

Pemanfaatan Citra Sentinel-1 untuk Deteksi Kerusakan Akibat Gempa Bumi di Kabupaten Cianjur

Arida Vania Firdaus^a, Nia Kurniadin^b, A. Arifin Itsnani SM^c, & Dawamul Arifin^b

^a Program Diploma 3 Teknologi Geomatika, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Samarinda

^b Teknologi Rekayasa Geomatika dan Survei, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Samarinda

^c Teknologi Geomatika, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Samarinda

ABSTRACT

The earthquake in Cianjur Regency, West Java Province, on November 21, 2022 at 13:21:10 Western Indonesia Time. The earthquake's epicenter was at coordinates 6.84° South Latitude and 107.05° East Longitude located about 9.65 km southwest of Cianjur City or 16.8 km northeast of Sukabumi City, with a magnitude of 5.6 at a depth of 10 km. These earthquakes include a shallow crustal tectonic earthquake (shallow crustal earthquake) with a mainshock-aftershock type. Major earthquakes (mainshocks) with a magnitude of 5.6 and aftershocks with a magnitude of 1.2–4.2 and an average depth of about 10 km, of which 5 are felt by the surrounding communities. This study aims to find out the area that suffered damage after the earthquake that occurred in Cianjur Regency, West Java. By using Sentinel-1 satellite image data with ascending and descending orbits in Cianjur Regency, data processing is carried out using ESA SNAP software, then followed by raster to vector, clips of administrative boundaries for Cianjur Regency and making map layouts using ArcGIS software. The results of this study show that 47.10% of the area was affected and suffered severe damage with a total area of 55.73 km² detected. The total area detected in each district is Agrabinta 0,73 km²; Bojongpicung 0,97 km²; Campaka 1,76 km²; Campakamulya 0,29 km²; Cianjur 0,65 km²; Cibeber 1,42 km²; Cibinong 4,79 km²; Cidaun 2,69 km²; Cijati 0,36 km²; Cikadu 9,47 km²; Cikalong Kulon 1,24 km²; Cilaku 0,60 km²; Cipanas 2,95 km²; Ciranjang 0,18 km²; Cugenang 1,69 km²; Gekbrong 0,90 km²; Haurwangi 0,47 km²; Kadupandak 0,40 km²; Karangtengah 0,65 km²; Leles 1,47 km²; Mande 0,94 km²; Naringgul 10,49 km²; Pacet 1,13 km²; Pagelaran 1,88 km²; Pasirkuda 2,03 km²; Sindangbarang 1,22 km²; Sukaluyu 0,45 km²; Sukanagara 1,10 km²; Sukaresmi 0,81 km²; Takokak 0,57 km²; Tanggeung 0,72 km²; Warung Kondang 0,71 km². The results of this study were obtained in the form of a post-earthquake damage detection map.

ARTICLE HISTORY

Received: September 5, 2023

Accepted: September 27, 2023

Published: September 29, 2023

KEYWORDS

Ascending, Citra Sentinel-1, *Descending*, ESA SNAP, Gempa Bumi, Kabupaten Cianjur

CORRESPONDING AUTHOR

Nia Kurniadin

Email: niakurniadin@politanisamarinda.ac.id

How to cite: Firdaus, A. V., Kurniadin, N., Itsnani SM, A. A., & Arifin, D. (2023). Pemanfaatan Citra Sentinel-1 untuk Deteksi Kerusakan Akibat Gempa Bumi di Kabupaten Cianjur. *Journal of Geomatics Engineering, Technology, and Science (JGETS)*, 2(1), 24-30. <https://doi.org/10.51967/get.v2i1.32>

CONTACT Nia Kurniadin ✉ niakurniadin@politanisamarinda.ac.id

© 2023 The Author(s). Published by Tanesa Press, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits, unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. PENDAHULUAN

Secara geologi wilayah Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik aktif yaitu Lempeng Indo-Australia di bagian selatan, Lempeng Eurasia di bagian utara dan Lempeng Pasifik di bagian Timur. Ketiga lempengan tersebut bergerak dan saling bertumbukan sehingga Lempeng Indo-Australia menunjam ke bawah Lempeng Eurasia dan menimbulkan gempa bumi, jalur gunung api dan sesar atau patahan. Penunjaman (*subduction*) lempeng Indo-Australia yang bergerak relatif ke utara dengan lempeng Eurasia yang bergerak ke selatan menimbulkan jalur gempa bumi dan rangkaian gunung api aktif sepanjang Pulau Sumatera, Pulau Jawa, Bali dan Nusa Tenggara. Hal tersebut yang membuat Indonesia dikenal sebagai negara yang berada di wilayah *ring of fire*, yaitu wilayah yang sering terjadi bencana gempa bumi (Amri et al., 2016).

Hal ini dibuktikan dengan terjadinya gempa bumi di Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat. Gempa bumi ini terjadi pada tanggal 21 November 2022 pukul 13:21:10 WIB, dengan episenter gempa yang berada pada koordinat $6,84^{\circ}$ LS dan $107,05^{\circ}$ BT pada kedalaman 10 km berkekuatan magnitudo 5,6. Cianjur merupakan salah satu Kabupaten yang terletak di tengah Provinsi Jawa Barat dengan batas sebelah barat adalah Kabupaten Sukabumi. Terdapat 32 kecamatan dan 348 desa/kelurahan di Kabupaten Cianjur tersebut. Secara geografis, wilayah Kabupaten Cianjur dibagi menjadi tiga bagian yakni wilayah Cianjur utara, wilayah Cianjur tengah, dan wilayah Cianjur selatan. Cianjur utara terdapat di dataran tinggi dan meliputi kawasan puncak. Wilayah Cianjur tengah merupakan wilayah perbukitan namun terdapat juga beberapa wilayah dataran rendah persawahan, perkebunan dan lain-lain. Wilayah Cianjur selatan berada di dataran rendah dengan dikelilingi bukit-bukit kecil dan juga pesawahan (Indrianeu & Singkawijaya, 2021).

Pada tanggal 21 November 2022 pukul 13:21:10 WIB, telah terjadi gempa bumi dengan magnitudo 5,6. Menurut informasi dari BMKG, lokasi pusat gempa bumi terletak di darat pada koordinat $107,05^{\circ}$ BT dan $6,84^{\circ}$ LS, berjarak sekitar 9,65 km barat daya Kota Cianjur atau 16,8 km timur laut Kota Sukabumi, dengan magnitudo 5,6 pada kedalaman 10 km. Gempa bumi yang terjadi di daerah Cianjur ini termasuk jenis gempa tektonik kerak dangkal (*shallow crustal earthquake*) dengan tipe *mainshock-aftershocks*, yaitu gempa bumi utama yang kemudian diikuti oleh serangkaian gempa bumi susulan (Mogi, 1963) dalam (Supendi et al., 2022). Berdasarkan data BMKG, hingga tanggal 22 November 2022 telah tercatat 140

gempa-gempa susulan (*aftershocks*) dengan magnitudo 1,2–4,2 dan kedalaman rata-rata sekitar 10 km, dimana 5 gempa diantaranya dirasakan oleh masyarakat sekitar. Gempa bumi utama (*mainshock*) dengan magnitudo 5,6 berdampak dan dirasakan di kota Cianjur dengan skala intensitas V–VI MMI (*Modified Mercalli Intensity*); Garut dan Sukabumi IV–V MMI; Cimahi, Lembang, Kota Bandung, Cikalong Wetan, Rangkasbitung, Bogor dan Bayah dengan skala intensitas III MMI; Tangerang Selatan, Jakarta dan Depok dengan skala intensitas II–III MMI (Supendi et al., 2022).

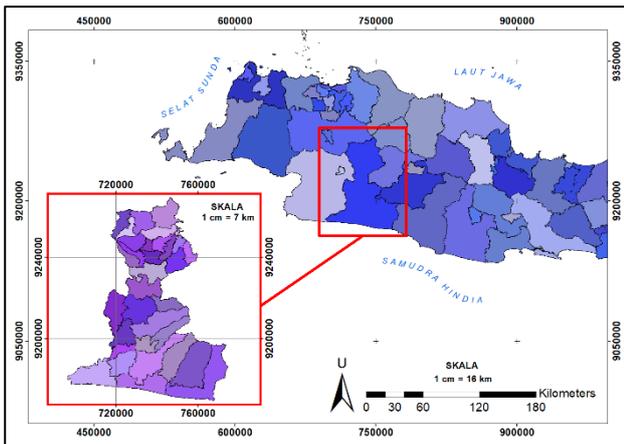
Untuk mengetahui dampak kerusakan yang diakibatkan oleh gempa bumi tersebut seperti kerusakan bangunan, fasilitas umum dan permukiman, maka perlu dilakukan tinjauan menggunakan teknologi penginderaan jauh dengan memanfaatkan data citra satelit. Teknologi penginderaan jauh dapat digunakan untuk melakukan pengambilan data dalam penentuan keputusan secara cepat tanpa melakukan peninjauan langsung ke lokasi bencana. Data ini sangat bermanfaat untuk mengetahui dampak dari gempa bumi, analisis bahaya, kerentanan, hingga resiko tsunami. Pemanfaatan data penginderaan jauh dapat menampilkan hampir semua hal yang tampak di permukaan bumi, sehingga data tersebut dapat digunakan untuk analisis fisik alam dan buatan yang dapat menggambarkan kondisi kerusakan pasca bencana (Kardono & Pinuji, 2010).

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Bashir & Kurniadin (2021) dan Ardzilla dkk. (2022) dengan topik permasalahan yang sama, memiliki hasil yang serupa yaitu data citra sentinel-1 tidak seluruhnya mendeteksi kerusakan di setiap daerah sedangkan berdasarkan data lapangan beberapa daerah tersebut mengalami kerusakan. Salah satu saran dari kedua penelitian tersebut ialah, menggunakan data citra yang lain atau dengan menggunakan orbit *ascending* dan *descending* pada citra agar dapat mendeteksi kerusakan secara keseluruhan dari 2 arah. Maka dari itu perlunya dilakukan penelitian ini agar dapat mendeteksi kerusakan akibat gempa bumi menggunakan citra sentinel dengan menggunakan orbit *ascending* dan *descending* pada citra sentinel-1.

2. METODE

2.1. Lokasi dan Bahan Penelitian

Lokasi pengolahan data penelitian Deteksi Kerusakan Akibat Gempa Bumi di Kabupaten Cianjur ini dilaksanakan di Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur dengan objek penelitiannya di Kabupaten Cianjur, Jawa Barat.



Gambar 1. Peta Lokasi Objek Penelitian (Proyeksi UTM Zona 48S)

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- Data Batas Administrasi Kabupaten Cianjur tahun 2020 yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial pada halaman <https://tanahair.indonesia.go.id/>.
- Citra sentinel-1 yang bersumber dari portal European Space Agency (ESA) melalui halaman <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>, dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.
- Informasi kerusakan pasca gempa yang bersumber dari detik.com, ANTARA news, Radio Dakta, apahabar.com dan Badan Nasional Penanggulangan Bencana.

Tabel 1. Data Citra Sentinel-1 Yang Digunakan

Orbit	Scene ID	Waktu
Ascending	S1A_IW_GRDH_1SD V_20221111T111506_20	2022-11-11 T11:15:06.578Z
	221111T111535_045845 _057CID_EABF.SAFE	(sebelum gempa)
Ascending	S1A_IW_GRDH_1SDV _20221123T111506_202	2022-11-23 T11:15:06.916Z
	21123T111535_046020_ 058209_OCD0.SAFE	(setelah gempa)
Descending	S1A_IW_GRDH_1SD V_20221119T223411_20	2022-11-19 T22:34:11.206Z
	221119T223438_045969 _058037_78C2.SAFE	(sebelum gempa)
Descending	S1A_IW_GRDH_1SD V_20221201T223410_20	2022-12-01 T22:34:10.460Z
	221201T223437_046144 _05862A_AE78.SAFE	(setelah gempa)

2.2. Prosedur Pengolahan Data

Tahap ini meliputi pengolahan data citra menggunakan *software* SNAP. Data yang diperoleh lanjut di proses dengan *software* ArcGIS sampai dengan

mendapatkan hasil akhir berupa peta berupa peta Deteksi Kerusakan Akibat Gempa Bumi.

Pemrosesan data dimulai dengan melakukan *Subset* atau pemotongan citra digunakan untuk memotong citra sentinel-1, proses pemotongan citra ini dilakukan dengan memilih area yang akan dilakukan penelitian. Proses ini bertujuan untuk mempercepat proses pengolahan, karena dengan area yang lebih kecil maka proses pengolahan akan berjalan lebih cepat. Setelah memasukan data, pada *menu bar* memilih *Raster*, kemudian memilih *Subset* dan memasukan koordinat batas objek penelitian yang akan dipotong. Melakukan hal yang sama pada data citra yang lainnya.

Apply Orbit File, Proses ini diperlukan untuk *update* orbit metadata pada citra sentinel-1. Vektor status orbit yang terkandung dalam informasi metadata produk, umumnya tidak akurat. Orbit yang tepat dari satelit ditentukan setelah beberapa hari sampai beberapa minggu dari setelah generasi produk. Pada *menu bar*, memilih *Radar*, kemudian memilih *Apply Orbit File* parameter pemrosesan sebagai *default*, mengatur nama dan letak penyimpanan hasil pengolahan data dan jalankan. Melakukan langkah yang sama pada data citra yang lainnya.

Calibrate yaitu prosedur yang digunakan untuk koreksi radiometrik citra sentinel-1, dengan mengkoreksi nilai-nilai *pixel* yang benar-benar mewakili penghamburan balik radar dari permukaan yang dipantulkan. Pada *menu bar* memilih *Radar*, kemudian *Radiometric*, lalu *Calibrate*. Menggunakan polarasi VV pada parameter pemrosesan dan hasil keluaran berupa σ_0 dicentang dan jalankan. Melakukan langkah yang sama pada data citra yang lainnya.

Speckle Filtering, peningkatan kualitas gambar dengan cara menghilangkan *noise* yang melekat dari data radar. Memilih *Radar*, kemudian *Speckle Filtering*, kemudian *Single Product Speckle Filter*. Memilih *Refined Lee* dari opsi *drop-down filter*, lalu jalankan. Melakukan langkah yang sama pada data citra yang lainnya.

Terrain Correction, Variasi topografi disebabkan oleh kemiringan sensor citra, akibatnya jarak dapat terdistorsi. *Terrain Correction* dimaksudkan mereduksi kesalahan-kesalahan tersebut sehingga representasi geometrik pada citra sesuai dengan koordinat lapangan. Pada *menu bar*, memilih *Radar*, kemudian *Geometric*, lalu *Terrain Correction*, dan memilih *Range-Doppler Terrain Correction*. Biarkan parameter pemrosesan default dan jalankan. Melakukan langkah yang sama pada data citra yang lainnya.

Conversion To dB (decibel) ini menggunakan fungsi logaritmik kedua untuk meregangkan histogram data dengan lebih baik ke skala yang lebih mudah diatur. Pada *menu bar*, memilih *Raster*, kemudian *Data*



Gambar 3. Tidak Terdeteksi Kerusakan di Rumah Warga



Gambar 4. Tidak Terjadi Kerusakan di SD Negeri Sukamaju I



Gambar 5. Terdeteksi Kerusakan di Toko Ibu Kota



Gambar 6. Tidak Terdeteksi Kerusakan di TK PGRI Cugenang



Gambar 7. Tidak Terdeteksi Kerusakan di Toko Asep Rahmat



Gambar 8. Tidak Terdeteksi Kerusakan di Toko Asep Rahmat

Dari hasil *ground check* diatas dapat disimpulkan bahwa pada orbit *ascending* ada 1 dari 6 objek yang terdeteksi kerusakan, sedangkan pada orbit *descending* tidak ada yang terdeteksi kerusakan. Dari hasil pengolahan data citra sentinel-1 tersebut juga diperoleh informasi luasan kerusakan yang terdeteksi, dari

masing-masing Kecamatan yang dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

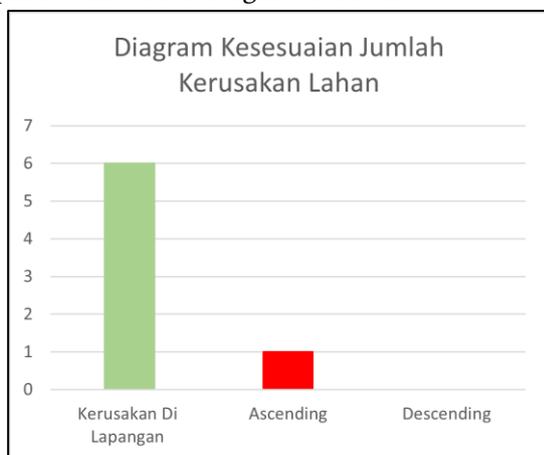
Tabel 2. Data Luasan Kerusakan Terdeteksi (Orbit *Ascending & Descending*)

No	Kecamatan	Luas Kecamatan (KM ²)	Luas Kerusakan Yang Terdeteksi (KM ²)	Luas Kerusakan Yang Terdeteksi (%)
1	Agrabinta	197,5874	0,7288	0,37%
2	Bojongpicung	88,0595	0,9657	1,10%
3	Campaka	142,7306	1,7639	1,24%
4	Campaka Mulya	75,3715	0,2949	0,39%
5	Cianjur	25,9838	0,6529	2,51%
6	Cibeber	123,2033	1,4166	1,15%
7	Cibinong	233,7754	4,7938	2,05%
8	Cidaun	296,2103	2,6878	0,91%
9	Cijati	48,4797	0,3650	0,75%
10	Cikadu	188,2217	9,4685	5,03%
11	Cikalongkulon	134,2773	1,2445	0,93%
12	Cilaku	52,9923	0,6045	1,14%
13	Cipanas	66,5859	2,9459	4,42%
14	Ciranjang	31,7838	0,1762	0,55%
15	Cugenang	76,9664	1,6919	2,20%
16	Gekbrong	49,8363	0,8977	1,80%
17	Haurwangi	45,7405	0,4678	1,02%
18	Kadupandak	104,0637	0,3996	0,38%
19	Karangtengah	48,3129	0,6470	1,34%
20	Leles	116,8144	1,4690	1,26%
21	Mande	82,5180	0,9419	1,14%
22	Naringgul	282,1245	10,4945	3,72%
23	Pacet	43,7579	1,1347	2,59%
24	Pagelaran	200,0259	1,8764	0,94%
25	Pasirkuda	108,1935	2,0260	1,87%
26	Sindangbarang	160,2922	1,2232	0,76%
27	Sukaluyu	46,4380	0,4482	0,97%
28	Sukanagara	172,5824	1,0970	0,64%
29	Sukaesmi	94,5759	0,8060	0,85%
30	Takokak	144,2608	0,5692	0,39%
31	Tangeung	65,5425	0,7214	1,10%
32	Warungkondang	45,1764	0,7125	1,58%
Total Keseluruhan		3592,4848	55,7331	47,10%

Dari Tabel 2 diatas dapat disimpulkan bahwa perubahan terluas yang terdeteksi terjadi di Kecamatan Naringgul, dengan totalan luas sebesar 10,49 km². Perubahan terkecil yang terdeteksi terjadi di Kecamatan Ciranjang, dengan totalan luas sebesar 0,18 km².

Penelitian ini menggunakan data citra radar sentinel-1 dengan 2 jenis orbit yaitu orbit *ascending* dan *descending*. Orbit *ascending* dengan tanggal perekaman 11 November 2022 dan 23 November 2022 dengan

orbit *descending* dengan tanggal perekaman 19 November 2022 dan 1 Desember 2022. Menggunakan data SAR dalam format *Ground Range Detected* (GRD) dengan mode akuisi *Interferometric Wide Swath* (IW) dan polarasi VV. Setelah dilakukan pengolahan data didapatkan hasil berupa nilai kerusakan di Kabupaten Cianjur dengan luasan yang berbeda-beda di setiap Kecamatannya. Berdasarkan beberapa informasi yang bersumber dari detik.com, ANTARA News, Radio Dakta, apahabar.com dan Badan Nasional Penanggulangan Bencana yang digunakan sebagai bahan validasi ada ketidaksesuaian antara hasil pengolahan data citra sentinel-1 dengan kondisi di lapangan. Ketidaksesuaian tersebut ialah tidak terdeteksinya beberapa bangunan atau tempat yang mengalami kerusakan seperti pada Tabel 3. Pada orbit *ascending* terdapat 1 objek yang sesuai dari 6 objek kerusakan yang diperoleh dari data sekunder. Sedangkan pada orbit *descending* untuk 6 objek kerusakan tidak terdapat kesesuaian dengan hasil pengolahan citra satelit. Ketidaksesuaian antara data di lapangan dengan data hasil deteksi citra tersebut juga dapat dilihat melalui diagram di bawah ini.



Gambar 9. Diagram Kesesuaian Data

Pada diagram diatas dapat disimpulkan bahwa kesesuaian data pada orbit *ascending* dengan data *ground check* hanya terdapat 1 objek yang sesuai (16,67%) sedangkan pada orbit *descending* tidak terdapat kesesuaian sama sekali (0%). Objek yang terdeteksi mengalami kerusakan pada orbit *ascending* tersebut ialah toko Ibukota di jalan Mangunsarkoro nomor 48 Kecamatan Cianjur. Hal ini sesuai dengan data kerusakan di lapangan pada *website* ANTARA News pada tanggal 21 November 2022 (Fikri & Rizaldi, 2022). Ada beberapa kemungkinan lain mengapa tidak terdeteksi kerusakan pada beberapa tempat yang mengalami kerusakan parah di lapangan salah satunya adalah kemungkinannya karena citra sentinel-1 memiliki kelemahan yang berhubungan dengan kuat lemahnya interaksi panjang gelombang terhadap suatu

objek (sensitifitas) baik terhadap kekasaran permukaan ataupun terhadap perubahan ketinggian. Dari penelitian ini juga didapatkan luasan kerusakan yang terdeteksi pada setiap orbit citra. Pada citra orbit *ascending* terdapat daerah yang terdeteksi mengalami kerusakan terluas yaitu di Kecamatan Naringgul, dengan totalan luas sebesar 9,55 km². Sedangkan perubahan terkecil yang terdeteksi, terjadi di Kecamatan Ciranjang, dengan totalan luas sebesar 0,06 km². Pada citra orbit *descending* terdapat daerah yang terdeteksi mengalami kerusakan terluas yaitu di Kecamatan Cikadu, dengan totalan luas sebesar 4,79 km². Perubahan terkecil yang terdeteksi terjadi di Kecamatan Ciranjang, dengan totalan luas sebesar 0,10 km². Sedangkan gabungan pada data citra orbit *ascending* dan *descending* dapat disimpulkan bahwa, luasan terbesar terdapat pada Kecamatan Naringgul dengan totalan luas sebesar 10,49 km². Sedangkan perubahan terkecil yang terdeteksi terjadi di Kecamatan Ciranjang totalan luas sebesar 0,18 km². Tetapi dikarenakan daerah penelitian tidak seluruhnya berada di dalam *scene* citra sentinel-1 orbit *descending*. Akibatnya ada sebagian daerah pada Kecamatan Naringgul dan Kecamatan Cidaun yang tidak terdeteksi kerusakan dikarenakan terpotong pada citra sentinel-1 orbit *descending*.

4. KESIMPULAN

Data citra sentinel-1 dengan orbit *ascending* dan *descending* dapat mendeteksi kerusakan akibat gempa bumi di Kabupaten Cianjur. Namun pada beberapa bangunan di berbagai daerah, ada yang tidak terdeteksi kerusakannya sedangkan dilapangan terjadi kerusakan yang cukup parah. Sedangkan pada orbit *descending*, sebagian daerah di Kecamatan Naringgul dan Kecamatan Cidaun tidak dapat terdeteksi dikarenakan terpotong atau tidak masuk didalam *scene* data citra tersebut. Total luasan keseluruhan kerusakan yang terdeteksi dengan data citra orbit *ascending* dan *descending* adalah 55,73 km² dengan presentase kerusakan sebesar 47,10%.

5. REFERENSI

- Amri, M. R., Gita, Y., Ridwan, Y., Wiguna, S., Adi, A. W., Ageng Nur, I., Randongkir, R. E., & Septian, R. T. (2016). Risiko Bencana Indonesia. Ardzilla, Z. D. N., Kurniadin, N., Prasetya, F. V. A. S., Wumu, R., Arifin, D., & Suryalfihra, S. I. (2022). Detection of the Post-Earthquake Damage in Mamuju Regency in January 2021 Using Sentinel-1 Satellite Imagery. Buletin Poltanesa, 24(1). Asmorojati, S. H. (2022). Identifikasi Banjir Menggunakan Citra Sentinel 1 Sar Di Daerah

- Aliran Sungai Bila Walanae = Flood Identification Using Sentinel 1 Sar Imagery In Bila Walanae Watershed. Universitas Hasanuddin.
- Assidiq, H. F., & Rokhmana, C. A. (2021). Hubungan Dual Polametric SAR Band – C dan Landsat 8 untuk Identifikasi Potensi Kekeringan. *Geoid*, 16(2), 248. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v16i2.8581>
- Bahar, Y. (2007). Peranan Radar dan Satelit Cuaca dalam Mendukung Kegiatan Pengamatan Meteorologi yang dilakukan oleh BMKG. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Bashiir, M. F., & Kurniadin, N. (2021). Deteksi Kerusakan Perkotaan Akibat Gempa Bumi Di Kota Palu Menggunakan Data Satelit Sentinel-1. *Buletin Poltanesa*, 22(1). <https://doi.org/10.51967/tanesa.v22i1.330>
- BMKG. (2023). SIG skala intensitas gempa bumi. <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-intensitas-gempabumi.bmkg#:~:text=SIG> adalah Skala Intensitas Gempabumi, budaya atau bangunan di Indonesia.
- Fadli, R. A., Pratomo, B. D., Prahesti, T., Ardianzaf, F., & Sinabutar, J. J. (2018). Laporan Praktikum Penginderaan Jauh II (Issue 024).
- Fathoni, M. N., Chulafak, G. A., & Kushardono, D. (2017). Kajian Awal Pemanfaatan Data Radar Sentinel-1 untuk Pemetaan Lahan Baku Sawah di Kabupaten Indramayu Jawa Barat Preliminary Study of Sentinel-1 Radar Data Application for Paddy Field Mapping in Indramayu-West Java. Seminar Nasional Penginderaan Jauh Ke-4 Tahun 2017, October, 179–186.
- Fikri, A., & Rizaldi, B. A. (2022). Sejumlah kantor dan toko di Cianjur rusak akibat gempa 5,6 M. ANTARA. <https://www.antaranews.com/berita/3256449/sejumlah-kantor-dan-toko-di-cianjur-rusak-akibat-gempa-56-m>
- Fitri, A. (2018). Analisis Pengaruh Interferensi Terhadap Akuisisi Data Satelit Penginderaan Jauh di Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Rumpin. UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA.
- Gemeliarini, I., & Helmi, M. (2018). Strategi Mitigasi Berdasarkan Model Geospasial Risiko Bencana Gempa Bumi Di Kabupaten Lombok Utara Nusa Tenggara Barat. Universitas Diponegoro.
- Hadi, B. S. (2009). Penginderaan Jauh Pengantar ke Arah Pembelajaran Berpikir Spasial. In UNY (Vol. 2, Issue 5). UNY Press.
- Indrianeu, T., & Singkawijaya, E. B. (2021). Analisis Potensi Pariwisata Di Kabupaten Cianjur. *JURNAL GEOGRAFI Geografi Dan Pengajarannya*, 19(1), 73–90.
- Kardono, P., & Pinuji, S. E. (2010). Penginderaan Jauh Untuk Penanggulangan Bencana. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, 1(2), 63–75.
- Kusmaryanto, S. (2013). Orbit satelit. 1, 26.
- Landgrebe, D. A. (2003). Signal Theory Methods in Multispectral Remote Sensing. *Signal Theory Methods in Multispectral Remote Sensing*, 1–34. <https://doi.org/10.1002/0471723800>
- Lestari, W. (2009). Pemanfaatan Citra Ikonos Untuk Pendataan Objek Pajak Bumi dan Bangunan Di Kecamatan Jebres Kota Surakarta Tahun 2009. Universitas Sebelas Maret, 57, 3.
- Mahrofi, Z. (2022). BMKG: Sejarah catat 14 kali gempa merusak terjadi di Cianjur-Sukabumi. <https://www.antaranews.com/berita/3258581/bmkg-sejarah-catat-14-kali-gempa-merusak-terjadi-di-cianjur-sukabumi>
- Marwiji, M. Y. F. (2023). Analisis Tingkat Kerawanan Banjir Menggunakan Metode Frekuensi Rasio di Daerah Aliran Sungai Tallo. Universitas Hasanuddin.
- Muslim, T. Y. (2022). Analisis Deformasi Jalan Penghubung Antara Kelurahan Sanga-Sanga Dalam Dan Kelurahan Pendingin Tahun 2015 Dan Tahun 2021 Menggunakan Metode Interferometry Synthetic Aperture Radar. Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.
- Rahman, F. F. (2022). Identifikasi Longsor dengan Menggunakan Citra Sentinel 1 SAR Pada Sub DAS Mamasa, DAS Saddang= Landslide Identification Using Sentinel 1 SAR Imagery in Mamasa Sub-Watershed, Saddang Watershed. Universitas Hasanuddin.
- Saily, R., Maizir, H., & Yasri, D. (2021). Pembuatan Peta Tematik Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) Pada Desa Teluk Latak. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)*, 4(2), 99–107. <https://doi.org/10.25105/cesd.v4i2.12497>
- Soenarmo, S. H. (2009). Penginderaan Jauh dan Pengenalan Sistem Informasi Geografi Untuk Bidang Ilmu Kebumihan. Penerbit ITB.
- Supendi, P., Priyobudi, Jatnika, J., Sianipar, D., Ali, Y. H., Heryandoko, N., Daryono, Adi, S. P., Karnawati, D., Anugerah, S. D., Fatchurochman, I., & Sudrajat, A. (2022). Analisis Gempabumi Cianjur (Jawa Barat) Mw 5.6 Tanggal 21 November 2022. Badan Meterorologi, Klimatologi, Dan Geofisika (BMKG), November, 1–4.
- Yusuf, D., & Rijal, S. (2018). Penginderaan Jauh. Universitas Gorontalo, Gorontalo.