

INSAR BERBASIS SIG UNTUK MENENTUKAN ZONA BAHAYA GEMPABUMI DI KABUPATEN BANDUNG

Purwo Yuli Atmoko^{1*}, Noorlaila Hayati²

¹ Magister Teknik Geomatika, Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 60119, Indonesia

² Teknik Geomatika, Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 60119, Indonesia

*email: purwo.atmoko@bmkgo.id

ABSTRAK

Pada Rabu 18 September 2024 Kabupaten Bandung diguncang gempa bumi dengan kekuatan M 4.9. Gempabumi ini merupakan gempa bumi dangkal. Gempabumi tersebut berdampak begitu besar, yaitu telah merusak ribuan rumah dan fasilitas umum. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis zona bahaya gempa bumi di wilayah Kabupaten Bandung. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Interferometri SAR (InSAR) citra satelit Sentinel-1 untuk mendapatkan deformasi gempa bumi dan Analytical Hierarchy Process (AHP) yang dipadukan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk membuat zona bahaya gempa bumi. Dalam penelitian ini menggunakan tiga faktor yang mempengaruhi zona bahaya gempa bumi yaitu, jarak dari deformasi, V_s30 , dan struktur geologi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi deformasi sebesar 20 cm dengan arah Timur Laut ke Barat Daya sesuai dengan arah Sesar Garsela. Zona bahaya gempa bumi di wilayah Kabupaten Bandung ada tiga jenis tingkatan, yaitu zona bahaya tingkat sangat tinggi (zona merah) sebesar 1,47%, zona bahaya tingkat tinggi (zona orange) sebesar 1,48 % dan zona bahaya tingkat sedang (zona kuning) sebesar 97,05% dari luas Kabupaten Bandung. Kesimpulannya Kabupaten Bandung memiliki tiga zona bahaya gempa bumi yaitu zona bahaya gempa bumi tingkat sedang (zona kuning) yang banyak berkumpul di Kecamatan Cimenyan, Cileunyi, Rancaekek, Cicalengka, Nagreg, Majalaya serta beberapa kecamatan lain. Zona bahaya gempa bumi tingkat tinggi (zona Orange) berada di Kecamatan Pengalengan dan Kecamatan Kertasari. Zona bahaya gempa bumi tingkat sangat tinggi (zona merah) yang berada pada tiga kecamatan yaitu Kecamatan Kertasari, Kecamatan Pengalengan dan Kecamatan Pacet.

Kata Kunci: AHP; Deformasi; Insar; Sentinel-1; Zona bahaya gempa bumi

ABSTRACT

[Title: Gis-Based Insar to Determine Earthquake Hazard Zones in Bandung Regency] On Wednesday, September 18, 2024, Bandung Regency was shaken by an earthquake with a magnitude of M 4.9. This was a shallow earthquake. The earthquake had a huge impact, damaging thousands of homes and public facilities. This study aims to conduct an analysis of earthquake hazard zones in the Bandung Regency area. The methods used in this study are Interferometric SAR (InSAR) from Sentinel-1 satellite imagery to obtain earthquake deformation and the Analytical Hierarchy Process (AHP) combined with a Geographic Information System (GIS) to create earthquake hazard zones. This study uses three factors that influence earthquake hazard zones, namely, distance from deformation, V_s30 , and geological structure. The results of this study show that a deformation of 20 cm occurred in a Northeast to Southwest direction, consistent with the direction of the Garsela Fault. There are three types of earthquake hazard zones in the Bandung Regency area: a very high hazard level (red zone) of 1.47%, a high hazard level (orange zone) of 1.48%, and a moderate hazard level (yellow zone) of 97.05% of the total area of Bandung Regency. In conclusion, Bandung Regency has three earthquake hazard zones, namely the moderate earthquake hazard zone (yellow zone) which is mostly concentrated in the sub-districts of Cimenyan, Cileunyi, Rancaekek, Cicalengka, Nagreg, Majalaya, and several other sub-districts. The high earthquake hazard zone (orange zone) is located in the sub-districts of Pengalengan and Kertasari. The very high earthquake hazard zone (red zone) is located in three sub-districts, namely Kertasari, Pengalengan, and Pacet.

Keywords: AHP; Deformation; Insar; Entinel-1; Earthquake hazard zone

PENDAHULUAN

Letak geografis Indonesia yang berada di area bertemunya tiga lempeng tektonik yang merupakan bagian dari lempeng tektonik besar dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik, menjadi faktor krusial yang memicu terjadinya berbagai bencana alam. Tidak hanya lempengan besar, namun terdapat juga lempengan kecil atau microblobs (Bird, 2003). Interaksi dinamis di antara lempeng-lempeng ini menciptakan aktivitas seismik secara terus menerus, yang mengarah pada seringnya terjadinya gempa bumi. Fenomena ini juga berkontribusi pada munculnya gunung berapi aktif dan potensi tsunami yang mengancam. Wilayah ini dikenal sebagai Ring of Fire dengan cincin vulkanik dan seismik yang mengelilingi Samudra Pasifik. Keunikan letak Indonesia di tengah cincin ini membuat negara ini rentan terhadap bencana alam, yang seringkali mengakibatkan kerusakan besar, hilangnya nyawa, dan dampak ekonomi yang serius. Dampak yang ditimbulkan oleh gempa bumi memiliki potensi merusak dan membahayakan secara serius. Menurut Tehseen *et al.*, (2020), gempa bumi adalah bencana alam yang paling berbahaya dan merusak dari sekian bencana alam yang ada. Guncangan yang dihasilkan oleh gempa bumi dapat menyebabkan keruntuhan struktur bangunan, jembatan, dan infrastruktur lainnya, mengakibatkan kehancuran fisik yang luas. Selain kerugian materi, gempa bumi juga berpotensi menimbulkan korban jiwa dan luka-luka serius pada manusia. Fenomena gempa bumi yang telah terjadi memiliki potensi untuk berulang kembali di masa depan, mengingat sifat dinamis pergerakan lempeng tektonik (Luttrell *et al.*, 2007). Pengalaman sejarah menunjukkan bahwa wilayah-wilayah yang pernah mengalami gempa bumi memiliki risiko lebih tinggi untuk mengalami gempa bumi kembali. Perulangan gempa bumi dengan magnitudo kecil akan berpengaruh terhadap kejadian gempa bumi yang lebih besar di sekitar daerah tersebut (Shelly, 2010). Oleh karena itu, penting untuk memahami sejarah seismik suatu wilayah dan menganalisis pola aktivitasnya guna memperkirakan kemungkinan kejadian di masa depan.

Hingga saat ini, gempa bumi masih merupakan fenomena alam yang sulit untuk diprediksi secara akurat terkait waktu dan lokasinya. Meskipun telah ada kemajuan dalam pemahaman kita tentang penyebab dan mekanisme terjadinya gempa bumi, faktor-faktor yang kompleks dan dinamis di bawah permukaan bumi membuatnya sulit untuk memprediksi kapan gempa bumi akan datang dengan tepat. Menurut Sykes *et al.*, (1999), memprediksi kejadian-kejadian besar lebih dari satu siklus sangat sulit, bahkan mustahil karena sebagian besar ketidaklinieran dalam proses gempa bumi. Memprediksi kejadian-kejadian besar lebih dari satu siklus sangat sulit, bahkan mustahil karena sebagian besar ketidaklinieran dalam proses gempa bumi. Sejumlah unsur yang mempengaruhi gempa bumi, seperti pergerakan lempeng tektonik dan akumulasi tegangan di dalam kerak bumi, berinteraksi dengan cara yang kompleks dan sulit diukur secara langsung. Meskipun ada usaha untuk mengembangkan sistem peringatan dini berdasarkan aktivitas seismik dan sensor lainnya, hasilnya belum dapat memberikan prediksi yang sangat tepat mengenai gempa bumi yang akan datang.

Interferometry Synthetic Aperture Radar (InSAR) merupakan suatu metode dalam teknologi penginderaan jauh aktif yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi deformasi permukaan tanah disebabkan oleh gempa bumi (Xu *et al.*, 2020). Metode InSAR memanfaatkan pengamatan gelombang radar dari satelit atau pesawat udara untuk membuat pemetaan presisi deformasi permukaan bumi. Penelitian tentang InSAR untuk mengidentifikasi deformasi permukaan telah dimulai sejak lama. Penerapan InSAR dalam penelitian deformasi kerak telah banyak dilakukan sejak permulaan tahun 1989 (Gabriel *et al.*, 1989). InSAR menggunakan perbedaan fase antara dua citra radar yang diambil pada waktu yang berbeda untuk menghitung perubahan jarak relatif antara permukaan tanah dan sensor radar. Hal ini memungkinkan identifikasi dan pemetaan deformasi tanah akibat gempa bumi atau peristiwa geologis lainnya. Burgmann *et al.*, (2000) menekankan beberapa karakteristik istimewa dari InSAR. Pertama, teknik ini mampu memetakan deformasi permukaan dalam resolusi piksel padat sekitar 20-

100 meter, di atas area spasial yang hampir tak terbatas. Kedua, InSAR memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap perpindahan vertikal, yang dapat dibandingkan dengan keakuratan pengukuran leveling. Ketiga, InSAR memiliki keunikan dibandingkan dengan metode geodesi presisi lainnya karena InSAR adalah metode penginderaan jauh yang tidak membutuhkan kehadiran fisik di lokasi dan bisa digunakan secara efektif di seluruh dunia.

Keunggulan InSAR terletak pada kemampuannya untuk memberikan informasi spasial yang tinggi, memungkinkan pemantauan deformasi dengan tingkat akurasi yang signifikan. Keunggulan lain dari InSAR yaitu citra yang digunakan adalah citra penginderaan jauh aktif sehingga dapat bekerja secara efektif dalam kondisi cuaca buruk atau malam hari karena tidak tergantung pada cahaya matahari. Ini memungkinkan pemantauan kontinu dan konsisten, bahkan dalam kondisi atmosfer yang buruk. Teknologi ini telah membuka pintu bagi pemahaman mendalam terhadap perubahan permukaan tanah dan berkontribusi besar dalam pembuatan zona bahaya gempabumi.

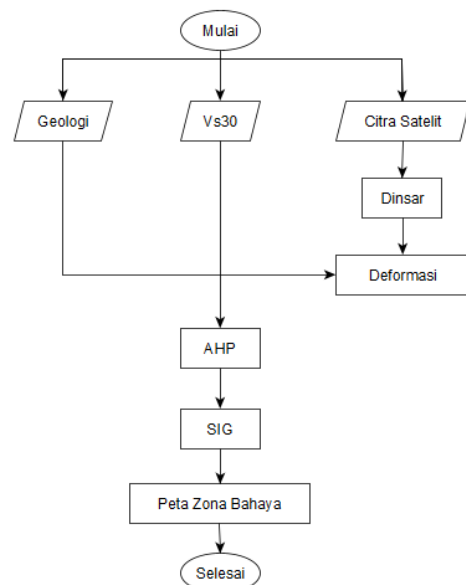
Zona bahaya gempabumi merupakan unsur yang penting dalam mengenal dan mengkaji ancaman gempabumi (Bodin 1995) berpendapat bahwa zona bahaya gempabumi merupakan elemen penting dalam mengenali dan menilai ancaman gempabumi. Zona bahaya gempabumi adalah suatu wilayah yang ditentukan berdasarkan analisis ilmiah terhadap potensi terjadinya gempabumi dan dampaknya. Penentuan zona ini memungkinkan identifikasi daerah-daerah yang memiliki risiko lebih tinggi terhadap gempabumi, sehingga tindakan preventif dan persiapan darurat dapat dilakukan lebih efektif. Zona bahaya gempabumi memberikan panduan penting dalam perencanaan tata ruang, konstruksi bangunan, dan pembangunan infrastruktur. Area yang berada dalam zona bahaya gempabumi mungkin memerlukan desain dan teknik konstruksi khusus yang dapat mengurangi risiko kerusakan akibat gempabumi. Selain itu, informasi zona bahaya gempa bumi juga penting dalam mengedukasi masyarakat tentang risiko yang mungkin akan terjadi dan hal-hal yang dirasa penting untuk menghadapinya.

Dengan demikian, perlu adanya kajian akademis dalam membuat zona bahaya gempabumi

Kabupaten Bandung untuk membantu melindungi masyarakat dan infrastruktur dari potensi kerusakan dan bahaya yang disebabkan oleh gempabumi. Berdasarkan permasalahan yang dijelaskan tersebut, penelitian ini akan menggali lebih dalam tentang Insar Berbasis SIG Untuk Menentukan Zona Bahaya Gempabumi di Kabupaten Bandung, Jawa Barat.

METODE

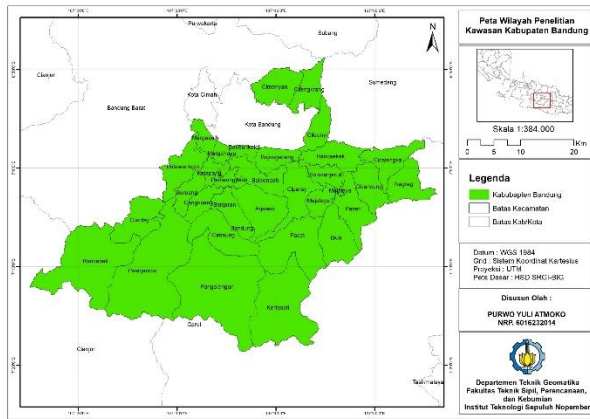
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, yang merujuk pada metode ilmiah yang terstruktur untuk menganalisis elemen-elemen dan fenomena tertentu, serta mengungkapkan hubungan sebab-akibat yang ada di antara mereka. Desain penelitian ini dapat dilihat melalui diagram alir Gambar 1. Dimulai dengan mendapatkan data struktur geologi Kabupaten Bandung dari Badan Geologi. Mendapatkan data Vs30 dari USGS. Mendownload citra satelit Sentinel-1 sebelum dan sesudah gempabumi Bandung tanggal 18 September 2024. Citra satelit tersebut kemudian diolah dengan metode InSAR untuk mendapatkan nilai deformasi permukaan tanah. Nilai deformasi tersebut dijadikan sebagai faktor deformasi bersama dengan Vs30 dan struktur geologi, dilakukanlah proses Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk menghasilkan bobot faktor deformasi, faktor Vs30, dan faktor geologi. Selanjutnya dilakukan tumpang susun berdasarkan bobot masing-masing faktor menggunakan sistem informasi geografis (SIG) untuk menghasilkan zona bahaya gempabumi di wilayah Kabupaten Bandung.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Wilayah penelitian terdapat pada Kabupaten Bandung. Secara geografis letak Kabupaten Bandung berada pada 6°,41' - 7°,19' Lintang Selatan dan

diantara 107°22' - 108°5' Bujur Timur dengan luas wilayah 176.239 ha. Batas Utara Kabupaten Bandung Barat, sebelah Timur Kabupaten Sumedang dan Kabupaten Garut, sebelah Selatan Kabupaten Garut dan Kabupaten Bandung, sebelah Barat Kabupaten Bandung Barat; di bagian Tengah Kota Bandung dan Kota Cimahi. Kabupaten Bandung terdiri atas 31 kecamatan, 266 Desa dan 9 Kelurahan.

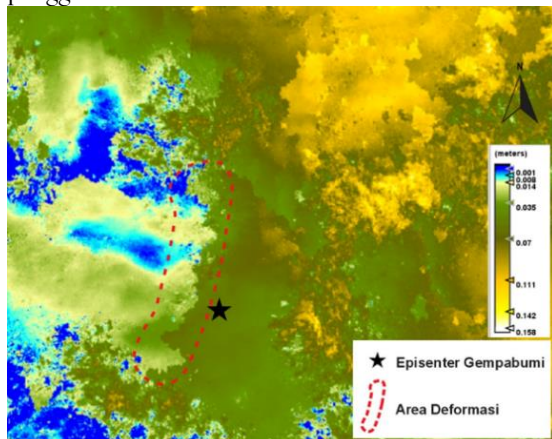


Gambar 2. Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Faktor Deformasi

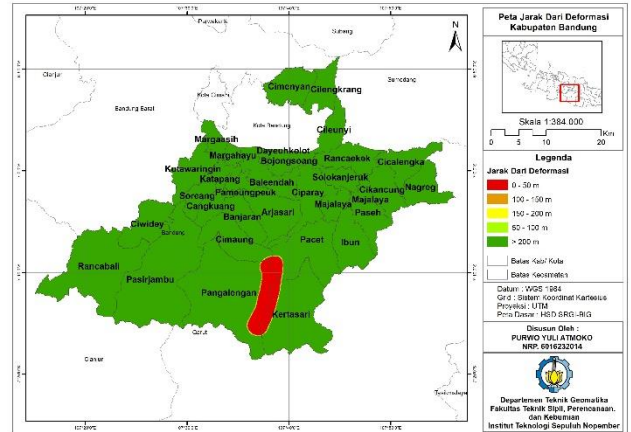
Dalam menganalisis deformasi akibat gempa bumi, penggunaan metode InSAR dengan citra Sentinel-1A tipe SLC telah dilakukan. Citra ini diambil dengan mode akuisisi descending dan polarisasi VV. Data citra yang digunakan sebagai master yaitu data tanggal 13 September 2024. Data tersebut adalah data sebelum kejadian gempabumi Bandung 18 September 2024. Data citra yang digunakan sebagai slave yaitu data tanggal 25 September 2024. Data tersebut adalah data setelah kejadian gempabumi Bandung 18 September 2024. Pemrosesan data melibatkan koregistrasi antara citra master dan citra slave. Proses koregistrasi melibatkan tahapan TOPSAR split dengan penggunaan subswath IW 1 dan burst 2-8.



Gambar 3. Hasil Analisis Deformasi

Hasil interferogram yang berupa fase, selanjutnya dilakukan proses unwrapping agar menghasilkan deformasi perubahan tanah dalam satuan meter. Hasil analisa deformasi seperti yang ditunjukkan Gambar 3 yaitu terjadi deformasi sebesar 20 cm dengan arah Timur Laut ke Barat Daya sesuai dengan arah Sesar Garsela.

Setelah lokasi deformasi didapatkan, langkah selanjutnya yaitu menghitung jarak dari deformasi seperti yang ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Jarak Dari Deformasi

Langkah ini dilakukan untuk membuat klasifikasi dan skoring jarak dari deformasi. Lokasi yang semakin dekat dengan deformasi artinya tingkat bahaya terhadap gempabumi tinggi, skor yang diberikan juga tinggi. Sebaliknya, jika lokasi semakin jauh dari deformasi artinya tingkat bahaya terhadap gempabumi rendah, skor yang diberikan juga rendah. Klasifikasi dilakukan berdasarkan Karpouza *et al.*, (2021). Jarak dari deformasi 0 – 50 m diberi skor 5. Jarak dari deformasi 50 – 100 m diberi nilai 4. Jarak dari deformasi 100 – 150 m diberi skor 3. Jarak dari deformasi 150 – 200 m diberi skor 2. Jarak dari deformasi lebih dari 200 m diberi skor 1

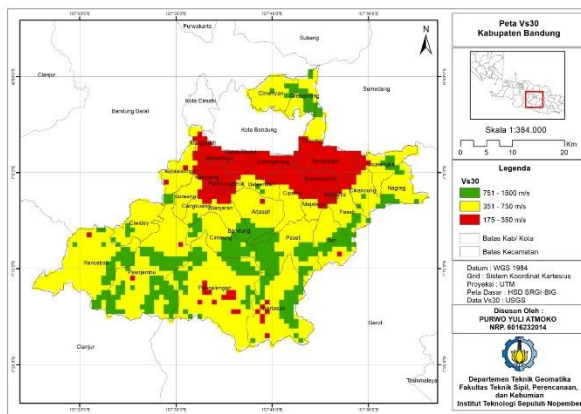
2. Hasil Faktor VS30

Data Vs30 diambil dari USGS melalui website Vs30 Map Viewer. Data diambil dengan cara membuat area yang akan didownload datanya. Setelah area terpilih, download datanya yang berupa file .TIF. File tersebut dibuka di ArcGIS dan dilakukan proses clip agar sesuai dengan wilayah Kabupaten Bandung. Hasil dari Vs30 dapat dilihat pada Gambar 5 Wilayah Kabupaten Bandung memiliki nilai Vs30 tertinggi 1500 m/s, sedangkan nilai Vs30 terendah 175 m/s.

Tabel 1. Klasifikasi Kelas Situs Tanah berdasarkan SNI tahun 1726 – 2019

Kelas Situs	Deskripsi umum	Vs30(m/s)
SA	Batuan keras	$Vs30 > 1500$
SB	Batuan sedang	$750 \leq Vs30 \leq 1500$
SC	Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak	$350 \leq Vs30 \leq 750$
SD	Tanah sedang	$175 \leq Vs30 \leq 350$
SE	Tanah lunak	$Vs30 < 175$

Berdasarkan Tabel 1 area yang memiliki Vs30 kurang dari 175 m/s masuk klasifikasi tanah lunak, diberikan skor 5. Area yang memiliki Vs30 antara 175 m/s sampai 350 m/s masuk klasifikasi tanah sedang, diberikan skor 4. Area yang memiliki Vs30 antara 351 m/s sampai 750 m/s masuk klasifikasi tanah sedang, diberikan skor 3. Area yang memiliki Vs30 antara 751 m/s sampai 1.500 m/s masuk batuan sedang diberikan skor 2. Area yang memiliki Vs30 lebih dari masuk batuan sedang diberikan skor 1.



Gambar 5. Peta Sebaran Vs30

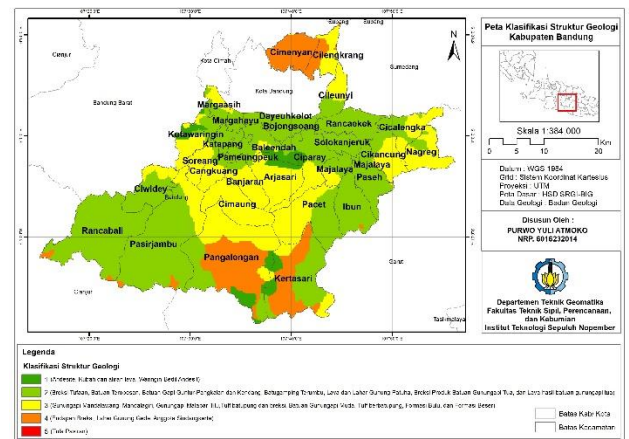
Pada Gambar 5 terlihat bahwa wilayah Kabupaten Bandung hanya memiliki tiga klasifikasi Vs30. Pertama, area yang memiliki Vs30 antara 175 m/s sampai 350 m/s masuk klasifikasi tanah sedang, diberikan skor 4. Kedua, area yang memiliki Vs30 antara 351 m/s sampai 750 m/s masuk klasifikasi tanah sedang, diberikan skor 3. Ketiga, area yang memiliki Vs30 antara 751 m/s sampai 1.500 m/s masuk batuan sedang diberikan skor 2.

Tanah yang lunak diberikan skor 5 artinya memiliki tingkat bahaya gempa bumi yang tinggi. Hal tersebut disebabkan karena apabila gempa bumi terjadi, tanah lunak akan mengalami amplifikasi. Getaran gempa bumi yang terjadi pada tanah lunak menjadi lebih besar gelombangnya. Batuan keras diberikan skor 1 artinya memiliki tingkat bahaya gempa bumi yang rendah. Hal ini dikarenakan apabila

gempabumi terjadi, batuan keras tidak mengalami amplifikasi. Getaran gempa bumi yang terjadi pada batuan keras tidak menjadi lebih besar gelombangnya.

3. Hasil Faktor Geologi

Faktor geologi dilakukan dengan membaca peta geologi. Peta geologi tersebut dilakukan proses clip agar terpisahkan dengan daerah lain sehingga didapatkan peta geologi Kabupaten Bandung. Langkah selanjutnya yaitu melakukan klasifikasi struktur geologi tersebut kedalam lima klasifikasi.



Gambar 6. Klasifikasi Struktur Geologi

Berdasarkan Gambar 6 maka pembagian klasifikasi faktor struktur geologi yaitu Skor 5 terdiri dari Tufa Pasiran. Skor 4 terdiri dari Endapan Breksi, Lahar Gunung Gede, Anggota Sidangkerta. Skor 3 terdiri dari Formasi Gunung Mandalawangi-Malabar, Formasi Gunung Malabar Tilu, Tuff batu apung dan Breksi, Formasi Batuan Gunung Muda, Formasi Tuff berbatuapung, Formasi Bulu dan Formasi Besar. Skor 2 terdiri dari Breksi Tuffaan, Batuan Terobosan, Batuan Gapi Guntur-Pangkalan dan Kendang, Batu Gamping Terumbu, Lava dan Lahar Gunung Patuha, Breksi Produk Batuan Gunungapi Tua, dan Lava hasil batuan Gunungapi Tua. Skor 1 terdiri dari Batuan Andesit, Kubah dan aliran lava, Waringin-Bedil Andesit.

4. Hasil Analytical Hierarchy Process (AHP)

Setelah faktor deformasi, Vs30 dan geologi sudah dilakukan klasifikasi dan skoring, langkah berikutnya adalah melakukan pembobotan AHP. Langkah pertama yaitu dengan menentukan prioritas dari masing- masing faktor seperti terlihat pada Tabel 2 faktor zona bahaya gempa bumi ada tiga yaitu jarak dari deformasi, Vs30, dan struktur geologi. Ketiganya diletakkan pada kolom paling kiri. Baris pertama yang berupa angka adalah faktor bahaya yang diletakkan pada baris pertama angka 1 artinya jarak dari deformasi, angka 2 artinya Vs30, dan angka 3 artinya struktur geologi.

Tabel 2. Penentuan Tingkat Prioritas

Faktor Zona Bahaya	1	2	3
Jarak Dari Deformasi	1	2	5
Vs30	0.5	1	3
Struktur Geologi	0.2	0.33333	1
Jumlah	1.7	3.33333	9

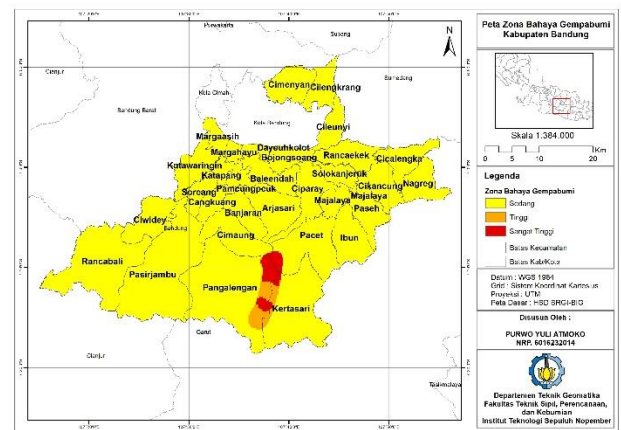
Hasil dari *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yaitu jarak dari deformasi memiliki bobot paling tinggi yaitu 59%, Vs30 memiliki bobot 29%, struktur geologi memiliki bobot 12%. Hal tersebut membuktikan pendapat dari Saaty (1983) yang menyatakan bahwa AHP dapat menentukan opsi terbaik dari berbagai alternatif yang tersedia. Hasil tersebut juga sejalan dengan penelitian dari Pakpahan *et al.*,(2021) yang menganalisis zona bahaya gempabumi menggunakan metode AHP. Hasil ini juga sejalan dengan Bhatt *et al.*,(2018) yang melakukan penilaian cepat bahaya gempabumi menggunakan metode AHP. Hasil pembobotan AHP dapat dilihat pada Tabel 3. Jarak dari deformasi memiliki bobot paling tinggi yaitu 59%. Skor faktor 1 sampai 5 merupakan klasifikasi yang ada pada jarak dari deformasi di wilayah Kabupaten Bandung. Vs30 memiliki bobot 29%. Skor faktor 2 sampai 4 merupakan klasifikasi faktor Vs30 yang ada di Kabupaten Bandung. Faktor struktur geologi memiliki bobot 12%. Skor faktor 1 sampai 5 merupakan klasifikasi faktor struktur geologi yang ada di Kabupaten Bandung.

Tabel 3. Hasil Pembobotan AHP

Faktor	Skor Faktor	Pembobotan
Jarak dari deformasi	1	59%
	2	
	3	
	4	
	5	
Vs30	1	29%
	2	
	3	
	4	
	5	
Struktur Geologi	1	12%
	2	
	3	
	4	
	5	

5. Hasil Zona Bahaya Gempabumi

Setelah mendapatkan nilai pembobotan masing-masing faktor, langkah berikutnya yaitu melakukan *weighted overlay* pada software SIG untuk menggabungkan ketiga faktor tersebut menjadi satu kesatuan sesuai dengan bobotnya masing-masing. Hasilnya adalah zona bahaya gempabumi Bandung yang ditunjukkan oleh Gambar 7. Berdasarkan gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa wilayah Kabupaten Bandung memiliki tiga zona bahaya gempabumi yaitu yaitu zona bahaya tingkat sangat tinggi (zona merah) sebesar 1,47%, zona bahaya tingkat tinggi (zona orange) sebesar 1,48 % dan zona bahaya tingkat sedang (zona kuning) sebesar 97,05%. Kesimpulannya Kabupaten Bandung memiliki tiga zona bahaya gempabumi yaitu zona bahaya gempabumi tingkat sedang (zona kuning) yang banyak berkumpul di Kecamatan Cimenyan, Cileunyi, Rancaekek, Cicalengka, Nagreg, Majalaya serta beberapa kecamatan lain. Zona bahaya gempabumi tingkat tinggi (zona Orange) berada di Kecamatan Pengalengan dan Kecamatan Kertasari. Zona bahaya gempabumi tingkat sangat tinggi (zona merah) yang berada pada tiga kecamatan yaitu Kecamatan Kertasari, Kecamatan Pengalengan dan Kecamatan Pacet.



Gambar 7. Zona Bahaya

Hasil penelitian ini memberikan landasan yang kuat untuk integrasi strategi kewaspadaan nasional dalam konteks mitigasi risiko gempabumi di Kabupaten Bandung. Pemahaman yang lebih baik terhadap zona bahaya ini dapat memberikan dasar yang lebih solid untuk perencanaan tanggap darurat, pemetaan sumber daya, dan pengembangan kebijakan yang bertujuan meningkatkan kesiapsiagaan terhadap ancaman gempabumi di Indonesia.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan analisis penelitian terkait zona bahaya gempabumi di wilayah Kabupaten Bandung menggunakan metode InSAR untuk memperoleh data deformasi, kemudian mengombinasikan deformasi dengan faktor Vs30 dan struktur geologi melalui metode AHP dan integrasi dalam sistem informasi geografis, penelitian ini memberikan sumbangan yang signifikan dalam penentuan zona bahaya gempabumi. Kontribusi ini mencakup pengetahuan baru dalam penerapan teknologi penginderaan untuk memahami dan mengatasi bencana alam, khususnya gempabumi. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa:

a. Kabupaten Bandung memiliki tiga zona bahaya gempabumi yaitu zona bahaya gempabumi tingkat sedang (zona kuning), zona bahaya gempabumi tingkat tinggi (zona orange), dan zona bahaya gempabumi tingkat sangat tinggi (zona merah).

b. Zona merah berada pada tiga kecamatan yaitu Kecamatan Pengalengan, Kecamatan Kertasari dan Kecamatan Pacet. Zona orange berada di Kecamatan Pengalengan dan Kecamatan Kertasari. Zona kuning berada di Kecamatan Cimenyan, Cileunyi, Rancaekek, Cicalengka, Nagreg, Majalaya serta beberapa kecamatan lain.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) atas dukungan kelembagaan yang diberikan selama proses penelitian ini. Penghargaan khusus juga ditujukan kepada Noorlaila Hayati dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya atas kontribusi berupa saran, arahan akademis, serta bantuan teknis yang sangat berarti dalam penyusunan naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhatt, N., Pancholi, V., Chopra, S., Rout, M. M., Shah, R. D., & Kothiyari, G. Ch. (2019). Rapid seismic hazard assessment of the Sabarmati River basin in Gujarat State, Western India using GIS techniques. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 78(6), 3927–3942. <https://doi.org/10.1007/s10064-018-1373-8>
- Bird, P. (2003), "An updated digital model of plate boundaries", *An Electronic Journal of the Earth Sciences*, Volume 4, Number 3
- Burgmann, R., Paul A. Rosen and Eric J. Fielding. (2000). "Synthetic Aperture Radar Interferometry to Measure Earth's Surface Topography and Its Deformation". *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, vol.28, hh. 169-209.
- Bodin, P., & Gomberg, J. (1995). Earthquake hazard. *Nature*, 374(6522), 492–492. [doi:10.1038/374492b0](https://doi.org/10.1038/374492b0)
- Gabriel, A. K., Richard M. Goldstein and Howard A. Zebker. (1989). "Mapping Small Elevation Changes Over Large Areas: Differential Radar Interferometry". *Journal of Geophysical Research*, vol.94 (B7), hh. 9183-9191.
- Karpouza, M., Chousianitis, K., Bathrellos, G. D., Skilodimou, H. D., Kaviris, G., & Antonarakou, A. (2021). Hazard zonation mapping of earthquake-induced secondary effects using spatial multi-criteria analysis. *Natural Hazards*, 109(1), 637–669. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04852-0>
- Luttrell, K., Sandwell, D., Smith-Konter, B., Bills, B., & Bock, Y. (2007). Modulation of the earthquake cycle at the southern San Andreas fault by lake loading. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 112(B8), 2006JB004752. <https://doi.org/10.1029/2006JB004752>
- Pakpahan, S., Tambunan, M.P., Masita Dwi Mandini Mannesa, M.D.M., Tambunan, R.P. (2021). Pola Spasial Bahaya Gempa Bumi Di Sekitar Bandara Kertajati Dan Kesesuaiannya Terhadap Tata Ruang Wilayah. *Jurnal Geosaintek*, Vol. 7 No. 2 Tahun 2021. 73-82. p-ISSN: 2460-9072, e-ISSN: 2502-3659
- Shelly, D. R. (2010). Periodic, Chaotic, and Doubled Earthquake Recurrence Intervals on the Deep San Andreas Fault. *Science*, 328(5984), 1385–1388. [doi:10.1126/science.1189741](https://doi.org/10.1126/science.1189741)
- Sykes, L. R., Shaw, B. E., & Scholz, C. H. (1999). Rethinking Earthquake Prediction. *Pure and Applied Geophysics*, 155(2-4), 207232. [doi:10.1007/s000240050263](https://doi.org/10.1007/s000240050263)
- Tehseen, R., Farooq, M.S. dan Abid, A. (2020), "Earthquake Prediction Using Expert Systems: A Systematic Mapping Study", *Sustainability*, Vol.12, No.6, hal. 2420. <http://doi.org/10.3390/su12062420>.
- Xu X, Sandwell DT, Smith-Konter B. (2020) Coseismic Displacements and Surface Fractures from Sentinel-1 InSAR: 2019 Ridgecrest Earthquakes. *Seismological Research Letters* 91 (4):1979-1985. [doi:10.1785/0220190275](https://doi.org/10.1785/0220190275)