ATLAS Peta Tematik Patahan Aktif Kabupaten/Kota di Indonesia





KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL BADAN GEOLOGI PUSAT SURVEI GEOLOGI 2024

VOLUME 1

Kota Sukabumi Kabupaten Sukabumi Kabupaten Cianjur Kabupaten Garut Kabupaten Bandung Kabupaten Bandung Barat Kabupaten Sleman Kabupaten Bantul Kota Surabaya

ATLAS PETA TEMATIK PATAHAN AKTIF KABUPATEN/KOTA DI INDONESIA

VOLUME 1:

Kota Sukabumi Kabupaten Sukabumi Kabupaten Cianjur Kabupaten Garut Kabupaten Bandung Kabupaten Bandung Barat Kabupaten Sleman Kabupaten Bantul Kota Surabaya



Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Badan Geologi

Pusat Survei Geologi Jl. Diponegoro No. 57 Bandung 40122 Telp. 022 7203205; Fax 022 7202669 Email: sekretariat_psg@esdm.go.id

Pengantar

Kebijakan Satu Peta (KSP) merupakan kebijakan nasional untuk mengintegrasikan data spasial dari berbagai Kementerian, Lembaga, dan Pemerintah Daerah untuk menghasilkan peta tematik yang terintegrasi. Program KSP melibatkan 24 Kementerian/Lembaga dan menghasilkan 158 peta tematik, salah satunya peta patahan aktif Indonesia. Keputusan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 16 Tahun 2023 tentang Walidata Informasi Geospasial Tematik mengatur tentang skala peta patahan aktif yang harus disediakan oleh walidata yaitu skala 1:1.000.000 untuk pulau – pulau besar dan skala 1:100.000 untuk kabupaten/kota.

Badan Geologi melalui Pusat Survei Geologi menyusun atlas ini untuk mempublikasikan peta - peta patahan aktif yang disajikan berdasarkan batas wilayah administrasi kabupaten/kota. Peta – peta yang dihasilkan pada tahun 2024 meliputi kabupaten Sukabumi, Cianjur, Garut, Bandung, Bandung Barat, Sleman dan Bantul serta kota Sukabumi dan Surabaya.

Atlas ini bertujuan untuk memberikan informasi tematik patahan aktif sebagai salah satu masukan dalam penataan ruang dan mitigasi bencana gempa bumi. Kami berharap untuk menghasilkan atlas peta tematik patahan aktif di kabupaten/kota lain di Indonesia secara berkala dengan melibatkan lebih banyak mitra kolaborasi.

Kami sangat berterima kasih kepada tim yang telah melakukan survei, mitra kolaborasi, serta penyusun atlas dan berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyusunan Atlas ini.

Bandung, November 2024 Kepala Pusat Survei Geologi

Edy Slameto

JudulI
Pendahuluan II
Daftar Isi II
Pendahuluan1
Peta Anomali Bouguer Residual Daerah Sukabumi
Peta Anomali Bouguer Residual Daerah Garut
Peta Anomali Magnet Reduksi Ke Kutub daerah Sukabumi7
Peta Anomali Magnet Reduksi Ke Kutub daerah Garut sekitarnya9
Peta Patahan Aktif Kota Sukabumi11
Peta Patahan Aktif Kabupaten Sukabumi
Peta Patahan Aktif Kabupaten Cianjur
Peta Patahan Aktif Kabupaten Garut
Peta Patahan Aktif Kabupaten Bandung
Peta Patahan Aktif Kabupaten Bandung Barat
Peta Patahan Aktif Kabupaten Sleman
Peta Patahan Aktif Kabupaten Bantul
Peta Patahan Aktif Kota Surabaya
Peta Karakteristik Sedimen Bawah Permukaan (Vs30) daerah Sukabumi – Cibadak
Peta Karakteristik Sedimen Bawah Permukaan (Vs30) daerah Pelabuhan Ratu
Peta Karakteristik Sedimen Bawah Permukaan (Vs30) daerah Garut
Peta Karakteristik Sedimen Bawah Permukaan (Vs30) daerah Pamengpeuk

Daftar Isi

Badan Geologi melalui Pusat Survei Geologi menyusun atlas peta tematik patahan aktif sebagai bagian dari pelaksanaan percepatan kebijakan satu peta (Peraturan Presiden Nomor 23 Tahun 2021). Atlas merupakan hasil kegiatan survei dan kolaborasi dengan perguruan tinggi, yaitu Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Departemen Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada dan Departemen Teknik Geofisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Kegiatan survei dilakukan di Kota Sukabumi, Kabupaten Sukabumi, Cianjur dan Garut yang menghasilkan peta geofisika (anomali bouguer residual dan anomali magnet reduksi ke kutub), peta karakteristik sedimen bawah permukaan (Vs30) dan peta patahan aktif. Kegiatan kolaborasi dengan perguruan tinggi menghasilkan peta patahan aktif Kabupaten Bandung, Bandung Barat, Sleman, Bantul dan Kota Surabaya.



Lokasi Pemetaan Tematik Patahan Aktif Kabupaten / Kota tahun 2024

Patahan adalah retakan atau zona lemah pada kerak bumi yang terpatahkan oleh aktivitas tektonik (modifikasi dari SNI 13-6010-1999). Patahan dapat diklasifikasikan berdasarkan aktivitasnya (Keller dan Pinter, 1996 dan 2002) sebagai berikut:

- 1. Patahan aktif apabila patahan tersebut telah mengalami pergerakan pada Kala Holosen atau 11.700 tahun terakhir (sebelumnya 10.000 tahun).
- 2. Patahan potensial aktif apabila patahan tersebut telah mengalami pergerakan pada Zaman Kuarter atau 2,58 juta tahun yang lalu (sebelumnya 1,8 juta tahun).
- 3. Patahan tidak aktif atau teridentifikasi apabila patahan tersebut telah mengalami pergerakan lebih tua dari Zaman Kuarter atau lebih dari 2,58 juta tahun yang lalu.

Peta patahan aktif disusun tidak hanya dalam bentuk raster, tetapi juga dalam struktur data sesuai dengan Katalog Unsur Geografi Indonesia (KUGI). Struktur data peta patahan aktif terdiri dari kode patahan, nama patahan, segmen patahan, klasifikasi pataham, jenis patahan, panjang patahan, potensi gempabumi maksimum (MCE), lokasi geologi, sejarah gempa, penyusun, catatan dan metadata.

Penyusunan Peta Patahaan Aktif terdiri berbagai tahapan, yaitu tahap persiapan, penyelidikan lapangan, penyusunan dan penyajian peta, keterangan lebih detail dapat dilihat pada diagram berikut:



Peta Anomali Bouguer menggambarkan sebaran rapat massa batuan (densitas) yang secara tidak langsung dapat mencerminkan struktur geologi dan tektonik. Proses *filtering* dilakukan untuk memisahkan anomali Bouguer dengan anomali residualnya. Nilai anomali Bouguer residual Sukabumi berkisar -10.9 mGal hingga 9.7 mGal. Kisaran anomali Bouguer residual disajikan dalam satuan tertentu (mGal) dan digambarkan dalam skala warna. Skala warna merah menunjukkan anomali tinggi yang berasosiasi dengan nilai densitas tinggi, skala warna kuning menunjukkan anomali menengah yang berasosiasi dengan nilai densitas menengah sedangkan skala warna biru menunjukkan nilai anomali rendah yang berasosiasi dengan nilai densitas rendah.

Sumber Data

Pemetaan gayaberat di daerah Sukabumi, Provinsi Jawa Barat dilaksanakan oleh Tim Survei Gayaberat Pusat Survei Geologi dan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi pada tahun 2022 - 2024 (Gambar 1). Pengambilan data dilakukan di wilayah Kabupaten Sukabumi, Kota Sukabumi dan sebagian Kabupaten Cianjur. Pemetaan anomali Bouguer residual untuk patahan aktif dilakukan untuk mengidentifikasi patahan Cimandiri di Sukabumi dan patahan di daerah Cianjur. Jumlah titik ukur data anomali gayaberat adalah 606 titik dengan interval pengukuran sebesar 1,5-2 km.



Gambar 1. Peta sebaran titik ukur gayaberat

Metodologi Penelitian

Pemetaan anomali gayaberat daerah Sukabumi dilakukan dengan menggunakan alat gravimeter Scintrex CG-5. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali pada tiap titik dan diambil nilai rata - ratanya. Koordinat dan ketinggian titik pengukuran gayaberat diukur dengan metode GPS diferensial menggunakan dua set alat GPS Leica Viva CS10. Satu set alat GPS Rover digunakan untuk pengukuran di lapangan dan satu set alat GPS terpasang di stasiun induk (Base Station). Pengukuran ketinggian di stasiun induk dilakukan sepanjang hari sementara pengukuran ketinggian di lapangan dilakukan di tiap titik ukur dengan durasi sepuluh menit.

Untuk mendapatkan ketinggian stasiun Induk di Sukabumi (Hotel Augusta) maka dilakukan perhitungan ketinggian dengan mengacu pada titik ikat TTG.41 (BIG). Pengukuran dilakukan dengan mengacu ke titik pangkal gayaberat sebagai berikut:

Tabel 1. LokasiTitik Stasiun Induk Gayaberat <i>/Gravity Base Station</i>							
Lokasi	Bujur	Lintang	Ketinggian	Nilai Gaya Berat (G Obs)			
(Location)	(Longitude)	(Latitude)	(Elevation)	(Gravity Value (G Obs))			
Hotel Augusta Sukabumi	106° 51' 10.8" BT	6° 54' 14.4" LS	525.176 m	978093.559 μms ²			
TTG.41	106° 54' 45.0" BT	6° 55' 6.96' LS	577.551 m	978086.812 µms ⁻²			

Alat Garmin GPSmap76CSx digunakan untuk navigasi di lapangan. Pengukuran anomali gayaberat dilakukan sepanjang lintasan tertutup (loop). Pengukuran dimulai di stasiun induk, kemudian pengukuran titik-titik ukur lapangan, dan diakhiri pengukuran di stasiun induk yang sama. Nilai anomali Bouguer dihasilkan setelah dilakukan beberapa tahapan pengolahan data, antara lain koreksi pasang surut (tide correction), koreksi apungan (drift correction), koreksi lintang, koreksi bouguer dan koreksi medan (terrain correction). Nilai koreksi apungan (drift correction) dihitung menggunakan nilai gayaberat di stasiun induk pada awal dan akhir pengukuran, kemudian diterapkan kepada semua data harian. Data anomali gayaberat dikisi (grid) menggunakan perangkat lunak Oasis Montaj dengan algoritma minimum curvature. Pengolahan data gayaberat dilakukan pada perangkat lunak Oasis Montaj dengan filter Gaussian. Pada tahapan penyajian data selanjutnya dilakukan pengkonturan dengan interval 1 mGal.

Model Penampang

Pemodelan dimulai dengan membuat lintasan pada Peta Anomali Bouguer Residual (Gambar 2). Pemilihan lintasan dibuat berdasarkan pada karakter pola anomali Bouguer residual yang menunjukan kondisi bawah permukaan. Hasil pemodelan Lintasan A-A' dan Lintasan B-B'(Gambar 3) memperlihatkan tiga lapisan batuan yang terdiri dari litologi batuan sedimen dengan densitas 2.2 gr/cm³ yang diendapkan di atas lapisan sedimen yang berumur lebih tua dengan densitas 2.67 gr/cm³. Di bawah lapisan sedimen tua terdapat lapisan batuan dasar dengan densitas 2.72 gr/cm³. Kedalaman lapisan batuan sedimen bervariasi antara 1 hingga 2.5 km dengan ketebalan sedimen sekitar 1-2 km. Struktur geologi berupa beberapa patahan dengan kemiringan bidang patahan dapat diamati pada model penampang





Gambar 3. Model penampang Anomali Bouguer Residual daerah Sukabumi

Daftar Acuan

Adkins J., Sukardi S., Said H., and Untung M., 1978, A Regional Gravity Base Station Network for Indonesia, Publikasi Teknik Seri Geofisika No. 6, Direktorat Geologi Bandung. Darby, E.K. and Davies, E.B. 1967. The Analysis and design of two-dimensional filters for two-dimensional data, Geophysics, XV, 383-305. Dobrin M.B. and Savit C.H., 1988, Introduction to Geophysical Prospecting, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York. Gunawan, W dkk, 1998, Peta Anomali Bouguer Lembar Jampang, Skala 1: 100.000, Puslitbang Geologi, Bandung Grandis, H., 2009. Pengantar Pemodelan Geofisika. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia, Bandung. Nainggolan, D.A., Hutubessy, S. dan Suharyono, S., 1995. Peta Anomali Bouguer Lembar Sindangbarang, Jawa sekala 1: 100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.





Peta Anomali Bouguer menggambarkan sebaran rapat massa batuan (densitas) yang secara tidak langsung dapat mencerminkan struktur geologi dan tektonik. Proses filtering digunakan untuk memisahkan anomali Bouguer dengan anomali residualnya. Nilai anomali Bouguer residual Garut berkisar pada -35,3 hingga 28,9 mGal. Kisaran nilai anomali Bouguer residual disajikan dalam satuan miliGal (mGal) dan digambarkan dalam skala warna. Skala warna merah menunjukkan anomali tinggi yang berasosiasi dengan nilai densitas tinggi, skala warna kuning menunjukkan anomali menengah yang berasosiasi dengan nilai densitas menengah sedangkan skala warna biru menunjukkan nilai anomali rendah yang berasosiasi dengan nilai densitas rendah.

Sumber Data

Pemetaan gayaberat di daerah Garut, Provinsi Jawa Barat dilaksanakan oleh Tim Survei Gayaberat Pusat Survei Geologi pada bulan Juni-Juli Tahun 2024 (Gambar 1). Pengambilan data dilakukan di wilayah Kabupaten Garut dan Kabupaten Bandung. Pemetaan gayaberat yang menghasilkan peta anomali Bouguer residual dilakukan untuk mengidentifikasi patahan aktif di wilayah ini. Jumlah titik ukur data gayaberat adalah 239 titik dengan interval pengukuran sebesar 1,5-2 km.



Metodologi Penelitian

Pemetaan gayaberat daerah Garut dilakukan dengan menggunakan alat gravimeter Scintrex CG-5. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali pada tiap titik ukur dan diambil nilai rata - ratanya. Posisi dan ketinggian titik pengukuran gayaberat diukur dengan metode GPS diferensial menggunakan dua set alat GPS Leica Viva CS10. Satu set alat GPS Rover digunakan untuk pengukuran di lapangan dan satu set alat GPS terpasang di stasiun induk (*Base Station*). Pengukuran posisi dan ketinggian di stasiun induk dilakukan secara kontinu sepanjang hari, sementara pengukuran posisi dan ketinggian di lapangan dilakukan di tiap titik ukur dengan durasi 10 menit.

Gambar 1. Peta sebaran titik ukur gayaberat

Untuk mendapatkan ketinggian stasiun Induk di Pameungpeuk (Hotel Nuansa Bahari) maka dilakukan perhitungan ketinggian dengan mengacu pada titik ikat TTG 0690 (BIG) sedangkan untuk mendapatkan ketinggian stasiun induk di Cikajang (Hotel Singgasana Cipelah) maka dilakukan perhitungan ketinggian dengan mengacu pada titik stasiun induk d Pamengpeuk (Hotel Nuansa Bahari). Pengukuran di lapangan beracuan ke titik pangkal gayaberat sebagai berikut:

Lokasi	Lokasi Bujur Lintang K		Ketinggian	Nilai Gaya Berat (G Obs)
(Location)	(Longitude)	(Latitude)	(Elevation)	(Gravity Value (G Obs))
Hotel Nuansa Bahari	107° 42' 45.60" BT	7° 38' 53.40" LS	5.295 m	978273.885 μms ⁻²
Hotel Singgasana Cipelah	107° 48' 15.10" BT	7° 17' 46.20" LS	1095.358 m	977935.106 µms ⁻²
TTG 0690	107° 58' 04.80" BT	7° 02' 31.20" LS	527.310 m	978039.750 μms ⁻²

Tahal 1 Takaci	Titik Stasiun Induk Cavabarat	/ Gravity Rasa Station	
Tadel I. Lokasi	This Stasiun mous Gayaberat	/ Gravity Dase Station	

Alat Garmin GPSmap76CSx digunakan untuk navigasi di lapangan. Pengukuran anomali gayaberat dilakukan sepanjang lintasan tertutup *(loop)*. Pengukuran dimulai di stasiun induk, kemudian pengukuran titik-titik ukur lapangan, dan diakhiri pengukuran di stasiun induk yang sama. Nilai anomali Bouguer dihasilkan setelah dilakukan beberapa tahapan pengolahan data, antara lain koreksi pasang surut *(tide correction)*, koreksi apungan *(drift correction)*, koreksi lintang, koreksi Bouguer dan koreksi medan *(terrain correction)*. Nilai koreksi apungan *(drift correction)* dihitung menggunakan nilai gayaberat di stasiun induk pada awal dan akhir pengukuran, kemudian diterapkan kepada semua data harian. Data anomali gayaberat dikisi *(grid)* menggunakan perangkat lunak Oasis Montaj dengan algoritma *minimum curvature*. Pengolahan data gayaberat dilakukan pengkonturan dengan interval 1 mGal.

Model Penampang

Pemodelan dimulai dengan membuat lintasan pada Peta Anomali Bouguer Residual (Gambar 2). Pemilihan lintasan dibuat berdasarkan pada karakter pola anomali Bouguer residual yang menunjukan kondisi bawah permukaan. Hasil pemodelan Lintasan A-A' (Gambar 3) memperlihatkan tiga lapisan batuan yang terdiri dari litologi batuan sedimen muda dengan densitas 2.0-2.2 gr/cm³ yang diendapkan di atas lapisan sedimen yang berumur lebih tua dengan densitas 2.2-2.5 gr/cm³. Di bawah lapisan sedimen tua terdapat lapisan batuan dasar dengan densitas 2.5 -2.8 gr/cm³. Kedalaman lapisan batuan sedimen bervariasi antara 0 hingga 3 km dengan ketebalan sedimen sekitar 1-2 km. Struktur geologi berupa beberapa patahan dengan kemiringan bidang patahan dapat diamati pada model penampang Gambar 3.



daerah Garut

Daftar Acuan

Sari, Indah Permata. 2012. "Studi Komparasi Metode Filtering Untuk Pemisahan Anomali Regional Dan Residual Dari Data Anomali Bouguer".
Sarkowi, 2010. Identifikasi Struktur Daerah Panas Bumi Ulubelu Berdasarkan Analisa Data SVD Anomali Bouguer. J. Sains MIPA, Agustus 2010, Vol.16, No.2, Hal 111-1118.
Subagio, Padmawidjaja, T., Mirnanda, E., Djaswadi, I. dan Budiman, I., 1995. Peta Anomali Bouguer Lembar Pameungpeuk, Jawa sekala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
Telford, W.M., Geldart, L.P., and Sheriff, R.E., 1996. *Applied Geophysics, Cambridge University Press*.



Survei Geofisika metoda magnet mengukur variasi medan magnet di permukaan bumi. Metoda magnet dapat mengidentifikasi susunan batuan berdasarkan variasi distribusi batuan termagnetisasi di bawah permukaan bumi. Salah satu parameter pengukuran adalah perbedaan susunan mineral ferromagnetik dalam batuan. Salah satu pemanfaatan metoda magnet adalah mendeliniasi struktur geologi bawah permukaan untuk keperluan mitigasi bencana geologi. 106*50'0* 106*55'

Sumber Data

Pengambilan data anomali magnet di Daerah Sukabumi dan sekitarnya dilaksanakan pada bulan Februari sampai Maret 2023. Tim Pemetaan melakukan pengambilan data di wilayah Kota Sukabumi sampai Cibadak. Jumlah titik ukur adalah 332 titik dengan jarak interval pengukuran 2 sampai 5 km.

Metodologi Penelitian

Pemetaan Anomali Magnet Daerah Sukabumi dilakukan dengan menggunakan dua set alat magnetometer. Satu set alat magnetometer Conselo GSM-19T untuk pengukuran di apangan dan Magnetometer Geometrics G-856 di stasiun induk. Pengukuran di stasiun induk bertujuan untuk mendapatkan nilai variasi harian magnet bumi dan mengetahui apabila terjadi badai magnet. Badai magnet dapat



Gambar 1. Peta Titik Pengukuran

mempengaruhi hasil pengukuran sehingga harus ditangguhkan sampai keadaan normal. Pengukuran magnet di stasiun induk dilakukan sepanjang hari dengan interval waktu 5 menit.

Pengukuran di lapangan perlu memperhatikan lingkungan sekitar yang dapat mempengaruhi nilai pembacaan. Beberapa lokasi yang harus dihindari antara lain tower pemancar listrik dan gelombang elektromagnetik, tiang listrik, kabel tegangan tinggi, rel kereta api, kendaraan atau barang – barang yang mengandung logam, pipa – pipa besi dan lain lain. Pengukuran pada setiap lokasi dilakukan sebanyak 3 kali dan diambil nilai rata – ratanya.

Untuk mendapatkan koordinat lokasi titik pengukuran digunakan alat GPS. Pengukuran magnet dilakukan dengan sistem lintasan tertutup (looping). Pengukuran dimulai di stasiun induk, kemudian pengukuran titik-titik ukur lapangan, dan diakhiri pengukuran di stasiun induk yang sama.

Nilai anomali magnet dihasilkan setelah dilakukan beberapa tahapan pengolahan data, seperti koreksi apungan (drift correcction), koreksi variasi harian dan koreksi IGRF (International Geomagnetic Reference Field). Nilai koreksi apungan (drift correcction) dihitung menggunakan nilai magnet di stasiun induk pada awal dan akhir pengukuran, kemudian diterapkan kepada semua data harian.

Nilai koreksi variasi harian diperoleh dari data pengukuran stasiun induk di daerah Ciaul dan Salabintana, Sukabumi. Koreksi IGRF dilakukan dengan menggunakan Data Pengukuran Magnetik Epoch 2015.0 BMKG. Data anomali magnet dikisi menggunakan perangkat lunak Oasis Montaj dengan algoritma minimum curvature.

T 1 1	1 T 1			•	1 1	
Tabel		kası	stasi	1111 11	nduk	ζ
14001	1. 20.	11001	50001		14441	Î

Titik	Longitude	Latitude	Nilai Anomali Magnet (nT)	Keterangan
BS 01	106° 56' 33.72"	- 6° 54' 48.78"	101.4184	Ciaul, Sukabumi.
BS 02	106° 56' 16.44"	- 6° 53' 28.608"	58.3660	Hotel Idaman - Salabintana, Sukabumi.

Pengolahan reduksi ke kutub (RTP) dilakukan pada perangkat lunak Oasis Montaj dengan filter Reduction to The Pole (RTP). Pada tahapan pengolahan RTP, nilai inklinasi yang digunakan adalah -30.7505, nilai deklinasi 0.5303 dan nilai amplitude correction 59.2495, selanjutnya dilakukan pengkonturan dengan interval 100 nT.

Peta Anomali Magnet Reduksi ke Kutub daerah Sukabumi dan sekitarnya

Peta Anomali Magnet Reduksi ke Kutub adalah peta yang menyajikan informasi tentang sebaran kemagnetan batuan suatu daerah yang disajikan dalam bentuk kontur dan citra warna. Peta reduksi ke kutub telah melalui proses pengolahan data untuk menghilangkan pengaruh dua kutub sehingga nilai anomali magnet yang ditampilkan berada tepat diatas sumbernya. Kisaran anomali magnet disajikan dalam satuan tertentu (nanoTesla (nT)) dan digambarkan dalam skala warna. Skala warna merah menunjukkan anomali tinggi. Skala warna kuning menunjukkan anomali menengah. Sedangkan skala warna biru menunjukkan anomali rendah. Berdasarkan nilai anomali magnet pada peta reduksi ke kutub (RTP), terlihat pola sebaran anomali magnet berarah Barat - Timur. Anomali magnet tinggi RTP tersebar di bagian selatan peta mulai dari daerah Ubrug, Jampang Tengah, dan Cimerang. Anomali magnet tinggi RTP ini berkaitan dengan jenis batuan penyusun di daerah ini yang di dominasi oleh Formasi Jampang. Anomali magnet tinggi juga ditemukan di bagian timur laut peta di sekitar Cibeber, diduga anomali magnet tinggi di daerah ini diakibatkan produk dari batuan vulkanik dari Gunung Gede. Anomali magnet rendah ditemukan di bagian barat laut peta, lebih tepatnya di daerah Cibadak dan Sukabumi dan juga di bagian timur laut peta di daerah Cibeleng. Anomali magnet rendah di bagian barat laut dan timur laut peta diduga berkaitan dengan batuan sedimen Formasi Rajamandala. Kelurusan struktur yang dapat dihasilkan dari peta reduksi ke kutub (RTP) magnet memiliki arah struktur yang beragam, Barat - Timur, Barat Daya - Timur Laut, Barat Laut - Tenggara, dan juga ditemukan ada kelurusan struktur yang berarah Utara - Selatan. Di bagian tengah peta, terdapat kelurusan struktur yang berarah barat - timur, kelurusan ini terlihat menjadi pembatas dari topografi tinggi yang didominasi oleh area gunung dan perbukitan dengan daerah yang topografi rendah hingga landai. Kelurusan struktur dari peta RTP juga menjadi batas kontak batuan yang berbeda, seperti di bagian utara peta terlihat kelurusan struktur di daerah Cibadak dan Sukabumi yang berarah Barat -Timur, memisahkan endapan batuan sedimen dan alluvium dengan batuan vulkanik hasil produk dari Gunung di bagian selatannya.

Peta Anomali Residual Magnet Reduksi ke Kutub daerah Sukabumi dan sekitarnya



Peta Anomali Residual Magnet Reduksi ke Kutub adalah peta yang menyajikan informasi tentang sebaran kemagnetan batuan suatu daerah pada kedalaman dangkal. Peta anomali magnet residual telah melalui proses pengolahan data dengan memisahkan anomali regional (dalam) dan anomali residual (dangkal).

Pengolahan anomali magnet residual dilakukan pada perangkat lunak Oasis Montaj dengan filter Upward Continuation. Filter Upward Continuation digunakan untuk menekan efek sumber magnet dangkal dengan mengubah bidang pengukuran agar lebih jauh dari sumber. Pada tahapan pengolahan Upward Continuation, nilai ketinggian yang digunakan adalah 2000 m. Peta anomali residual didapatkan dengan mengurangi grid anomali magnet dengan grid upward continuation. selanjutnya dilakukan pengkonturan dengan interval 1 nT.



Survei Geofisika metoda magnet mengukur variasi medan magnet di permukaan bumi. Metoda magnet dapat mengidentifikasi susunan batuan berdasarkan variasi distribusi batuan termagnetisasi di bawah permukaan bumi. Salah satu parameter pengukuran adalah perbedaan susunan mineral ferromagnetik dalam batuan. Salah satu pemanfaatan metoda magnet adalah mendeliniasi struktur geologi bawah permukaan untuk keperluan mitigasi bencana geologi.

Sumber Data

Pengambilan data anomali magnet di Daerah Garut dan sekitarnya dilaksanakan pada bulan Juni sampai Juli 2024. Tim Pemetaan melakukan pengambilan data di wilayah Garut Kota sampai Pangalengan. Jumlah titik ukur adalah 252 titik dengan jarak interval pengukuran 1 sampai 1,5 km.

Metodologi Penelitian

Pemetaan Anomali Magnet Daerah Garut dilakukan dengan menggunakan dua set alat magnetometer. Satu set alat magnetometer Conselo GSM-19T untuk pengukuran di lapangan dan Magnetometer Geometrics G-857 di stasiun induk.Pengukuran di stasiun induk bertujuan untuk mendapatkan nilai variasi harian magnet bumi dan mengetahui apabila terjadi badai magnet. Badai magnet dapat mempengaruhi hasil



Gambar 1. Peta Titik Pengukuran

pengukuran sehingga harus ditangguhkan sampai keadaan normal. Pengukuran magnet di stasiun induk dilakukan sepanjang hari dengan interval waktu 5 menit.

Pengukuran di lapangan perlu memperhatikan lingkungan sekitar yang dapat mempengaruhi nilai pembacaan. Beberapa lokasi yang harus dihindari antara lain tower pemancar listrik dan gelombang elektromagnetik, tiang listrik, kabel tegangan tinggi, rel kereta api, kendaraan atau barang – barang yang mengandung logam, pipa – pipa besi dan lain lain. Pengukuran pada setiap lokasi dilakukan sebanyak 3 kali dan diambil nilai rata – ratanya.

Untuk mendapatkan koordinat lokasi titik pengukuran digunakan alat GPS. Pengukuran magnet dilakukan dengan sistem lintasan tertutup (looping). Pengukuran dimulai di stasiun induk, kemudian pengukuran titik-titik ukur lapangan, dan diakhiri pengukuran di stasiun induk yang sama.

Nilai anomali magnet dihasilkan setelah dilakukan beberapa tahapan pengolahan data, seperti koreksi apungan (drift correcction), koreksi variasi harian dan koreksi IGRF (International Geomagnetic Reference Field). Nilai koreksi apungan (drift correcction) dihitung menggunakan nilai magnet di stasiun induk pada awal dan akhir pengukuran, kemudian diterapkan kepada semua data harian.

Nilai koreksi variasi harian diperoleh dari data pengukuran stasiun induk di daerah Mekargalih, Garut dan Sukamanah, Pangalengan (Tabel 1). Koreksi IGRF dilakukan dengan menggunakan Data Pengukuran Magnetik National Centers For Environmental Information (NCEI). Data anomali magnet dikisi (grid) menggunakan perangkat lunak Oasis Montaj dengan algoritma minimum curvature.

	Tabel 1.	. Lok	asi	stasiun	indu	ık
--	----------	-------	-----	---------	------	----

Titik	Longitude	Latitude	Nilai Anomali Magnet (nT)	Keterangan
BS 01	107° 52' 24.2"	- 7° 12' 17.6"	185.47	Mekargalih
BS 02	107° 35' 00"	- 7° 11' 33.5"	23.46	Sukamanah

Pengolahan reduksi ke kutub (RTP) dilakukan pada perangkat lunak Oasis Montaj dengan filter Reduction to The Pole (RTP). Pada tahapan pengolahan RTP, nilai inklinasi yang digunakan adalah -30.93, nilai deklinasi 0.56, dan nilai amplitude correction 59.07, selanjutnya dilakukan pengkonturan dengan interval 100 nT.

Peta Anomali Magnet Reduksi ke Kutub daerah Garut dan sekitarnya

Peta Anomali Magnet Reduksi ke Kutub adalah peta yang menyajikan informasi tentang sebaran kemagnetan batuan suatu daerah yang disajikan dalam bentuk kontur dan citra warna. Peta reduksi ke kutub telah melalui proses pengolahan data untuk menghilangkan pengaruh dua kutub sehingga nilai anomali magnet yang ditampilkan berada tepat diatas sumbernya. Kisaran anomali magnet disajikan dalam satuan tertentu (nanoTesla (nT)) dan digambarkan dalam skala warna. Skala warna merah menunjukkan anomali tinggi. Skala warna kuning menunjukkan anomali menengah. Sedangkan skala warna biru menunjukkan anomali rendah. Berdasarkan nilai anomali magnet pada peta reduksi ke kutub (RTP), terlihat pola sebaran anomali magnet berarah Timur Laut - Barat Daya dan Barat Laut -Tenggara.

Anomali magnet tinggi RTP terdapat di bagian tengah peta, anomali magnet tinggi berkaitan dengan jenis batuan penyusun daerah tersebut. Nilai anomali tinggi berkisar 344 – 800 nT, yang tersebar di sekitar Gunung Guntur diperkirakan adalah merupakan lava dengan susunan lava andesit - basalan dari komplek gunungapi tua Gunung Guntur - Gunung Pangkalan dan Gunung Kendang (Qgpk). nilai anomali rendah berkisar – 431.5 hingga 133,3 nT, berada di bagian timur tersebar di Tarogong hingga Sukawening dan pada bagian utara tersebar di Kadunggora dengan litologi alluvial dan endapan rempah lepas Gunung Muda Tak Terurai (Qypu) pada bagian barat anomali rendah berada di Kertasari yang merupakan endapan Efflata Gunungapi Tua (Oopu), anomali rendah karena proses demagnetisasi juga tercermin di wilayah Gunung windu yang terdapat potensi panas bumi (geothermal). Kelurusan struktur di dominasi berarah Timur Laut – Barat Daya dan Barat Laut – Tenggara.



Gambar 2. Peta Anomali Magnet RTP

Peta Anomali Residual Magnet Reduksi ke Kutub daerah Garut dan sekitarnya



Gambar 4. Peta Anomali Magnet Residual

Gambar 3. Penampang A-A' Peta Anomali Magnet RTP

Peta Anomali Residual Magnet Reduksi ke Kutub adalah peta yang menyajikan informasi tentang sebaran kemagnetan batuan suatu daerah pada kedalaman dangkal dengan filter Upward Continuation. Filter Upward Continuation digunakan untuk menekan efek sumber magnet dangkal dengan mengubah bidang pengukuran agar lebih jauh dari sumber. Untuk membantu penarikan kelurusan struktur dilakukan pemprosesan lebih lanjut menggunakan horizontal derivatif. Kelurusan struktur residual daerah tersebut didominasi berarah Timur Laut – Barat Daya dan Barat Laut – Tenggara. Patahan Gagak yang terdapat di Peta Patahan Aktif Garut teridentifikasi pada sayatan A – A' dilihat dari perbedaaan kontras anomali tinggi dengan anomali rendah.



761.1 608.9 531.4

482.4 434.0 393.2 367.4 322.4 302.9 284.1 265.3 244.3 227.1 208.8 208.8 190.4 174.5 161.4 146.6 133.3 122.2 109.4 96.3 81.7 66.6 52.5 39.1 25.1 7.0 -11.9 -31.2 -52.0 -79.4 -115.8

nT



Kota Sukabumi merupakan suatu wilayah dataran yang terletak di Kaki Gunung Gede dan Gunung Pangrango, Jawa Barat. Wilayah administrasi Kota Sukabumi terdiri dari 7 Kecamatan yaitu; Baros, Lembursitu, Cibeureum, Citamiang, Warudoyong, Gunungguruh, dan Cikole. Berada di ketinggian 584 meter di atas permukaan laut, dengan bentang alam berupa pedataran dan perbukitan bergelombang dengan kemiringan lereng beragam, berjarak 120 Km dari Ibukota Negara (Jakarta) dan 96 Km dari Ibukota Provinsi Jawa Barat (Bandung). Kota Sukabumi mempunyai luas wilayah berupa daratan seluas 48, 31 Km (BPS Kota Sukabumi, 2024).

Geologi Kota Sukabumi

Wilayah Kota Sukabumi secara geologi tersusun atas tiga satuan batuan yaitu: Pertama endapan aluvium secara morfologi umumnya datar, merupakan dataran tepian sungai (teras) di sepanjang Sungai Cimandiri, dataran muka perbukitan yang mengendapkan batuan gunungapi sebagai kipas aluvium seperti di sepanjang Sungai Cipelang, dan dataran terbanan tektonik seperti di daerah Lembursitu, terdiri atas bongkah - kerakal andesit, pasir halus-kasar, lanau, lempung lunak, dan satuan batuan ini bersifat lepas-lepas . Akibat goncangan gempa kemungkinan terjadi penurunan lahan, pemadatan dan pelulukan. Kedua berupa batuan gunungapi produk Gunung Gede berumur Holosen atau kurang dari 11.700 tahun lalu, satuan batuan ini tersusun atas breksi tufan dan lahar, serta andesit, umumnya batuan ini lapuk sekali. Goncangan gempabumi dapat menyebabkan terjadinya longsor di daerah terjal dan pemadatan lahan. Sebaran batuan ini meliputi hampir seluruh Kota Sukabumi bagian utara sampai ke selatan daerah Baros dan Lembursitu. Ketiga berupa satuan batuan sedimen laut berumur Paleogen-Neogen, bentang alam terdiri perbukitan berlereng sedang 15-30% (9° - 17°) disusun oleh sedimen laut terdiri atas perselingan batupasir, batulempung, serpih, batulanau, tuf serta lensa batugamping, secara keseluruhan batuannya bersifat padu dan keras. Batuan ini cukup mantap terhadap goncangan gempabumi. Kerusakan mungkin terjadi pada lajur pahatan. Sebaran batuan ini di bagian selatan Kota Sukabumi tepatnya sebelah selatan Sungai Cimandiri, perbukitan di Desa Cikundul dengan adanya sebaran batuan tuf dan breksi bagian dari Formasi Jampang. Selain itu sebaran batuan sedimen juga terdapat di perbukitan Gunungkarang – Gedongpanjang di sekitaran mata air Santa – Kelurahan Gedongpanjang dengan keterdapatan batupasir, batulempung napalan, dan batugamping bagian dari Formasi Rajamandala.

Geomorfologi Tektonik/Morfotektonik Wilayah Kota Sukabumi

Morfotektonik merupakan salah satu metode untuk memperhitungkan aktivitas tektonik termasuk gempa melalui citra satelit dan survei lapangan. Morfotektonik dapat digunakan dalam kajian patahan aktif untuk mengindentifikasi wilayah yang dipengaruhi patahan aktif dan membantu pemetaan daerah rawan bencana gempa serta bahaya ikutan jika terjadi gempa bumi di suatu daerah. Penyelidikan morfotektonik di wilayah Kota Sukabumi telah dilakukan dengan titik pengamatan sebagian besar di wilayah Kecamatan Lembursitu. Sebaran titik pengamatan fitur geomorfologi tektonik dapat dilihat pada peta, dengan beberapa fitur diantaranya triangular facet/gawir depan perbukitan berbentuk segitiga yang terdapat di perbukitan Gunungguruh bagian utara Kecamatan Lembursitu dan di perbukitan Cikundul/bagian selatan Kecamatan Lembursitu memanjang ke arah timur ke Kecamatan Baros searah Sungai Cimandiri. Fitur geomorfologi tektonik berikutnya Paleo-debris/gerakan tanah purba dijumpai di Sungai Cipelang - di utara Kecamatan Lembursitu dan juga perbukitan Cikundul, bukti paleo-debris tersebut didukung dengan adanya temuan arang kayu yang tertimbun oleh tanah sebagai hasil gerakan tanah/landslide/debris di masa lampau, hasil penarikan radio karbon (C-14) umur arang kayu tersebut di 6633 ± 204 BP (Before Present). Jika diasumsikan paleo-debris tersebut sebagai akibat aktivitas patahan/tektonik, maka pernah terjadi gempa akibat patahan kurang lebih di 6633 tahun lalu. Indikasi patahan aktif juga didukung dengan adanya mata air panas di Cikundul yang termasuk wilayah Kecamatan Lembursitu dan mata air panas Santa di Kecamatan Citamiang. Mata air panas Cikundul berasosiasi dengan patahan aktif Cimandiri segmen Lembursitu, hasil pengukuran suhu air di Cikundul sebesar 60° Celcius dengan PH 7 (Pengukuran di tanggal 7 Juli 2024). Sedangkan mata air panas Santa diduga berasosiasi dengan patahan yang terkubur di bawah permukaan, masih termasuk zona patahan Cimandiri dengan Segmen Sukalarang. Patahan Segmen Sukalarang ini diinterpretasi berdasarkan anomali residual gaya berat.



(a) bentang alam triangular facet di daerah Cikundul (garis putih putus-putus), (b) mata air panas Cikundul (lokasi dengan tanda panah merah), (c) dan (d) lapisan arang kayu di Sungai Cipelang, (e) interpretasi patahan diperkirakan/terkubur berdasarkan anomali residual gaya berat di bawah permukaan Kota Sukabumi menerus ke arah pusat gempa Cianjur 21 November 2022.

Kegempaan Kota Sukabumi

Terdapat dua peristiwa gempa bumi merusak di sekitar wilayah Kota Sukabumi dengan jarak kurang dari 10 Km dari pusat Kota. Gempa bumi merusak pernah terjadi di Cisaat tanggal 12 Juli 2000 dengan magnitudo 5,1 dan mengalami kerusakan dengan skala V-VI MMI (BMKG, 2018). Gempa bumi merusak pernah terjadi di timur dari Kota Sukabumi, yaitu gempa bumi Gandasoli 10 Februari 1982 dengan magnitudo 5.3 dan dilaporkan daerah sekitar pusat gempa mengalami kerusakan dengan skala mencapai VII MMI (Kertapati & Koesoemadinata, 1982). Gempa Gandasoli tersebut berasosiasi dengan Patahan Cimandiri Segmen Gandasoli. Patahan tersebut relatif berarah barattimur dan pusat gempa Gandasoli berimpit dengan zona patahan Segmen Gandasoli. Gempa tidak dirasakan (hanya dicatat oleh seismograf) juga terjadi di wilayah Kota Sukabumi dalam radius kurang dari 10 Km dari pusat kota seperti hasil penelitian Supendi dkk, 2018 yang disajikan dalam beberapa fokal mekanisme gempa pada peta.

Kinematika Struktur Geologi

Pemetaan patahan aktif wilayah Kota Sukabumi didukung dengan pengukuran unsur struktur geologi pada batuan berupa unsur bidang dan unsur garis dalam menentukan jenis gerak patahan. Lokasi pengukuran dan interpretasi kinematika struktur geologi dapat dilihat pada tabel berikut dan peta patahan aktif Kota Sukabumi.

Tabel 1. Hasil pengukuran kinematika struktur geologi pemetaan patahan aktif Kota Sukabumi



*) Analisa kinematika struktur oleh Joko Wahyudiono - Badan Geologi, KESDM

Patahan Aktif di Wilayah Kota Sukabumi

Secara umum wilayah Kota Sukabumi dilewati Patahan Aktif Cimandiri dengan 4 segmen, 4 segmen patahan tersebut mempunyai panjang yang berbeda dengan potensi gempa maksimum masing-masing (perhitungan potensi gempa maksimum menurut Well and Coppersmith, 1994). Rata-rata setiap segmen patahan aktif di Kota Sukabumi berpotensi menghasilkan gempa 6,3 sampai 6,6 Magnitudo.

Dengan adanya atlas Peta Patahan Aktif Kota Sukabumi Skala 1:100.000, diharapkan ke depannya dapat membantu melengkapi penyusunan rencana pembangunan di Kota Sukabumi terutama dalam hal pengurangan risiko bencana akibat pergerakan patahan aktif yaitu gempa bumi dan bahaya ikutan lainnya seperti gerakan tanah.



Kabupaten Sukabumi merupakan suatu wilayah dataran yang bagian utara terletak di Kaki Gunung Gede -Pangrango, dan Kaki Gunung Salak, sedangkan bagian selatan berbatasan dengan Samudera Hindia dan Teluk Palabuhanratu, kabupaten ini termasuk Provinsi Jawa Barat. Bagian timur berbatasan dengan Kabupaten Cianjur, sedangkan bagian barat berbatasan langsung dengan Provinsi Banten. Luas wilayah Kabupaten Sukabumi berupa daratan seluas 4.164,15 Km² dengan terbagi menjadi 47 kecamatan, luas wilayah ini menjadikan Kabupaten Sukabumi menjadi Kabupaten terluas kedua di Pulau Jawa setelah Banyuwangi (BPS Kabupaten Sukabumi, 2024).

Geologi Kabupaten Sukabumi

Kabupaten Sukabumi secara geologi tersusun atas delapan satuan batuan, yaitu: (1) Endapan aluvium, kipas aluvium, rawa, dan endapan pantai. Bentang alam umumnya datar, merupakan dataran tepian sungai (teras), dataran pantai vang membentuk gumuk-gumuk, dataran muka perbukitan yang mengendapkan batuan gunungapi sebagai kipas aluvium, dan dataran terbanan tektonik, terdiri atas bongkah – kerakal andesit, pasir halus-kasar, lanau, lempung lunak, umumnya batuan ini bersifat lepas dengan tebal 0.5 - 10 m. Akibat goncangan gempa kemungkinan terjadi penurunan lahan, pemadatan dan pelulukan. (2) Endapan pantai Citanglar, endapan khas di di wilayah selatan Kabupaten Sukabumi, tersusun atas pasir, lempung pasiran, lempung dan kerikil dengan lensa-lensa pasir titanomagnetit. Tubuh-tubuh titanomagnetit memanjang tersebar di daerah Jampang Kulon, dan membentuk beberapa lajur yang kira-kira membujur sejajar dengan garis pantai selatan yang sekarang. Barangkali diendapkan sebagai gumuk-gumuk pasir disepanjang pantai selama waktu Plistosen (kurang dari 2,6 juta tahun lalu). Keberadaan endapan pantai Citanglar yang cukup jauh dari pantai sekarang mengindikasikan adanya pengangkatan daratan sejak Plistosen. Keterdapatann endapan pantai Citanglar ini pada Zona Tektonik Aktif Cileutuh – Pajampangan. (3) Endapan undak muda tersusun atas kerikil dan konglomerat terdiri dari kepingan-kepingan batuan beku, kwarsa, kalsedon dan jasper, mengeras lemah, terdapat setempat-setempat di sepanjang Sungai Cimandiri setinggi 5 hingga 20 m di atas dasar Sungai. (4) Endapan undak tua tersusun atas pasir dan kerikil dengan sisipan lempung, kelabu, hijau, coklat, sebagian mengeras lemah, terdapat di beberapa cekungan yang terpisah di atas Plato Jampang bagian utara daerah peta, 500 hingga 700 m di atas muka air laut dan 10 hingga 35 m di atas dasar sungai sekarang. (5) Batugamping terumbu koral berupa batugamping rapuh hingga padat, setempat-setempat mengandung bongkahbongkah andesit dan kerakal kwarsa, terjadi setempat-setempat di Teluk Palabuhanratu dan semenanjung Ujung Genteng, telah terangkat dan poisi sekarang kurang dari 5 m di atas muka air laut. Keberadaan batugamping terumbu mengindikasikan adanya tektonik pengangkatan (Uplift) daratan sejak Pliosen (2,6 – 5,3 juta tahun lalu). (6) Batuan produk gunungapi muda dan tua (berumur Kuarter/2, 6 juta tahun lalu), morfologi daerah ini merupakan lereng perbukitan sedang 15-30% (9°-17°) pada kaki dengan lereng 50% (27°) disusun oleh batuan gunungapi terdiri dari breksi dan lava, batupasir tufan, tuf dan batuapung, secara keseluruhan batuan ini masih bersifat lepas-lepas. Goncangan gempa bumi dapat menyebabkan terjadinya longsor di daerah berlereng terjal. (7) Batuan sedimen berumur Paleogen – Neogen (66 – 2,6 juta tahun lalu), morfologi merupakan perbukitan berlereng sedang 15-30% (9°-17°) disusun oleh sedimen laut terdiri atas perselingan batupasir, batulempung, serpih, batulanau, tuf serta lensa batugamping, secara keseluruhan batuannya bersifat padu dan keras. Batuan ini cukup mantap terhadap goncangan gempa bumi, tetapi kerusakan mungkin terjadi pada lajur patahan. (8) Batuan beku dan malihan berumur Paleogen -Neogen, morfologi merupakan pebukitan berlereng sedang 30-50% (17°-27°) terdiri dari granit, granodiorit, diorit serta batuan malihan, sekis, gneis, serta kuarsit, batuan ini bersifat keras serta sangat mantap terhadap goncangan gempa bumi.

Geomorfologi Tektonik/Morfotektonik Wilayah Kabupaten Sukabumi

Morfotektonik merupakan salah satu metode untuk memperhitungkan aktivitas tektonik termasuk gempa melalui citra satelit dan survei lapangan. Morfotektonik dapat digunakan dalam kajian patahan aktif untuk mengidentifikasi wilayah yang dipengaruhi patahan aktif dan membantu pemetaan daerah rawan bencana gempa serta bahaya ikutan jika terjadi gempa bumi di suatu daerah. Penyelidikan morfotektonik di wilayah Kabupaten Sukabumi telah dilakukan dengan titik pengamatan sebagian besar di wilayah Kecamatan Palabuhanratu dan Warungkiara. Beberapa fitur morfotektonik triangular facet, keterdapatan mata air panas, dan longsoran berdekatan dengan lokasi triangular facet. Gerakan tanah yang berada pada zona patahan juga menjadi ciri patahan aktif seperti gerakan tanah di Desa

Kertaangsana, Kecamatan Nyalindung berasosiasi dengan pergerakan Patahan Aktif Cireungas - Cidolog Segmen Nyalindung. Patahan aktif Segmen Nyalindung juga didukung keberadaan sag pond (rawa alami bentukan patahan) seperti tertera dengan simbol pada Peta Patahan Aktif Kabupaten Sukabumi.



Kegempaan Kabupaten Sukabumi

Wilayah Kabupaten Sukabumi merupakan salah satu daerah rawan gempa bumi karena dilewati patahan aktif yang melintang di wilayah tersebut, satu diantaranya adalah Patahan Cimandiri. Dengan pemetaan patahan aktif skala 1:100.000 ini, tim berhasil mengidentifikasi patahan aktif lainnya selain Patahan Cimandiri serta membagi menjadi beberapa segmen dari setiap patahan aktif. Beberapa gempa dirasakan juga terjadi di bagian barat dari Patahan Cimandiri diantaranya gempa di sekitar wilayah hilir Sungai Cimandiri yang bermuara ke Teluk Palabuhanratu. Kegempaan mikro (tidak dirasakan) juga tercatat oleh Badan Meteorologi dan Klimatologi (BMKG) dari tahun 2009 sampai 2022 seperti pada insert peta. Kegempaan tersebut mempunyai kedalaman dangkal atau kurang dari 33 Km, kegempaan tersebut membentuk cluster yang berasosiasi dengan suatu patahan. Cluster kegempaan ini yang menjadi dasar awal penyelidikan zona patahan aktif (lihat *insert* peta)

Rekaman Koordinat Kedalaman Mag Gempa Longitudei Latitudei (Km) Garis Bujur Lintang	Koord	Koordinat		Mag	Strike	Dip	Rake	Strike	Dip	Rake
27 Maret 2010 - di segmen Patahan Bojongjengkol	106.72 BT	-7.05 LS	13.2	2.6	238	77	35	139	56	164
3 Desember 2015 - di segmen Patahan Citalahab	106.95 BT	-6.99 LS	7.9	3.1	353	45	-167	254	81	-46

Kinematika Struktur Geologi

Pemetaan patahan aktif wilayah Kabupaten Sukabumi didukung dengan pengukuran unsur struktur geologi pada batuan berupa unsur bidang dan unsur garis dalam penentuan arah gerak relatif suatu patahan. Lokasi pengukuran kinematika struktur geologi dapat dilihat pada peta dengan kode/symbol KS.

Patahan Aktif di Wilayah Kabupaten Sukabumi

Patahan di wilayah Kabupaten Sukabumi dapat dibedakan menjadi Patahan Aktif, Patahan Potensial Aktif, dan Patahan Teridentifikasi. Patahan Aktif dapat dilihat pada Atlas Peta Patahan Aktif, sedangkan Patahan Potensial Aktif dan Patahan Teridentifikasi dapat dilihat pada insert peta tersebut. Patahan Aktif di wilayah Kabupaten Sukabumi secara garis besar terdiri dari 6 patahan; Patahan Bayah – Salak, Patahan Palabuhanratu-Salak, Patahan Cimandiri, Patahan Walat, Patahan Cireungas – Cidolog, dan Zona Tektonik Aktif Cileutuh – Pajampangan suatu zona yang terpengaruh oleh aktivitas tektonik pengangkatan. Setiap patahan tersebut masing-masing mempunyai segmen patahan, dan setiap segmen mempunyai panjang tertentu dan potensi gempa maksimum seperti terlihat pada Peta Patahan Aktif Kabupaten Sukabumi.

Dengan adanya Atlas Patahan Aktif Kabupaten Sukabumi Skala 1:100.000 ini diharapkan dapat membantu melengkapi penyusunan rencana pembangunan di Kabupaten Sukabumi terutama dalam hal pengurangan risiko bencana akibat pergerakan patahan aktif yaitu gempa bumi dan bahaya ikutan lainnya seperti gerakan tanah.

Keterangan foto:

(a) bentang alam Lembah Sungai Cimandiri, Segmen Patahan Mekarasih dengan keterdapatan unsur morfotektonik; triangular facet – garis putih putus-putus (b), mata air panas Cibubuay-Mekarasih (d) dan (e), (f) longsoran pada zona Patahan Mekarasih di jalan Desa Mekarasih. Fenomena alam disebabkan Segmen Patahan Nyalindung; foto (c) rumah rusak dan miring akibat gerakan tanah yang terjadi di Kertaangsana -Nyalindung, (g) retakan di jalan yang membentuk struktur en echelon akibat pergerakan patahan aktif tersebut.





Geologi Kabupaten Cianjur

Berdasarkan peta geologi lembar Sindangbarang & Bandarwaru (Koesmono, dkk. 1996) dan peta geologi lembar Cianjur (Sujatmiko, 2003), wilayah Kabupaten Cianjur tersusun oleh batuan sedimen berumur tersier sampai dengan kuarter serta batuan gunungapi berumur Oligosen-Miosen. Pada peta geologi yang telah disederhanakan berdasarkan umur batuan, sebaran unit batuan vulkanik berumur kuarter (Qv) dan berumur holosen (Hv) tersebar pada bagian utara Kabupaten Cianjur di Kecamatan Cipanas, Pacet, Cikalong Kulon, Mande, Cugenang, Warung Kondang, Sukaluyu, Haurwangi, Karang Tengah, Cilaku, dan Ciranjang, Selain itu, unit batuan Ov dan Hy juga tersebar di sisi tenggara Kabupaten Cianjur, meliputi Kecamatan Campaka Mulya, Pasir Kuda, Pagelaran, Cikadu, dan Naringgul. Endapan aluvial terbentuk di lembah sungai dan dataran rendah yang terdapat di Desa Kemang, Kecamatan Bojongpicung dan Desa Cihea, Kecamatan Haurwangi. Berdasarkan Peta Sumber Bahaya dan Gempa Bumi Indonesia tahun 2017, Kabupaten Cianjur dilalui oleh patahan aktif Cimandiri segmen Cibeber dengan panjang 16 km, Saguling dengan panjang 11 km, dan Padalarang dengan panjang 19 km yang memiliki arah relatif timur-timur laut-barat-barat daya (Marliyani, dkk., 2016).

Data Kegempaan

Berdasarkan data gempa bumi merusak yang didapatkan dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana (PVMBG) Badan Geologi, terdapat beberapa kejadian gempa bumi merusak yang terjadi di Kabupaten Cianjur yang diantaranya yaitu gempa bumi Cianjur pada tanggal 5 Juni 2021 dengan magnitudo 3, dan gempa bumi Cugenang pada 21 November 2022 dengan magnitudo 5.6 Mw.

Berdasarkan data kegempaan yang sudah direlokasi dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) tahun 2009 – 2024, kegempaan di Kabupaten Cianjur banyak tersebar di bagian utara khususnya dipicu oleh gempa Cugenang pada tanggal 21 November 2022. Gempa bumi tersebar di Kecamatan Cugenang, Pacet, Warung Kondang, Sukaresmi, Cipanas, Karangtengah, Sukaluyu, dan Cibeber (Lihat Peta Utama). Data gempa di Kabupaten Cianjur memiliki cakupan besaran magnitudo berkisar antara 1.1 - 5.6 Mw dengan kedalaman relatif dangkal yaitu berkisar 1 - 59 km (dominan kurang dari 33 km). Gempa bumi yang terjadi memiliki episenter di darat dengan hiposenter (kedalaman titik gempa) yang cukup dangkal (kurang dari 33 km) kemungkinan besar atau diduga kuat dapat diakibatkan oleh aktivitas patahan aktif.

InSAR (*Interferometric Sinthetic Aperture Radar*)

InSAR (Interfermetric Synthetic Aperture Radar) merupakan teknik untuk memetakan deformasi menggunakan citra radar permukaan bumi yang dikumpulkan dari satelit yang mengorbit. Analisis InSAR di Kabupaten Cianjur mengacu pada kejadian gempa bumi merusak yang cukup besar yaitu di Kecamatan Cugenang pada tanggal 21 November 2022. Dasar pemilihan analisis InSAR pada area Cugenang dikarenakan didapatinya dampak yang cukup besar berupa bahaya ikutan berupa longsor di beberapa titik seperti lereng dekat warung sate sinta dan kampong Panahegan, Desa Cijedil. Data citra radar yang digunakan adalah dua citra radar yang diambil satu tanggal sebelum kejadian gempa cugenang dan satu tanggal setelah kejadian gempa yang didapat dari https://search.asf.alaska.edu/. Pada Gambar 1(A) terlihat adanya fringe (siklus fasa interferometri yang menunjukkan warna gradasi seperti warna pelangi) pada wilayah Kecamatan Cugenang dan sebagian Kecamatan Warung Kondang. Terdapatnya fringe menegaskan terjadinya deformasi permukaan yang cukup signifikan. Pada Gambar 1(B) terlihat adanya displacement sekitar 4-5 cm yang terjadi pada area yang mengalami deformasi di Kecamatan Cugenang.



Gambar 1. (A) Hasil analisis Fringe InSAR pada gempa Cugenang pada 21 November 2022. (B) Hasil analisis displacement InSAR.

Patahan Aktif Kabupaten Cianjur

Berdasarkan kegiatan pemetaan patahan aktif di Kabupaten Cianjur tahun 2024, terdapat 3 jenis patahan di wilayah Kabupaten Cianjur, yaitu: patahan aktif (13 patahan), patahan potensial aktif (6 patahan), dan patahan teridentifikasi/tidak aktif (27 patahan). Patahan aktif yang cukup terkenal di daerah pemetaan adalah Patahan Cimandiri di sisi / segmen bagian timur yang melewati Kabupaten Cianjur yang mengalami pergerakkan sebesar 4,3 mm/tahun (Safitri, 2016). Data patahan ini bersifat dapat diperbaharui (updateable) apabila ada data baru. Patahan aktif yang berada di Kabupaten Cianjur yaitu:

- Cihea-Kemang-03, Cibitung, dan Cisokan.
- •
- Patahan Cijati
- Patahan Cikondang
 - ini sebagian besar melalui wilayah Kabupaten Sukabumi.
 - Patahan Cimandiri segmen Sukalarang. • Kabupaten Cianjur (Tabel 1.)

Tabel 1. Ringkasan Patahan Aktif di wilayah Kabupaten Cianjur.

No.	SIMOBJ	NAMOBJ	Segmen	Jenis Pergerakkan (Rickard, 1972)
1	CJR 01	Rajamandala	Cihea - Kemang 01	Reverse left slip fault
2	CJR 02	Rajamandala	Cihea - Kemang 02	Reverse left slip fault
3	CJR 03	Rajamandala	Cihea - Kemang 03	Reverse right slip fault
4	CJR 04 / NPH 16	Rajamandala	Cibitung	Lag left slip fault
5	CJR 05	Rajamandala	Cisokan	Lag left slip fault

Daftar Acuan

Coppersmith, J dan Wells, D.L., 1994, New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 4, pp. 974-1002. Data Gempa Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Tahun 2009-2024 Data Gempa US Geological Survey (<u>https://ds.iris.edu/ieb/index.html</u>) Koesmono, M., Kusnama, dan Suwarna, N. 1996, Peta Geologi Lembar Sindangbarang dan Bandarwaru, Jawa, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, Indonesia.

Marliyani, G.I. Arrowsmith, J.R. and Whipple, K.X.2016. Characterization of slow slip rate faults in humid areas: Cimandiri fault zone, Indonesia. Journal of Geophysical Research: Earth Surface. Pusat Gempa Nasional, Peta Sumber dan Bahaya gempa Indonesia, ISBN 978-602-5489-1-03,2017, Jakarta Safitri, A, A. 2016, Inversion of Geodetic Data for Segmentation Slip Rate Estimation on the Cimandiri Fault, West Java, master thesis, Bandung Institute of Technology, Bandung, Indonesia.

Rickard, M.J., 1972, A classification diagram for Fault Classification, Geological Society of America Bulletin, v.83, p. 2545-2546. Sudjatmiko, 2003, Peta Geologi Lembar Cianjur, Jawa, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, Indonesia.

Patahan Rajamandala yang terbagi ke dalam lima segmen, yaitu segmen Cihea-Kemang 01, Cihea-Kemang 02,

Patahan Cugenang, yang terbagi ke dalam 2 segmen, yaitu segmen Cugenang 01, dan Cugenang 02.

Patahan Circunghas-Cidolog, yang terbagi ke dalam 2 segmen yaitu segmen Circunghas, dan Cidolog. Patahan

Masing-masing patahan memiliki karakteristik pergerakkan sesuai dengan sistem yang terjadi pada saat ini. Berdasarkan hasil pemetaan patahan aktif di Kabupaten Cianjur, patahan-patahan yang sudah diinventarisir tersebut sudah dikalkulasikan panjang patahannya, dan gempa bumi kredibel maksimumnya (Maximum Credible Earthquake / MCE) berdasarkan perhitungan Wells dan Coppersmith (1994), menggunakan rumus "Mmax = $5.16 + 1.12 \times \log 10$ (panjang patahan) untuk kasus patahan mendatar". Berikut ini merupakan ringkasan patahan aktif yang berada di

Analisis Kinematika Sesar	No.	SIMOBJ	NAMOBJ	Segmen	Jenis Pergerakkan (Rickard, 1972)	Analisis Kinematika Sesar
	6	CJR 06	Cugenang	Cugenang 01	Normal right slip fault	
	7	CJR 07	Cugenang	Cugenang 02	Lag right slip fault	
	8	CJR 08	Cijati	Cijati	Right Slip Fault	-
	9	CJR 09	Cikondang	Cikondang	Reverse left slip fault	
	10	SBM 26 / CJR 10	Cireunghas - Cidolog	Cireunghas	Normal left slip fault	-
	11	SBM 20 / CJR 11	Cimandiri	Sukalarang	Left Slip Fault	-
	12	SBM 31 / CJR 12	Cireunghas - Cidolog	Cidolog	Normal left slip fault	-
- 00 - 12						



: Breksi andesit yang tersementasi dengan baik Fm. Jampang (Tomj dan Md) : Fine cemented andecitic breccia of Jampang formation (Tomj and Md)



PETA PATAHAN AKTIF KABUPATEN CIANJUR JAWA BARAT ACTIVE FAULT MAP OF CIANJUR REGENCY, WEST JAVA



Nama Patahan Aktif /Active Fault Name



0.03 ./ year to west

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL BADAN GEOLOGI PUSAT SURVEL GEOLOGI

Jalan Diponegoro 57 Bandung 40122 Tlp 022 7203206, Fax 022 7202669, e-mail: sekretariat_psg@esdm.go.id

(Oleth : Fachri Muhammad, Akbar Cita, Dadang dan Inge Triguri



PROYEKSI PETA TRANSVERSE MERCATOR WGS *84 MAP TRANSVERSE MERCATOR PROJECTION WGS "84

> CJR 07 : Patahan aktif Cugenang segmen Cugenag 02. Patahan diperkirakan, panjang 5,72 km, potensi gempabunii maksimum (MCE) 6,01 Mw CJR 07 : Active fault of Cugenang Cugenang 02 Segment. Estimated fault, length 5,72 km, Maximum Credible Earthquake (MCE) 6,01 Mw CJR 08 : Patahan aktif Cijati. Patahan diperkirakan, panjang 8,46 km potensi gempabunii maksimum (MCE) 6,20 Mw C/R 03 - Active fault of Cigait. Estimated fault, length 8,46 km, Maximum Creckible Earthquake (MCE) 6,20 Mw C/R 03 - Active fault of Cigait. Estimated fault, length 8,46 km, Maximum Creckible Earthquake (MCE) 6,20 Mw C/R 09 : Patahan aktif Cikondang. Patahan mendatar mengiri naik, panjang 4,96 km, potensi gempabumi maksimum (MCE) CJR 10 / SBM 26 : Patahan aktif Circunghas – Cidolog segmen Circunghas. Patahan mendatar mengiri normal, panjang 30,3 km, potensi gempabumi maksimum (MCE) 6,8 Mw CJR 10 / SBM 26 : Active fault of Circunghas- Cidolog Circunghas Segment. Normal Left Slip Fault, length 30,3 km, Maximum CJR 11 / SBM 20 : Patahan aktif Cimandiri segmen Sukalarang. Patahan mendatar mengiri, panjang 17,61 km, potensi CJR 11 : Active fault of Cimandiri Sukalarang Segment, Left Slip Fault, length 17,61 km, Maximum Credible Earthquake (MCE)

Geologi Daerah Pemetaan

Wilayah Kabupaten Garut secara umum tersusun oleh batuan vulkanik Kuarter pada bagian utara dan vulkanik tersier pada bagian Selatan, pada beberapa tempat juga tersusun oleh batuan rombakan vulkanik yang telah mengalami pelapukan ((Silitonga (1973), Koesmono (1996), dan Alzwar dkk. (1992)). Endapan aluvial terbentuk di lembah sungai dan dataran rendah. Berdasarkan Peta Sumber Bahaya dan Gempabumi Indonesia tahun 2017, Kabupaten Garut dilalui oleh patahan aktif mendatar Garsela yang terbagi menjadi dua segmen yaitu Rakutai (Panjang 19 km) dan Kencana (Panjang 17 km) ke arah tenggara Pantai Selatan Jawa (Irsyam dkk., 2017). Beberapa gempa bumi merusak di Kabupaten Garut terjadi dalam beberapa tahun terakhir antara lain pada 1 Mei 2024 dan 18 September 2024. Peristiwa yang terjadi di beberapa tempat di sepanjang sisi selatan Pulau Jawa ini berkekuatan relatif kecil namun cukup merusak dan menunjukkan arah tren Timurlaut – Baratdaya.

Data Kegempaan

Data kegempaan yang telah direlokasi dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) menujukkan adanya rangkaian kejadian gempa bumi dangkal di wilayah garut dengan rentang waktu dari tahun 2009 - 2024 dengan kedalaman 0,03 – 55,72 km dan magnitudo 2 - 5. Sebagian besar kejadian gempa terjadi di daerah Kabupaten Garut, terutama di wilayah seperti Kecamatan Tarogong Kidul, Samarang, Kadungora, Leles, dan Bayongbong. Sebagian besar kedalamaan gempa di bawah 10 km, termasuk dalam kategori gempa dangkal, biasanya disebabkan oleh patahan tektonik lokal atau geseran kerak bumi yang dekat dengan permukaan (Lay & Wallace, 1995). Gempa dangkal dapat menyebabkan kerusakan signifikan di daerah padat penduduk, meskipun magnitudonya relatif rendah. Berdasarkan pola seismisitasnya, daerah pemetaan terbagi menjadi 2 zona yang cukup aktif terjadi gempa dangkal yaitu zona Samarang-Leles serta Talegong-Cisewu-Bungbulang. Zona-zona tersebut kemudian dibuat penampang vertikal A-A` dan B-B` dan menunjukkan terdapat beberapa estimasi patahan pada kedua zona dengan kemiringan patahannya relatif kearah barat laut.





Gambar 1. Seismisitas yang telah di relokasi dan garis cross section A-A' dan B-B' (atas) dan Cross Section seismisitas dan estimasi patahannya di 2 Zona di Kabupaten Garut (bawah)

Analisis Interferometri Synthetic Aperture Radar (InSAR) dilakukan untuk menghasilkan informasi detail tentang

Insar





Gambar 2. Hasil analisis displacement berdasarkan InSAR pada 2 titik gempa 18 Juli 2017 (kiri) dan 6 November 2016 (kanan)

Pada event gempa 18 Juli 2017, pusat gempa berada pada lokasi Darajat. Daerah – daerah yang terdampak mengalami pergeseran bervariasi hingga sebesar 3,6 cm. Event gempa 6 Nov 2016 dengan pusat gempa di perbatasan antara Santosa, Pangalengan dan Cisewu, Garut. Wilayah yang berada disekitaran pusat gempa seperti Arjuna dan Kamojang mengalami pergeseran sekitar 1,5 hingga 3,4 cm.

Kelurusan

Keberadaan patahan pada umumnya tercermin secara morfologi berupa kelurusan yang dapat diidentifikasi dengan citra. Penarikan kelurusan otomatis memiliki relevansi yang signifikan dalam studi struktur geologi Proses ekstraksi kelurusan secara otomatis dengan menggunakan Algorithma LINE pada perangkat lunak PCI Geomatica dan telah melalui proses filter terhadap kelurusan morfologi yang kemungkinan dikontrol oleh struktur geologi. Dengan menggunakan diagram roset baik itu panjang maupun frekuensinya diperoleh arah penyebaran kelurusan barat daya timur laut, barat – timur, dan barat laut – tenggara. Dari ketiga arah penyebarannya, arah barat daya – timur laut merupakan arah kelurusan paling dominan. **Mekanisme Fokal**

Analisis mekanisme fokal pada beberapa kejadian gempa bumi di Kabupaten Garut, Jawa Barat, menggunakan parameter bidang patahan seperti strike, dip, dan rake untuk mengidentifikasi jenis patahan yang aktif di wilayah tersebut berdasarkan data Supendi, dkk (2018). Parameter bidang patahan menunjukkan nilai strike yang berbedabeda mengindikasikan bahwa pergerakan patahan di Garut dipengaruhi oleh gaya tektonik yang beragam dengan arah yang berbeda. Hal ini menunjukkan kompleksitas aktivitas tektonik, dengan variasi gerakan yang dapat memengaruhi intensitas dan arah getaran gempa yang dirasakan di permukaan. Hasil mekanisme fokal pada beberapa titik gempa menunjukkan fault motionnya berupa Reverse Left-Lateral Oblique, Pure Strike Slip dan Right-Lateral Strike-Slip.

Patahan Aktif dan Kinematika Struktur

Berdasarkan pola seismistas, patahan aktif terbagi menjadi 2 zona yaitu Samarang-Leles serta Talegong-Cisewu-Bungbulang. Kinematika patahan yang didapat merupakan data pengukuran struktur geologi yang seperti patahan (bidang dan gores garis), kekar dan breksiasi mengacu kepada (Rickard, 1972). Maksimum magnitude pada setiap segmen patahan dihitung berdasarkan teori hubungan antara panjang patahan, jenis patahan dan magnitudo (Wells & Coppersmith, 1994). Beberapa patahan seperti Garsela, Cijulang, Gagak sudah diidentifikasi melalui data bawah permukaan yaitu metoda Geomagnet dan Gaya Berat yang dijelaskan lebih detail di Peta Anomali Bouguer dan Anomali Magnet pada Atlas ini.

Zona Samarang-Leles

Zona ini didominasi oleh patahan mendatar mengiri, dengan beberapa variasi seperti patahan mendatar mengiri turun dan patahan mendatar mengiri naik, serta satu patahan mendatar menganan. Sebagian besar merupakan patahan mendatar mengiri, seperti pataha Cibungur, Garsela, Gagak, dan Cibeureum. Beberapa patahan juga menunjukkan variasi pergerakan vertikal, seperti pada patahan Cibungur, Cibeureum, dan Sarimukti, yang merupakan patahan mendatar mengiri turun, yang berarti pergerakan lateral disertai dengan penurunan blok pada satu sisi patahan. Zona Talegong-Cisewu-Bungbulang

Patahan aktif pada zona ini didominasi oleh jenis patahan mendatar mengiri dengan contoh seperti patahan Garsela dan Cisarua. Patahan mendatar menganan turun juga teridentifikasi di beberapa segmen, seperti Margalaksana. Hal ini menunjukkan bahwa pergerakan horizontal yang terjadi di sepanjang permukaan patahan adalah faktor utama yang mempengaruhi dinamika geologi di wilayah ini. Paleoseismologi

Lima siklus pendalaman tiba-tiba ditemukan pada kedalaman 356, 507, 665, 725 dan 819 cm dalam inti bor Situ Bagendit, diindikasikan oleh perubahan stratigrafi dari lapisan gambut menjadi lapisan lanau. Pendalaman situ ini diduga berkaitan dengan gempa-gempa akibat pergerakan Patahan Bagendit di masa lalu. Dalam rekaman palinologi, fenomena pendalaman situ ditandai oleh anjloknya frekuensi polen-polen rerumputan dan tumbuhan air serta peningkatan frekuensi polen-polen tumbuhan dataran rendah. Patahan Bagendit berarah relatif barat timur, membentuk perbukitan 'shutter ridge' di utara Situ Bagendit. Kelima gempa itu diduga terjadi selama Kala Holosen berdasarkan kedalaman level stratigrafinya. Ini menunjukkan Patahan Bagendit diperkirakan adalah patahan aktif.

Wells D L & Conners

Daftar Acuan Alzwar, M., Akbar, N., & Bachri, S. (1992). Peta Geologi lembar Garut dan Pamengpeuk, Jawa Barat, Skala 1: 100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Departemen Pertambangan dan Energi. Intani, R. G., Golla, G. U., Syaffitri, Y., Paramitasari, H. M., Nordquist, G. A., Nelson, C., Ginanjar, G. K. D. S., & Sugandhi, A. (2020). Improving the conceptual understanding of the Darajat Geothermal Field. Geothermics. Irsyam, M. I., Widiyantoro, S., Natawidjaja, D. H., Meilano, I., Rudiyanto, A., Hidayati, S., Triyoso, W., Hanifa, N. R., Djarwadi, D., & Faizal, L. (2017). Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia. Pusat Studi Gempa Nasional dan Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman. Kementerian Pekeriaan Umum dan Perumahan Rakvat. Kementerian PUPR.

Keller, E. A., & Pinter, N. (1996, 2002). Active Tectonics, Earthquake Uplift and Landscape. Prentice Hall. Koesmono, M., Kusnama, & Suwarna, N. (1996). Peta Geologi Lembar Sindangbarang dan Bandarwaru, Jawa, Skala 1: 100.000. Pusat Penelitian dan Pengembang Geologi, Bandung. Lay, T., & Wallace, T. C. (1995). Modern Global Seismology. Academic Press. Rejeki, S., Rohrs, D., Norden, Journal & Editional Science (1993). Redenice ress. Rejeki, S., Rohrs, D., Nordquist, G., & Fitriyanto, A. (2010). Geologic Conceptual Model Update of the Darajat Geothermal Field, Indonesia. World Geothermal Congress, Bali, Indones Rickard, M. (1972). Fault Classification – Discussion. Bulletin of the Geology Society of America, 83, 2545–2546. Silitonga, P. H. (1973). Peta Geologi Lembar Bandung, Jawa, Skala 1: 100.000. Pusat Penelitian dan Pengembang Geologi. Supendi, P., Nugraha, A. D., Widiyantoro, S., Rohadi, S., Daryono, M. R., & Zulfakriza, Z. (2018). Seismicity and fault structure in the Garut-Selatan (Garsela) fault zone, West Java, Indonesia. Geoscience Letters, 5(5), 1–12. https://doi.org/10.1186/s40562-018-0114-7

mith, K. J. (1994). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bulletin of the Seismological Society of America, 84(4), 974–1002



KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL **BADAN GEOLOGI**

PUSAT SURVEI GEOLOGI

Jl. Diponegoro No. 57 Bandung 40122 Tlp: 022 7203205, Fax: 022 7202669, e-mail: sekretariat psg@esdm.go.id

PETA PATAHAN AKTIF KABUPATEN GARUT, JAWA BARAT ACTIVE FAULT MAP OF GARUT REGENCY, WEST JAVA

Oleh (By) :

R.A.T. Moechtar, R.M.Wahyudiono, Rohman, R.Yuniarni, W.S. Sukapti, E. Yulianto, B. Sulandari, O. Lazari, S. Mutiah

5	0	V S	20
			Kilometers

PROYEKSI PETA TRANVERSE MERCATOR, WGS'84 TRANVERSE MERCATOR MAP PROJECTION, WGS'84

ctive Left Slip Fault of Kendang 1 uake (MCE) 6,25 Mw	GRT16	- SOR39 :	Patahan Aktif Cisarua Mendatar Mengiri, Panjang 4,47 Km, Potensi Gempabumi Maksimum (MCE) 5 Mw (Cisarua Active Left Slip Fault, Length 4,47 Km, Maximum credible earthquake (MCE) 5 Mw)
ndang 2, Panjang 1,9 Km, Potensi tive Left Slip Fault of Kendang 2 ake (MCE) 4,3 Mw)	GRT17		Patahan Aktif Sukajaya Mendatar Mengiri, Panjang 7,10 Km, Potensi Gempabumi Maksimum (MCE) 5,43 Mw (Sukajaya Active Left Slip Fault, Length 7,10 Km, Maximum credible earthquake (MCE) 5,43 Mw)
ndang 3, Panjang 1,7 Km, Potensi tive Left Slip Fault of Segment mode (MCF) 4,3 Mw)	GRT18	3	Patahan Aktif Margahayu Mendatar Mengiri, Panjang 8,63 Km, Potensi Gempabumi Maksimum (MCE) 5,59 Mw (<i>Margahayu Active Leff Slip Fault, Length 8,63 Km, Maximum credible earthquake (MCE) 5,59 Mw</i>)
ndare (<i>MCL</i>) 4,3 MW) ndang 4, Panjang 1,0 Km, Potensi ctive Left Slip Fault of Kendang 4	GRT25	:	Patahan Aktif Margahayu Mendatar Mengiri Segmen Sukarame, Panjang 5,42 Km, Potensi Gempabumi Maksimum (MCE) 5,19 Mw (Margahayu Active Left Slip Fault of Sukarame Segment, Length 5,42 Km, Maximum credible earthquake (MCE) 5,19 M)
ke (MCE) 3,85 Mw) ndang 5, Panjang 2,6 Km Potensi tive Left Slip Fault of Kendang 5	GRT19	:	Patahan Aktif Pakenjeng Mendatar Mengiri, Panjang 16,43 Km, Potensi Gempabumi Maksimum (MCE) 6,15 Mw (Pakenjeng Active Left Slip Fault, Length 16,43 Km, Maximum credible earthquake (MCE) 6,15 Mw)
ke (MCE) 4,6 Mw) men Kencana, Panjang 20,6 Km, awala Activa Normal Left Slin Fault	GRT20	•	Patahan Aktif Mekarmukti Mendatar Mengiri, Panjang 11,78 Km, Potensi Gempabumi Maksimum (MCE) 5,86 Mw (Mekarmukti Active Left Slip Fault, Length 11,78 Km, Maximum credible earthquade (MCE) 5,86 Mw)
dible earthquake (MCE) 6,35 Mw) Panjang 13,3 Km, Potensi Gempabumi	GRT21	- SOR40 :	Patahan Aktif Mekarmukti Mendatar Mengiri, Panjang 11,78 Km, Potensi Gempabumi Maksimum (MCE) 5,86 Mw (Mekarmukti Active Left Slip Fault, Length 11,78 Km, Maximum credible earthquade (MCE) 5,86 Mw)
al Left Slip Fault, Length 13,2 Km,	GRT22	3	Patahan Aktif Margalaksana Mendatar Menganan Normal Segmen Cirompang, Panjang 9,78 Km, Potensi Gempabumi Maksimum (MCE) 5,72 Mw (Margalaksana Active Normal Richt Slin Fault of Cirompano Segment Length 9,78 Km. Morinum ceedible
Right Slip Fault, Length 5,4 Km,	GRT23	3	For the second secon
uang, Panjang 4,8 Km, Potensi ve Left Slip Fault of Cihuang ake (MCE) 5,1 Mw)			11.45 KII POLEIS GEITJADUIII MAKSIIIUII (MCE) 3,55 MW (Margaiassand Active Normal Right Slip Fault of Pamulihan Segment, Length 11,43 Km Maximum credible earthquake (MCE) 5,83 Mw
cakcae, Panjang 2,5 Km, Potensi tive Left Slip Fault of Puncakcae	GRT24		Patahan Aktif Cijulang Mendatar Mengiri, Panjang 4,20 Km, Potensi Gempabumi Maksimum (MCE) 4,97 Mw (Cijulang Active Left Slip Fault, Length 4,20 Km, Maximum credible earthquake (MCE) 4,97 M)
Segmen Cawene, Panjang 2,69 Km, beureum Active Normal Left Slip	GRT26	a	Patahan Aktif Cimari Mendatar Mengiri, Panjang 5,39 Km, Potensi Gempabumi Maksimum (MCE) 5,18 Mw (Cimari Active Left Slip Fault, Length 5,39 Km, Maximum credible earthauake (MCE) 5,18 Mw)
n credible earthquake (MCE) 4,58	GRT27	3	Patahan Aktif Cipasarangan Mendatar Mengiri Naik, Panjang 2,95 Km, Potensi Gempabumi Maksimum (MCE) 4,65 Mw (<i>Cipasarangan Active Reverse Left Slip</i> Earth Lorenth 2,05 Km, Meximum cardible anthematics (MCE) 4,65 Mi
Segnen Darajat, Panjang 5,17 Km, beureum Active Normal Left Slip n credible earthquake (MCE) 4,73	GRT28	3	Patahan Aktif Cikelet Mendatar Mengiri, Panjang Ci, Na Kay Yoong Cikelet And Cikelet And Cikelet Mendatar Mengiri, Panjang Ci, Sa Kin, Potensi Gempabumi Maksimum (MCE) 5,45 Mw (Active Fault Cikelet Left Slip, Length 7,34 Km, Maximum condible and house (ACC) 5,45 Mw.
nen Cisurupan, Panjang 2,69 Km, panday Active Reverse Left Slip Fauli	GRT29	:	Patahan Aktif Tanjungjaya Mendatar Mengiri, Panjang 4,37 Km, Potensi Gempabumi Maksimum (MCE) 5,01 Km (<i>Tanjungjaya Active Left Slip Fault, Length 4,37 Km</i> , Maximum credible earthqueke (MCE) 5,01 Mu)
edible earthquake (MCE) 4,58 Mw) nen Sukalaksa, Panjang 2,06 Km, panday Active Reverse Left Slip Fauli	GRT30	:	Patahan Aktif Karangwangi Mendatar Mengiri, Panjang 7.09 Km, Potensi Gempabumi Maksimum (MCE) 5,42 Mw (Karangwang Active Left Slip Fault, Length 7,09 Km, Marchume readbla agenthumde (MCE) 5,42 Mw).
edible earthquake (MCE) 4,35 Mw)	GRT31	3	Patahan Aktif Bagendit Mendatar Mengiri Diperkirakan, Panjang 14,74 Km, Potensi Gempabumi Maksimum (MCE) 6,06 Mw (Bagendit Estimated Active LeftSlip Fault,

Jalan (Road)

gumpulan Data / Data Collection

Data Gempa BMKG (2009 - 2024) (BMKG Seismicity Data (2009 - 2024))

eta dasar dibuat BIG). Base map	oleh Pusat compiled b	Surve by cent	i Geologi (PSG), berdasarkan Peta Rupa Bumi dan DEMNAS oleh Badan Informasi Geospasial er for Geological Survei (CGS), based on Topographic Map and DEMNAS by Geospatial
nformation Agen	cy		
US MN	UM	-	Utara magnetik (Magnetic north)
ON	UG	10	Utara grid (Grid north)
Yδ	US	-	Utara sebenarnya (True north)

-

here	2'	=	Deklinasi grid (Grid declination) = 0.21^{-0}
δ	-	Deklinasi magnet (Magnetic declination) = 0.34	

Diagram utara ini ditentukan tahun 2024 dipusat lembar peta dengan perubahan deklinasi sebesar 0, 03./tahun ke Barat This North diagram is determined 2024 year in at the centre of the sheet, with variation of magnetic declination 0,03./year to West

Patahan Mendatar Mengir (Left Slip Fault)

Kartografi oleh (Cartography by) : Rohman

(Left Slip Fault Estimated

24 R1 105

24 RI 107

Geologi Daerah Pemetaan

Unit batuan di Kabupaten Bandung, Jawa Barat dikelompokkan berdasarkan umur batuan yang mengacu pada bagan kronostratigrafi internasional 2022 oleh International Union of Geological Sciences (IUGS). Pengelompokan dilakukan berdasarkan formasi batuan pada peta geologi lembar Bandung (Silitonga, P.H., 2003), yang penyajiannya telah disederhanakan dan disusun berdasarkan umur dan kelompok jenis batuannya. Litologi di Kabupaten Bandung terbagi menjadi 2 (dua) unit batuan utama, yaitu Unit Batuan Sedimen Kuarter dan Batuan Gunung api Kuarter. Batuan Sedimen Kuarter terdiri atas Endapan Danau (Ol/Od) berupa lempung tufaan, batupasir tufaan, kerikil tufaan membentuk bidang perlapisan mendatar di beberapa tempat; Tufa berbatuapung (Qyt) berupa pasir tufaan, lapili, bom-bom, lava berongga dan kepingan-kepingan andesit-basal dan pecahan-pecahan batuapung. Unit Batuan Gunung api Kuarter, terdiri atas Endapan Danau (Qd) berupa lempung, lanau, pasir halus hingga kasar dan kerikil; Batuan Gunung api muda G.Wayang berupa Elfata dan lava aliran bersusun Andesit-Basalan; Batuan Gunung api Malabar-Tilu (Omt) berupa tuf, breksi lahar mengandung sedikit batuapung dan lava; Andesit Waringin-Bedil (Owb) berupa perselingan lava, breksi dan tuf; dan Formasi Beser (Tmb) berupa breksi tufan dan lava, bersusun andesit sampai basal.

Seismotektonik Cekungan Bandung

Peta Seismotektonik Cekungan Bandung (A. Soehaimi, dkk, 2019) menggambarkan secara genetik hubungan antara tektonik dan struktur geologi aktif dengan kejadian gempa bumi (seismogenetik). Daerah Cekungan Bandung secara fisiografis merupakan cekungan antar pegunungan yang dibatasi oleh Komplek Gunung api Sunda -Tangkuban Parahu di sebelah Utara, Gunung api Komplek Malabar di sebelah Selatan, Komplek Gunungapi Lagadar di sebelah barat, dan Komplek Gunungapi Mandalawangi di sebelah Timur.

Secara umum pola struktur geologi di daerah Cekungan Bandung dan sekitarnya mengikuti pola struktur geologi regional Jawa Bagian Barat, yaitu pola lipatan dan patahan naik regional dengan arah jurus relatif Barat – Timur. Patahan regional yang memotong sumbu lipatan dan patahan naik umumnya berarah jurus relatif Utara – Selatan. Struktur geologi patahan yang berada di dan sekitar Cekungan Bandung antara lain patahan Gunung Geulis di sebelah Selatan, Patahan Lagadar di sebelah Barat, Patahan Cicalengka di sebelah Timur dan Patahan Lembang di sebelah Utara Cekungan Bandung, serta Patahan Baribis dan Citarum di daerah Subang – Purwakarta.

Sejarah terjadinya gempa bumi berdasarkan catatan gempa BMKG tahun 2009 - 2022 dan stasiun seismograf PSG (hingga tahun 2016), menunjukkan indikasi adanya patahan aktif di beberapa tempat sepanjang sisi selatan Pulau Jawa. Beberapa gempa bumi merusak terjadi pada beberapa tahun terakhir seperti di Pangandaran (2006) dan Cianjur (2022). Pada tahun 2024 sudah terjadi beberapa kali gempa bumi antara lain di tenggara Kab. Bandung (1 Mei 2024), di Kota Tasikmalaya, Kab. Tasikmalaya, Garut (27 April 2024), Kuningan (25 Juli 2024), dan Kertasari, Kabupaten Bandung (18 September 2024). Peristiwa yang terjadi di sepanjang sisi selatan Pulau Jawa ini berkekuatan relatif kecil namun cukup merusak dan menunjukkan arah jurus Timur Laut - Barat Daya. Kabupaten Bandung memiliki catatan kejadian gempa bumi, diantaranya di Wilayah Pangalengan 2 September 2009 (7,3), 27 Oktober 2010 (4,5), 21 Januari 2019 (3,0), 21 Desember 2021 (2,6); gempa bumi Jati (2005), Cicalengka (2000, 2003 dan 2005), Cileunyi (2005), Ujungberung (2011), dan Hurip Mukti (2011).

Patahan Aktif

Analisis data primer dan sekunder dalam identifikasi patahan aktif dilakukan dengan cara studi literatur berdasarkan publikasi terkait, penarikan kelurusan struktur geologi berdasarkan data citra Digital Elevation Model (DEM), pengumpulan data gempa bumi, analisis morfotektonik, studi geologi bawah permukaan berdasarkan data gaya berat.

Kabupaten Bandung terdiri dari 21 Patahan Aktif yang terbagi menjadi 41 segmen patahan yang disusun dalam basis data dengan menggunakan sistem pengkodean berdasarkan SNI 7657 - 2010 Singkatan nama kota. Beberapa Patahan Aktif yang sudah dikenal antara lain patahan mendatar mengiri Pacet-Pangalengan (SOR10, SOR13, SOR27) yang menyebabkan gempa bumi tahun 2009, 2010, 2019, dan 2021. Selain itu terdapat juga patahan mendatar mengiri Cicalengka (SOR29) yang berarah Timur Laut - Barat Daya dengan panjang 8.2 km. Gempa bumi terakhir yang terjadi pada tanggal 18 September 2024 berhubungan dengan patahan mendatar mengiri Kertasari Segmen Cibeureum dengan panjang 16 km.

Kabupaten Bandung tidak hanya tersusun oleh Patahan Aktif, tetapi juga Patahan Potensial Aktif (Gambar. 1) Keterdapatan patahan tersebut menunjukkan bahwa Kabupaten Bandung nerupakan daerah yang aktif secara tektonik. Sebagai konsekuensinya, daerah ini memiliki kerawanan ancaman bahaya gempa bumi dan ikutannya.

Penyusunan Peta Patahan Aktif Kabupaten Bandung merupakan data dasar penting karena wilayah ini berada di kawasan perkotaan Bandung yang terus berkembang. Pada wilayah ini, terdapat infrastruktur penting seperti Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (Kamojang dan Wayang Windu), jalur Kereta Api Cepat (KCIC), dan jalan tol Cipularang, Penyusunan Peta Patahan Aktif yang dilakukan oleh Pusat Survei Geologi (PSG) dan Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran merupakan upaya penyediaan data dasar untuk mitigasi bahaya gempa bumi.

Daftar Acuan

Andri, D.N., Widiyantoro, S., Supendi, P., Hasbi Ash Shiddiqi., Kusnandar, R., Ramdhan, M., 3,6, Rosalia, S and Zulfakriza, 2016. Identifikasi Keberadaan Sesar Aktif Berdasarkan Seismisitas di Pulau Jawa, Workshop Kegempaan, Ambhara Hotel Jakarta 2016.

- sekitarnya, PSG, tidak terbit.

Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 279 hal. Data Gempa Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Tahun 2009 - 2024 Data Gempa US Geological Survey/Jurnal Pusat Gempa Nasional, Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia, ISBN 978-602-5489-1-03, 2017, Jakarta Silitonga, P.H., 2003. Peta gelogi Lembar Bandung, Jawa skala 1: 100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Pengembangan Geologi.

Gambar 1. Peta Sebaran Patahan di Kabupaten Bandung

A.Soehaemi., Y.Sopyan., R.M.Wahyudiono., 2019. Peta Seismotektonik Daerah Cekungan Bandung dan

BMKG, 2019. Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak, 1821 – 2018, Pusat Gempabumi dan Tsunami, Badan

Suparan, P and Dam, M.A.C., 1992. Peta geologi Kuarter cekungan Bandung, skala 1: 50.000, Pusat Penelitian dan

Geologi Daerah Pemetaan

Unit batuan di Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat dikelompokkan berdasarkan umur batuan yang mengacu pada bagan kronostratigrafi internasional 2022 oleh International Union of Geological Sciences (IUGS). Pengelompokan dilakukan berdasarkan formasi batuan pada peta geologi Cianjur (Sudjatmiko., 2003), yang penyajiannya telah disederhanakan dan disusun berdasarkan umur dan kelompok jenis batuannya. Batuan di Kabupaten Bandung Barat terbagi menjadi 7 (tujuh) unit batuan utama, yaitu :

- 1. Aluvial yang terdiri atas lempung, lanau, pasir dan kerikil, terutama endapan sungai sekarang;
- 2. Batuan Gunung api Kuarter terdiri atas batupasir tufan, serpih tufan, breksi tufan, tuf, lapili, bom-bom lava, bongkahan tuf andesit, breksi andesit, dan lava andesit;
- 3. Batuan Sedimen Kuarter : terdiri atas lempung tufan, batupasir tufan, kerikil tufan dan konglomerat tufan membentuk bidang-bidang perlapisan mendatar di dataran Batujajar mengandung kongresi-kongresi gamping;
- Batuan Gunungapi Neogen terdiri atas breksi dan lava, breksi andesit piroksen bersisipan dengan lava andesit, 4. umumnya terpropilitasi membentuk daerah perbukitan luas yang terpisah;
- 5. Batuan Sedimen Neogen terdiri atas batupasir berlapis sempurna berselingan dengan batulanau, batulempung, grewak dan breksi menunjukkan sifat khas turbidit, batupasir kuarsa dan lensa-lensa batugamping;
- 6. Batuan Terobosan Paleogen terdiri atas andesit hornblende, dan porfir diorit hornblende, andesit biotit, shosnit, porfiri basal, mangerit, gabro eseksit, andesit, andesit basal;
- 7. Batugamping Paleogen terdiri atas batugamping terumbu tebal dan pejal, mengandung foraminifera besar, napal abu-abu tua, batulempung napalan, serpih lempungan dengan sisipan batupasir kuarsa, kuarsit dan batugamping napalan.

Seismotektonik Cekungan Bandung

Peta Seismotektonik Cekungan Bandung (A.Soehaemi., Y. Sopyan., R.M.Wahyudiono., 2019), menggambarkan secara genetik hubungan antara tektonik dan struktur geologi aktif dengan kejadian gempa bumi (seismogenetik). Daerah Cekungan Bandung secara fisiografis merupakan cekungan antar pegunungan yang dibatasi oleh Komplek Gunung api Sunda - Tangkuban Parahu di sebelah Utara, Gunung api Komplek Malabar di sebelah Selatan, Komplek Gunungapi Lagadar di sebelah barat, dan Komplek Gunungapi Mandalawangi di sebelah Timur.

Secara umum pola struktur geologi di daerah Cekungan Bandung dan sekitarnya mengikuti pola struktur geologi regional Jawa Bagian Barat, yaitu pola lipatan dan patahan naik regional dengan arah jurus relatif Barat – Timur. Patahan regional yang memotong sumbu lipatan dan patahan naik umumnya berarah jurus relatif Utara – Selatan. Struktur geologi patahan yang berada di dan sekitar Cekungan Bandung antara lain patahan Gunung Geulis di sebelah Selatan, Patahan Lagadar di sebelah Barat, Patahan Cicalengka di sebelah Timur dan Patahan Lembang di sebelah Utara Cekungan Bandung, serta Patahan Baribis dan Citarum di daerah Subang – Purwakarta.

Sejarah terjadinya gempa bumi berdasarkan catatan gempa BMKG tahun 2009 - 2022 dan stasiun seismograf PSG (hingga tahun 2016), menunjukkan indikasi adanya patahan aktif di beberapa tempat sepanjang sisi selatan Pulau Jawa. Beberapa gempa bumi merusak terjadi pada beberapa tahun terakhir seperti di Pangandaran (2006) dan Cianjur (2022). Pada tahun 2024 sudah terjadi beberapa kali gempa bumi antara lain di tenggara Kab. Bandung (1 Mei 2024), di Kota Tasikmalaya, Kab. Tasikmalaya, Garut (27 April 2024), Kuningan (25 Juli 2024), dan Kertasari, Kabupaten Bandung (18 September 2024). Peristiwa yang terjadi di sepanjang sisi selatan Pulau Jawa ini berkekuatan relatif kecil namun cukup merusak dan menunjukkan arah jurus Timur Laut - Barat Daya.

Kabupaten Bandung Barat memiliki catatan kejadian gempa bumi, diantaranya gempa bumi Padalarang tahun 1910 yang berasosiasi dengan lajur patahan aktif Rajamandala dan gempa Tanjungsari tahun 1972 dan 2010, gempa bumi Lembang tahun 1999 dan 2011 (Cihideung, Ujung Berung dan Hurip Raharja).yang berasosiasi dengan Patahan aktif Lembang.

Patahan Aktif

Analisis data primer dan sekunder dalam identifikasi patahan aktif dilakukan dengan cara studi literatur berdasarkan publikasi terkait, penarikan kelurusan struktur geologi berdasarkan data citra Digital Elevation Model (DEM), pengumpulan data gempa bumi, analisis morfotektonik, studi geologi bawah permukaan berdasarkan data geofisika

gaya berat. Kabupaten Bandung Barat terdiri dari 12 Patahan Aktif yang terbagi menjadi 20 segmen patahan yang disusun dalam basis data dengan menggunakan sistem pengkodean berdasarkan SNI 7657 - 2010 Singkatan nama kota. Beberapa Patahan Aktif yang sudah dikenal antara lain Patahan Lembang yang memiliki panjang patahan +25 Km yang terbagi menjadi 5 (lima) segmen patahan, yaitu NPH01, NPH02, NPH03, NPH04, dan NPH05-SOR05. Patahan Rajamandala terdiri dari Patahan Naik Rajamandala yaitu NPH06, (NPH07, NPH08, dan Patahan Mendatar Mengiri Rajamandala Segmen Cibitung, Panjang 10,7 Km (NPH16 - CJR04).

Gambar 1. Peta Sebaran Patahan di Kabupaten Bandung Barat

Kabupaten Bandung Barat tidak hanya tersusun oleh Patahan Aktif, tetapi juga Patahan Potensial Aktif dan Teridentifikasi (Gambar. 1) Keterdapatan patahan tersebut menunjukkan bahwa Kabupaten Bandung Barat merupakan daerah yang aktif secara tektonik. Sebagai konsekuensinya, daerah ini memiliki kerawanan ancaman bahaya gempa bumi dan ikutannya.

Penyusunan Peta Patahan Aktif Kabupaten Bandung Barat merupakan data dasar penting karena wilayah ini berada di kawasan perkotaan Bandung yang terus berkembang. Pada wilayah ini, terdapat infrastruktur penting vital nasional seperti bendungan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Saguling, jalur Kereta Api Cepat (KCIC), dan jalan tol Cipularang. Penyusunan Peta Patahan Aktif yang dilakukan oleh Pusat Survei Geologi (PSG) dan Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran merupakan upaya penyediaan data dasar untuk mitigasi bahaya gempa bumi.

Daftar Acuan

Andri, D.N., Widiyantoro, S., Supendi, P., Hasbi Ash Shiddiqi., Kusnandar, R., Ramdhan, M., 3,6, Rosalia, S and Zulfakriza, 2016. Identifikasi Keberadaan Sesar Aktif Berdasarkan Seismisitas di Pulau Jawa, Workshop Kegempaan, Ambhara Hotel Jakarta 2016.

A.Soehaemi., Y.Sopyan., R.M.Wahyudiono., 2019. Peta Seismotektonik Daerah Cekungan Bandung dan

sekitarnya, PSG, tidak terbit.

Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 279 hal. Data Gempa Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Tahun 2009 - 2024 Data Gempa US Geological Survey / Jurnal Pusat Gempa Nasional, Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia, ISBN 978-602-5489-1-03, 2017, Jakarta Sudjatmiko., 2003. Peta geologi lembar Cianjur, Jawa, skala 1 : 100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Pengembangan Geologi.

BMKG, 2019. Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak, 1821 – 2018, Pusat Gempabumi dan Tsunami, Badan

Suparan, P and Dam, M.A.C., 1992. Peta geologi Kuarter cekungan Bandung, skala 1 : 50.000, Pusat Penelitian dan

Geologi Kabupaten Sleman

Kabupaten Sleman merupakan salah satu kabupaten yang ada di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Kabupaten Sleman berbatasan langsung dengan Kota Yogyakarta, Kabupaten Bantul dan Gunungkidul di bagian selatan, Kabupaten Boyolali di bagian utara, Kabupaten Klaten di bagian timur serta Kabupaten Magelang dan Kulon Progo di bagian barat. Peta patahan aktif Kabupaten Sleman disusun melalui kolaborasi dengan Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada dengan dukungan data gempa dari Stasiun Geofisika Yogyakarta, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

Unit batuan di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dikelompokkan berdasarkan umur batuan yang mengacu pada bagan kronostratigrafi internasional 2022 oleh International Union of Geological Sciences (IUGS). Pengelompokan dilakukan berdasarkan formasi batuan pada peta geologi lembar Yogyakarta (Rahardjo, W., dkk, 2012) dan peta geologi lembar Surakarta – Giritontro (Surono, dkk., 2004). Unit batuan terdiri dari Batuan Sedimen Paleogen, Batugamping Neogen, Batuan Sedimen Neogen, Batuan Terobosan Neogen, Batuan Gunungapi Pleistosen dan Batuan Gunungapi Holosen. Pengelompokan unit batuan dilakukan untuk memudahkan identifikasi umur batuan yang dilewati oleh patahan. Daerah sekitar pemetaan pernah terjadi gempa antara lain pada tahun 1867, 2006 dan 2010 yang terjadi di sekitar patahan opak yang berarah Timurlaut – Baratdaya.

Data

Stasiun Geofisika Yogyakarta, BMKG mencatat adanya 183 gempa dangkal yang telah terelokasi di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta pada periode 2009 – 2024. Gempa bumi memiliki kekuatan 2–5 Mw dengan kedalaman 4–26 km. Gempa bumi sebagian besar gempa terjadi di Kabupaten Gunung Kidul dan Bantul sedangkan di Kabupaten Sleman terdapat 14 kejadian. Gempa bumi yang terjadi di daerah utara hingga tengah kabupaten sleman diduga berhubungan dengan aktivitas Gunung Merapi karena memiliki frekuensi yang rendah, sedangkan gempa bumi yang terjadi di Tenggara daerah pemetaan berhubungan dengan Sistem Patahan Opak. Penampang Geofisika dibuat berdasarkan data anomali bouguer residual yang ada di Pusat Survei Geologi, Badan Geologi dan menunjukkan adanya blok turun seperti pada Gambar 1. Permodelan 3D bawah permukaan dilakukan menggunakan perangkat lunak Leapfrog Geo 3D Modelling dengan menggabungkan data geologi, geofisika dan sebaran titik gempa BMKG yang telah terelokasi (Gambar 3).

Gambar 1. Penampang Geofisika

Sistem Patahan Opak

Proses tektonik yang terjadi di daerah pemetaan menghasilkan morfologi tinggian dan rendahan, diantaranya tinggian Wonosari dan Piyungan serta morfologi rendahan, salah satunya Graben Bantul. Proses tektonik juga menghasilkan patahan - patahan yang relatif bergerak mendatar dengan arah Timurlaut - Baratdaya dan mengaktifkan patahan tua. Patahan yang ada di kabupaten sleman terdiri dari patahan potensial aktif (garis coklat) dan tidak aktif (garis hitam). Patahan potensial aktif merupakan bagian dari Sistem Patahan Opak yang meliputi wilayah Kabupaten Gunungkidul, Bantul, Sleman dan Klaten (Gambar 2). Patahan potensial aktif memiliki jurus berarah Timurlaut - Baratdaya, dengan jenis patahan dominan mendatar mengiri. Patahan tidak aktif berada di bagian barat daerah pemetaan dan membentuk graben-graben dengan arah dominan Baratlaut – Tenggara.

Patahan aktif (garis merah) dalam Sistem Patahan Opak terdapat di Kabupaten Bantul dan Gunungkidul. Analisis mekanisme fokal oleh BMKG dilakukan pada gempa dengan kekuatan M > 3 dan direkam oleh 6 stasiun atau lebih. Hasilnya menunjukan bahwa pergerakan dominan adalah mendatar mengiri, dimana diantara patahan berarah Timurlaut – Baratdaya terdapat patahan-patahan minor berarah Utara – Selatan. Patahan aktif opak mendatar mengiri normal 01 (BTL01 - WNO01) memiliki potensi gempa maksimum (Maximum Credible Earthquake/MCE) 6,95 Mw. Nilai ini dihitung berdasarkan Wells dan Coppersmith (1994) menggunakan rumus " $M_{max} = 5.16 + 1.12 \times log 10$ (panjang patahan) untuk kasus patahan mendatar".

Badan Geologi melalui Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi (BPPTKG) Yogyakarta melakukan pengukuran geodetik pada 6 (enam) lokasi di sekitar Patahan Opak sejak tahun 2022 (Gambar 2). Hasilnya diharapkan dapat memonitor pergerakan system patahan opak sebagai dasar kegiatan mitigasi bencana geologi.

Daftar Acuan

- pp 87-97

- Pengembangan Geologi, Bandung

Gambar 2. Sistem Patahan Opak

Gambar 3. Permodelan 3D bawah permukaan

Cipta A., Robiana, R., Afif, H., dan Pradipto, J.A.M., 2021, Imaging the Unknown Structures Crossing Yogyakarta using Microtremor Inversion. Bulletin Vulkanologi dan Bencana Geologi, Volume 15, Nomor 2: 8-14. Indonesia

Ekarsti, A.K., Pramumijovo, S., Marlivani, G.I., Setianto, A., Karnawati, D., 2023, Analyzing Recent Seismic Activity of The Opak Fault System in Central Java Indonesia, From 2009 to 2021, International Journal of GEOMATE, Oct. 2023, Vol 25, Issue 110,

Keller, E.A. dan Pinter, N., 1996, Active Tectonics: earthquakes, uplift, and landscape, Prentice-Hall, New Jersey.

Rahardjo, W., Sukandarrumidi, dan Rosidi, H.M.D., 2012, Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, cetakan ketiga, Pusat Survei Geologi, Bandung Supartoyo, Surono, dan Putranto, E., T., 2014, Katalog Gempabumi Merusak di Indonesia Tahun 1612 -2014. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Bandung

Surono, Toha, B., Sudarno, I., 2004, Peta Geologi Lembar Surakarta - Giritontro, Jawa, cetakan kedua, Pusat Penelitian dan

Irsyam M., Widiyantoro S., Natawidjaja D.H., Meilano I., Rudyanto A., Hidayati S., Triyoso W., Hanifa N., Djarwadi D., and Faizal L., Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekeriaan Umum dan Perumahan Rakyat, Bandungerumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Bandung

Geologi Daerah Bantul

Kabupaten Bantul merupakan salah satu kabupaten di Daerah Istimewa Yogyakarta. Secara geografis Kabupaten Bantul berada di bagian Selatan dari Daerah Istimewa Yogyakarta. Posisi Kabupaten Bantul di apit oleh Kabupaten Kulon Progo di bagian barat dan Kabupaten Gunung Kidul di bagian timur. Peta patahan aktif Kabupaten Bantul disusun melalui kolaborasi dengan Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada dengan dukungan data gempa dari Stasiun Geofisika Yogyakarta, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

Berdasarkan tinjauan geologi Kabupaten Bantul merupakan hasil interaksi konvergen antara Lempeng Australia (Hindia – Australia) yang bergerak ke utara menumbuk lempeng benua eurasia. Secara umum stratigrafi unit batuan di Kabupaten Bantul dibedakan menjadi dua bagian yaitu batuan Tersier dan batuan Kuarter (M Irham Nurwidyanto., dkk, 2007). Batuan Tersier tersusun atas batuan andesit tua (Old Andesite Formation) dan Batuan Kuarter yang terdiri atas Produk Gunung Merapi dan endapan-endapan sungai. Mengacu pada bagan kronostratigrafi internasional 2022 oleh International Union of Geological Sciences (IUGS) mengenai umur batuan, pengelompokan formasi batuan pada peta geologi lembar Yogyakarta (Rahardjo, W., dkk, 2012) menjadi unit batuan yang terdiri dari: Batuan Vulkanik Klastik Neogen, Batuan Sedimen Neogen, Batugamping Neogen, Batuan Sedimen Kuarter, dan Batuan Vulkanik Kuarter.

Data

Daerah Yogyakarta dan sekitarnya berdasarkan sejarah kegempaan, tercatat sekurang kurangnya ada 10 kejadian gempa bumi merusak sejak tahun 1840 hingga hingga 2021 (Setiyono dkk., 2019¹; Sadly dkk., 2019², Iksan dkk., 2022³). Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) melalui Stasiun Geofisika Sleman mencatat adanya 183 gempa dangkal yang telah terelokasi dengan kedalaman 4 - 26 km pada periode 2009 - 2024 di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Gempa bumi memiliki kekuatan 2–5 Mw, dengan sebaran titik gempa berada di Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul dan Kabupaten Gunung Kidul. Sebagian besar gempa terjadi di Kabupaten Gunung Kidul, sedangkan pada Kabupaten Bantul terdapat 30 kejadian gempa bumi. Badan Geologi melalui Pusat Survei Geologi telah melakukan pemetaaan gravity di daerah Kabupaten Bantul dan sekitarnya (2023). Penampang Geofisika dibuat berdasarkan data anomali bouguer residual yang ada di Pusat Survei Geologi, Badan Geologi (Gambar 1). Hasil penampang yang memotong patahan aktif opak menunjukkan bahwa patahan memiliki bidang kemiringan ke arah tenggara. Permodelan bawah permukaan menggunakan perangkat lunak Leapfrog Geo 3D Modelling dengan menggabungkan data geologi, geofisika dan sebaran titik gempa BMKG yang telah terelokasi.

Sistem Patahan Opak

Pulau Jawa bagian selatan pada Zaman Paleogen didominasi oleh tektonik regangan yang menghasilkan bentuk tinggian dan rendahan. Morfologi tinggian di Yogyakarta yaitu Tinggian Wonosari dan Piyungan, sedangkan morfologi rendahan berupa Graben Bantul. Pada Kala Tersier, Pulau Jawa mengalami tektonik kompresi. Proses tektonik kompresi ini masih berlaku hingga saat ini, sehingga menghasilkan patahan – patahan baru yang relatif bergerak mendatar dengan arah baratdaya – timurlaut dan mengaktifkan patahan – patahan tua.

Patahan – patahan yang ada di Kabupaten Bantul terdiri atas: patahan aktif (garis merah), patahan potensial aktif (garis coklat) dan patahan tidak aktif (garis hitam). Patahan–patahan tersebut tersebar di wilayah Kabupaten Bantul, Gunungkidul, Kulon Progo, Sleman dan Klaten (Gambar 2). Patahan potensial aktif memiliki jurus berarah Timurlaut – Baratdaya, dengan jenis patahan dominan mendatar mengiri. Patahan tidak aktif berada di bagian barat daerah pemetaan dan membentuk graben-graben dengan arah dominan Baratlaut - Tenggara. Patahan - patahan tersebut walaupun memiliki pola jurus dan arah pergerakan yang tidak sama namun mereka saling terhubung dan membentuk satu sistem patahan yang dikenal dengan Sistem Patahan Opak (Gambar 4).

Perhitungan MCE (Maximum Credible Earthquake) pada Patahan Aktif Opak 01 (BTL01 - WNO01) menghasilkan nilai 6,95 Mw. Hasil ini diperoleh menggunakan rumus dari Wells dan Coppersmith (1994). Rumus ini dihitung berdasarkan teori hubungan antara panjang patahan, jenis patahan dan magnitudo. Persamaannya adalah sebagai berikut: " $Mmax = 5.16 + 1.12 x \log 10$ (panjang patahan) untuk kasus patahan mendatar".

Gambar 1. Peta anomali residual gaya berat (a) dan Penampang melintang Gaya Berat B-B' dengan arah Barat Laut - Tenggara dan tegak lurus Sistem Patahan Opak (b).

Analisis Kinematika Struktur

Kinematika patahan yang didapat merupakan data pengukuran struktur geologi yang seperti patahan (bidang dan gores garis), kekar dan breksiasi mengacu kepada (Rickard, 1972). Hasil perhitungan dari beberapa titik lokasi pengamatan yang dilakukan di daerah penelitian menghasilkan bahwa pergerakan dari patahan-patahan yang berada pada sistem patahan opak didominasi oleh Patahan Mendatar mengiri (Gambar 3.)

Gambar 3. Analisis kinematika patahan hasil pengukuran kekar di daerah penelitian yang memperlihatkan pergerakan patahan mendatar mengiri turun (a) dan patahan mendatar mengiri naik (b).

Gambar 4. Gambar model 3D Sistem Patahan Opak

Daftar Acuan

87 - 97

Ikhsan, Gunawan, H., Budiarta, Susanti, D.B., Kuncahyani, A., Wibowo, N.B., dan Mardiyanto (2022). Buletin Tahunan Gempabumi dan Tsunami Tahun 2021. Yogyakarta.

- Jakarta

Setiyono, U., Gunawan, I., Priyobudi, Yatimantoro, T., Imananta, R. T., Ramdhan, M., Kriswinarso, T. (2019). Katalog Gempabumi Siknifikan dan Merusak 1821-2018 (Pertama; T. Prasetya and Daryono, Eds.). Jakarta: Pusat Gempabumi dan Tsunami BMKG.

Gambar 2. Sebaran patahan yang berada di daerah penelitian.

Ekarsti, A.K., Pramumijoyo, S., Marliyani, G.I., Setianto, A., Karnawati, D., 2023, Analyzing Recent Seismic Activity of The Opak Fault Sistem in Central Java Indonesia, From 2009 to 2021, International Journal of GEOMATE, Oct. 2023, Vol 25, Issue 110, pp

Nurwidyanto, M.I., Indriana, R.D., Darwis. Z.T., Pemodelan Zona Sesar Opak di Daerah Pleret Bantul Yogyakarta dengan Metode Gravitasi, Berkala Fisika, Vol 10., No.1 April 2007, hal 65-70. Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika FMIPA UNDIP. Rahardjo, W., Sukandarrumidi, dan Rosidi, H.M.D., 2012, Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, cetakan ketiga, Pusat Survei Geologi, Bandung Supartoyo, Surono, dan Putranto, E., T., 2014, Katalog Gempabumi Merusak di Indonesia Tahun 1612 - 2014. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Bandung

Sadly, M., Triyono, R., Prasetya, T., Daryono, dan Anugrah, S.D. (2019). Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821 - 2018,

Geologi Daerah Pemetaan

Kota Surabaya Secara geografis terletak di daerah pesisir pantai utara Jawa Timur. Wilayah ini sebagian besar berupa dataran rendah yang dikelilingi oleh sungai dan pesisir laut. Secara umum, geologi regional Surabaya didominasi oleh endapan-endapan sedimentasi yang relatif muda, namun ada beberapa unit batuan yang lebih tua di daerah sekitarnya. Unit batuan di Kota Surabaya, Jawa Timur dikelompokan berdasarkan umur batuaan yang mengacu pada bagan kronostratigrafi internasional 2022 oleh International Union of Geological Sciences (IUGS). Pengelompokan dilakukan berdasarkan formasi batuan pada peta geologi Lembar Surabaya - Sapulu (Sukardi, 1992). Unit batuan terdiri dari Batuan Sedimen Holosen, Batuan Sedimen Plistosen dan Batuan Sedimen Pliosen.

Secara umum struktur geologi aktif di Jawa didominasi oleh patahan geser dan patahan naik dengan patahan turun sebagai struktur minor. Di Jawa bagian tengah dan timur, struktur yang terlihat dominan adalah struktur Patahan naik (zona Patahan Kendeng dan Semarang), sedangkan di bagian timur Jawa diwakili oleh sistem patahan turun (Patahan Pasuruan, Probolinggo, dan Baluran).

Kota Surabaya berada \pm 150 km di sebelah utara lajur Sumber Gempa bumi Tunjaman Megathrust Selatan Jawa, walaupun demikian di bawah Kota Surabaya terdapat lajur Sumber Gempa bumi Tunjaman Benioff pada kedalaman ± 200 Km. Selain sumber gempa bumi tunjaman tersebut diatas, Kota Surabaya, berada di dekat sumber gempa bumi patahan aktif dekat permukaan.

Patahan Kendeng merupakan zona yang memanjang berarah Barat - Timur dari Jawa Tengah hingga bagian barat Jawa Timur. Patahan ini terdiri dari kumpulan patahan naik dan lipatan (blind fault) yang teridentifikasi dari peta Anomali Bouguer (Hamilton, 1979; Simandjuntak dan Barber, 1996; Smyth, 2008). Patahan Kendeng bagian barat menerus ke dalam sistem Patahan Baribis. Gempa dangkal dengan kekuatan sedang (4-5 Mw) terjadi di sepanjang zona patahan dalam beberapa tahun terakhir. Bukti pergerakan patahan dapat diamati dengan adanya teras-teras sungai yang terangkat seiring dengan pergerakan patahan (Marliyani, 2016). Hasil penyelidikan terakhir menunjukkan bahwa Patahan Baribis merupakan bagian dari satu kesatuan jalur patahan naik busur belakang (backarc thrust) Zona Kendeng, Jawa Timur (Natawidjaja dan Daryono, 2016).

Metoda Geofisika untuk Patahan Aktif

Penyelidikan dilakukan dalam kerangka analisis bahaya gempa di Kota Surabaya yang disebabkan oleh sumber Patahan Kendeng Utara (Segmen Kalijagir dan Lidah) dan Kendeng Selatan (Segmen Warugunung). Penyelidikan ini mendapatkan hasil sebagai berikut:

- Identifikasi dan Karakterisasi Potensi Sumber Gempa.
- Penilaian (Assessment) Kerentanan Tanah Terhadap Gempa.

Identifikasi dan Karakterisasi Potensi Sumber Gempa menggunakan beberapa metoda geofisika (magnetotelluric dan gaya berat/gravity) yang tujuannya mengidentifikasi lokasi dan dimensi Patahan Kendeng Utara (Segmen Kalijagir dan Lidah) dan Patahan Kendeng Selatan (Segmen Warugunung). Sebaran data pengukuran metoda *magnetotelluric* dan Gaya berat/*gravity* dapat dilihat pada gambar 1.

Gambar 1. (kiri) Titik titik pengukuran metoda magnetotelluric, (kanan) titik titik pengukuran metoda Gaya berat/gravity

Gambar 2. (kiri) Model 3 dimensi Patahan Kendeng Utara (Segmen Kalijagir dan Lidah) dan Patahar Kendeng Selatan (Segmen Warugunung) dari hasil pengukuran metoda magnetotelluric dan metoda Gaya berat/gravity, (kanan atas) Penampang model densitas hasil pengukuran metoda Gaya berat/gravity, (kanar bawah) Penampang model resistivitas hasil pengukuran metoda magnetotelluri

Dari hasil pengukuran kedua metoda tersebut dapat di interpretasi keberadaan Patahan Kendeng Utara (Segmen Kalijagir dan Lidah) dan Kendeng Selatan (Segmen Warugunung) dengan adanya kontras secara lateral baik dari properti densitasnya ataupun nilai resistivitasnya (Widodo dkk., 2019). Selain berdasarkan data pengukuran metoda magnetotelluric dan metoda Gaya berat/gravity, identifikasi keberadaan patahan aktif di sekitar Kota Surabaya juga

dilakukan dengan memanfaatkan data seismik refleksi dari Pusat Data dan Teknologi Informasi (Pusdatin) ESDM seperti ditunjukan pada gambar 3, gambar 4 dan gambar 5.

vang memotong antiklin Gavungan dan antiklin Lidah arah Utara - Selatan.

Berdasarkan interpretasi data seismik refleksi, beberapa patahan dapat teridentifikasi, seperti Patahan Kendeng Utara, Patahan Kendeng Selatan dan Patahan Kali Surabaya. Peta Seismotektonik Daerah Surabaya & Sepulu, Jawa -Madura, Pusat Survei Geologi digunakan sebagai data pendukung dalam melakukan interpretasi. Selain identifikasi patahan dilakukan juga penilaian kerentanan tanah terhadap gempa menggunakan kombinasi metoda geofisika mikrotremor Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) dan Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) dan data geoteknik. Kota Surabaya yang secara geologis didominasi oleh endapan aluvium, terdiri atas kelas tapak tanah lunak (SE) dan sedang (SD) berdasarkan data N-SPT30 dan Vs30 sesuai dengan SNI 1726-2012 tentang "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Bumi pada Struktur Bangunan dan Non Bangunan. Wilayah Kota Surabaya memiliki tingkat amplifikasi tanah terhadap gempabumi yang tinggi berkisar antara 1 sampai 4. Hal ini terjadi karena sifat fisik lapisan tanah Kota Surabaya didominasi oleh endapan aluvium. Wilayah dengan nilai amplifikasi lebih dari 2 berada di sekitar garis pantai di pesisir Utara dan Timur Kota Surabaya (Syaifuddin dkk., 2019).

Patahan Aktif di Kota Surabaya

Kota Surabaya dilalui oleh Patahan Kendeng Utara segmen Kalijagir dan segmen Lidah dengan laju pergerakan sebesar 0,1 mm/tahun serta Patahan Kendeng Selatan segmen Warugunung dengan laju pergerakan sebesar 0,5 mm/tahun (Pusgen, 2017). Patahan tersebut membelah Surabaya menjadi dua bagian yaitu utara dan selatan dengan perkiraan magnitudo maksimum sebesar 6,1 Mw. Kajian dan analisis geologi dan geofisika perlu dilakukan untuk memberikan informasi lebih rinci patahan aktif. Hasilnya dapat dimanfaatkan untuk data dasar pembangunan dan pengembangan wilayah di Kota Surabaya.

Daftar Acuan

Hamilton, W. B. 1979. Tectonics Of The Indonesian Region, Washington, U.S. Govt. Print. Off. Marlivani, G.I., 2016. Neotectonics of Java, Indonesia: Crustal deformation in the overriding plate of an orthogonal subduction system. Arizona state university. Simandjuntak, T.O., Barber, A.J., 1996. Contrasting tectonic styles in the Neogene orogenic belts of Indonesia. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 106, 185–201. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1996.106.01.12 Smyth, H.R., Hall, R., Nichols, G.J., 2008. Cenozoic volcanic arc history of East Java, Indonesia: The stratigraphic record of eruptions on an active continental margin, in: Draut, A.E., Clift, Peter.D., Scholl, D.W. (Eds.), Formation and Applications of the Sedimentary Record in Arc Collision Zones. Geological Society of America, p. 0. https://doi.org/10.1130/2008.2436(10) Sukardi, 1992. Peta geologi lembar Surabaya & Sapulu. Syaifuddin, F., Widodo, A., Warnana, D.D., 2020. Surabaya earthquake hazard soil assessment. E3S Web Conf. 156, 02001. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015602001 Widodo, A., Syaifuddin, F., Lestari, W., Warnana, D.D., 2020. Earthquake potential source identification using magnetotelluric data of Kendeng thrust Surabaya area. E3S Web Conf. 156, 01002. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015601002

Gunung Anyar).

73su1 orig mig cho Amplitud Gambar 5. Interpretasi Patahan Kali Surabaya berdasarkan data seismik refleksi arah Barat - Timu disekita

Peta karakteristik sedimen bawah permukaan (Vs 30) adalah peta yang menunjukkan area dengan tingkat kerentanan terhadap getaran gempa berdasarkan karakteristik sedimen di wilayah tersebut. Karakteristik sedimen pada peta disusun berdasarkan kecepatan gelombang geser rata-rata hingga kedalaman 30 m (Vs 30). Peta dapat dimanfaatkan untuk mitigasi risiko bencana gempa, perencanaan tata ruang, dan peraturan bangunan (building code). Peta ini membantu untuk menentukan daerah yang memerlukan perlindungan ekstra atau rekayasa bangunan yang membutuhkan struktur tahan gempa.

Sumber Data

Peta yang disajikan merupakan hasil pengukuran dengan alat mikrotremor single station. Pengukuran dilakukan sebanyak 163 titik dengan jarak antar titik pengukuran 1 km. Masing masing titik diukur selama 30 menit. Alat yang digunakan adalah seismometer Lenart 0,2 Hz dan alat perekam Sara. Data diolah menggunakan perangkat lunak (software) Geopsy versi 2.9.1.

Metodologi

Metodologi untuk menentukan nilai Vs30 (kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter) melibatkan berbagai teknik geofisika dan geoteknik, antara lain:

- 1. Seismic Refraction
- 2. Downhole Test
- 3. Crosshole Test
- 4. Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)
- 5. Metode Mikrotremor (Horizontal to Vertical Spectral Ratio/HVSR)

Metode yang digunakan dalam pemetaan adalah inversi Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR). Metode ini mudah diterapkan untuk mengestimasi profil kecepatan gelombang geser serta lebih ekonomis. Tahapan Metoda inversi-HVSR terdiri dari:

1. Pengambilan Data

Pengukuran HVSR di lapangan dengan menggunakan alat seismometer. Seismometer merekam getaran tanah alami (mikrotremor) dalam tiga komponen (dua horizontal dan satu vertikal). Rasio spektral antara komponen horizontal dan vertikal ini membantu mengidentifikasi frekuensi dominan pada lokasi tersebut.

2. Analisis Puncak Frekuensi:

Mengidentifikasi puncak frekuensi (frekuensi dominan) yang muncul dari rasio spektral. Puncak ini biasanya mencerminkan frekuensi resonansi tanah setempat, yang terkait dengan kedalaman dan kekerasan lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan.

3. Pemodelan

Inversi dilakukan dengan menggunakan model numerik yang menghubungkan frekuensi dominan dari HVSR dengan struktur bawah permukaan (lapisan tanah dan batuan) serta nilai kecepatan gelombang geser. Pemodelan numerik ini menggunakan parameter-parameter seperti kedalaman lapisan, densitas, dan kecepatan

4. Estimasi Vs30 dari Model Inversi:

Hasil inversi HVSR menghasilkan profil kecepatan gelombang geser (Vs) (Gambar 1.) pada kedalaman yang berbeda. Vs30 dihitung sebagai rata-rata kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter.

Hasil dan Pemanfaatan

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengolahan data, daerah Kota Sukabumi- Cibadak tersusun kedalam 3 klasifikasi sedimen, yaitu:

- 1. SE (tanah lunak) di dalam peta warna merah dengan nilai Vs <175 m/s
- 2. SD (tanah sedang) di dalam peta warna kuning dengan nilai 175 m/s <Vs>350 m/s
- 3. SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak) di dalam peta warna hijau dengan nilai 350 m/s < Vs > 750

Pembagian jenis sedimen dibuat sesuai dengan SNI 1726 tahun 2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Tabel klasifikasi situs dalam SNI 1726 tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 1.

Gambar 1. Penampang Vs

Dari hasil pemetaan daerah Kota Sukabumi - Cibadak sebagian besar (75,84 %) merupakan Tanah sedang dengan luas 26911,876 Ha, Tanah Lunak sebesar (2,92%) dengan luas sebesar 1036,378 Ha, sementara Tanah Keras sebesar (21,239%) dengan luas 7536,752 Ha. Dari data diatas data Vs yaitu cepat rambat gelombang share (s) di daerah Sukabumi-Cibadak makin keras dan stabil tanah di daerah tersebut maka makin besar Vs yang di dapat, dan makin kecil nilai Vs maka tanah atau batuan tersebut makin lunak (tidak stabil).

Dari hasil penampang kita dapat mengkorelasikan penampang Vs (seperti gambar 1) titik satu dengan titik yang lainnya sehingga dapat melihat suatu bidang gelincir atau bidang patahan dengan melihat adanya perbedaan kedalaman dengan nilai Vs yang sama (Gambar 3.)

Peta ini dapat di pakai sebagai dasar pertimbangan bagi pembagunan dan pengembangan di daerah tersebut berdasarkan tingkat kerentanan zonasi kewilayahannya terhadap bencana gelombang gempabumi. Nilai Vs hasil inversi juga bisa dimanfaatkan untuk perencanaan struktur bangunan atau non bangunan sesuai dengan SNI no 1726 tahun 2019.

Kelas situs	V _S (m/detik)	N atau N _{ch}	S _u (kPa)	
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A	
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A	
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥100	
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai100	
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50	
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	 Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karateristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, <i>PI</i> > 20, 2. Kadar air, <i>W</i>≥ 40%, 3. Kuat geser niralir s_i < 25 kPa Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <i>H</i> > 3 m) Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <i>H</i> > 7,5 m dengan indeks plasitisitas <i>PI</i> > 75) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan <i>H</i> > 35 m 			

Peta karakteristik sedimen bawah permukaan (Vs 30) adalah peta yang menunjukkan area dengan tingkat kerentanan terhadap getaran gempa berdasarkan karakteristik sedimen di wilayah tersebut. Karakteristik sedimen pada peta disusun berdasarkan kecepatan gelombang geser rata-rata hingga kedalaman 30 m (Vs 30). Peta dapat dimanfaatkan untuk mitigasi risiko bencana gempa, perencanaan tata ruang, dan peraturan bangunan (*building code*). Peta ini membantu untuk menentukan daerah yang memerlukan perlindungan ekstra atau rekayasa bangunan yang membutuhkan struktur tahan gempa.

Sumber Data

Peta yang disajikan merupakan hasil pengukuran dengan alat mikrotremor *single station*. Pengukuran dilakukan sebanyak 163 titik dengan jarak antar titik pengukuran 1 km. Masing masing titik diukur selama 30 menit. Alat yang digunakan adalah seismometer Lenart 0,2 Hz dan alat perekam Sara. Data diolah menggunakan perangkat lunak *(software)* Geopsy versi 2.9.1.

Metodologi

Metodologi untuk menentukan nilai Vs30 (kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter) melibatkan berbagai teknik geofisika dan geoteknik, antara lain:

- 1. Seismic Refraction
- 2. Downhole Test
- 3. Crosshole Test
- 4. Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)
- 5. Metode Mikrotremor (Horizontal to Vertical Spectral Ratio/HVSR)

Metode yang digunakan dalam pemetaan adalah *inversi Horizontal to Vertical Spectral Ratio (*HVSR). Metode ini mudah diterapkan untuk mengestimasi profil kecepatan gelombang geser serta lebih ekonomis. Tahapan Metoda inversi-HVSR terdiri dari:

1. Pengambilan Data

Pengukuran HVSR di lapangan dengan menggunakan alat seismometer. Seismometer merekam getaran tanah alami (mikrotremor) dalam tiga komponen (dua horizontal dan satu vertikal). Rasio spektral antara komponen horizontal dan vertikal ini membantu mengidentifikasi frekuensi dominan pada lokasi tersebut.

2. Analisis Puncak Frekuensi:

Mengidentifikasi puncak frekuensi (frekuensi dominan) yang muncul dari rasio spektral. Puncak ini biasanya mencerminkan frekuensi resonansi tanah setempat, yang terkait dengan kedalaman dan kekerasan lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan.

3. Pemodelan

Inversi dilakukan dengan menggunakan model numerik yang menghubungkan frekuensi dominan dari HVSR dengan struktur bawah permukaan (lapisan tanah dan batuan) serta nilai kecepatan gelombang geser. Pemodelan numerik ini menggunakan parameter-parameter seperti kedalaman lapisan, densitas, dan kecepatan

4. Estimasi Vs30 dari Model Inversi:

Hasil inversi HVSR menghasilkan profil kecepatan gelombang geser (Vs) (Gambar 1.) pada kedalaman yang berbeda. Vs30 dihitung sebagai rata-rata kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter.

Hasil dan Pemanfaatan

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengolahan data, daerah Kota Sukabumi- Cibadak tersusun kedalam 3 klasifikasi sedimen, yaitu:

- 1. SE (tanah lunak) di dalam peta warna merah dengan nilai Vs <175 m/s
- 2. SD (tanah sedang) di dalam peta warna kuning dengan nilai 175 m/s <Vs>350 m/s
- 3. SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak) di dalam peta warna hijau dengan nilai 350 m/s < Vs > 750 m/s

Pembagian jenis sedimen dibuat sesuai dengan SNI 1726 tahun 2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Tabel klasifikasi situs dalam SNI 1726 tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 1.

Gambar 1. Penampang Vs

Dari hasil pemetaan daerah Pelabuhanratu sebagian besar (59,58 %) merupakan Tanah sedang dengan luas 23319,993 Ha, Tanah Lunak sebesar (5,19%) dengan luas sebesar 2034.22 Ha, sementara Tanah Keras sebesar (35,22 %) dengan luas 13785,7840 Ha.

Dari data diatas data Vs yaitu cepat rambat gelombang share (s) di daerah Pelabuhanratu makin keras dan stabil tanah di daerah tersebut maka makin besar Vs yang di dapat, dan makin kecil nilai Vs maka tanah atau batuan tersebut makin lunak (tidak stabil).

Dari hasil penampang kita dapat mengkorelasikan penampang Vs (seperti gambar 1) titik satu dengan titik yang lainnya sehingga dapat melihat suatu bidang gelincir atau bidang patahan dengan melihat adanya perbedaan kedalaman dengan nilai Vs yang sama (Gambar 3.)

Peta ini dapat di pakai sebagai dasar pertimbangan bagi pembagunan dan pengembangan di daerah tersebut berdasarkan tingkat kerentanan zonasi kewilayahannya terhadap bencana gelombang gempabumi. Nilai Vs hasil inversi juga bisa dimanfaatkan untuk perencanaan struktur bangunan atau non bangunan sesuai dengan SNI no 1726 tahun 2019.

20	00

Kelas situs	V _a (m/detik)	N atau N	s.(kPa)
S4 (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	 Indeks plastisitas, 1 Kadar air, W≥ 40% Kuat geser niralir ş 	P/ > 20 , < 25 kPa	
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tan karakteristik berikut: - Rawan dan berpotens mudah likuifaksi, lemp - Lempung sangat orga - Lempung berplastisita indeks plasitisitas <i>PI</i> Lapisan lempung luna dengan s < S0kPa	ah yang memiliki salah si gagal atau runtuh akiba yung sangat sensitif, tanah nik dan/atau gambut (ket as sangat tinggi (ketebal > 75) k/setengah teguh denga	satu atau lebih dari at beban gempa sepe n tersementasi lemah ebalan $H > 3$ m) an $H > 7,5$ m denga n ketebalan $H > 35$

Gambar 2. Zona Patahan Cimandiri

Peta karakteristik sedimen bawah permukaan (Vs 30) adalah peta yang menunjukkan area dengan tingkat kerentanan terhadap getaran gempa berdasarkan karakteristik sedimen di wilayah tersebut. Karakteristik sedimen pada peta disusun berdasarkan kecepatan gelombang geser rata-rata hingga kedalaman 30 m (Vs 30). Peta dapat dimanfaatkan untuk mitigasi risiko bencana gempa, perencanaan tata ruang, dan peraturan bangunan (building code). Peta ini membantu untuk menentukan daerah yang memerlukan perlindungan ekstra atau rekayasa bangunan yang membutuhkan struktur tahan gempa.

Sumber Data

Peta yang disajikan merupakan hasil pengukuran dengan alat mikrotremor single station. Pengukuran dilakukan sebanyak 163 titik dengan jarak antar titik pengukuran 1 km. Masing masing titik diukur selama 30 menit. Alat yang digunakan adalah seismometer Lenart 0,2 Hz dan alat perekam Sara. Data diolah menggunakan perangkat lunak (software) Geopsy versi 2.9.1.

Metodologi

Metodologi untuk menentukan nilai Vs30 (kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter) melibatkan berbagai teknik geofisika dan geoteknik, antara lain:

- 1. Seismic Refraction
- 2. Downhole Test
- 3. Crosshole Test
- 4. Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)
- 5. Metode Mikrotremor (Horizontal to Vertical Spectral Ratio/HVSR)

Metode yang digunakan dalam pemetaan adalah inversi Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR). Metode ini mudah diterapkan untuk mengestimasi profil kecepatan gelombang geser serta lebih ekonomis. Tahapan Metoda inversi-HVSR terdiri dari:

1. Pengambilan Data

Pengukuran HVSR di lapangan dengan menggunakan alat seismometer. Seismometer merekam getaran tanah alami (mikrotremor) dalam tiga komponen (dua horizontal dan satu vertikal). Rasio spektral antara komponen horizontal dan vertikal ini membantu mengidentifikasi frekuensi dominan pada lokasi tersebut.

2. Analisis Puncak Frekuensi:

Mengidentifikasi puncak frekuensi (frekuensi dominan) yang muncul dari rasio spektral. Puncak ini biasanya mencerminkan frekuensi resonansi tanah setempat, yang terkait dengan kedalaman dan kekerasan lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan.

3. Pemodelan

Inversi dilakukan dengan menggunakan model numerik yang menghubungkan frekuensi dominan dari HVSR dengan struktur bawah permukaan (lapisan tanah dan batuan) serta nilai kecepatan gelombang geser. Pemodelan numerik ini menggunakan parameter-parameter seperti kedalaman lapisan, densitas, dan kecepatan

4. Estimasi Vs30 dari Model Inversi:

Hasil inversi HVSR menghasilkan profil kecepatan gelombang geser (Vs) (Gambar 1.) pada kedalaman yang berbeda. Vs30 dihitung sebagai rata-rata kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter.

Hasil dan Pemanfaatan

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengolahan data, daerah Kota Sukabumi- Cibadak tersusun kedalam 3 klasifikasi sedimen, vaitu:

- 1. SE (tanah lunak) di dalam peta warna merah dengan nilai Vs <175 m/s
- 2. SD (tanah sedang) di dalam peta warna kuning dengan nilai 175 m/s <Vs>350 m/s
- 3. SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak) di dalam peta warna hijau dengan nilai 350 m/s < Vs > 750

Pembagian jenis sedimen dibuat sesuai dengan SNI 1726 tahun 2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Tabel klasifikasi situs dalam SNI 1726 tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 1.

Gambar 1. Penampang Vs

Berdasarkan hasil pemetaan, daerah Kota Garut sebagian besar (50,67 %) merupakan Tanah keras dengan luas 12215,716 Ha, Tanah lunak sebesar (0,342 %) dengan luas sebesar 82,667 Ha, dan Tanah sedang sebesar (48,97 %) dengan luas 11806,188 Ha.

Hasil pengolahan data Vs yaitu cepat rambat gelombang share (s) di daerah Kota Garut, sedimen semakin keras dan stabil di daerah tersebut maka makin besar nilai Vs yang didapat, sedangkan sedimen semakin lunak dan tidak stabil semakin kecil nilai Vs.

Peta karakteristik sedimen bawah permukaan dapat digunakan sebagai pertimbangan bagi pembangunan dan pengembangan wilayah berdasarkan nilai klasifikasi situs. Nilai ini menggambarkan kerentanan suatu daerah terhadap gelombang gempa bumi. Nilai Vs hasil inversi dapat dimanfaatkan untuk rekayasa struktur bangunan atau non bangunan sesuai dengan SNI 1726 tahun 2019.

		Tabel 1. Kla	sifikasi Situs Vs	
	Kelas situs	V _s (m/detik)	N atau N _{ch}	s _u (kPa)
	SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
	SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
	SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥100
	SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai100
	SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
SC		karateristik sebagai berik 1. Indeks plastisitas, F 2. Kadar air, $w \ge 40\%$, 3. Kuat geser niralir s.	ut : 1 > 20 , ≲ 25 kPa	
,	SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan una karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi mudah likuifaksi, lempu - Lempung sangat orgar - Lempung berplastisita indeks plasitisitas <i>PI</i> > Lapisan lempung lunak dengan s < 50 kPa	h yang memiliki salah gagal atau runtuh akiba ng sangat sensitif, tanal iik dan/atau gambut (ket s sangat tinggi (ketebal 75) /setengah teguh denga	satu atau lebih dari at beban gempa seper h tersementasi lemah bebalan $H > 3$ m) an $H > 7,5$ m denga n ketebalan $H > 35$ n

Gambar 2. Patahan Bagendit

Peta karakteristik sedimen bawah permukaan (Vs 30) adalah peta yang menunjukkan area dengan tingkat kerentanan terhadap getaran gempa berdasarkan karakteristik sedimen di wilayah tersebut. Karakteristik sedimen pada peta disusun berdasarkan kecepatan gelombang geser rata-rata hingga kedalaman 30 m (Vs 30). Peta dapat dimanfaatkan untuk mitigasi risiko bencana gempa, perencanaan tata ruang, dan peraturan bangunan (*building code*). Peta ini membantu untuk menentukan daerah yang memerlukan perlindungan ekstra atau rekayasa bangunan yang membutuhkan struktur tahan gempa.

Sumber Data

Peta yang disajikan merupakan hasil pengukuran dengan alat mikrotremor *single station*. Pengukuran dilakukan sebanyak 163 titik dengan jarak antar titik pengukuran 1 km. Masing masing titik diukur selama 30 menit. Alat yang digunakan adalah seismometer Lenart 0,2 Hz dan alat perekam Sara. Data diolah menggunakan perangkat lunak *(software)* Geopsy versi 2.9.1.

Metodologi

Metodologi untuk menentukan nilai Vs30 (kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter) melibatkan berbagai teknik geofisika dan geoteknik, antara lain:

- 1. Seismic Refraction
- 2. Downhole Test
- 3. Crosshole Test
- 4. Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)
- 5. Metode Mikrotremor (Horizontal to Vertical Spectral Ratio/HVSR)

Metode yang digunakan dalam pemetaan adalah *inversi Horizontal to Vertical Spectral Ratio (*HVSR). Metode ini mudah diterapkan untuk mengestimasi profil kecepatan gelombang geser serta lebih ekonomis. Tahapan Metoda inversi-HVSR terdiri dari:

1. Pengambilan Data

Pengukuran HVSR di lapangan dengan menggunakan alat seismometer. Seismometer merekam getaran tanah alami (mikrotremor) dalam tiga komponen (dua horizontal dan satu vertikal). Rasio spektral antara komponen horizontal dan vertikal ini membantu mengidentifikasi frekuensi dominan pada lokasi tersebut.

2. Analisis Puncak Frekuensi:

Mengidentifikasi puncak frekuensi (frekuensi dominan) yang muncul dari rasio spektral. Puncak ini biasanya mencerminkan frekuensi resonansi tanah setempat, yang terkait dengan kedalaman dan kekerasan lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan.

3. Pemodelan

Inversi dilakukan dengan menggunakan model numerik yang menghubungkan frekuensi dominan dari HVSR dengan struktur bawah permukaan (lapisan tanah dan batuan) serta nilai kecepatan gelombang geser. Pemodelan numerik ini menggunakan parameter-parameter seperti kedalaman lapisan, densitas, dan kecepatan

4. Estimasi Vs30 dari Model Inversi:

Hasil inversi HVSR menghasilkan profil kecepatan gelombang geser (Vs) (Gambar 1.) pada kedalaman yang berbeda. Vs30 dihitung sebagai rata-rata kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter.

Hasil dan Pemanfaatan

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengolahan data, daerah Kota Sukabumi- Cibadak tersusun kedalam 3 klasifikasi sedimen, yaitu:

- 1. SE (tanah lunak) di dalam peta warna merah dengan nilai Vs \leq 175 m/s
- 2. SD (tanah sedang) di dalam peta warna kuning dengan nilai 175 m/s <Vs>350 m/s
- 3. SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak) di dalam peta warna hijau dengan nilai 350 m/s < Vs > 750 m/s

Pembagian jenis sedimen dibuat sesuai dengan SNI 1726 tahun 2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Tabel klasifikasi situs dalam SNI 1726 tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 1.

Gambar 1. Penampang Vs

Berdasarkan hasil pemetaan, daerah Pameumpeuk, Kabupaten Garut sebagian besar (57,69 %) merupakan Tanah sedang dengan luas 11423,07 Ha, Tanah lunak sebesar (2,76 %) dengan luas sebesar 547,12 Ha, Tanah keras sebesar (39,41 %) dengan luas 7803,860 Ha, dan Batuan sebesar (0,13 %) dengan luas sebesar 25,93 Ha. Hasil pengolahan data Vs yaitu cepat rambat gelombang share (s) di daerah Pameumpeuk, Kabupaten Garut, sedimen semakin keras dan stabil di daerah tersebut maka makin besar nilai Vs yang didapat, sedangkan sedimen semakin lunak dan tidak stabil semakin kecil nilai Vs.

Profil penampang dapat dikorelasikan nilai Vs titik satu dengan titik yang lainnya sehingga dapat melihat suatu bidang gelincir atau bidang patahan dari adanya perbedaan kedalaman dengan nilai Vs yang sama (Gambar 2).

Peta karakteristik sedimen bawah permukaan dapat digunakan sebagai pertimbangan bagi pembangunan dan pengembangan wilayah berdasarkan nilai klasifikasi situs. Nilai ini menggambarkan kerentanan suatu daerah terhadap gelombang gempa bumi. Nilai Vs hasil inversi dapat dimanfaatkan untuk rekayasa struktur bangunan atau non bangunan sesuai dengan SNI 1726 tahun 2019.

Tabel 1	Klasifikasi	Situs	Vs
---------	-------------	-------	----

Kelas situs	V _S (m/detik)	N atau N _{ch}	<i>ಕ್ಕ</i> (kPa)	
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A	
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A	
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥100	
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai100	
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50	
	Atau setiap profit tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karateristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $W \ge 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\overline{s_v} < 25$ kPa			
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plasitisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_{\nu} < 50$ kPa			

Gambar 2. Patahan Cikelet

Semua komunikasi tentang publikasi ini dialamatkan kepada: **Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral**

Badan Geologi

Pusat Survei Geologi Jl. Diponegoro No. 57 Bandung 40122 Telp. 022 7203205; Fax 022 7202669 Email: sekretariat_psg@esdm.go.id