

STUDI TENTANG PERGERAKAN TANAH BERDASARKAN POLA KECEPATAN TANAH MAKSIMUM (*PEAK GROUND VELOCITY*) AKIBAT GEMPA BUMI (STUDI KASUS KEJADIAN GEMPA PULAU SULAWESI TAHUN 2011-2014)

Sunarti, Muhammad Arsyad, Sulistiawaty

Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Makassar
Jl. Daeng Tata Raya, Makassar 90223
e-mail: uchihasunarti@rocketmail.com

Abstract: *Study on Ground Movement Based on Peak Ground Velocity Pattern due to Earthquakes (Case Study of Sulawesi Island Earthquake in 2011-2014). Research has been carried out on ground movement patterns based on the peak ground velocity (peak ground velocity) by earth quakes (earth quakes case studies of the Celebes sea in 2011-2014). The aim of this study is to describe the spread of the land movement velocity distribution of land through a pattern of maximum ground velocity (peak ground velocity) at the Celebes sea and interpret the relationships between maximum ground velocity of movement (peak ground velocity) with intensity due to the earthquake. Seismic data used from Year 2011-2014 with magnitude 4.0 SR, further analyzed by using the circle of Wadati formula. From the analysis results show that the land movement velocity at the Celebes Sea in Year 2011-2014 is 14.67 km/s, and directly propotional relationship between the land movement velocity distribution eith the intensity, the greater value of maximum land velocity so that the earthquake intensity. The measurement results show that in the area of Celebes which has a maximum land velocity of movement wich located in North Celebes region that occurred on August 13 of 2011.*

Keywords: *circle method, intensity scale, P wave velocity*

Abstrak: **Studi tentang Pergerakan Tanah Berdasarkan Pola Kecepatan Tanah Maksimum (*Peak Ground Velocity*) Akibat Gempa Bumi (Studi Kasus Kejadian Gempa Pulau Sulawesi Tahun 2011-2014).** Telah dilakukan penelitian tentang pergerakan tanah berdasarkan pola kecepatan tanah maksimum (*peak ground velocity*) akibat gempa bumi (studi kasus kejadian gempa pulau sulawesi tahun 2011-2014). Tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan distribusi penyebaran pergerakan kecepatan tanah melalui pola kecepatan tanah maksimum (*peak ground velocity*) di Pulau Sulawesi dan menginterpretasi hubungan antara pergerakan kecepatan tanah maksimum (*peak ground velocity*) dengan intensitas akibat terjadinyagempa bumi. Data gempa yang diperoleh tahun 2011-2014 dengan mangitudo $4,0 \geq SR$, selanjutnya dianalisis dengan menggunakan metode lingkaran oleh Wadati. Hasil analisis gempa bumi menunjukkan kecepatan pergerakan tanah di pulau Sulawesi Tahun 2011-2014 sebesar 14,67 km/s, dan terdapat hubungan yang berbanding lurus antara pergerakan kecepatan tanah maksimum (*peak ground velocity*) dengan intensitasnya, semakin besar nilai kecepatan tanah maksimum maka intensitas gempa semakin besar pula. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa di daerah Sulawesi yang memiliki kecepatan pergerakan tanah maksimum terletak di daerah Sulawesi Utara yang terjadi pada tanggal 13 Agustus Tahun 2011.

Kata Kunci: gelombang P, metode lingkaran, skala intensitas

Secara geografis, kepulauan Indonesia berada diantara $6^{\circ} LU - 11^{\circ} LS$ dan $95^{\circ} BT-141^{\circ} BT$. Indonesia merupakan suatu negara yang sangat rawan terhadap gempa bumi, hal tersebut disebabkan Negara Indonesia berada diantara tiga lempeng yang sangat berpotensi terjadinya gempa, karena lempeng tersebut bergerak saling mendekati dan menggapit Indonesia, diantaranya Lempeng Eurasia bergerak dari Utara ke Selatan

Tenggara, Lempeng Indo-Australia bergerak dari Selatan ke Utara dan Lempeng Pasifik dari arah Timur ke Barat Daya.

Indonesia tidak lepas dari berbagai masalah bencana alam salah satu yang sering terjadi yaitu gempa bumi. Seperti gempa bumi yang pernah terjadi di Sulawesi Tenggara pada tanggal 27 Desember 2006 dari aktivitas patahan di Teluk Bone yang dirasakan hampir di seluruh

Kabupaten Kolaka. Akibat dari gempa tersebut, sehingga sebagian besar berdampak pada permukiman masyarakat.

Di Indonesia, daerah yang rawan terjadinya gempa bumi yaitu daerah Sumatera, Selatan Jawa, dan Sulawesi. Terjadinya gempa bumi mengakibatkan adanya pergeseran di dalam bumi atau pergerakan tanah secara tiba-tiba sehingga berdampak pada manusia yang ada di permukaan (Ngokoimani, 2011).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Istiqorini, H, Sujito., dan Daeng, A. S. (2014), menyatakan bahwa selain dipengaruhi oleh mekanisme kejadian gempa (*source mechanism*) sehingga mengakibatkan terjadi pergerakan tanah, maka rekaman kecepatan maupun percepatan tanah akibat gempa juga sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah. Suatu energi yang datang dari tempat dan jarak yang sama, direkam di atas tanah batu dan tanah endapan akan mempunyai karakter rekaman kecepatan dan percepatan tanah yang berbeda.

Katili (1973) berdasarkan kajian seismotektonik Pulau Sulawesi, menunjukkan bahwa Pulau Sulawesi sangat labil karena dilintasi patahan kerak bumi Lempeng pasifik dan merupakan titik tumbukan antara Lempeng Asia, Lempeng Australia dan Lempeng Pasifik. Daerah yang rawan terjadi gempa di Sulawesi yaitu Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Utara.

Salah satu efek yang ditimbulkan pada suatu tempat ketika terjadi gempa bumi adalah pergerakan tanah pada permukaan. Pergerakan tanah di suatu daerah dapat dijadikan acuan dalam mengidentifikasi intensitas gempa yang terjadi pada daerah tersebut, penyebaran pergerakan kecepatan tanah, dan memprediksi intensitas atau magnitudo terjadinya gempa pada periode berikutnya, sehingga dapat mengantisipasi resiko yang ditimbulkan ketika terjadi gempa bumi. Oleh karena itu, diperlukan suatu alternatif lain untuk mengurangi resiko

terjadinya gempa, sehingga perlu adanya penelitian tentang kecepatan tanah di daerah Sulawesi.

Dalam hal penentuan kecepatan tanah dilakukan studi awal dengan analisis daerah yang berpotensi terjadi gempa bumi. Metode pendekatan empiris merupakan salah satu cara dalam penelitian pergerakan tanah dengan melakukan analisis parameter gempa bumi yaitu *origin time*, *episenter*, *magnitudo*, dan *intensitas* gempa. Pada metode ini, setiap tahun yang memiliki intensitas gempa diinterpretasikan dalam pergerakan kecepatan tanah maksimum.

Penelitian tentang kecepatan tanah maksimum Pulau Sulawesi yang telah dilakukan (Lantu dkk, 2012) di Stasiun BMKG Wilayah IV Makassar dengan menggunakan rumus empiris yang dikembangkan (Yih-Min-Wu, 2001). Data gempa yang digunakan yakni dengan magnitudo $4,5 \geq SR$, yang tercatat dari Tahun 1900 sampai Tahun 2009. Dari hasil penelitian terlihat bahwa sebagian besar wilayah Sulawesi Utara, Gorontalo, Sulawesi Tengah dan Sulawesi Barat memiliki kecepatan tanah maksimum yang tinggi dengan laju pergerakan tanah berkisar 42,22 cm/s.

Untuk menentukan kecepatan tanah di Sulawesi seperti yang dilakukan Lantu dkk (2012) dengan cara menggunakan pendekatan rumus empiris, maka dalam penelitian ini dilakukan kembali sebagai penelitian lanjutan dengan menggunakan persamaan empiris yang dirumuskan oleh Wadati (1933), yaitu metode lingkaran, dan membandingkan skala intensitas kegempaan berdasarkan nilai kecepatan tanah maksimum (PGV) (David, 1999), hal ini ditinjau dari kecepatan gelombang P (V_p). Data penelitian ini menggunakan data gempa yang tercatat dari Tahun 2011 hingga Tahun 2014, data tersebut digunakan untuk menggambarkan besar pergerakan tanah selama kurun waktu empat tahun dan diharapkan dapat mewakili daerah survey.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Pulau Sulawesi yang berada pada -7° LU - 3° LS dan 118° BT - 126° BT. Metode yang digunakan yaitu metode deskriptif, yakni pengolahan data historis atau sekunder gempa bumi yang pernah terjadi di Pulau Sulawesi selama periode 2011-2014.

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini dibagi dalam dua tahap yaitu tahap persiapan dan tahap pengumpulan data. Tahap persiapan dilakukan dengan studi literature yaitu dengan menggunakan bahan pustaka sebagai referensi penunjang dan mengurus surat penelitian di BMKG Wilayah IV Makassar.

Data yang diperoleh dari BMKG kemudian dilakukan analisis dengan menggunakan rumus empiris yang dirumuskan oleh Wadati (1933). Analisis data dilakukan dengan tiga tahap yaitu analisis penentuan kecepatan tanah maksimum (*peak ground velocity*), analisis peta kontur pergerakan kecepatan tanah maksimum, dan analisis penentuan hubungan antara kecepatan tanah maksimum terhadap intensitas gempa.

Penentuan kecepatan tanah maksimum dilakukan dengan menganalisis data titik koordinat (lintang-bujur) Stasiun dan episenter gempa bumi yang diperoleh dari seiscomp3 untuk menentukan hiposenter gempa dengan menggunakan rumus empiris Wadati (1933).

$$D = \sqrt{(Lat R - lat E)^2 + (Lon R - lon E)^2}$$

Kemudian data hiposenter gempa yang diperoleh dianalisis untuk memperoleh nilai kecepatan tanah maksimum dalam hal ini kecepatan gelombang P (V_p).

$$V_p(PGV) = \frac{D}{(t_p - t_o)}$$

dimana t_p adalah waktu tiba gelombang P, dan t_o waktu terjadinya gempa.

Pergerakan kecepatan tanah kemudian dibuat dalam peta kontur dengan bantuan

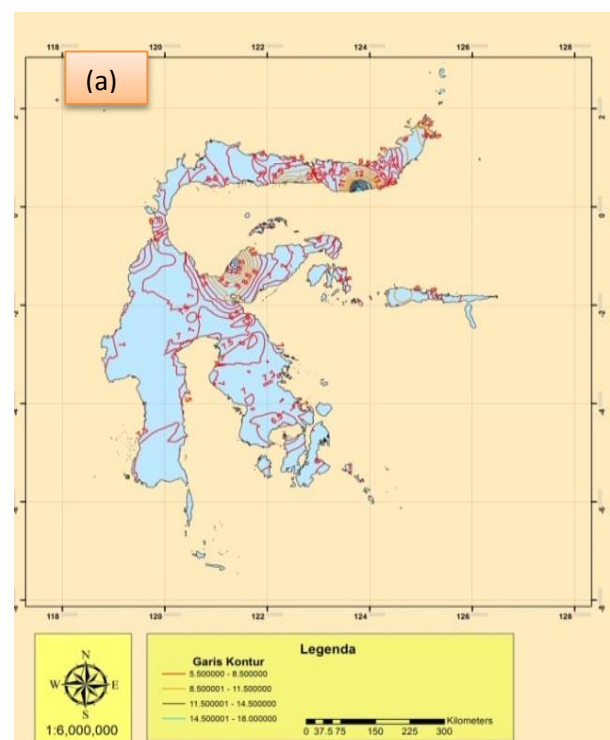
software ArcGis 10, dan untuk memperoleh hubungan antara kecepatan tanah maksimum terhadap intensitas gempa bumi dianalisis dengan bantuan excel dengan cara memplot data pergerakan kecepatan tanah maksimum dengan data intensitas gempa bumi.

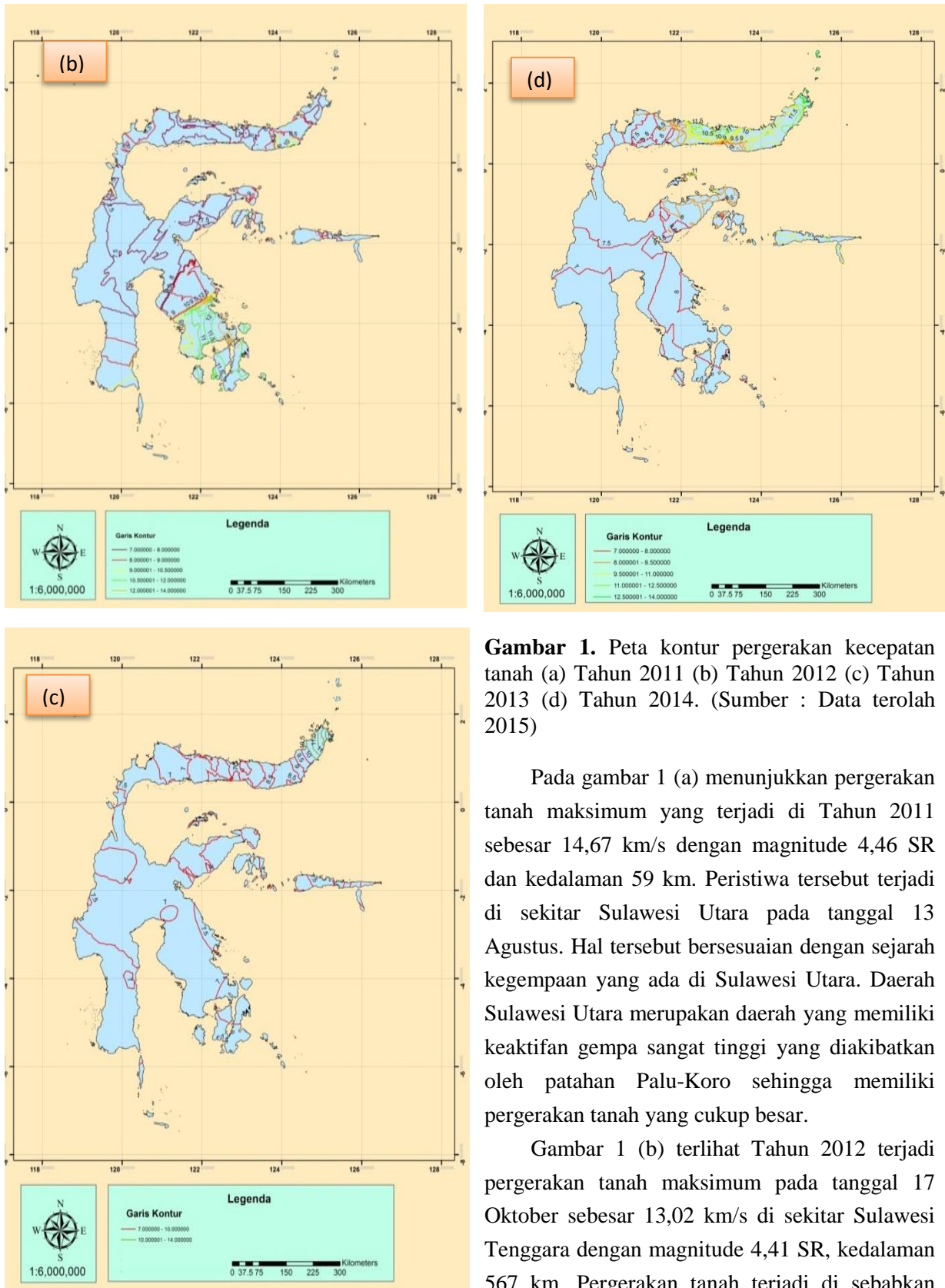
HASIL DAN DISKUSI

A. Pergerakan tanah berdasarkan pola kecepatan tanah maksimum Tahun 2011-2014

Pada Tahun 2011 hingga Tahun 2014, besar pergerakan tanah berdasarkan pola kecepatan tanah maksimum menyatakan bahwa Sulawesi memiliki pergerakan tanah maksimum yang berbeda-beda selama empat Tahun terakhir (2011-2014). Lokasi pergerakan tanah berdasarkan peta kontur penyebaran pergerakan tanah berada di sekitar Sulawesi Utara dan Sulawesi Tenggara.

Untuk mengetahui lokasi pergerakan tanah dapat dilihat melalui hasil analisis ArcGis 10. Gambar 1.1 menunjukkan hasil analisis ArcGis 10 dari data pergerakan kecepatan tanah maksimum.





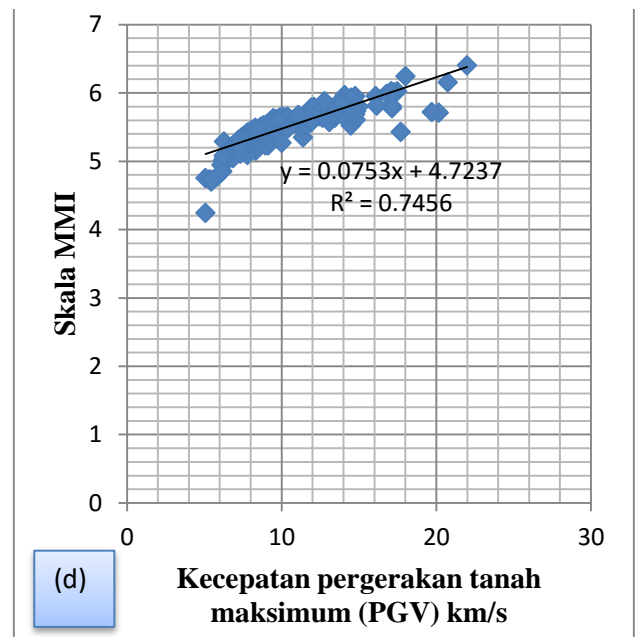
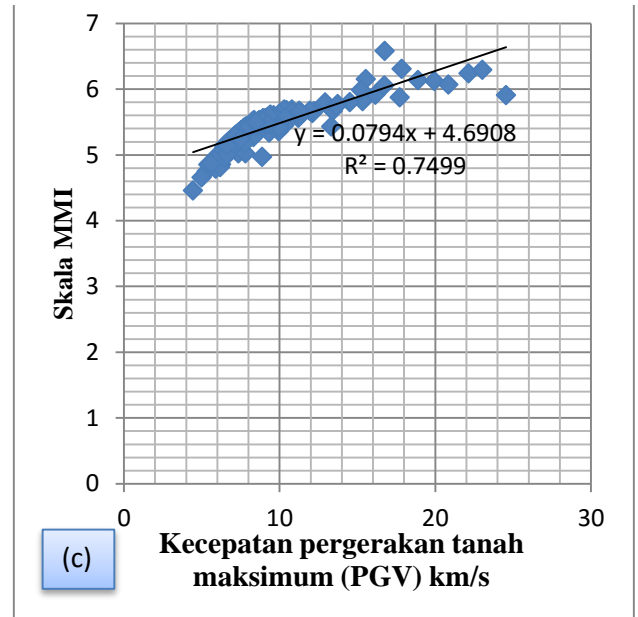
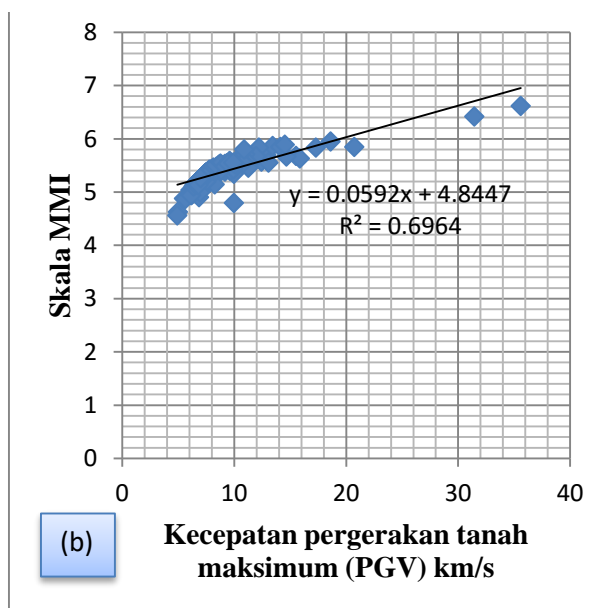
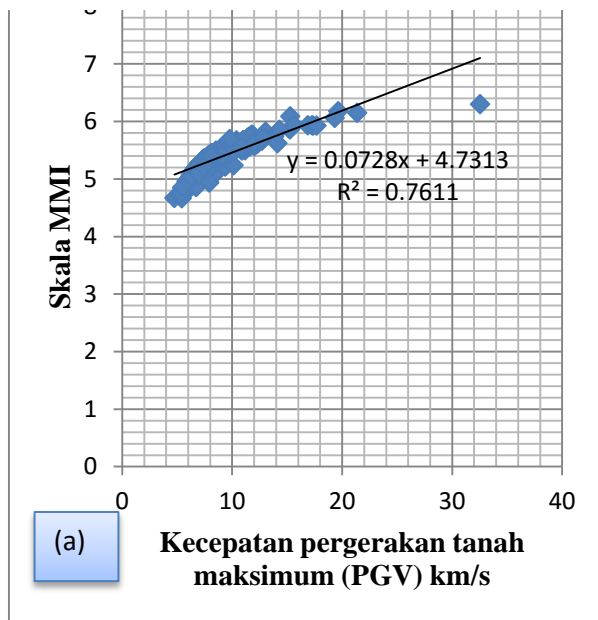
Gambar 1. Peta kontur pergerakan kecepatan tanah (a) Tahun 2011 (b) Tahun 2012 (c) Tahun 2013 (d) Tahun 2014. (Sumber : Data terolah 2015)

Pada gambar 1 (a) menunjukkan pergerakan tanah maksimum yang terjadi di Tahun 2011 sebesar 14,67 km/s dengan magnitudo 4,46 SR dan kedalaman 59 km. Peristiwa tersebut terjadi di sekitar Sulawesi Utara pada tanggal 13 Agustus. Hal tersebut bersesuaian dengan sejarah kegempaan yang ada di Sulawesi Utara. Daerah Sulawesi Utara merupakan daerah yang memiliki keaktifan gempa sangat tinggi yang diakibatkan oleh patahan Palu-Koro sehingga memiliki pergerakan tanah yang cukup besar.

Gambar 1 (b) terlihat Tahun 2012 terjadi pergerakan tanah maksimum pada tanggal 17 Oktober sebesar 13,02 km/s di sekitar Sulawesi Tenggara dengan magnitudo 4,41 SR, kedalaman 567 km. Pergerakan tanah terjadi di sebabkan aktivitas patahan Kolaka yang memanjang dari Tenggara ke Barat Laut melalui Kolaka hingga Teluk Bone yang memotong patahan Palu-Koro.

Gambar 1 (c) dan (d) merupakan pergerakan tanah maksimum Tahun 2013 dan 2014 yang terjadi di sekitar Sulawesi Utara. Tahun 2013 terjadi pada tanggal 11 Juli sebesar 12,22 km/s dengan magnitudo 4,33 SR dan kedalaman 124 km. Tahun 2014 terjadi pada tanggal 22 Oktober sebesar 13,00 km/s dengan magnitudo 4,24 SR dengan kedalaman 56 km.

Hubungan pergerakan tanah terhadap skala intensitas gempa Tahun 2011-2014 dapat dilihat melalui bantuan excel. Gambar 1.2 merupakan hasil analisis excel hubungan pergerakan tanah terhadap skala intensitas gempa.



Gambar 2. Hubungan pergerakan kecepatan tanah maksimum (PGV) terhadap skala intensitas gempa (MMI) (a) Tahun 2011 (b) Tahun 2012 (c) Tahun 2013 (d) Tahun 2014. (Sumber : Data terolah 2015).

Gambar 2 (a), (b), (c), dan (d) menunjukkan hubungan pergerakan kecepatan tanah maksimum (PGV) terhadap intensitas gempa (MMI) yang memiliki perbandingan secara linier yaitu semakin besar nilai pergerakan tanah maka semakin besar pula intensitas yang dirasakan oleh masyarakat setempat. Berdasarkan hasil analisis,

skala intensitas berada pada $4 \geq$ hingga 6 skala MMI. Resiko yang dirasakan masyarakat berdasarkan Tabel skala MMI yaitu terjadi kerusakan ringan, kebanyakan orang terkejut seperti plester dinding jatuh.

Besar Pergerakan tanah yang terjadi di Sulawesi dipengaruhi oleh hiposenter dan kedalaman gempa bumi, yaitu memiliki jarak yang sangat besar dari sumber gempa ke permukaan, sehingga pergerakan tanah berdasarkan pola kecepatan tanah maksimum kurang dirasakan hingga ke permukiman oleh masyarakat daerah tertentu khususnya daerah yang jauh dari sesar atau patahan yang aktif. Selain hiposenter dan kedalaman, pergerakan tanah di Sulawesi dipengaruhi pula oleh faktor struktur tanah di daerah yang terjadi gempa bumi.

Jadi, secara umum dari daerah penelitian di Pulau Sulawesi, berdasarkan uraian di atas dan dikaitkan dengan keadaan tektonik, struktur Pulau Sulawesi, dan keadaan geologi, di daerah Sulawesi yang mengalami pergerakan tanah maksimum dominan terjadi di sekitar Sulawesi Utara. Berdasarkan struktur tanah di Sulawesi Utara, daerah tersebut di dominasi dengan jenis tanah latosol yaitu jenis tanah dari batu gunung api yang mengalami proses pelapukan. Selain itu, terdapat pula tanah aluvial dan vulkanis, sehingga ketika terjadi gangguan seperti terjadi gempa bumi maka tanah tersebut akan sangat mudah mengalami pergerakan karena memiliki daya tahan *stress* yang sangat kecil.

Adapun di Sulawesi Tenggara, struktur tanah di daerah tersebut dominan jenis tanah podsolik yaitu tanah yang berasal dari pasir kuarsa yang memiliki tekstur lempung hingga pasir, sehingga daerah tersebut juga memiliki tingkat ketahanan tanah yang sangat kecil.

SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan sebelumnya maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

- a. Daerah yang mengalami pergerakan tanah berdasarkan pola kecepatan tanah maksimum selama kurun waktu empat Tahun terakhir (2011-2014) terdapat di sekitar Sulawesi Utara sebesar 14,67 km/s dengan magnitudo 4,46 SR dan kedalaman 59 km yang terjadi pada tanggal 13 Agustus 2011.
- b. Hubungan pergerakan kecepatan tanah maksimum terhadap intensitas gempa bumi yaitu berbanding lurus, semakin besar pergerakan tanah maka intensitas atau resiko yang dirasakan masyarakat setempat semakin besar pula. Gejala yang dirasakan masyarakat setempat yaitu terjadi getaran dan dapat dirasakan hampir semua penduduk berdasarkan Tabel MMI (*Modified Mercalli intensity*), dalam skala 4 hingga 6 skala MMI.

DAFTAR RUJUKAN

- David, J. W. (1999). Relationship between peak ground acceleration and peak ground velocity and modified Mercalli intensity in California. *Earthquake Spectra*, vol.1 no.33.
- Istiqorini, H., Sujito., dan Daeng, A. S. (2014). Analisis Percepatan Tanan Maksimum Gempabumi Tektonik Wilayah Jawa Timur Menggunakan Metode Donovan. *Jurnal Fisika*.
- Katili. (1973). "*Bali-Indonesia Rawan Gempa*". Jakarta: Akademi Meteorologi dan Geofisika.
- Lantu., Dewi. I. K., Sabrinto. A., dan Muhammad. I. T. (2012). Investigasi Pergerakan Tanah Berbasis Pola Kecepatan Tanah Maksimum (Pgv) Akibat Gempa Bumi Untuk Identifikasi Stabilitas Wilayah Sebagai Salah Satu Acuan Pembangunan Infra Struktur. *Seminar Nasional Sains dan Teknik*, 1.
- Ngokoimani, L. O. (2011). Analisis Struktur Tektonik Mikro Pada Batuan Ultrabasa Menggunakan Software Windrose Pro 2.3 dan Kaitannya Dengan Struktur Tektonik di Pulau Wawoni. *Jurnal Aplikasi Fisika*.

Sudana, K. D. A. P., Daeng Achmad Suaidi.,
Sujito., dan Hetty Triastuty. (2013).
*Distribution Hypocenter Volcanic
Earthquake At Semeru Mountain
Lumajang East Java*. Malang: Universitas
Negeri Malang.

Yih-Min-Wu. (2001). Near Real Time mapping
of peak Ground Acceleration and Peak
Ground velocity following Strong
Earthquake. *Seismology of America*,
vol.91.1218-1228.