

STUDI SEISMOTEKTONIK NUSA TENGGARA BARAT MENGUNAKAN DATA GEMPA TAHUN 1922-2021

*I Gusti Ketut Satria Bunaga¹ dan Rian Mahendra Taruna²

¹Stasiun Geofisika Mataram, BMKG, satriabunaga.bmkg@gmail.com

²Stasiun Geofisika Mataram, BMKG, reemyan@gmail.com

Abstract

West Nusa Tenggara is one of the earthquake-prone areas. Six earthquake source zones in this region, describe varied seism tectonic conditions and have different characteristics. In this study, the analysis was carried out based on the spatial distribution of b-values using earthquake data from the ISC (1964-2008), USGS (1922-1963) and BMKG (2009-2021) catalogs. The research area covers the area of West Nusa Tenggara and its surroundings, with a boundary of 7° South Latitude-12° South Latitude and 115 East Longitude - 120 East Longitude. This study uses ZMAP software to analyze catalog data. Based on this study it was found that the distribution of b-values was between 0.3 and 0.8. Most of the earthquake source zones have low b-values or relatively high levels of earthquake activity with varying magnitudes.

Keywords: ZMAP, seism tectonic, b-value

Abstrak

Nusa Tenggara Barat merupakan salah satu kawasan rawan gempabumi. Enam zona sumber gempabumi di wilayah ini, menggambarkan kondisi seismotektonik yang variatif dan memiliki karakteristik berbeda-beda. Pada penelitian ini, analisis dilakukan berdasarkan distribusi spasial nilai-b dengan menggunakan data gempabumi dari katalog ISC (1964-2008), USGS (1922-1963), dan BMKG (2009-2021). Wilayah penelitian meliputi area Nusa Tenggara Barat dan sekitarnya, dengan batas 7° LS- 12° LS dan 115° BT - 120° BT. Penelitian ini menggunakan *software* ZMAP untuk menganalisa data katalog. Berdasarkan pengkajian ini diperoleh bahwa distribusi nilai-b antara 0,3 dan 0,8. Sebagian besar zona sumber gempabumi memiliki nilai-b yang rendah atau tingkat keaktifan kejadian gempabumi yang relatif tinggi dengan magnitudo yang bervariasi.

Kata kunci: ZMAP, seismotektonik, nilai-b

PENDAHULUAN

Nusa Tenggara Barat yang merupakan salah satu wilayah Indonesia memiliki kawasan tektonik yang kompleks (Gambar 1). Kondisi tersebut merupakan hasil dari interaksi antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia yang menimbulkan pembentukan busur pulau Sunda dan Banda (Shulgin et al, 2009). Selain itu, pembentukan lempeng kecil atau *microblocks* juga terjadi (Bird, 2003). Keadaan inilah yang menyebabkan potensi frekuensi kejadian gempabumi meningkat.

Pada tahun 2018, telah terjadi rangkaian gempabumi signifikan di bagian Utara Pulau Lombok (Gambar 2), tepatnya dimulai pada tanggal 29 Juli 2018 (M6.4), 5 Agustus 2018 (M7.0), 9 Agustus 2018 (M6.2), dan 19 Agustus 2018 (M6.3 & M6.9) (Irsyam et al, 2017). Rentetan gempa merusak yang diakibatkan Sesar Busur Belakang Flores tersebut, menyebabkan kerugian 460 korban jiwa dan kerugian ekonomi sebanyak 7,45 Trilyun Rupiah (<https://www.bnpg.go.id>).

Kejadian gempabumi signifikan dan merusak tersebut bukanlah kali pertama terjadi di wilayah NTB. Berdasarkan Katalog Gempabumi Merusak BMKG tahun 1975-2014 (Masturyono et al, 2015), terdapat 34 gempabumi merusak disekitar wilayah Nusa Tenggara Barat dan tiga diantaranya disertai oleh kejadian tsunami. Sebagai contoh pada tahun 1977, Gempa Sumba (M6.1) menyebabkan guncangan yang melanda wilayah NTB

(Supartoyo et al, 2014). Gempabumi tersebut bersumber di Selatan wilayah Nusa Tenggara Barat atau di zona *outer-rise* (Lynnes dan Lay, 1988).

Tidak hanya zona sumber gempa di Utara (Sesar Naik Belakang Busur Flores) dan Selatan (Zona Subduksi), wilayah Nusa Tenggara Barat juga terdapat empat sesar mendatar berupa; Sesar Lombok di sebelah Barat dan Sesar Sumbawa di sebelah Timur, Sesar Teluk Panas di sebelah Selatan Sumbawa Barat, dan Sesar Sape di sebelah Timur pulau Sumbawa (Irsyam et al, 2017). Oleh karena itu, tidak heran bahwa kawasan Nusa Tenggara Barat termasuk kedalam wilayah rawan gempabumi.

Pada penelitian ini, kami memetakan tingkat kerapuhan batuan pada keenam zona sumber gempa di wilayah Nusa Tenggara Barat berdasarkan nilai-b. Perubahan nilai-b menggambarkan stress lokal yang mengindikasikan potensi kenaikan atau penurunan aktifitas gempabumi. Hasil ini memberikan pemahaman karakteristik seismotektonik dan variasi spasialnya, sehingga penting untuk dijadikan referensi mitigasi bahaya seismik.

Landasan teori

Secara garis besar, terdapat empat zona sumber gempabumi di wilayah NTB. Sebagai contoh: zona subduksi, *back arc thrust*, Sesar Lombok, Sesar Sumbawa, Sesar Teluk Panas, dan Sesar Sape (Irsyam et al, 2017). Tiap

zona memiliki karakter kegempaan yang berbeda-beda. Kondisi ini didukung oleh heterogenitas tiap segmen serta kecepatan pergerakan yang berbeda-beda. Untuk menjawab permasalahan bagaimana pola atau karakter gempabumi di wilayah NTB dan implikasinya di masa mendatang, akan terlihat dengan menganalisa nilai-b nya.

Formula empirik dari Gutenberg dan Richter dimanfaatkan sebagai metode yang mampu menganalisa parameter seismik dan tektonik dengan baik. Adapun formula tersebut dituliskan sebagai berikut:

$$\log N = a - bM$$

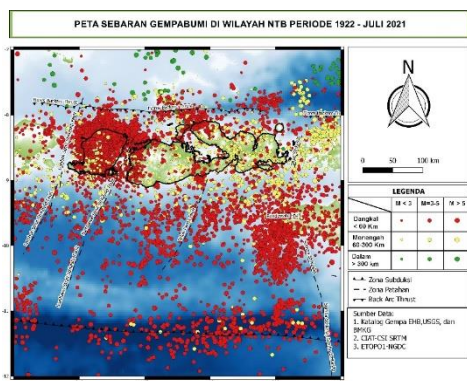
dengan N adalah jumlah gempabumi, a menggambarkan aktivitas seismik atau banyaknya gempa, b menggambarkan karakteristik tekanan yang dialami oleh medium atau batuan, dan M adalah magnitudo gempabumi. Nilai-b diperoleh dengan menggunakan metode maksimum Likelihood (Utsu, T. 1965), dengan persamaan sebagai berikut:

$$b = \frac{0,434}{\bar{M} - M_{min}}$$

dimana \bar{M} adalah magnitudo rata-rata serta M Min adalah magnitudo minimum atau *magnitude completeness*. Perhitungan nilai-a, nilai-b inilah, *software* ZMAP digunakan dengan berbasis MATLAB (Wiemer et al, 2002)

METODE

Kami menggunakan kombinasi data katalog gempa BMKG, USGS, dan ISC antara 1922 dan 2021 di wilayah NTB dan sekitarnya. Cakupan penelitian meliputi 7° LS - 12° LS dan 115° BT - 120° BT. Data berjumlah 7.420 kejadian dengan magnitudo antara 1.5 hingga 7 (Gambar 1). Data disortir dan dilakukan penyeragaman magnitudo ke magnitudo moment (Mw) yang telah dilakukan oleh Taruna dan Anggitya, 2021. Selanjutnya adalah melakukan dekluster data untuk mendapatkan gempa yang mewakili zona-zona sumber gempa di kawasan Nusa Tenggara Barat. Dalam hal ini, kami menggunakan metode Uhrhammer (1986).

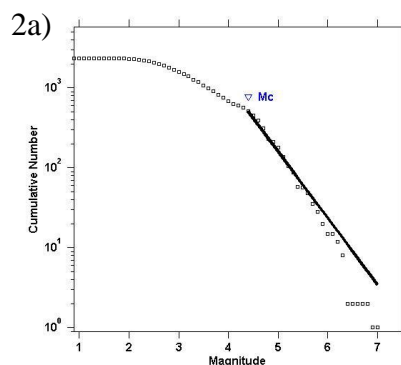


Gambar 1. Peta Sebaran Gempabumi di Wilayah NTB Periode 1922 – Juli 2021.

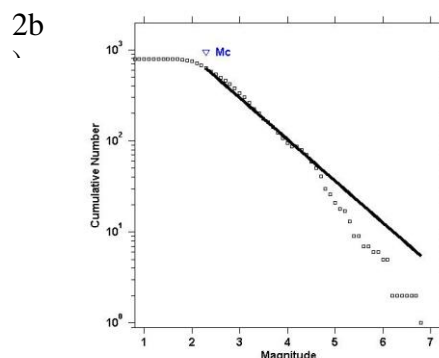
Perhitungan nilai-b menggunakan metode *maximum likelihood*. Nilai tersebut ditampilkan dalam bentuk peta spasial pada setiap sumber gempabumi dengan menggunakan program ZMAP (Wiemer dan Wyss, 2002). Adapun parameter-parameter yang digunakan, seperti; waktu kejadian, bujur, lintang, magnitudo, dan kedalaman. Pencitraan nilai-b ini dibagi menjadi beberapa grid untuk melihat densitas gempabumi di wilayah penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

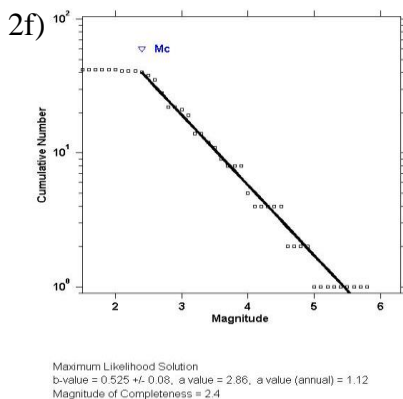
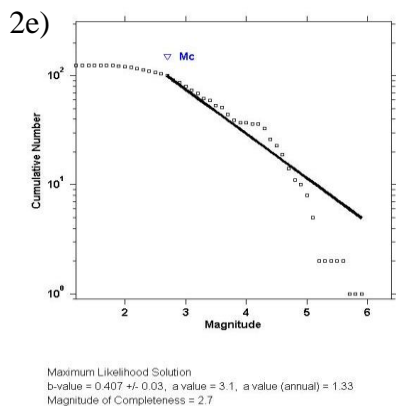
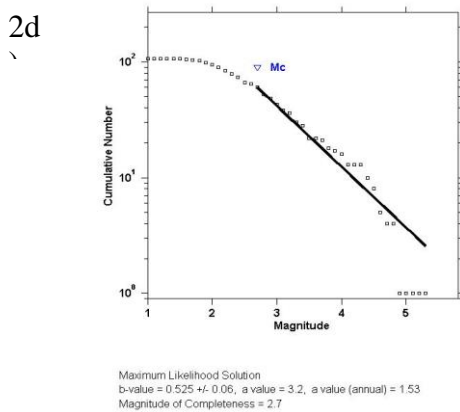
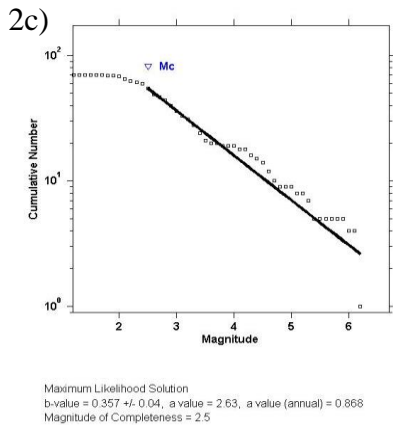
Pada penelitian ini, tinggi rendahnya nilai-b dipengaruhi oleh tingkat seismisitas gempa di wilayah NTB. Data kegempaan yang digunakan berbentuk distribusi frekuensi-magnitudo atau hubungan antara magnitudo dan jumlah gempa yang terjadi. Berdasarkan kurva yang ditampilkan, maka diperoleh kelengkapan magnitudo atau *magnitude completeness* (Mc) tiap-tiap zona gempabumi (Gambar 2a-2f).



Maximum Likelihood Solution
b-value = 0.833 +/- 0.03, a value = 6.37, a value (annual) = 4.44
Magnitude of Completeness = 4.4



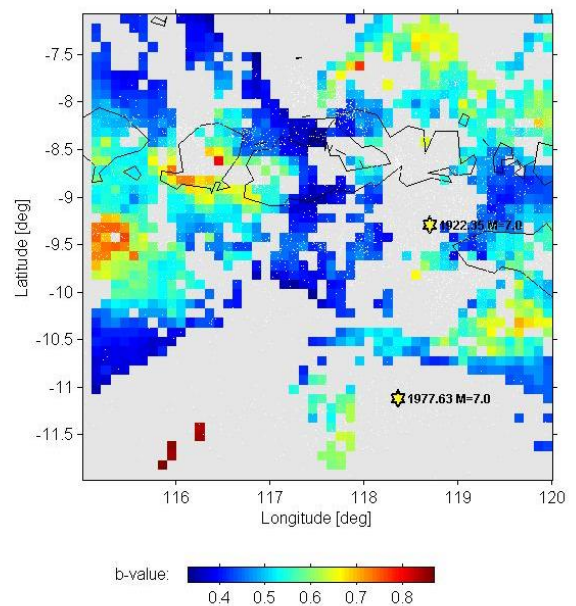
Maximum Likelihood Solution
b-value = 0.457 +/- 0.02, a value = 3.85, a value (annual) = 2.03
Magnitude of Completeness = 2.3



Gambar 2. Distribusi Frekuensi-Magnitudo Kegempaan di Wilayah Nusa Tenggara Barat. (a) Zona Subduksi, (b) *Back Arc Thrust*, (c) Sesar Lombok, (d) Sesar Sumbawa, (e) Sesar Teluk Panas, (f) Sesar Sape.

Sebagian besar, *magnitude completeness* berkisar 2,3-2,7, sedangkan pada zona subduksi memiliki nilai 4,4. Hal ini menunjukkan bahwa katalog data yang digunakan terdokumentasi dengan baik dengan magnitudo terkecil sesuai nilai yang tertera pada gambar sebelumnya. Sedangkan sebaran nilai-b berkisar dari 0,3-0,8. Dengan kata lain, semakin rendah nilai-b maka semakin tinggi tingkat *stress* pada wilayah tersebut.

Berdasarkan nilai-b di wilayah NTB, tingkat potensi kenaikan atau penurunan aktifitas gempabumi secara spasial ditunjukkan pada Gambar 3. Pada umumnya, semua zona sumber gempabumi memiliki distribusi spasial seismotektonik yang relatif tinggi. Kondisi tersebut ditunjukkan dengan keaktifan gempabumi yang terjadi di daerah yang memiliki gradasi nilai-b hijau-biru. Sementara untuk wilayah yang memiliki gradasi warna kuning-merah menunjukkan tingkat kegempaan yang kurang signifikan atau gempa yang tidak berdampak secara substansial (merusak).



Gambar 3. Peta Variasi Spasial nilai-b di Wilayah Nusa Tenggara Barat (1922-Juli 2021).

Perlu diketahui bahwa terdapat pula beberapa *spot* yang tidak dapat dihitung nilai-b nya karena terbatasnya jumlah gempa *independent* di wilayah tersebut. Sebagai contoh; Zona *Back Arc Thrust* pada Utara Pulau Lombok, Zona Subduksi di Selatan Pulau Lombok & Sumbawa Barat, dan sebelah Timur Sesar Teluk Panas. Wilayah-wilayah tersebut memiliki potensi kejadian gempabumi yang relatif besar di masa mendatang. Hal ini terbukti dengan adanya kejadian

gempabumi signifikan di masa lampau, meliputi; Gempa Lombok 2018 dan Gempa Sumba 1922 & 1977.

distribution of earthquake”, *Advances in Geophysics*, 45, 259-302.

KESIMPULAN

Berdasarkan studi karakteristik seismotektonik melalui perubahan nilai-b pada wilayah Nusa Tenggara Barat, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar wilayah memiliki tingkat kejadian gempa yang relatif tinggi dan variatif magnitudonya. Selain itu, terdapat kawasan-kawasan tertentu yang berpotensi terjadinya gempabumi signifikan sehingga perlu dijadikan referensi mitigasi kedepannya.

SARAN

Perlu adanya penelitian lanjutan dengan penambahan parameter saat proses pemilahan gempa khususnya yang mewakili masing-masing zona sumber gempabumi sehingga tingkat confidence level persebaran nilai-b pada zona gempabumi semakin akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bird, P. (2003). “An updated digital model of plate boundaries”, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027.
- Irsyam, M., et al. (2017). “Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017”, *Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*.
- Lynnes, C., and T. Lay. (1988). “Source process of the great Sumba earthquake”, *Journal Geophysics Research*, 93, 13.407-14.320.
- Masturyono, M., et al. (2015). “Katalog gempa merusak 1821-2014”, *Pusat Gempa dan Tsunami, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, Jakarta.
- Shulgin, A., et al. (2009). “Sunda-Banda arc transition: incipient continent-island arc collision (northwest Australia”, *Geophysics Research Letter*, 36.
- Supartoyo, et al. (2014). “Katalog gempabumi merusak 1612-2014”, *Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Bandung*.
- Taruna, R. M., dan A. Pratiwi. (2021). “Konversi Empiris Summary Magnitude, Local Magnitude, Body-Wave Magnitude, Surface Magnitude, dan Moment Magnitude menggunakan data gempabumi 1922-2020 di Nusa Tenggara Barat”, *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan*, 7, 1-12.
- Uhrhammer, R. (1986). “Characteristics of Northern and Central California seismicity”, *Earthquake Notes*, 57, 21.
- Utsu, T. (1965). “A method in determining the value of b in a formula $\log n = a - bM$ showing the magnitude frequency for earthquakes”, *Geophysics Bulletin Hokkaido University*, 13, 99-103.
- Wiemer, S., dan M. Wyss. (2002). “Mapping spatial variability of the frequency-magnitude