

Gambaran Pemanfaatan Air Tanah Berkelanjutan di Geopark Kebumen Utara

An Overview of Sustainable Groundwater Utilization in North Kebumen Geopark

Nandian Mareta¹ dan Rachmat Fajar Lubis²

¹Pusat Riset Sumber Daya Geologi, BRIN, KST Samaun Samadikun,
Jln. Sangkuriang No. 21, Bandung, Jawa Barat, 40135, Indonesia

²Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air, BRIN, KST Samaun Samadikun,
Jln. Sangkuriang No. 21, Bandung, Jawa barat, 40135, Indonesia

e-mail: nandian.mareta@brin.go.id

Naskah diterima 06 Juni 2023, selesai direvisi 02 Desember 2023, dan disetujui 30 Desember 2023

ABSTRAK

Kebumen terletak di Provinsi Jawa Tengah yang telah ditetapkan sebagai Geopark Nasional pada tahun 2018. Geopark Kebumen, yang kemudian diajukan sebagai UNESCO Global Geopark pada tahun 2023, diharapkan akan meningkatkan jumlah kunjungan wisatawan dan peneliti ke kabupaten ini. Peningkatan ini memiliki konsekuensi penting dalam menjamin ketersediaan potensi air bersih yang memadai. Makalah ini menghitung ketersediaan potensi airtanah di Bagian Utara Geopark Kebumen dengan membandingkan Atlas Ketersediaan Airtanah yang telah dipublikasikan terhadap hasil penelitian neraca air di DAS Welaran, yang merupakan wilayah Geopark Kebumen Bagian Utara. Hasil penelitian menunjukkan atlas ketersediaan airtanah memiliki dua predikat, yaitu ketersediaan airtanah rendah di bagian Utara dan ketersediaan airtanah sedang di bagian Tengah dan Selatan. DAS Welaran, yang terletak di bagian Utara, sesuai dengan predikat rendah dalam atlas ketersediaan airtanah. Hasil ketersediaan airtanah menurut Atlas adalah sebesar 1.554.205,81 m³, sedangkan menurut Neraca Air DAS Welaran sebesar 1.555.318 m³. Rasio ketersediaan airtanah antara Atlas dan Neraca Air DAS Welaran adalah 0,999. Peluang pemanfaatan airtanah masih memungkinkan di bagian Selatan, sementara di bagian Utara lebih disarankan untuk memanfaatkan air permukaan dan airtanah bebas sebagai strategi pemanfaatan air baku.

Kata kunci: Kebumen, Atlas Airtanah, neraca air, DAS Welaran, geopark, pemanfaatan airtanah

ABSTRACT

Kebumen is located in the Central Java Province, which was designated as a National Geopark in 2018. The Kebumen Geopark, which is currently being proposed as a UNESCO Global Geopark in 2023, is expected to increase the number of tourists and researchers visiting the regency. The development has important consequences in ensuring the availability of adequate clean water resources. This paper calculates the availability of groundwater resources in the Northern Part of the Kebumen Geopark by comparing the published Groundwater Availability Atlas with the water balance research in the Welaran Watershed, which is part of the Northern region of the Kebumen Geopark. The research results show that the Groundwater Availability Atlas has two categories, namely low groundwater availability in the Northern part and moderate groundwater availability in the central and Southern parts. The Welaran Watershed, located in the Northern part, corresponds to the low availability category in the Groundwater Availability Atlas. The availability of groundwater according to the Atlas is 1,554,205.81 m³, while according to the Welaran Watershed Water Balance, it is 1,555,318 m³. The ratio of groundwater availability between the Atlas and the Welaran Watershed Water Balance is 0.999. The possibility of groundwater utilization is still feasible in the Southern part, while in the Northern part, it is recommended to utilize surface water and free groundwater as a raw water utilization strategy.

Keywords: Kebumen, Groundwater Atlas, water balance, Welaran watershed, geopark, groundwater utilization

PENDAHULUAN

Pada tahun 2022, Geopark Nasional Karangsambung-Karangbolong (GNKK) diusulkan menjadi Geopark Kebumen yang merupakan geopark global UNESCO. Tujuan utamanya adalah meningkatkan jumlah wisatawan ke Kabupaten Kebumen, baik dari dalam maupun luar negeri (https://www.kebumenkab.go.id/index.php/web/news_detail/2/6982).

Geopark Nasional Karangsambung-Karangbolong (GNKK) memiliki luas 543.599 m² dan mencakup 12 kecamatan dengan 117 desa. Di GNKK terdapat 41 situs geoheritage, 8 situs biodiversiti, dan 10 situs budaya yang menjadi situs utama (Ansori, drr., 2022) (Gambar 1). GNKK secara geografis mewakili bagian Utara dan Selatan Kabupaten Kebumen, yaitu terbagi menjadi tiga kawasan: 1. Kawasan Karangsambung (CAGK di bagian Utara); 2. Kawasan Sempor (bagian tengah); 3. Kawasan Pesisir Ayah (bagian Selatan) yang merupakan kawasan karst dan vulkanik tua.

Peningkatan status ini berdampak pada kebutuhan air yang meningkat. Kebutuhan air ini dipenuhi dari air permukaan, air hujan, dan airtanah. Airtanah adalah bagian dari siklus hidrologi yang melibatkan berbagai aspek bio-geo-fisik, politik, dan sosial budaya yang mempengaruhi

ketersediaan airtanah di suatu daerah (Rejeki-ningrum, 2009).

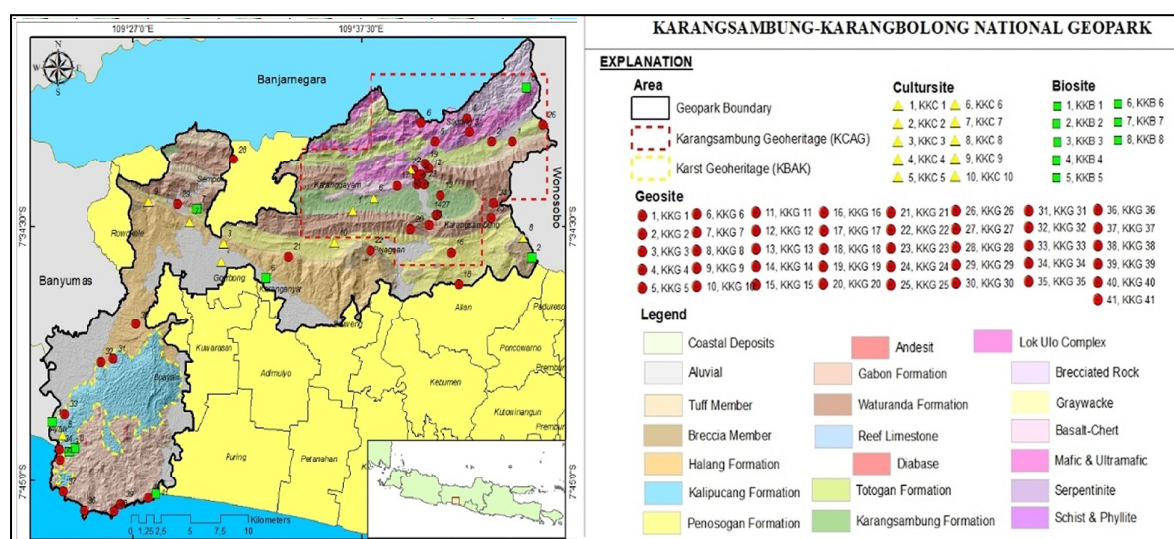
METODE PENELITIAN

Pergerakan air dapat dipelajari dengan berbagai cara, seperti infiltrasi air pada jenis litologi tertentu dan pergerakan air pada skala yang lebih besar. Neraca air atau kesetimbangan air adalah dasar untuk memperkirakan jumlah air yang disimpan dan dikeluarkan saat musim kemarau. Neraca air digunakan dalam studi hidrologi suatu wilayah. Persamaan neraca air dapat ditemukan dalam berbagai literatur.

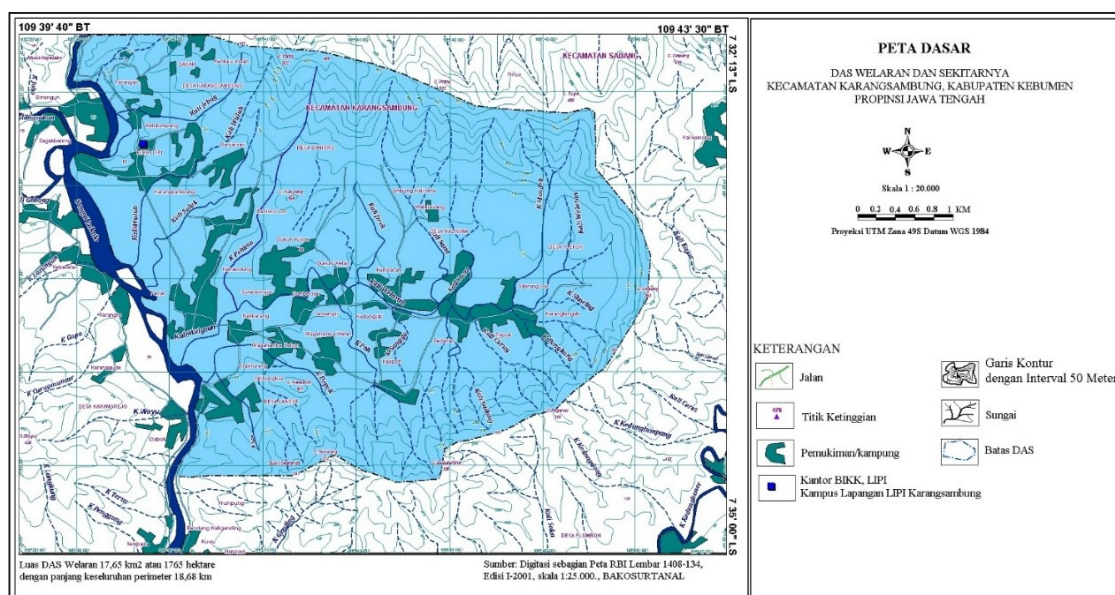
$$In = out + \Delta S \dots\dots\dots (1)$$

Parameter In dan Out adalah nilai absolut yang tidak dipengaruhi oleh proses tertentu. Sedangkan nilai ΔS dapat bernilai 0, positif, atau negatif. Jika $\Delta S = 0$, artinya tidak ada perubahan simpanan airtanah dalam wilayah tersebut. Jika ΔS positif, artinya ada surplus simpanan airtanah. Jika ΔS negatif, artinya ada defisit simpanan airtanah.

Penelitian yang dilakukan penulis sebagai data primer pembanding di bagian Utara dilakukan pada tahun 2019 – 2021 dengan menggunakan metode neraca air di DAS Welaran. Data primer



Gambar 1. Peta Geopark Karangsambung-Karangbolong serta litologinya yang akan diusulkan menjadi Geopark Kebumen (Ansori, drr., 2022).



Gambar 2. Peta lokasi DAS Welaran (Mareta, drr, 2021).

ini digunakan sebagai pembanding dan konfirmasi atas data dari Atlas Ketersediaan Airtanah tahun 2020.

Persamaan (1) dapat diturunkan menjadi persamaan (2), yaitu perhitungan neraca air secara meteorologis pada suatu DAS (Seyhan, 1977), dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = R + Ea \pm \Delta S \dots\dots\dots (2)$$

Dimana P = Curah hujan (mm), R = Limpasan air permukaan (mm), Ea = Evapotranspirasi Aktual

(mm), dan ΔS = Perubahan simpanan air (m^3). Perhitungan Neraca Air DAS Welaran (2021), sesuai Persamaan (2), menghasilkan Perubahan Simpanan Airtanah (ΔS) sebesar $1.555.318 m^3$. Nilai ini didapatkan dari Perhitungan di Semester I dan Semester II. Perhitungan detilnya terdapat di Tabel 1 dan 2.

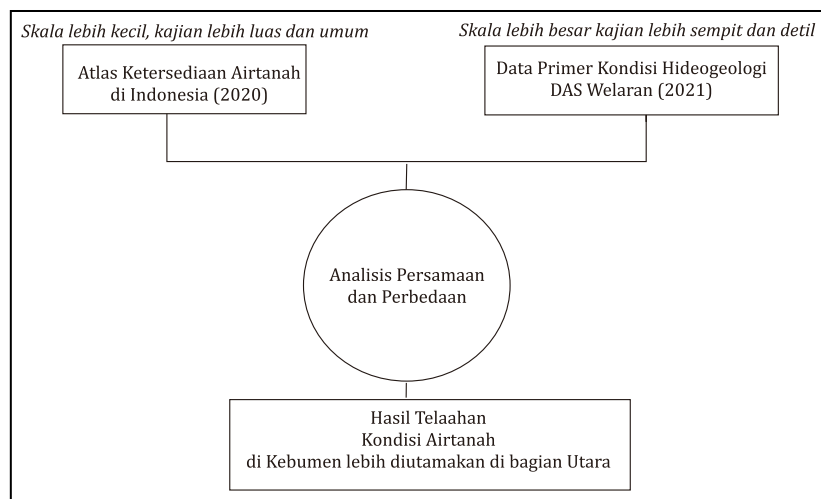
Menurut Pusat Airtanah dan Geologi Tata Lingkungan (2020), ada dua faktor yang mempengaruhi ketersediaan airtanah di Indonesia: faktor hidrologi dan faktor geologi. Atlas ini adalah edisi pertama yang memberikan gambaran ten-

Tabel 1. Perhitungan Neraca Air DAS Welaran Semester I

Tipe Bulan		Lembab	Basah	Basah	Basah	Basah	Basah	Semester I
Komponen	Unit	Okto	Nop	Des	Jan	Feb	Mar	Jumlah Semester I
		2019	2019	2019	2020	2020	2020	
P	mm	160	370	380	310	378	355	1953
Ep Harian	mm	3.27	3.41	3.28	3.55	3.23	3.67	
Ep Bulanan	mm	101.37	102.3	101.68	110.05	93.67	113.77	622.84
P-Ep	mm	58.63	267.7	278.32	199.95	284.33	241.23	1330.16
RO (Runoff)	mm	99.2	229.4	235.6	192.2	234.36	220.1	1210.86
APWL	mm	-40.57	0	0	0	0	0	
Storage	mm	-40.57	38.3	42.72	7.75	49.97	21.13	119.3
Region Storage (AS)	m^3	-716,061	675,995	754,008	136,788	881,971	372,945	2,105,645
Region RO	m^3	1,750,880	4,048,910	4,158,340	3,392,330	4,136,454	3,884,765	21,371,679
Region P	m^3	2,824,000	6,530,500	6,707,000	5,471,500	6,671,700	6,265,750	34,470,450

Tabel 2. Perhitungan Neraca Air DAS Welaran Semester II

Tipe Bulan		Basah	Basah	Lembab	Kering	Kering	Kering	Semester II
Komponen	Unit	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Jumlah Semester II
		2020	2020	2020	2020	2020	2020	
P	mm	573	540	200	90	92	98	1593
Ep Harian	mm	3.54	3.07	3.24	3.75	3.60	3.67	
Ep Bulanan	mm	106.2	95.17	97.2	116.25	111.6	110.1	636.52
P-Ep	mm	466.8	444.83	102.8	-26.25	-19.6	-12.1	956.48
RO (Runoff)	mm	355.26	334.8	124	55.8	57.04	60.76	987.66
APWL	mm	0	0	-21.2	-103.25	-124.45	-248.9	-248.9
Storage	mm	111.54	110.03	-21.2	-82.05	-76.64	-72.86	-31.18
Region Storage (ΔS)	m ³	1,968,681	1,942,030	-374,180	-1,448,183	-1,352,696	-1,285,979	-550,327
Region RO	m ³	6,270,339	5,909,220	2,188,600	984,870	1,006,756	1,072,414	17,432,199
Region P	m ³	10,113,450	9,531,000	3,530,000	1,588,500	1,623,800	1,729,700	28,116,450



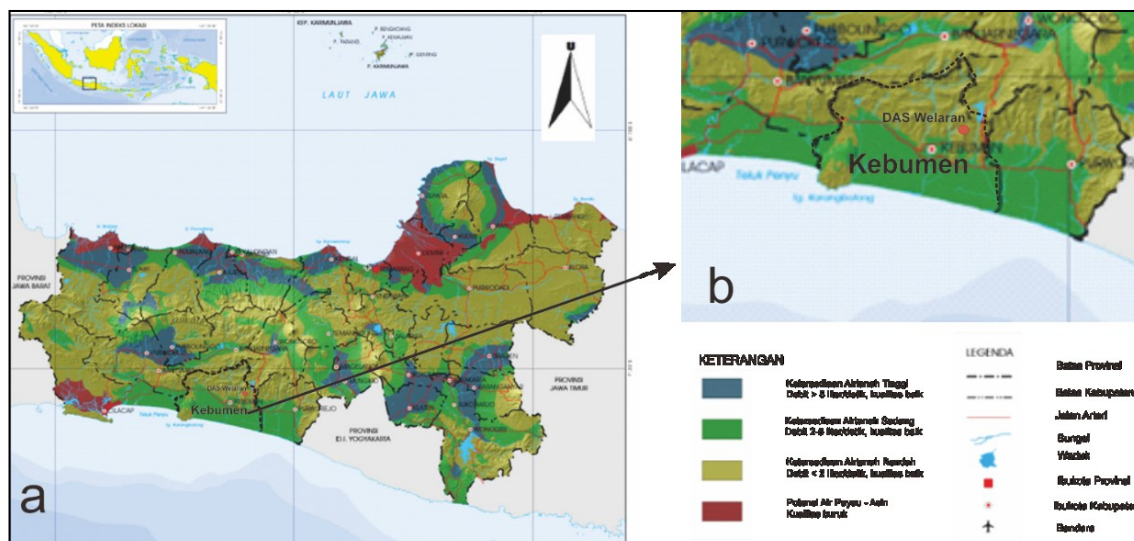
Gambar 3. Diagram alur penelitian.

tang ketersediaan airtanah di Indonesia. Atlas ini dapat digunakan untuk perencanaan pengembangan airtanah, penyediaan sumber air baku, penyediaan air bersih, dan tata ruang nasional (Pusat Airtanah dan Geologi Lingkungan, 2020).

Atlas ini adalah kompilasi dan pembuatan ulang peta Hidrogeologi Indonesia skala 1:100.000. Terdiri dari 34 Provinsi di Indonesia. Evaluasi potensi airtanah dilakukan setelah pengkajian hidrogeologi regional skala peta 1:250.000. Jika pengkajian hidrogeologi menggunakan lembar peta, evaluasi potensi airtanah menggunakan cekungan airtanah skala lebih besar (>1:100.000). Hasil evaluasi ini digunakan dalam perencanaan

pengelolaan airtanah. Evaluasi potensi airtanah dilakukan melalui metode deduktif, empirik, analitik, dan estimasi kuantitatif (Tirtomihardjo, 2004).

Ketersediaan airtanah di Kabupaten Kebumen digambarkan dalam dua warna (Gambar 4b): kuning (potensi air tanah rendah < 2 liter/detik dan berkualitas baik) dan hijau (potensi air tanah sedang 2-5 liter/detik dan berkualitas baik). Warna kuning tersebar di sebelah Utara ke Timur dan sedikit ke arah Selatan dengan luas sekitar 45%. Warna hijau mendominasi tersebar di sebelah Selatan sampai Barat dan sedikit di sebelah Timur dengan luas sekitar



Gambar 4. Atlas Ketersediaan Airtanah Provinsi Jawa Tengah (a); Atlas Ketersediaan Airtanah kabupaten Kebumen (b), (Atlas Ketersediaan Airtanah Indonesia, PATGL, 2020).

55%. DAS Welaran termasuk dalam klasifikasi warna kuning dalam Atlas (Pusat Airtanah & Geologi Lngkungan, 2020).

Perhitungan debit air didasarkan pada data hidrogeologi dan data geofisika dari Pusat Airtanah dan Geologi Tata Lingkungan (Effendi, 1985). Debit atasnya adalah 2 lt/detik (0,002 m³/detik), yang setara dengan 172,8 m³/hari dalam satu hari (24 jam). Namun, debit bawahnya adalah 0 lt/detik atau kering. Debit air ini merata di area kuning, termasuk di DAS Welaran, dan kualitasnya baik untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.

Perhitungan potensi airtanah di DAS Welaran berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$V = \text{Debit (m}^3\text{)} \times \text{Waktu (Tahun)} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana V = volume (m³tahun)

$$\begin{aligned} V &= (0,002 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \text{ detik} \times 24 \text{ jam} \times 30 \text{ hari}) \times 12 \text{ bulan} \\ &= 5356,8 \text{ m}^3/\text{bulan} \times 12 \text{ bulan} \\ &= 64.281,6 \text{ m}^3\text{tahun} \end{aligned}$$

Perhitungan Rasio luas DAS Welaran berbanding luas Kabupaten Kebumen berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R &= \text{luas DAS: luas Kab. Kebumen} \dots\dots\dots (4) \\ &= 1765 \text{ Ha} : 128211,5 \text{ Ha} \\ &= 1 : 72,64 \\ &= 1 : 73 \text{ (dibulatkan)} \end{aligned}$$

Potensi airtanah (ΔS) di DAS Welaran sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta S &= V \times \text{Luas DAS} \times R \dots\dots\dots (5) \\ &= 64.281,6 \text{ m}^3 \times 1765 \text{ Ha} \times 1/73 \\ &= 1.554.205,808 \text{ m}^3 \\ &= 1.554.205,81 \text{ m}^3 \text{ (dibulatkan)} \end{aligned}$$

Perhitungan Rasio Potensi Airtanah berdasarkan Atlas (PATGL, 2020) dengan Neraca Air (Mareta, drr, 2021), sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R &= \Delta S \text{ Atlas (2020): } \Delta S \text{ Neraca Air (2021)} \dots\dots\dots (6) \\ &= 1.554.205,81 \text{ m}^3\text{tahun} : 1.555.318 \text{ m}^3\text{tahun} \\ &= 0,999 \end{aligned}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

DAS Welaran sering mengalami kekurangan air, yang menyebabkan kekeringan di wilayah Utara Kebumen (Mareta, drr, 2021). Penelitian neraca air dilakukan untuk memahami kondisi hidrogeologi di area tersebut.

Setelah atlas airtanah tersedia, penulis memplot ulang DAS Welaran. Terbukti wilayah tersebut memiliki ketersediaan airtanah rendah (Gambar 4). Dari foto-foto pada Gambar 5, yang diambil oleh penulis pada tahun 2020 di beberapa sungai di DAS Welaran, Kebumen, terlihat bahwa sungai-sungai tersebut mengering saat musim kemarau (Gambar 5).



Gambar 5. Beberapa foto yang menunjukkan kondisi eksisting dari sungai-sungai di DAS Welaran Kebumen, yang masuk bagian daerah dengan ketersediaan airtanah rendah (foto diambil oleh Mareta, 2020).

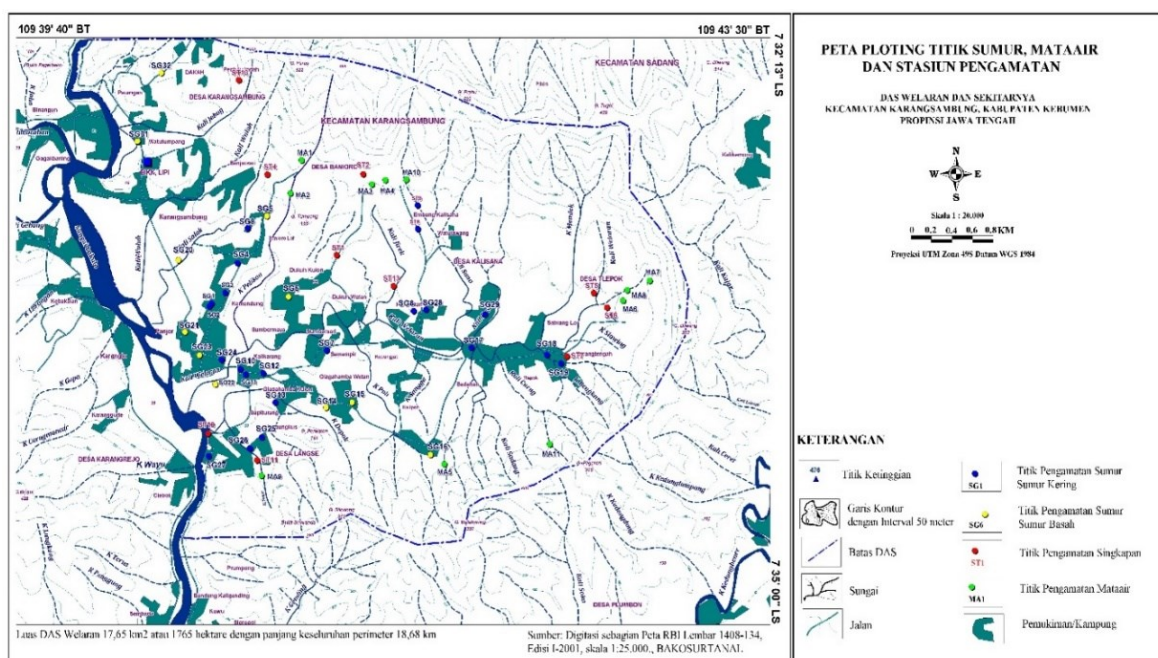
Hasil penelitian terhadap kondisi eksisting di DAS Welaran (Mareta, drr, 2021) mencatat adanya 33 sumur gali di tengah daerah penelitian. Sumur-sumur tersebut terletak di morfologi lembah DAS Welaran (Gambar 6). Secara umum, DAS Welaran merupakan airtanah bebas dengan kedalaman rata-rata sumur gali 4,52 m. Nilai pH pada sumur gali dan mataair berkisar antara 6,32 - 8,48 dengan rata-rata pH 7,3. Nilai TDS berkisar antara 29 - 438 mg/l dengan rata-rata TDS 164,21 mikroSiemens/cm.

Sebaran sumur gali dan mata air di DAS Welaran terlihat dominan di sebelah Barat dan Tengah (Gambar 6). Di bagian Barat, terdapat Sungai Lukulo yang adalah sungai periodik dengan debit air yang cukup terjaga selama musim hujan maupun musim kemarau. Di bagian tengah, terdapat Sungai Welaran dan anak-anak sungainya yang mempengaruhi ketersediaan air sumur di daerah tersebut. DAS Lukulo memiliki luas 652 km², panjang 40 km, dan memiliki potensi air permukaan sebesar 935,7 juta m³. Total air

permukaan di DAS Lukulo sekitar 1.318,67 juta m³. Daerah Utara Kabupaten Kebumen bukan termasuk cekungan airtanah (CAT), tetapi berfungsi sebagai daerah imbuhan (*recharge area*) dalam sistem hidrologi di Kebumen. Daerah imbuhan (*recharge area*) merupakan daerah yang penting untuk pengisian airtanah.

Kondisi hidrogeologi di Utara Kebumen dipengaruhi oleh litologi yang ada di sana. Litologi di bagian Utara didominasi oleh batuan Pra Tersier – Tersier dengan dominasi batulempung yang memiliki permeabilitas rendah. Karena permeabilitas rendah, air hujan lebih banyak mengalir ke permukaan dan mengisi sungai-sungai.

Kabupaten Kebumen memiliki luas 1282,115 km² (12.821,5 Ha) dengan potensi airtanah yang berwarna hijau dan kuning. Luas yang berwarna hijau sebesar 2/3 dari luas wilayah Kabupaten Kebumen, terutama di bagian Tengah sampai Selatan Kabupaten (Gambar 4). Warna hijau menunjukkan potensi airtanah sedang



Gambar 6. Peta sebaran sumur gali dan mataair di DAS Welaran (Mareta, drr, 2021).

dengan debit 2-5 liter/detik dan kualitas air yang baik. Satu per tiga lainnya berwarna kuning, termasuk DAS Welaran, yang menunjukkan potensi airtanah rendah dengan debit 0-2 liter/detik dan kualitas air yang baik. Predikat baik ini berarti dapat digunakan sebagai air baku atau sesuai dengan standar air baku.

Rasio potensi airtanah (ΔS) di DAS Welaran sebesar 0,999 berdasarkan perhitungan Atlas (PATGL, 2020) dan Neraca Air (Mareta, drr, 2021). Ini berarti perhitungan potensi airtanah antara Atlas (PATGL, 2020) dan Neraca Air (Mareta, drr, 2021) memiliki kesimpulan hasil yang sama. Pemanfaatan airtanah dengan sumur bor hanya memungkinkan di bagian Selatan Kabupaten Kebumen, karena bagian Utara tidak termasuk cekungan airtanah. Bagian Utara hanya memungkinkan pemanfaatan airtanah bebas dengan sumur gali karena kondisi geologi dan hidrogeologinya.

Pengelolaan airtanah sebaiknya dilakukan secara partisipatif dengan melibatkan masyarakat secara aktif. Peran serta masyarakat sangat penting dan perlu diperkuat serta diperluas dalam mendukung pengelolaan airtanah. Hal ini berlaku juga ketika kunjungan wisatawan ke

geopark Kebumen meningkat secara signifikan, pemerintah dan masyarakat telah siap mengantisipasi.

Menurut Rejekiingrum (2009), strategi pemanfaatan airtanah melalui tahapan perizinan, pengawasan, pengendalian, dan konservasi. Ini akan menjaga kelangsungan pemanfaatan airtanah. Tabel 3 membandingkan Atlas Ketersediaan Airtanah (PATGL, 2020) dengan Neraca Air DAS Welaran (Mareta, drr, 2021).

Berdasarkan Penelitian Atlas (PATGL, 2020) dan Neraca Air (Mareta, drr, 2021), kondisi potensi airtanah di Kabupaten Kebumen hanya sedang. Penting bagi pengambil kebijakan untuk memahami hal ini. Strategi pemanfaatan air di Kabupaten Kebumen harus lebih memanfaatkan air permukaan daripada airtanah.

KESIMPULAN

Bagian Utara Kabupaten memiliki ketersediaan airtanah rendah dengan debit kurang dari 2 liter/detik. Penelitian di DAS Welaran menunjukkan bahwa sumur-sumur gali di daerah Utara hanya terisi air saat musim hujan, sehingga merupakan airtanah dangkal dengan kedalaman tidak lebih

Tabel 3. Perbandingan Metode Atlas Ketersediaan Airtanah dan Neraca Air DAS Welaran

No	Predikat Pembanding	Atlas Ketersediaan Airtanah (PATGL, 2020)	Neraca Air DAS Welaran (Mareta, drr, 2021)
1.	Skala Peta	1:200.000	1:20.000
2.	Sifat Kajian	Lebih luas, umum	Lebih sempit, detil
3.	Metode	Kompilasi dari Peta Hidrogeologi (Effendi, 1985), peta geologi (Asikin, drr, 1992), peta topografi	Neraca Air, peta geologi, peta hidrogeologi tahun (Efendi, 1985), peta rupa bumi (Bakosurtanal, 2001)
4.	Data Hidrogeologi	Pengeboran dan Geofisika	Pengecekan kondisi sumur gali dan mataair saat musim kemarau dan musim hujan
5.	Hasil Kajian	Seluruh kabupaten Kebumen, bagian Utara dan Selatan, potensi airtanah secara kuantitatif di DAS Welaran sebesar 1.554.205,82 m ³ .	Sebagian kecil kabupaten Kebumen (1/73), termasuk bagian Utara, potensi airtanah secara kuantitatif merupakan airtanah dangkal, secara kuantitatif potensi airtanah di DAS Welaran 1.555.318 m ³ .

dari 11 meter. Penelitian lain menggunakan metode neraca air juga mengonfirmasi potensi ketersediaan airtanah yang rendah di kawasan ini. Meskipun menggunakan metode yang berbeda, perhitungan airtanah dari Neraca Air (Mareta, drr, 2021) dan Atlas (PATGL, 2020) memiliki nilai yang hampir sama.

Strategi pemanfaatan air di Kabupaten Kebumen perlu difokuskan pada penggunaan air permukaan di bagian Utara, sementara di bagian Selatan masih memungkinkan memanfaatkan airtanah tertekan. Jumlah penduduk di DAS Welaran tahun 2023 sekitar 20 ribu orang (BPS, 2022), jika diasumsikan kebutuhan air per orang sekitar 100 lt/hari, maka maksimal kebutuhan air di DAS Welaran dalam sebulan sekitar 60 ribu m³/bln, sementara ketersediaan airtanah dalam 12 bulan sekitar 1.555.318 m³/tahun atau 129.609,83 m³/bln. Cadangan air adalah 60 ribu m³/bln. Jumlah pengunjung sebaiknya 30% dari cadangan air, sehingga jumlah pengunjung ke DAS Welaran diusahakan tidak melebihi 6 ribu orang/bulan agar antara kebutuhan air dan ketersediaan air tetap seimbang dengan kondisi saat ini.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami berterima kasih kepada Kepala Pusat Riset Sumber Daya Geologi, BRIN, dan Ketua Kelompok Riset Geoheritage dan Geopark, PRSDG, BRIN atas berbagi datanya. Terima kasih juga kepada semua yang memberikan saran dan koreksi artikel ini. Kami juga berterima kasih kepada para penelaah yang memberikan

masukan konstruktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, https://www.kebumenkab.go.id/index.php/web/news_detail/2/6982, diakses pada tanggal 15/05/2023.
- Ansori, S., Raharjo, P.D., and Fariji, M.A., 2021. Mapping of Karangsambung-Karangbolong Geopark, as an Effort to Manage Geoheritage in Kebumen Regency. *The 4th Geoplanning International Conference of Geomatics and Planning*. IOP Publishing. DOI: 10.1088/1755-1315/887/1/012029.
- Ansori, C., Setiawan, N. I., Warmada, I. W., and Yogaswara, H., 2022. Identification of geodiversity and evaluation of sites to determine the geopark theme of the Karangsambung-Karangbolong National Geopark, Kebumen, Indonesia. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 10, p. 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2022.01.001>.
- Asikin, S., Harsolumakso, A.H., Busono, H., dan Gafoer, S., 1992. *Peta Geologi Lembar Banyumas.*, P3G Bandung.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Kebumen. 2022. Kabupaten Kebumen Dalam Angka, BPS. Kabupaten Kebumen. Accessed via Badan Pusat Statistik (bps.go.id).
- Effendi, A. T., 1985. *Peta Hidrogeologi Indonesia Lembar VI Pekalongan Jawa, skala 1:250.000.*, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.
- Irawan, L.Y., Arinta, D., Panoto, D., Pradana, I.H., Sulaiman, R., Nurriszqi, E., dan Prasad, R.R., 2022. Identifikasi karakteristik akuifer dan potensi air tanah dengan menggunakan

- metode geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Desa Arjosari, Kecamatan Kalipare, Kabupaten Malang. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 27 (1), p. 102-116.
- Mareta, N., Lubis, R.F., CSSSA, B.Y., and Hadian, M.S.D., 2021. Hydrogeological Identification of the Welaran watershed based on descriptive-qualitative methods. *Indonesian Journal of Geology and Mining*, 31 (1). DOI: 10.14203/risetgeotam2021.v31.1144.
- Pusat Airtanah dan Geologi Tata Lingkungan., 2020. *Atlas Ketersediaan Airtanah Indonesia*. Badan Geologi KESDM. Cetakan Pertama. ISBN: 978-602-9105-85-8.
- Rejekiningrum, P., 2009. Peluang Pemanfaatan Airtanah untuk Keberlanjutan Sumber Daya Air. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 3 (2).
- Seyhan, E., 1977. Fundamentals of Hydrology. Instituut voor Aardwetenschappen, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Shi, Z., Huo, J., Zhu, W., Ma, R., Xue, H., & Wang, Z., 2023. Comprehensive evaluation of urban development suitability based on constraints and development factors: A case study of the central urban area of Zhengzhou, China. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 0 (0). DOI: 10.1177/03091333231180805.
- Taufik, I., Purwanto, M.Y.J., Pramudya, B., dan Saptomo, S.K., 2019. Analisis Neraca Air Permukaan DAS Ciliman. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17 (3).
- Tirtomihardjo, H., 2004. *Evaluasi Potensi Air Tanah*. Materi Pendidikan, Penyuluhan, dan Bimbingan Teknik Pengelolaan Air Tanah. Direktorat Geologi Tata Lingkungan, DESDM. Bandung.