinggi dapat mencapai 50 m dan kecepatan mencapai 400 – 1000 km/jam.

Pulau Sulawesi yang terletak pada gugusan lempeng – lempeng mikro akan mengalami tsunami tidak sebesar wilayah Indonesia barat yang sifatnya lempeng makro, namun yang perlu diwaspadai adalah dampak pergerakan lempeng makro Australia dari selatan dan Pasifik dari timur dapat menghasilkan tsunami lebih besar (gambar 5).

Jenis gempabumi yang berpotensi menimbulkan tsunami yaitu berfokus di dasar laut dengan sifat dan kondisi perairan antara lain :

- Kekuatan gempa diatas 6 SR
- Gempa dangkal yaitu kedalaman lebih kecil dari 60 km
- Kedalaman air yang cukup (500 – 5000 m).

- Letak fokus gempa baerada pada bagian luar tebing laut yang curam terhadap daratan (luar zona subduksi), atau pada tebing – tebing patahan dasar laut.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka ada beberapa lokasi gempa di kawasan Laut Sulawesi yang berpotensi terjadinya tsunami dengan topografi dasar laut – pantai yang curam seperti daerah Majene – Mamuju akibat pengaruh gempa yang terjadi di daerah perpotongan patahan Paternoster dengan patahan naik Selat Makassar, daerah Palu hingga Toli-toli oleh perpotongan patahan Palu-Koro dengan patahan naik Selat Makassar, Gorontalo oleh perpotongan patahan Gorontalo dengan subduksi lempeng Laut Sulawesi, Luwuk-Banggai oleh perpotongan patahan Gorontalo dengan patahan Sorong atau subduksi lempeng Laut Maluku, Kendari-Wawoni-Buton oleh perpotongan patahan Lawanoppo dengan *thrust* Wawoni, ujung selatan Sulawesi Selatan sebagai imbas dari tsunami Laut Flores dari hasil perpotongan patahan Walanae-Palu-Koro dengan patahan Flores, dan Siwa-Palopo oleh perpotongan patahan Kolaka dengan Palu-Koro.

Daerah – daerah yang pernah dilanda tsunami sejak tahun 1967 yaitu Majene-Pinrang tahun 1967, Mamuju tahun 1969, Palu tahun 1968, Donggala tahun 1996, Toli-toli tahun 2000 dan Luwuk-Banggai tahun 1999 dan 2000 (gambar 5).

KESIMPULAN

1. Berdasarkan sejarah pembentukannya, Pulau Sulawesi merupakan gabungan akumulasi lempeng – lempeng mikro sejak zaman Tersier, yang terdiri dari busur gunungapi Sulawesi Barat, kerak oseanik Sulawesi Timur, mikro kontinen Banggai-Sula dan kompleks metamorf Sulawesi tengah.
2. Secara regional, tektonik global Pulau Sulawesi mendapat tekanan dari selatan yaitu lempeng Australia, lempeng Pasifik barat dari timur dan dari barat Kraton Asia yang menyebabkan terbentuknya deformasi dan pola struktur geser dan

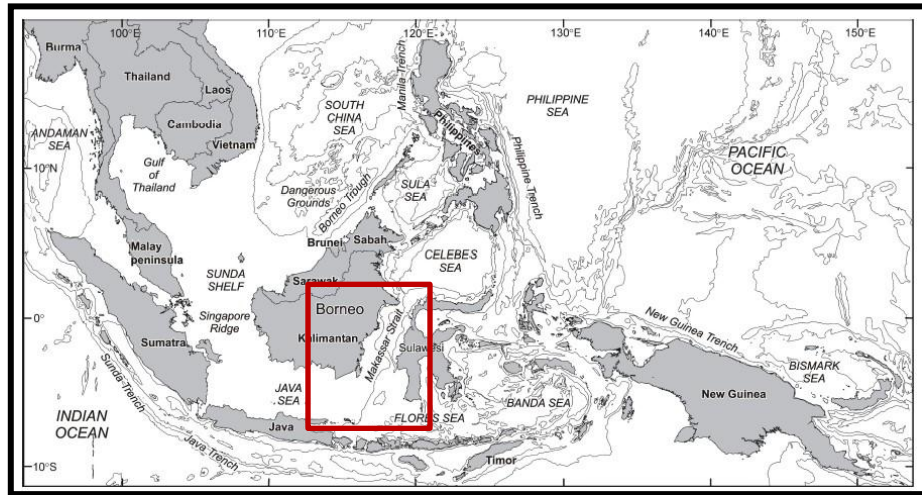
naik, patahan Walanae, Palu-Koro, Matano-Lawanoppo, Gorontalo, Kolaka, Paternoster, Batui-Balantak, subduksi lempeng Laut Sulawesi dan lempeng Laut Maluku.

3. Lokasi – lokasi yang berpotensi menimbulkan gempa adalah pada daerah perpotongan atau persinggungan patahan/subduksi lempeng seperti yang terdapat pada jalur patahan Walanae, Palu-Koro, Paternoster, Gorontalo dan lain – lain.
4. Daerah yang berpotensi terjadinya tsunami adalah pusat gempa di laut yang mempunyai tebing laut curam terhadap pantai/daratan, seperti Majene, Mamuju, Palu-Tolitoli, Banggai-Sula, Kendari-Buton dan Siwa-Palopo.

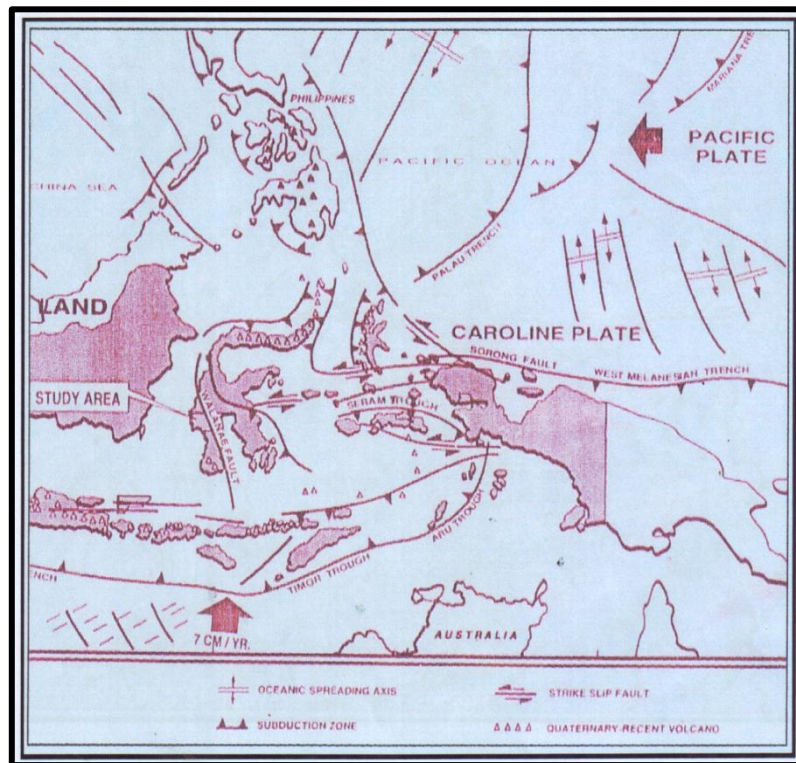
DAFTAR PUSTAKA

- Diposaptono,S., Budiman, 2008, *Hidup Akrab Dengan Gempa dan Tsunami*, PT. Sarana Komunikasi Utama, Bogor, Indonesia.
- Endharto, M., Suroño, 1991, *Preliminary Study of Meluhu Complex Related to Terrane Formation in Sulawesi*, Indonesian Association of Geologist IAGI), The Twentieth IAGI Annual Convention, Jakarta, Indonesia.
- Hamilton,W., 1981, *Tectonics of the Indonesian Region*, Washington.
- Kaharuddin, M.S., 2005, *Tektonik Global dan Implikasinya Terhadap Daerah Rawan Bencana Alam Geologi*, Jurusan Teknik Geologi Univesitas Hasanuddin, Pengda IAGI Sulawesi Selatan, Dinas Pertambangan dan Energi Sulawesi Selatan, Makassar
- Katili, J.A., 1980, *Geotectonics of Indonesia a Modern View*, Department of Geology, Bandung Institute of Technology.
- Kertapati,E.K., 2006, *Aktivitas Gempabumi di Indonesia*, Departeman Energi dan Sumberdaya Mineral, Badan Geologi, Pusat Survei Geologi, Bandung.

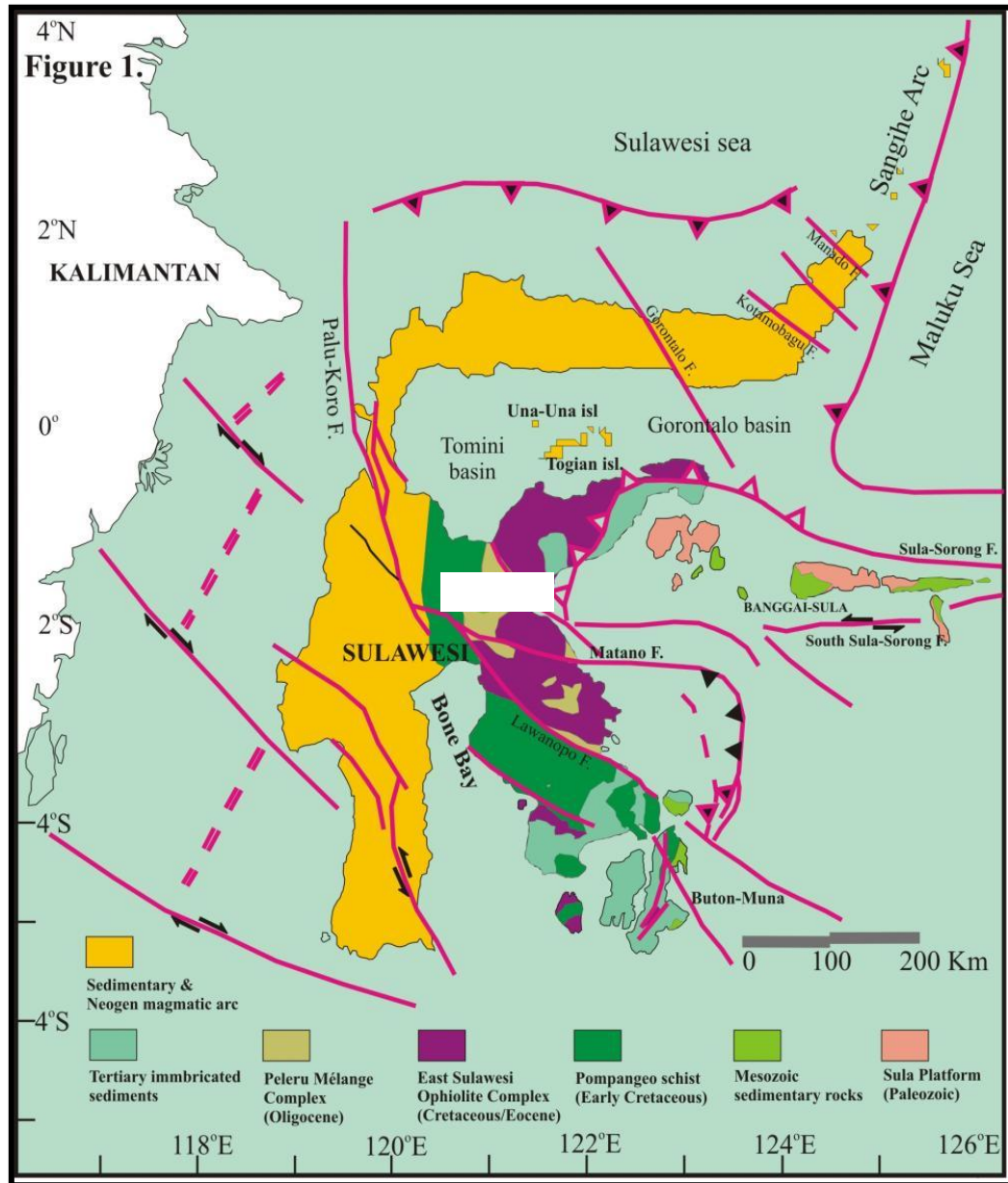
- Permana, H., 2005, *Potensi Bencana Geologi Kawasan Timur Indonesia, Tektonik Aktif dan Gempabumi Palu*, Pertemuan Ilmiah Tahunan, Forum Himpunan Mahasiswa Geologi Indonesia VIII, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Priadi, B., 2011, *Sulawesi Geology*, tidak dipublikasikan.
- Sartono, S., Astadiredja, K.A.S., Mirwanto, H., 1991, *East Arm Sulawesi ; Banggai Microplate – Sunda Subduction Zone Collision*, Indonesian Association of Geologist IAGI), The Twentieth IAGI Annual Convention, Jakarta, Indonesia.
- Tibbals, G., 2005, *Tsunami, World's Most Terrifying Natural Disaster*, Carlton Book, Great Britain.
- Winardi, A., Rahardjo, G., Sugiantoro, R.B., Leksono, N., Darmawan, A., 2006, *Gempa Jogja, Indonesia dan Dunia*, PT. Gramedia, Jakarta.
- Yulaelawati, E., Syihab, U., 2008, *Mencerdasi Bencana*, PT. Gramedia Widisarana Indonesia, Jakarta.



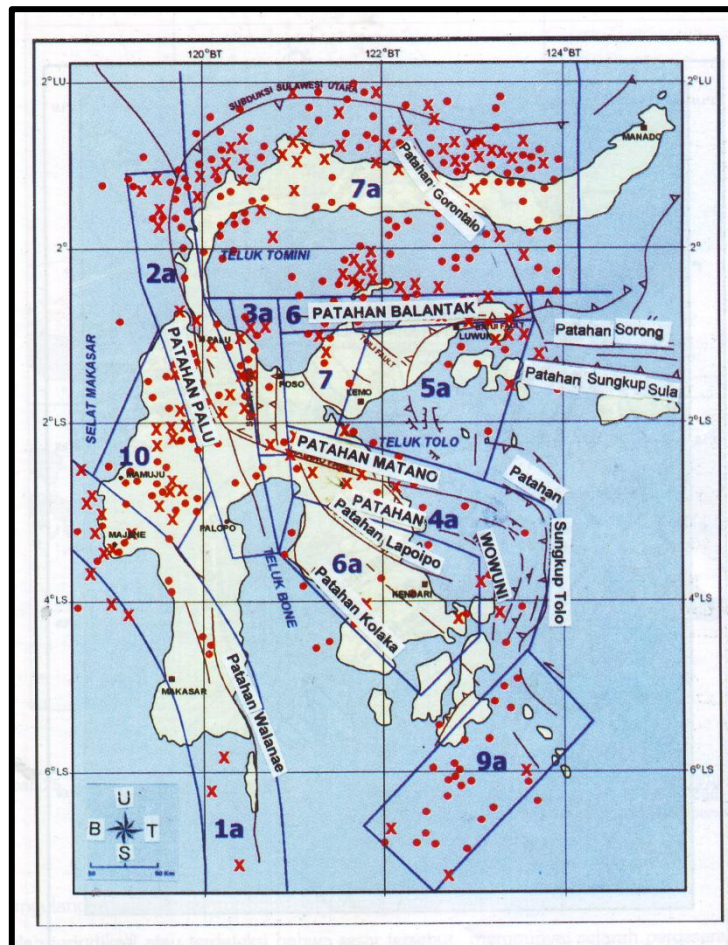
Gambar 1 : Peta lokasi penelitian Pulau Sulawesi.



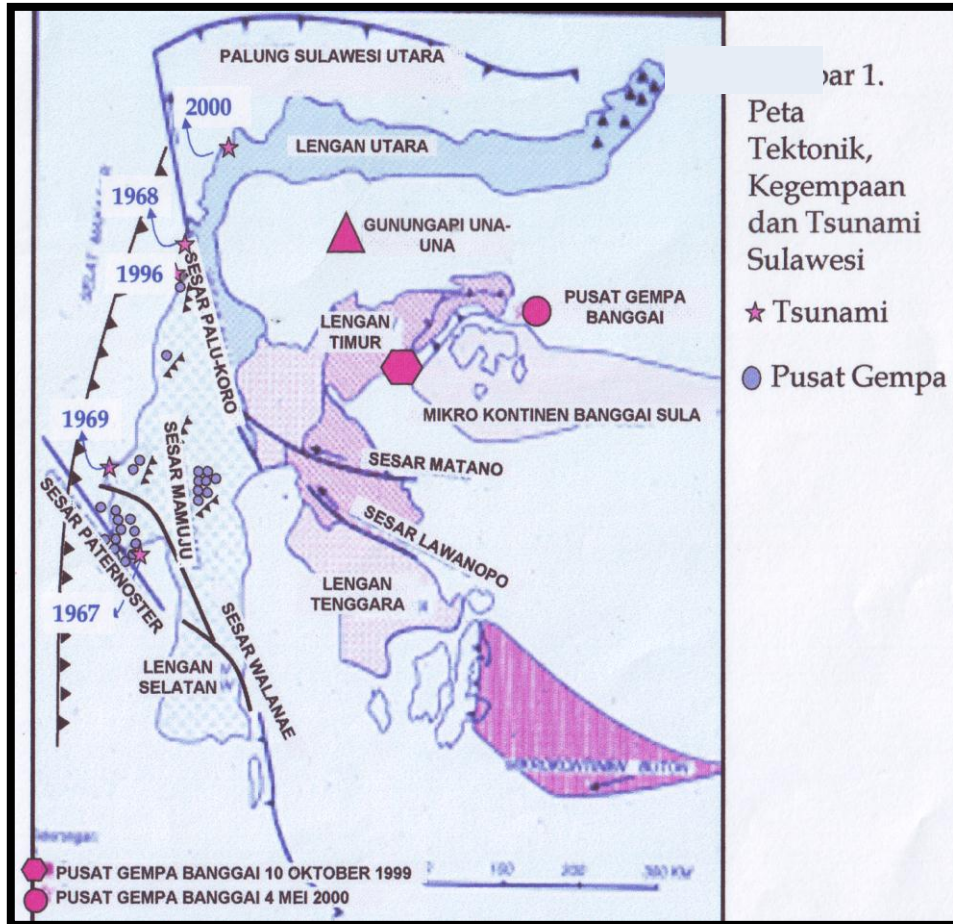
Gambar 2 : Peta tektonik global Pulau Sulawesi (Coffield, et al 1993).



Gambar 3 : Peta tektonik dan struktur Sulawesi (Silver, 1983).



Gambar 4 : Peta struktur dan gempa bumi Pulau Sulawesi, fokus gempa < 60 km (Kertapati 2006).



Gambar 5 : Peta struktur dan tsunami (berbagai sumber).