

INTISARI

ANALISIS SEISMISITAS DAN ESTIMASI PERIODE ULANG GEMPA BUMI DI WILAYAH BALI-NUSA TENGGARA (1974-2023)

Oleh

Riva Adhista Safinkajati
21/480959/PA/20921

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat kerawanan seismik tertinggi di dunia akibat interaksi konvergen antara Lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Wilayah Bali dan Nusa Tenggara merupakan salah satu segmen tektonik paling aktif di Indonesia, yang dikontrol oleh sistem subduksi Sunda-Banda di perairan selatan dan Sesar Naik Busur Belakang Flores (*Flores Back-Arc Thrust*) di perairan utara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis parameter seismisitas, memetakan distribusi spasial dan temporal seismisitas, serta mengestimasi periode ulang gempa bumi di wilayah tersebut. Data katalog gempa bumi dihimpun dari dua sumber, yaitu *United States Geological Survey* (USGS) untuk periode 1974-2008 dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) untuk periode 2009-2023, mencakup 17.092 kejadian dengan rentang magnitudo M_w 2,8 hingga 8,3 pada koordinat 5° - 14° LS dan 114° - 127° BT. Seluruh skala magnitudo diseragamkan ke dalam magnitudo momen (M_w) melalui persamaan konversi regresi linier, dilanjutkan dengan penapisan gempa susulan menggunakan metode *declustering* Gardner & Knopoff melalui perangkat lunak ZMAP 7.1, sehingga katalog tereduksi menjadi 8.416 gempa utama. *Analisis Frequency-Magnitude Distribution* (FMD) menggunakan metode *Maximum Likelihood* menghasilkan nilai $M_c = 3,1$, a -value kumulatif = 5,648 (a -value tahunan = 4,472), dan b -value = $0,60 \pm 0,01$. a -value kumulatif sebesar 5,648 tergolong kategori sedang-tinggi, mencerminkan tingkat produktivitas seismik yang cukup aktif di wilayah penelitian. Nilai ini kemudian dinormalisasi menjadi laju tahunan 4,472 menggunakan persamaan Welker dengan memperhitungkan durasi pengamatan 15 tahun, dan laju tahunan inilah yang digunakan dalam perhitungan indeks seismisitas dan periode ulang. b -value sebesar 0,60 tergolong rendah dibandingkan rata-rata global ($\sim 1,0$), yang berarti proporsi gempa bermagnitudo besar di wilayah ini lebih tinggi dibandingkan rata-rata dunia. Pemetaan spasial mengonfirmasi bahwa anomali b -value rendah (0,5-0,8) terkonsentrasi secara dominan di daratan Bali hingga Nusa Tenggara Timur bagian barat, dengan standar deviasi rendah ($\delta b = 0,05$ - $0,08$). Berdasarkan kalkulasi probabilitas Poisson, indeks seismisitas wilayah ini sangat produktif: gempa $M_w \geq 6,0$ diestimasi berulang rata-rata setiap 0,75 tahun, $M_w \geq 6,5$ setiap $\sim 3,75$ tahun, dan $M_w \geq 7,0$ setiap 15 tahun. Probabilitas terjadinya gempa $M_w \geq 7,0$ mencapai 48,658% dalam 10 tahun dan 99,872% dalam 100 tahun ke depan. Temuan ini menegaskan urgensi peningkatan mitigasi struktural dan pengurangan risiko bencana seismik di kawasan tersebut.

Kata Kunci: b -value, Gutenberg-Richter, *magnitude of completeness*, periode ulang, seismisitas, Bali-Nusa Tenggara.

ABSTRACT

SEISMICITY ANALYSIS AND EARTHQUAKE RETURN PERIOD ESTIMATION IN BALI-NUSA TENGGARA (1974-2023)

By

Riva Adhista Safinkajati
21/480959/PA/20921

Indonesia constitutes one of the world's most seismically hazardous nations owing to the convergent interaction among the Indo-Australian, Eurasian, and Pacific plates. The Bali and Nusa Tenggara region represents one of the most tectonically active segments in Indonesia, controlled by the Sunda-Banda subduction system to the south and the Flores Back-Arc Thrust to the north. This study aims to analyze seismicity parameters, map the spatial and temporal distribution of seismicity, and estimate the earthquake recurrence period across the region. Earthquake catalog data were compiled from two sources: the United States Geological Survey (USGS) for 1974-2008 and the Meteorological, Climatological, and Geophysical Agency (BMKG) for 2009-2023, encompassing 17.092 events with magnitude ranging from M_w 2,8 to 8,3 within coordinates 5° - 14° S and 114° - 127° E. All magnitude scales were homogenized to moment magnitude (M_w) through linear regression conversion equations, followed by aftershock removal using the Gardner & Knopoff declustering method through ZMAP 7.1 software, reducing the catalog to 8.416 mainshocks. Frequency-Magnitude Distribution (FMD) analysis using the Maximum Likelihood method yielded $M_C = 3.1$, a cumulative a-value of 5.648 (annual a-value = 4.472), and b-value = 0.60 ± 0.01 . The cumulative a-value of 5.648 falls in the moderate-to-high category, reflecting a considerably active level of seismic productivity in the study area. This value was normalized to an annual rate of 4.472 using the Welker equation accounting for the 15 year observation period, and this annual rate was subsequently used in the calculation of seismicity indices and return periods. A b-value of 0.60 is notably low relative to the global average (~ 1.0), indicating a higher proportion of large-magnitude earthquakes in this region compared to the global norm. Spatial mapping confirms that anomalously low b-values (0.5-0.8) are predominantly concentrated across the mainland from Bali to western East Nusa Tenggara, with low standard deviations ($\delta b = 0.05$ -0.08). Based on Poisson probability calculations, the seismicity index of this region is highly productive: earthquakes of $M_w \geq 6.0$ are estimated to recur on average every 0.75 years, $M_w \geq 6.5$ approximately every 3.75 years, and $M_w \geq 7.0$ every 15 years. The probability of an $M_w \geq 7.0$ event reaches 48.658% within 10 years and 99.872% within 100 years. These findings affirm the critical urgency of enhancing structural mitigation and seismic risk reduction in the area.

Keywords: b-value, Gutenberg-Richter, magnitude of completeness, recurrence period, seismicity, Bali-Nusa Tenggara.