

Identifikasi Zona Potensi Air Tanah Menggunakan Metode Sistem Informasi Geografis (SIG) dan *Analytical Hierarchical Process* (AHP) di Cekungan Air Tanah (CAT) Sumbawa Besar, Provinsi Nusa Tenggara Barat

Nozzel Seagal Simanjuntak^{1,*}, Urwatul Wusqa¹, Reza Syahputra¹

¹Program Studi Geologi, Departemen Geosains, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Kota Depok, 16424, Indonesia

*Narahubung: nozzel.seagal@ui.ac.id

Abstrak

Cekungan Air Tanah (CAT) Sumbawa Besar, merupakan cekungan air tanah yang terletak di Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. Daerah ini termasuk dalam wilayah tanggap darurat bencana kekeringan di Nusa Tenggara Barat, pada musim kemarau tahun 2023, sehingga dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi zona potensi air tanah di wilayah ini. Penelitian ini menggunakan metode Sistem Informasi Geografis (SIG) dan *Analytical Hierarchical Process* (AHP). Metode SIG digunakan untuk analisis parameter menjadi bentuk peta, sedangkan metode AHP digunakan untuk menentukan tingkat kepentingan parameter serta pembobotannya. Terdapat 12 parameter yang digunakan dalam penelitian, yang dianggap mempengaruhi potensi air tanah, yakni geologi, geomorfologi, tutupan lahan, densitas kelurusan, jenis tanah, densitas drainase, kemiringan lereng, curah hujan, *Topographic Wetness Index* (TWI), *roughness*/kekasaran, *Topographic Position Index* (TPI), dan *curvature*/kelengkungan. Berdasarkan penggabungan seluruh parameter, dibuatlah peta zona potensi air tanah yang dibagi menjadi 3 kategori, yakni zona potensi air tanah rendah, mencakup sekitar 18% dari area penelitian, zona potensi air tanah sedang, mencakup sekitar 68% dari area penelitian, dan zona potensi air tanah tinggi, mencakup sekitar 14% dari area penelitian. Dari peta zona potensi air tanah, dapat disimpulkan bahwa zona potensi air tanah pada Cekungan Air Tanah Sumbawa Besar didominasi oleh zona potensi air tanah sedang, dengan sebagian kecil area berada pada zona rendah dan zona tinggi. Hasil perbandingan antara peta zona potensi air tanah dengan data lapangan menunjukkan hasil yang cukup baik, peta memiliki tingkat akurasi 78% terhadap data debit air sumur bor serta 85% terhadap luas daerah termasuk wilayah tanggap darurat bencana kekeringan.

Kata kunci: air tanah, SIG, AHP, zona potensi

1. Pendahuluan

Air tanah merupakan salah satu sumber daya alam paling vital bagi kehidupan umat manusia yang tersimpan di bawah permukaan bumi di antara perlapisan batuan dan tanah. Air tanah banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga, keperluan agrikultur, hingga skala industri (Arulbalaji et al., 2019). Lokasi penelitian berada di Cekungan Air Tanah (CAT) Sumbawa Besar, Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Wilayah tersebut merupakan salah satu daerah yang ditetapkan berstatus tanggap darurat bencana kekeringan NTB pada tahun 2023 (Akbar, 2023). Penelitian ini bertujuan untuk

mengidentifikasi zona potensi air tanah di Cekungan Air Tanah Sumbawa Besar, sehingga dapat mengetahui persebaran zona potensi air tanah di lokasi yang mengalami bencana kekeringan tersebut. Identifikasi zona potensi air tanah di lokasi tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai acuan untuk eksplorasi air tanah serta perencanaan pengolahan air tanah yang dapat menjadi langkah mitigasi bencana kekeringan.

Penelitian ini menggunakan metode Sistem Informasi Geografis (SIG) dan *Analytical Hierarchical Process* (AHP) dalam memproses berbagai sumber data dari 12 parameter yang dianggap mempengaruhi potensi air tanah

hingga akhirnya diperoleh peta zona potensi air tanah. Adapun ke-12 parameter yang mempengaruhi potensi air tanah, yang digunakan dalam penelitian ini yakni parameter geologi, geomorfologi, tutupan lahan, jenis tanah, densitas kelurusan, densitas drainase, kemiringan lereng, curah hujan, *Topographic Wetness Index* (TWI), *Topographic Position Index* (TPI), *roughness*/kekasaran, dan *curvature*/kelengkungan.

Secara umum, metode SIG digunakan untuk menganalisis parameter yang mempengaruhi potensi air tanah menjadi bentuk peta yang memuat informasi geografis, sedangkan metode AHP digunakan untuk menggabungkan parameter dengan cara memberikan peringkat kepentingan serta bobotnya. Metode SIG dan AHP ini digunakan selain karena keterbatasan dalam penelitian ini (tidak dilakukan kegiatan validasi data di lapangan), juga karena kedua metode ini terbukti mampu mengolah dan menggabungkan beberapa parameter yang mempengaruhi zona potensi air tanah, sehingga dapat diperoleh hasil berupa peta

zona potensi air tanah (Mukherjee & Singh, 2020).

Selain karena faktor yang telah dijelaskan mengenai keunggulan metode SIG dan AHP dalam mengidentifikasi zona potensi air tanah, penelitian ini juga penting untuk menutupi kurangnya penelitian serupa di lokasi penelitian, bahkan dapat menjadi acuan bagi penelitian lanjutan. Sejauh ini hanya terdapat beberapa penelitian menentukan zona potensi air tanah di lokasi penelitian, itu pun tidak mencakup area seluas pada penelitian ini, serta tidak menggunakan metode yang sama. Metode serupa sebenarnya telah dilakukan sebelumnya di beberapa tempat di Indonesia, seperti pada penelitian oleh Nugroho (2022), Razi (2024), dan Putranto (2024) – selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1, tetapi tidak menggunakan 12 parameter seperti pada penelitian ini. Pada akhirnya, penelitian ini menggunakan 12 parameter yang mengacu pada penelitian oleh Arulbalaji et al. (2019) dan Mukherjee & Singh, (2020), karena hasil akurasi peta zona potensi air tanah yang tinggi terhadap kondisi sebenarnya.

Tabel 1. Parameter dan sumber data yang digunakan

Parameter	Sumber Data	Diperoleh dari
Geologi	Peta Geologi Lembar Sumbawa Skala 1:250.000 Tahun 2012	Pusat Survei Geologi KESDM
Geomorfologi	Peta Geomorfologi Inderaan Jauh Indonesia Skala 1:5.000.000 Tahun 2012	Pusat Survei Geologi KESDM
Tutupan Lahan	Peta Penutupan Lahan Indonesia Tahun 2022	Kementerian Lingkungan Hidup & Kehutanan
Jenis Tanah	Peta Tanah Semi Detail Kabupaten Sumbawa Skala 1:50.000 Tahun 2016	BBPSI SLDP Kementerian Pertanian
Curah Hujan	Data Rata-Rata Curah Hujan Harian Pulau Sumbawa Periode 2018-2023	<i>Global Precipitation Measurement</i> (GPM) NASA
Densitas Drainase	Data Sungai Kabupaten Sumbawa dari Peta Rupabumi Indonesia (RBI)	Badan Informasi Geospasial
Densitas Kelurusan	<i>Digital Elevation Model</i> (DEM) Resolusi 30 m	Badan Informasi Geospasial
Kemiringan Lereng		
TWI		
TPI		
Kekasaran		
Kelengkungan		

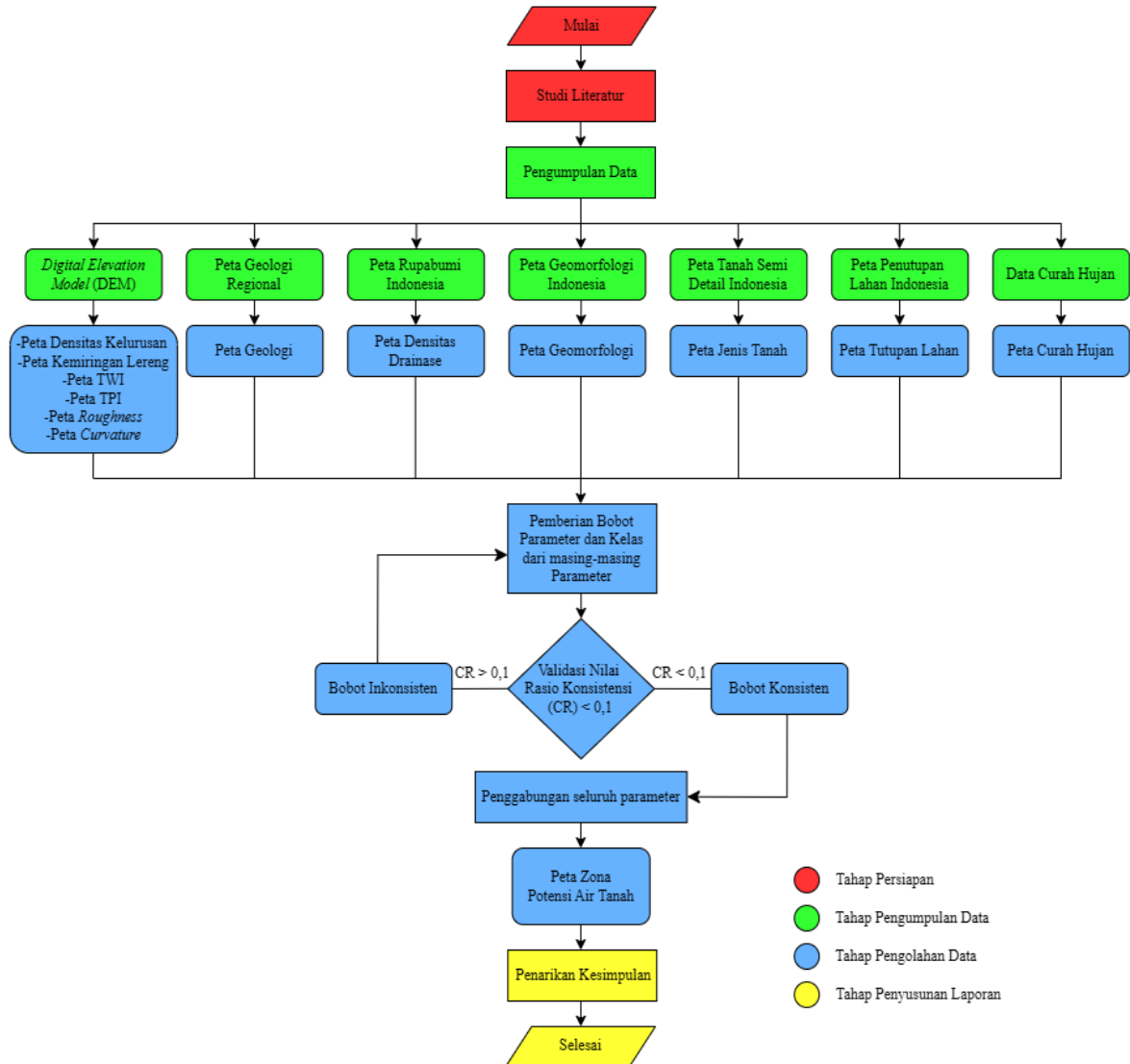
2. Data dan Metode

Secara umum, terdapat beberapa tahapan penelitian ini seperti yang dapat dilihat pada diagram alir penelitian (Gambar 1). Tahapan pertama penelitian ini dimulai dari tahap persiapan (ditandai warna merah pada diagram

alir), merupakan proses studi literatur, yakni mempelajari fakta ilmiah kondisi lokasi penelitian, dasar-dasar hidrogeologi dan faktor-faktor yang mempengaruhi potensi air tanah, hingga penelitian sebelumnya menggunakan metode sejenis. Tahap kedua yakni tahap

pengumpulan data (ditandai warna hijau pada diagram alir). Data yang digunakan dalam penelitian ini menyesuaikan dengan kebutuhan

pengolahan data untuk pembuatan peta dari 12 parameter yang mempengaruhi potensi air tanah.



Gambar 1. Diagram alir metodologi identifikasi zona potensi air tanah

Setelah sumber data tersebut dikumpulkan, selanjutnya masuk ke tahap ketiga yakni pengolahan data (ditandai warna biru pada diagram alir). Pada tahap pengolahan data, metode SIG digunakan untuk membuat peta tematik 12 parameter dari data yang telah dikumpulkan sebelumnya, serta penggabungan/overlay dari ke-12 peta parameter tersebut menjadi sebuah peta zona

potensi air tanah. Metode SIG ini digunakan karena sifatnya yang cepat dalam pemrosesan datanya, efisien dalam biayanya karena cenderung murah, serta hasilnya yang cukup dapat diandalkan sebagai bahan studi awal untuk studi lanjutan yang lebih mendalam (Arulbalaji et al., 2019).

Setelah itu, tahap pengolahan data akan menggunakan metode AHP untuk

membobotkan parameter serta kelas dari parameter yang nantinya digunakan dalam proses penggabungan/*overlay* 12 peta parameter. Dalam proses penggabungan peta parameter, akan dimasukkan nilai tertentu yang melambangkan tingkat kepentingan suatu parameter terhadap hasil akhirnya, dalam penelitian ini yakni terhadap zona potensi air tanah. Disinilah peran metode AHP yang dapat memecahkan permasalahan yang melibatkan beberapa parameter sekaligus yang mempengaruhi hasil akhir. Parameter yang mempengaruhi hasil tersebut akan disusun secara hierarkis sesuai dengan parameter yang lebih mempengaruhi hasil akhir dibanding parameter lainnya (Saranya & Saravanan, 2020). Ada beberapa tahapan membuat keputusan menggunakan metode AHP (Saaty, 2008), yakni:

1. Menentukan letak permasalahannya dan ilmu yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah tersebut
2. Mengurutkan parameter yang menjadi tujuan dalam suatu urutan hierarki kepentingan, dari yang paling atas hingga paling bawah

3. Membobotkan parameter serta sub-parameter/kelas, dengan rentang 1-9 dalam Skala Saaty (Tabel 2).
4. Membuat matriks perbandingan berpasangan/*pairwise comparison matrix* untuk memperoleh nilai normalisasi bobot (Tabel 3).
5. Analisis Rasio Konsistensi (CR), dengan rumus sebagai berikut:

$$CR = \frac{CI}{RCI}$$

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)}$$

λ_{max} = nilai eigen maksimum

n = jumlah parameter

apabila nilai Rasio Konsistensi (CR) tidak lebih besar dari 0,1 maka pembobotan parameter dapat dikatakan konsisten. Berlaku juga sebaliknya, apabila nilai CR lebih besar dari 0,1 maka pembobotan parameter dianggap inkonsisten dan harus diulangi hingga menemukan angka yang konsisten (Saaty, 2008).

Tabel 2. Skala tingkat kepentingan Saaty (Saaty, 2008)

<i>Intensity of Importance</i>	<i>Definition</i>	<i>Explanation</i>
1	Equal Importance	Two activities contribute equally to the objective
2	Weak or slight	
3	Moderate importance	Experience and judgement slightly favour one activity over another
4	Moderate plus	
5	Strong importance	Experience and judgement strongly favour one activity over another
6	Strong plus	
7	Very strong or demonstrated importance	An activity is favoured very strongly over another; its dominance demonstrated in practice
8	Very, very strong	
9	Extreme importance	The evidence favouring one activity over another is of the highest possible order of affirmation

Tabel 3. Tabel matriks perbandingan berpasangan serta normalisasi bobot parameter

Parameter	Bobot	Geologi	Geo-morfologi	Tutupan Lahan	Densitas Kelurusan	Jenis Tanah	Densitas Drainase	Kemiringan Lereng	Curah Hujan	TWI	Kekasaran	TPI	Kelengkungan	Normalisasi i Bobot	Nilai CR
Geologi	8	8/8	8/7	8/6	8/6	8/6	8/5	8/5	8/4	8/4	8/3	8/3	8/3	0.1589	0.0218
Geomorfologi	7	7/8	7/7	7/6	7/6	7/6	7/5	7/5	7/4	7/4	7/3	7/3	7/3	0.1411	
Tutupan Lahan	6	6/8	6/7	6/6	6/6	6/6	6/5	6/5	6/4	6/4	6/3	6/3	6/3	0.1009	
Densitas Kelurusan	6	6/8	6/7	6/6	6/6	6/6	6/5	6/5	6/4	6/4	6/3	6/3	6/3	0.1009	
Jenis Tanah	6	6/8	6/7	6/6	6/6	6/6	6/5	6/5	6/4	6/4	6/3	6/3	6/3	0.1009	
Densitas Drainase	5	5/8	5/7	5/6	5/6	5/6	5/5	5/5	5/4	5/4	5/3	5/3	5/3	0.0763	
Kemiringan Lereng	5	5/8	5/7	5/6	5/6	5/6	5/5	5/5	5/4	5/4	5/3	5/3	5/3	0.0763	
Curah Hujan	4	4/8	4/7	4/6	4/6	4/6	4/5	4/5	4/4	4/4	4/3	4/3	4/3	0.0604	
TWI	4	4/8	4/7	4/6	4/6	4/6	4/5	4/5	4/4	4/4	4/3	4/3	4/3	0.0604	
Kekasaran	3	3/8	3/7	3/6	3/6	3/6	3/5	3/5	3/4	3/4	3/3	3/3	3/3	0.0414	
TPI	3	3/8	3/7	3/6	3/6	3/6	3/5	3/5	3/4	3/4	3/3	3/3	3/3	0.0414	
Kelengkungan	3	3/8	3/7	3/6	3/6	3/6	3/5	3/5	3/4	3/4	3/3	3/3	3/3	0.0414	

Ada beberapa keuntungan dari metode AHP, seperti membuat permasalahan kompleks menjadi lebih sederhana, dapat digunakan pada parameter yang tidak memiliki hubungan linear, hingga mampu mengakomodasi perhitungan yang melibatkan banyak faktor dengan baik karena faktor-faktor tersebut terlebih dahulu diurutkan berdasarkan prioritas kepentingannya. Namun, metode AHP ini juga memiliki kelemahan seperti proses pembobotan parameternya sangat bersifat subjektif tergantung peneliti, sehingga pengalaman dan eksperimen sebelumnya dari peneliti harus dapat dipertanggungjawabkan (Supriyadi et al., 2018).

Pembobotan parameter dalam penelitian ini mengacu pada studi literatur yang telah dilakukan pada tahap pertama penelitian, tepatnya studi literatur mengenai hubungan zona potensi air tanah dengan parameter yang dipakai, serta tetap mempertimbangkan hasil dari penelitian sebelumnya (Tabel 4) untuk mengurangi subjektivitas peneliti dalam pembobotan parameternya. Setelah tahap pengolahan data, terakhir ada tahap penyusunan laporan (ditandai warna kuning pada diagram alir) yang didalamnya termasuk penarikan kesimpulan berdasarkan perbandingan antara zona potensi air tanah hasil penelitian ini dengan data lapangan.

Tabel 4. Tabel bobot parameter, kelas serta bobot dari masing-masing parameter, serta normalisasi bobot

Parameter	Bobot	Kelas	Bobot	Normalisasi Bobot	Nilai CR
Geologi	8	Aluvium Pantai	8	0.435	0.0172
		Terumbu Karang	6	0.286	
		Batu lempung Tufan	4	0.182	
		Brekisi Andesit - Basal	2	0.097	
Geomorfologi	7	Dataran Aluvial	7	0.558	0.0176
		Endapan Piroklastik	5	0.320	
		Kerucut Gunungapi	2	0.122	
Tutupan Lahan	6	Peraliran	9	0.350	0.0099
		Hutan	8	0.243	
		Belukar	6	0.174	
		Lahan Pertanian	4	0.112	
		Tanah Terbuka	2	0.060	
		Permukiman	2	0.060	
Densitas Kelurusan	6	Sangat Rendah	1	0.064	0.0150
		Rendah	2	0.117	
		Sedang	3	0.183	
		Tinggi	4	0.257	
		Sangat Tinggi	5	0.380	
Jenis Tanah	6	Aluvial Gleik	2	0.049	0.0255
		Gleisol Eutrik	3	0.074	
		Kambisol Litik	4	0.102	
		Aluvial Eutrik	5	0.132	
		Kambisol Eutrik	6	0.162	
		Regosol Eutrik	7	0.216	
Densitas Drainase	5	Litosol	8	0.265	0.0150
		Sangat Rendah	5	0.380	
		Rendah	4	0.257	
		Sedang	3	0.183	
		Tinggi	2	0.117	
Kemiringan Lereng	5	Sangat Tinggi	1	0.064	0.0150
		Datar	5	0.380	
		Rendah	4	0.257	
		Sedang	3	0.183	
		Curam	2	0.117	
Curah Hujan	4	Sangat Curam	1	0.064	0.0291
		Sangat Rendah	2	0.086	
		Rendah	3	0.136	
		Sedang	4	0.180	
		Tinggi	5	0.257	
TWI	4	Sangat Tinggi	6	0.340	0.0291
		Sangat Rendah	2	0.086	
		Rendah	3	0.136	
		Sedang	4	0.180	
		Tinggi	5	0.257	
Kekasaran	3	Sangat Tinggi	6	0.340	0.0291
		Sangat Rendah	2	0.086	
		Rendah	3	0.136	
		Sedang	4	0.180	
		Tinggi	5	0.257	
TPI	3	Sangat Tinggi	6	0.340	0.0291
		Sangat Rendah	2	0.086	
		Rendah	3	0.136	
		Sedang	4	0.180	
		Tinggi	5	0.257	
Kelengkungan	3	Sangat Tinggi	6	0.340	0.0291
		Sangat Rendah	2	0.086	
		Rendah	3	0.136	
		Sedang	4	0.180	
		Tinggi	5	0.257	

3. Hasil dan Pembahasan

Parameter Geologi

Geologi, oleh karena akuifer yang menyimpan air tanah tersusun dari lapisan

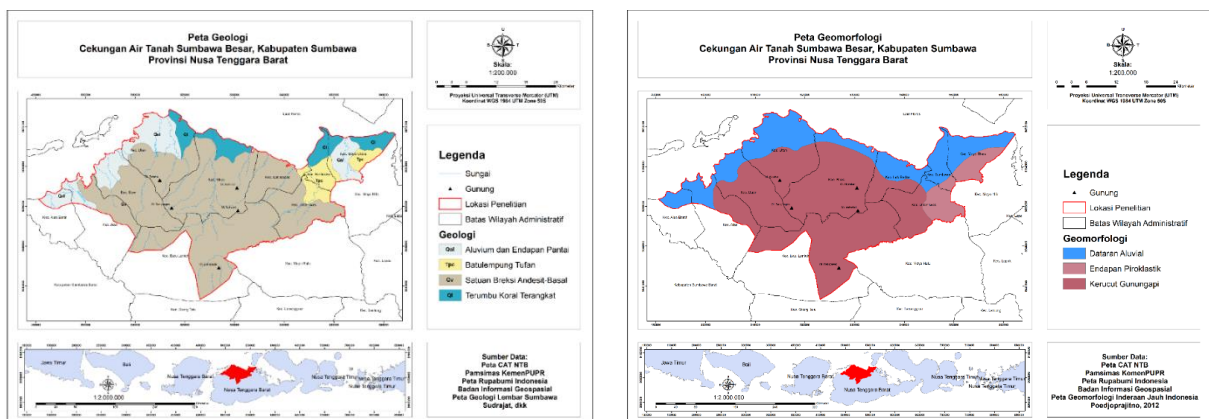
batuan dengan sifat tertentu, merupakan parameter yang paling mempengaruhi potensi air tanah. Sifat batuan yang paling krusial dalam menentukan baik tidaknya potensi air tanah adalah porositas dan permeabilitas, yakni tingkat ruang kosong/pori dalam batuan serta kemampuan batuan mengalirkan fluida melalui area didalamnya.

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Sumbawa, terdapat 4 kelompok batuan yang menyusun lokasi penelitian. Keempat kelompok batuan tersebut yakni, aluvium dan endapan pantai (bobot 8), terumbu koral terangkat (bobot 6), batulempung tufan (bobot 4), dan breksi andesit-basal (bobot 2).

Parameter Geomorfologi

Geomorfologi merupakan parameter yang mengidentifikasi jenis bentuk lahan di permukaan bumi. Geomorfologi mempengaruhi potensi air tanah melalui bentuk lahan berupa perairan, seperti sungai, dataran banjir, dan delta (Saranya & Saravanan, 2020) yang berpotensi menjadi zona imbuhan.

Berdasarkan Peta Geomorfologi Inderaan Jauh Indonesia, terdapat 3 satuan geomorfologi pada lokasi penelitian. Ketiganya yakni kerucut gunungapi (bobot 2), endapan piroklastik (bobot 5), dan dataran aluvial (bobot 7).



Gambar 3. Peta geologi (kiri) dan peta geomorfologi (kanan) lokasi penelitian

Parameter Tutupan Lahan

Tutupan lahan merupakan parameter yang penting dalam mempengaruhi potensi air tanah karena banyaknya variasi tipe tutupan lahan yang baik maupun tidak untuk infiltrasi air (Kresic, 2006). Sebagai contoh, lahan yang tertutup oleh vegetasi tentu memiliki potensi infiltrasi air tanah yang lebih baik karena materi organik dapat meningkatkan porositas dan permeabilitas tanah, sedangkan lahan terbangun justru memblokir tanah sehingga air tanah sulit terinfiltrasi.

Berdasarkan Peta Penutupan Lahan Indonesia Tahun 2022 oleh Kementerian LHK,

daerah penelitian dikelompokkan menjadi 6 kelompok tutupan lahan. Keenam kelompok tersebut yakni perairan (bobot 9), hutan (bobot 8), belukar (bobot 6), lahan pertanian (bobot 4), serta tanah terbuka dan permukiman (bobot 2).

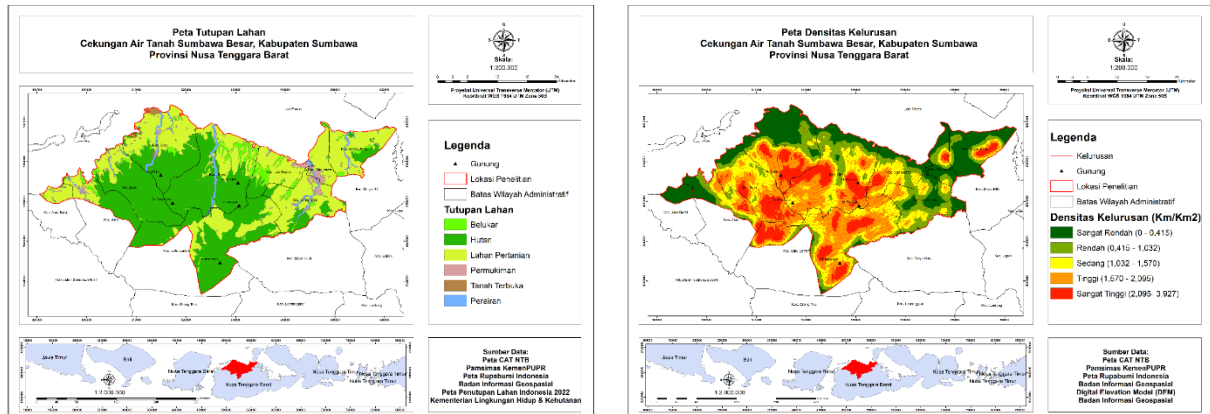
Parameter Densitas Kelurusan

Kelurusan merupakan topografi berupa garis lurus di permukaan yang dapat merepresentasikan struktur geologi seperti sesar, kekar, hingga rekahan (Mukherjee & Singh, 2020), sehingga densitas kelurusan berarti tingkat kepadatan struktur geologi

berupa garis lurus dalam suatu satuan luas. Densitas kelurusan mempengaruhi potensi air tanah melalui aktivitas struktur geologi yang akan mempengaruhi tingkat porositas dan permeabilitas batuan.

Pada peta densitas kelurusan, dapat dilihat bahwa densitas kelurusan dikategorikan dalam

5 kelas, mulai dari sangat rendah dengan densitas $<0,42 \text{ km/km}^2$ (bobot 1), rendah $0,42-1,03 \text{ km/km}^2$ (bobot 2), sedang $1,03-1,57 \text{ km/km}^2$ (bobot 3), tinggi $1,57-2,09 \text{ km/km}^2$ (bobot 4), serta sangat tinggi $2,09-3,92 \text{ km/km}^2$ (bobot 5).



Gambar 4. Peta tutupan lahan (kiri) dan peta densitas kelurusan (kanan) lokasi penelitian

Parameter Jenis Tanah

Jenis tanah merupakan parameter yang mempengaruhi potensi air tanah karena perannya sebagai media air dari permukaan merembes ke bawah permukaan. Sifat penting dari tanah yang mempengaruhi hal tersebut yakni tekstur tanah, karena tekstur sangat menentukan sifat porositas, permeabilitas, adhesif, serta konsistensi tanah (Senapati & Das, 2022). Semakin halus tekstur tanah, maka semakin rendah kapasitas infiltrasi air karena sifat porositas dan permeabilitas tanah semakin memburuk, dan semakin kasar tekstur tanah, maka semakin tinggi kapasitas infiltrasi karena sifat porositas dan permeabilitas tanah semakin meningkat.

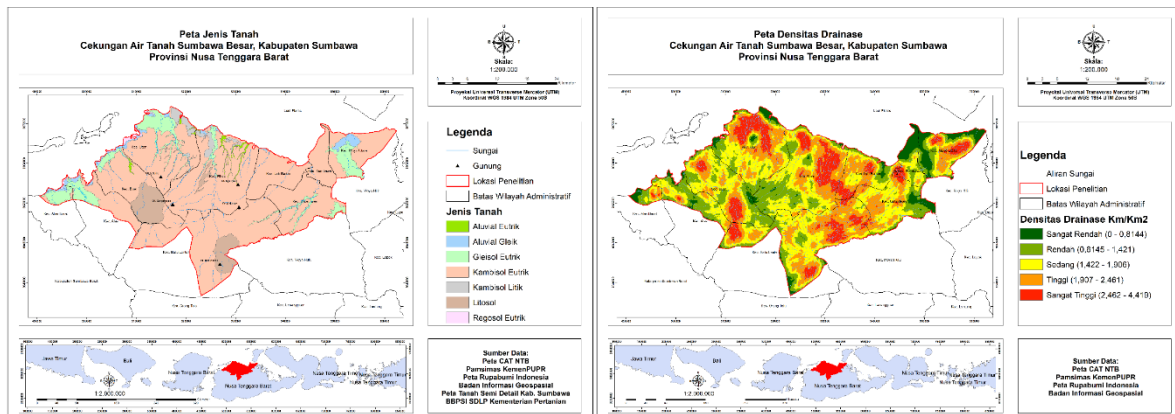
Berdasarkan Peta Tanah Semi Detail Kabupaten Sumbawa oleh BBPSI SDLP Kementerian Pertanian, terdapat 7 jenis tanah pada lokasi penelitian. Ketujuh jenis tanah tersebut adalah Litosol (bobot 8), Regosol Eutrik (bobot 7), Kambisol Eutrik (bobot 6),

Aluvial Eutrik (bobot 5), Kambisol Litik (bobot 4), Gleisol Eutrik (bobot 3), dan Aluvial Gleik (bobot 2).

Parameter Densitas Drainase

Densitas drainase merupakan parameter yang menjelaskan kerapatan drainase, yakni panjang sungai pada suatu area dibagi dengan luas areanya. Semakin rendah densitas drainase, semakin sedikit aliran sungai pada suatu luas area tertentu, maka akan menyebabkan air limpasan di permukaan semakin sedikit dan imbuhan air tanah semakin besar, sehingga laju infiltrasi air tanah menjadi lebih besar, serta potensi air tanah semakin baik.

Pada peta densitas drainase, diketahui bahwa densitas drainase dikategorikan dalam 5 kelas, mulai dari sangat rendah dengan densitas $<0,8 \text{ km/km}^2$ (bobot 5), rendah $0,8-1,42 \text{ km/km}^2$ (bobot 4), sedang $1,42-1,9 \text{ km/km}^2$ (bobot 3), tinggi $1,9-2,45 \text{ km/km}^2$ (bobot 2), serta sangat tinggi $2,45-4,42 \text{ km/km}^2$ (bobot 1).



Gambar 5. Peta jenis tanah (kiri) dan peta densitas drainase (kanan) lokasi penelitian

Parameter Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng merupakan parameter yang mempengaruhi potensi air tanah, melalui faktor tingkat kecuraman lereng. Semakin curam kemiringan lereng, maka air permukaan akan terus mengalir ke bawah tanpa terlebih dahulu terinfiltrasi, sehingga waktu penetrasi air semakin sedikit. Semakin landai kemiringan lereng, maka air permukaan akan diam untuk beberapa waktu di permukaan, sehingga terdapat waktu yang cukup untuk air terpenetrasi ke dalam (Nugroho et al, 2022).

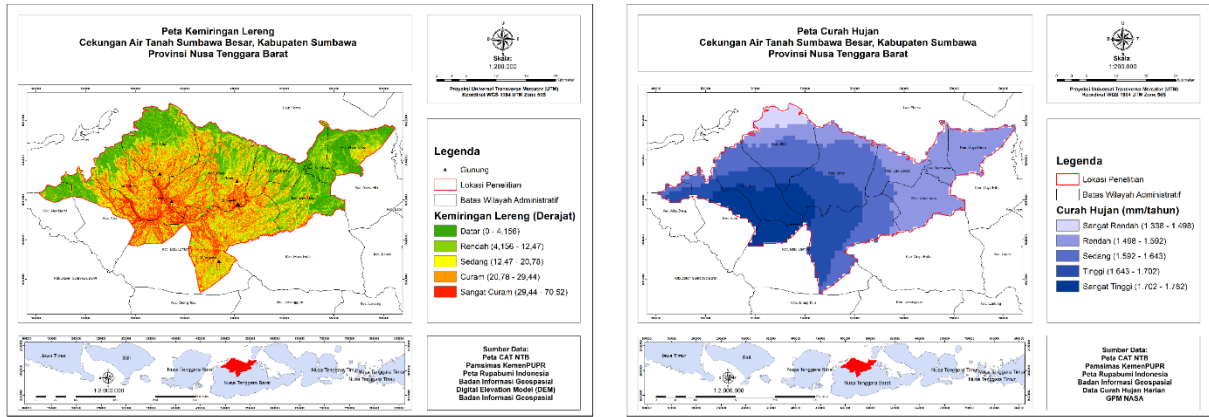
Peta Kemiringan lereng dibagi menjadi 5 kelas. Kelima kelas tersebut yakni datar, rendah, sedang, curam, serta sangat curam. Kemiringan lereng datar $<4,2^\circ$ (bobot 5), kemiringan lereng rendah $4,2^\circ$ - $12,5^\circ$ (bobot 4), kemiringan lereng sedang $12,5^\circ$ - $20,8^\circ$ (bobot 3), kemiringan lereng curam $20,8^\circ$ - 30° (bobot 2), dan kemiringan lereng sangat curam $>30^\circ$ (bobot 1).

Parameter Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu komponen yang penting dalam siklus hidrologi sebagai sumber datangnya air bagi sumber air permukaan serta bagi zona imbuhan air tanah (Mukherjee & Singh, 2020). Curah hujan

menjadi parameter yang mempengaruhi potensi air tanah karena perannya sebagai penyedia air bagi sumber air tanah. Semakin tinggi curah hujan, maka semakin besar potensi air tanah tersimpan karena semakin besar volume air yang tersedia untuk terinfiltrasi lewat tanah (Saranya & Saravanan, 2020).

Pada peta curah hujan, dapat dilihat bahwa curah hujan pada lokasi penelitian berada dalam kisaran 1338-1782 mm/tahun. Data curah hujan dibagi menjadi 5 kelas, mulai dari sangat rendah dengan curah hujan 1338-1498 mm/tahun (bobot 2), rendah 1498-1592 mm/tahun (bobot 3), sedang 1592-1643 mm/tahun (bobot 4), tinggi 1643-1702 mm/tahun (bobot 5), dan sangat tinggi 1702-1782 mm/tahun (bobot 6).



Gambar 6. Peta kemiringan lereng (kiri) dan peta curah hujan (kanan) lokasi penelitian

Parameter TWI

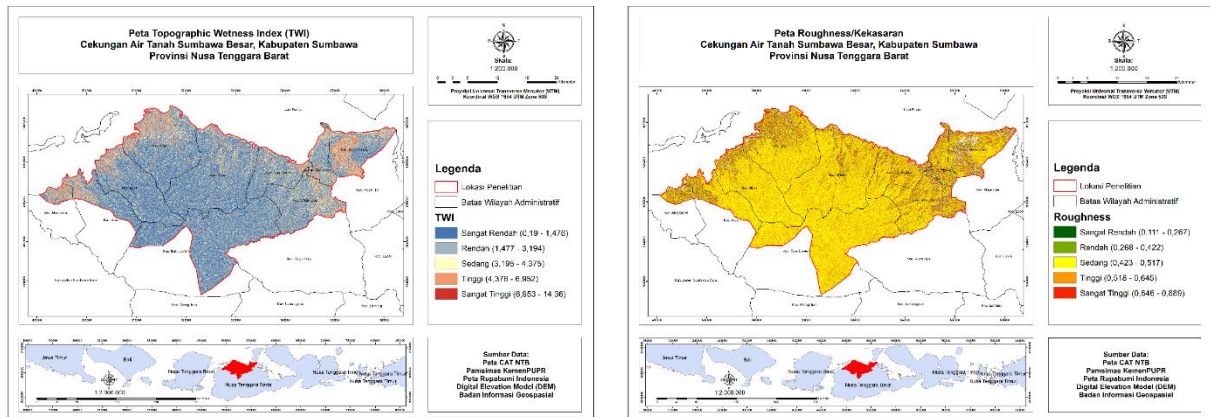
Topographic Wetness Index atau TWI merupakan model untuk memprediksi tingkat kelembaban tanah berdasarkan pendekatan terhadap topografi. TWI memiliki tiga komponen, yakni daerah tangkapan air/*total catchment area*, lebar aliran, dan kemiringan lereng. Dari pendekatan topografi dengan ketiga komponen tersebut, tingkat kelembaban tanah dapat diprediksi yang tentunya mempengaruhi proses infiltrasi air ke dalam permukaan (Kopecký et al., 2021). Pengaruh TWI terhadap potensi air tanah yakni, semakin besar nilai TWI maka mengindikasikan kelembaban tanah semakin tinggi, sehingga laju infiltrasi air ke dalam tanah akan semakin besar, dan semakin kecil nilai TWI, maka laju infiltrasi air juga semakin kecil (Mukherjee & Singh, 2020).

Peta TWI membagi indeks kelembaban topografi menjadi 5 kelas, yakni sangat rendah (0,19-1,47 dengan bobot 2), rendah (1,47-3,15 dengan bobot 3), sedang (3,15-4,375 dengan bobot 4), tinggi (4,375-6,9 dengan bobot 5), dan sangat tinggi (6,9-14,36 dengan bobot 6).

Parameter Kekasaran

Roughness atau kekasaran merupakan parameter yang menggambarkan tingkat kekasaran relief permukaan bumi, yakni seberapa bergelombang topografi di suatu wilayah. Semakin besar nilai *roughness*, maka semakin bergelombang topografinya, dan begitu pula sebaliknya, semakin kecil nilai *roughness*, maka semakin datar topografi (Arulbalaji et al, 2019). Pengaruh kekasaran terhadap potensi air tanah yakni, nilai kekasaran yang tinggi akan menyebabkan semakin besar air limpasan dan semakin kecil air meresap ke dalam permukaan, sehingga potensi air tanah semakin berkurang (Mukherjee & Singh, 2020).

Peta *roughness* atau kekasaran membagi tingkat kekasaran topografi pada lokasi penelitian menjadi 5 kelas, yakni sangat rendah (0,111-0,267 dengan bobot 2), rendah (0,268-0,422 dengan bobot 3), sedang (0,423-0,517 dengan bobot 4), tinggi (0,518-0,645 dengan bobot 5), dan sangat tinggi (0,546-0,889 dengan bobot 6).



Gambar 7. Peta TWI (kiri) dan peta kekasaran (kanan) lokasi penelitian

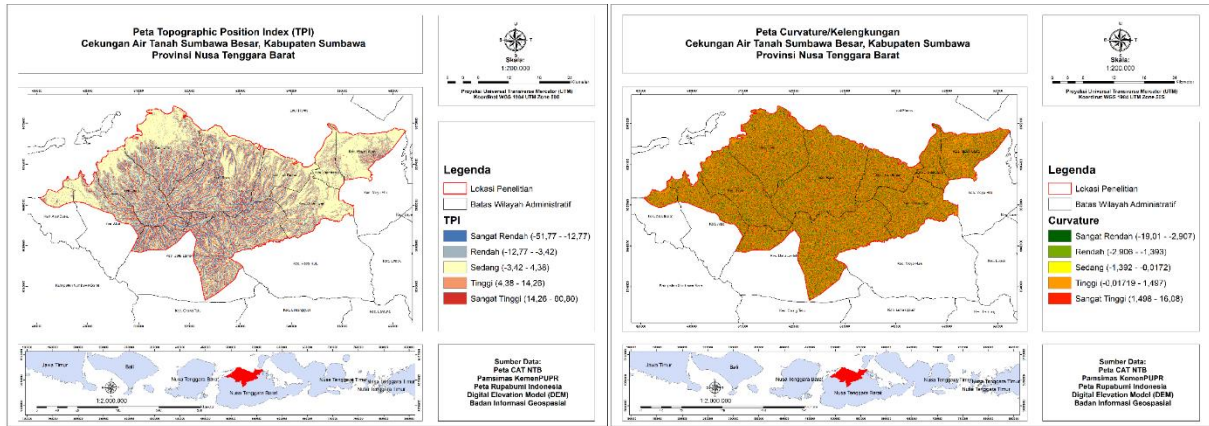
Parameter TPI

Topographic Position Index atau TPI merupakan parameter yang mengukur posisi relatif topografi dari suatu titik pusat terhadap elevasi rata-rata di sekitar titik pusat tersebut. Ini berarti ada tiga kemungkinan posisi topografi suatu titik pusat terhadap posisi sekitar, yakni titik pusat lebih rendah dari sekitar/bagian bawah lereng, titik pusat lebih tinggi dari sekitar/bagian atas lereng, dan titik pusat pada area datar/*flat* yakni pada bagian tengah lereng (De Reu et al., 2013). Pengaruh TPI terhadap potensi air tanah yakni, semakin tinggi nilai TPI berarti semakin tinggi topografinya, sehingga potensi air tanah lebih kecil, karena besarnya air limpasan permukaan serta kecilnya infiltrasi air ke dalam permukaan. Semakin rendah nilai TPI berarti semakin rendah topografinya, sehingga potensi air tanah akan lebih besar karena kesempatan air meresap ke dalam tanah lebih besar (Mukherjee & Singh, 2020).

Peta TPI membagi lokasi penelitian menjadi 5 kelas, yakni sangat rendah (-51,77- -12,77 dengan bobot 6), rendah (-12,77- -3,42 dengan bobot 5), sedang (-3,42 - 4,38 dengan bobot 4), tinggi (4,38-14,26 dengan bobot 3), dan sangat tinggi (14,26-80,80 dengan bobot 2).

Parameter Kelengkungan

Curvature atau kelengkungan merupakan parameter yang menggambarkan bentuk kelengkungan dari permukaan. *Curvature* dapat berupa bentuk cekung yang bernilai positif, bentuk cembung yang bernilai negatif, serta bentuk datar yang bernilai 0. Pengaruh kelengkungan terhadap potensi air tanah yakni, semakin positif nilai *curvature*, maka semakin besar potensi air tanah. Peta kelengkungan membagi lokasi penelitian menjadi 5 kelas, mulai dari sangat rendah (bobot 6) hingga sangat tinggi (bobot 2).



Gambar 8. Peta TPI (kiri) dan peta kelengkungan (kanan) lokasi penelitian

Peta Zona Potensi Air Tanah

Peta zona potensi air tanah pada Cekungan Air Tanah Sumbawa Besar dihasilkan dengan menggabungkan kedua belas parameter yang mempengaruhi potensi air tanah, yang telah melewati proses pengurutan tingkat kepentingan parameter, pembobotan parameter dan kelas parameter, serta pembuatan peta tematik dari masing-masing parameter tersebut. Selanjutnya zona potensi air tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$GPZ = \sum_{i=1}^n (W_i \times R_i)$$

$GPZ = \text{Potensi air tanah}$

$W_i = \text{Bobot setiap parameter}$

$R_i = \text{Nilai kelas dari tiap parameter}$

Dari peta zona potensi air tanah Cekungan Air Tanah Sumbawa Besar yang telah dihasilkan, diketahui bahwa zona potensi air tanah terbagi menjadi tiga kelas, yakni rendah, sedang, dan tinggi. Lokasi penelitian didominasi oleh zona sedang dengan luas area 735 km² (68% dari total luas lokasi penelitian), tersebar di area tengah hingga ke arah utara-selatan-timur. Kemudian terdapat zona rendah dan zona tinggi yang masing-masing memiliki luas area 184 km² (18% dari total luas lokasi penelitian) dan 150 km² (14% dari total luas

lokasi penelitian). Untuk zona rendah berada pada area tengah dan timur, sedangkan zona tinggi tersebar di area pesisir barat laut dan timur laut lokasi penelitian.

Selanjutnya, dilakukan perbandingan antara data kuantitas air tanah dengan peta potensi air tanah yang telah dibuat. Peta zona potensi air tanah Sumbawa Besar dibandingkan secara spasial dengan lokasi titik sumur bor dan area desa terdampak kekeringan. Data titik sumur bor bersumber dari laman Kementerian Pekerjaan Umum, sedangkan data daftar desa terdampak kekeringan Kabupaten Sumbawa 2023 yang ditetapkan status tanggap darurat bersumber dari BPBD setempat.

Dari data titik sumur bor digunakan data debit air sumur bor, dengan pembagian debit sumur mengacu pada klasifikasi oleh Mukherjee & Singh, 2020. Terdapat tiga kategori debit sumur, yakni rendah berarti debit di bawah 10,8 m³/jam, sedang berarti debit sekitar 10,8 hingga 21,6 m³/jam, dan tinggi berarti debit lebih dari 21,6 m³/jam.

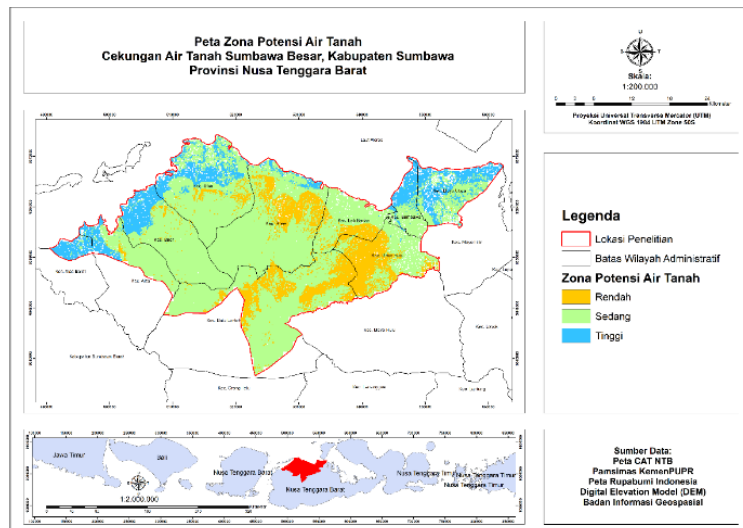
Berdasarkan perbandingan spasial antara debit sumur dengan peta zona potensi air tanah, diketahui bahwa 53 dari 68 titik sumur bor sesuai tingkat debit sumurnya dengan zona potensi pada peta, berarti sekitar 78% titik

sesuai dengan zona potensi air tanah hasil penelitian ini.

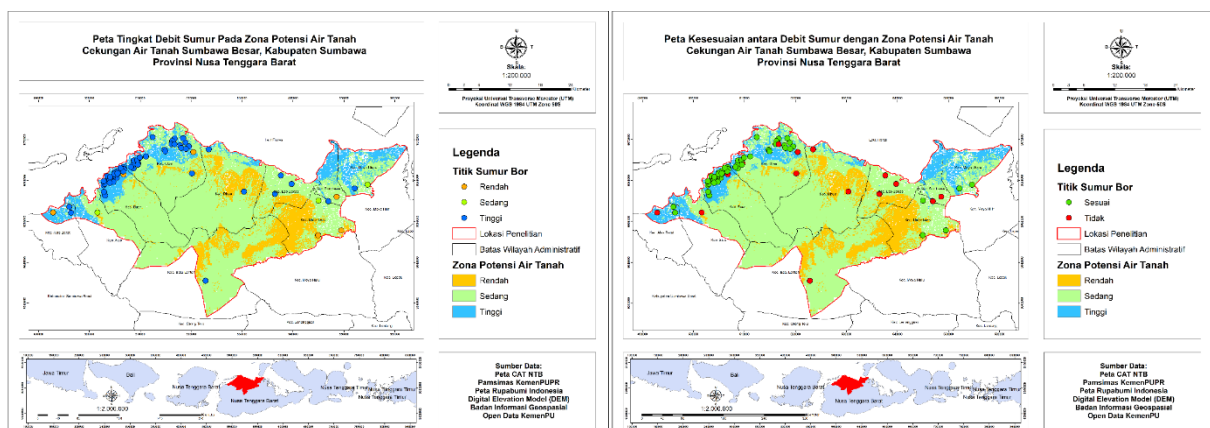
Untuk data desa terdampak bencana kekeringan yang ditetapkan sebagai desa dengan status tanggap darurat, terdapat 8 desa yang termasuk dalam lokasi penelitian. Desa yang dimaksud yakni Desa Mapin Beru, Mapin Kebak, Labuhan Bajo, Labuhan Badas, Labuhan Sumbawa, Pelat, Kelungkung, dan Baru Tahan.

Berdasarkan perbandingan spasial antara desa terdampak kekeringan dengan peta zona

potensi air tanah, diketahui bahwa 3 dari 8 desa sesuai dengan peta zona potensi air tanah, tepatnya berada pada zona potensi rendah. Ketiga desa tersebut adalah Desa Labuhan Badas, Pelat, dan Kelungkung. Ketiga desa tersebut menempati luas area sekitar 90 km² atau sekitar 85% dari total luas 8 desa terdampak bencana kekeringan di lokasi penelitian.



Gambar 9. Peta zona potensi air tanah lokasi penelitian



Gambar 10. Peta persebaran titik sumur (kiri) dan peta kesesuaian debit sumur dengan peta zona potensi air tanah (kanan)

Urutan Tingkat Kepentingan Parameter

Sejatinya, pengurutan tingkat kepentingan parameter dan kelasnya menggunakan metode

AHP sangat mengandalkan pengalaman dan eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya oleh peneliti (Tabel 4).

Tabel 4. Perbandingan urutan parameter dari beberapa penelitian

Penelitian/Urutan ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Lokasi
Arulbalaji (2019)	Geomorfologi	Tutupan Lahan	Geologi	Densitas Kelurusan	Tanah	Densitas Drainase	Lereng	Curah Hujan	TWI	Roughness	TPI	Curvature	India
Mukherjee (2020)	Geologi	Geomorfologi	Tutupan Lahan	Densitas Kelurusan	Tanah	Densitas Drainase	Lereng	Curah Hujan	TWI	Roughness	TPI	Curvature	India
Saranya (2020)	Geomorfologi	Densitas Drainase	Densitas Kelurusan	Lereng	Geologi	Tutupan Lahan	Tanah	Curah Hujan					India
Dar (2020)	Geologi	Geomorfologi	Lereng	Tutupan Lahan	Tanah	Densitas Drainase	Densitas Kelurusan	Curah Hujan					India
Doke (2021)	Geologi	Geomorfologi	Lereng	Tutupan Lahan	Densitas Drainase	Densitas Kelurusan	Tanah	Curah Hujan					India
Ahmadi (2021)	Geologi	Lereng	Densitas Drainase	Tutupan Lahan	Densitas Kelurusan	Curah Hujan							Turki
Yunandar (2021)	Geomorfologi	Tutupan Lahan	Geologi	Densitas Kelurusan	Tanah	Densitas Drainase	Lereng	Curah Hujan	TWI	Roughness	TPI	Curvature	Majalengka
Ifediegwu (2022)	Geologi	Geomorfologi	Tanah	Lereng	Densitas Kelurusan	Densitas Drainase	Curah Hujan	Tutupan Lahan					Nigeria
Senapati (2022)	Tutupan Lahan	Tanah	Densitas Drainase	Curah Hujan	Geomorfologi	Geologi	TWI						India
Nugroho (2022)	Curah Hujan	Geologi	Geomorfologi	Tutupan Lahan	Lereng	TWI							DIY
Razi (2024)	Geologi	Tutupan Lahan	Lereng	Densitas Kelurusan	Curah Hujan	Densitas Drainase	Tanah						Aceh Besar
Putranto (2024)	Geologi	Curah Hujan	Densitas Kelurusan	Tutupan Lahan	Lereng								Rembang

Tabel 5. Perbandingan akurasi peta terhadap data sumur hasil beberapa percobaan modifikasi parameter

Parameter	Hasil Peta	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5 (Urutan kepentingan Senapati & Das, 2022)
Geologi	✓	✓	✓	✓	✓	6
Geomorfologi	✓	✓	✓	✓	✓	5
Tutupan Lahan	✓	✓	✓	✓	✓	1
Kelurusan	✓	✓	✓	✓	✓	–
Tanah	✓	✓	✓	✓	✓	2
Drainase	✓	✓	✓	✓	✓	4
Lereng	✓	✓	✓	✓	✓	–
Hujan	✓	✓	✓	✓	✓	3
TWI	✓	✓	✓	✓	–	7
Kekasaran	✓	✓	–	–	–	–
TPI	✓	–	✓	–	–	–
Kelengkungan	✓	✓	–	–	–	–
Akurasi Data						
Debit Sumur	78%	75%	72%	69%	63%	15%
Bor						

Namun, selain menggunakan studi literatur terhadap masing-masing parameter dan hubungannya dengan potensi air tanah, penelitian ini juga meninjau penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan metode serupa, mengingat pengalaman lapangan yang lebih matang dari para peneliti sebelumnya.

Berdasarkan Tabel 5, terdapat dua kesimpulan yang dapat ditarik. Pertama,

penelitian sebelumnya banyak menjadikan parameter geologi, geomorfologi, dan tutupan lahan sebagai parameter terpenting, yang berarti pengurutan parameter yang telah dilakukan cukup sesuai dengan pengalaman lapangan oleh penelitian sebelumnya. Kedua, beberapa penelitian memiliki urutan parameter yang cukup mencolok perbedaannya, menegaskan bahwa metode AHP ini sangat mengandalkan pengalaman peneliti masing-

masing, sehingga tidak ada patokan tertentu dalam menentukan urutan kepentingan parameter. Pada akhirnya, perbandingan antara peta zona potensi air tanah yang dihasilkan dengan data lapangan akan menjawab apakah suatu urutan kepentingan parameter sudah tepat atau tidak, yakni dengan menunjukkan angka akurasi yang tinggi.

Selain itu, dari Tabel 5 juga diketahui bahwa apabila urutan parameternya diubah mengikuti urutan parameter penelitian lain, maka akurasi peta menurun sangat jauh, menegaskan bahwa pengurutan tingkat kepentingan parameter yang dilakukan dalam penelitian ini sudah benar dan cukup sesuai dengan keadaan di lapangan. Selain itu, dari tabel tersebut juga diketahui bahwa menggunakan 12 parameter menghasilkan akurasi tertinggi terhadap data lapangan di lokasi penelitian, akurasi peta menurun apabila mengurangi beberapa parameter, sehingga dapat disimpulkan bahwa ke-12 parameter yang digunakan dalam penelitian ini penting dan mempengaruhi potensi air tanah di lokasi penelitian.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menggunakan metode SIG dan AHP untuk mengidentifikasi zona potensi air tanah di Cekungan Air Tanah (CAT) Sumbawa Besar, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Terdapat 12 parameter yang digunakan dalam penelitian ini. Secara berurutan sesuai dengan tingkat kepentingan parameternya, parameter tersebut yakni geologi, geomorfologi, tutupan lahan, densitas kelurusan, jenis tanah, densitas drainase, kemiringan lereng, curah hujan, TWI, kekasaran, TPI, dan kelengkungan.

Dari peta zona potensi air tanah yang dihasilkan, diketahui bahwa zona potensi air tanah di CAT Sumbawa Besar dibagi menjadi 3

kategori, yakni zona potensi air tanah rendah dengan luas area 184 km² (18% dari wilayah penelitian), zona potensi air tanah sedang dengan luas area 735 km² (68% dari wilayah penelitian), serta zona potensi air tanah tinggi dengan luas area 150 km² (14% dari wilayah penelitian). Perbandingan antara peta zona potensi air tanah dengan data lapangan menunjukkan bahwa peta yang dihasilkan cukup akurat dengan keadaan di lapangan (akurasi 78% terhadap debit air sumur bor dan akurasi 85% terhadap luas daerah yang termasuk dalam wilayah tanggap darurat bencana kekeringan).

Sumber Data

Peta Rupabumi Indonesia dan data *Digital Elevation Model* (DEM) diambil dari <https://tanahair.indonesia.go.id> (diakses pada April 2024).

Peta Geologi Lembar Sumbawa Skala 1:250.000 (Sudrajat et al, 2012) dan Peta Geomorfologi Inderaau Jauh Indonesia Skala 1:5.000.000 (Poedjoprajitno, 2012) diambil dari <https://geologi.esdm.go.id> (diakses pada Mei 2024).

Peta Tanah Semi Detail Kabupaten Sumbawa Skala 1:50.000 diperoleh dari Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Sumber Daya Lahan Pertanian (BBPSI SDLP) Kementerian Pertanian.

Peta Penutupan Lahan Indonesia 2022 diambil dari geoportal.menlhk.go.id/server/rest/services (diakses pada Oktober 2024).

Data curah hujan harian Pulau Sumbawa periode tahun 2018-2023 diambil dari <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/> (diakses pada Oktober 2024)

Referensi

Ahmadi, H., Kaya, O. A., Babadagi, E., Savas, T., & Pekkan, E. (2021). GIS-Based

- Groundwater Potentiality Mapping Using AHP and FR Models in Central Antalya, Turkey. 11.
<https://doi.org/10.3390/iecg2020-08741>
- Akbar, H. (2023). 339 Desa-70 Kecamatan di NTB Dilanda Kekeringan!
<https://www.detik.com/bali/nusra/d-6927282/339-desa-70-kecamatan-di-ntb-dilanda-kekeringan>
- Arulbalaji, P., Padmalal, D., & Sreelash, K. (2019). GIS and AHP Techniques Based Delineation of Groundwater Potential Zones: a case study from Southern Western Ghats, India. Scientific Reports, 9(1), 1–17.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-38567-x>
- Dar, T., Rai, N., & Bhat, A. (2021). Delineation of potential groundwater recharge zones using analytical hierarchy process (AHP). Geology, Ecology, and Landscapes, 5(4), 292–307.
<https://doi.org/10.1080/24749508.2020.1726562>
- Darman, H., & Sidi, F. H. (2000). An outline of the geology of Indonesia. In Indonesian Geologist Association (Vol. 116, Issue January, pp. 1–31).
- De Reu, J., Bourgeois, J., Bats, M., Zwertvaegher, A., Gelorini, V., De Smedt, P., Chu, W., Antrop, M., De Maeyer, P., Finke, P., Van Meirvenne, M., Verniers, J., & Crombé, P. (2013). Application of the topographic position index to heterogeneous landscapes. Geomorphology, 186, 39–49.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.12.015>
- Doke, A. B., Zolekar, R. B., Patel, H., & Das, S. (2021). Geospatial mapping of groundwater potential zones using multi-criteria decision-making AHP approach in a hardrock basaltic terrain in India. Ecological Indicators, 127(March), 107685.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107685>
- Fetter, C. W. (2014). Hydrogeology, Applied Edition, Fourth. In Applied Hydrogeology Fourth Edition.
- Ifediegwu, S. I. (2022). Assessment of groundwater potential zones using GIS and AHP techniques: a case study of the Lafia district, Nasarawa State, Nigeria. Applied Water Science, 12(1), 1–17.
<https://doi.org/10.1007/s13201-021-01556-5>
- Kodoatie, R. J. (2012). Tata Ruang Air Tanah. In Penerbit ANDI Yogyakarta: Vol. I (I). Penerbit ANDI Yogyakarta.
- Kopecký, M., Macek, M., & Wild, J. (2021). Topographic Wetness Index calculation guidelines based on measured soil moisture and plant species composition. Science of the Total Environment, 757, 143785.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143785>
- Kresic, N. (2006). Hydrogeology and Groundwater Modelling (2nd ed.). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781420004991>
- Mukherjee, I., & Singh, U. K. (2020). Delineation of groundwater potential zones in a drought-prone semi-arid region of east India using GIS and analytical hierarchical process techniques. Catena, 194(December 2019), 104681.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104681>
- Nugroho, J. T., Sari, C. N., & Nugraha, A. L. (2022). Identifikasi Zona Potensi Air Tanah Berbasis Sistem Informasi Geografis Dan Analytical Hierarchy Process (Studi Kasus : Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta). Elipsoida: Jurnal Geodesi Dan Geomatika, 5(1), 9–15.
<https://doi.org/10.14710/elipsoida.2022.16641>
- Putranto, T. T., Mustiono, A. R. W., & Hidayatillah, A. S. (2024). Groundwater Potency Analysis Using Remote Sensing and Analytical Hierarchy Process To Overcome Drought In Rembang Regency, Indonesia. Indonesian Journal of Geography, 56(1), 11–23.
<https://doi.org/10.22146/ijg.77889>
- Razi, M. H., Zahratunnisa, & Retongga, N. (2024). Delineation of groundwater potential zone using remote sensing and GIS-based AHP for sustainable groundwater management in Aceh Besar Regency, Aceh Province, Indonesia. Journal of Degraded and Mining Lands Management, 11(2), 5237–5249.
<https://doi.org/10.15243/jdmlm.2024.112.5237>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, 1(1), 83–97.

- Saranya, T., & Saravanan, S. (2020). Groundwater potential zone mapping using analytical hierarchy process (AHP) and GIS for Kancheepuram District, Tamilnadu, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 6(2), 1105–1122. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00744-7>
- Senapati, U., & Das, T. K. (2022). GIS-based comparative assessment of groundwater potential zone using MIF and AHP techniques in Cooch Behar district, West Bengal. *Applied Water Science*, 12(3), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01509-y>
- Supriadi, A., Rustandi, A., Komarlina, D. H., & Ardiani, G. T. (2018). *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Deepublish Publisher.
- Van Bemmelen, R. W. (1949). *The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. In Government Printing Office, The Hague (pp. 1–766).
- Yunandar, R. S. P., Iskandarsyah, T. Y. W. M., & Barkah, M. N. (2021). Zona Potensi Keterdapatan Air Tanah Menggunakan Sistem Informasi Geografis pada Sub-DAS Ciwaringin, Kabupaten Majalengka, Provinsi Jawa Barat. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 5(5), 517–527.