

## SARI

Lapangan Panas Bumi Dieng yang terletak di Kabupaten Banjarnegara dan Wonosobo, Jawa Tengah, merupakan salah satu Wilayah Kerja Panas Bumi seluas sekitar 63 km<sup>2</sup>. Kapasitas terpasangnya saat ini mencapai 60 MW dengan rencana peningkatan hingga 130 MW dari target jangka panjang 400 MW. Sebagai upaya mendukung pengembangan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk pemantauan kondisi reservoir dengan menganalisis distribusi hiposenter gempa bumi mikro agar dapat mengetahui arah pergerakan fluida hidrotermal di dalam reservoir.

Metode seismik mikro digunakan untuk memantau kondisi reservoir melalui analisis kejadian gempa bumi mikro berdasarkan lokasi hiposenter. Gempa bumi mikro di lapangan panas bumi berasal dari dua sumber utama, yaitu aktivitas sumur produksi dan injeksi serta aktivitas vulkanik. Rekaman gempa bumi mikro periode Mei 2021 hingga Agustus 2021 diperoleh dari 16 stasiun pemantauan. Dari 19.964 data rekaman, hanya 111 kejadian gempa yang dapat diinversi untuk menentukan hiposenter menggunakan metode *Geiger Adaptive Damping* (GAD). Proses penentuan hiposenter dilakukan dengan memilih data waktu tiba gelombang primer ( $t_p$ ) dan waktu tiba gelombang sekunder ( $t_s$ ), yang memiliki selisih kurang dari 3 detik. Diagram Wadati digunakan untuk menguji kelayakan data *picking* dan menghasilkan rasio kecepatan gelombang primer terhadap sekunder ( $V_p/V_s$ ) sebesar 1,629. Nilai ini digunakan untuk membangun model kecepatan gelombang satu dimensi di bawah permukaan. Hasil pemodelan menunjukkan 3 lapisan dengan karakteristik porositas berbeda pada kedalaman 0 sampai 5 km di bawah permukaan laut. Metode GAD menghasilkan rata-rata nilai RMS *error* sebesar 0,2 detik. Data hiposenter kemudian divisualisasikan dalam peta dan diintegrasikan dengan data citra satelit. Parameter magnitudo digunakan untuk membedakan sumber gempa bumi mikro dari aktivitas vulkanik. Berdasarkan nilai magnitudonya, gempa bumi mikro yang dipicu oleh aktivitas sumur produksi dan injeksi, kondisi reservoir, serta struktur geologi memiliki magnitudo antara 0,22 hingga 2,98 Skala Richter (SR). Di area penelitian teridentifikasi tiga sumber gempa bumi mikro berdasarkan distribusi hiposenter dan karakteristik gelombang seismik. Hiposenter di sekitar sumur produksi dan injeksi mencerminkan pengaruh langsung aktivitas sumur, sedangkan hiposenter di area reservoir Sileri dan Sikidang menunjukkan respon alami reservoir. Hiposenter yang berasosiasi dengan struktur geologi menandakan peran sesar atau rekahan dalam memicu gempa bumi mikro dan mengontrol jalur aliran fluida. Pola hiposenter yang dominan pada zona tertentu diinterpretasi sebagai zona rekahan atau zona terdeformasi dengan porositas dan permeabilitas yang baik. Analisis distribusi hiposenter berdasarkan periode waktu perbulan menunjukkan pola aliran fluida hidrotermal yang sesuai dengan arah struktur geologi utama, yaitu dari tenggara ke barat laut. Keberadaan zona permeabel dan struktur geologi berperan sebagai jalur utama pergerakan fluida, sehingga integrasi data seismik mikro dan data geologi dapat mencerminkan arah pergerakan fluida hidrotermal secara spasial dan temporal di area penelitian.

**Kata kunci:** Lapangan Panas Bumi Dieng, metode seismik mikro, *Geiger Adaptive Damping*, hiposenter, magnitudo, arah pergerakan fluida

## ABSTRACT

The Dieng Geothermal Field, located in Banjarnegara and Wonosobo Regencies, Central Java, is one of the Geothermal Working Areas covering approximately 63 km<sup>2</sup>. The current installed capacity is 60 MW, with plans to increase it to 120 MW as part of a long-term target of 400 MW. To support this development, this study was conducted to monitor reservoir conditions by analyzing the distribution of microearthquake hypocenters in order to determine the direction of hydrothermal fluid flow within the reservoir.

Microseismic methods were utilized to monitor reservoir conditions based on the spatial distribution of microearthquake hypocenters. Microearthquakes in the geothermal field originate from two primary sources, production and injection well activities, and volcanic activity. Microearthquake recordings from May to August 2021 were obtained from 16 monitoring stations. Out of 19,964 recorded events, only 111 microearthquakes were inverted to determine hypocenters using the Geiger Adaptive Damping (GAD) method. The hypocenter location process involved selecting P-wave and S-wave arrival times with differences of less than 3 seconds. The Wadati diagram was used to assess the quality of phase picking, yielding a primary-to-secondary wave velocity ratio ( $V_p/V_s$ ) of 1.629. This ratio was applied to construct a one-dimensional velocity model beneath the surface. The modeling results indicate three layers with distinct porosity characteristics at depths ranging from 0 to 5 km below sea level. The GAD method produced an average RMS error of 0.2 seconds. Magnitude is used as a parameter to distinguish microearthquake sources from volcanic activity. Based on their magnitudes, microearthquakes induced by production and injection well operations, reservoir conditions, and geological structures generally range from 0.22 to 2.98 on the Richter scale (RS). In the study area, three main microearthquake sources are identified based on hypocenter distribution and seismic wave characteristics. Hypocenters located near production and injection wells reflect the direct influence of well operations, whereas those concentrated within the Sileri and Sikidang reservoirs indicate the natural seismic response of the reservoir system. Hypocenters associated with geological structures highlight the role of faults or fractures in triggering microearthquakes and controlling subsurface fluid pathways. Dominant hypocenter clusters within specific zones are interpreted as fractured or deformed zones characterized by relatively high porosity and permeability. Temporal analysis of hypocenter distributions on a monthly basis reveals hydrothermal fluid flow direction that are consistent with the orientation of the main geological structures, trending from southeast to northwest. Permeable zones and geological structures are interpreted as primary pathways for fluid flow, while the integration of microseismic and geological data allows the spatial and temporal evolution of hydrothermal fluid flow within the study area to be characterized.

**Keywords:** Dieng geothermal field, microseismic method, Geiger Adaptive Damping, hypocenter, magnitude, fluid flow