

**Pemanfaatan Teknik Geospasial untuk Delineasi Zona Potensi Air Tanah di
Kota Bandar Lampung**

(Skripsi)

Oleh

**ANGEL SARAH ELVIRA
NPM 2115013070**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**Pemanfaatan Teknik Geospasial untuk Delineasi Zona Potensi Air Tanah di
Kota Bandar Lampung**

Oleh

ANGEL SARAH ELVIRA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geodesi
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

Pemanfaatan Teknik Geospasial untuk Delineasi Zona Potensi Air Tanah di Kota Bandar Lampung

Oleh

ANGEL SARAH ELVIRA

Air merupakan sumber daya alam yang sangat vital bagi kehidupan dan berperan dalam berbagai sektor termasuk domestik, industri, dan pertanian. Ketersediaan air tanah di perkotaan semakin terancam akibat perubahan iklim, urbanisasi, serta eksploitasi air tanah yang tidak terkontrol. Kota Bandar Lampung sebagai salah satu kota berkembang di Indonesia mengalami tekanan terhadap pasokan air tanah akibat peningkatan populasi dan kebutuhan air yang tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi parameter yang mempengaruhi potensi air tanah serta mengklasifikasikan zona potensi air tanah di Bandar Lampung guna mendukung pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan.

Penelitian ini menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan pendekatan geospasial untuk menentukan zona potensi air tanah. Data yang digunakan meliputi data DEMNAS untuk memperoleh informasi mengenai elevasi, kemiringan, densitas drainase, dan densitas kelurusan, serta data lainnya seperti curah hujan, geomorfologi, geologi, dan tutupan lahan. Bobot tiap parameter ditentukan menggunakan AHP dengan geomorfologi memiliki bobot tertinggi sebesar 0,27.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi air tanah di Bandar Lampung terbagi dalam lima kelas yaitu sangat rendah (30,39%), rendah (29,80%), sedang (30,02%), tinggi (13,72%), dan sangat tinggi (6,02%). Wilayah dengan potensi sangat rendah hingga rendah terdapat di bagian timur, seperti Sukarame, Panjang, dan Rajabasa. Sedangkan zona potensi tinggi hingga sangat tinggi berada di Teluk Betung Utara, Teluk Betung Selatan, dan Kemiling. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengelolaan air tanah yang lebih baik untuk mendukung keberlanjutan sumber daya air di Kota Bandar Lampung.

Kata Kunci: Pemetaan Air Tanah, AHP, GIS, Bandar Lampung

ABSTRACT

Utilization of Geospatial Techniques for Delineation of Groundwater Potential Zones in Bandar Lampung City

By

ANGEL SARAH ELVIRA

Water is a natural resource that is vital for life and plays a role in various sectors including domestic, industrial, and agricultural. The availability of groundwater in urban areas is increasingly threatened by climate change, urbanization, and uncontrolled groundwater exploitation. Bandar Lampung City as one of the developing cities in Indonesia is experiencing pressure on groundwater supply due to increasing population and high water needs. Therefore, this study aims to identify parameters that affect groundwater potential and classify groundwater potential zones in Bandar Lampung to support sustainable water resource management. This study uses the Analytical Hierarchy Process (AHP) method with a geospatial approach to determine groundwater potential zones. The data used include DEMNAS data to obtain information on elevation, slope, drainage density, and lineament density, as well as other data such as rainfall, geomorphology, geology, and land cover. The weight of each parameter is determined using AHP with geomorphology having the highest weight of 0,27. The results of the study indicate that the groundwater potential in Bandar Lampung is divided into five classes, namely very low (30,39%), low (29,80%), moderate (30,02%), high (13,72%), and very high (6,02%). Areas with very low to low potential are generally found in the eastern part, such as Sukarame, Panjang, and Rajabasa. Meanwhile, the high to very high potential zones are in North Teluk Betung, South Teluk Betung, and Kemiling. This study is expected to be a reference in better groundwater management to support the sustainability of water resources in Bandar Lampung City

Keywords: Groundwater Potential Mapping, AHP, GIS, Bandar Lampung

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pemanfaatan Teknik Geospasial untuk Delineasi
Zona Air Tanah di Kota Bandar Lampung

Nama Mahasiswa : Angel Sarah Elvira

Nomor Pokok Mahasiswa : 2115013070

Program Studi : S1 Teknik Geodesi

Fakultas : Teknik



1. Komisi Pembimbing

Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.
NIP 197203022006041002

Erlan Sumanjaya, S.Si., M.Sc.
NIP 199501052023211013

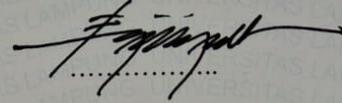
2. Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM
NIP 196410121992031002

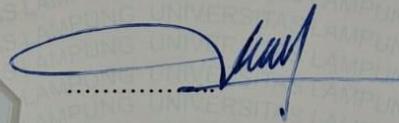
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

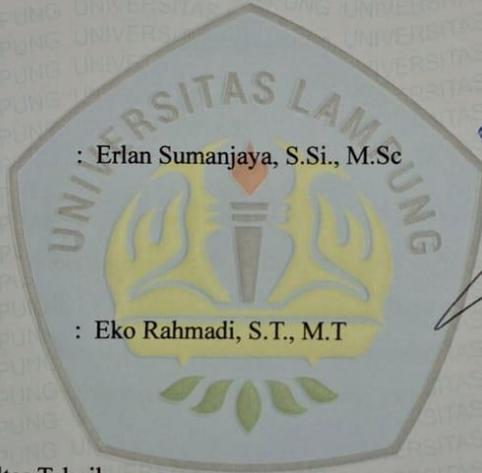
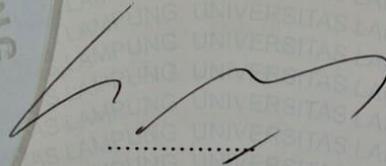
Ketua : Dr. Fajriyanto, S.T., M.T



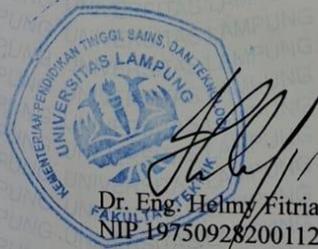
Sekretaris : Erlan Sumanjaya, S.Si., M.Sc



Anggota : Eko Rahmadi, S.T., M.T



2. Dekan Fakultas Teknik



**Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc)
NIP 197509282001121002**

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 20 Juni 2025

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Angel Sarah Elvira
NPM : 2115013070
Program Studi : Teknik Geodesi
Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Teknik Geospasial untuk Delineasi Zona Potensi Air Tanah di Kota Bandar Lampung, Indonesia” ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak berisi tentang karya yang telah dipublikasikan atau ditulis, kecuali sebagai kutipan atau acuan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah pada umumnya.

Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan saya bersedia menanggung segala akibat yang ada, apabila pernyataan ini tidak benar.

Bandar Lampung, Juni 2025



Angel Sarah Elvira
2115013070

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir pada tanggal 17 Oktober 2003 di Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara, pasangan Bapak Tolohan Manurung dan Ibu Nurkawani Pasaribu. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDK Menara Tirza yang diselesaikan pada tahun 2015. Kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Legok yang diselesaikan pada tahun 2018. Pada pendidikan menengah atas diselesaikan pada tahun 2021 di SMAN 2 Lintongnihuta, kemudian di tahun yang sama penulis melanjutkan studi di Teknik Geodesi Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama di Universitas Lampung, penulis aktif mengikuti organisasi UKM ESo (*English Society*). Penulis berperan langsung menjadi bendahara pelaksana pada kegiatan *Open Recruitment* UKM ESo di tahun 2023 dan menjadi panitia pelaksana pada Lampung *Overland Various English Competition (LOVE-Comp)* 2023. Selama berkuliah penulis juga aktif mengikuti lomba Pekan Kreativitas Mahasiswa (PKM) yang diadakan oleh Fakultas Teknik dan meraih insentif pada bidang pengabdian masyarakat di tahun 2024. Penulis juga menjadi salah satu peserta kegiatan Magang dan Studi Independen Bersertifikat (MSIB) Kampus Merdeka *Batch 6* pada mitra Direktorat Jenderal Tata Ruang, Kementerian ATR/BPN dengan posisi tim penyusun RDTR di Dinas PUPR Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi. Pada akhir studi di tahun 2025 untuk memperoleh gelar sarjana, penulis menyusun skripsi berjudul “Pemanfaatan Teknik Geospasial untuk Delineasi Zona Air Tanah di Kota Bandar Lampung” dengan bimbingan Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T dan Bapak Erlan Sumanjaya, S.Si., M.Sc.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Berkat pertolongan, penyertaan, kemurahan hati, dan cinta kasih dari Tuhan Yesus Kristus yang selalu diberikan-Nya setiap waktu kepada penulis. *My God is an awesome God.*

Bapak Tolopan Manurung, S.P, Ibu Nurkawani Pasaribu, S.Pd, Gladys Yulia Stephanie Manurung, Michelle Marito Manurung, dan Henokh Tongam Manurung atas doa, kasih sayang, dan semangat yang diberikan kepada penulis di setiap langkah dan keputusan yang diambil. Terima kasih sudah hadir dan menjadi bagian terpenting di setiap langkah hidup penulis, tanpa kalian penulis tidak akan pernah memahami perasaan menjadi wanita pertama di keluarga sebagai peraih gelar Sarjana Teknik.

Bapak ibu dosen dan staff terhormat Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung yang telah memberi ilmu, bimbingan, motivasi, meluangkan waktu, dan tenaga kepada penulis dalam menuntut ilmu.

MOTTO

Takut akan TUHAN adalah permulaan pengetahuan, tetapi orang bodoh menghina hikmat dan didikan.

(Amsal 1:7)

Janganlah hendaknya kamu kuatir tentang apapun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur. Damai Sejahtera Allah, yang melampaui segala akal, akan memelihara hati dan pikiranmu dalam Kristus Yesus.

(Filipi 4:6-7)

Boto ma dirim jala serep ma roham borukku, ai ho do sijunjung baringin tu natorasmu. Jala ho do silehon dalan tu anggi ibotomi.

(Tolopan Manurung, S.P)

Buluh yang patah terkulai takkan pernah dipatahkan, sumbu yang pudar nyalanya takkan pernah dipadamkan. Sadarilah bahwa kau tidak pernah sendiri, ada Yesus yang selalu peduli.

(Kamasean Matthews)

SANWACANA

Puji Tuhan penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yesus Kristus, karena anugerah dan penyertaan Tuhan penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Hebatnya kuasa penyertaan Tuhan telah membawa penulis sampai pada titik ini. Skripsi dengan judul “Pemanfaatan Teknik Geospasial untuk Delineasi Zona Potensi Air Tanah di Kota Bandar Lampung” ini disusun sebagai salah satu syarat memenuhi Tugas Akhir Skripsi mahasiswa S1 Teknik Geodesi untuk meraih gelar sarjana.

Skripsi ini telah berhasil diselesaikan atas doa dan dukungan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM, selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, motivasi, waktu, dan arahan kepada penulis selama penyusunan skripsi.
4. Bapak Erlan Sumanjaya, S.Si., M.Sc, selaku dosen pembimbing kedua yang telah banyak memberikan ilmu, arahan, bimbingan, waktu, dan tenaga dalam membimbing penelitian penulis dari awal hingga akhir.
5. Bapak Eko Rahmadi, S.T., M.T, selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan, kritik, dan saran yang membangun dalam penelitian ini.
6. Kedua orang tua penulis Bapak Tolopan Manurung, S.P dan Ibu Nurkawani Pasaribu, S.Pd untuk setiap doa, keringat, usaha, semangat, kasih sayang, didikan militer, uang, dan nasehat yang selalu diberikan kepada penulis dengan ikhlas dan tanpa lelah. Terima kasih telah membawa penulis menjadi seorang sarjana yang telah melalui banyak pelajaran dan pengalaman hidup yang sangat

berharga, semoga penulis menjadi kebanggaan dan harta seumur hidup kalian. Penulis yakin Tuhan Yesus akan selalu memberikan kesempatan untuk membahagiakan kalian. Lewat skripsi ini penulis sampaikan, *I love you ma pa, always be my parents in every universe.*

7. Gladys Yulia Stephanie Manurung, Michelle Marito Manurung, dan Henokh Tongam Manurung selaku adik kebanggaan penulis yang selalu menjadi tanggung jawab penulis dan memberikan motivasi. Terima kasih karena keberadaan kalian penulis mampu bertahan dan menjadi seorang pejuang karena masa depan kalian harus lebih baik dari penulis.
8. Yosafat Hasiholan Tampubolon yang selalu menemani suka duka penulis, mengingatkan ketika penulis mulai demotivasi, doa yang selalu dipanjatkan untuk kesehatan dan kebahagiaan penulis, dukungan untuk meraih cita-cita penulis, apresiasi yang selalu diberikan untuk kegagalan atau keberhasilan penulis, dan humor yang tidak pernah gagal dalam menghibur.
9. Rava Navisha selaku teman satu pembimbing akademik, teman satu kelas, teman satu bimbingan skripsi, teman pejuang MSIB, dan satu-satunya teman seperjuangan dalam perkuliahan sampai akhir. Semoga segala mimpi dan cita-cita kita tercapai dan bertemu kembali di waktu yang sangat baik untuk berbagi cerita.
10. Angel Sarah Elvira yang sebentar lagi menyandang gelar Sarjana Teknik (S.T), *you did it girl, you're so pretty awesome.* Teruntuk Angel di masa depan, keberhasilan yang datang selalu ingat bahwa Tuhan Yesus yang hebat.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun sebagai bahan evaluasi di masa yang akan datang. Demikian yang dapat penulis sampaikan, atas kontribusi semua pihak penulis ucapkan terima kasih.

Bandar Lampung, 25 Juni 2025

Angel Sarah Elvira

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Manfaat.....	5
1.5. Kerangka Pemikiran	5
1.6. Batasan Penelitian	6
1.7. Hipotesa Awal.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Potensi Air Tanah.....	8
2.2. Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).....	8
2.3. Parameter Analisis Potensi Air Tanah	11
2.4. Analisis Multikolinearitas dan PCC	12
2.5. Uji Validasi	14
2.6. Penelitian Terdahulu	15
III. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	20
3.2. Alat dan Data Penelitian	21
3.3. Metode.....	23
3.3.1. Tahap Persiapan Penelitian	23
3.3.2. Tahap Pengolahan Data	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1. Hasil Pengolahan Data DEMNAS	40
4.1.1. Peta Elevasi	40
4.1.2. Peta Kemiringan Lereng.....	41
4.1.3. Peta Densitas Kelurusan	42
4.1.4. Peta Densitas Drainase	44
4.2. Peta Geologi	45
4.3. Peta Geomorfologi	47
4.4. Peta Curah Hujan.....	48
4.5. Peta Tutupan Lahan	50
4.6. Uji Multikolinearitas	51
4.7. Pembobotan AHP	52

4.8. Visualisasi Peta Potensi Zona Air Tanah	53
4.9. Validasi Hasil Model	56
V. PENUTUP.....	60
5.1. Kesimpulan.....	60
5.2. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN A	68
LAMPIRAN B	72
LAMPIRAN C.....	74
LAMPIRAN D.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Skala fundamental AHP	9
2. Nilai <i>Random Consistency Index</i> (RI).....	11
3. Penelitian terdahulu.....	17
4. Alat yang digunakan dalam penelitian	21
5. Data penelitian	22
6. Survei literatur untuk estimasi bobot AHP.....	35
7. Waktu penelitian.....	39
8. Hasil perhitungan <i>Tolerance</i> dan VIF	51
9. <i>Pearson Correlation Coefficient</i>	52
10. Nilai vektor <i>eigen</i>	53
11. Hasil akhir AHP	73
12. Data curah hujan BMKG Stasiun Geofisika Lampung Utara	75
13. Data curah hujan BMKG Stasiun Meteorologi Raden Inten II.....	76
14. Data curah hujan BMKG Stasiun Meteorologi Maritim Panjang.....	77
15. Data curah hujan BMKG Stasiun Klimatologi Lampung	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kurva ROC	15
2. Peta lokasi penelitian.....	20
3. Proses pembuatan peta geologi	25
4. Proses pembuatan peta geomorfologi	26
5. Pengaturan <i>tools</i> IDW	27
6. Peta curah hujan CHIRPS	27
7. Proses pengolahan di GEE	29
8. Proses <i>slope</i>	30
9. Proses <i>line density</i>	31
10. Pengaturan <i>tools create fishnet</i>	32
11. Pengaturan <i>tools extract multi values</i>	33
12. Pengujian pada <i>software</i> JASP	34
13. <i>Weighted overlay</i>	36
14. <i>Script</i> Rstudio.....	37
15. Diagram alir penelitian.....	38
16. Peta elevasi.....	40
17. Peta kemiringan lereng.....	42
18. Peta densitas kelurusan	43
19. Peta densitas drainase.....	45
20. Peta geologi.....	46
21. Peta geomorfologi	48
22. Peta curah hujan BMKG	49
23. Peta tutupan lahan	51
24. Peta potensi air tanah Bandar Lampung.....	54
25. Kurva ROC pada Rstudio	57

26. Grafik validasi hasil	58
---------------------------------	----

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air seringkali dianggap sebagai sumber kehidupan vital yang merupakan salah satu sumber daya alam terpenting untuk kelangsungan hidup dan memiliki peran fundamental dalam aktivitas sehari-hari dan pembangunan ekonomi (Sahoo *et al.*, 2024; Alshehri *et al.*, 2024; Patil and Saraf, 2024). Air sangat penting dalam semua aspek kehidupan, mulai dari kegiatan rumah tangga seperti memasak dan mencuci hingga kebutuhan di sektor industri, pertambangan, dan irigasi. Ketersediaan air sebagai sumber daya terbarukan sangat berpengaruh terhadap dinamika ekonomi di sektor pertanian, perikanan, industri, perdagangan, transportasi, energi, pariwisata, dan lainnya. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa kelangkaan air bersih menjadi salah satu tantangan utama di perkotaan secara global. Krisis ini dipicu oleh berbagai masalah lingkungan yang kompleks, seperti penggundulan hutan yang berdampak pada perubahan iklim, fenomena alam, kekeringan dan pencemaran air akibat limbah industri, serta urbanisasi yang cepat.

Indonesia saat ini menghadapi krisis air bersih yang semakin mendesak, dengan banyaknya wilayah mengalami pencemaran dan kekurangan pasokan air. Ketersediaan air di Indonesia beberapa tahun terakhir sangat dipengaruhi oleh perubahan iklim dan fenomena *El Niño* yang meningkatkan risiko kekeringan. Dampak kondisi ini sangat terlihat, khususnya di daerah-daerah dengan penurunan curah hujan signifikan selama musim kemarau. Pada tahun 2023 dan 2024, fenomena *El Niño* semakin memperburuk situasi ini, sehingga mengurangi pasokan air bagi pertanian, rumah tangga, dan aktivitas sehari-hari (Rahma *and* Ludwig, 2024).

Selain itu, pengambilan air tanah tak terkendali di wilayah perkotaan semakin memperparah ketersediaan air yang menyebabkan penurunan muka air tanah dan ancaman krisis air di masa depan. Meskipun Indonesia dikenal memiliki potensi sumber daya air melimpah, tantangan dalam pengelolaan dan distribusi air bersih semakin rumit di daerah perkotaan seperti Bandar Lampung yang terletak di ujung selatan pulau Sumatra. Hal ini dibuktikan dengan data dari Polresta Bandar Lampung dan BPBD Kota Bandar Lampung (BPBD Bandar Lampung, 2024; Polresta Bandar Lampung, 2024) melakukan pendistribusian air bersih karena kekeringan air yang menyebabkan masyarakat kesulitan air bersih di beberapa kecamatan di Bandar Lampung seperti Sukarame, Panjang, dan Sukabumi.

Menurut data (BPS, 2023, 2024c), sekitar 17,22 % rumah tangga di Provinsi Lampung tidak memiliki akses terhadap air minum layak dan air bersih. Persentase sumber air utama yang digunakan rumah tangga di Bandar Lampung yaitu air kemasan (66,22%), ledeng (7,80%), sumur bor (18,97%), sumur terlindung (6,45%), sumur tak terlindung (0,29%), dan mata air (0,26%). Selanjutnya data (BPS, 2024a, 2024b), mengungkapkan bahwa pertumbuhan populasi yang pesat dan urbanisasi di Kota Bandar Lampung tercatat naik sebesar 1,02% dengan jumlah penduduk 1.214.330 jiwa telah meningkatkan permintaan terhadap air tanah, sehingga dibutuhkan upaya yang efektif untuk memetakan ketersediaan air tanah secara menyeluruh. Oleh karena itu, pemahaman yang tepat melalui analisis teknik geospasial sangat penting untuk mengidentifikasi lokasi yang produktif dalam menyimpan pasokan air tanah dan menghindari kesalahan dalam pengeboran atau eksplorasi air tanah. Analisis air tanah berperan penting dalam merencanakan strategi pemanfaatan air yang berkelanjutan dan pengelolaan cadangan air tanah, sehingga pasokan air dapat terjaga untuk generasi mendatang tanpa merusak ekosistem. Dengan demikian, pemanfaatan teknik geospasial dalam melakukan deliniasi zona potensi air tanah di Bandar Lampung sangat diperlukan untuk mencegah krisis air, menjaga keseimbangan lingkungan, dan memastikan ketersediaan air di tengah tantangan pembangunan dan perubahan iklim.

Penelitian tentang pemetaan air tanah di Bandar Lampung telah dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas (Rizkiano, 2023) dan survey gaya berat (Rustadi dkk, 2020), namun terbatas pada daerah Sukadanaham, Kecamatan Tanjungkarang Barat saja. Meskipun adanya keterbatasan tersebut, memahami kondisi air tanah di bawah permukaan sangatlah krusial untuk merancang strategi pengelolaan yang berkelanjutan, agar kebutuhan akan sumber daya air yang terus meningkat dapat terpenuhi secara optimal. Metode *kriging* yang sebelumnya sudah digunakan dalam banyak penelitian terbukti dapat mengalami *error* signifikan di area dengan medan berbukit, tetapi metode alternatif *extreme gradient boosting* (XGB) berhasil menunjukkan kinerja statistik yang lebih baik (Rao *et al.*, 2022). Metode *kriging* yang merupakan teknik interpolasi dalam pemetaan zona air tanah untuk memperkirakan nilai pada lokasi yang tidak teramati dalam metode geostatik memberikan hasil yang lebih akurat dalam memprediksi tingkat air tanah (Moges and Dinka, 2022). Para peneliti telah membuktikan keunggulan dan efektivitas metode *Multi-Criteria Decision-Making Analysis* (MCDMA) dalam mengidentifikasi zona potensi air tanah. Metode MCDMA, terutama *Analytical Hierarchy Process* (AHP), terkenal karena sifatnya yang sederhana, efisien, dan andal dalam membantu pengambilan keputusan multi-kriteria (Benjmel *et al.*, 2022; Thanh *et al.*, 2022; Vidya *et al.*, 2024). MCDMA merupakan metode pengambilan keputusan yang menggunakan beragam kriteria yang seringkali saling bertentangan, sehingga membantu pengambilan keputusan dalam memilih pilihan terbaik berdasarkan faktor yang relevan.

Metode AHP yang memungkinkan perbandingan berpasangan antara kriteria dan alternatif ini sering diterapkan dalam analisis potensi air tanah karena bersifat non-invasif, efektif biaya, serta memiliki ketahanan dan efisiensi yang tinggi. Metode ini mampu menghasilkan data yang akurat di area luas dalam waktu singkat dan dengan pengeluaran minimal (Moodley *et al.*, 2022; Khoirunisa, 2022; Shinde *et al.*, 2024). Dalam penelitian ini, selain metode AHP, digunakan pula parameter-parameter seperti geomorfologi, geologi, densitas kelurusan, densitas drainase, elevasi, curah hujan, kemiringan lereng, dan tutupan lahan guna memetakan zona potensi air tanah di Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung, Indonesia. Terletak

di bagian selatan Pulau Sumatra, wilayah ini memiliki tutupan lahan, geomorfologi, kemiringan, dan curah hujan yang beragam. Penggunaan metode AHP dan parameter geospasial menjadi inovasi efisien dalam mengidentifikasi potensi air tanah. Hasil penelitian ini akan memberikan informasi dan sebagai rujukan bagi pemerintah, masyarakat, dan pengelola sumber daya air untuk mendukung pengembangan strategi yang terstruktur dalam pengelolaan, pemanfaatan, dan konservasi air tanah. Dengan demikian, keberlanjutan pasokan air dan kelestarian lingkungan di Kota Bandar Lampung dapat terjamin.

1.2. Rumusan Masalah

Pengelolaan sumber daya air tanah di wilayah perkotaan seperti Bandar Lampung menghadapi tantangan yang kompleks, seperti urbanisasi dan perubahan iklim. Hingga saat ini pendekatan eksplorasi air tanah bersifat terbatas secara spasial dan tidak mempertimbangkan integrasi multi-parameter secara menyeluruh. Sementara itu, pemanfaatan teknologi geospasial yang dikombinasikan dengan metode pengambilan keputusan multi-kriteria seperti *Analytical Hierarchy Process* (AHP) mampu memberikan pendekatan yang lebih efisien, sistematis, dan akurat dalam memetakan potensi air tanah. Dalam penelitian ini, digunakan parameter-parameter geospasial yang relevan terhadap potensi air tanah, tetapi harus diverifikasi dan divalidasi untuk memastikan keandalannya dalam mendukung pengelolaan air tanah. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penelitian ini merumuskan pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

1. Apa saja parameter yang berpengaruh signifikan terhadap potensi air tanah di Kota Bandar Lampung?
2. Bagaimana klasifikasi zona potensi air tanah di Kota Bandar Lampung berdasarkan hasil analisis spasial dan AHP?

1.3. Tujuan

Penelitian yang dilaksanakan oleh penulis memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis parameter-parameter yang mempengaruhi potensi air tanah seperti densitas kelurusan, densitas drainase, curah hujan, geomorfologi, geologi, kemiringan, tutupan lahan, dan elevasi.
2. Mengklasifikasi potensi air tanah di Kota Bandar Lampung sehingga dapat menjadi rujukan dalam pengelolaan sumber daya air tanah yang lebih baik, serta pengembangan yang berkelanjutan.

1.4. Manfaat

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melalui penelitian ini dihasilkan peta potensi air tanah yang memberikan informasi mengenai daerah-daerah yang memiliki potensi air tanah di Bandar Lampung sehingga dapat menjadi cadangan air tanah untuk keperluan domestik, pertanian, ataupun industri.
2. Hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan dalam membantu pemanfaatan air tanah secara optimal seperti penentuan lokasi sumur atau jaringan distribusi air, merencanakan strategi mitigasi kekeringan, dan menghindari eksploitasi air tanah secara berlebihan yang berpotensi merusak keseimbangan ekosistem di Kota Bandar Lampung.

1.5. Kerangka Pemikiran

Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai cabang ilmu dalam pemetaan, merupakan sistem komputer yang berfungsi untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan memvisualisasikan data geografis atau geospasial. SIG memiliki banyak kegunaan dan manfaat, salah satunya dalam pengelolaan sumber daya air. Dengan menggunakan SIG, pemetaan sumber daya air termasuk air permukaan dan air tanah menjadi lebih mudah dilakukan. Dalam konteks pemetaan potensi air tanah, SIG membantu mengidentifikasi wilayah yang berpotensi untuk eksplorasi air tanah.

Melalui kegunaan dan manfaat SIG, dapat dilakukan analisis potensi air tanah di Kota Bandar Lampung dengan metode AHP yang digunakan untuk memberikan bobot pada setiap parameter berdasarkan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*). Parameter yang digunakan antara lain densitas kelurusan, densitas drainase, curah hujan, geomorfologi, geologi, kemiringan, tutupan lahan, dan elevasi. Proses ini memberikan hasil akhir berupa model peta dengan lima kategori potensi air tanah: sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah. Untuk menilai hubungan linier antar parameter, dilakukan uji multikolinearitas dan *Pearson Correlation Coefficient* (PCC) yang dapat memilih parameter terbaik untuk meningkatkan kualitas peta potensi air tanah. Setelah itu, hasil dari AHP akan diverifikasi dengan *Consistency Ratio* (CR) dan dilakukan validasi menggunakan *Receiver Operating Character* (ROC) dan berbagai metrik lainnya untuk menilai keakuratan model, serta memastikan analisis kinerja model yang komprehensif.

Terdapat parameter yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu densitas kelurusan dan densitas drainase yang berperan penting dalam mengidentifikasi jalur aliran air bawah tanah, serta parameter curah hujan sebagai faktor utama dalam pengisian ulang air tanah melalui infiltrasi. Parameter geomorfologi dan geologi yang mempengaruhi kemampuan tanah untuk menyimpan dan menyalurkan air. Parameter kemiringan untuk menentukan laju aliran permukaan dan waktu yang dibutuhkan air untuk menyerap ke tanah. Parameter tutupan lahan sebagai faktor kemampuan tanah menyerap air dan memberikan informasi keadaan lingkungan di studi area. Kemudian parameter elevasi untuk mengetahui pengaruh pada pergerakan dan akumulasi air, dimana area dengan ketinggian rendah menyimpan air lebih lama dibandingkan area tinggi.

1.6. Batasan Penelitian

Penelitian ini berfokus pada analisis potensi zona air tanah di Bandar Lampung menggunakan metode AHP, adapun batasan penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada penggunaan data sekunder untuk menganalisis distribusi spasial. Hal ini dilakukan karena keterbatasan dalam pengumpulan

data primer seperti data *borehole* dan data geolistrik resistivitas yang memakan banyak waktu serta biaya. Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan data sekunder yang sudah tersedia seperti data DEMNAS, curah hujan, tutupan lahan, geologi, dan geomorfologi untuk melakukan penelitian.

2. Penelitian ini tidak membandingkan suatu data dengan data lainnya, tetapi melakukan uji validasi data menggunakan berbagai metrik evaluasi seperti AUC-ROC, akurasi, presisi, kappa, *recall*, F1-Score, RMSE, dan MAE untuk mengukur seberapa besar korelasi dan akurasi data yang diperoleh. Sebelum validasi data dilakukan, penelitian ini juga mencakup verifikasi data untuk memastikan kualitas data yang digunakan.

1.7. Hipotesa Awal

Berdasarkan studi literatur yang sudah dilakukan sebelumnya, penulis menduga bahwa geomorfologi dan geologi menjadi parameter dominan yang sangat mempengaruhi hasil penelitian dibandingkan parameter lainnya. Beberapa wilayah dengan kondisi geologi dan kemiringan lahan tertentu dan beragam akan menyebabkan potensi air tanah di Kota Bandar Lampung tidak merata. Metode AHP yang digunakan ini mampu memberikan hasil analisis yang akurat dan dapat diandalkan dengan mempertimbangkan tiap parameter yang digunakan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Potensi Air Tanah

Air merupakan kebutuhan wajib bagi kehidupan manusia dan peradaban di Bumi untuk memulai, berkembang, dan bertahan hidup. Air tanah adalah air yang terletak di dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan, yang berfungsi sebagai sumber utama untuk berbagai keperluan, termasuk irigasi pertanian dan kebutuhan domestik (Mayavani *et al.*, 2024). Potensi air tanah adalah kemampuan suatu area untuk menyimpan dan menampung air di bawah permukaan tanah, sehingga akan ada keterkaitan antara jenis batuan, kedalaman akuifer sebagai struktur geologis yang menyimpan serta mengalirkan air tanah, curah hujan, dan lingkungan geologi lainnya. Penilaian potensi air tanah sangat dibutuhkan dalam pengelolaan sumber daya air bersih, terutama untuk daerah yang diperkirakan memiliki kekurangan air permukaan (Liu *et al.*, 2024).

2.2. Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) adalah metode pengukuran untuk menangani masalah pengambilan keputusan multikriteria yang menghasilkan skala rasio berdasarkan perbandingan berpasangan, baik diskrit maupun kontinu (Danso *and* Ma, 2023; Meng *et al.*, 2024). Perbandingan ini dapat diperoleh melalui pengukuran langsung atau dari skala yang mencerminkan preferensi dan intensitas perasaan. AHP juga mempertimbangkan penyimpangan dari konsistensi dan ketergantungan antar elemen strukturalnya untuk mengorganisir masalah pengambilan keputusan yang melibatkan banyak kriteria. AHP dikembangkan oleh T. L. Saaty antara tahun 1971 hingga 1975 (Saaty, 1987). AHP memecah masalah ke dalam hierarki, mengukur pengaruh melalui perbandingan berpasangan, dan mengulang

perhitungan bobot. Metode ini melibatkan empat langkah utama yaitu: (a) mengidentifikasi faktor relevan untuk perbandingan berpasangan; (b) mengembangkan matriks untuk perbandingan berpasangan menggunakan skala Saaty; (c) perhitungan bobot relatif; dan (d) evaluasi konsistensi matriks. Metode Saaty ini berfokus pada perbandingan ordinal antara kriteria dan alternatif, memungkinkan preferensi kualitatif dinilai secara numerik. Pengambilan keputusan ditentukan melalui skala 9 poin (skala 1 menunjukkan tingkat kepentingan yang sama antara kriteria A dan kriteria B, sementara nilai 9 menandakan bahwa kriteria A jauh lebih penting daripada B), sehingga sangat berguna untuk masalah multi-kriteria (Xiao *et al.*, 2024; Guidi *et al.*, 2024). Saat ini, metode AHP merupakan teknologi terbaru yang digunakan untuk penelitian potensi air tanah secara global karena sangat efektif dan hemat biaya untuk memberikan informasi terkait potensi air tanah di suatu wilayah. Berikut merupakan skala fundamental AHP:

Tabel 1. Skala fundamental AHP

Intensitas kepentingan pada skala absolut	Definisi
1	Kepentingan yang sama (dua kegiatan memberikan kontribusi yang sama terhadap tujuan)
3	Kepentingan yang moderat dari satu terhadap yang lain (pengalaman dan penilaian sangat mendukung satu aktivitas dibandingkan aktivitas lainnya)
5	Penting (pengalaman dan penilaian sangat mendukung satu aktivitas dibandingkan aktivitas lainnya)
7	Sangat penting (suatu kegiatan sangat disukai dan dominasinya ditunjukkan dalam praktik)
9	Sangat lebih penting (bukti yang mendukung satu aktivitas dibandingkan aktivitas lainnya merupakan hal yang paling kuat)
2,4,6,8	Nilai antara dua penilaian yang berdekatan (saat kompromi dibutuhkan)
Resiprokal	Jika elemen I memiliki salah satu angka di atas dibandingkan elemen J, maka J memiliki nilai kebalikannya ketika dibanding dengan I.

Sumber: Saaty, 1987

Dalam proses pengambilan keputusan menurut (Ramesh *et al.*, 2023), kebutuhan untuk mempertimbangkan berbagai alternatif dengan informasi yang kurang, menambah kompleksitas dalam merumuskan suatu masalah ke dalam kerangka yang mudah dimengerti dan dilakukan analisisnya. Selain itu, setiap alternatif ditentukan oleh atribut yang mendasari proses pengambilan keputusan. Hal ini menyebabkan masalah karena atribut yang bersifat kuantitatif dan bias, sehingga teknik *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) dikembangkan dan AHP menjadi salah satu metode populer yang mampu memodelkan masalah dengan menggabungkan atribut kualitatif dengan kuantitatif. MCDM atau *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA) merupakan salah satu metode pengambilan keputusan dengan mempertimbangkan beberapa kriteria dalam prosesnya untuk menentukan solusi atau alternatif terbaik (Taherdoost *and* Madanchian, 2023). Kemudian, menurut (Wubalem, 2023), informasi yang kurang memadai dapat menambah permasalahan dalam merumuskan masalah ke dalam kerangka yang mudah dianalisis dalam proses pengambilan keputusan, sehingga perlu mempertimbangkan berbagai alternatif. Selain itu, setiap alternatif dipengaruhi oleh beberapa atribut yang bersifat kuantitatif dan kualitatif yang menimbulkan permasalahan. Untuk mengatasi hal ini, MCDM dikembangkan dan AHP menjadi metode populer yang memodelkan masalah dengan menggabungkan atribut kualitatif dan kuantitatif dengan menentukan bobot pada setiap alternatif berdasarkan atributnya.

Bobot untuk setiap atribut ditentukan dengan menyusun matriks perbandingan berpasangan. Dalam matriks ini, setiap atribut dibandingkan secara relatif terhadap atribut lainnya dan nilai elemen dalam matriks didasarkan pada tanggapan pengambil keputusan. Matriks A bersifat resiprokal yaitu:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \dots \dots \dots (1)$$

Dalam persamaan (1) dimana $i \neq j$, dan $a_{ij} = 1$ untuk $i = j$, kemudian matriks disusun dengan mengonversi deskripsi verbal ke skala 1-9 pada tabel 1 yang menunjukkan tingkat kepentingan relatif antar atributnya. Untuk memastikan keakuratan dari bobot atribut yang diperoleh, maka dilakukan uji konsistensi yang disebut *Consistency Ratio* (CR). Hasil metode AHP selanjutnya diverifikasi

menggunakan CR yang dihitung dengan membagi *Consistency Index* (CI) dan *Random Consistency Index* (RI). Kemudian menghitung nilai CR tiap parameter untuk menilai tingkat konsistensi dengan ambang batas yang dapat diterima adalah 10% (0,1), jika nilai melebihi maka dianggap tidak konsisten dan memerlukan evaluasi ulang. CI dan CR dihitung menggunakan persamaan di bawah ini (Han *et al.*, 2020; Ramesh *et al.*, 2023; Manik, 2023; Wubalem, 2023; Ampofo *et al.*, 2023):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots \dots \dots (2)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots \dots \dots (3)$$

Dalam persamaan (2) n adalah jumlah atribut, λ_{max} adalah nilai *eigen* terbesar yang dihitung dari matriks. Dalam persamaan (3) CI dan RI adalah indeks konsistensi dan konsistensi acak yang bergantung pada ukuran matriks perbandingan berpasangan dan ditentukan berdasarkan standar Saaty pada tabel 1.

Tabel 2. Nilai *Random Consistency Index* (RI)

n	1 dan 2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Sumber: Guidi *et al.*, 2024

2.3. Parameter Analisis Potensi Air Tanah

Setiap wilayah memiliki ketersediaan air tanah di permukaan bumi yang bervariasi dalam jumlah dan persebarannya. Parameter seperti curah hujan, tutupan lahan, geologi, geomorfologi, densitas drainase, elevasi, densitas kelurusan, dan kemiringan lereng dipilih untuk memetakan dan menganalisis dampaknya terhadap potensi air tanah (Doke *et al.*, 2021; Fatema *et al.*, 2023; Pratama dan Sukmono, 2016; Kisiki *et al.*, 2022; Maqbool *et al.*, 2024). Data DEMNAS beresolusi spasial 0,27-arcsecond digunakan dalam pembuatan peta ketinggian, peta kemiringan lereng, peta densitas kelurusan, dan peta densitas drainase. Peta geologi dan peta geomorfologi dikembangkan menggunakan data dari Pusat Survei Geologi, Badan Geologi Indonesia. Peta curah hujan dapat menggunakan data yang bersumber dari data CHIRPS, BMKG, NASA POWER, IRI/LDEO, dan CHRS. Pada penelitian ini

data curah hujan menggunakan data BMKG karena dinilai lebih representatif terhadap kondisi aktual di lapangan sekaligus meminimalisir ketidakpastian akibat bias estimasi satelit. Data BMKG pada penelitian ini diperoleh dari empat stasiun yang tersebar di Provinsi Lampung. Peta tutupan lahan menggunakan data Landsat 8 yang diolah menggunakan *Google Earth Engine* (GEE).

2.4. Analisis Multikolinearitas dan PCC

Multikolinearitas adalah istilah yang membantu mengidentifikasi hubungan kolinearitas. Multikolinearitas terjadi ketika dua atau lebih variabel independen dalam model regresi memiliki korelasi yang sangat tinggi antara satu sama lain, sehingga menyulitkan untuk menentukan pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen. Kondisi ini dapat menyebabkan estimasi koefisien menjadi tidak stabil dan sulit diinterpretasikan, serta memperlebar interval kepercayaan sehingga kesimpulan menjadi kurang andal. Salah satu metode yang umum digunakan untuk mendeteksi multikolinearitas adalah *Tolerance* dan *Variance Inflation Factor* (VIF) yang menunjukkan tingkat inflasi varians parameter sebagai akibat dari korelasi antar variabel independen. Analisis multikolinearitas ini sangat penting untuk mengetahui adanya hubungan linier antar variabel dan menghilangkan parameter yang dapat berdampak negatif terhadap keakuratan model yang akan dihasilkan (Han *et al.*, 2020; Ortiz *et al.*, 2023; Razavi-Termeh *et al.*, 2024). Nilai Toleransi yang semakin mendekati 1 berarti multikolinearitas yang terjadi sangat sedikit, sedangkan nilai yang mendekati 0 mengindikasikan terjadinya multikolinearitas, Nilai VIF yang melebihi 10 mengindikasikan bahwa variabel-variabel yang digunakan berkorelasi tinggi (Senaviratna and A. Cooray, 2019). Toleransi dan VIF dihitung untuk menganalisis multikolinearitas antar parameter yang dipilih, seperti yang ditunjukkan pada rumus berikut:

$$T = 1 - r^2 \dots \dots \dots (4)$$

$$VIF = 1/T \dots \dots \dots (5)$$

Dalam hal ini, T adalah Toleransi, r^2 adalah koefisien determinasi dari regresi variabel independen terhadap variabel independen lainnya, dan VIF adalah Faktor Inflasi Varians yang merupakan kebalikan dari toleransi.

Statistika inferensial adalah metode yang memanfaatkan berbagai teknik analisis untuk menarik kesimpulan dari data yang terpengaruh oleh kesalahan. Beberapa metode dalam statistika inferensial mencakup pengujian hipotesis, analisis regresi, dan *pearson correlation coefficient* (PCC). PCC mengukur hubungan linier antara dua variabel, misalnya X dan Y, yang didefinisikan sebagai rasio antara kovariansi X dan Y terhadap hasil kali simpangan baku dari X dan Y. PCC memiliki nilai yang berkisar antara [-1, 1] dengan nilai koefisien di bawah nol menunjukkan adanya korelasi negatif, yang berarti bahwa ketika satu variabel meningkat, variabel lainnya cenderung menurun, dan sebaliknya. Sementara itu, nilai koefisien di atas nol menunjukkan adanya korelasi positif, di mana peningkatan atau penurunan salah satu variabel akan menyebabkan peningkatan atau penurunan pada variabel lainnya. Jika koefisien bernilai nol, menandakan bahwa tidak ada korelasi antara kedua variabel tersebut. Sebagian besar peneliti sepakat bahwa korelasi dengan nilai absolut PCC dari 0,1 dapat diabaikan, sedangkan korelasi lebih dari 0,9 dianggap sangat kuat. Namun, masih ada perbedaan pendapat mengenai interpretasi nilai korelasi yang berada di antara kedua ambang batas tersebut (Rahadian *et al.*, 2023). PCC berfungsi untuk mengukur hubungan antar parameter yang dapat saling mempengaruhi, seperti yang ditunjukkan pada rumus berikut (Shrestha, 2020):

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \dots\dots\dots (6)$$

Menurut persamaan (6), r adalah koefisien korelasi, n mewakili jumlah observasi, X adalah variabel pertama, dan Y adalah variabel kedua dalam konteks tersebut. Jika nilai koefisien korelasi yang lebih tinggi antara variabel-variabel berpasangan, maka menunjukkan adanya potensi kolinearitas.

2.5. Uji Validasi

Validasi model adalah langkah esensial dalam penelitian ilmiah. Pada penelitian ini, kinerja model divalidasi menggunakan kurva *Receiver Operating Character* (ROC) serta berbagai metrik lainnya, seperti akurasi, presisi, kappa, *recall*, skor-F1, *Mean Absolute Error* (MAE), dan *Root Mean Squared Error* (RMSE). Metrik-metrik ini sangat penting untuk mengukur akurasi model dan memastikan adanya evaluasi yang menyeluruh terhadap kinerja model. *Receiver Operating Character* (ROC) adalah alat yang sangat efektif untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja model klasifikasi, terutama dalam konteks dataset yang tidak seimbang dalam bentuk kurva. Dengan memberikan gambaran tentang *trade-off* antara sensitivitas dan spesifisitas, serta dengan menggunakan *Area Under the Curve* (AUC) sebagai ukuran kinerja dalam membedakan antara kelas positif dan negatif, sehingga kurva ROC membantu peneliti dan praktisi dalam membuat keputusan yang lebih baik terkait pemodelan data (Richardson et al., 2024). Berikut merupakan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Hasanuzzaman et al., 2022; Sarker et al., 2019):

$$AUC = \frac{(\sum TP + \sum TN)}{(P+N)} \dots\dots\dots(7)$$

$$Akurasi = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \dots\dots\dots(8)$$

$$Presisi = \frac{TP}{(TP+FP)} \dots\dots\dots(9)$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP+FN)} \dots\dots\dots(10)$$

$$F1-Score = \frac{2}{\left(\frac{1}{Presisi}\right) + \left(\frac{1}{Recall}\right)} \dots\dots\dots(11)$$

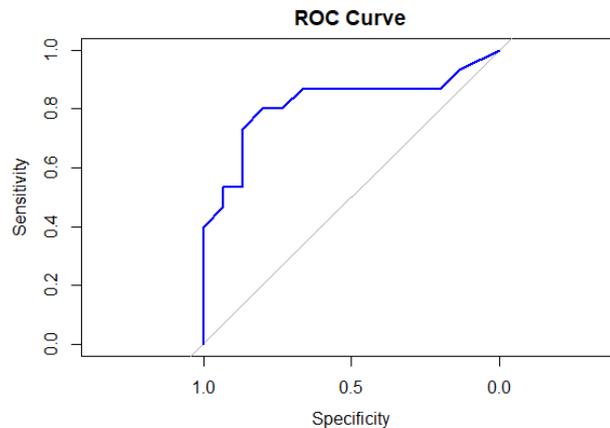
$$Kappa = \frac{(Pc - P_{exp})}{(1 - P_{exp})} \dots\dots\dots(12)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} (X_{ei} - X_{oi})^2} \dots\dots\dots(13)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} |X_{ei} - X_{oi}| \dots\dots\dots(14)$$

Dimana: TP adalah *True Positive*, TN adalah *True Negative*, FP yaitu *False Positive*, dan FN yaitu *False Negative*. Pc merujuk pada jumlah piksel yang cocok atau tidak cocok secara akurat, dan P_{exp} mewakili hasil estimasi. Selain itu, X_{oi} dan X_{ei}

masing-masing adalah nilai observasi dan nilai prediksi model, dan n merujuk pada jumlah total nilai prediksi dan aktual.



Gambar 1. Kurva ROC

2.6. Penelitian Terdahulu

Sejumlah studi telah dilakukan sebelumnya untuk memetakan potensi air tanah dengan menggunakan metode seperti Sistem Informasi Geografis (SIG) dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP), yang menggabungkan berbagai faktor geospasial. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan SIG dan AHP dapat mempercepat analisis potensi air tanah dan menghasilkan hasil yang lebih akurat, sehingga mendukung pengambilan keputusan di bidang sumber daya air. Penelitian ini disusun dengan mempertimbangkan hasil-hasil dari penelitian sebelumnya sebagai referensi dan perbandingan. Meskipun sudah banyak penelitian mengenai analisis potensi air tanah, masing-masing memiliki tujuan, metode, dan hasil yang berbeda. Penentuan tujuan, metode, dan hasil dari penelitian tersebut disesuaikan dengan kondisi spesifik setiap wilayah yang diteliti. Penelitian yang dilakukan oleh Ariska *et al* (2025) melakukan analisis potensi zona air tanah menggunakan metode AHP di Kota Bengkulu. Proses ini menghasilkan model peta dengan lima kategori potensi air tanah: sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah. Hasil validasi menggunakan beberapa metrik, seperti ROC (*Area Under Curve* = 0,89), akurasi (0,81), dan F1-Score (0,83) menunjukkan bahwa metode AHP cukup andal untuk pemetaan air tanah di kawasan perkotaan.

Penelitian selanjutnya yang mengkaji tentang pemetaan potensi air tanah sudah pernah dilakukan oleh Sahoo *et al* (2024) yang memetakan potensi zona air tanah di Distrik Khordha menggunakan kombinasi metode SIG dan AHP. Fokus utama penelitian ini adalah untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam mengidentifikasi zona-zona potensial air tanah, sehingga dapat membantu dalam manajemen air tanah yang lebih baik dan pengembangan sumberdaya air yang berkelanjutan. Metode yang digunakan adalah analisis AHP menggunakan parameter SIG seperti tutupan lahan, elevasi, geologi, kerapatan drainase, kemiringan lereng, dan kerapatan kelurusan. Hasil dari penelitian ini diklasifikasikan menjadi 4 kelas zona potensi air tanah yaitu (a) baik sekali: hampir 20% wilayah memiliki potensi tinggi; (b) moderat: sebanyak 40% wilayah memiliki potensi moderat; (c) rendah: sekitar 30% wilayah memiliki potensi rendah; dan (d) tidak ada: kurang dari 10% wilayah tidak memiliki potensi air tanah.

Penelitian lainnya yaitu Fatema *et al* (2023) membuat peta potensi air tanah yang akurat untuk Distrik Jashore di Bangladesh. Penelitian ini menggunakan pendekatan geospasial dan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan empat belas parameter yang mempengaruhi potensi air tanah seperti kerapatan kelurusan, kerapatan drainase, geologi, kekasaran permukaan, curah hujan, elevasi, kemiringan, tutupan lahan, indeks posisi topografis, indeks kelembapan topografis, fraksi permukaan *impervious*, tekstur tanah atas, permeabilitas tanah, dan jenis tanah umum. Bobot dari setiap parameter ditentukan menggunakan AHP dan skor untuk setiap sub parameter diberikan berdasarkan literatur yang ada. Peta potensi air tanah akan dihasilkan menggunakan alat analisis *overlay* berbobot dalam ArcGIS 10.3 dan dikategorikan menjadi lima kelas: sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Khoirunnisa (2022) yang melakukan pemetaan zonasi potensi sumber air tanah di Kabupaten Pringsewu, Lampung. Metode penelitian ini menggunakan analisis data sekunder dan pengolahan data menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Parameter-parameter yang

digunakan antara lain peta kerapatan vegetasi, peta kelerengan lahan, peta aliran sungai, peta geologi, data klimatologi, dan data hidrogeologi. Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) digunakan untuk memberikan pembobotan kepada parameter-parameter tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 51,68% wilayah Kabupaten Pringsewu berpotensi tinggi, 45,80% berpotensi sedang, dan 2,52% berpotensi rendah.

Selanjutnya penelitian dilakukan oleh Rustadi dkk (2020) yang menggunakan metode penelitian berbeda yaitu dengan survey gaya berat untuk melakukan deliniasi cekungan air tanah di Bandar Lampung. Data pada penelitian ini dikumpulkan secara acak di berbagai lokasi di Bandar Lampung untuk menganalisis anomali *Bouguer*, kemudian ditafsirkan untuk menentukan keberadaan cekungan air tanah. Survei ini memungkinkan peneliti untuk menggambarkan struktur geologi bawah permukaan yang berhubungan dengan potensi penyimpanan air tanah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa topografi dan penggunaan lahan di Bandar Lampung berdampak negatif pada infiltrasi air ke dalam cekungan, sehingga meningkatkan risiko krisis air tanah di musim kemarau.

Tabel 3. Penelitian terdahulu

No	Judul Penelitian	Penulis	Metode	Hasil
1.	<i>Groundwater Potential Mapping (GWPM) using Analytical Hierarchy Process (AHP) in Bengkulu City, Indonesia</i>	Citra Febiola Ariska, Darmawan Ikhlas Fadli, Muhammad Afif Nabhan, Rahma Alshenta Nugraha, Belliya Hafiza, Isra Amalia, Erlan Sumanjaya, Arif Ismul Hadi, Refrizon, dan Ayu Maulidiyah (2025)	Metode AHP dan parameter geospasial digunakan untuk menghasilkan peta potensi zona air tanah di Kota Bengkulu.	Wilayah dengan potensi sedang hingga tinggi mencakup sebagian besar area kota (50,9%). Parameter dominan yang mempengaruhi potensi air tanah adalah curah hujan, densitas kelurusan, dan densitas drainase. Model divalidasi dengan berbagai metrik dan hasilnya cukup andal.

Lanjutan Tabel 3

2.	<i>Mapping of groundwater potential zones of Khordha District using GIS and AHP approaches</i>	Abinash Sahoo, Rupsa Subhadarshini, dan Falguni Baliarsingh (2024)	Metode AHP dan SIG yang menggunakan 7 parameter, serta validasi kappa dan akurasi.	Peta diklasifikasikan menjadi 4 kelas zona potensi air tanah yaitu baik sekali, moderat, rendah, dan tidak ada.
3.	<i>Groundwater potential mapping in Jashore, Bangladesh</i>	Kaniz Fatema, Md. Ashikur Rahman Joy, F.M. Rezvi Amin, Showmitra Kumar Sarkar (2023)	Metode AHP dan empat belas parameter geospasial.	Hasil analisis menunjukkan distribusi zona potensi air tanah yang diklasifikasikan menjadi 5 kelas yaitu sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah.
4.	Pemetaan Zonasi Potensi Sumber Air Tanah Di Kabupaten Pringsewu	Ade Nia Khoirunnisa (2022)	Metode AHP dan SIG yang divalidasi data lapangan dengan geolistrik.	Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, wilayah tersebut dapat dibagi menjadi tiga kategori yaitu zona potensi tinggi, sedang, dan rendah.
5.	Delineasi Cekungan Air Tanah Bandar Lampung Sebagai Landasan Konservasi Untuk Menjaga Ketersediaan Secara Berkelanjutan	Rustadi, Arief I.H., Ahmad Z., Nandi Haerudin, dan Suharno (2020)	Survei gaya berat dan analisis anomali Bouguer	Hasil menunjukkan bahwa topografi dan penggunaan lahan saat ini berdampak negatif pada infiltrasi air ke dalam cekungan, sehingga meningkatkan risiko krisis air tanah di musim kemarau. Data menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah telah mengalami perubahan fungsi menjadi kawasan pemukiman, mengurangi area resapan alami.

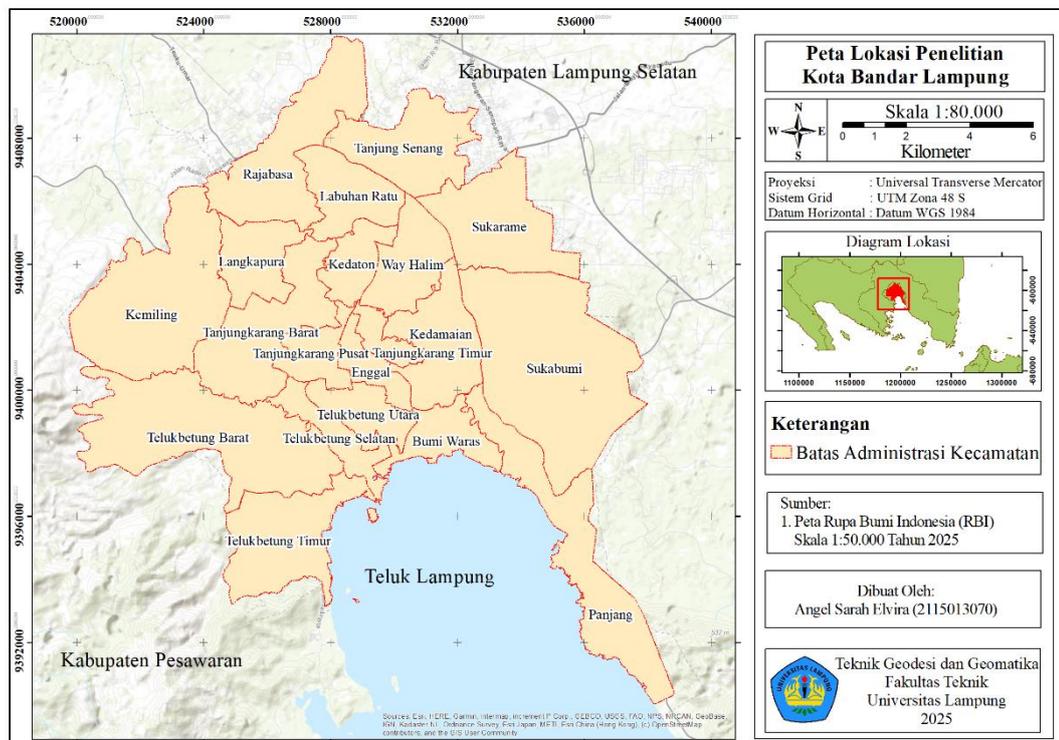
Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah yang ditemukan dalam studi terdahulu dengan beberapa aspek sebagai berikut:

1. Meskipun metode AHP sering digunakan dalam analisis potensi zona air tanah, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya menggunakan uji validasi dengan metrik yang sederhana seperti kappa, AUC-ROC, atau validasi data lapangan. Dalam penelitian ini akan menguji tingkat akurasi data menggunakan berbagai pendekatan validasi yang kompleks seperti ROC, kappa, presisi, akurasi, *recall*, *F1-Score*, RMSE, dan MAE untuk melakukan analisis yang lebih mendalam terkait seberapa besar akurasi dan korelasi data.
2. Keterbatasan akses terhadap data primer yang memakan biaya dan waktu besar menjadi alasan penelitian ini memanfaatkan dan berfokus pada data sekunder yang sudah tersedia seperti curah hujan, tutupan lahan, geologi, DEM, dan geomorfologi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian yang dilaksanakan berada di Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung, Indonesia. Secara geografis wilayah Bandar Lampung terletak antara $5^{\circ}20'$ hingga $5^{\circ}30'$ Lintang Selatan dan $105^{\circ}28'$ hingga $105^{\circ}37'$ Bujur Timur. Posisi geografis ini yang menjadikan Bandar Lampung sebagai kota strategis, baik dari segi aksesibilitas menuju Pulau Jawa melalui Selat Sunda, maupun sebagai pusat ekonomi dan transportasi di Provinsi Lampung.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

Berdasarkan gambar 2, kotak merah menunjukkan lokasi Kota Bandar Lampung yang terletak di Pulau Sumatra. Adapun kecamatan yang ada di Bandar Lampung berdasarkan peta lokasi penelitian di atas yaitu Kedamaian, Kedaton, Kemiling, Labuhan Ratu, Langkapura, Panjang, Rajabasa, Enggal, Sukabumi, Sukarame, Tanjung Senang, Tanjung Karang Barat, Tanjung Karang Pusat, Tanjung Karang Timur, Teluk Betung Barat, Teluk Betung Selatan, Teluk Betung Timur, dan Way Halim.

Bandar Lampung menghadapi tantangan besar terkait ketersediaan air tanah, di mana pertumbuhan populasi yang cepat dan meningkatnya kebutuhan air bersih telah menciptakan ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan, yang dapat berujung pada krisis air di masa depan. Dengan karakter geospasial yang bervariasi, seperti tutupan lahan, topografi, dan pola curah hujan yang beragam, Bandar Lampung menjadi wilayah yang tepat untuk menerapkan metode AHP dalam menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi potensi air tanah. Waktu penelitian ini dimulai terhitung dari tanggal 7 November 2024. Penelitian ini meliputi kegiatan persiapan penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, dan validasi data.

3.2. Alat dan Data Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Alat yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Fungsi
1.	Laptop	Mengolah data yang diperoleh dan menyusun laporan
2.	Perangkat lunak pengolah GIS	<i>Software</i> untuk mengolah dan menganalisis data
3.	Perangkat lunak pengolah angka	Alat untuk melakukan perhitungan AHP
4.	Perangkat lunak pengolah kata	Alat untuk menyusun laporan
5.	Perangkat lunak JASP	Melakukan uji multikolinearitas
6.	Perangkat lunak Rstudio	Melakukan uji validasi data

Berikut merupakan data yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 5. Data penelitian

No	Data	Jenis data	Fungsi	Sumber data
1.	Data DEMNAS tahun 2024	Raster	Menghasilkan peta ketinggian, peta kemiringan, peta densitas drainase, dan peta densitas kelurusan	Badan Informasi Geospasial
2.	Peta RBI Kota Bandar Lampung skala 1:50.000 tahun 2024	Vektor	Batas administrasi dalam pengolahan data.	Badan Informasi Geospasial
3.	Peta curah hujan Kota Bandar Lampung skala 1:50.000 tahun 2024	Raster	Data intensitas curah hujan bulanan untuk mengetahui curah hujan tahunan studi area.	CHIRPS
4.	Peta tutupan lahan Kota Bandar Lampung skala 1:50.000 tahun 2024	Vektor	Jenis penggunaan lahan yang mempengaruhi infiltrasi dan penyerapan air tanah.	Google Earth Engine
5.	Peta geologi dan geomorfologi Kota Bandar Lampung skala 1:250.000 tahun 2024	Vektor	Menggambarkan jenis batuan dan bentuk lahan yang menentukan kemampuan tanah menyimpan dan mengalirkan air.	Badan Geologi Indonesia
6.	Data curah hujan BMKG	Tabular	Data intensitas curah hujan bulanan untuk mengetahui curah hujan tahunan studi area.	Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

Permasalahan terkait penggunaan data primer yang memakan waktu dan biaya menjadi alasan utama untuk berfokus pada data sekunder dalam penelitian ini. Sebagai alternatif, penelitian ini memanfaatkan data sekunder yang sudah tersedia seperti pada portal resmi BIG, GEE, Badan Geologi Indonesia, BMKG, dan *Climate Hazard Group (University of California)* bekerja sama dengan USGS).

3.3. Metode

Metode penelitian yang dilakukan meliputi tahap penelitian, pengolahan data, dan analisis data.

3.3.1. Tahap Persiapan Penelitian

Pada tahap persiapan penelitian ini meliputi proses persiapan dan proses pengumpulan data:

a. Proses persiapan

Sebelum melakukan penelitian, perlu dilakukan studi literatur untuk mengumpulkan informasi yang menjadi data tambahan mengenai daerah penelitian. Studi literatur ini dilakukan dengan mencari dan mengumpulkan riset terdahulu dari literatur *online* seperti jurnal ilmiah dan artikel terkait materi kajian untuk dijadikan referensi, arahan penelitian, dan penulisan laporan. Kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data dan mempersiapkan alat.

b. Proses pengumpulan data

Pada penelitian ini menggunakan data sekunder dalam proses pengolahan data. Data sekunder yang diperlukan dalam memodelkan delineasi zona potensi air tanah Bandar Lampung yaitu batas administrasi, data DEMNAS, data curah hujan, data geologi dan geomorfologi. Data yang dibutuhkan dikumpulkan melalui pencarian di berbagai portal resmi sebagai berikut:

1. Badan Informasi Geospasial (<https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/unduh>) untuk memperoleh data batas administrasi dengan format *shapefile* dan data DEMNAS Kota Bandar Lampung dengan format *tif*.

2. Badan Geologi Indonesia (<https://geologi.esdm.go.id/geomap>) untuk memperoleh data geologi dan geomorfologi Kota Bandar Lampung dengan format *shapefile*.
3. *Climate Hazard Group InfraRed Precipitation with Station Data* (CHIRPS) yang disediakan oleh *University of California*, Santa Barbara bekerja sama dengan USGS dan data BMKG dalam menyediakan data curah hujan. Data curah hujan CHIRPS yang diperoleh tersedia dengan format *tif*, dan data BMKG dalam format *excel*.
4. *Google Earth Engine* (GEE) digunakan untuk memperoleh data tutupan lahan Kota Bandar Lampung dengan data Landsat 8 yang tersedia pada laman GEE (<https://code.earthengine.google.com/>). Data tutupan lahan ini diperoleh dengan pendekatan berbasis pemrosesan awan menggunakan algoritma *random forest*. Setelah itu data dapat diunduh dengan format *tif* dan dilanjutkan proses pengolahan pada perangkat lunak GIS.

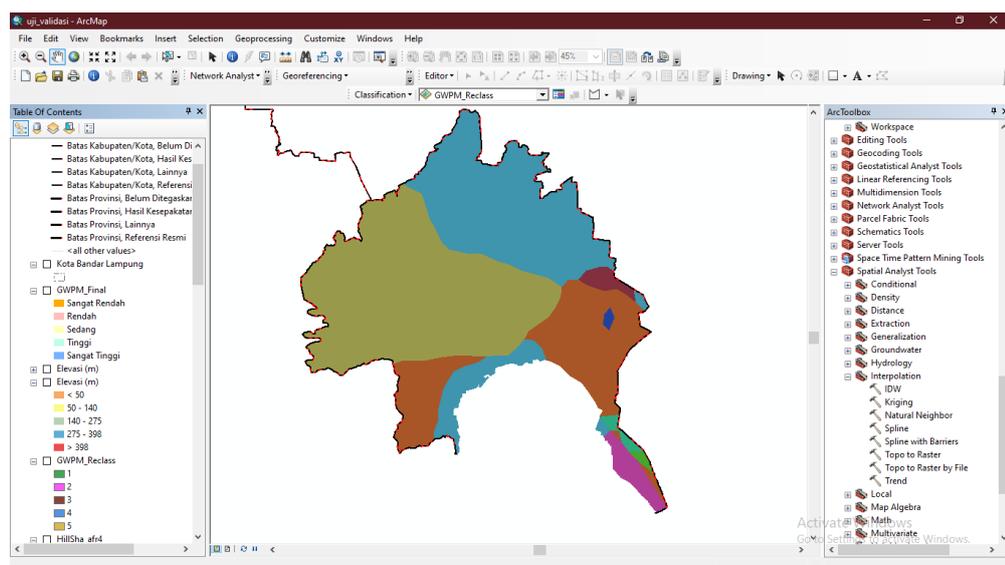
3.3.2. Tahap Pengolahan Data

Untuk menghasilkan peta potensi air tanah di Bandar Lampung mencakup proses pengolahan data yang melibatkan beberapa tahapan dalam penelitian ini. Pengolahan data adalah langkah penelitian yang bertujuan untuk mengubah data yang sudah diperoleh menjadi informasi yang lebih terstruktur sehingga dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Proses ini dimulai dengan verifikasi data yang diperoleh agar sesuai dengan kebutuhan penelitian. Setelah itu, pengolahan data setiap parameter yang mencakup klasifikasi data berdasarkan kriteria tertentu yang diberikan skor dan bobot sesuai dengan metode AHP menggunakan skala Saaty. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang diproses mencerminkan kualitas dan relevansi yang optimal.

a. Pengolahan peta geologi dan geomorfologi

Geologi adalah parameter krusial yang mempengaruhi sifat hidrogeologi seperti porositas dan konduktivitas hidrolis pada material akuifer. Parameter ini menentukan karakteristik serta kualitas tanah, karena tanah merupakan lapisan teratas dari zona tak jenuh. Tekstur tanah berperan dalam

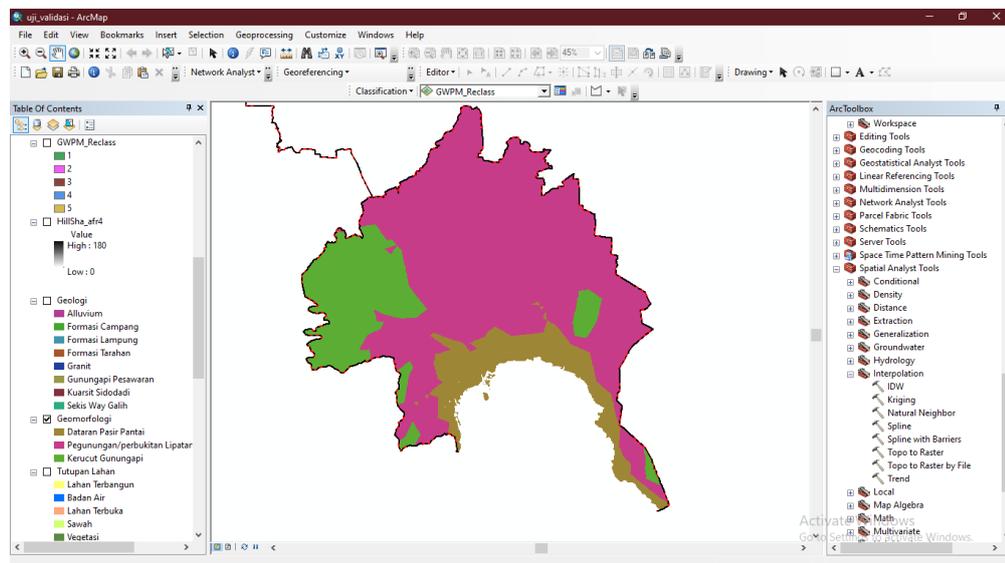
mempengaruhi infiltrasi dan retensi air, partikel tanah yang lebih besar memungkinkan infiltrasi yang lebih tinggi, sementara partikel yang lebih kecil mengurangi permeabilitas. Data geologi yang sudah diperoleh dari portal resmi Badan Geologi Indonesia berupa data vektor dengan format *shapefile* ini diolah menggunakan perangkat lunak GIS. Tahapan yang dilakukan meliputi *clipping* area studi penelitian dengan batas administrasi Kota Bandar Lampung, kemudian klasifikasi satuan geologi berdasarkan atribut yang terdapat dalam data vektor yang bertujuan mengelompokkan formasi geologi di studi area. Selanjutnya dilakukan penerapan simbolisasi untuk memperjelas perbedaan tiap formasi geologi melalui pewarnaan yang sesuai. Tahap akhir yaitu *layouting* peta, penyusunan elemen-elemen kartografis seperti legenda, skala, arah mata angin, dan informasi lainnya.



Gambar 3. Proses pembuatan peta geologi

Geomorfologi adalah salah satu parameter yang menggambarkan bentuk dan struktur lanskap suatu daerah. Data ini menggambarkan bentuk permukaan lahan, seperti dataran, perbukitan, atau lereng. Bentuk geomorfologi yang datar biasanya mendukung resapan air yang lebih baik dibandingkan dengan daerah curam. Proses pembuatan peta geomorfologi ini menggunakan data kemiringan lereng dan elevasi untuk mengklasifikasikan bentuk lahan sesuai dengan klasifikasi yang terdapat pada peta geomorfologi dari Badan Geologi

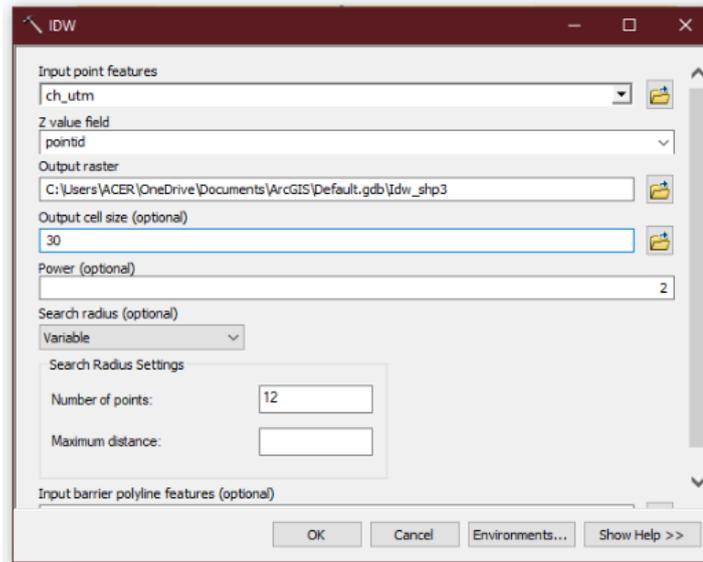
Indonesia. Pengolahan peta geomorfologi diproses menggunakan perangkat lunak GIS yang meliputi proses *reclassify* untuk mengelompokkan area berdasarkan kriteria yang telah ditentukan, penerapan simbolisasi dan warna untuk membedakan kelas, dan proses *layouting*.



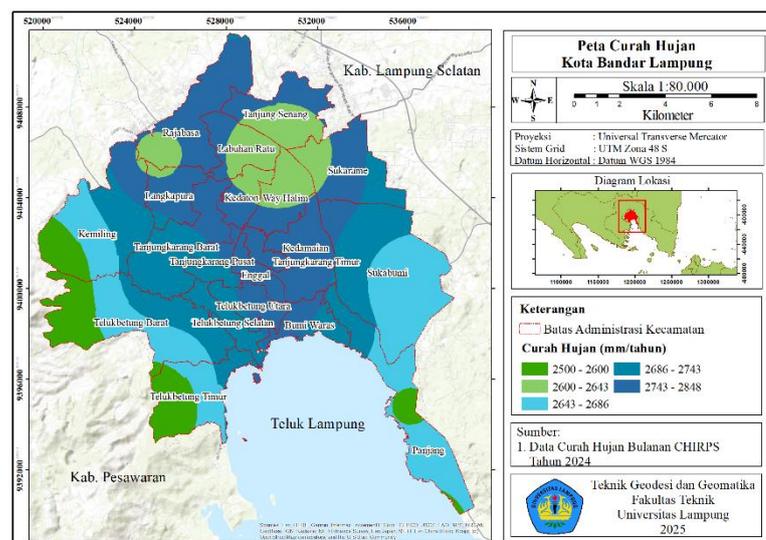
Gambar 4. Proses pembuatan peta geomorfologi

b. Pengolahan peta curah hujan

Data curah hujan yang diperoleh dari *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS)* beresolusi $0,05^\circ$ berfungsi untuk mengidentifikasi wilayah dengan intensitas hujan yang tinggi, karena daerah-daerah tersebut umumnya memiliki potensi air tanah yang lebih tinggi. Data curah hujan ini mencakup informasi curah hujan bulanan yang digunakan terhitung dari 1 Januari sampai dengan 31 Desember 2024, kemudian data curah hujan diolah menggunakan metode interpolasi yaitu *inverse distance weighting (IDW)* dengan memperkirakan nilai-nilai pada lokasi yang tidak terukur berdasarkan jarak dari titik sampel. Hasil dari data CHIRPS diketahui bahwa curah hujan tahunan Kota Bandar Lampung berkisar antara 2.500 sampai dengan 2.848 mm/tahun. Dapat dilihat pada Gambar 6, distribusi curah hujan tinggi terfokus di wilayah Tanjung Karang Timur, Enggal, Kedamaian, dan Teluk Betung Utara.



Gambar 5. Pengaturan *tools* IDW



Gambar 6. Peta curah hujan CHIRPS

Dalam penelitian ini, data curah hujan CHIRPS dilakukan perbandingan dengan data observasi BMKG pada waktu yang sama dari empat stasiun yaitu Stasiun Geofisika Lampung Utara, Stasiun Klimatologi Lampung, Stasiun Meteorologi Radin Inten II, dan Stasiun Meteorologi Maritim Panjang. Menggunakan metode interpolasi yang sama, data BMKG menunjukkan bahwa terdapat perbedaan distribusi spasial dan intensitas curah hujan. Berdasarkan hasil pengolahan data BMKG pada gambar 22, distribusi curah hujan tinggi terfokus di wilayah tenggara dan selatan studi area dengan

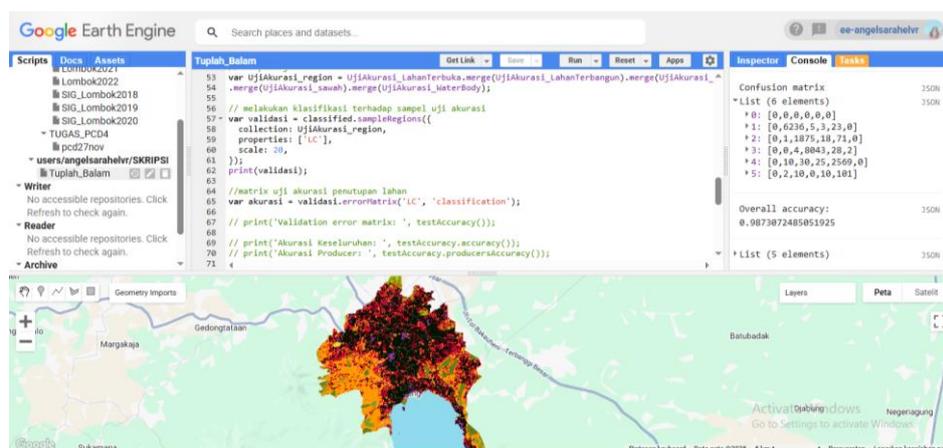
intensitas curah hujan tertinggi 2.640 mm/tahun. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh karakteristik masing-masing data dan tidak menimbulkan permasalahan pada model yang dihasilkan karena perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Data BMKG memiliki tingkat akurasi tinggi di sekitar lokasi stasiun pengamatan karena berbasis pengukuran langsung, sementara data CHIRPS yang berasal dari pengamatan satelit akurasinya bergantung pada kualitas koreksi lokal. Berdasarkan penelitian (Suryanto dkk, 2023; Yanti dkk, 2023), distribusi curah hujan BMKG lebih heterogen karena merekam variasi lokal secara detail dibanding data CHIRPS yang homogen atau merata karena interpolasi satelit dan kalibrasi berbasis model, sehingga variasi lokal yang tajam dapat tereduksi. Data CHIRPS sering *overestimate* pada curah hujan ringan (<20 mm/hari) dan *underestimate* pada curah hujan sedang hingga lebat karena satelit lebih sensitif mendeteksi awan tipis (hujan ringan) namun kurang akurat untuk hujan intensitas tinggi, terutama di daerah dengan pengaruh orografis (pegunungan). Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini menggunakan data curah hujan dari BMKG sebagai dasar utama dalam penentuan parameter curah hujan pada analisis potensi air tanah, karena dinilai lebih representatif terhadap kondisi aktual di lapangan.

c. Pengolahan peta tutupan lahan

Data tutupan lahan mencakup berbagai jenis penggunaan lahan, seperti hutan, sawah, permukiman, industri, perkebunan, dan lain-lain. Pada penelitian ini peta tutupan lahan diperoleh menggunakan citra satelit Landsat 8 OLI yang diunduh dan diproses melalui *platform Google Earth Engine (GEE)*. Citra Landsat 8 dipilih karena memiliki resolusi spasial yang memadai yaitu 30 meter serta ketersediaan data yang luas dan terjangkau. Proses pengolahan peta tutupan lahan ini menggunakan skrip *JavaScript* di GEE dan dibagi menjadi empat tahapan yaitu:

1. Pengolahan data citra, citra Landsat 8 OLI yang digunakan telah melalui koreksi atmosfer dari USGS dan dilakukan komposit median untuk menghilangkan efek awan dari periode 1 Januari 2024 sampai dengan 1 Januari 2025.

2. Klasifikasi tutupan lahan, pada penelitian ini metode *supervised classification* dengan algoritma *random forest* dipilih agar model yang dihasilkan lebih teliti. Selanjutnya dilakukan pembuatan *training data* untuk dikategorikan kedalam beberapa kelas yaitu lahan terbangun, lahan terbuka, sawah, vegetasi, dan badan air.
3. Validasi dan evaluasi klasifikasi, hasil klasifikasi dinilai keakuratan modelnya menggunakan metode *confusion matrix* yaitu *overall accuracy* dan *kappa coefficient*. Nilai *confusion matrix* yang mendekati 1 dianggap baik dan minim bias, dan mengekspor data dalam format *tiff* untuk dilakukan proses penyajian peta pada perangkat lunak GIS.
4. Penyajian peta, selanjutnya data diimpor menggunakan perangkat lunak GIS dan dilakukan *reclassify* berdasarkan atribut pada data. Kemudian mengkonversi data dari raster ke vektor menggunakan *tools raster to polygon* dan melakukan *layouting* peta.



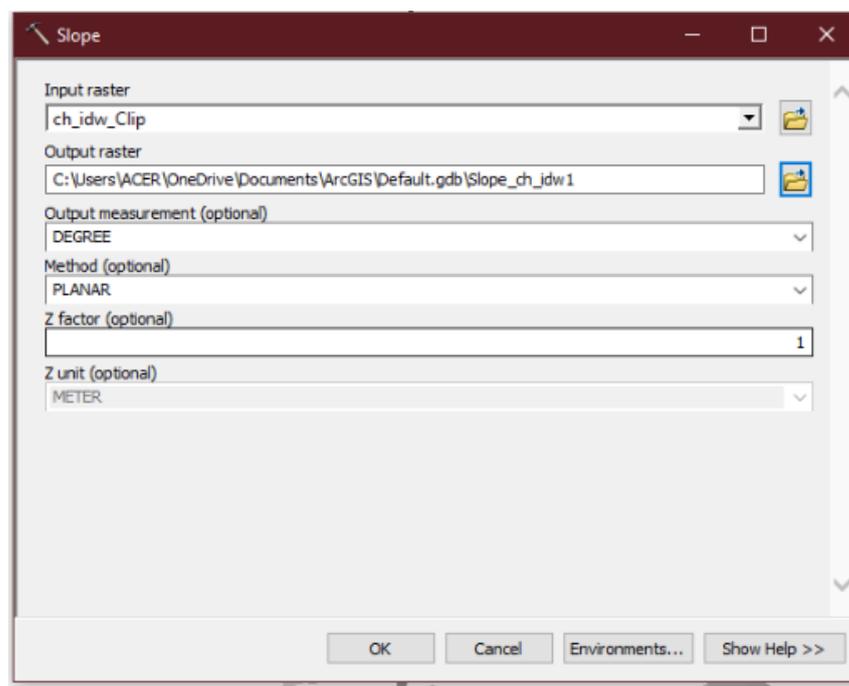
Gambar 7. Proses pengolahan di GEE

d. Pengolahan data DEMNAS

Data DEMNAS yang sudah diperoleh dari situs BIG diolah menjadi empat peta yaitu peta densitas drainase, densitas kelurusan, elevasi, dan kemiringan lereng. Peta densitas drainase memberikan informasi kepadatan jaringan drainase untuk mengidentifikasi wilayah dengan aliran permukaan yang tinggi atau rendah. Peta densitas kelurusan memberikan informasi kepadatan kelurusan

yang menunjukkan adanya jalur retakan atau patahan sebagai jalur pergerakan air. Peta elevasi digunakan untuk melihat variasi elevasi dan aliran air. Serta peta kemiringan lereng sebagai identifikasi area dengan potensi resapan yang tinggi (lahan landai) dan potensi resapan yang rendah (lahan curam).

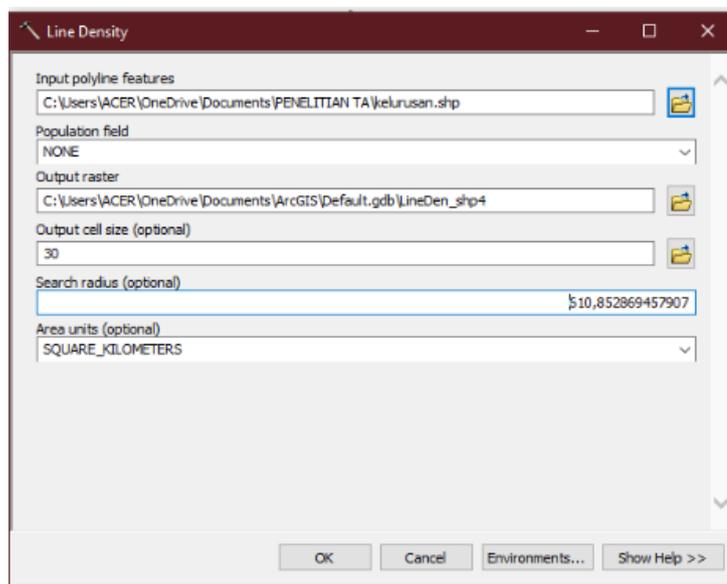
1. Peta elevasi, data DEMNAS yang diperoleh divisualisasikan menggunakan *tools hillshade* pada perangkat lunak GIS untuk menggambarkan relief permukaan dan melakukan *layouting* peta.
2. Peta kemiringan lereng, pada perangkat lunak GIS digunakan *slope tools* untuk menentukan unit derajat sebagai representasi kemiringan lereng dan dilakukan klasifikasi seperti landai, sedang, curam, dan proses *layouting* peta.



Gambar 8. Proses *slope*

3. Peta densitas drainase, pada proses ini data DEMNAS diekstraksi menjadi jaringan sungai menggunakan *tools flow direction* dan *flow accumulation*. Kemudian densitas drainase dihitung menggunakan *line density tools* dan melakukan *layouting* peta.

4. Peta densitas kelurusan, pada tahap ini dilakukan digitasi fitur kelurusan dari data DEMNAS berdasarkan *hillshade* dan kemiringan lereng. Kemudian menggunakan *line density tools* untuk menghitung tingkat kepadatan kelurusan dan melakukan *layouting* peta.



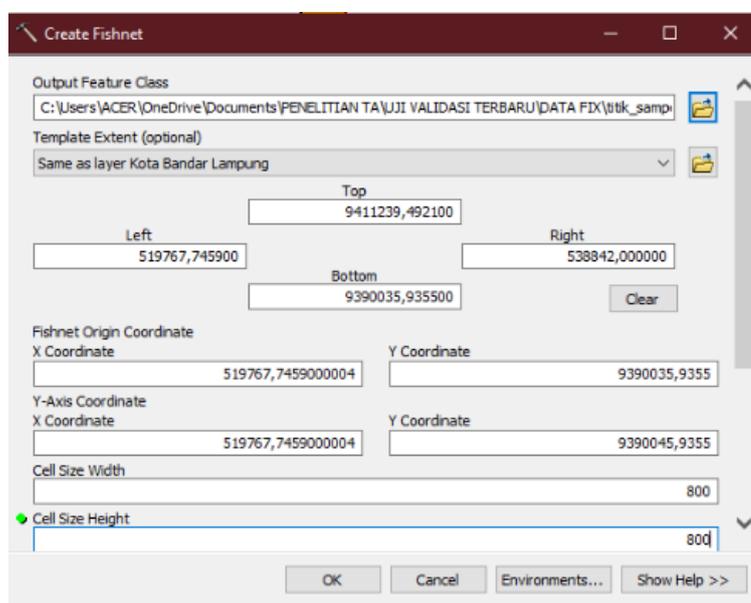
Gambar 9. Proses *line density*

e. Uji multikolinearitas dan PCC

Uji multikolinearitas dan *Pearson Correlation Coefficient* (PCC) penting dilakukan dalam menganalisis potensi air tanah karena menggunakan beberapa parameter yang saling berkaitan. Uji multikolinearitas dan PCC ini dilakukan untuk melihat parameter terbaik yang akan meningkatkan kualitas potensi air tanah di Bandar Lampung dan menilai hubungan linier antar parameter yang digunakan. Ketika antar parameter yang menjadi variabel independen terdapat korelasi yang tinggi, maka akan terjadi multikolinearitas dan menyebabkan bias dalam pembobotan AHP karena sulit menentukan kontribusi tiap variabel terhadap potensi air tanah. Oleh karena itu, uji multikolinearitas berperan dalam menghilangkan parameter yang berdampak negatif terhadap keakuratan potensi air tanah, mendeteksi keterkaitan antar parameter, menghindari redundansi data, dan meminimalisir kesalahan dalam analisis. Sedangkan untuk PCC yang bernilai -1 atau 1 untuk mengukur hubungan antar parameter,

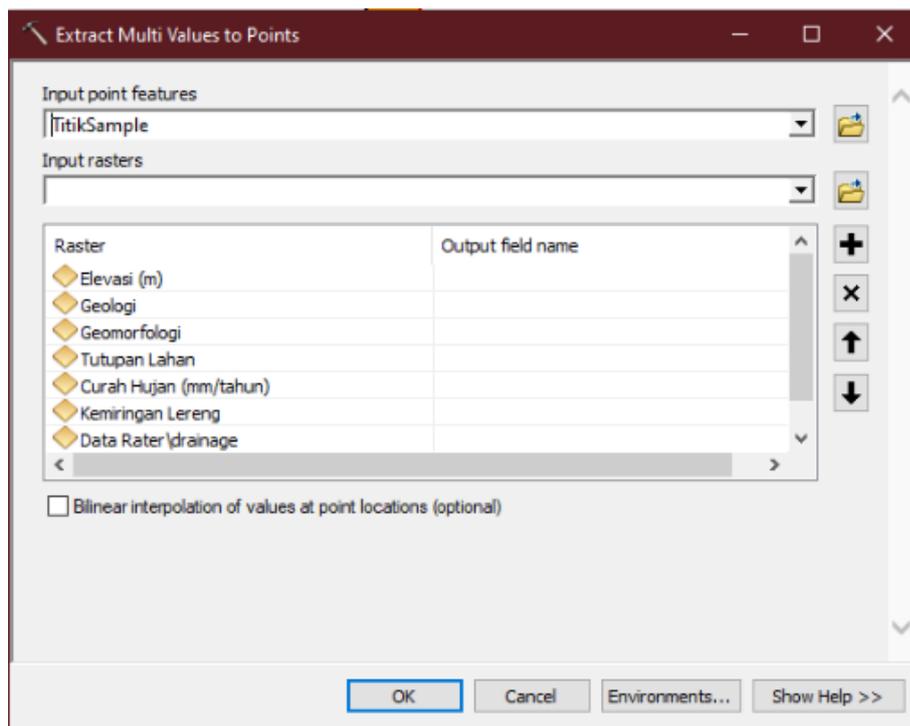
menginformasikan antar parameter berkorelasi positif atau negatif, dan membantu dalam penentuan parameter terbaik terhadap potensi air tanah.

Setelah semua parameter yang digunakan telah selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah menentukan titik sampel. Titik sampel ini dibuat secara sistematis menggunakan *tools create fishnet* pada perangkat lunak GIS. Pada *tools create fishnet* ditetapkan jarak antar titik sebesar 800 meter agar distribusi sampel merata di seluruh area studi dan hasilnya disimpan dalam format *shapefile*.



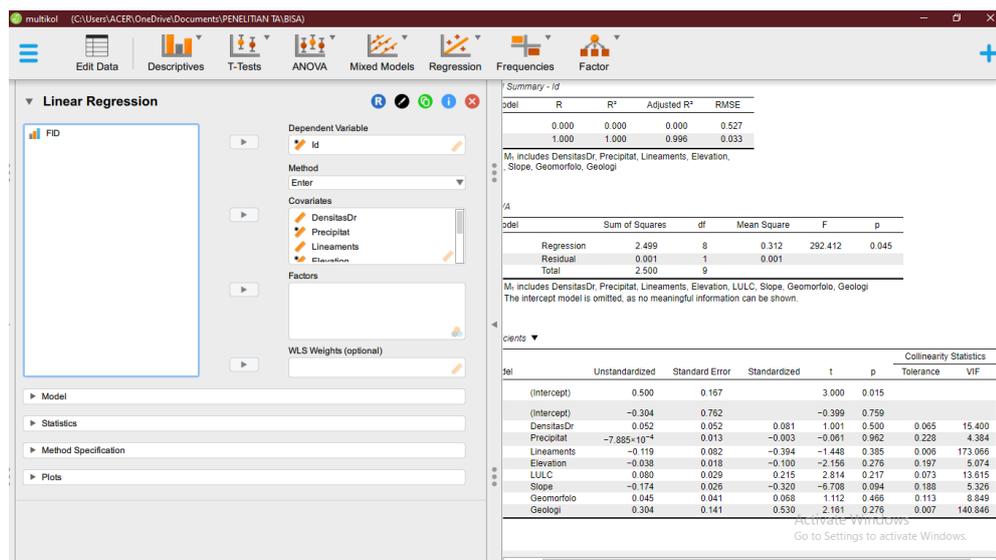
Gambar 10. Pengaturan *tools create fishnet*

Setelah titik sampel dibuat, dilakukan ekstraksi nilai parameter raster ke dalam titik sampel menggunakan *tools extract multi values to points* pada perangkat lunak GIS. Proses ini dilakukan untuk memperoleh nilai atribut dari parameter-parameter raster yang digunakan yaitu elevasi, kemiringan lereng, densitas drainase, densitas kelurusan, tutupan lahan, curah hujan, geologi, dan geomorfologi. Setelah hasil ekstraksi selesai, data disimpan dalam bentuk tabel *excel* dan dikonversi ke dalam format *Comma Separated Values (CSV)* agar dapat diolah menggunakan JASP.



Gambar 11. Pengaturan *tools extract multi values*

Uji multikolinearitas dilakukan menggunakan *software* JASP untuk memperoleh nilai *Tolerance* dan *Variance Inflation Factor* (VIF) dari tiap parameter yang digunakan. Titik sampel yang telah dibuat menggunakan *tools create fishnet* digunakan menjadi variabel dependen dan parameter yang digunakan menjadi variabel independen pada pengujian. Jika nilai VIF > 10 dan nilai *Tolerance* < 0,1 maka diketahui terjadi korelasi yang kuat antara parameter. Jika nilai VIF dalam rentang 1 sampai dengan 10, maka dianggap tidak berpengaruh signifikan terhadap model. Setelah nilai *Tolerance* dan VIF, *Pearson Correlations Coefficient* (PCC) dilakukan dan menghasilkan nilai dengan rentang -1 hingga 1. Jika nilai koefisien korelasi (r) > 0,7 maka hubungan antar parameter cukup kuat.



Gambar 12. Pengujian pada *software* JASP

f. Analisis AHP

Analisis AHP sangat penting dalam penelitian ini karena melakukan pemodelan keputusan dengan menyusun masalah yang kompleks menjadi beberapa tingkatan, sehingga memudahkan dalam pemberian bobot pada setiap parameter. AHP merupakan metode pengambilan keputusan multikriteria yang memungkinkan pembobotan dilakukan secara sistematis berdasarkan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) antar parameter. Penentuan nilai kepentingan relatif antar parameter dalam matriks perbandingan berpasangan dilakukan berdasarkan pendekatan studi literatur. Survei literatur dilakukan terhadap beberapa penelitian terdahulu yang relevan dan menerapkan AHP untuk pemetaan potensi air tanah. Dari hasil kajian tersebut, dilakukan analisis kecenderungan (*trend*) bobot dan urutan tingkat kepentingan tiap parameter. Berdasarkan frekuensi kemunculan dan urutan prioritas pada survei literatur tersebut, nilai skala kepentingan yang digunakan mengikuti skala Saaty pada tabel 1.

Langkah pertama adalah menyusun matriks perbandingan berpasangan antar parameter (misalnya parameter curah hujan dibandingkan dengan parameter kemiringan lereng) berdasarkan skala Saaty yang diperoleh dari hasil survei

literatur yang merepresentasikan sejauh mana satu parameter lebih penting dibandingkan parameter lain. Selanjutnya, dilakukan proses normalisasi matriks perbandingan dengan membagi setiap elemen matriks dengan jumlah kolomnya. Kemudian menghitung rata-rata setiap baris untuk mendapatkan bobot prioritas relatif (*eigen vector*) dari tiap parameter. Setelah itu, setiap parameter juga dilakukan pembobotan menggunakan skala Saaty berdasarkan klasifikasi kelas masing-masing parameter. Dengan melakukan analisis AHP dapat memastikan konsistensi data, menghasilkan pemodelan yang akurat, dan menentukan daerah berpotensi tinggi air tanah.

Tabel 6. Survei literatur untuk estimasi bobot AHP

Sumber Literatur	Geomorfologi	Densitas Drainase	Densitas Kelurusa	Kemiringan	Geologi	Tutupan Lahan	Curah Hujan	Elevasi
Doke et al, 2021	0,16	0,04	0,03	0,12	0,28	0,10	0,01	
Hassanuzaman et al, 2022	0,13	0,14	0,06	0,02	0,06	0,02	0,23	0,11
Kisiki et al, 2022		0,07	0,12	0,16	0,35	0,23	0,04	
Thanh et al, 2022				0,14	0,39	0,03	0,03	
Danso and Ma, 2023		0,09	0,15	0,15	0,29	0,10		
Fatema et al, 2023	0,08	0,07	0,05	0,12	0,18	0,14	0,04	
Sahoo et al, 2024	0,21	0,13	0,14	0,04	0,07	0,18	0,06	0,1
Vidya et al, 2024	0,30	0,03	0,17	0,13	0,30	0,04		
Ariska et al, 2025	0,30	0,04	0,18	0,10	0,15	0,06	0,09	0,08
Lubis et al, 2025		0,34	0,33	0,17	0,09	0,04		

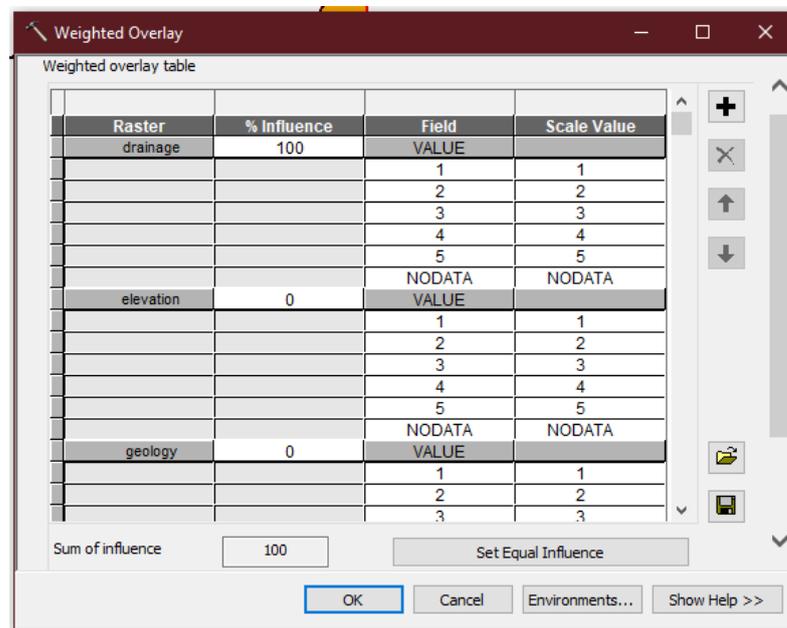
g. Verifikasi data dengan *Consistency Ratio* (CR)

Consistency Ratio (CR) sangat krusial dalam memastikan keakuratan bobot parameter yang digunakan dalam AHP. Verifikasi data dengan perhitungan CR dapat menghindari kesalahan akibat tidak konsistennya dan bias dalam penilaian. Setelah analisis AHP dilakukan, bobot tiap parameter dan sub parameter dihitung menggunakan rumus (2) dan rumus (3). Jika hasil perhitungan kurang dari 10% atau 0,1 maka matriks perbandingan dianggap konsisten dan dapat divalidasi. Namun, jika hasil melebihi 10% atau 0,1 maka matriks menunjukkan tidak konsisten dan perlu dilakukan revisi dan meninjau kembali perbandingan berpasangan dalam analisis AHP, kemudian melakukan perhitungan kembali hingga CR kurang dari 10% atau 0,1.

- h. Pembuatan peta potensi air tanah menggunakan metode *weighted linear combination* (WLC) yang dilakukan dengan *tools weighted overlay* pada perangkat lunak GIS (Abdalla *et al.*, 2020; Araffa *et al.*, 2023). Dengan rumus matematis sebagai berikut:

$$GWPM = \sum W_i \times CV_i \dots \dots \dots (15)$$

Keterangan: GWPM merujuk pada potensi zona air tanah, W_i merupakan bobot lapisan tematik yang dinormalkan, dan CV_i merupakan nilai bobot (*capability values*) sub parameter yang dinormalkan.



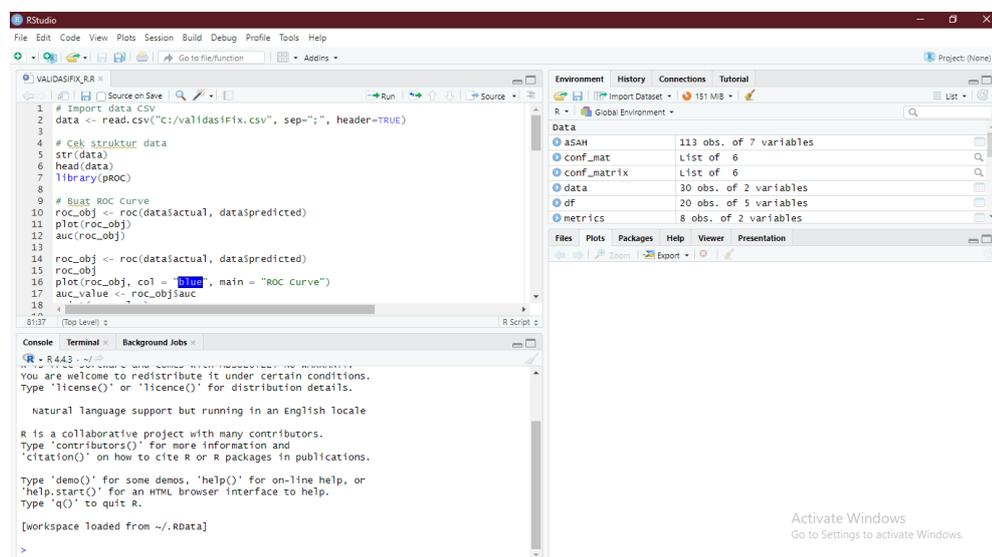
Gambar 13. *Weighted overlay*

- i. Validasi hasil dengan ROC dan metrik lainnya

Data yang sudah dilakukan uji multikolinearitas dan pembobotan AHP, dilanjutkan dengan validasi data menggunakan Rstudio. Dalam analisis potensi air tanah, ROC dan metrik lainnya seperti akurasi, presisi, kappa, *recall*, *F1-Score*, RMSE, dan MAE memiliki peran penting dalam menilai keakuratan model dan memastikan analisis kinerja model yang komprehensif. ROC adalah grafik yang menunjukkan kemampuan model dalam membedakan kelas positif dan negatif, serta kurva AUC yang memberi gambaran seberapa baiknya model. Akurasi sebagai pengukur seberapa baik model bekerja, Presisi

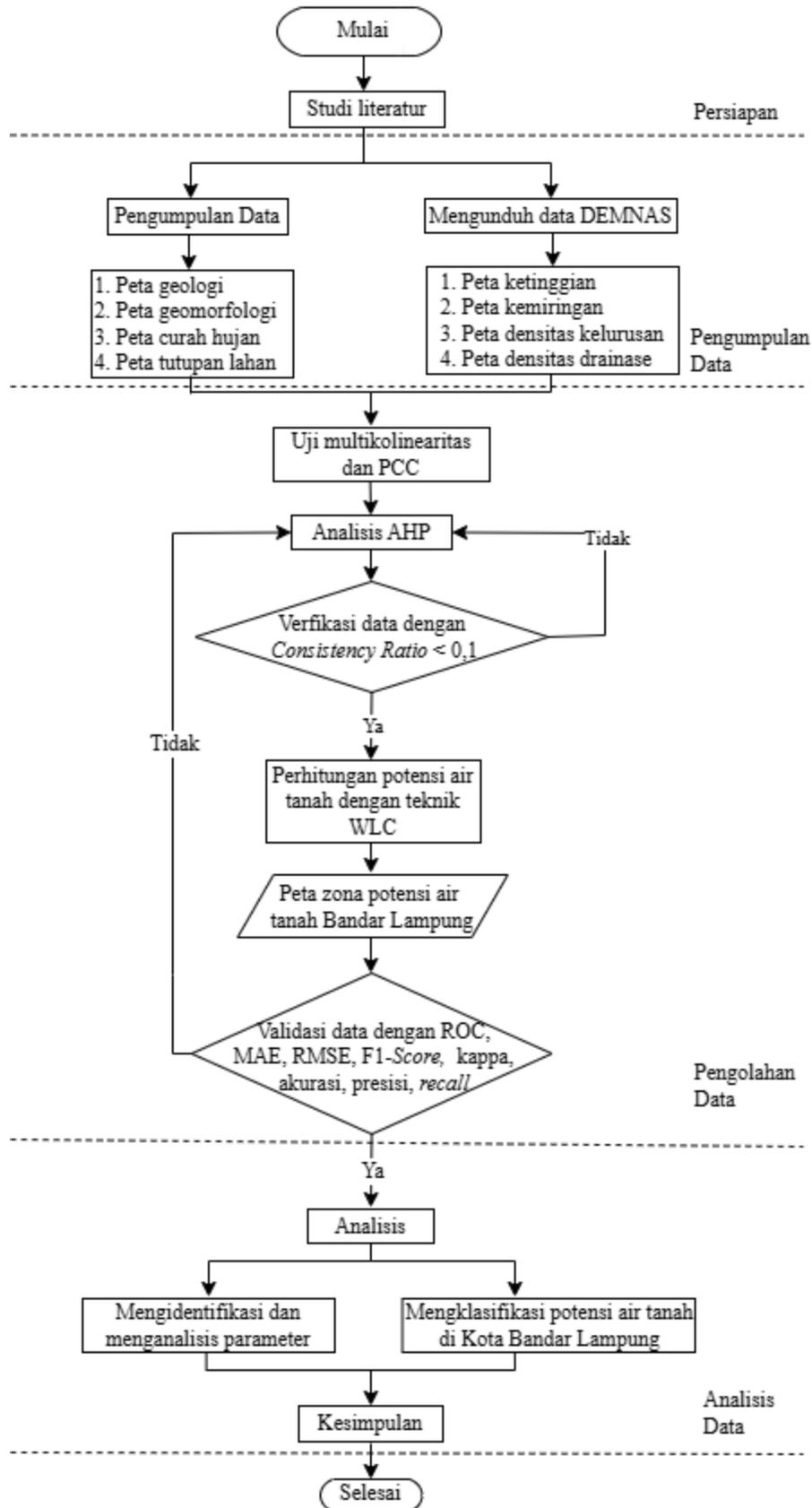
berperan dalam mengukur prediksi positif yang telah dibuat. *Kappa* mengukur prediksi model dan data aktual dengan kemungkinan kesepakatan yang kebetulan terjadi. *Recall* mengukur proporsi positif yang berhasil diidentifikasi model. *F1-Score* memberikan keseimbangan antara rata-rata harmonis dari presisi dan *recall*. *RMSE* mengukur seberapa besar kesalahan mode secara menyeluruh. *MAE* mengukur rata-rata kesalahan absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual (rumus 7-14).

Keseluruhan metrik validasi dilakukan menggunakan Rstudio dengan *script* (Chicco and Jurman, 2020). Sebelum melakukan uji validasi, titik sampel dibuat terlebih dahulu secara acak dengan jumlah 15 titik berada pada daerah potensi air tanah tinggi dan 15 titik pada daerah potensi air tanah rendah. Kemudian hasil titik sampel digabungkan dengan atribut tabel dari hasil pembobotan AHP menggunakan *menu join and relates* pada perangkat lunak GIS. Sehingga dihasilkan tabel dengan dua kolom, dimana kolom hasil titik sampel menjadi nilai aktual dan kolom hasil pembobotan AHP menjadi nilai prediksi yang selanjutnya digunakan pada uji validasi di Rstudio.



Gambar 14. Script Rstudio

Secara keseluruhan, tahap pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini disajikan dalam diagram alir pada gambar 15 berikut:



Gambar 15. Diagram alir penelitian

Berikut merupakan waktu kegiatan pada penelitian ini:

Tabel 7. Waktu penelitian

No	Kegiatan	Okt 2024	Nov 2024	Des 2024	Jan 2025	Feb 2025	Mar 2025	Apr 2025
1.	Studi literatur							
2.	Pengumpulan data							
3.	Pengolahan data							
4.	Verifikasi data							
5.	Analisi AHP							
5.	Pembuatan Peta potensi zona air tanah Bandar Lampung							
6.	Validasi data							
7.	Penulisan hasil penelitian							

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini menyajikan analisis pertama pada potensi zona air tanah di Kota Bandar Lampung dengan pemanfaatan teknik geospasial dan pendekatan AHP. Hasil dari penelitian yang sudah dilakukan dan dijelaskan pada bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Parameter yang digunakan yaitu elevasi, kemiringan lereng, densitas drainase, densitas kelurusan, curah hujan, tutupan lahan, geologi dan geomorfologi dievaluasi menggunakan uji multikolinearitas untuk mendapatkan nilai *Tolerance*, VIF, dan *Pearson correlation*, dimana hasil yang diberikan tidak ada masalah multikolinearitas antar parameter. Pada pembobotan AHP, parameter geomorfologi memperoleh nilai vektor *eigen* terbesar yaitu 0,27 yang diikuti oleh geologi sebesar 0,22 dan parameter densitas kepadatan memperoleh nilai terkecil sebesar 0,04. Sehingga geomorfologi dan geologi mendominasi hasil distribusi spasial peta potensi zona air tanah di Bandar Lampung, serta secara langsung menentukan karakteristik fisik bawah permukaan yang menjadi tempat utama penyimpanan dan pergerakan air tanah.
2. Peta potensi zona air tanah Bandar Lampung diklasifikasikan menjadi lima kelas yaitu: sangat rendah dengan luas 50,75 km² (30,39%), rendah dengan luas 49,76 km² (29,80%), sedang dengan luas 50,12 km² (30,02%), tinggi dengan luas 22,89 km² (13,72%), dan sangat tinggi dengan luas 10,04 km² (6,02%). Wilayah potensi air tanah rendah hingga sangat rendah didominasi pada daerah timur wilayah penelitian yaitu seperti Tanjung Senang, Labuhan Ratu, Sukarame, Rajabasa, dan daerah lainnya yang terdiri dari struktur geologi formasi tarahan dan formasi lampung yang relatif kedap air, bentuk lahan endapan piroklastik dan dataran tinggi dengan lereng curam mengurangi potensi air tanah karena air

cepat mengalir tanpa sempat tersimpan. Densitas kelurusan yang rendah membatasi jalur rekahan untuk infiltrasi, sementara densitas drainase tinggi meningkatkan limpasan permukaan. Elevasi tinggi mempercepat aliran air dan tutupan lahan yang didominasi lahan terbangun semakin menghambat peresapan air. Sedangkan wilayah potensi zona air tanah tinggi hingga sangat tinggi terdapat pada Kecamatan Teluk Betung Utara, Teluk Betung Selatan, Kemiling, Teluk Betung Barat, dan Kedamaian ditandai oleh geomorfologi dataran pasir pantai yang permeabel dan banyak rekahan, mendukung infiltrasi dan penyimpanan air tanah. Struktur geologi didominasi formasi Gunungapi Pesawaran yang terdiri dari batuan vulkanik berpori sehingga meningkatkan kapasitas penyimpanan air tanah. Densitas kelurusan yang tinggi juga memperkuat potensi dengan menyediakan jalur masuk air ke bawah permukaan. Meskipun didominasi oleh lahan terbangun dan elevasi relatif sedang (140–275 m), kemiringan lereng yang landai menyebabkan limpasan lebih tinggi dan infiltrasi lebih rendah, serta curah hujan yang relatif tinggi tetap menjaga potensi air tanah di wilayah ini.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, terdapat beberapa saran sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya, verifikasi lapangan disarankan untuk memastikan kesesuaian hasil peta potensi zona air tanah dengan kondisi hidrogeologi aktual melalui survei geolistrik atau pengukuran muka air tanah.
2. Penambahan data yang lebih detail seperti parameter hidrogeologi, data sumur bor, jenis tanah, dan permeabilitas batuan dapat meningkatkan akurasi dalam model, serta memperkaya analisis dalam menentukan daerah potensi air tanah.
3. Evaluasi lanjutan menggunakan teknik validasi silang (*cross-validation*) atau kombinasi metode *ensemble* dapat menjadi rekomendasi untuk pengembangan model.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdalla, F., Moubark, K., and Abdelkareem, M. 2020. Groundwater Potential Mapping using GIS, Linear Weighted Combination Techniques and Geochemical Processes Identification, West of The Qena Area, Upper Egypt. *Journal of Taibah University for Science*, 14(1), 1350–1362.
- Alshehri, F., El-Hamid, H. T. A., and Mohamed, A. 2024. Mapping coastal Groundwater Potential Zones Using Remote Sensing Based AHP Model in Al Qunfudhah Region along Red Sea, Saudi Arabia. *Heliyon*, 10 (7), e28186.
- Ampofo, S., Issifu, J. S., Kusibu, M. M., Mohammed, A. S., and Adiali. F. 2023. Selection of The Final Solid Waste Disposal Site in The Bolgatanga municipality of Ghana using Analytical Hierarchy Process (AHP) and Multi-criteria Evaluation (MCE). *Heliyon*, 9 (3), e18558.
- Araffa, S. A. S., Hamed, H. G., Nayef, A., Sabet, H. S., AbuBakr, M. M., and Mebed, M. El. 2023. Assessment of Groundwater Aquifer Using Geophysical And Remote Sensing Data On The Area of Central Sinai, Egypt. *Scientific Reports*, 13(1), 1–18.
- Ariska, C. F., Fadli, D. I., Nabhan, M. A., Nugraha, R. A., Hafiza, B., Amalia, I., Sumanjaya, E., Hadi, A. I., Refirzona and Afif, M. 2025. Groundwater Potential Mapping (GWPM) using Analytical Hierarchy Process (AHP) in Bengkulu City , Indonesia. 2025.
- Benjmel, K., Amraoui, F., Aydda, A., Tahiri, A., and Yousif, M. 2022. A Multidisciplinary Approach for Groundwater Potential. *Water*, 14(10), 1553.
- BPBD Bandar Lampung. 2024. Pendistribusian Air Bersih. <https://bpbd.bandarlampungkota.go.id/berita-12998-PENDISTRIBUSIAN-AIR-BERSIH.html>. Diakses pada 29 Maret 2025.
- BPS. 2023. Persentase Rumah Tangga menurut Sumber Air Utama yang Digunakan Rumah Tangga untuk Minum (Persen), 2022. <https://bandarlampungkota.bps.go.id/id/statistics-table/2/Njg3IzI=/percentage-of-households-by-main-source-of-water-used-by-households-for-drinking.html>. Diakses pada 29 Maret 2025.

- BPS. 2024a. Jumlah Penduduk Menurut Kabupaten/Kota (ribu jiwa), 2023-2024. <https://lampung.bps.go.id/id/statistics-table/2/ODAxIzI=/jumlah-penduduk-menurut-kabupaten-kota.html>. Diakses pada 29 Maret 2025.
- BPS. 2024b. Laju Pertumbuhan Penduduk Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Lampung, 2020, 2023, dan 2024. <https://lampung.bps.go.id/id/statistics-table/1/NTgwIzE=/laju-pertumbuhan-penduduk-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-lampung--2020--2023--dan-2024.html>. Diakses pada 29 Maret 2025.
- BPS. 2024c. Persentase Rumah Tangga dengan Akses terhadap Air Minum Layak Sebesar 82,78%. <https://lampung.bps.go.id/id/news/2024/03/22/286/persentase-rumah-tangga-dengan-akses-terhadap-air-minum-layak-sebesar-82-78-persen.html>. Diakses pada 29 Maret 2025.
- Cahyadi, A., Yananto, A., Wijaya, M. S., dan Nugraha, H. 2012. Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Retensi Potensial Air Oleh Tanah Pada Kejadian Hujan Sesaat (Studi Kasus Perubahan Penggunaan Lahan Di Das Garang Jawa Tengah). 2012 (semnasIF), 1–7.
- Chicco, D., and Jurman, G. 2020. The Advantages Of The Matthews Correlation Coefficient (MCC) Over F1 Score And Accuracy In Binary Classification Evaluation. *BMC Genomics*, 21(1), 1–13.
- Danso, S. Y., and Ma, Y. 2023. Geospatial techniques For Groundwater Potential Zones Delineation In A Coastal Municipality, Ghana. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 26(1), 75–84.
- Diriba, D., Karuppattan, S., Takele, T., and Husein, M. 2024. Delineation of Groundwater Potential Zonation Using Geoinformatics And AHP Techniques With Remote Sensing Data. *Heliyon*, 10(3), e25532.
- Doke, A. B., Zolekar, R. B., Patel, H., and 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(September 2020), 107685.
- Fatema, K., Joy, M. A. R., Amin, F. M. R., and Sarkar, S. K. 2023. Groundwater Potential Mapping in Jashore, Bangladesh. *Heliyon*, 9(3), e13966.
- Guidi, G., Goffo, G., and Violante, A. C. 2024. Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) Method To Identify The Most Suitable Approach For Managing Irradiated Graphite. *Nuclear Engineering and Technology*, 56(11), 4820–4825.
- Han, Y., Wang, Z., Lu, X., and Hu, B. 2020. Application of AHP to Road Selection. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(2), 12–24.

- Hasanuzzaman, M., Mandal, M. H., Hasnine, M., and Shit, P. K. 2022. Groundwater potential Mapping Using Multi-Criteria Decision, Bivariate Statistic And Machine Learning Algorithms: Evidence From Chota Nagpur Plateau, India. *Applied Water Science*, 12(4).
- Hilal, I., Qurtobi, M., Saadi, R., Aqnouy, M., Bouizrou, I., Bouadila, A., Dakak, H., Abdelrahman, K., Moreno-Navarro, J. G., Abioui, M., Stitou El Messari, J. E., Ekoa Bessa, A. Z., and Benmansour, M. 2024. Integrating Remote Sensing, GIS-Based, And AHP Techniques To Delineate Groundwater Potential Zones In The Moulouya Basin, North-East Morocco. *Applied Water Science*, 14(6), 1–17.
- Jari, A., Bachaoui, E. M., Hajaj, S., Khaddari, A., Khandouch, Y., El Harti, A., Jellouli, A., and Namous, M. 2023. Investigating Machine Learning And Ensemble Learning Models In Groundwater Potential Mapping In Arid Region: Case Study From Tan-Tan water-scarce region, Morocco. *Frontiers in Water*, 5.
- Khoirunnisa, A. N. 2022. Pemetaan Zonasi Potensi Sumber Air Tanah di Kabupaten Pringsewu. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Kisiki, C. P., Bekele, T. W., Ayenew, T., and Mjemah, I. C. 2022. Geospatial Application On Mapping Groundwater Recharge Zones in Makutupora basin, Tanzania. *Heliyon*, 8(10), e10760.
- Liu, T., Ahmad, I., Dar, M. A., Zelenakova, M., Gebrie, L. M., Kifle, T., and Angualie, G. S. 2024. Identification of Hotspots And Cold-Spots Of Groundwater Potential Using Spatial Statistics. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 56(September), 101977.
- Manik, M. H. 2023. Addressing The Supplier Selection Problem By Using The Analytical Hierarchy Process. In *Heliyon* (Vol. 9, Issue 7).
- Maqbool, S., Singh, V., Patley, M. K., Kinattinkara, S., and Arumugam, T. 2024. Evaluation of Groundwater Quality Potential Zones Using AHP And WIOA Models in Shopian District, Jammu and Kashmir, India: A GIS. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 16, 100488.
- Mayavani, C., Soekarno, I., Farid, M., and Taufiq, A. 2024. An Improved Equation For Potential Discharge Estimation In Groundwater Basin Delineated Watershed. *Results in Engineering*, 103238.
- Meng, F., Khan, M. I., Naqvi, S. A. A., Sarwar, A., Islam, F., Ali, M., Tariq, A., Ullah, S., Soufan, W., and Faraj, T. K. 2024. Identification and mapping of groundwater recharge zones using multi influencing factor and Analytical Hierarchy Process. *Scientific Reports*, 14(1), 1–17.

- Moges, S. S., and Dinka, M. O. 2022. Assessment of Groundwater Vulnerability Mapping Methods For Sustainable Water Resource Management: An overview. *Journal of Water and Land Development*, 52, 186–198.
- Moodley, T., Seyam, M., Abunama, T., and Bux, F. 2022. Delineation of Groundwater Potential Zones In Kwazulu-Natal, South Africa Using Remote Sensing, GIS and AHP. *Journal of African Earth Sciences*, 193(September 2021), 104571.
- Muda, A., Wahyu, H., and Akbar, A. J. 2025. Results in Earth Sciences Groundwater Potential Assessment In Pino Region , South Bengkulu , Indonesia Using Geo-Investigation , Remote Sensing , And GIS Approaches. *Results in Earth Sciences*, 3(January), 100059.
- Ortiz, R., Contreras, M., and Mellado, C. 2023. Regression, Multicollinearity and Markowitz. *Finance Research Letters*, 58(PC), 104550.
- Patil, V. B., and Saraf, V. R. 2024. Intelligent Systems And Applications In Engineering Review of Groundwater Mapping and Water Quality Assessment Using GIS and Water Quality Index (WQI). *Heliyon (3) 5*, e10712.
- Polresta Bandar Lampung. 2024. Polresta Bandar Lampung Bagian Ribuan Air Liter Bersih Bagi Warga Terdampak Kekeringan. <https://restabandarlampung.lampung.polri.go.id/berita/477/polresta-bandar-lampung-bagikan-ribuan-liter-air-bersih-bagi-warga-terdampak-kekeringan>. Diakses pada 28 Maret 2025.
- Pratama, I. A., Sukmono, A., dan Firdaus, H. S. 2016. Identifikasi Potensi Air Tanah Berbasis Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kabupaten Kendal). 5, 122–131.
- Rahadian, H., Bandong, S., Widyotriatmo, A., and Joelianto, E. 2023. Image Encoding Selection Based On Pearson Correlation Coefficient For Time Series Anomaly Detection. *Alexandria Engineering Journal*, 82(March), 304–322.
- Rahma, A. D., and Ludwig, F. 2024. El Nino Effects on Water Availability for Agriculture: Case Study of Magelang, Central Java, Indonesia. *Applied Environmental Research*, 46(2).
- Ramesh, B., Khedkar, M., Shahare, K., Chappa, S., and Mitra, A. 2023. Analytic Hierarchy Process-Based Optimal Load Scheduling Framework In An Islanded Distribution Network. In *Energy Reports* (Vol. 9, pp. 519–523).
- Rao, P., Wang, Y., Liu, Y., Wang, X., Hou, Y., Pan, S., Wang, F., and Zhu, D. 2022. A comparison of Multiple Methods For Mapping Groundwater Levels In The Mu Us Sandy Land, China. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 43, 101189.

- Razavi-Termeh, S. V., Sadeghi-Niaraki, A., Farhangi, F., Khiadani, M., Pirasteh, S., and Choi, S. M. 2024. Solving Water Scarcity Challenges In Arid Regions: A Novel Approach Employing Human-Based Meta-Heuristics And Machine Learning Algorithm For Groundwater Potential Mapping. *Chemosphere*, 363(June), 142859.
- Richardson, E., Trevizani, R., Greenbaum, J. A., Carter, H., Nielsen, M., and Peters, B. 2024. The Receiver Operating Characteristic Curve Accurately Assesses Imbalanced Datasets. *Patterns*, 5(6), 100994.
- Rizkiano, A. 2023. Identifikasi Zona Potensi Akuifer Air Tanah Dalam Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Daerah Sukadanaham Bandar Lampung. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Rustadi, A. I. ., Nandi, A. Z., Haerudin, Suharno, Rustadi, Ahmad, Z., Nandi, H., Suharno, dan Arief, I. 2020. Delineasi CAT Bandar Lampung Sebagai Landasan Konservasi Untuk Menjaga Ketersediaan Secara Berkelanjutan. *Jurnal Sumber Daya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN)*, 2(1), 19–22.
- Rustadi, R., dan Rananda, E. 2020. Rock Formation and Site Class in Bandar Lampung. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 6(3), 183–189.
- Saaty, R. W. 1987. The Analytic Hierarchy Process-What It Is And How It Is Used. *Mathematical Modelling*, 9(3–5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8).
- Sahoo, A., Subhadarshini, R., and Baliarsingh, F. 2024. Mapping of Groundwater Potential Zones Of Khordha District Using GIS And AHP Approaches. *Cleaner Water*, 1(April), 100015.
- Sarker, I. H., Kayes, A. S. M., and Watters, P. 2019. Effectiveness Analysis Of Machine Learning Classification Models For Predicting Personalized Context-Aware Smartphone Usage. *Journal of Big Data*, 6(1).
- Senaviratna, N. A. M. R., and A. Cooray, T. M. J. 2019. Diagnosing Multicollinearity of Logistic Regression Model. *Asian Journal of Probability and Statistics*, October, 1–9.
- Shelar, R. S., Nandgude, S. B., Pande, C. B., Costache, R., El-Hiti, G. A., Tolche, A. D., Son, C. T., and Yadav, K. K. 2023. Unlocking the Hidden Potential: Groundwater Zone Mapping Using AHP, Remote Sensing And GIS Techniques. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 14(1).
- Shinde, S. P., Barai, V. N., Gavit, B. K., Kadam, S. A., Atre, A. A., Pande, C. B., Pal, S. C., Radwan, N., Tolche, A. D., and Elkharchy, I. 2024. Assessment of Groundwater Potential Zone Mapping For Semi-Arid Environment Areas using AHP and MIF techniques. *Environmental Sciences Europe*, 36(1).

- Shrestha, N. 2020. Detecting Multicollinearity in Regression Analysis. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 8(2), 39–42.
- Slimani, F. E., Zghibi, A., Elomri, A., Aloui, S., Naeem, K., Merzougui, A., Msaddek, M. H., and Chekirbene, A. 2024. Identification of Groundwater Potential Recharge Zones In A Tunisian Anthropogenic Coastal Region: Insights From Multi-Criteria Decision-Making Techniques. *Journal of African Earth Sciences*, 209(October 2023), 105108.
- Suliman, M., Samiullah, and Ali, M. 2022. Identification of Potential Groundwater Recharge Sitein A Semi-Arid Region Of Pakistan Using Saaty’s Analytical Hierarchical Process (AHP). *Geomatics and Environmental Engineering*, 16(1), 53–70.
- Suryanto, J., Amprin, and Anisum. 2023. Validasi Curah Hujan Harian Chirps Precipitation Satellite Product Di Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 11(1), 73–88.
- Suryawanshi, S. L., Singh, P. K., Kothari, M., Singh, M., Yadav, K. K., and Gupta, T. 2025. Assessment of Groundwater Potential Zones For Hard Rock Area Of Sabi River Basin Using An Integrated Approach Of Remote Sensing, GIS And AHP Techniques. *Physics and Chemistry of the Earth*, 137(December 2023).
- Taherdoost, H., and Madanchian, M. 2023. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts. *Encyclopedia*, 3(1), 77–87.
- Thanh, N. N., Chotpantararat, S., Trung, N. H., Ngu, N. H., and Muoi, L. Van. 2022. Mapping Groundwater Potential Zones In Kanchanaburi Province, Thailand By Integrating Of Analytic Hierarchy Process, Frequency Ratio, And Random Forest. *Ecological Indicators*, 145(June), 109591.
- Vidya, K. M., Manoharan, A. N., Suchitra, B., and Shyni, M. 2024. Combination of Remote Sensing, GIS, AHP Techniques And Geophysical Data To Delineate Groundwater Potential Zones In The Shiriya River Basin, South India. *Geosystems and Geoenvironment*, 3(4), 100294.
- Wubalem, A. 2023. Modeling of Land Suitability For Surface Irrigation Using Analytical Hierarchy Process Method In Belessa Districts, Northwestern Ethiopia. *Heliyon*, 9(3), e13937.
- Xiao, H., Zeng, S., Peng, Y., and Kou, G. 2024. A Simulation Optimization Approach For Weight Valuation In Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, November 2022.
- Yanti, S., Kurniyaningrum, E., Andajani, S., Paramitha, D., dan Sejati, W. 2023. Analisis Perubahan Curah Hujan di Stasiun Halim DKI Jakarta Menggunakan Data Satelit CHIRPS dan CANESM5. *Journal of Education Research*, 1398(4), 6438–6448.