

IDENTIFIKASI ZONA SESAR MENGGUNAKAN PENDEKATAN GEOMORFOLOGI TEKTONIK DAN PEMETAAN GEOLOGI DI DESA BAN, KABUPATEN KARANGASEM, BALI

Ida Bagus Oka Agastya^{1,4}, Putu Diyan Diwyastira², Suryo Hespianoro³

¹Bali Geoscience Research Group

²Museum Geologi KESDM

³PPSDM Geominerba KESDM

⁴Magister Manajemen Bencana UPN "Veteran" Yogyakarta

Email: iokaagastya@gmail.com ¹ diyan.diwyastira@gmail.com ², suryo.hespianoro@esdm.go.id ³

Naskah Diterima: Januari 2022/Revisi: Mei 2022 /Disetujui: Mei 2022

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada pergerakan sesar yang mengakibatkan gempa pada tanggal 16 Oktober 2021 pada pukul 03:18:23 WITA dengan magnitude gempa 4.8 Mw. Pusat gempa di darat pada koordinat 115,45° BT dan 8,32° LS dengan kedalaman 10 km. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi keberadaan zona sesar aktif dan mengetahui kinematika sesar di Desa Ban Karangasem. Metode yang digunakan adalah analisis citra SRTM DEM, pendekatan Geomorfologi Tektonik, serta Pemetaan Geologi. Pengumpulan data sekunder dilakukan di studio dengan SIG (Sistem Informasi Geografis), sedangkan pengumpulan data primer dilakukan dengan pengecekan dilapangan guna mengamati deformasi dan topografi yang ada untuk mengetahui geometri dan kinematika dari sesar aktif. Selain itu dilakukan juga Analisa *Focal Mechanism* dari data kegempaan yang dipublish BMKG untuk mengetahui kinematika dari sesar aktif tersebut. Hasil penelitian menunjukkan keberadaan struktur geologi pada Formasi Buyan Beratan dan Batur Purba (Qpvp) dan Formasi Gunungapi Agung (Qhva) pada daerah penelitian. Struktur geologi tersebut berupa struktur kekar berpasangan (*shear dan gash fracture*), sesar minor yang terdiri dari sesar mendatar kanan (*right slip fault*), sesar mendatar kiri turun (*left normal slip fault*) dan sesar mendatar kiri (*left slip fault*). Sesar tersebut tergolong sesar aktif dan memotong batuan berumur muda, dengan panjang zona sesar diperkirakan mencapai 18 km dengan 5 segmen sesar. Keberadaan zona sesar ini dipengaruhi oleh adanya kegiatan subduksi di selatan Pulau Bali antara Lempeng Benua Eurasia dan Lempeng Samudera Indo-Australia.

Kata Kunci: *identifikasi zona sesar, geomorfologi tektonik, pemetaan geologi, zona sesar ban karangasem*

ABSTRACT

This study focus on the movement of the fault that caused an earthquake on October 16, 2021 at 03:18:23 WITA with an earthquake magnitude of 4.8 Mw. The epicenter of the earthquake on land was at coordinates 115.45° East Longitude and 8.32° South Latitude with a depth of 10 km. The purpose of this study was to identify the presence of an active fault zone and to determine the fault kinematics in Ban Karangasem. The method used is SRTM DEM Image Analysis, Tectonic Geomorphology Approach, and Geological Mapping. Secondary data collected by GIS (Geographical Information System), and primary data collected by field surveying to observe the existing deformation and topography to determine the geometry and kinematics of an active fault. Focal Mechanism Analysis also used to determine the kinematics active fault, data sources published by BMKG. The results showed there are geological structures in the Buyan Beratan and Batur Purba Formation (Qpvp) and the Agung Volcano Formation (Qhva) in the study area. The geological structure is in the form of shear dan gash fracture, right slip fault, left normal slip fault, and left slip fault. The fault is classified as an active fault and cuts young rock, with an estimated fault zone length of 18 km with 5 fault segments. The existence of this fault zone is influenced by subduction activities in the south of Bali Island between the Eurasian Continental Plate and the Indo-Australian Ocean Plate.

Keywords: *fault zone identification, tectonic geomorphology, geological mapping, ban karangasem fault zone*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah dengan potensi gempa yang tinggi. Karena terletak pada pertemuan tiga lempeng besar di dunia, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik dan lempeng IndoAustralia. Hal ini menyebabkan wilayah di Indonesia sering terjadi gempa bumi besar yang menyebabkan kerusakan dan korban jiwa. (Daryono,dkk, 2009). Pulau Bali memiliki sejarah kegempaan yang cukup aktif, sebagai contoh gempa Gejer Bali, gempa terjadi di tahun 1815 dengan magnitudo 6.5 Mw yang menyebabkan korban jiwa mencapai kurang lebih 10.253 orang. Hiposenter gempa diperkirakan berasal dari laut utara Bali yang mempunyai hubungan dengan Sesar Naik Belakang Busur Flores (*Back-arc Thrust* Flores) yang membentang di utara Bali hingga Flores, gempa ini juga memicu terjadinya tsunami di wilayah utara Pulau Bali (Agastya dkk., 2018). Penelitian terkait sesar aktif seperti sesar Abang-Culik yang diduga terkait dengan banyak terjadi gempa bumi selama tahun 2015 sampai dengan tahun 2017 dengan jumlah gempabumi 398 kejadian yang keseluruhannya merupakan gempabumi kedalaman dangkal, 379 diantaranya adalah gempabumi dengan magnitudo kecil dan 19 kejadian gempabumi dengan magnitudo sedang (Diaz dkk., 2018)

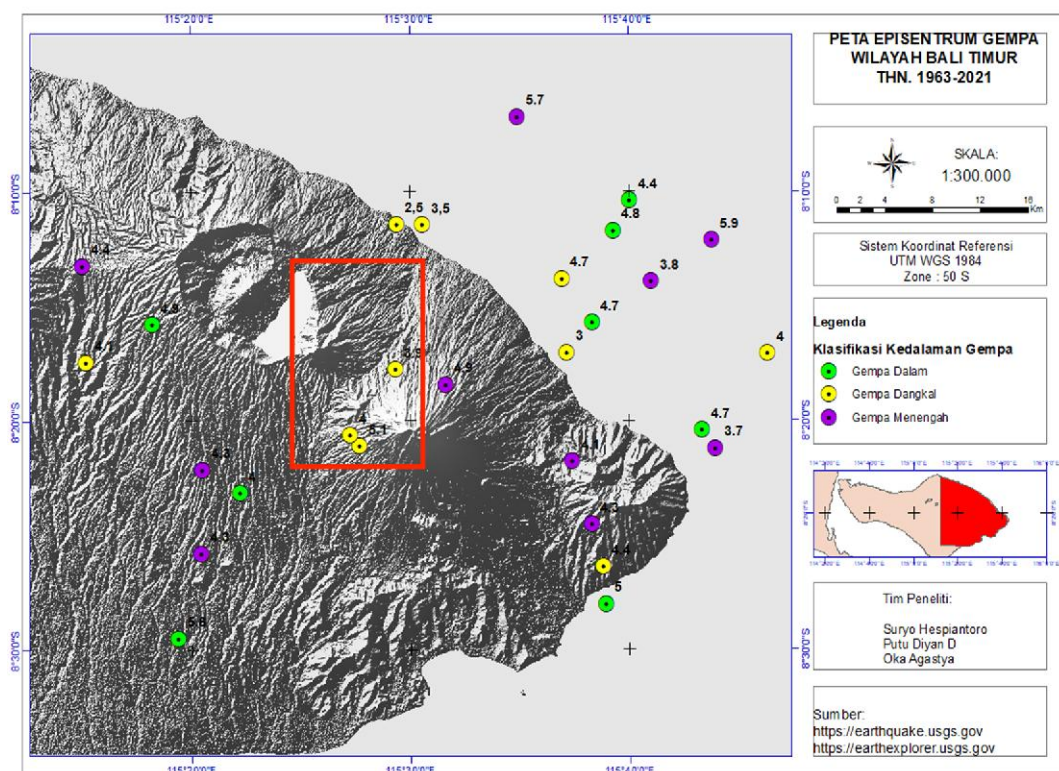
Ditahun 2021 terjadi satu gempa merusak yang tercatat yakni gempa di Desa Ban, Karangasem, Bali. Gempa tersebut terjadi pada tanggal 16 Oktober 2021 pada pukul 03:18:23 WITA dengan magnitudo gempa 4.8 Mw pusat gempa berada di darat yakni pada koordinat 115,45° BT dan 8,32° LS dengan kedalaman 10 km dari informasi BMKG. Gempa ini sangat berdampak terutama pada Kabupaten Bangli dan Kabupaten Karangasem. Terjadi juga gempa susulan berkekuatan M 3.8 setelah gempa utama. Berdasarkan survey yang dilakukan oleh Tim Tanggap Darurat Badan Geologi dan informasi melalui media elektronik tercatat jumlah korban jiwa mencapai 3 orang, korban luka berat 11 orang dan korban luka ringan mencapai 72 orang dengan kerusakan bangunan mencapai 1.464 unit meliputi bangunan rumah dan fasilitas umum. Berdasarkan hasil survey yang dilakukan oleh Tim Tanggap Darurat Badan Geologi menemukan fakta bahwa penyebab gempa di Ban, Karangasem merupakan gempa yang diakibatkan oleh pergerakan sesar aktif di daratan yang dimana berpola kelurusan timur laut-baratdaya diperkirakan memiliki panjang sampai 9 km dimana diperkirakan mampu menghasilkan gempa sampai Magnitudo 6.2, namun kinematika dan geometri sesar tersebut masih belum diketahui dengan baik (Badan Geologi, 2021).

Dengan magnitudo yang cukup rendah namun kerusakan yang ditimbulkannya cukup fatal, sehingga menimbulkan pertanyaan bagaimana mekanisme gempa tersebut dan apakah gempa tersebut berasosiasi dengan sesar aktif yang belum teridentifikasi dengan baik. Peneliti ingin mengidentifikasi keberadaan zona sesar aktif di Desa Ban Karangasem ini menggunakan metode pendekatan Geomorfologi Tektonik dan Pemetaan Geologi. Penelitian ini ditujukan untuk memahami kinematika sesar yang ada dan memberi masukan dalam upaya mitigasi bencana gempa bumi yang disebabkan oleh sesar aktif tersebut.

2. METODOLOGI

Dalam penentuan apakah sesar tersebut tergolong sesar aktif maka ada beberapa parameter yang perlu diketahui meliputi geometri, sejarah gempa bumi, laju pergerakan, dan perulangan gempa (McCalpin, 2009). Pemetaan di lapangan merupakan awal dari indentifikasi keberadaan sesar aktif. Penelusuran sesar aktif di lapangan dilakukan dengan mengamati topografi untuk mendapatkan pergeseran sistematis dan pengamatan deformasi pada singkapan batuan di lapangan.

Tahapan pertama dilakukan dengan memetakan daerah penelitian menggunakan penginderaan jauh, dimana menggunakan data DEM SRTM (*Digital Elevation Model Shuttle Radar Topography Mission*) dengan resolusi spasial 30 meter yang diperoleh dari *USGS Earthexplorer*. Selain itu dilakukan penampakan dengan data Peta Geologi Regional lembar Bali, Nusatenggara dengan skala 1:250.000 (Purbo-Hadiwidjojo dkk, 1998) untuk mengetahui sebaran formasi dan umur batuan yang ada di daerah penelitian. Data sebaran kegempaan yang diperoleh dari katalog USGS berkisar dari tahun 1963 – 2021 dengan kedalaman berkisar dari 2– 196,1 km guna mengetahui sejarah kegempaan dan memberikan indikasi bahwa sesar tersebut aktif (Gambar.1). Analisa kelurusan dilakukan juga di daerah penelitian melalui data DEM, kelurusan ini bisa dikenali dari adanya kelurusan sungai, lembah, punggung dan muka bukit (Hady & Marliyani, 2020).



Gambar 1. Peta sebaran episentrum kegempaan dan morfologi di wilayah bali timur dari katalog kegempaan USGS tahun 1963-2021.

IDENTIFIKASI ZONA SESAR MENGGUNAKAN PENDEKATAN GEOMORFOLOGI TEKTONIK DAN PEMETAAN GEOLOGI DI DESA BAN, KABUPATEN KARANGASEM, BALI

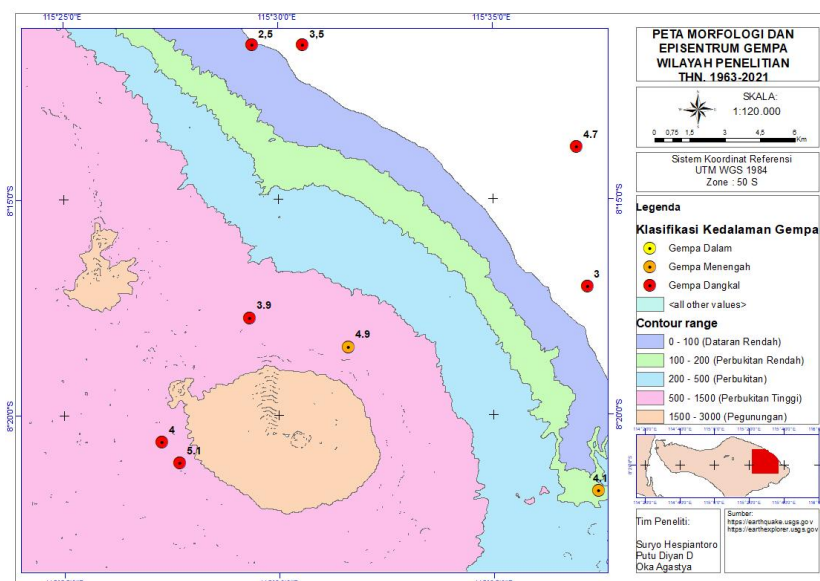
Tahap selanjutnya dari interpretasi geomorfologi tektonik dan interpretasi data geologi di studio, selanjutnya dilakukan pengecekan dilapangan guna mengamati deformasi dan topografi yang ada untuk mengetahui geometri dan kinematika dari sesar aktif. Selain itu dilakukan juga Analisa *Focal Mechanism* dari data kegempaan yang dipublish BMKG untuk mengetahui kinematika dari sesar aktif tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah Ban yang ada di Kabupaten Karangsem memiliki morfologi dataran rendah hingga pegunungan, dimana disebagian daerah menunjukan morfologi gawir-gawir terjal. Dengan kondisi morfologi demikian menyebabkan akses jalan didaerah ini sangat dikontrol oleh morfologi selain itu disejumlah daerah menunjukan kejadian longsor terutama pada daerah dengan kemiringan lereng tinggi-sedang. Selain itu daerah penelitian termasuk kedalam daerah dengan vegetasi lebat-sedang sehingga menjadi tantangan tersendiri dalam menemukan singkapan-singkapan batuan.

1. Hasil Analisis Morfologi

Analisis morfologi dalam penelitian ini didasarkan pada pengolahan data sekunder yang terdiri dari Data DEM (Digital Elevation Model), Peta Citra Satelit Daerah Penelitian, diolah dengan bantuan software ArcMap 10.5. Dari pengamatan diperoleh bahwa daerah penelitian terdiri dari 5 satuan morfologi, yaitu dataran rendah, perbukitan rendah, perbukitan, perbukitan tinggi, dan pegunungan (Gambar.2). Dataran rendah memiliki rentang nilai kontur antara 0-100 mdpl, perbukitan rendah memiliki nilai kontur 100-200 mdpl, perbukitan dengan nilai kontur 200-500 mdpl, perbukitan tinggi dengan nilai kontur 500-1500 mdpl, pegunungan dengan nilai kontur 1500-3000 mdpl. Luas satuan morfologi dataran rendah sekitar 50,76 km² (9,21 %), luas perbukitan rendah 41,70 km² (7,56 %), luas perbukitan 104,50 km² (19 %), luas perbukitan tinggi 309,50 km² (56,2 %), luas pegunungan 44,44 km² (8,03 %). Daerah penelitian didominasi oleh satuan morfologi perbukitan tinggi.



Gambar 2. Peta Morfologi Dan Epicentrum Gempa Tahun 1963-2021 di Lokasi Penelitian

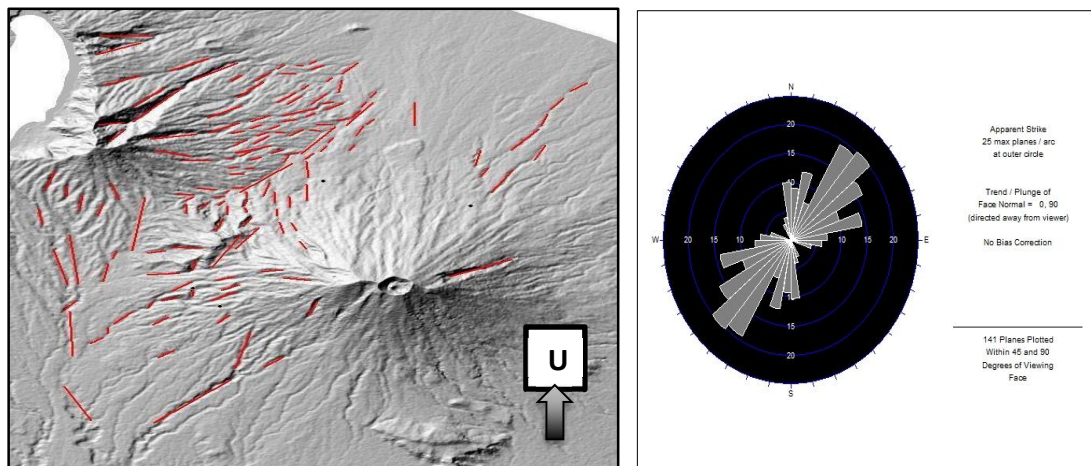
Di lokasi pengamatan tercatat ada 9 titik episentrum gempa dari tahun 1963-2021 (Tabel.1). Terdapat 4 titik episentrum gempa di satuan morfologi perbukitan tinggi. Episentrum gempa tersebut terdiri dari 3 gempa dengan kedalaman dangkal (rentang kedalaman 2-10 km) magnitude gempa 3,9 SR, 4 SR, 5,1 SR dan 1 gempa dengan kedalaman menengah (kedalaman 22,71 Km) magnitude gempa 4,9 SR. Terdapat 1 titik episentrum gempa di satuan morfologi perbukitan rendah dengan magnitude 4,1 SR kedalaman 17,69 km. Terdapat 1 titik epicentrum gempa di satuan morfologi dataran rendah dengan magnitude 2,5 SR kedalaman 10 km termasuk dalam kategori gempa dengan kedalaman dangkal. 3 titik episentrum gempa yang lainnya berada di laut dengan magnitude 3 SR, 3,5 SR, 4,7 SR dan termasuk dalam klasifikasi gempa dengan kedalaman dangkal (< 10km).

Tabel 1. Katalog gempa di daerah Bali Timur dari USGS tahun 1963-2021

Waktu	Lintang	Bujur	Kedalaman	Mag	Tempat	Jenis Kedalaman Gempa
2002-04-04T07:58:59.100Z	-8,284	115,62	2	3	18 km N of Amlapura city, Indonesia	Dangkal
2015-12-08T17:36:31.230Z	-8,2904	115,2539	6,91	4,1	19 km E of Munduk, Indonesia	Dangkal
2017-09-26T08:27:08.310Z	-8,3437	115,4547	7,77	4	17 km NNE of Banjar Wangsian, Indonesia	Dangkal
2004-03-04T13:40:16.380Z	-8,23	115,616	9	4,7	24 km N of Amlapura city, Indonesia	Dangkal
2021-10-15T20:18:20.942Z	-8,3517	115,4617	10	5,1	16 km NNE of Banjar Wangsian, Indonesia	Dangkal
2020-05-10T22:09:56.512Z	-8,2846	115,7728	10	4	25 km NE of Amlapura, Indonesia	Dangka
2018-03-03T02:52:46.220Z	-8,2958	115,4889	10	3,9	20 km NNW of Bedugul, Indonesia	Dangkal
2005-03-01T01:46:09.990Z	-8,44	115,647	10	4,4	3 km ENE of Amlapura, Indonesia	Dangkal
2016-02-08T15:19:45.770Z	-8,363	115,6241	17,69	4,1	9 km N of Amlapura, Indonesia	Menengah
2016-08-09T15:37:37.150Z	-8,4091	115,6386	18,51	4,3	5 km NNE of Amlapura, Indonesia	Menengah
2017-11-08T21:54:19.570Z	-8,3071	115,5272	22,71	4,9	17 km NNW of Bedugul, Indonesia	Menengah
1998-11-27T19:21:02.270Z	-8,22	115,251	24,1	4,4	19 km ENE of Munduk, Indonesia	Menengah
1963-05-18T12:20:32.000Z	-8,112	115,582	25	5,7	37 km N of Amlapura city, Indonesia	Menengah
1994-11-06T09:22:35.560Z	-8,354	115,733	33	3,7	16 km NE of Amlapura, Indonesia	Menengah
1986-12-22T20:11:36.060Z	-8,43	115,341	33	4,3	11 km NW of Banjar Wangsian, Indonesia	Menengah
1981-10-23T15:21:44.170Z	-8,369	115,342	33	4,3	16 km NNW of Banjar Wangsian, Indonesia	Menengah
2007-04-19T15:30:46.890Z	-8,232	115,684	35	3,8	25 km NNE of Amlapura, Indonesia	Menengah
1963-05-22T21:53:04.000Z	-8,202	115,73	35	5,9	30 km NNE of Amlapura, Indonesia	Menengah
2017-03-21T23:10:25.150Z	-8,4915	115,3233	111,71	5,6	6 km ENE of Ubud, Indonesia	Dalam
2017-03-21T23:40:31.630Z	-8,3858	115,3706	115,2	4	13 km NNW of Banjar Wangsian, Indonesia	Dalam
1994-12-01T03:55:07.490Z	-8,467	115,649	133,8	5	4 km ESE of Amlapura, Indonesia	Dalam
1991-10-21T11:40:45.230Z	-8,195	115,655	148	4,8	28 km N of Amlapura, Indonesia	Dalam
2014-09-22T21:05:01.090Z	-8,3405	115,7225	185,51	4,7	16 km NE of Amlapura, Indonesia	Dalam
1999-05-14T12:07:28.620Z	-8,173	115,668	189,4	4,4	31 km N of Amlapura, Indonesia	Dalam
2011-03-11T15:33:02.960Z	-8,263	115,304	190,7	4,9	24 km E of Munduk, Indonesia	Dalam
1996-05-04T00:19:05.570Z	-8,262	115,639	196,1	4,7	20 km N of Amlapura, Indonesia	Dalam

IDENTIFIKASI ZONA SESAR MENGGUNAKAN PENDEKATAN GEOMORFOLOGI TEKTONIK DAN PEMETAAN GEOLOGI DI DESA BAN, KABUPATEN KARANGASEM, BALI

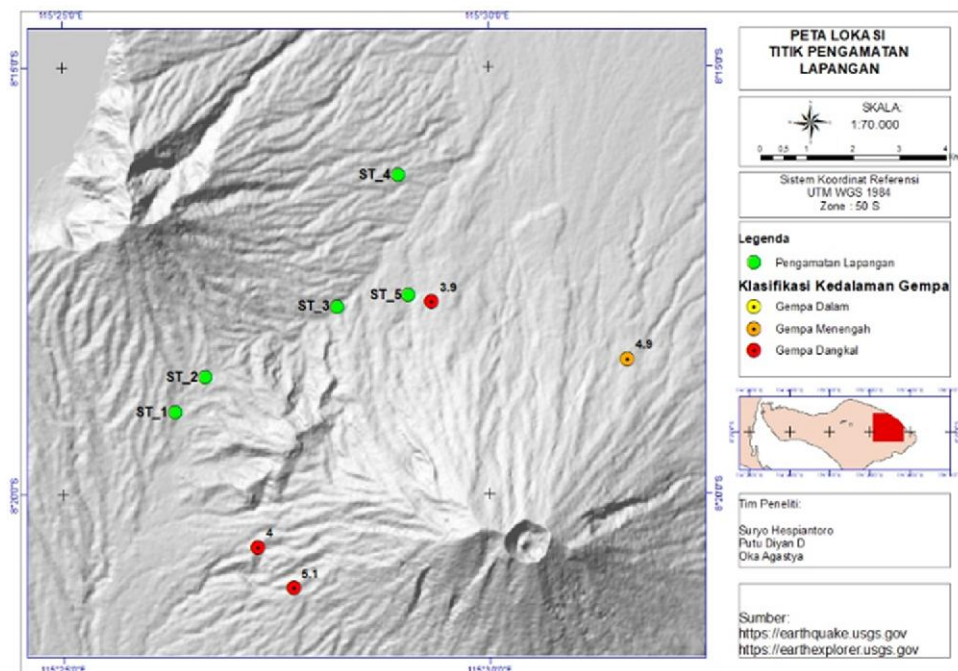
Berdasarkan hasil analisa citra satelit landshade dari pengolahan data DEM maka dilakukan penarikan-penarikan kelurusan pada daerah penelitian. berdasarkan penarikan data kelurusan didapatkan data set kelurusan berjumlah 141 kelurusan dengan arah dominan timur laut-baratdaya (Gambar.3). hal ini sejalan dengan kelurusan iterpretasi dari pola-pola sesar di daerah tersebut selain itu pola-pola kelurusan ini juga dikontrol oleh adanya gunung Abang & Gunungapi Agung. Selain itu terdapat juga pola sesar-sesar normal dari hasil pengamatan data citra yang diinterpretasikan sebagai sesar normal akibat gaya peregangan pada tubuh gunungapi atau di istilahkan sebagai deflasi.



Gambar 3. Peta interpretasi kelurusan/deliniasi di sekitaran wilayah Ban, Karangasem dimana memiliki pola dominan timurlaut-baratdaya.

2. Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Studi lapangan dilakukan guna memverifikasi keberadaan sesar di lokasi penelitian, adapun lokasi terdiri dari 4 titik pengamatan lapangan yakni pada singkapan batuan perlapisan tuff dan lapili Formasi Gunungapi Buyan-Beratan dan Batur Purba (Qp_{vb}) ST 1, Singkapan perselingan tuff-lapili Formasi Gunungapi Agung (Qh_{va}) ST 2, singkapan batuan lava andesit Formasi Gunungapi Agung (Qh_{va}) ST 3 dan daerah terdampak gempabumi di Daerah Temukung, Rendang ST 4 (Gambar.4) dan (Tabel.2). Adapun kondisi daerah penelitian yang bervegetasi lebat-sedang menyebabkan sulitnya mendapatkan singkapan batuan yang tersingkap baik terutama keberadaan struktur geologi dipermukaan.



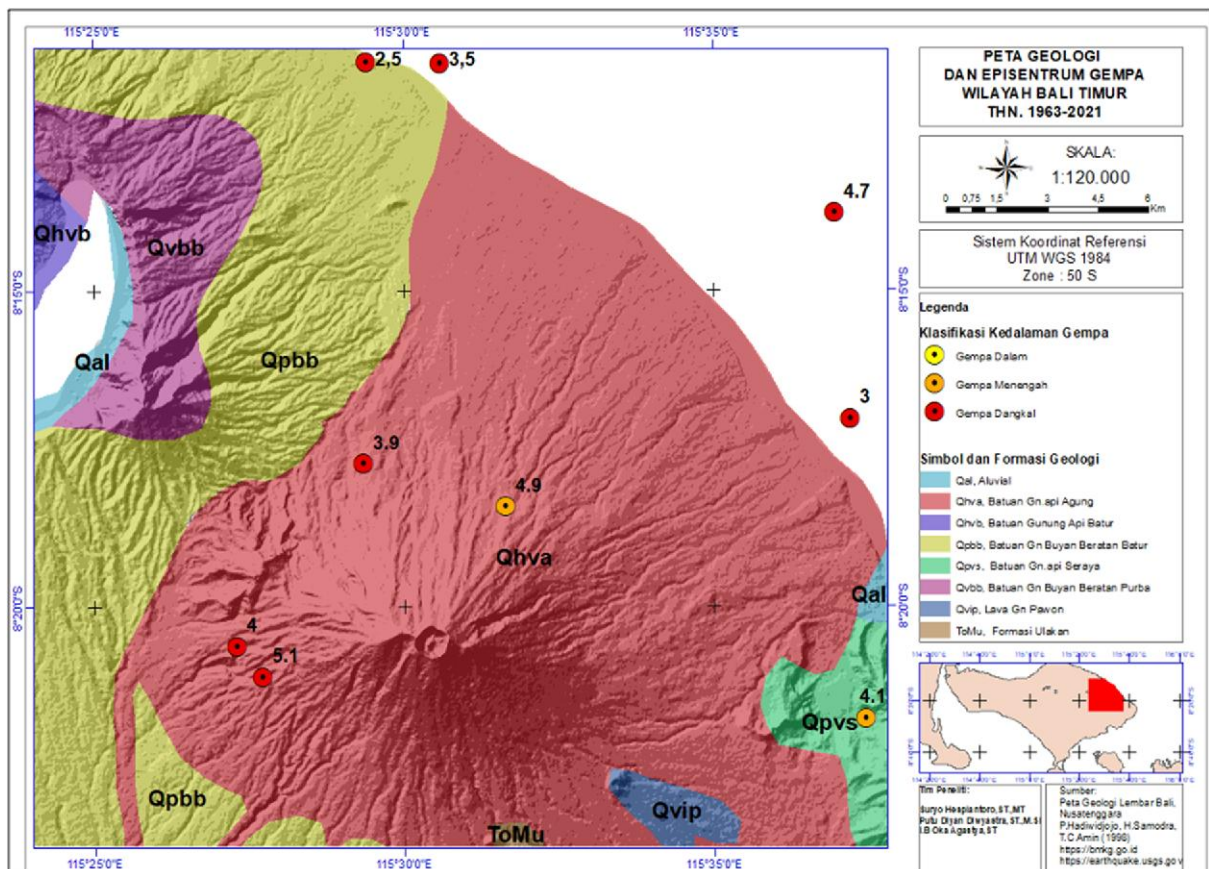
Gambar 4. Lokasi pengamatan singkapan dan struktur geologi

Tabel 2. Lokasi Pengamatan Singkapan Batuan dan Struktur Geologi

Lokasi Pengamatan	Longitude (X)	Latitude (Y)	Litologi/ Batuan yang ditemukan di lapangan	Nama Formasi	Umur
ST_1	115° 26' 18,982" E	8° 19' 2,436" S	batuan piroklastik perselingan tuff dan lapili - breksi yang merupakan rombakan dari aliran lava.	Batuan Gunungapi Kelompok Buyan-Bratan dan Batur (Qpbb)	Kuarter (Holosen)
ST_2	115° 26' 40,366" E	8° 18' 37,929" S	Batuan berupa perselingan tuff & lapili	Batuan Gunungapi Agung (Qhva)	Kuarter (Holosen)
ST_3	115° 28' 13,094" E	8° 17' 48,529" S	Lava dengan struktur kekar gerus	Batuan Gunungapi Agung (Qhva)	Kuarter (Holosen)
ST_4	115° 28' 56,307" E	8° 16' 15,975" S	batuan piroklastik perselingan tuff dan lapili - breksi yang merupakan rombakan dari aliran lava.	Batuan Gunungapi Kelompok Buyan-Bratan dan Batur (Qpbb)	Kuarter (Holosen)
ST_5	115° 29' 3,837" E	8° 17' 40,836" S	Pusat gempa 16 oktober 2021	-	-

IDENTIFIKASI ZONA SESAR MENGGUNAKAN PENDEKATAN GEOMORFOLOGI TEKTONIK DAN PEMETAAN GEOLOGI DI DESA BAN, KABUPATEN KARANGASEM, BALI

Lokasi penelitian tersusun atas 2 formasi batuan yakni Formasi Gunungapi Buyan-Beratan dan Batur Purba (Qpvp) dan Formasi Gunungapi Agung (Qhva) (Gambar.5). Dimana terdiri dari jenis batuan berupa batuan piroklastik perselingan tuff-lapili dan lava andesit. Pada singkapan batuan perselingan tuff-lapili Formasi Gunungapi Buyan-Beratan dan Batur Purba memiliki ukuran butir pasir halus-kerikil, memiliki warna terang hingga lapuk dari abu-abu hingga hitam berstruktur gradasi normal dengan batas kontak yang tegas. kondisi batuan masih semi terlitifikasi sehingga mudah rapuh. Selain itu pada singkapan ini dijumpai juga keberadaan struktur sesar minor yang menunjukkan bidang sesar hingga gores garisnya (*slickenside*). Pada singkapan batuan perselingan tuff-lapili Formasi Gunungapi Agung (Qhva) memiliki ukuran butir pasir sedang-kerikil, dengan struktur masif-gradasi normal, di beberapa lapisan ditemukan fragmen andesit, memiliki warna relatif terang dari abu-abu hingga abu-abu kehitaman. Batuannya bersifat sangat rapuh dan tidak terlitifikasi baik, pada batuan juga dijumpai adanya indikasi sesar minor dilapangan yang ditunjukkan dengan keberadaan *flower struktur*. Sedangkan pada singkapan batuan lava Formasi Gunungapi Agung (Qhva) berstruktur masif, dengan warna hitam keabuan, dengan tekstur holohialin dan afanitik. Batuan lava ini tersingkap baik disepanjang tubuh sungai yang diperkirakan hulunya berasal dari Gunungapi Agung. Pada singkapan lava dijumpai juga struktur kekar/rekahan dimana keterdapatannya cukup intens dan di singkapan ini dilakukan pengukuran kekar berpasangan (Gambar.6).



Gambar 5. Peta Geologi Daerah Penelitian dan Epicentrum Gempa Thn 1963-2021



Gambar 6. struktur geologi dan deformasi yang ditemukan dilapangan : A. Kekar berpasangan pada singkapan batuan lava Formasi Gunungapi Agung (Qhva); B. Dinding bidang sesar yang menunjukkan pergerakan mengiri turun pada Batuan perselingan lapili-tuff Formasi Batuan Gunungapi Buyan-Beratan dan Batur Purba (Qpbb); C. Kenampakan stuktur *flower structure* sesar mendatar kanan pada singkapan batuan lapili-tuff Formasi Batuan Formasi Gunungapi Agung (Qhva).

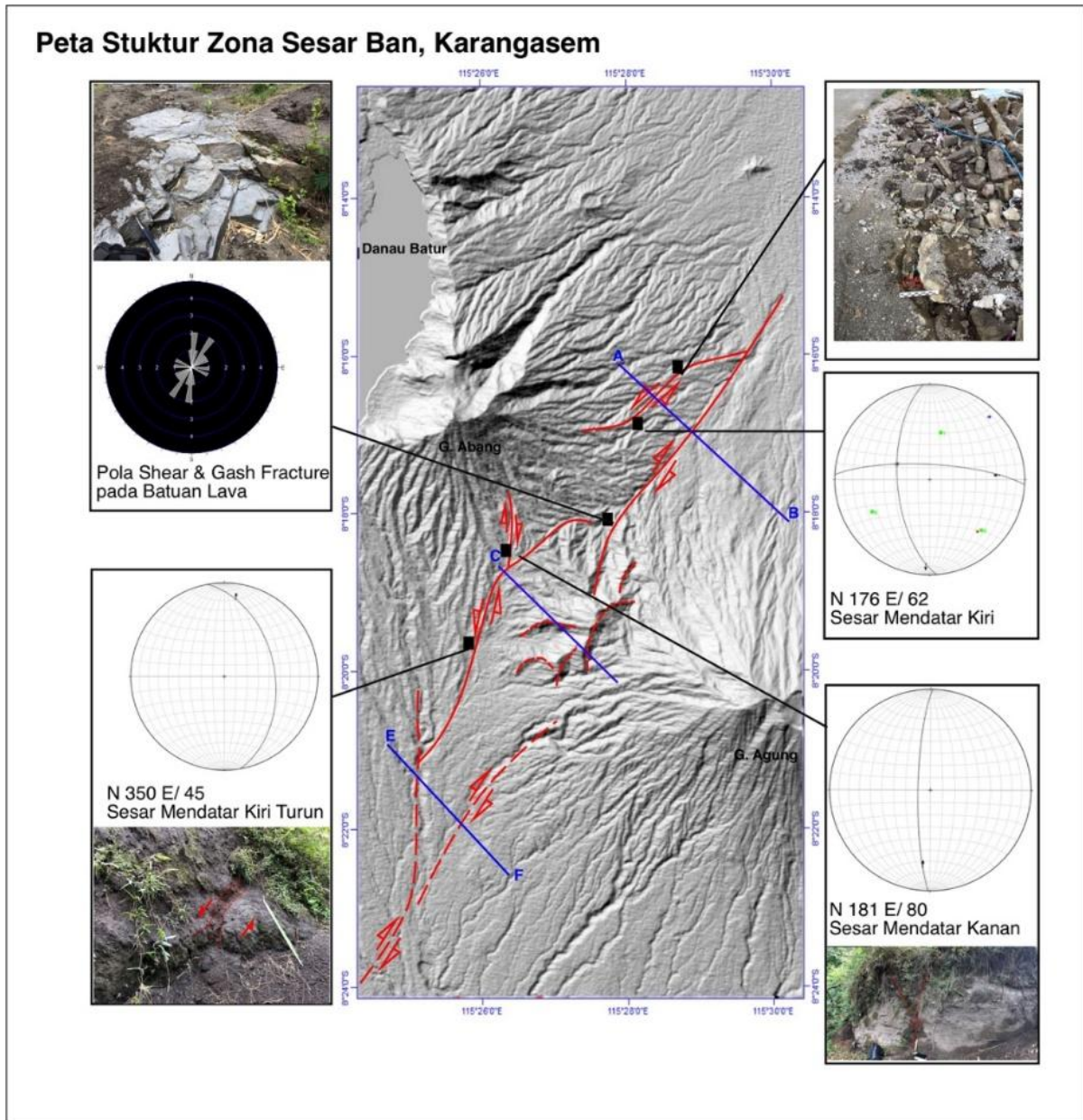
3. Hasil Analisis Struktur Geologi dan Kinematik Zona Sesar

Analisis struktur geologi dan kinematika sesar dilakukan di beberapa lokasi pengamatan. Struktur geologi yang ditemukan berupa struktur kekar berpasangan (shear dan gash fracture), Sesar minor yang terdiri dari sesar mendatar kanan (*right slip fault*), sesar mendatar kiri turun (*left normal slip fault*) dan sesar dari data tensor kegempaan pada tanggal 16 Oktober 2021 dengan magnitude gempa 4,8 Mw yakni sesar mendatar kiri (*left slip fault*) berdasarkan analisa struktur sesar Rickard, 1972 (Gambar 7). Adapun detailnya sebagai berikut :

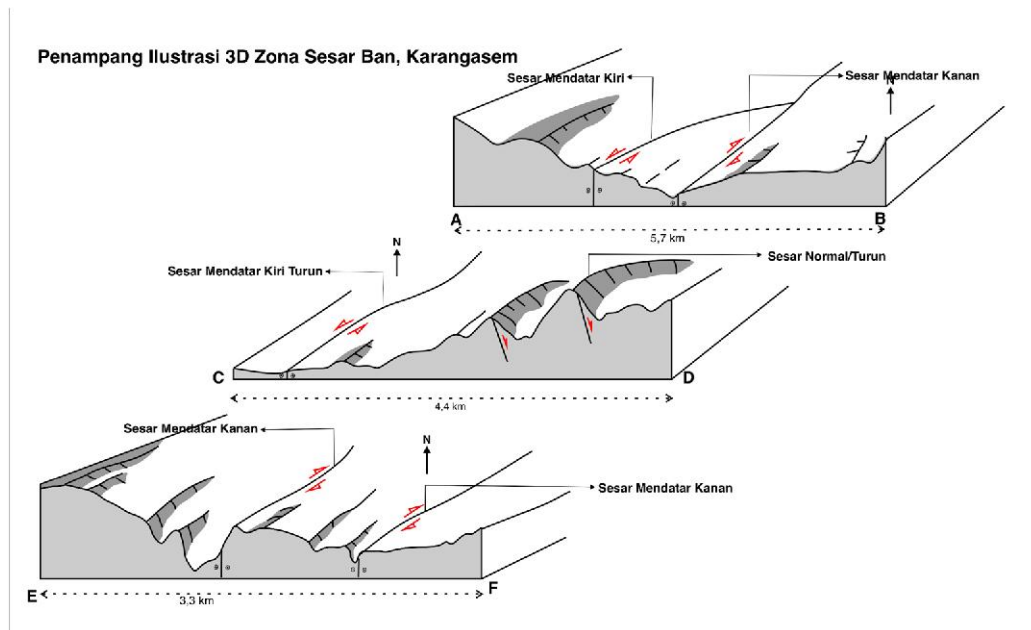
- Analisis kekar berpasangan/kekar gerus dilakukan pada singkapan batuan lava andesit pada lokasi pengamatan (ST 3) dimana menunjukkan pola kekar yang sangat rapat. Dari hasil pengukuran didapatkan sekitar 12 data kekar gerus dengan nilai tegasan $N 11^{\circ} E$ dan arah tegasan utamanya timur laut – barat daya. Hal ini menunjukkan kekar-kekar gerus ini dikontrol oleh gaya tektonik berarah timur laut - barat daya yang searah dengan pola zona sesar di daerah Ban, Karangasem.
- Analisis sesar minor dilakukan pada lokasi pengamatan ST 1, ST 2 dan data tensor kegempaan dimana dari pengamatan struktur geologi didapatkan bidang sesar pada dinding singkapan ST 1 yang memotong hampir tegak lurus perlapisan, dengan bidang sesar $N 350^{\circ} E / 45^{\circ}$ dengan nilai rake 32 maka di dapatkan analisa kinematik sesar yakni sesar mendatar kiri turun (*left normal slip fault*) dengan tegasan utamanya berarah utara-selatan. Singkapan struktur sesar minor kedua berada pada ST 2 dimana memotong tegak lurus perlapisan batuan perselingan *tuff-pumice* dari Formasi Gunungapi Agung (Qhva) dengan bidang sesar $N 181^{\circ} E / 80^{\circ}$ namun tidak teramati jelas rake/gores garis dilapangan. namun berdasarkan pengamatan bidang lapisan, sesar ini memiliki pola pergerakan menganan dengan membentuk pola struktur bunga (*flower structure*) sehingga dimasukan sebagai sesar mendatar kanan (*right slip fault*). Selanjutnya juga dilakukan analisa kinematik terhadap data tensor kegempaan pada tanggal 16 oktober 2021 dengan magnitude gempa 4,8 Mw data tensor bersumber dari data BMKG sehingga setelah di analisis maka didapatkan bidang sesar $N 176^{\circ} E / 62^{\circ}$ dengan pergerakan sesar

IDENTIFIKASI ZONA SESAR MENGGUNAKAN PENDEKATAN GEOMORFOLOGI TEKTONIK DAN PEMETAAN GEOLOGI DI DESA BAN, KABUPATEN KARANGASEM, BALI

mendatar kiri (*left slip fault*). keberadaan sesar-sesar minor ini juga berkorelasi dengan analisis morfologi patahan di daerah penelitian yang ditunjukkan oleh penampang 3D dari zona sesar Ban, Karangasem (Gambar 8).



Gambar 7. peta struktur geologi dan interpretasi geometri zona sesar yang ditemukan di lapangan menunjukkan beberapa jenis sesar yakni sesar mendatar kanan, sesar mendatar kiri dan sesar normal.



Gambar 8. penampang struktur 3D zona sesar Ban, Karangasem.

4. Pembahasan

Analisa kinematik dan geometri zona sesar menunjukkan zona sesar Ban, Karangasem ini kontrol oleh tegasan relatif berarah utara-selatan hingga timur laut-baratdaya. Kondisi ini dikontrol oleh adanya subduksi di selatan Pulau Bali yakni antara lempeng Benua Eurasia dan Lempeng Samudra Indo-Australia, akibat adanya tumbukan lempeng ini menyebabkan timbulnya deformasi-deformasi di permukaan di Pulau Bali dan salah satunya menjadi zona sesar Ban, Karangasem. Adanya kontrol dua tubuh gunungapi yakni Kaldera Gunung Batur dan Gunungapi Agung mengakomodir gaya pada daerah rendahan diantaranya sehingga di indikasikan sebagai zona lemah antar kedua gunung tersebut. Jika dilihat dari geometri sesar dari data citra maka zona sesar ini terdiri dari sesar-sesar minor yang menjadi antitetik dan sintetik dari pola sesar utama yakni Sesar Mendatar Kanan/*Right Slip Fault*. Maka zona sesar Ban, Karangasem ini tidak disusun hanya oleh satu jenis sesar melainkan terdiri dari beberapa segmen sesar.

Berdasarkan katalog kegempaan yang ada disekitaran zona sesar Ban, Karangasem mengindikasikan bahwasanya zona sesar ban ini termasuk kedalam sesar aktif yang dicirikan dengan aktifnya kegempaan di daerah tersebut. Selain itu berdasarkan umur formasi batuan yang dilalui oleh sesar-sesar tersebut dengan umur batuan Kuartar (holosen) maka sesar ini juga dikategorikan sebagai sesar aktif. Berdasarkan data geomorfologi yang dianalisa dari data DEM maka di dapat perkiraan panjang zona sesar tersebut mencapai 18 km dengan 5 segmen sesar. Kedepannya perlu diwaspadai gempa-gempa dangkal dengan magnitudo yang sedang-tinggi karena dapat membahayakan penduduk disekitar zona sesar ini, terutama penduduk dengan tinggal di rumah atau bangunan yang tidak tahan gempa.

4. KESIMPULAN

Daerah penelitian termasuk kedalam dua formasi yakni Formasi Buyan Beratan dan Batur Purba (Qpvb) dan Formasi Gunungapi Agung (Qhva) dimana memiliki potensi gempa merusak diakibatkan adanya Zona Sesar Ban, Karangasem. keberadaan zona sesar ini dipengaruhi oleh adanya kegiatan subduksi di selatan Pulau Bali antara Lempeng Benua Eurasia dan Lempeng Samudera Indo-Australia. Dengan cukup banyaknya kejadian gempa di daerah ini dan dari batuan berumur muda yang terpotong atau dilalui oleh Zona Sesar Ban menunjukkan bahwa sesar ini tergolong sebagai sesar aktif. Panjang zona sesar ini diperkirakan mencapai 18 km dengan 5 segmen sesar.

Perlu dilakukan pemetaan geologi dan geologi struktur lebih mendetail pada lokasi penelitian dan karena vegetasi dan soil yang cukup tebal disarankan melakukan kegiatan pengukuran metode geofisika seperti geolistrik di beberapa segmen yang sudah ada untuk mendapat gambaran lebih detail perihal kondisi bawah permukaan dan geometri dari sesar-sesar yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Agastya, I.B.O., Wijaya, P.A., Ariantana, K., Pradana, A.A.& Prameswari, M.D. 2018. The Potency of Earthquake in Denpasar City Based on History of Earthquake and Geological Conditions. Proceedings Pekan Ilmiah Tahunan IAGI 2018, Pekanbaru.
- Daryono, Sutikno, Sartohadi, J. D., & Brotopuspito, K. . 2009. Efek Tapak Lokal di Graben Bantul Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor. International Conference Earth Science and Technology, Yogyakarta, 6-7 Agustus 2009.
- Daryono. 2011. Identifikasi Sesar Naik Belakang Busur (Back Arc Thrust) Daerah Bali Berdasarkan Seismisitas dan Solusi Bidang Sesar. Artikel Kebumihan, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisik, Jakarta.
- Diaz, N., Suarbawa, K.N., Musitantyo, A. 2018. Relokasi Gempa Bumi di Pulau Bali Bagian Utara Tahun 2015-2017 dengan Menggunakan Metode *Double Difference*. Buletin Fisika Vol. 19 No. 2 2 Agustus 2018 hal 64-72
- Hady, H.K. & Marliyani, G.I. 2020. Update Segmentation Model of the Aceh Segment of the Sumatran Fault System in North Sumatra, Indonesia. Journal of Applied Geology 5, Hal 84-100.
- Badan Geologi. 2021. Laporan penyelidikan tim tanggap darurat Badan Geologi. <https://vsi.esdm.go.id/index.php/gempabumi-a-tsunami/kejadian-gempabumi-a-tsunami/3829-laporan-singkat-dan-rekomendasi-teknis-gempa-bumi-tanggal-16-oktober-2021-di-kabupaten-bangli-karangasem-provinsi-bali>
- McCalpin, J. P. 2012. Paleoseismology. McCalpin J. P. 2012. Paleoseismology.
- Purbo-Hadiwidjojo., 1971, Peta Geologi Lembar Bali skala 1 : 100.000, Puslitbang Geologi