



# Potensi Bahaya Gempa Bumi Terhadap Tingkat Konsentrasi Tegangan Sesar dengan Menggunakan *Software Stressinverse* di Wilayah Kepulauan Mentawai

Zulfa Nurfajar<sup>1</sup>, Nanang Dwi Ardi<sup>1\*</sup>, Waslaluddin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Pendidikan Indonesia, Departemen Pendidikan Fisika, Program Studi Fisika

\*[nanang\\_dwiardi@upi.edu](mailto:nanang_dwiardi@upi.edu)

## Abstrak

Potensi bahaya seismik terjadi akibat adanya pergerakan seismik di suatu wilayah. Salah satu penyebab adanya pergerakan seismik tersebut dikarenakan wilayah ini berada dalam zona subduksi antar lempeng. Kepulauan Mentawai berada dalam zona subduksi antar lempeng Indo-Australia dengan Eurasia. Hal tersebut dapat menyebabkan wilayah Kepulauan Mentawai berada dalam zona rawan bahaya seismik. Oleh sebab itu, penting adanya pengetahuan orientasi tegangan utama sesar dan rasio tegangan untuk memahami dinamika wilayah Kepulauan Mentawai yang berguna mengetahui informasi risiko potensi bahaya seismik. Penelitian ini menggunakan data mekanisme fokus yang berasal dari Global Centroid Moment Tensor (GCMT) dan Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) dengan menggunakan *software stressinverse*. Berdasarkan *software* tersebut, orientasi tegangan utama sesar menunjukkan adanya sesar reverse sebagai penyebab bahaya seismik di wilayah Kepulauan Mentawai. Kemudian variasi tingkat konsentrasi tegangan sesar berkisar antara 0.47% – 0.96% di wilayah Kepulauan Mentawai. Setiap kenaikan nilai konsentrasi tegangan berkorelasi dengan peningkatan akumulasi energi yang tersimpan. Oleh sebab itu, wilayah Kepulauan Mentawai perlu adanya mitigasi gempa bumi untuk mengurangi risiko.

Kata kunci: gempa bumi, kepulauan Mentawai, konsentrasi tegangan

## 1. Pendahuluan

Pulau Sumatra merupakan salah satu wilayah yang berpotensi bahaya seismik yang cukup tinggi di Indonesia (Imani dkk., 2018). Contoh peristiwa seismik yang pernah terjadi di Pulau Sumatra; gempa bumi Sumatra-Andaman pada tanggal 26 Desember 2004 dengan berkekuatan 9.0 Mw, kemudian gempa bumi Nias-Simelue pada tanggal 28 Maret 2005 dengan berkekuatan 8.7 Mw, dan gempa bumi yang mengguncang Kepulauan dengan berkekuatan 7.7 Mw. Peristiwa gempa bumi tersebut merenggut banyak korban jiwa, merusak rumah warga, dan fasilitas umum. Oleh sebab itu, pentingnya memahami dinamika daerah untuk memberikan informasi yang berguna dalam mengurangi risiko bahaya gempa bumi.

Bahaya seismik ini terjadi adanya pergerakan seismik yang ada di Pulau Sumatra. Pergerakan seismik tersebut disebabkan oleh subduksi antara lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia di sepanjang Pulau Sumatra (Handayani & Harjono, 2008). Selain itu, adapun sesar-sesar geser yang mempunyai aktivitas seismik tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya gempa bumi (Kurniawan dkk., 2021).

Informasi arah tegangan utama di suatu daerah dapat mengetahui aktivitas seismik yang terjadi. Sehingga dari informasi arah tegangan utama ini dapat mengetahui potensi bahaya seismik (Nandasari & others, 2020).

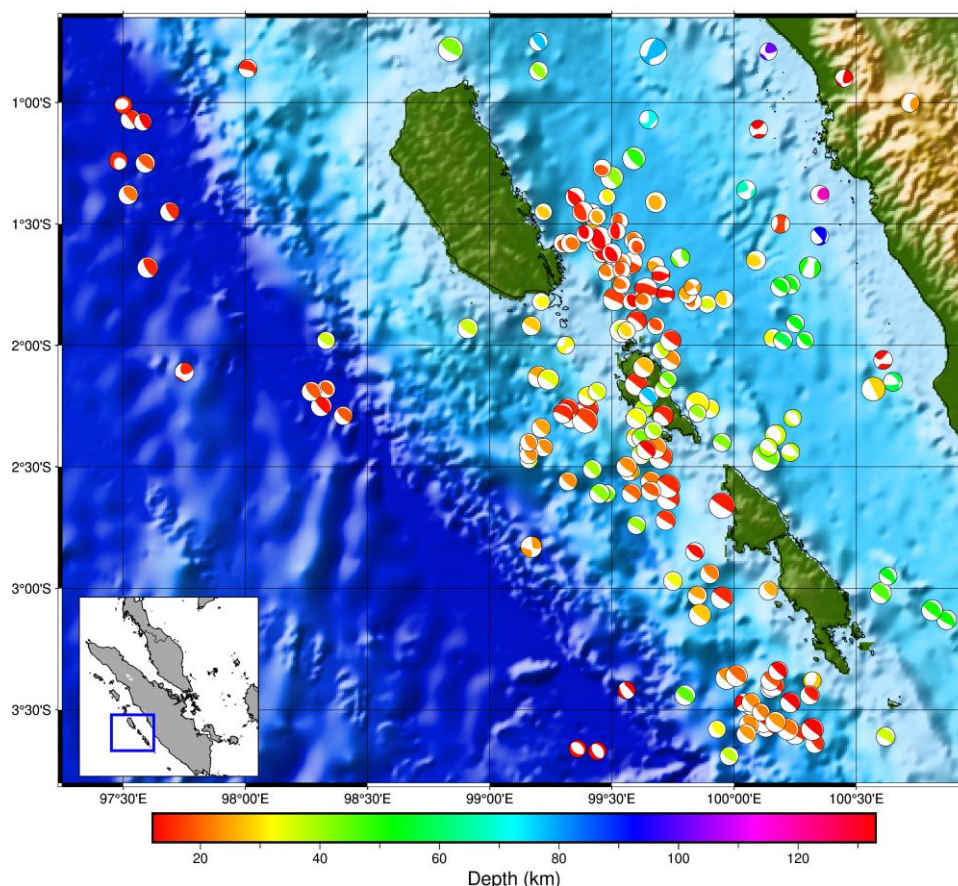
Pada penelitian Agustina dkk., (2017) mengungkapkan rasio tegangan di Pulau Nias dengan menggunakan data mekanisme focus untuk mengetahui tingkat konsentrasi tegangan di daerah penelitian. Kemudian penelitian Taufiq Rafie dkk., (2019) menentukan rasio tegangan di sepanjang Sumantra bagian utara dengan menggunakan data mekanisme focus. Kedua penelitian tersebut menggunakan metode inversi tegangan yang dikembangkan oleh Vavryčuk (2014).

Penelitian bertujuan untuk menentukan rasio tegangan dari data mekanisme focus menggunakan *software Stressinverse* di daerah Kepulauan Mentawai.

## 2. Metode

Data mekanisme focus berasal dari katalog Global Centroid Moment Tensor (GCMT) dan IRIS Moment Tensor. Pengumpulan data mekanisme focus tersebut menggunakan parameter dari tahun 1976 – 2021, interval magnitudo gempa dari 4 hingga 9 Mw, dan interval kedalaman kurang dari 150 km. Batasan wilayah pada penelitian ini berada dalam koordinat  $0^{\circ}45' - 3^{\circ}41' LS$  dan  $97^{\circ}28' - 100^{\circ}52' BT$ . Gambar 1 memperlihatkan peta distribusi mekanisme focus di Kepulauan Mentawai.

**Peta Distribusi Mekanisme Fokus di Kepulauan Mentawai**



**Gambar 1.** Peta Distribusi Mekanisme Fokus di Kepulauan Mentawai



Dalam menentukan tegangan tektonik dari data mekanisme fokus umumnya berasumsi bahwa (1) tegangan tektonik bernilai seragam di wilayah penelitian (2) gempa bumi yang terjadi disebabkan oleh adanya patahan yang sudah ada (3) vektor slip menunjuk ke arah tegangan geser pada patahan tersebut. Berdasarkan asumsi tersebut, wilayah penelitian terbagi menjadi beberapa wilayah yang mana mempunyai kondisi tegangan homogen.

Jika asumsi-asumsi tersebut terpenuhi, maka metode inversi tegangan dapat menentukan tingkat konsentrasi tegangan utama sesar yang direpresentasikan oleh rasio tegangan  $R$ .

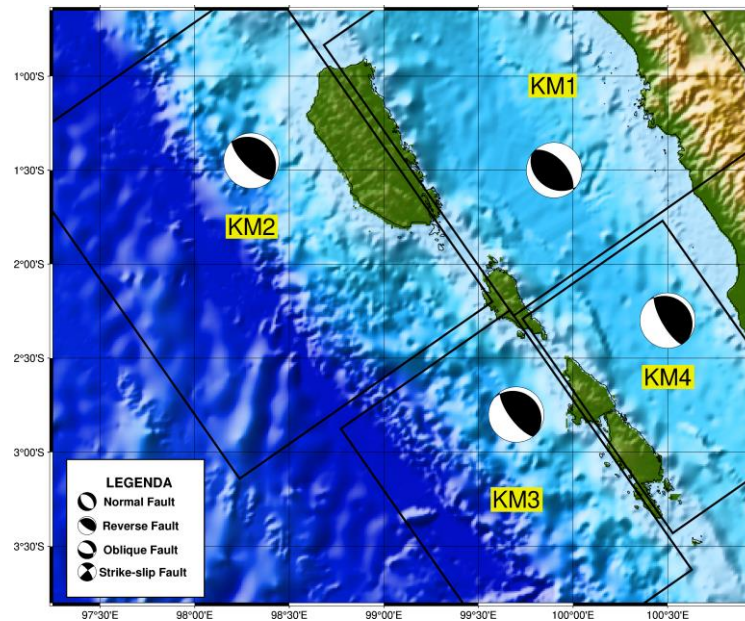
### 3. Hasil dan Pembahasan

Dari *software stressinverse* tersebut menghasilkan nilai rasio tegangan dan orientasi tegangan utama dengan mengaplikasikan data mekanisme fokus di wilayah Kepulauan Mentawai. Berdasarkan distribusi mekanisme fokus di Kepulauan Mentawai, wilayah penelitian terbagi menjadi empat sub-wilayah yang terdiri dari KM1, KM2, KM3, dan KM4. Hasil pengolahan data mekanisme fokus dengan menggunakan *software stressinverse* ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil *software stressinverse*

| Sub-wilayah | Orientasi                           |                                     |                                     | Rasio tegangan |
|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
|             | $\sigma_1$ (P)(°)<br>azimuth/plunge | $\sigma_2$ (B)(°)<br>azimuth/plunge | $\sigma_3$ (T)(°)<br>azimuth/plunge |                |
| <b>KM1</b>  | 223.61/7.51                         | 132.92/5.23                         | 8.35/80.83                          | 0.47           |
| <b>KM2</b>  | 222.56/42.98                        | 313.56/1.07                         | 44.70/47.00                         | 0.66           |
| <b>KM3</b>  | 225.35/44.81                        | 320.93/5.59                         | 56.47/44.65                         | 0.82           |
| <b>KM4</b>  | 233.40/49.94                        | 328.72/4.45                         | 62.43/39.71                         | 0.96           |

Tabel 1 menunjukkan orientasi tegangan utama sesar ( $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ) dari empat sub-wilayah penelitian. Nilai tersebut dapat mengidentifikasi struktur sesar yang ada di daerah ini. Selanjutnya nilai rasio tegangan memperlihatkan tingkat konsentrasi tegangan di daerah penelitian (Agustina dkk., 2017). Struktur sesar yang ada di setiap sub-wilayah penelitian yang digambarkan dari nilai orientasi tegangan utama sesar tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 1.** Peta sesar di bidang utama penelitian

Berdasarkan gambar tersebut dapat mengetahui bahwa di setiap sub-wilayah KM1, KM2, KM3, dan KM4 menunjukkan struktur sesar *reverse*. Gempa bumi akibat struktur sesar *reverse* dapat menjadi salah satu penyebab potensi terjadinya tsunami, seperti yang terjadi di bagian utara Lombok (Agustawijaya dkk., 2019; Gunawan, 2021). Gempa bumi yang disebabkan oleh sesar *reverse* juga dapat menimbulkan gempa bumi lebih dari 5.5 Mw (Sahara dkk., 2018). Sesar-sesar terbentuk di sekitar Kepulauan Mentawai ini yang meningkatkan kerawanan bencana gempa bumi di wilayah tersebut. Kemudian nilai rasio tegangan juga mempunyai arti adanya akumulasi tegangan di daerah tersebut.

Tingkat konsentrasi tegangan menunjukkan akumulasi tegangan di suatu wilayah. Tingkat konsentrasi bernilai rendah di suatu daerah mempunyai arti bahwa pada daerah tersebut tidak rawan gempa bumi atau pernah terjadi pelepasan tegangan yang menyebabkan terjadinya gempa bumi di masa lalu (Dari & Pujiastuti, 2021; Yuliatmoko dkk., 2021). Sedangkan untuk tingkat konsentrasi bernilai tinggi menunjukkan bahwa daerah tersebut mempunyai akumulasi tegangan yang tinggi. Hal tersebut juga berarti bahwa daerah ini menyimpan energi yang besar.

Dari hasil pengolahan data yang ditampilkan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa beberapa sub-wilayah penelitian mempunyai rasio tegangan yang cukup tinggi, kecuali di daerah sub-wilayah KM1. Sub-wilayah tersebut mempunyai akumulasi tegangan yang rendah dibanding daerah lainnya. Sedangkan daerah yang mempunyai nilai akumulasi tegangan tertinggi berada di daerah KM4.

Sehingga sub-wilayah KM1 berada pada zona tidak rawan potensi gempa bumi. Namun, letak sub-wilayah KM1 yang termasuk dalam zona subduksi antara lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia berarti adanya pergerakan seismik di daerah ini. Pergerakan seismik ini yang memicu terjadinya peningkatan akumulasi tegangan di suatu daerah. Sehingga pada saat akumulasi tegangan maksimum di daerah ini tercapai, maka besar kemungkinan akan dapat terjadi gempa bumi berkekuatan besar.



Kemudian pada sub-wilayah KM4 dengan rasio tegangan yang lebih tinggi dibanding sub-wilayah lainnya, yang berarti sub-wilayah ini termasuk berada pada wilayah rawan gempa bumi. Rasio tegangan juga mempunyai nilai sebanding dengan tingkat konsentrasi tegangan. Sehingga sub-wilayah KM1 berada pada tingkat konsentrasi tegangan yang sangat tinggi, yaitu bernilai 0.96. konsentrasi tegangan yang bernilai tinggi berkemungkinan besar dapat terjadi gempa bumi berkekuatan lebih dari 5.5 Mw (Sahara dkk., 2018). Akibatnya, sub-wilayah KM4 mempunyai potensi bahaya gempa bumi yang sangat besar.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, metode *stressinverse* dapat digunakan untuk memperoleh nilai orientasi tegangan utama dan nilai rasio tegangan sesar di wilayah Kepulauan Mentawai. Hasil penelitian menunjukkan orientasi tegangan utama sesar di setiap sub-wilayah sangat bervariasi. Rasio tegangan memperlihatkan bahwa wilayah Kepulauan Mentawai mempunyai tingkat konsentrasi tegangan yang bervariasi mulai dari 0.47 hingga 0.96. Tingkat konsentrasi tegangan menunjukkan nilai kerawanan potensi gempa bumi di suatu daerah. Semakin tinggi konsentrasi tegangan, maka semakin rawan gempa bumi di suatu daerah tersebut. Oleh karena itu, wilayah dengan nilai rasio tegangan yang tinggi perlu adanya mitigasi gempa bumi di wilayah tersebut.

#### Daftar Pustaka

- Agustina, A., Sahara, D. P., & Nugraha, A. D. (2017a). *Iterative joint inversion of in-situ stress state along Simeulue-Nias Island*. 020001. <https://doi.org/10.1063/1.4987043>
- Agustina, A., Sahara, D. P., & Nugraha, A. D. (2017b). *Iterative joint inversion of in-situ stress state along Simeulue-Nias Island*. *AIP Conference Proceedings*, 1857. <https://doi.org/10.1063/1.4987043>
- Agustawijaya, D. S., Sulistyowati, T., Layli, B. A., & Agustawijaya, A. R. (2019). *The ground deformation of the Luk Barat Bridge after Lombok earthquakes 2018*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 389(1), 012051. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/389/1/012051>
- Alfaris, L., Baswantara, A., & Suhernalis, S. (2020). *Analisa Numerik Tsunami Pangandaran Dan Implikasinya Terhadap Mitigasi Bencana*. *MARLIN*, 1(1), 39–45.
- Dari, R. W., & Pujiastuti, D. (2021). *Studi Bahaya Seismik dengan Metode Probabilistic Seismic Hazard Analisis di Kabupaten Mentawai*. *Jurnal Fisika Unand*, 10(4), 532–539.
- Gunawan, E. (2021). *An Assessment of Earthquake Scaling Relationships for Crustal Earthquakes in Indonesia*. *Seismological Research Letters*, 92(4), 2490–2497. <https://doi.org/10.1785/0220200267>
- Handayani, L., & Harjono, H. (2008). *Perkembangan tektonik daerah busur muka Selat Sunda dan hubungannya dengan zona sesar Sumatera*. *RISET Geologi Dan Pertambangan*, 18(2), 31–40.
- Imani, R., Arman, U. D., & Boy, W. (2018). *Correlation between type of ground-based on b-value and the impact on buildings due to Sumatra*



- earthquakes. *MATEC Web of Conferences*, 229, 02013. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201822902013>
- Kurniawan, W., Bangun, E., & Prakoso, B. (2021). Estimasi Ancaman Tsunami di Zona Subduksi Sulawesi Bagian Utara Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Tsunami. *PENDIPA Journal of Science Education*, 5(2), 204–209.
- Lund, B., & Slunga, R. (1999). Stress tensor inversion using detailed microearthquake information and stability constraints: Application to Ólfus in southwest Iceland. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 104(B7), 14947–14964. <https://doi.org/10.1029/1999JB900111>
- Michael, A. J. (1984). Determination of stress from slip data: Faults and folds. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 89(B13), 11517–11526. <https://doi.org/10.1029/JB089iB13p11517>
- Michael, A. J. (1987). Use of focal mechanisms to determine stress: a control study. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 92(B1), 357–368.
- Nandasari, P. L., & others. (2020). Penentuan Tegangan Normal di Sekitar Sesar Flores Menggunakan SOfware Stressinverse. *Inovasi Fisika Indonesia*, 9(2), 125–132.
- Sahara, D. P., Widiyantoro, S., & Irsyam, M. (2018). Stress heterogeneity and its impact on seismicity pattern along the equatorial bifurcation zone of the Great Sumatran Fault, Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 164, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2018.06.002>
- Taufiq Rafie, M., Sahara, D. P., Widiyantoro, S., & Dian Nugraha, A. (2019). Impact of The 2004 Sumatra-Andaman Earthquake to The Stress Heterogeneity and Seismicity Pattern in Northern Sumatra, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 318(1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/318/1/012010>
- Vavryčuk, V. (2014). Iterative joint inversion for stress and fault orientations from focal mechanisms. *Geophysical Journal International*, 199(1), 69–77. <https://doi.org/10.1093/gji/ggu224>
- Yuliatmoko, R. S., Perdana, Y. H., & Martha Agustya Adietyo yuliatmoko Rahmat, R. (2021). *Distribusi Frekuensi Gempa Bumi dan Dimensi Fraktal pada Seismik Gap di Indoneisa*.