

PAPER NAME

**BENCANA KEKERINGAN DI WILAYAH TA
MAN BUMI NASIONAL KARANGSAMBUN
G.pdf**

AUTHOR

Rahmi Mulyasari

WORD COUNT

5749 Words

CHARACTER COUNT

35000 Characters

PAGE COUNT

18 Pages

FILE SIZE

1.9MB

SUBMISSION DATE

Dec 20, 2022 10:21 AM GMT+7

REPORT DATE

Dec 20, 2022 10:22 AM GMT+7

● 97% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 97% Internet database
- 2% Publications database
- Crossref database
- Crossref Posted Content database
- 5% Submitted Works database

● Excluded from Similarity Report

- Bibliographic material
- Cited material

JLBG

ISSN 2086-7794
e-ISSN 2502-8804

JURNAL LINGKUNGAN DAN
BENCANA GEOLOGI

*Journal of Environment and
Geological Hazards*



Penerbit/Publisher

Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan

BADAN GEOLOGI

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL

TABLE OF CONTENTS

ARTICLES

Analisis Pengaruh Perubahan Lahan terhadap Debit Banjir pada Sub Das Cibeureum, Kawasan Bandung Utara

Fauziah Hani, Mohamad Sapari Dwi Hadian, Hendarmawan -

PDF

1-15

Karakteristik Perubahan Lingkungan Akhir Plistosen - Holosen di Dataran Rendah Aluvial dan Pantai Wilayah Demak, Kudus, Jepara, Pati dan Sekitarnya

Rio A.T. Moechtar, Subiyanto Subiyanto, R.I.H Sulistyawan

PDF

17-31

Perbandingan Nilai Hazard Kejadian Tsunami di Indonesia Berdasarkan Posisi Garis Khatulistiwa (Katalog Tsunami Indonesia 1802 - 2018)

Samsul Anwar

PDF

33-45

Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole Untuk Penetapan Bidang Gelincir Gerakan Tanah di Jajaway, Palabuhanratu, Sukabumi

Shinta Kiky Rachmawati, Yayat Sudrajat, Lina Handayani, Dadan Dani Wardhana

PDF

47-56

Bencana Kekeringan di Wilayah Taman Bumi Nasional Karangsambung-Karangbolong: Pengontrol, Dampak, dan Ketahanan

Sugeng Purwo Saputro, Dwi Ratih Purwaningsih, Rahmi Mulyasari

PDF

57-71

EDITORIAL TEAM

KETUA DEWAN REDAKSI

Dr. Taat Setiawan, Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan, Indonesia

WAKIL KETUA DEWAN REDAKSI

Dyan Yudhanagara, S.T., M.T., Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan, Indonesia

DEWAN REDAKSI

Wiyono ST., MT., Indonesia

Ginda Hasibuan, S.T.,M.T., Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan - Badan Geologi

Dr. Dwi Sarah, Research Centre for Geotechnology, Indonesian Institute of Sciences (LIPI)

Mirzam Abdurrachman, Institut Teknologi Bandung

Imam Setiadi, S.Si., M.T., Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Indonesia

Dita Arif Yuwana, Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan

Dr. Supartoyo ST., MT., Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Indonesia

Dr. Sumaryono Sumaryono, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana, Badan Geologi

Yudhicara ST., M.Si., Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Indonesia

Prof. Dr. Hendarmawan Hendarmawan, Indonesia

Ahmad Cahyadi, S.Si., M.Sc., Department of Environmental Geography, Faculty of Geography, Universitas Gadjah Mada

Dr. Thomas Triadi Putranto, Universitas Diponegoro, Indonesia

Marjiyono Mulyo Raharjo, Pusat Survei Geologi, Badan Geologi.

Dr. Sci. Rachmat Fajar Lubis, Lembaga Ilmu Penelitian Indonesia, Indonesia

Prof. Dr. Nana Sulaksana, Universitas Padjajaran Bandung, Indonesia

Dr. Igan S. Sutawidjaja, M.Sc, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi - Badan Geologi

Ir. Suhari M.Sc., Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan, Indonesia

Dr. rer. nat. Budi Joko Purnomo, Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan, Indonesia

EDITOR BAHASA

Atep Kurnia

SEKRETARIAT

Cut Nanda Annisa

**Bencana Kekeringan di Wilayah Taman Bumi Nasional Karangsambung-Karangbolong:
Pengontrol, Dampak, dan Ketahanan*****Drought Disaster in Karangsambung-Karangbolong National Geopark Area:
Controllers, Impact, and Resilience***Sugeng Purwo Saputro^{1,*}, Dwi Ratih Purwaningsih², dan Rahmi Mulyasari³¹Pusat Penelitian Geoteknologi (LIPI)

Jl. Sangkuriang, Bandung, 40135, Indonesia

²Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)-ITB

Jl. Ganesha No. 10, Bandung, 40132, Indonesia

³Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknik (FT)-Unila

Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

e-mail: sugeng.purwo.saputro@lipi.go.id

Naskah diterima 17 April 2020, selesai direvisi 20 April 2021, dan disetujui 30 April 2021

ABSTRAK

Karanggayam dan Karangsambung di Kabupaten Kebumen termasuk ke dalam zona bahaya tinggi terdampak bencana kekeringan. Kedua daerah tersebut memiliki variasi batuan yang lengkap mulai dari batuan beku, batuan sedimen, hingga batuan metamorf, dan termasuk ke dalam wilayah Taman Bumi Nasional Karangsambung-Karangbolong. Prediksi dan penentuan area yang masih memiliki cadangan air tanah menjadi hal yang vital untuk segera dilakukan guna mengurangi dampak dari bencana tersebut, ditunjang dengan pengetahuan mengenai pengontrol utama dari parameter penyebab bencana kekeringan di daerah Karanggayam dan Karangsambung. Observasi lapangan dan analisis geospasial dipilih menjadi metode karena dinilai lebih efisien untuk penelitian ini, serta didukung dengan hasil analisis statistik dari data sekunder. Fisiognomi tanah, kondisi geologi, dan angka infiltrasi yang merupakan bagian dari delapan karakteristik geografi dan geomorfologi, dinilai menjadi pengontrol utama dari parameter penyebab bencana kekeringan yang terjadi di Karanggayam dan Karangsambung. Ketiga karakteristik tersebut berperan dalam mempersempit kemungkinan area cadangan air tanah menjadi hanya berada di sekitar lembah antiklin dan lereng sayap antiklin bagian selatan-tenggara (S-SE). Seluruh hasil penelitian ini dapat berfungsi untuk membantu pemerintah daerah dan pengelola taman bumi dalam membuat berbagai macam perencanaan dan kebijakan terkait Taman Bumi Nasional Karangsambung-Karangbolong.

Kata kunci: bencana, cadangan air tanah, Kebumen, kekeringan, taman bumi**ABSTRACT**

Karanggayam and Karangsambung in Kebumen Regency included in the high danger zone affected by drought. Both areas have complete rock variations ranging from igneous, sedimentary, to metamorphic rocks, and are included in the Karangsambung-Karangbolong National Geopark. Prediction and determination of areas that still have groundwater reserves are vital to be carried out immediately to reduce the disaster's impact, supported by the knowledge of the main controllers of drought-causing parameters in the both areas. Field observations and geospatial analysis were chosen because they were considered more efficient and supported by the results of statistical analysis from secondary data. Soil physiognomy, geological conditions, and infiltration rates are considered the main controllers causing drought disasters in Karanggayam and Karangsambung areas. These three characteristics narrow down the possibility that the groundwater reserve area is only around the anticline valley and the south-southeast (S-SE) side of the anticline wing. All of the result of this study can help local governments and geopark management to make various plans and policies related to the Karangsambung-Karangbolong National Geopark.

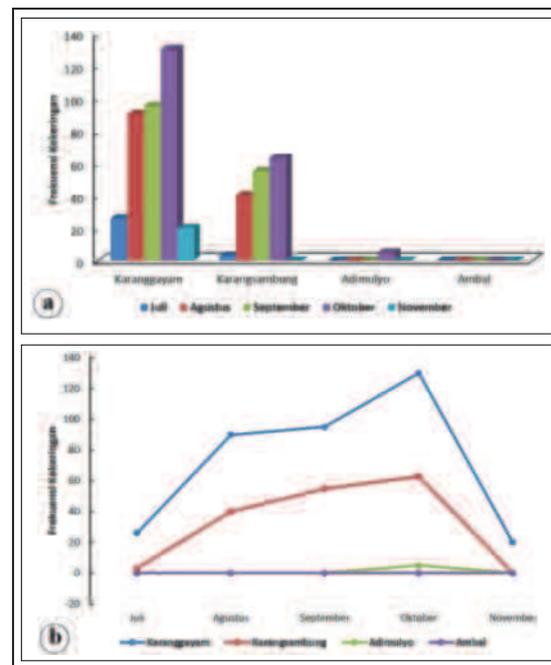
Keywords: disaster, groundwater reserves, Kebumen, drought, geopark

PENDAHULUAN

Kekeringan merupakan kejadian hilang/kurangnya kuantitas air tanah untuk sementara waktu, disebabkan oleh curah hujan yang secara signifikan berada di bawah normal (Hund dr., 2018; van Loon dan Laaha, 2015). Kejadian tersebut jika sampai mengganggu rutinitas kehidupan manusia, dapat dikategorikan sebagai bencana (Liu dr., 2019). Kriteria bencana kekeringan totalnya ada 17 jenis, sebagai turunan dari empat kriteria utama; di antaranya meteorologi, pertanian, hidrologi-hidrogeologi, dan sosial-ekonomi (Hao dr., 2016; Hoque dr., 2020; van Loon dan Laaha, 2015). Hidrologi-hidrogeologi merupakan kriteria yang paling mempengaruhi terjadinya bencana kekeringan dibandingkan kriteria utama lainnya, karena jangkauannya yang luas serta dikontrol oleh banyak parameter. Bencana kekeringan diperhitungkan sebagai salah satu bencana alam yang sangat merusak dibandingkan bencana alam lainnya, khususnya dalam hal ekonomi/biaya, masalah sosial, dan dampak ekologi (Hao dr., 2016; van Loon dan Laaha, 2015). Penilaian tersebut didasarkan pada dampak bencana yang luas, durasi yang lama dan perkembangan lambat, serta berdampak langsung pada kehidupan manusia (Yang dr., 2016). Masalah-masalah tersebut muncul karena ekosistem dan sosial masyarakat bergantung pada air yang berasal dari zona tangkapan air (*catchment area*), seperti akuifer, danau, dan sungai, dibandingkan dari hasil presipitasi langsung. Saputro dan Mulyasari (2020) berpendapat bahwa proses infiltrasi dan perkolasi yang terhambat merupakan faktor utama penyebab terjadinya bencana kekeringan (Tabel 1). Parameter penghambatnya dikontrol oleh karakteristik geografi dan geomorfologi, ni-

lai besaran permeabilitas, porositas, dan tekanan, serta proses disolusi, sementasi, dan kompaksi (Saputro dan Mulyasari, 2020).

Daerah Karanggayam dan Karangsembung yang merupakan bagian dari wilayah taman bumi nasional (*national geopark*) termasuk dalam zona bahaya tinggi terdampak bencana kekeringan (Saputro dan Mulyasari, 2020). Hal tersebut merupakan suatu anomali jika dibandingkan dengan daerah sekitarnya di Kabupaten Kebumen (Tabel 1 dan Gambar 1). Pavlova dr. (2017) berpendapat bahwa warisan dunia UNESCO maupun nasional sebagian besar tidak terlindungi dari bahaya bahkan bencana geologi, yang seharusnya menjadi hal sangat



Gambar 1. (a) Perbandingan frekuensi dan (b) fluktuasi frekuensi bencana kekeringan pada masing-masing kecamatan di Kabupaten Kebumen dalam kurun waktu lima bulan (Saputro dan Mulyasari, 2020).

Tabel 1. Lokasi dan frekuensi bencana kekeringan di Kabupaten Kebumen (Saputro dan Mulyasari, 2020).

No.	Kecamatan	Frekuensi Kekeringan / Bulan					Jumlah Desa		Frekuensi Kekeringan	
		Juli	Agustus	September	Oktober	November	Total	Kekeringan	(Juli-November 2018)	
1	Karanggayam	26	90	95	130	20	19	8	361	
2	Karangsembung	3	40	55	63	0	14	5	161	
3	Adimulyo	0	0	0	5	0	23	1	5	
4	Ambal	0	0	0	0	0	32	0	0	

penting untuk dianalisis dengan cermat guna menilai seberapa besar risiko bencana tersebut.

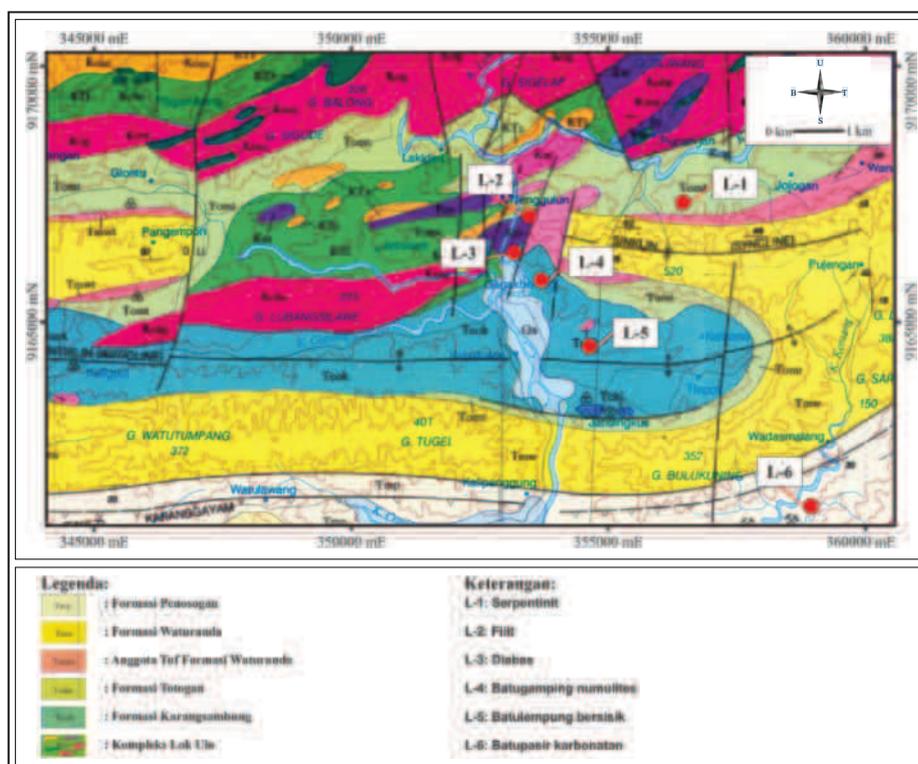
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik geografi dan geomorfologi yang paling bertanggung jawab terhadap bencana kekeringan di daerah Karanggayam dan Karangsambung, serta untuk mengetahui area yang masih memiliki cadangan air tanah. Tujuan tersebut dicapai dengan penekanan pada aspek petrologi dan lingkungan, serta hidrogeologi terkait proses infiltrasi dan perkolasi. Evaluasi terhadap karakteristik geografi dan geomorfologi merupakan langkah kunci untuk mendeteksi area potensi cadangan air tanah, karena memiliki akurasi yang tinggi dan mampu meminimalisir kesalahan penafsiran (Etikala drr., 2019; Jenifer dan Jha, 2017; Mishra drr., 2019).

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Karanggayam dan Karangsambung, Kabupaten Kebu-

men, Jawa Tengah (Gambar 2). Objek penelitian berupa morfologi dan batuan yang termasuk ke dalam (urut tua ke muda) Kompleks Lok Ulo (KTI), Formasi Karangsambung (Teok), Formasi Totogan (Tomt), Anggota Tuf Formasi Waturanda (Tmwt), Formasi Waturanda (Tmw), dan Formasi Penosogan (Tmp). Pendekatan yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian meliputi observasi lapangan dan analisis geospasial, dengan dukungan hasil analisis statistik dari data sekunder (Gambar 1).

Observasi lapangan dan analisis geospasial yang umumnya bersifat kualitatif menjadi kegiatan yang pertama kali dilakukan dalam penelitian ini. Selain untuk mendapatkan data lapangan terbaru dan percontoh batuan, juga untuk mendapatkan gambaran umum secara keseluruhan. Selanjutnya data hasil observasi lapangan dan analisis geospasial dikompilasi dengan data hasil analisis statistik yang lebih bersifat kuantitatif, sehingga didapatkan data yang berkualitas. Analisis geospasial dipilih



Gambar 2. Peta geologi daerah Karanggayam dan Karangsambung, serta titik lokasi pengambilan percontoh batuan (modifikasi dari Asikin drr., 1992).

1 menjadi salah satu pendekatan karena dinilai lebih efisien untuk menguraikan potensi air tanah, serta dapat menghemat waktu dan tenaga (Etikala dr., 2019). Analisis geospasial juga memiliki keunggulan dalam hal mengkombinasikan antara data primer dan sekunder dalam suatu penelitian (Etikala dr., 2019).

Keluaran dari hasil pendekatan-pendekatan tersebut di antaranya deskripsi batuan dan beberapa macam peta pendukung, seperti peta topografi 2D dan 3D. Keluaran tersebut berguna untuk mengetahui karakteristik geografi dan geomorfologi yang paling bertanggung jawab terhadap terjadinya bencana kekeringan di daerah Karanggayam dan Karangsambung, serta untuk menentukan area yang masih memiliki potensi cadangan air tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanah di daerah Karanggayam dan Karangsambung memiliki warna cokelat kemerahan-cokelat keputihan dengan butiran beragam berukuran pasir kasar-lempung, serta berbentuk menyudut-membulat dan terpilah dengan buruk (Gambar 3.a dan 3.b). Warna cokelat kemerahan menunjukkan bahwa tanah tersebut berasal dari pelapukan batuan yang memiliki kandungan besi (Fe) cukup dominan, sedangkan warna cokelat keputihan menunjukkan bahwa komposisi batuan asalnya didominasi oleh mineral karbonat (Asikin dr., 1992; Mul dr., 2007; Saputro dan Mulyasari, 2020).

Ukuran dan bentuk butir yang beragam serta pemilahan yang buruk membuat tanah tersebut memiliki sedikit ruang antar butir, sehingga porositasnya termasuk buruk. Tebal singkapan bervariasi antara 0,05-2,00 meter (m), dengan rincian; lokasi 1-3 memiliki ketebalan antara 0,05-1,50 m, dan lokasi 4-6 antara 0,50-2,00 m (Gambar 2). Perbedaan ketebalan tersebut disebabkan oleh perbedaan tingkat resistansi batuan asal terhadap proses pelapukan. Hal tersebut menunjukkan bahwa fisiognomi tanah di daerah Karanggayam dan Karangsambung

secara keseluruhan termasuk buruk. Fisiognomi tanah yang buruk tersebut menyebabkan sulit terjaganya tingkat kelembaban tanah, yang merupakan variabel tepat dan langsung (*direct variables*) untuk mencerminkan kondisi tanah (Mao dr., 2017). Tingkat kelembaban tanah yang sulit terjaga tersebut menyebabkan terjadinya fluktuasi respon air permukaan untuk mengalami infiltrasi dan perkolasi menuju akuifer (Etikala dr., 2019; Han dr., 2019), sehingga proses pengisian air tanah (*recharge*) menjadi terganggu dan tidak maksimal (Raju dr., 2019).

Perbukitan merupakan morfologi yang mendominasi daerah Karanggayam dan Karangsambung, dengan persentase mencapai hampir 80% dari keseluruhan wilayahnya (Gambar 4). Karakteristik perbukitan tersebut terbagi menjadi dua kelompok, yaitu perbukitan yang tersusun oleh bukit-bukit tinggi dan terjal dengan tingkat kerapatan vegetasi sedang dan ketinggian vegetasi antara 1,00-2,50 m, serta perbukitan yang terdiri dari beberapa bukit rendah dan landai dengan kerapatan vegetasi tinggi dan ketinggian vegetasi > 2,50 m (Gambar 3.c dan 3.d). Perbedaan karakteristik kedua kelompok tersebut berkaitan erat dengan batuan penyusunnya serta peran dari proses geologi di sekitarnya. Batuan keras seperti batuan beku dan metamorf, serta batuan sedimen yang membentuk lipatan (*fold*) ataupun tersesarkan (*fault*) menjadi penyusun utama dari bukit-bukit tinggi dan terjal. Sedangkan bukit-bukit rendah dan landai sebagian besar disusun oleh batuan sedimen dengan resistansi rendah/mudah rapuh (Gambar 2). Perkembangan bukit-bukit tinggi dan terjal tersebut tidak lepas dari aktivitas tektonik yang terjadi selama periode pembentukan batuan pada umur Pra-Tersier hingga Kuartar.

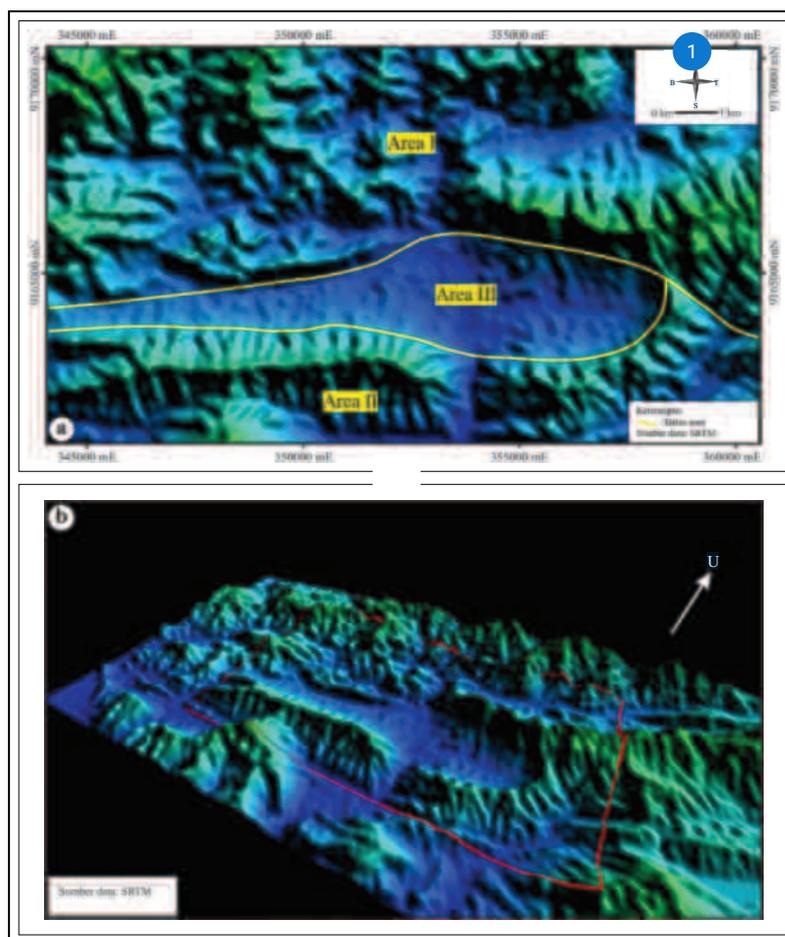
Dominasi morfologi dengan karakteristik tersebut membuat kemampuan infiltrasi air permukaan menjadi sangat rendah. Hal itu sangat sesuai dengan pendapat Etikala dr. (2019) yang menyatakan bahwa morfologi memberikan pengaruh besar terhadap kejadian geologi, infiltrasi, perkolasi, dan kondisi bawah permukaan



Gambar 3. Gambaran umum dari fisiognomi tanah (a, b), bentukan geomorfologi (c, d), tata guna lahan (e, f), serta kelerengan (g, h) di daerah Karanggayam dan Karangsembung.

(*subsurface*). Peningkatan kemampuan infiltrasi hanya terjadi pada 20% sisa wilayahnya, yang merupakan dataran rendah. Daerah yang datar dengan tingkat kerapatan vegetasi tinggi akan memberikan waktu yang cukup untuk air permukaan masuk ke bawah permukaan dan mengurangi tingkat evaporasi di wilayah tersebut (Rajudrr., 2019), dibandingkan daerah dengan elevasi tinggi dan terjal yang membuat air permukaan langsung melimpas (*run-off*) ke sungai-sungai di sekitarnya.

Lokasi 1-3 didominasi oleh batuan metamorf dan beku, seperti serpentinit, filit, dan diabas, sedangkan di lokasi 4-6 didominasi oleh batuan sedimen, contohnya batugamping numulit, batulempung bersisik, dan batupasir karbonatan (Gambar 2 dan 5). Batuan-batuan tersebut tersingkap ke permukaan karena dikontrol oleh struktur geologi (Gambar 2 dan 8), seperti lipatan dan patahan. Lipatan berupa antiklin dan sinklin dengan dimensi yang sangat luas membentang dari sisi barat Karanggayam hingga



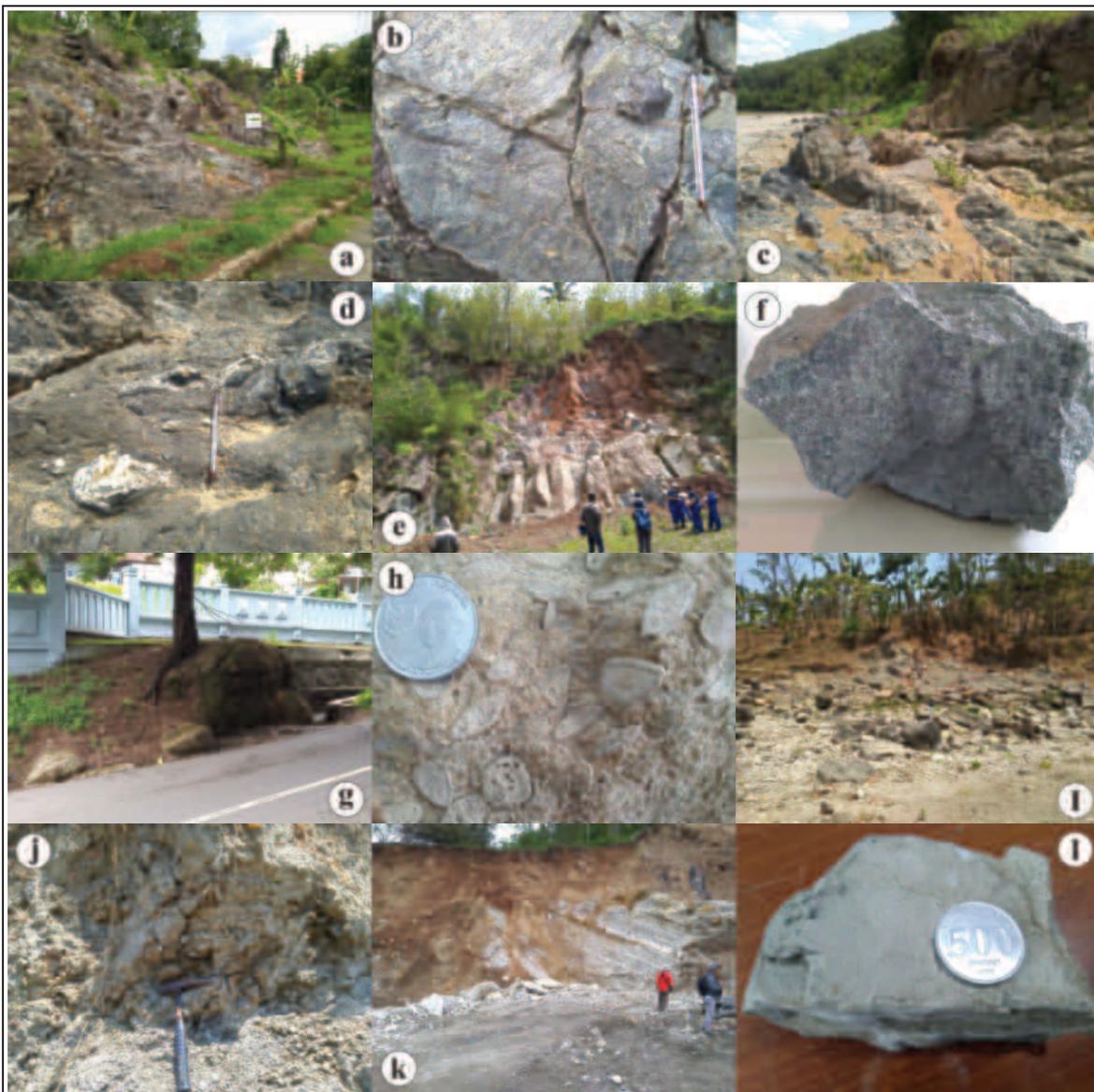
Gambar 4. (a, b) Bentuk geomorfologi di daerah Karanggayam dan Karangsambung (*atlas shader*). Area I: Perbukitan tinggi dan terjal; area II: Perbukitan rendah dan landai; area III: Dataran rendah.

sisi timur Karangsambung, mengangkat batuan-batuan dasar untuk naik ke permukaan (Wakita dr., 1994). Distribusi batuan-batuan tersebut juga tidak terlepas dari peran patahan seperti sesar naik dan geser yang banyak ditemukan di daerah Karanggayam dan Karangsambung.

Kondisi geologi yang sebagian besar disusun oleh batuan keras membuat kemampuan penyimpanan air tanah di daerah Karanggayam dan Karangsambung menjadi sangat berkurang. Kemampuan penyimpanan tersebut dikontrol oleh dua parameter batuan, yaitu porositas dan permeabilitas (Tabel 2) (Etikala dr., 2019; Raju dr., 2019; Rosari dr., 2017). Batuan beku dan metamorf memiliki porositas primer yang sangat kecil, karena dalam pembentukannya hampir tidak menyisakan ruang antarmineral. Konektivitas antarbutir mineralnya pun hampir

tidak ada, sehingga kemampuan batuan tersebut untuk meloloskan air (permeabilitas) juga termasuk sangat buruk. Hal tersebut menyulitkan air permukaan untuk mengalami infiltrasi dan perkolasi menuju akuifer di bawah permukaan (Ebrahim dan Villholth, 2016; Hamdi dr., 2018).

Harapan terbesar air permukaan dapat masuk ke dalam akuifer adalah dengan adanya porositas sekunder, yang pembentukannya dikontrol oleh struktur geologi daerah Karanggayam dan Karangsambung. Porositas tersebut berupa rekahan pada batuan akibat terjadinya lipatan maupun patahan, dan kapasitasnya pun tergolong sangat besar (Ebrahim dan Villholth, 2016; Mahmoud dan Kotb, 2017; Mul dr., 2007). Namun, di sisi lain, rekahan pada batuan yang sangat besar tersebut tidak saling terkoneksi dengan baik,



1 Gambar 5. Percontoh batuan dari setiap titik lokasi. Serpentinit (lokasi 1) berwarna hijau tua, ekuigranular, masif dengan sedikit serat-serat, memiliki kilap minyak, tidak berfoliasi, dan sedikit mengalami alterasi (a, b); filit (lokasi 2) memiliki warna abu-abu gelap, belahan *slaty*, kilap mika, lepidoblastik, terdapat fragmen-fragmen kuarsa berukuran 5,00-30,00 sentimeter (cm), serta memperlihatkan lipatan-lipatan (*microfolds*) dan patahan-patahan mikro (*microfaults*) (c, d); diabas (lokasi 3) memiliki warna abu-abu kehijauan, fanerik, subhedral-hipidiomorfik, ekuigranular, holokristalin, dengan tekstur khusus diabasik (e, f); batugamping numulites (lokasi 4) memiliki warna abu-abu kecokelatan, butir berukuran pasir kasar-halus, berbentuk menyudut-membulat, terpilah buruk, kemas terbuka, semen karbonat, porositas buruk-sedang, kompak, dengan tebal singkapan 0,50-1,70 m, serta terdapat fragmen berupa fosil numulites (g, h); batulempung bersisik (lokasi 5) berwarna coklat keputihan, dengan ukuran butir lempung, semen karbonat, rapuh, dan tebal singkapan antara 0,30-1,80 m (i, j); batupasir karbonatan (lokasi 6) memiliki warna abu-abu kecokelatan-keputihan, ukuran butir mulai dari pasir sedang-halus, berbentuk membulat tanggung-membulat, terpilah baik, kemas tertutup, semen karbonat, porositas sedang-baik, kompak, serta tebal singkapan mencapai $\pm 2,80$ m (k, l).

sehingga permeabilitasnya tergolong sangat buruk. Hal tersebut diakibatkan oleh aktivitas tektonik yang bekerja terlalu intensif, sehingga konektivitas rekahan pada batuan yang sudah terbentuk kembali tertutup oleh terbentuknya

rekahan baru pada batuan. Rekahan baru yang terbentuk tersebut pada akhirnya akan membuat keseluruhan konektivitas antarrekahan menjadi rapuh dan mudah hancur (Jenifer dan Jha, 2017; Mahmoud dan Kotb, 2017).

Tabel 2. Perbandingan umum porositas dan permeabilitas untuk setiap jenis batuan (Etikala drr., 2019; Raju drr., 2019; Rosari drr., 2017).

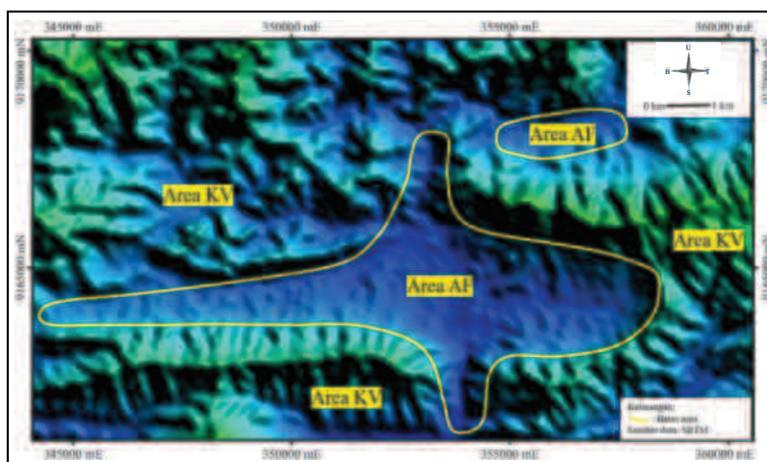
No.	Jenis Batuan	Nama Batuan	Porositas (%)	Permeabilitas
1	Batuan kristalin (beku/metamorf)	Basalt	0-10	Buruk
2	Batuan sedimen	Basalt (<i>fractured</i>)	5-50	Buruk-sedang
3	Sedimen	Batupasir	5-30	Baik
4		Pasir	25-50	Baik-sangat baik

Lahan di daerah Karanggayam dan Karangsambung sebagian besar merupakan wilayah konservasi, dengan luas mencapai ± 70% dari total wilayahnya (Gambar 6). Wilayah konservasi ini ditumbuhi oleh berbagai macam vegetasi dengan ketinggian ≥ 1,00 m, termasuk di dalamnya hutan produksi berupa pohon-pohon pinus yang dikelola oleh Perusahaan Hutan Negara Indonesia (Perhutani). Hutan produksi tersebut secara umum tidak termasuk ke dalam alih fungsi lahan yang berdampak negatif, karena vegetasi yang digunakan memiliki spesifikasi yang tidak jauh berbeda dengan vegetasi aslinya. Penduduk sekitar sebagian besar memanfaatkan sisa 30% wilayahnya untuk persawahan dan perkebunan, serta oleh beberapa perusahaan sebagai area pertambangan pasir dan batu (Gambar 3.e dan 3.f). Alih fungsi lahan menjadi persawahan dan perkebunan disebabkan oleh suburnya tanah di daerah tersebut, yang merupakan hasil dari pelapukan batuan-batuan dasar dengan banyak

kandungan unsur dan mineral yang dibutuhkan oleh tanaman. Di sisi lain, alih fungsi lahan menjadi area pertambangan disebabkan oleh banyaknya batuan keras di daerah tersebut, yang secara umum berguna untuk kebutuhan industri maupun pembangunan skala menengah.

Alih fungsi lahan (khususnya perkebunan dan pertambangan) yang terjadi sebesar 30% memberikan dampak pada sistem hidrologi-hidrogeologi regional, sehingga menyebabkan berkurangnya kuantitas air tanah di daerah tersebut. Dampak yang dimaksud adalah hilangnya jalan masuk alamiah (*diminishing natural pathway*) untuk infiltrasi air permukaan masuk ke dalam tanah, serta perubahan siklus aliran sungai dan area cadangan air tanah (Etikala drr., 2019; Mul drr., 2007). Namun, di sisi lain, alih fungsi lahan menjadi persawahan dapat sedikit membantu proses infiltrasi air permukaan, karena kuantitas dan kualitas porositas tanah menjadi semakin banyak dan besar. Tata guna lahan di daerah Karanggayam dan Karangsambung secara keseluruhan masih tergolong baik, karena terjadinya alih fungsi lahan masih diimbangi oleh adanya wilayah konservasi yang sangat luas.

Secara umum daerah Karanggayam dan Karangsambung memiliki iklim yang normal, dengan durasi musim hujan dan kemarau masing-masing selama enam bulan (Saputro dan Mulyasari, 2020). Musim hujan dimulai



Gambar 6. Tata guna lahan di daerah Karanggayam dan Karangsambung (*atlas shader*). Area KV: Area konservasi; area AF: Area alih fungsi lahan.

1 sekitar Oktober hingga Maret, yang kemudian dilanjutkan musim kemarau dari April hingga September (Tabel 3). Frekuensi terjadinya hujan pada musimnya hampir setiap hari dalam satu minggu, dengan durasi ± 3 jam/hari. Frekuensi tersebut berbanding terbalik saat musim kemarau, yang maksimal hanya terjadi tiga kali dalam satu bulan dengan durasi masing-masing $\pm \frac{3}{4}$ jam. Distribusi turunnya hujan juga cukup luas dan merata, dari wilayah perbukitan hingga dataran mendapatkan frekuensi dan durasi yang sama.

Tabel 3. Data curah hujan dan hari hujan di Kabupaten Kebumen (Badan Pusat Statistik, 2021).

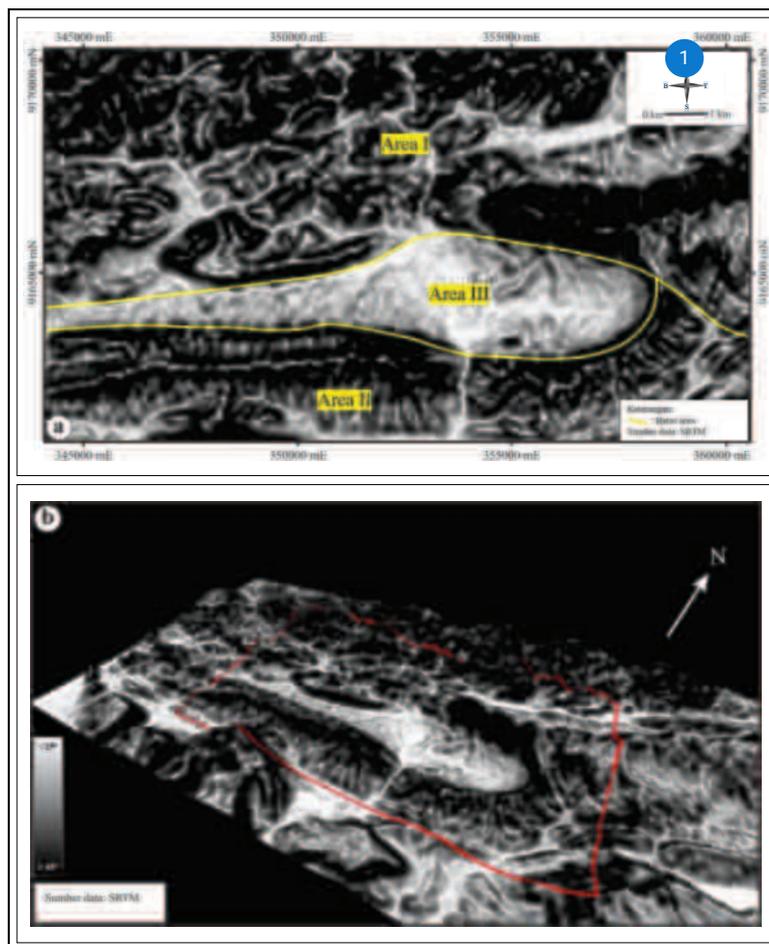
No.	Bulan	Tahun 2018	
		Curah Hujan (mm)	Hari Hujan (hari)
1	Januari	465	26
2	Februari	407	22
3	Maret	513	18
4	April	433	15
5	Mei	105	4
6	Juni	18	3
7	Juli	5	1
8	Agustus	10	3
9	September	35	7
10	Oktober	23	8
11	November	667	20
12	Desember	441	22
	Tahunan	3122	149

1 Frekuensi, durasi, serta distribusi yang sama dan merata tersebut ternyata tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap kenaikan muka air tanah, justru sebaliknya muka air sungai yang mengalami kenaikan tajam baik dalam hal ketinggian maupun volumenya. Densitas drainase dan frekuensi aliran yang tinggi dicurigai menjadi penyebab terjadinya hal tersebut. Angka infiltrasi merupakan hasil perkalian antara densitas drainase dan frekuensi aliran (Mishra dr., 2019), sehingga artinya nilai dari angka infiltrasinya juga tinggi. Angka tersebut mencerminkan bahwa limpasan air dari perbukitan maupun dataran ke sungai sangat tinggi (Pophare dan Balpande, 2014; Watson dr., 2018). Limpasan air yang tinggi menandakan kapasitas perkolasi yang terjadi di bawah permukaan sangat rendah, sehingga cadangan air tanah yang tersimpan juga sangat sedikit. Hal tersebut didukung dengan data kondisi geologi

daerah penelitian yang tersusun oleh batuan kristalin dan batuan sedimen, yang umumnya memiliki persentase porositas rendah-menengah dan tingkat permeabilitas buruk-baik (Tabel 2).

Pengukuran langsung di lapangan menunjukkan kelerengan daerah Karanggayam dan Karangasambung terbagi menjadi tiga tingkat kemiringan (Gambar 2), yaitu curam ($\geq 45^\circ$), menengah ($45^\circ-25^\circ$), dan landai ($< 25^\circ$), dengan luas area masing-masing 50%, 30%, dan 20% dari total luas daerah Karanggayam dan Karangasambung (Gambar 3.g dan 3.h). Tingkat kemiringan tersebut mencerminkan pengaruh langsung kelerengan terhadap proses infiltrasi air permukaan (Raju dr., 2019). Lereng dengan kemiringan curam terdapat pada bagian puncak dari antiklin yang mengalami erosi dan sejumlah bukit-bukit kompleks batuan dasar samudra, sedangkan sayap-sayap antiklin memiliki kemiringan menengah-landai (Gambar 7). Lereng yang curam tersebut meningkatkan jumlah aliran permukaan langsung menuju sungai, dibandingkan jumlah infiltrasi dan perkolasi ke akuifer (Ebrahim dan Villholth, 2016; Singh dr., 2019). Hal ini juga menjelaskan bahwa cadangan air tanah pada lereng menengah-landai jauh lebih terjaga kuantitasnya dibandingkan lereng yang curam (Etikala dr., 2019).

Kelerengan dengan kemiringan curam seluas 50% dari total luas daerah Karanggayam dan Karangasambung tidak serta-merta meningkatkan jumlah aliran permukaan langsung menuju sungai (Gambar 7). Adanya penghalang menyebabkan terjadinya pengurangan kecepatan aliran (Gambar 3.c dan 3.d), sehingga air permukaan mempunyai waktu yang cukup untuk mengalami infiltrasi (Gambar 4). Penghalang tersebut terbagi menjadi dua jenis, yaitu penghalang positif dan negatif (Hallema dr., 2016). Penghalang positif umumnya berupa gundukan yang menonjol di atas permukaan, sedangkan penghalang negatif berupa cekungan yang membentuk lajur ataupun cekungan yang tertutup (Hallema dr., 2016; Mishra dr., 2019). Kedua jenis penghalang ini memiliki fungsi yang sama



Gambar 7. (a, b) Kelerengan di daerah Karanggayam dan Karangsambung (*slope shader*). Area I: Tingkat kemiringan curam; area II: Tingkat kemiringan menengah; area III: Tingkat kemiringan landai.

untuk mengurangi kecepatan aliran, tetapi dengan cara kerja yang berbeda.

Penghalang positif mengurangi kecepatan aliran dengan cara membagi atau membelah aliran menjadi dua bagian. Pembagian tersebut membuat volume aliran yang besar terbagi menjadi lebih kecil, sehingga secara otomatis kecepatan aliran akan melambat akibat gravitasi massa yang berkurang. Penghalang positif ini banyak ditemukan pada lereng bukit-bukit kompleks batuan dasar samudra seperti di lokasi 1 dan 2, serta sayap-sayap antiklin seperti di lokasi 6 (Gambar 2 dan 4). Di sisi lain, penghalang negatif justru mengurangi kecepatan aliran dengan cara menyatukan beberapa aliran ke dalam satu cekungan. Hal ini menyebabkan sebagian besar volume aliran akan tertahan dalam waktu yang lama dan akhirnya mengalami infiltrasi.

Contoh penghalang negatif banyak ditemukan pada lereng lembah antiklin bagian utara seperti di lokasi 3, dan selatan seperti di lokasi 5 (Gambar 2 dan 4). Penghalang positif maupun negatif dinilai memiliki kontribusi positif dalam hal pengisian cadangan air tanah di daerah Karanggayam dan Karangsambung.

Potensi cadangan air tanah pada suatu wilayah akan semakin bagus jika nilai densitas kelurusannya semakin tinggi (Etikala dr., 2019; Mishra dr., 2019). Nilai tersebut (L_d) didapatkan dari hasil perbandingan antara jumlah seluruh panjang kelurusan (L_i) dengan luas area (A) dalam satuan kilometer persegi (km^2) (1) (Etikala dr., 2019).

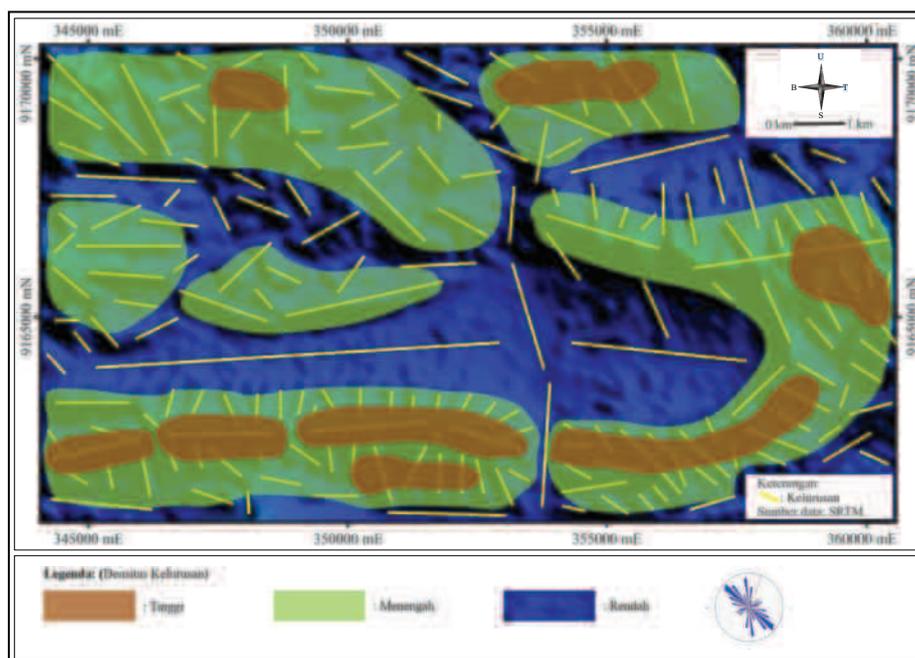
$$L_d = \sum_{i=1}^n L_i / A(km^2) \dots\dots\dots (1)$$

1 Kelurusan merupakan suatu pola berupa garis linear dan kontinu yang merepresentasikan kondisi faktual dari permukaan atau bawah permukaan bumi, baik secara stratigrafi, struktur geologi, maupun geofisika (Mishra dr., 2019). Kelurusan di daerah Karanggayam dan Karangasambung sebagian besar terbentuk akibat adanya aktivitas tektonik yang sangat intensif. Raju dr. (2019) menyatakan bahwa maksud dari intensifnya aktivitas tektonik tersebut tidak hanya berupa tektonik skala besar, tetapi dapat pula berupa patahan-patahan aktif yang bersifat lokal (Gambar 2). Pengukuran densitas kelurusan yang dilakukan di daerah Karanggayam dan Karangasambung menghasilkan nilai antara 0,00-1,16 km/km², dengan rincian jumlah panjang kelurusan 181,83 km dan luas area 156,66 km² (1). Kelurusan-kelurusan tersebut memperlihatkan kecenderungan semakin ke arah selatan nilai densitasnya semakin tinggi, diperkirakan karena adanya lipatan berupa antiklin dan sinklin di sekitar wilayah tersebut (Gambar 8). Nilai densitas kelurusan yang tergolong menengah-tinggi tersebut menunjukkan bahwa daerah Karanggayam dan Karangasambung seharusnya terhindar dari kemungkinan bencana kekeringan,

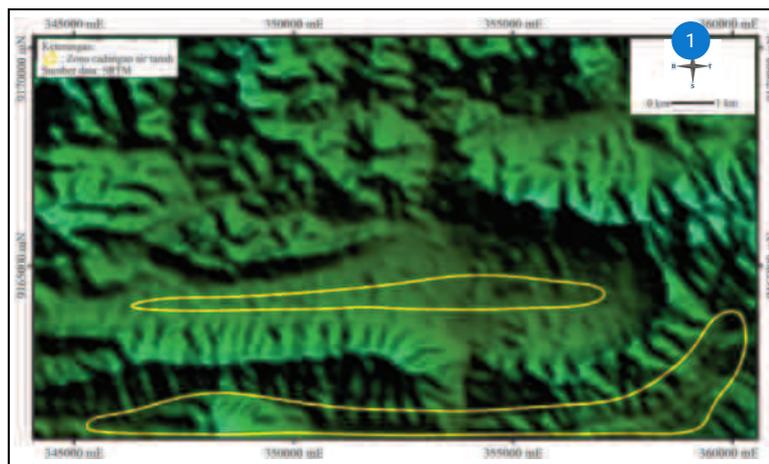
karena memiliki probabilitas potensi cadangan air tanah yang bagus.

Area yang masih memiliki cadangan air tanah di daerah Karanggayam dan Karangasambung berada di sekitar lembah antiklin dan lereng sayap antiklin bagian selatan-tenggara (S-SE) (Gambar 9 dan 10), secara umum termasuk dalam zona akuifer dengan produktivitas kecil-sedang (ESDM One Map, 2021). Area tersebut memiliki dimensi horizontal yang memanjang barat-timur (W-E), sesuai hasil pengukuran arah kemenerusan batuan di sekitar lokasi 5 dan 6 (Tabel 4). Luas area tersebut sekitar 11% dari luas daerah Karanggayam dan Karangasambung secara keseluruhan ($\pm 17,19$ km²), dan merupakan bagian dari Formasi Karangasambung (Eosen-Oligosen) dan Penosogan (Miosen).

Delineasi area tersebut ditentukan berdasarkan hasil integrasi seluruh data karakteristik geografi dan geomorfologi yang telah dilakukan sebelumnya. Morfologi berupa dataran rendah dengan vegetasi yang rapat dan tinggi (Gambar 3.c dan 3.d), serta lereng dengan kemiringan menengah-landai (Gambar 3.g dan 3.h) membuat area tersebut sangat mendukung proses infiltrasi dapat berjalan dengan sempurna.



Gambar 8. Densitas kelurusan di daerah Karanggayam dan Karangasambung.



Gambar 9. Zona probabilitas potensi cadangan air tanah di daerah Karanggayam dan Karangsambung.



Gambar 10. Pengeboran dangkal pada cabang/anak sungai dan ketebalan tanah di sekitar zona probabilitas potensi cadangan air tanah.

Tabel 4. Hasil pengukuran arah kemenerusan dan kemiringan batuan.

No.	Strike/Dip	
	Lokasi 5	Lokasi 6
1	N281°E/25°	N83°E/17°
2	N276°E/27°	N97°E/19°
3	N272°E/23°	N88°E/23°
4	N263°E/18°	N101°E/20°
5	N266°E/26°	N94°E/26°

1 Gundukan maupun cekungan (Gambar 4) yang banyak terdapat di sisi lereng juga sangat membantu dalam mengontrol kecepatan aliran, sehingga air yang mengalami infiltrasi jumlahnya akan tetap lebih banyak dibandingkan yang

langsung limpas ke sungai. Area tersebut juga termasuk ke dalam wilayah konservasi di daerah Karanggayam dan Karangsambung, sehingga sangat kecil kemungkinan terjadinya perubahan lingkungan yang disebabkan oleh manusia. Hal tersebut juga didukung oleh nilai densitas kelurusan yang tergolong menengah-tinggi (1), memungkinkan area tersebut (Gambar 9) memiliki porositas dan permeabilitas sekunder yang bagus sehingga tingkat probabilitas potensi cadangan air tanahnya meningkat.

Arah aliran air yang secara umum mengikuti arah kemiringan batuan dan lereng dapat mengindikasikan lereng sayap antiklin bagian

1 utara (N) juga memiliki potensi sebagai area cadangan air tanah. Namun, hasil integrasi seluruh data karakteristik geografi dan geomorfologi tidak memungkinkan terjadinya hal tersebut. Salah satu yang sangat signifikan perbedaannya adalah kondisi geologi yang langsung dibatasi oleh batuan-batuan keras dari Kompleks Lok Ulo (Gambar 2), sehingga menyebabkan air perlahan-lahan akan tetap mengalami evaporasi ataupun limpas ke sungai.

KESIMPULAN

Bencana kekeringan yang terjadi di daerah Karanggayam dan Karangsembung dikontrol oleh delapan karakteristik geografi dan geomorfologi (Mishra dr., 2019; Saputro dan Mulyasari, 2020). Karakteristik yang paling bertanggung jawab adalah fisiognomi tanah, kondisi geologi, dan angka infiltrasi. Ketiga karakteristik tersebut berada pada tingkat yang sangat buruk, sehingga mampu membuat kebutuhan dan aktivitas masyarakat sekitar terkait air tanah menjadi sangat terganggu khususnya pada musim kemarau. Porositas-permeabilitas tanah dan batuan yang buruk, serta densitas drainase dan frekuensi aliran yang tinggi menjadi penyebab utama fisiognomi tanah, kondisi geologi, dan angka infiltrasi berada pada tingkat tersebut.

Ketahanan daerah Karanggayam dan Karangsembung terhadap dampak bencana kekeringan terletak pada area di sekitar lembah antiklin dan lereng sayap antiklin bagian selatan-tenggara. Area tersebut memanjang dari barat Karanggayam hingga timur Karangsembung dengan dimensi horizontal (Gambar 9), yang merupakan lokasi potensial untuk ditemukannya cadangan air tanah. Khusus area di sekitar lembah antiklin, untuk mendapatkan air tersebut dapat dengan melakukan pengeboran dangkal pada cabang/anak sungainya (Gambar 10). Hasil pelapukan batuan dan erosi akibat seringnya kontak dengan air sungai selama musim hujan, membuat area tersebut memiliki batuan dengan porositas cukup baik dan tanah yang cukup tebal ($\pm 3-10$ m) sebagai tempat penyimpan

air. Cadangan air tanah yang berada di sekitar lembah antiklin dan lereng sayap antiklin bagian selatan-tenggara diharapkan mampu memenuhi kebutuhan dan aktivitas masyarakat sekitar secara total, karena berdasarkan hasil integrasi seluruh data yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui bahwa area tersebut memiliki tingkat probabilitas potensi cadangan air tanah yang tinggi.

Seluruh hasil evaluasi tersebut juga berguna bagi pemerintah daerah dan badan pengelola taman bumi dalam melakukan perencanaan lingkungan serta kebijakan manajemen yang efektif dan berkelanjutan mengenai sumber daya air tanah, perencanaan mitigasi bencana geologi, serta perencanaan tata guna lahan agar keberadaan taman bumi dapat memberikan manfaat maksimal untuk seluruh masyarakat sekitar daerah Karanggayam dan Karangsembung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada rekan-rekan di Unila Lampung atas telaah, ulasan, dan masukannya yang membangun, serta Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) yang telah memberikan tambahan data untuk melengkapi kebutuhan analisis penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asikin, S., Handoyo, A., Busono, H., dan Gafoer, S., 1992. *Peta Geologi Bersistem, Lembar Kebumen, Jawa, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Badan Pusat Statistik., 2021. *Hari Hujan dan Curah Hujan*. Badan Pusat Statistik (BPS), Kebumen. <https://kebumenkab.bps.go.id/indicator/151/56/1/hari-hujan-dan-curah-hujan.html>
- Ebrahim, G. Y., dan Villholth, K. G., 2016. Estimating shallow groundwater availability in small catchments using streamflow recession and instream flow requirements of rivers in South Africa. *Journal of Hydrol-*

- ogy, 541, 754–765. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.07.032>
- ESDM One Map., 2021. *Peta Produktivitas Akuiifer*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. <https://geoportal.esdm.go.id/geologi/>
- Etikala, B., Golla, V., Li, P., dan Renati, S., 2019. Deciphering groundwater potential zones using MIF technique and GIS: A study from Tirupati Area, Chittoor District, Andhra Pradesh, India. *HydroResearch, 1*, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2019.04.001>
- Hallema, D. W., Moussa, R., Sun, G., dan McNulty, S. G., 2016. Surface storm flow prediction on hillslopes based on topography and hydrologic connectivity. *Ecological Processes, 5*(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s13717-016-0057-1>
- Hamdi, M., Zagrarni, M. F., Djamai, N., Jerbi, H., Goita, K., dan Tarhouni, J., 2018. 3D geological modeling for complex aquifer system conception and groundwater storage assessment: Case of Sisseb El Alem Nadhour Saouaf Basin, northeastern Tunisia. *Journal of African Earth Sciences, 143*, 178–186. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2018.03.017>
- Han, Z., Huang, S., Huang, Q., Leng, G., Wang, H., Bai, Q., Zhao, J., Ma, L., Wang, L., dan Du, M., 2019. Propagation dynamics from meteorological to groundwater drought and their possible influence factors. *Journal of Hydrology, 578*(August), 124102. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124102>
- Hao, Z., Hao, F., Singh, V. P., Sun, A. Y., dan Xia, Y., 2016. Probabilistic prediction of hydrologic drought using a conditional probability approach based on the meta-Gaussian model. *Journal of Hydrology, 542*, 772–780. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.09.048>
- Hoque, M. A.-A., Pradhan, B., dan Ahmed, N., 2020. Assessing drought vulnerability using geospatial techniques in northwestern part of Bangladesh. *Science of The Total Environment, 705*, 135957. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135957>
- Hund, S. V., Allen, D. M., Morillas, L., dan Johnson, M. S., 2018. Groundwater recharge indicator as tool for decision makers to increase socio-hydrological resilience to seasonal drought. *Journal of Hydrology, 563*(May), 1119–1134. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.05.069>
- Jenifer, M. A., dan Jha, M. K., 2017. Comparison of Analytic Hierarchy Process, Catastrophe and Entropy Techniques for evaluating groundwater prospect of hard-rock aquifer systems. *Journal of Hydrology, 548*(October 2008), 605–624. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.03.023>
- Liu, C., Yin, G., Li, M., Shang, D., Deng, B., dan Song, Z., 2019. Deformation and permeability evolution of coals considering the effect of beddings. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 117*(March), 49–62. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2019.03.016>
- Mahmoud, H. H., dan Kotb, A. D. M., 2017. Impact of the geological structures on the groundwater potential using geophysical techniques in West Bani Mazar Area, El Minia – western desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences, 130*, 161–173. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.03.024>
- Mao, Y., Wu, Z., He, H., Lu, G., Xu, H., dan Lin, Q., 2017. Spatio-temporal analysis of drought in a typical plain region based on the soil moisture anomaly percentage index. *Science of The Total Environment, 576*, 752–765. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.116>
- Mishra, A. K., Upadhyay, A., Srivastava, A., dan Rai, S. C., 2019. Probabilistic groundwater recharge zonation in hard rock terrain using geospatial techniques in Veniar Watershed, South India. *Ecohydrology & Hydrobiology, February 2019*. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2019.01.004>
- Mul, M. L., Mutiibwa, R. K., Foppen, J. W. A., Uhlenbrook, S., dan Savenije, H. H.

- G., 2007. Identification of groundwater flow systems using geological mapping and chemical spring analysis in South Pare Mountains, Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 32(15–18), 1015–1022. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2007.07.004>
- Pavlova, I., Makarigakis, A., Depret, T., dan Jomelli, V., 2017. Global overview of the geological hazard exposure and disaster risk awareness at world heritage sites. *Journal of Cultural Heritage*, 28, 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2015.11.001>
- Pophare, A. M., dan Balpande, U. S., 2014. Morphometric analysis of Suketi River Basin, Himachal Himalaya, India. *Journal of Earth System Science*, 123(7), 1501–1515. <https://doi.org/10.1007/s12040-014-0487-z>
- Raju, R. S., Raju, G. S., dan Rajasekhar, M., 2019. Identification of groundwater potential zones in Mandavi River Basin, Andhra Pradesh, India using remote sensing, GIS and MIF techniques. *HydroResearch*, 2, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2019.09.001>
- Rosari, A. A., Muris, dan Arsyad, M., 2017. Analisis sifat fisis dan sifat mekanik batuan karst Maros. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, 13(3), 276–281.
- Saputro, S. P., dan Mulyasari, R., 2020. Aspect and Criteria of Geological Conditions for Groundwater Quantity Control. In S. Savetlana, I. Sukmana, M. A. Muhammad, & A. Yudamson (Eds.), *Ilmu-Ilmu Teknik Kebencanaan 2019* (1st ed., pp. 148–158). UPT Perpustakaan Universitas Lampung.
- Singh, S. K., Zeddies, M., Shankar, U., dan Griffiths, G. A., 2019. Potential groundwater recharge zones within New Zealand. *Geoscience Frontiers*, 10(3), 1065–1072. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.05.018>
- van Loon, A. F., dan Laaha, G., 2015. Hydrological drought severity explained by climate and catchment characteristics. *Journal of Hydrology*, 526, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.10.059>
- Wakita, K., Munasri, dan Bambang, W., 1994. Cretaceous radiolarians from the Luk-Ulo Melange Complex in the Karangsambung Area, Central Java, Indonesia. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 9(1–2), 29–43. [https://doi.org/10.1016/0743-9547\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0743-9547(94)90063-9)
- Watson, A., Miller, J., Fleischer, M., dan de Clercq, W., 2018. Estimation of groundwater recharge via percolation outputs from a rainfall/runoff model for the Verlorenvlei estuarine system, West Coast, South Africa. *Journal of Hydrology*, 558, 238–254. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.01.028>
- Yang, G., Shao, W., Wang, H., dan Han, D., 2016. Drought evolution characteristics and attribution analysis in Northeast China. *Procedia Engineering*, 154(5), 749–756. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.579>

● 97% Overall Similarity

Top sources found in the following databases:

- 97% Internet database
- 2% Publications database
- Crossref database
- Crossref Posted Content database
- 5% Submitted Works database

TOP SOURCES

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1

jlbg.geologi.esdm.go.id

Internet

97%