

Analisa Pergerakan Lapisan Akuifer Akibat Gempabumi Berdasarkan Peta NDWI Temporal Dan Data Bor Daerah Cianjur, Jawa Barat

Alia Saskia Puspitasari^{1*}, Nanda Ridki Permana², Belista Gunawan³, Ayu Alvita Primastika⁴

1. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Suryakancana, Jl. Pasirgede Raya, Bojongherang, Jawa Barat, 43216, Indonesia.
2. PT Minelog Services Indonesia, Bumi Serpong Damai (BSD), Kawasan Industri & Gudang Taman Tekno Blok G1 No. 10, Jl. Sektor 11, Setu, Tangerang Selatan, Banten, 15220, Indonesia.
3. GeoXplore Indonesia, Jl. Kincir Air, Pondok Manggis Blok B6, Bojong Baru, Bojonggede, Bogor, Jawa Barat, 16920, Indonesia

Informasi Artikel

Kata Kunci:

Akuifer, Cianjur, Gempa Bumi, Landsat 8, NDWI

Histori Artikel:

Disubmit 29 Maret 2023
Direvisi 12 April 2023
Diterima 29 Mei 2023
Tersedia daring 12 Juli 2023

Sitasi:

Alia Saskia Puspitasari^{1*}, Nanda Ridki Permana², Belista Gunawan³, Ayu Alvita Primastika⁴ "Analisa Pergerakan Lapisan Akuifer Akibat Gempabumi Berdasarkan Peta NDWI Temporal Dan Data Bor Daerah Cianjur, Jawa Barat," Pros. Semnastek Univ. Suryakancana, 2023

* Penulis Korespondensi.

Alia Saskia Puspitasari
Alamat E-mail:
Alia.saskia@gmail.com.

Abstrak

Telah terjadi gempa bumi di Cianjur, Jawa Barat pada tanggal 21 November 2022 dengan magnitudo 5.6 dan episenter gempa berada pada kedalaman 11 km. Dampak dari gempa ini menimbulkan sekitar 334 korban jiwa hingga menyebabkan banyak kerusakan pada infrastruktur maupun pemukiman warga setempat. Selain itu, sumber air bersih juga sulit ditemukan karena terjadinya gempa membuat kedudukan lapisan akuifer juga ikut berpindah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perubahan lapisan akuifer di daerah Cianjur dengan menggunakan metode NDWI yang dikorelasikan dengan data bor. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data citra satelit landsat 8 yang terdiri dari band 3 dan band 5. Data landsat yang diambil terbagi menjadi dua, yaitu data sebelum gempa pada tanggal 11 September 2022 dan data setelah gempa pada tanggal 16 Desember 2022. Berdasarkan hasil yang diperoleh menggambarkan peta NDWI sebelum terjadinya gempa, terlihat bahwa sebaran lapisan akuifer berada di zona kelembaban sangat tinggi yang tersebar merata dari utara ke selatan. Sedangkan pada peta NDWI setelah gempa terlihat bahwa sebaran lapisan akuifer berada di zona kelembaban sangat tinggi yang hanya terdapat di bagian tengah dan utara daerah Cianjur, dan kelembaban yang sangat rendah (kering) berada pada daerah selatan Cianjur. Ketika dikorelasikan dengan data sumur, sebelum terjadi gempa diperoleh informasi bahwa pada data sumur di daerah Cugenang terdapat air pada kedalaman dangkal di titik A, B, GS01, SLR01, SLR02, JMS01 dan JMS02. Namun setelah terjadi gempa bumi, titik tersebut mengalami perubahan tingkat kelembaban yang beberapa diantaranya tidak terdeteksi air.

1. Pendahuluan

Gempa bumi di Indonesia seringkali dijumpai mengingat Indonesia merupakan negara yang berada di pertemuan tiga lempeng tektonik sehingga membentuk jalur-jalur gempa dan jalur vulkanisme yang memberikan dampak begitu besar terhadap distribusi penyebaran gempa di Indonesia [1]. Permasalahan utama dari peristiwa-peristiwa gempa sangat berpotensi karena mengakibatkan kerugian besar yang belum dapat diperhitungkan dan diperkirakan secara akurat baik kapan dan dimana terjadinya [2]. Berdasarkan kenyataan itulah harus ada upaya preventif dari semua pihak yang dilakukan untuk mengurangi risiko dan dampak kerugian yang ditimbulkan dengan melakukan mitigasi bencana [3].

Dalam beberapa tahun terakhir telah tercatat berbagai aktivitas gempa bumi, salah satu gempa yang belum lama terjadi yaitu di daerah Cianjur, Jawa Barat. Menurut Kementerian ESDM, gempa Cianjur terjadi pada tanggal 21 November 2022, episenter gempa berada pada kedalaman 11 km dengan magnitudo 5.6. Dampak dari bencana ini menimbulkan 334 korban jiwa, menghancurkan rumah-rumah penduduk, dan merusak berbagai infrastruktur [4]. Kebutuhan air tanah untuk memenuhi kehidupan warga Cianjur juga menjadi tersendat karena pergerakan tanah membuat kedudukan lapisan akuifer berpindah. Sehingga tidak boleh sembarangan bila melakukan pengeboran ulang tanpa mengetahui keberadaan akuifer yang sebenarnya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perubahan lapisan akuifer setelah terjadinya gempa dengan menggunakan metode NDWI yang dapat menggambarkan nilai kelembaban di suatu daerah penelitian [5].

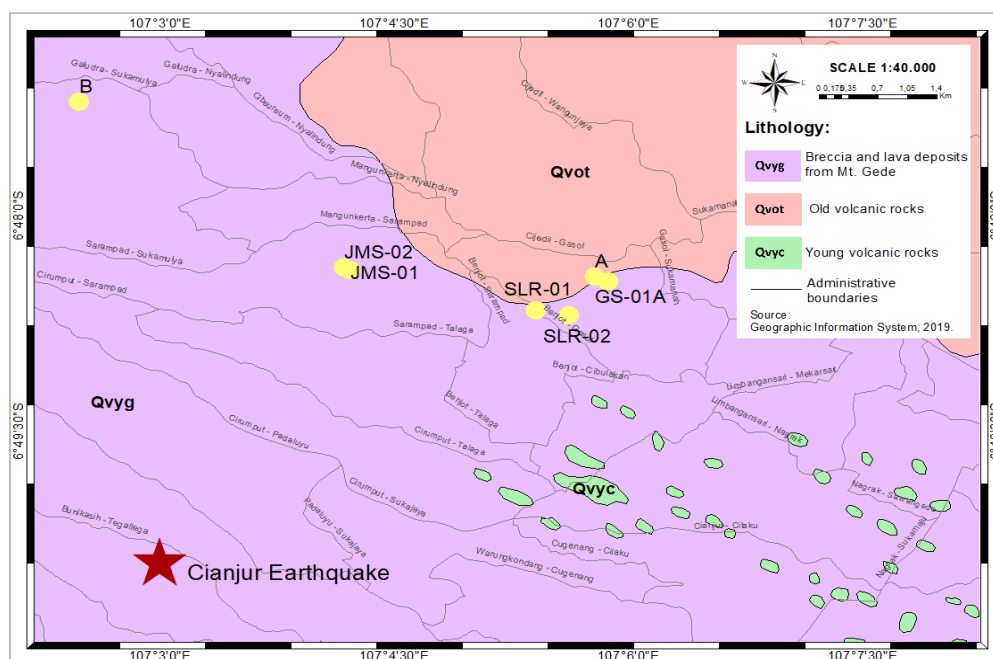
Gempa bumi adalah getaran yang berasal dari dalam bumi. Penyebab gempa bumi dapat berupa pergerakan lempeng tektonik, aktivitas gunung api, maupun meteor jatuh [6]. Gempa bumi akibat pergerakan lempeng merupakan gempa bumi yang paling umum terjadi, seperti halnya peristiwa tumbukan lempeng di selatan Pulau Jawa yang menyebabkan struktur geologi di Jawa bagian barat relatif kompleks [7]. Didalamnya berkembang struktur lipatan dan sesar dengan intensitas yang tinggi dan beberapa diantaranya bersifat regional. Diantara struktur regional tersebut terdapat Sesar Cugenang yang membentang sepanjang 9 km dan melintasi sembilan desa di dua kecamatan daerah Cianjur [8].

Penelitian sebelumnya menggunakan data intensitas guncangan batuan dasar dan data Ground Amplication Factor (GAF) menunjukkan bahwa daerah dengan aktivitas penduduk yang tinggi merupakan faktor utama tingkat kerawanan gempa bumi di Kabupaten Cianjur [2]. Penelitian lainnya menggunakan metode uji permeabilitas, porositas dan kompresibilitas batuan diduga litologi akuifer Gunung Gede-Pangrango terdapat pada batuan tuf kasar dan tuf halus sebanyak 67% dari daerah penelitian yang merupakan batuan hidrogeologi yang dominan. karakteristik di Kabupaten Cianjur [9]. Selain itu, dengan metode *weighted overlay* didapatkan curah hujan tertinggi periode 1995-2015 berkisar >4000mm/tahun yang terkonsentrasi di kawasan Gunung Gede bagian barat dapat mempercepat pelapukan batuan di sekitar Kabupaten Cianjur [10].

Akuifer adalah lapisan tanah yang mengandung air, dimana air ini bergerak di dalam tanah karena adanya ruang antar butir-butir tanah [11]. Lapisan akuifer bersifat permeabel yang mampu mengalirkan air baik karena adanya pori-pori pada lapisan tersebut ataupun memang sifat dari lapisan batuan tertentu [12]. Sistem akuifer terbagi menjadi empat, diantaranya; akuifer bebas yaitu akuifer yang memiliki lapisan lolos air dan berada di atas lapisan kedap air, akuifer tertekan yaitu akuifer yang seluruh jumlah airnya dibatasi oleh lapisan kedap air, akuifer semi tertekan yaitu akuifer yang bagian atasnya dibatasi oleh lapisan semi lolos air dan bawahnya merupakan lapisan kedap air, akuifer semi bebas yaitu akuifer yang bagian bawahnya merupakan lapisan kedap air, sedangkan bagian atasnya merupakan material berbutir halus [13].

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian berada di daerah Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat yang terletak pada koordinat $106^{\circ}42' - 107^{\circ}25'$ Bujur Timur dan $6^{\circ}21' - 7^{\circ}25'$ Lintang Selatan dengan Luas wilayah daratan 361434.98 Ha (3614.3498 km²). Berdasarkan Peta Geologi lembar Cianjur, pembentukan formasi batuan pada daerah penelitian yaitu, Batuan gunungapi tua berumur Holosen yang terdiri dari breksi gunungapi, endapan lahar dan lava dari andesit dan basalt (Qvot), Batuan gunungapi muda berumur Holosen yang terdiri dari lava, breksi, aglomerat, kerikil, pasir, dan abu vulkanik (Qvyc), Endapan breksi lahar Gn. Gede berumur Pleistosen yang terdiri dari batupasir tufaan, serpih tufaan, breksi tufaan, aglomerat tufaan (Qvyg) [14].



Gambar 2. Peta geologi regional Cianjur [15]

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data citra landsat 8 untuk band 3 dan 5 yang dapat diakses melalui website United States Geological Survey (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Data landsat berfokuskan pada daerah Cianjur yang diambil ketika sebelum dan sesudah terjadinya gempa. Dikarenakan gempa Cianjur terjadi pada tanggal 21 November 2022, maka untuk data sebelum gempa diambil pada tanggal 11 September 2022, dan untuk data setelah gempa diambil pada tanggal 16 Desember 2022. Data sumur sebagai data pendukung dengan titik koordinat beberapa desa dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Data sumur

Sumur	Longitude	Latitude	Desa
A	107.096366	-6.80716	Gasol
B	107.041367	-6.786997	Sukamulya
SLR-01	107.090086	-6.811121	Benjot

Sumur	Longitude	Latitude	Desa
SLR-02	107.0936251	-6.8116757	Benjot
JMS-01	107.070257	-6.806411	Sarampat
JMS-02	107.069566	-6.806091	Sarampat
GS-01A	107.097778	-6.807778	Gasol

Metode *Normalized Difference Water Index* (NDWI) adalah suatu algoritma yang digunakan untuk deteksi badan air membandingkan tingkat kebasahan pada citra satelit [16]. NDWI menggunakan data Landsat 8 yang merupakan pengembangan berkelanjutan sejak 1972 dengan resolusi spasial sebesar 30 m yang diakuisisi kembali pada tanggal 15 November 2019 [17]. Satelit landsat 8 memiliki sensor Onboard Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Diantara kanal-kanal tersebut, 9 kanal (band 1-9) berada pada OLI dan 2 lainnya (band 10 dan 11) pada TIRS [18] [19]. Namun dalam penelitian ini hanya menggunakan band 3 dan band 5 saja. Band 3 (*green*) merupakan band yang dapat terlihat oleh mata manusia karena menunjukkan warna alami permukaan bumi, band ini menghasilkan citra dengan warna hijau (gelombang tampak), sedangkan band 5 merekam panjang gelombang inframerah dekat (NIR) dengan menunjukkan warna yang hanya hitam dan putih [20]. Adapun rumus dari NDWI yaitu sebagai berikut [21]:

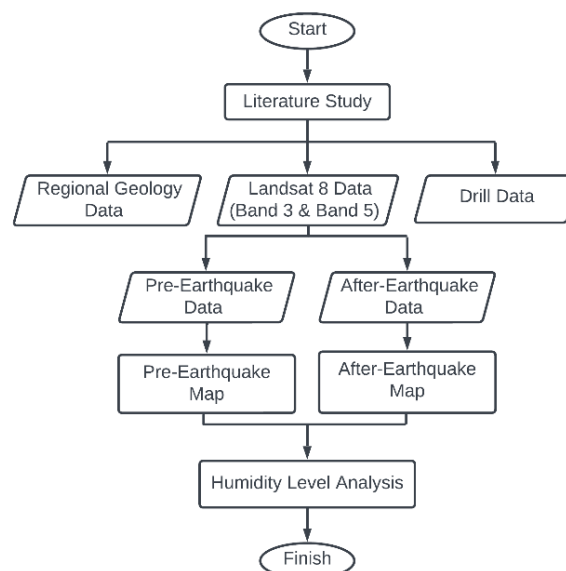
$$NDWI = \frac{Band\ 3\ (Green) - Band\ 5\ (NIR)}{Band\ 3\ (Green) + Band\ 5\ (NIR)} \quad (1)$$

Tabel 2. Klasifikasi NDWI [22]

Kelas	Nilai NDWI	Tingkat Kebasahan
1	-1 < NDWI < 0	Non badan air
2	0 < NDWI < 0.33	Kebasahan sedang
3	0.33 < NDWI < 1	Kebasahan tinggi

Apabila nilai NDWI lebih besar dari nol sampai nilai 0,33 maka wilayah tersebut dapat diklasifikasikan sebagai permukaan badan air dengan tingkat kebasahan sedang, kemudian apabila nilai NDWI di antara 0,33 dan 1 maka wilayah tersebut dapat diklasifikasikan sebagai permukaan air dengan tingkat kebasahan tinggi dan apabila nilai NDWI lebih kecil atau sama dengan nol, maka diklasifikasikan sebagai permukaan bukan air atau daratan [16].

Band 3 dan band 5 di *input* ke dalam *software* ArcGIS dan dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan (1). Hasilnya berupa peta yang dapat melihat tingkat kelembaban sebelum gempa dan setelah gempa di daerah Cianjur, kemudian dikorelasikan dengan data sumur dan data geologi regional.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

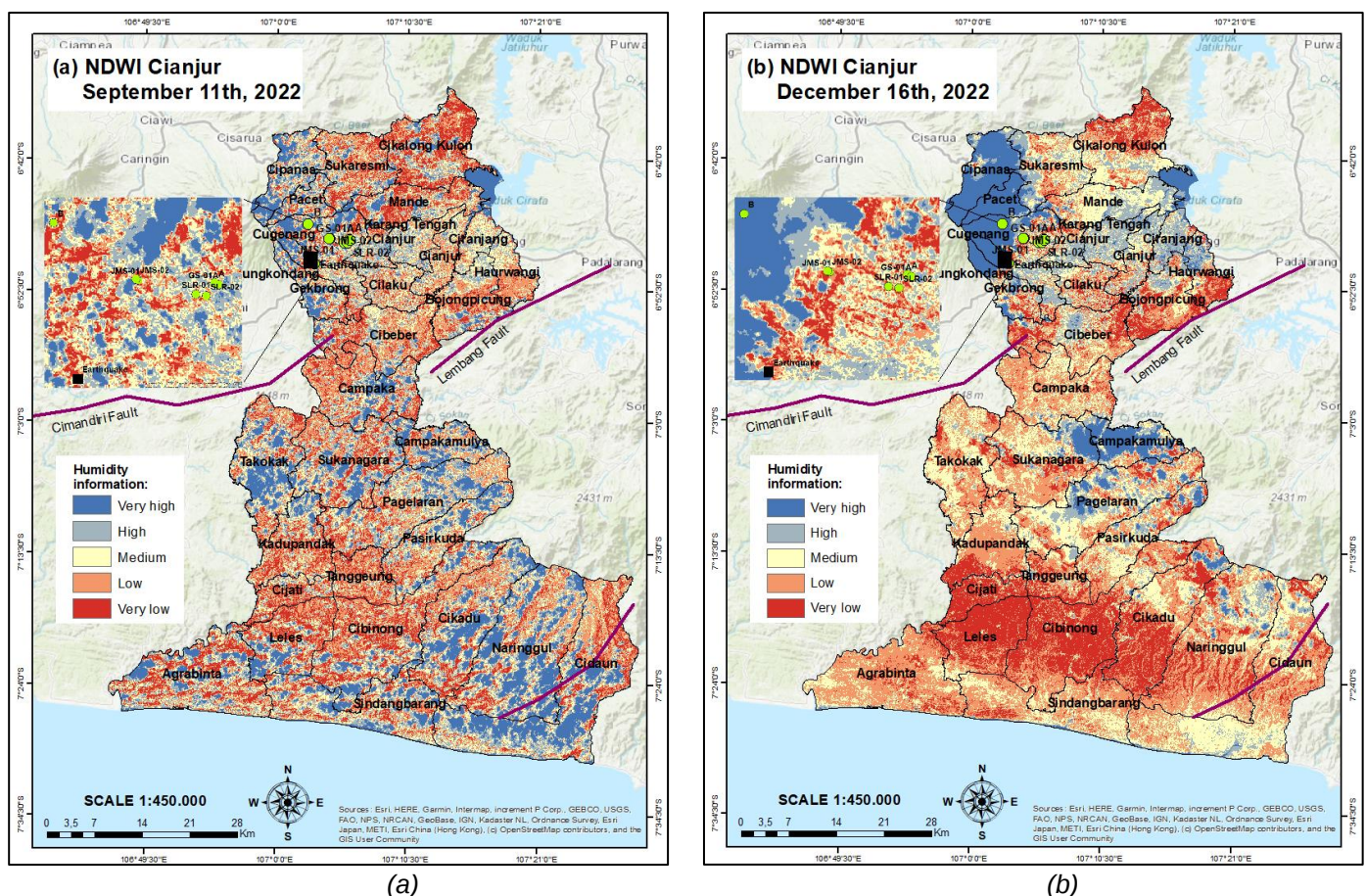
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Peta NDWI Sebelum Gempa Bumi Cianjur

Pada peta NDWI sebelum terjadinya gempa bumi Cianjur, terdapat dua warna yang mencolok pada hasil komposit citra NDWI. Warna merah didefinisikan sebagai lokasi atau daerah yang tingkat kelembabannya rendah atau sulit terdapat lapisan akuifer dan warna biru didefinisikan sebagai lokasi atau daerah yang tingkat kelembabannya tinggi atau mudah didapat lapisan akuifer. Terlihat bahwa sebaran zona kelembaban sangat tinggi dan rendah terdapat hampir di seluruh daerah Cianjur dari utara ke selatan. Hal ini diperkuat dengan korelasi terhadap sumur di daerah Cugenang yang sudah terdapat akuifer pada kedalaman dangkal, yaitu pada sumur A, B, GS01, SLR01, SLR02, JMS01 dan JMS02, dimana pada sumur GS01A, SLR02 dan B memiliki kelembaban yang sedang, sumur JMS01 dan JMS02 memiliki kelembaban yang rendah, serta sumur A dan SLR01 memiliki kelembaban yang tinggi. Korelasi ini dilakukan pada daerah Cugenang karena pusat gempa bumi Cianjur terdapat di daerah Cugenang (Gambar 4a).

3.2. Peta NDWI Setelah Gempa Bumi Cianjur

Pada peta NDWI setelah terjadinya gempa bumi, zona kelembaban sangat tinggi hanya terdeteksi di daerah Pacet, Cipanas, Cugenang, Ciranjang, Karang Tengah dan Campakamulya. Sementara itu, lapisan tanah yang kering atau zona kelembaban sangat rendah sangat mendominasi dan terdapat hampir di seluruh daerah Cianjur, terutama di arah selatan terlihat sangat kering. Hal ini diperkuat dengan korelasi terhadap sumur di daerah Cugenang yang sebelumnya terdapat akuifer pada kedalaman yang dangkal. Akuifer tidak ditemukan setelah gempa bumi terjadi, dimana pada sumur SLR01 dan SLR02 memiliki kelembaban yang rendah, sumur JMS01 dan JMS02 memiliki kelembaban yang sangat rendah, sumur A memiliki kelembaban yang tinggi dan sumur B memiliki kelembaban yang sangat tinggi. Masing-masing sumur mengalami perubahan kelembaban dari sebelum dan setelah gempa karena pergerakan sesar Cugenang yang mengakibatkan gempa bumi daerah Cianjur dan sekitarnya (Gambar 4b). Adanya tekanan pada material akuifer di satu sisi, dan disisi lain posisi akuifer naik mendekati permukaan yang diakibatkan adanya rekahan baru dari sesar Cugenang sehingga menyebabkan perubahan sistem akuifer [24].



Gambar 2. Peta NDWI Cianjur: (a) sebelum gempa bumi, (b) setelah gempa bumi

Berdasarkan hasil peta NDWI sebelum dan setelah terjadi gempa Cianjur, maka bisa ditemukan perbedaan tingkat kelembaban pada beberapa desa di Kecamatan Cugenang yang merupakan daerah yang menjadi sumber gempa Cianjur. Pada data sumur di daerah Cugenang terdapat air pada kedalaman yang dangkal di titik A, B, GS01, SLR01, SLR02, JMS01 dan JMS02. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kelembaban sebelum gempa sangat baik, karena semakin dangkal lapisan akuifer maka semakin tinggi tingkat kelembabannya. Setelah gempa, tingkat kelembaban mengalami perubahan yang berarti kedudukan lapisan akuifer juga ikut berpindah. Dalam rekonstruksi

sumur bor dangkal dan sumur bor dalam, informasi ketersediaan akuifer sangat dibutuhkan, yang berkaitan dengan penempatan filter atau posisi air tanah yang akan digunakan [24].

Tabel 3. Data sumur sebelum dan setelah gempa Cianjur

Sumur	Longitude	Latitude	Desa	Tingkat Kelembaban	
				Sebelum Gempa	Sesudah Gempa
A	107.096366	-6.80716	Gasol	Tinggi	Tinggi
B	107.041367	-6.786997	Sukamulya	Sedang	Sangat tinggi
SLR-01	107.090086	-6.811121	Benjot	Tinggi	Rendah
SLR-02	107.0936251	-6.8116757	Benjot	Sedang	Rendah
JMS-01	107.070257	-6.806411	Sarampat	Rendah	Sangat rendah
JMS-02	107.069566	-6.806091	Sarampat	Rendah	Sangat rendah
GS-01A	107.097778	-6.807778	Gasol	Sedang	Sedang

Gempa yang berpusat di Cugenang, Kabupaten Cianjur juga memberikan dampak perubahan kedudukan lapisan akuifer di beberapa daerah sekitarnya. Berdasarkan peta sebelum dan setelah gempa juga bisa terlihat bahwa ada beberapa kecamatan yang mengalami perbedaan tingkat kelembaban, sebelum terjadi gempa di dominasi oleh tingkat kelembaban tinggi, dan setelah gempa di dominasi oleh tingkat kelembaban sedang.

Tabel 4. Perubahan tingkat kelembaban di beberapa Desa, Kab. Cianjur

Desa	Tingkat Kelembaban	
	Sebelum Gempa	Sesudah Gempa
Cipanas	Sedang	Sangat tinggi
Sukaresmi	Sangat rendah	Sedang
Mande	Sangat rendah	Sedang
Pacet	Sedang	Sangat tinggi
Campaka	Tinggi	Sedang
Sukanagara	Tinggi	Rendah
Takokak	Sangat tinggi	Sedang
Cikadu	Tinggi	Sangat rendah
Cibinong	Rendah	Sangat rendah
Agrabinta	Tinggi	Rendah
Naringgul	Sangat tinggi	Rendah

4. Kesimpulan

Zona kelembaban di kawasan Cugenang, Cianjur, Jawa Barat mengalami perubahan dari sebelum dan sesudah gempa. Sebelum terjadi gempa, akuifer di titik bor GS01A, SLR02 dan B memiliki kelembapan sedang, titik bor JMS01 dan JMS02 memiliki kelembapan rendah, serta titik bor A dan SLR01 memiliki kelembapan tinggi. Setelah gempa terjadi perubahan tinggi akuifer, dimana titik bor SLR01 dan SLR02 memiliki kelembapan rendah, titik bor JMS01 dan JMS02 memiliki kelembapan sangat rendah, titik bor A memiliki kelembapan tinggi dan titik bor B memiliki kelembapan sangat tinggi.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Suryakencana, PT Minelog Services Indonesia, dan GeoXplore Indonesia yang telah menjadi wadah bagi para peneliti untuk mengembangkan penelitian jurnal ini.

Referensi

- [1] N. Hidayat dan E.K. Santoso, "Gempa Bumi dan Mekanismenya," *J. Alami*, vol. 2, no. 3, p. 50-52, 2014, Corpus ID: 161179247.
- [2] S. Kusmajaya dan R. Wulandari, "Kajian Risiko Bencana Gempa Bumi di Kabupaten Cianjur," *J. Dialog Penanggulangan Bencana*, vol. 10, no. 1, p. 39-51, 2019.
- [3] Y. Irawan dkk, "Manajemen Mitigasi Bencana Pada Peserta Didik untuk Mengurangi Risiko Bencana Gempa Bumi," *PENDIPA Journal of Science Education*, vol. 6, no. 2, p. 609-615, 2022, <https://doi.org/10.33369/pendipa.6.2.609-615>.
- [4] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, "Geologi Gempa Cianjur - 21 November 2022," Bandung: Badan Geologi, 2022.
- [5] A. Darul dkk, "Preliminary Study Normalized Difference Water Index di Wilayah Resapan Airtanah Kabupaten Bekasi," *J. Pendidikan Geografi*, vol. 17, no. 2, p. 135-146, 2017, <http://dx.doi.org/10.17509/gea.v17i2.8134>.
- [6] A.M. Nur, "Gempa Bumi, Tsunami Dan Mitigasinya," *J. Geografi*, vol 7, no. 1, p. 66-73, 2010, <https://doi.org/10.15294/jg.v7i1.92>.
- [7] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, "Dinamika Geologi Selat Sunda dalam Pembangunan Berkelanjutan," Bandung: Badan Geologi, 2019.
- [8] H.S. Alexander dkk, "Hypertension Screening through Blood Pressure Measurement for Residents of Kampung Baros Village Ciherang Pacet After the Cianjur Earthquake," *NUSANTARA: J. Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 3, no. 1, p. 36-42, 2023, <https://doi.org/10.55606/nusantara.v3i1.696>.

- [9] D.R.H. Suryana dkk, "Modeling of Groundwater Characteristics Flow Porous System with Permeability, Porosity, and Compressibility Rock Tests at the Volcanic Facies of Gede Pangrango Southeast Side," *J. Geologi dan Sumberdaya Mineral*, vol. 23, no. 1, p. 35-51, 2022, <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v23.1.35-51>.
- [10] M.G. Permadi dan A. Adiputra, "Kajian Risiko Bencana Kekeringan di Kabupaten Cianjur," *J. Geografi, Edukasi, dan Lingkungan*, vol. 3, no. 1, pp. 34-44, 2019, <https://doi.org/10.29405/jgel.v3i1.2991>.
- [11] A. Herlambang dkk, "Database Air Tanah Jakarta, Studi Optimisasi Pengelolaan Air Tanah," Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), 1996.
- [12] I. Daruwati, " Identifikasi Akuifer Disekitar DAS (Daerah Aliran Sungai) Salak di Desa Sungai Salak Kecamatan Rambah Samo Kabupaten Rokan Hulu Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger," *J. Ilmiah Edu Research*, vol. 8, no. 2, p. 11-17, 2019, <https://doi.org/10.30606/jer.v8i2.316>.
- [13] G.P. Kuseman dan N.A. Ridder, " Analysis and Evaluation of Pumping Test Data," Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1970.
- [14] A.C. Effendi dkk, " Geological Map of the Bogor Quadrangle, Jawa," Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1998.
- [15] Geographic Information System, "Geological of Indonesia Scale 1:100.000," Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 2019.
- [16] M. Lestari dkk, "Analisis Daerah Rawan Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Tuntang Menggunakan Skoring dan Inverse Distance Weighted," *Indonesian Journal of Modeling and Computing*, vol. 4, no. 1, p. 1-9, 2021, <https://doi.org/10.24246/icm.v4i1.4615>.
- [17] U. Wahrudin dkk, "Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Identifikasi Sebaran Kerapatan Vegetasi di Pangandaran," *J. Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*, vol. 3, no. 2, p. 90-101, 2019, <https://doi.org/10.29408/geodika.v3i2.1790>.
- [18] A. Purwanto, "Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Identifikasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di Kecamatan Silat Hilir Kabupaten Kapuas Hulu," *J. Edukasi*, vol. 13, no. 11, p. 27-36, 2015, <https://doi.org/10.31571/edukasi.v13i1.17>.
- [19] S.A. Jundri, "Pemanfaatan Citra Landsat 8 dan SIG untuk Identifikasi Kawasan Berpotensi Longsor (Studi Kasus: Kabupaten Timor Tengah Selatan)," Institut Teknologi Nasional Malang, Jurusan Teknik Geodesi, 2016.
- [20] N.I. Fawzi dan V.N. Husna, "Landsat 8 - Sebuah Teori dan Teknik Pemrosesan Tingkat Dasar," Bengkulu: El Markazi, 2021.
- [21] F. Hernozza dkk, "Pemetaan Daerah Rawan Banjir Menggunakan Penginderaan Jauh Dengan Metode Normalized Difference Vegetation Index, Normalized Difference Water Index dan Simple Additive Weighting (Studi Kasus: Kota Bengkulu)," *Rekursif: J. Informatika*, vol. 8, no. 2, p. 144-152, 2020, <https://doi.org/10.33369/rekursif.v8i2.10562>.
- [22] B. Laurensz dkk, "Potensi Resiko Banjir dengan Menggunakan Citra Satelit (Studi Kasus: Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara)," *Indonesian Journal of Computing and Modeling*, vol. 2, no. 1, p. 17-24, 2019, Corpus ID: 202153101.
- [23] E.P. Fifi dkk, "Aquifer Identification in Opak Fault Zone After Yogyakarta Earthquake 2006 With Schlumberger Configuration Geoelectric Method," *J. Ilmu Fisika dan Terapannya*, vol. 5, no. 2, p. 82-91, 2016, Corpus ID: 134623087.
- [24] M. Undang dan E. Cipta, "Pendugaan Keterdapatn Akifer Airtanah Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Sub-DAS Cisatang - Kabupaten Cianjur," *Bulletin of Scientific Contribution*, vol. 12, no. 2, p. 69-77, 2014, <https://doi.org/10.24198/bsc-geology.v12i2.8366>.