

## INTISARI

Sesar Opak terbentuk oleh proses geologi dan evolusi tektonik yang panjang. Keberadaan Sesar Opak menjadikan Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya rawan gempa. Banyaknya gempa terdeteksi di sesar tersebut menunjukkan keaktifan sesar. Beberapa kali gempa merusak akibat aktivitas Sesar Opak berdampak pada terjadinya korban jiwa, korban luka, kerusakan infrastruktur, dan kerugian ekonomi. Padatnya penduduk di sekitar Sesar Opak memperparah risiko dampak gempa. Satu kejadian gempa monumental adalah M6,3 pada 25 Mei 2006. Gempa tersebut selain menimbulkan dampak signifikan, juga menimbulkan berbagai perbedaan pandangan terkait Sesar Opak. Studi tentang Sesar Opak telah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu, namun studi-studi tersebut belum banyak mengungkap secara detil terkait kondisi bawah permukaan dan kaitannya terhadap kondisi seismisitas saat ini. Karakteristik, dinamika, dan mekanisme Sesar Opak adalah informasi penting yang dibutuhkan untuk mengetahui keadaan sesar saat ini dan kemungkinan dampak kedepannya sebagai upaya mitigasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik, dinamika, dan mekanisme sistem Sesar Opak dengan memadukan metode geologi dan geofisika secara komprehensif, antara lain melalui penyelidikan lapangan, deteksi gempa menggunakan metode koherensi yang baru diterapkan di lokasi penelitian, lokalisasi dan relokasi parameter gempa menggunakan data baru, yaitu data gempa tahun 2006 dan tahun 2009 – 2021 yang belum digunakan oleh peneliti sebelumnya, pemodelan mekanisme sumber gempa, pemodelan perubahan tekanan Coulomb, dan pemodelan struktur bawah permukaan secara detil menggunakan tomografi *ambient noise* hasil akusisi jaringan temporer berjumlah 90 stasiun. Hasil analisis ulang gempa bumi M6,3 Yogyakarta 2006 menunjukkan hiposenter gempa berada pada kedalaman 12,5 km dan aktivitas gempa diduga terjadi pada bagian dari sistem Sesar Opak yang tersembunyi (*blind fault*) berada pada kedalaman 6 km – 14 km yang berorientasi N43°E dengan panjang 23 km sesuai dengan nodal 2 fokal mekanisme gempa utama 2006 yang apabila diteruskan ke permukaan tepat berada pada kontras morfologi akibat Sesar Opak. Dugaan bahwa gempa 2006 tersebut yang diperkuat oleh hasil penyelidikan lapangan yang tidak menjumpai sesar yang memotong batuan berumur Kuartar.

Hiposenter gempa yang terjadi pada kurun waktu 2009 – 2021 di sekitar Sesar Opak berdasarkan pemodelan *ambient noise* tomografi umumnya berada pada zona kontras

kecepatan gelombang geser (vs), terdistribusi pada zona perubahan tekanan Coulomb positif dari gempa M6,3 2006. Hal ini mengindikasikan bahwa gempa-gempa tersebut masih dalam pengaruh tekanan akibat gempa Mw6,3 2006, yang didukung oleh nilai b yang rendah. Mekanisme pergerakan sistem Sesar Opak adalah penyesaran *oblique strike slip* dengan komponen naik dan apabila kemiringan bidang nodal diteruskan ke permukaan kurang lebih berada pada kontras-kontras morfologi dan jika ditarik ke bawah akan bertemu pada kedalaman yang sama, sedangkan disebelah tenggaranya terdapat dua sesar yang paralel dengan mekanisme turun. Berdasarkan hasil kajian ini, pada lokasi penelitian terdapat 2 sistem sesar yaitu sesar kompresif dan sesar ekstensi, dimana sesar kompresif berada pada bagian barat yang disebut sistem Sesar Opak sedangkan sesar ekstensi di sebelah timur disebut sebagai sistem sesar lain. Kumulatif momen rilis gempa 2009-2021 belumlah signifikan adalah Mw4,8, jika dibandingkan dengan momen rilis pada gempa 2006. Gempa Mw6,3 2006 diduga memberikan tambahan *stress* yang mengakibatkan gempa-gempa mikro 2009 - 2021. Hal ini perlu diperhatikan dalam kesiapsiagaan terhadap potensi pelepasan energi yang sedang diakumulasikan sebagai gempa signifikan berikutnya.

Kata kunci : Sistem Sesar Opak, sesar tersembunyi, deteksi gempa, relokasi gempa, mekanisme gempa, perubahan tekanan Coulomb, tomografi *ambient noise*.

## ABSTRACT

Opak Fault are formed by long geological and tectonic evolution processes. The existence of the Opak fault makes the Special Region of Yogyakarta and its surroundings prone to earthquakes. The number of earthquakes detected on the fault indicates the fault's activity. Destructive earthquakes triggered by the Opak Fault resulted in fatalities, injuries, infrastructure damage and economic losses. The dense population around the Opak Fault worsen the risk of earthquake impacts. One monumental earthquake was M6.3 on May 25 2006. Apart from having a significant impact, the earthquake also rise to various different views regarding the Opak Fault. Many studies on the Opak Fault have been carried out by previous researchers. However, these studies have not revealed the subsurface conditions and their relationship to current seismicity conditions in detail. The characteristics, dynamics and mechanisms of the Opak Fault are the important information needed to understand the current state of the fault and its possible future impacts as a mitigation effort. This research aims to analyze the characteristics, dynamics, and mechanism of the Opak Fault system by combining geological and geophysical methods comprehensively, including through field investigations, earthquake detection using the new coherence method applied at the research site, localization and relocation of earthquake parameters using new data, namely earthquake data in 2006 and 2009-2021 that have not been used by previous researchers, modeling the earthquake source mechanism, modeling Coulomb stress changes, and detailed subsurface structure modeling using ambient noise tomography from a temporary network acquisition of 90 stations. The results of the reanalysis of the 2006 M6.3 Yogyakarta earthquake showed that the hypocenter of the earthquake was at a depth of 12.5 km and the earthquake activity was suspected to have occurred on a part of the hidden Opak Fault system (blind fault) at a depth of 6 km - 14 km oriented N43°E with a length of 23 km in accordance with the nodal 2 focal mechanism of the 2006 main earthquake which, when transmitted to the surface, was exactly at the morphological contrast due to the Opak Fault. The suspicion that the 2006 earthquake was strong is reinforced by the results of field investigations that did not find faults cutting Quaternary-aged rocks.

The hypocenters of earthquakes occurring in the period 2009 - 2021 around the Opak Fault based on ambient noise tomography modeling are generally in the shear wave velocity ( $v_s$ ) contrast zone, distributed in the zone of positive Coulomb stress change from the 2006 Mw6.3 earthquake. This indicates that the earthquakes are still under the pressure influence of the 2006 Mw6.3 earthquake, which is supported by the low  $b$  value. The mechanism of movement of the Opak Fault system is oblique strike slip with an upward component and if the slope of the nodal plane is continued to the surface, it is more or less in morphological contrasts and if pulled downward, it will meet at the same depth, while to the southeast there are two parallel faults with a downward mechanism. Based on the results of this study, there are two fault systems at the study site, namely compressive and extension faults, where the compressive fault is located in the western part called the Opak Fault system while the extension fault in the east is called another fault system. The cumulative moment of release for the 2009-2021 earthquakes is not yet significant at Mw4.8, when compared to the moment of release for the 2006 earthquake. The 2006 Mw6.3 earthquake is thought to have provided additional stress that resulted in the 2009-2021 micro-earthquakes. This needs to be considered in preparedness for the potential release of energy that is being accumulated as the next significant earthquake.

**Keywords :** Opak Fault system, blind fault, earthquake detection, earthquake relocation, earthquake mechanism, earthquake mechanisms, Coulomb stress change, ambient noise tomography.