



Identifikasi Potensi Air Tanah Berbasis Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis di Kota Padang

Wahyu Pratama¹, Dwi Marsiska Driptufany², Defwaldi³, Fajrin⁴, Ilham Armi⁵

¹ Program Studi Teknik Geodesi, Institut Teknologi Padang, Indonesia
e-mail: wahyuputra79742@gmail.com

ABSTRAK. Air merupakan kebutuhan dasar bagi makhluk hidup termasuk manusia. Kebutuhan akan air tersebut dapat diperoleh dari berbagai macam sumber, antara lain: air hujan, air permukaan, atau air tanah. Perkiraan kuantitas dan distribusi air di bumi sebesar 97% dari air di bumi ada di laut dan sisanya sebesar 1,7% ada di kutub-kutub bumi berupa es, 1,7% berupa air bawah tanah dan hanya 0,1% berada sebagai air permukaan dan atmosfer. Kota Padang masih kekurangan dari segi air bersih, karena air PDAM Kota Padang sering mengalami gangguan. Sehingga Masyarakat banyak yang menggunakan sumur bor atau sumur galian. Oleh karena itu, identifikasi air tanah Kota Padang sangat perlu dilakukan. Identifikasi potensi air tanah Kota Padang dalam penelitian ini menggunakan data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. Aplikasi Sistem Informasi Geografis digunakan untuk mengidentifikasi potensi air tanah melalui overlay dengan metode kuantitatif berjenjang terhadap parameter kerapatan vegetasi, tutupan lahan, tekstur tanah, jenis batuan, curah hujan dan kelerengan sehingga didapat sebaran potensi air tanah. Hasil dalam penelitian ini adalah potensi air tanah di Kota Padang terdiri dari beberapa kelas yaitu tidak berpotensi, rendah, sedang dan tinggi. Potensi air tanah di Kota Padang didominasi oleh potensi air tanah rendah seluas 37.369,903 Ha, sedang seluas 25.159,745 Ha, tinggi seluas 7.493,06 Ha dan tidak berpotensi seluas 113,030 Ha. Berdasarkan validasi menggunakan data 59 sumur bor di Kota Padang yang dioverlay dengan peta potensi air tanah Kota Padang, diperoleh 11 (18,65%) sumur bor tidak sesuai dan 48 (81,35%) sumur bor sesuai.

Kata kunci: Air Tanah, SIG, Penginderaan Jauh, Potensi

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan dasar bagi makhluk hidup termasuk manusia. Kebutuhan akan air tersebut dapat diperoleh dari berbagai macam sumber, antara lain: air hujan, air permukaan, atau air tanah. Perkiraan kuantitas dan distribusi air di bumi sebesar 97% dari air di bumi ada di laut dan sisanya sebesar 1,7% ada di kutub-kutub bumi berupa es, 1,7% berupa air bawah tanah dan hanya 0,1% berada sebagai air permukaan dan atmosfer (Muchlis et al. 2021). Air tanah adalah segala jenis air yang mengalir di bawah lapisan terluar tanah karena konstruksi lapisan topografi, perbedaan potensi kelembaban tanah, dan gaya gravitasi bumi. Air bawah permukaan ini biasa disebut dengan air tanah. (Rakhmat, Muhammad, and Malik 2019). Potensi air tanah bervariasi antara tempat yang satu dengan tempat yang lain (Sudarmadji, 2006). Keterbatasan persediaan air untuk pemenuhan kebutuhan menjadi pemicu timbulnya konflik sosial di masyarakat (Wiryono, 2013).

Kebutuhan air selalu meningkat sebanding dengan pertumbuhan penduduk. Air tanah merupakan sumber daya alam terbarukan (renewable natural resource/NDR) yang kini berperan penting dalam menyediakan air untuk berbagai kebutuhan, sehingga menyebabkan perubahan nilai air tanah itu sendiri. Secara historis, air tanah merupakan komoditas yang bebas dan ekonomis, artinya diperdagangkan seperti komoditas lainnya dan bahkan di beberapa daerah mempunyai peranan yang strategis. (Ifan Adi Pratama, Abdi Sukmono 2016).

Kota Padang merupakan Kota yang terkenal akan keindahan alamnya terutama kawasan pesisir pantainya. Kota Padang terletak dalam wilayah administratif Provinsi Sumatera Barat dengan letak geografis 00° 44' 00" – 1° 08' 35" LS dan 100° 05' 05" – 100° 34' 09" BT. Kota Padang berbeda dengan kota-kota lainnya di Indonesia, perbedaannya yaitu Kota Padang masih terdapat lahan pertanian yang luas, vegetasinya juga masih banyak, dan wilayah Kota Padang merupakan kawasan yang terdiri dari dataran rendah dan dataran tinggi. Namun Kota Padang masih kekurangan dari segi air bersih, karena air PDAM Kota Padang sering mengalami gangguan. Sehingga Masyarakat banyak

yang menggunakan sumur bor atau sumur galian. Oleh karena itu, identifikasi air tanah Kota Padang sangat perlu dilakukan.

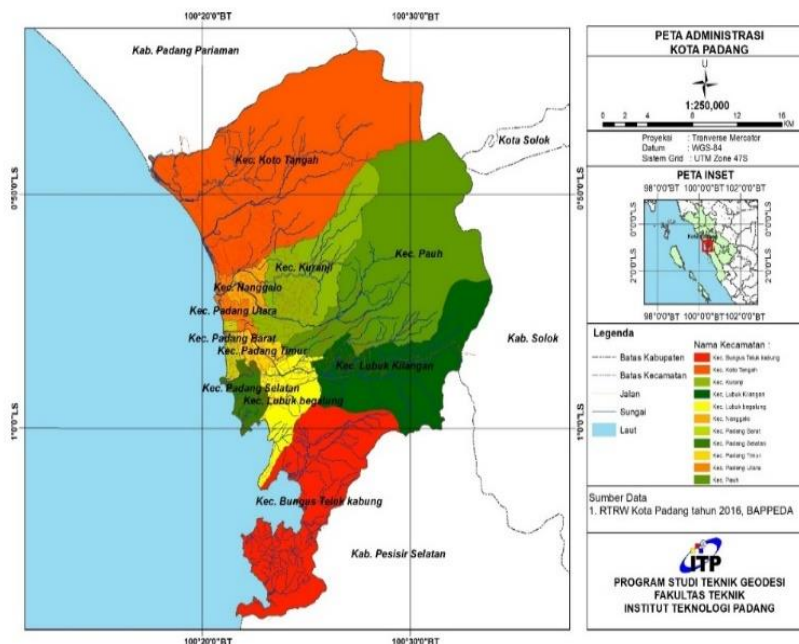
Ilmu yang mendasari penelitian ini yaitu penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Sistem Informasi Geografis (SIG) / Geographic Information System (GIS) adalah suatu sistem informasi berbasis komputer, yang digunakan untuk memproses data spasial yang ber-georeferensi (berupa detail, fakta, kondisi, dsb) yang disimpan dalam suatu basis data dan berhubungan dengan persoalan serta keadaan dunia nyata (real world) (Masykur, 2014). Penginderaan jauh dapat diartikan sebagai sebuah inovasi untuk mengenali suatu benda di permukaan dunia tanpa bersentuhan langsung dengan benda tersebut (Suwargana 2008). Penginderaan jarak jauh pada penelitian ini menggunakan data citra satelit landsat 8, citra satelit Landsat merupakan salah satu citra satelit Pengindraan Jauh yang menampilkan gambaran wilayah yang cukup luas dan sistem pengolahan datanya cukup mudah dipahami oleh berbagai pengguna data (Dianovita, 2013).

Tujuan dari penelitian ini (1) Memetakan sebaran dan luasan potensi air tanah di Kota Padang (2) Memvalidasi sebaran potensi air tanah di Kota Padang berdasarkan sebaran sumur bor Kota Padang. Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut sebagai gambaran atau informasi bagi Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Padang untuk bahan pertimbangan dalam mengatasi kelangkaan air tanah. Sebagai gambaran atau informasi bagi dinas ESDM untuk bahan pertimbangan lokasi pembuatan sumur bor baru.

METODE

1) Lokasi Penelitian

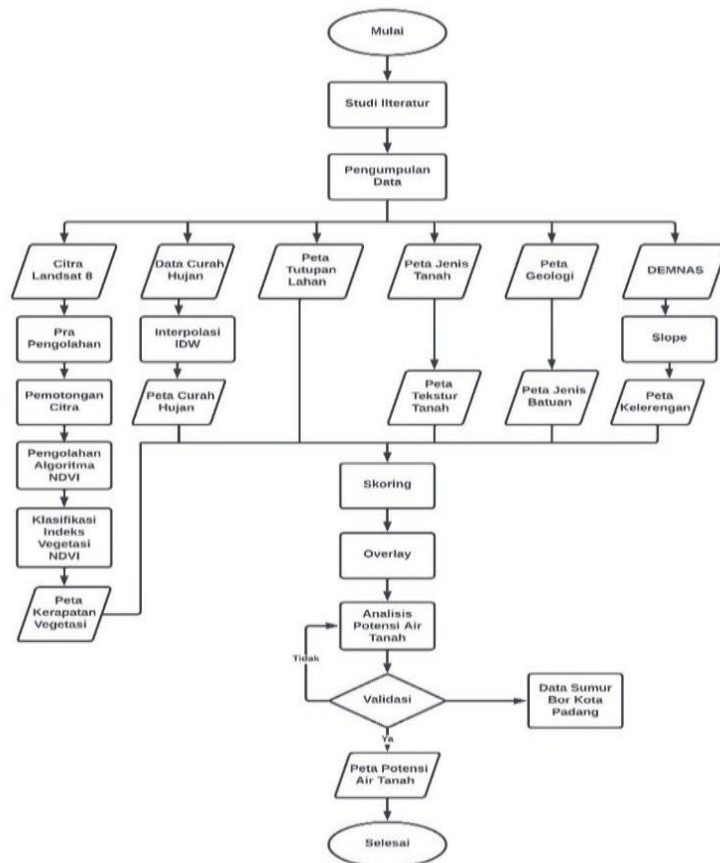
Lokasi penelitian ini berada di Kota Padang, Ibu Kota Provinsi Sumatera barat. Luas wilayah Kota Padang sekitar 70.135,68 Ha. Kota Padang mempunyai batas-batas daerah dimana sebelah barat berbatasan langsung dengan Kabupaten Mentawai dan Samudera Hindia. Sebelah utara berbatasan langsung dengan Kabupaten Padang Pariaman. Sebelah timur berbatasan langsung dengan Kabupaten Solok. Sebelah selatan berbatasan langsung dengan Kabupaten Pesisir Selatan. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Jenis metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif berjenjang. Metode kuantitatif berjenjang ini memberikan nilai yang sama untuk setiap komponen yang digunakan dalam analisis. Setiap komponen diberi nilai yang sama untuk dianalisis, dengan asumsi setiap komponen mempunyai pengaruh yang sama terhadap objek yang dianalisis. Pendekatan ini mencakup faktor pembatas untuk setiap parameter yang menyusunnya. Batasan tersebut tidak bersifat mutlak tetapi terbagi dalam beberapa tingkatan yang masing-masing mempunyai tingkatan dan tingkatan.

2) Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir

3) Data Penelitian

Tabel 1. Data Penelitian

NO	DATA	SUMBER DATA
1	Citra Satelit <i>Landsat</i> 8 OLI level L1 pada <i>path</i> 121 dan <i>row</i> 060, Juli tahun 2023	https://earthexplorer.usgs.gov
2	DEMNAS Tahun 2023	https://tanahair.indonesia.go.id
3	Peta Geologi Kota Padang Tahun 2019	SDABK Provinsi SUMBAR
4	Curah Hujan Kota Padang Tahun 2022	BMKG Kota Padang
5	Peta Jenis Tanah Kota Padang Tahun 2019	BAPPEDA Kota Padang

6	Peta Tutupan Lahan Kota Padang Tahun 2023	BAPPEDA Kota Padang
7	Data Sumur Bor Kota Padang	ESDM Provinsi SUMBAR

4) Peralatan Penelitian

Tabel 2. Peralatan Penelitian

NO	NAMA	KEGUNAAN
1	Laptop	Digunakan dalam pembuatan tugas akhir, baik pembuatan laporan, mengolah data, penyajian data
2	Arc GIS 10.8	Digunakan untuk pengolahan data dan penyajian data penelitian
3	Microsoft Excel 2021	Digunakan untuk membuat tabel
4	Microsoft Word 2021	Digunakan untuk pembuatan laporan
5	Microsoft Visio	Digunakan untuk pembuatan diagram alir

5) NDVI

Indeks vegetasi atau NDVI adalah indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman. Indeks vegetasi merupakan kombinasi matematis antara band merah dan band NIR (Near-Infrared Radiation) yang telah lama digunakan sebagai indikator keberadaan dan kondisi vegetasi (Lillesand dan Kiefer 1979).

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

Keterangan: NIR = Band Inframerah
Red = Band Merah

6) Overlay

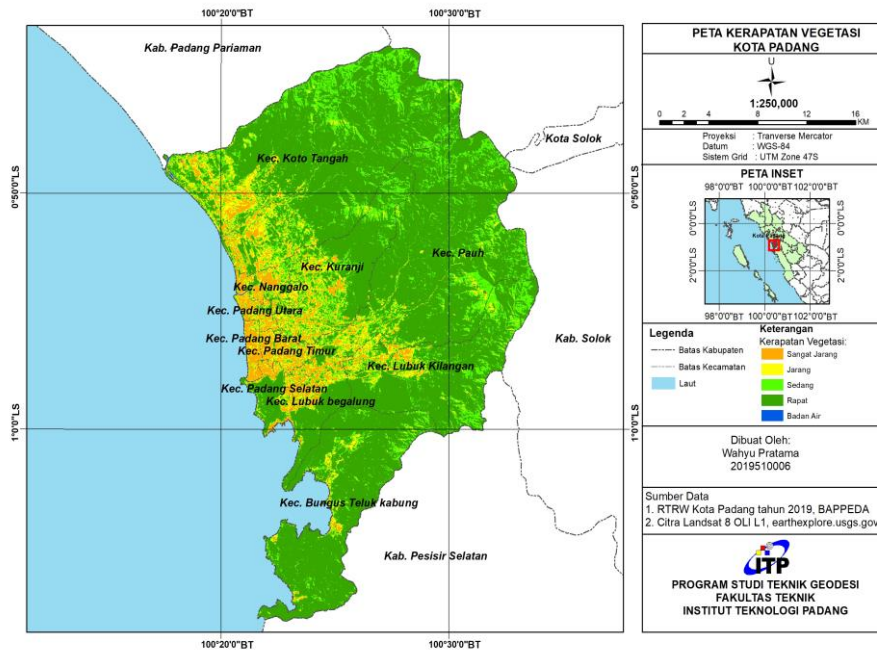
Overlay adalah analisis spasial esensial yang mengombinasikan dua layer / tematik yang menjadi masukannya. Secara umum, teknis mengenai analisis ini terbagi ke dalam format datanya raster atau vector (Prahasta,2001).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Potensi Air Tanah

1) Parameter Kerapatan Vegetasi

Kerapatan vegetasi Kota Padang bervariasi. Pembuatan peta kerapatan vegetasi ini menggunakan analisis NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Untuk kerapatan vegetasi dengan keterangan rapat sebagian besar terdapat di wilayah Kota Padang bagian timur dan selatan karena wilayah tersebut didominasi oleh hutan yang memungkinkan potensi air tanah di wilayah tersebut tinggi. Sedangkan kerapatan vegetasi dengan keterangan sangat jarang sebagian besar terdapat di wilayah Kota Padang bagian barat, karena merupakan wilayah pemukiman Masyarakat yang memungkinkan potensi air tanah di wilayah tersebut rendah. Kerapatan vegetasi Kota Padang dapat dilihat pada gambar 3.



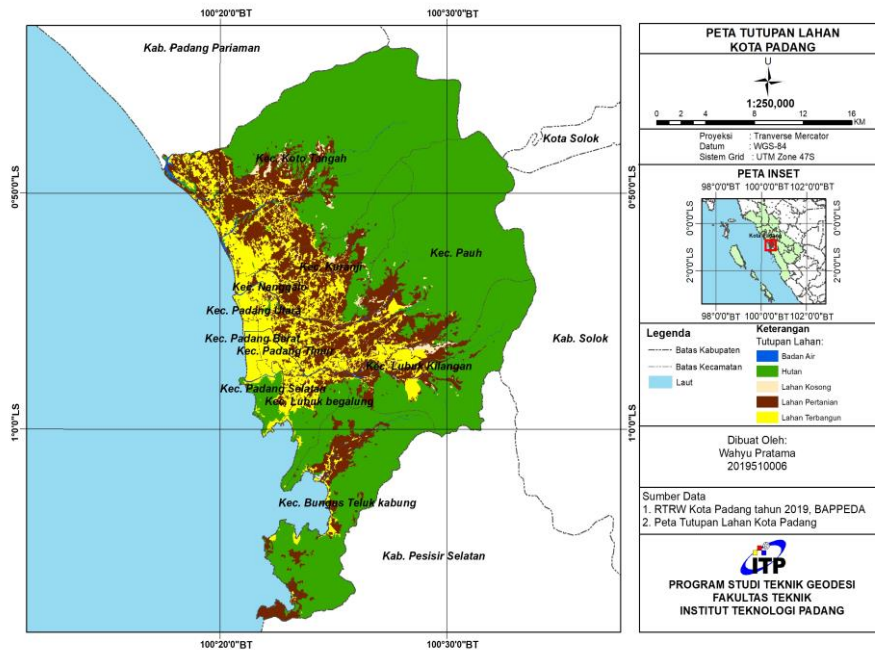
Gambar 3. Peta Kerapatan Vegetasi

Tabel 3. Klasifikasi dan Skor Kerapatan Vegetasi

No	Kelas Nilai NDVI	Skor	Kerapatan Vegetasi	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	-0,03 sd 0,15	1	Sangat Jarang	4.518,763	6,4%
2	0,15 sd 0,25	2	Jarang	6.278,371	9%
3	0,26 sd 0,35	3	Sedang	11.541,680	16%
4	0,36 sd 1	4	Rapat	47.726,934	68%
5	-1 sd -0,03	5	Badan air	69,939	0,1%
Jumlah				70.135,68	100%

2) Parameter Tutupan Lahan

Tutupan lahan Kota Padang mempunyai peranan penting dalam menentukan potensi airtanah. Tutupan lahan dapat mempengaruhi laju penyerapan air dan mengatur cepatnya infiltrasi air hujan. Tutupan lahan Kota Padang bagian timur dan selatan masih didominasi oleh kawasan hutan dan lahan pertanian sehingga akar tanaman akan menahan air yang memungkinkan potensi air tanah di wilayah tersebut rendah. Sedangkan tutupan lahan pada bagian barat Kota Padang lebih didominasi pada lahan terbangun sehingga dapat mempengaruhi pengisian ulang air tanah dengan meningkatkan limpasan selama hujan yang memungkinkan potensi air tanah di wilayah tersebut tinggi. Tutupan lahan Kota Padang dapat dilihat pada gambar 4.



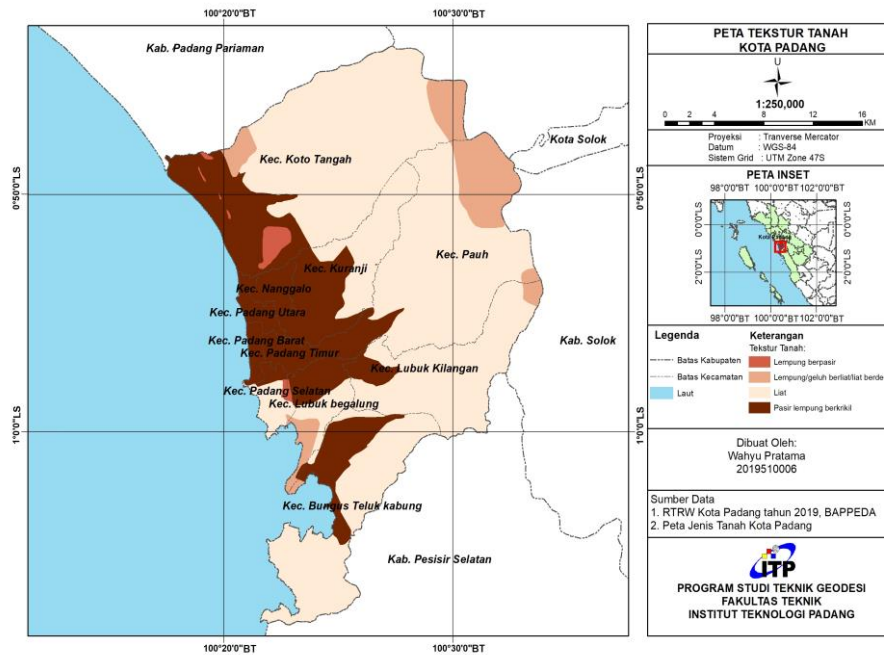
Gambar 3. Peta tutupan Lahan Kota Padang

Tabel 4. Klasifikasi dan Skor Tutupan Lahan

No	Kelas Tutupan Lahan	Skor	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Hutan	1	45.449,719	64,8%
2	Lahan Pertanian	2	13.905,768	19,8%
3	Badan Air	3	59,234	0,8%
4	Lahan Terbangun	4	9.552,489	13,6%
5	Lahan Kosong	5	668,475	1%
Jumlah			70.135,68	100%

3) Parameter Tekstur tanah

Tekstur tanah yang ada di Kota Padang terdiri dari liat, pasir lempung berkerikil, lempung berpasir dan lempung/geluh berliat/liat berdebu. Tektur tanah yang dominan di Kota Padang yaitu liat, tekstur tanah ini terdapat di bagian timur Kota Padang. Kemudian di bagian barat Kota Padang didominasi oleh tekstur tanah pasir lempung berkerikil. Tekstur tanah Kota Padang dapat dilihat pada gambar 5.



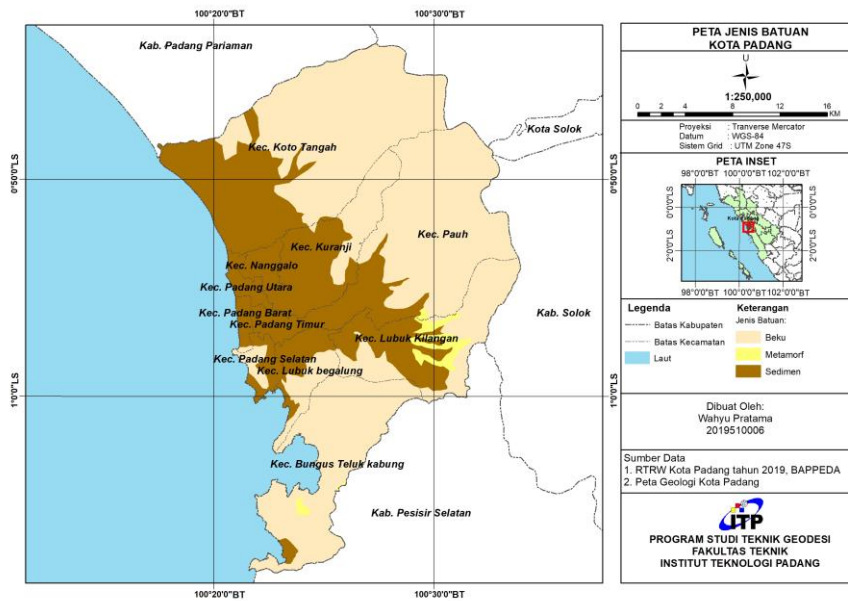
Gambar 5. Peta Tekstur Tanah Kota Padang

Tabel 5. Klasifikasi dan Skor Tekstur Tanah

No	Kelas Tekstur Tanah	Skor	Luas (ha)	Persentase (%)
1	Pasir Lempung Berkerikil	5	16.750,756	1%
2	Lempung Berpasir	3	695,742	8%
3	Lempung/geluh berliat/liat berdebu	2	5.578,58	67%
4	Liat	1	47.110,603	24%
Jumlah			70.135,68	100%

4) Parameter Jenis Batuan

Jenis batuan merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan potensi airtanah suatu daerah. Batuan sedimen dinilai memiliki potensi airtanah yang tinggi karena porositas dan permeabilitas yang tinggi. Jenis batuan ini terdapat pada bagian barat Kota Padang. Batuan beku memiliki potensi air tanah yang sedang, karena porositas dan permeabilitas yang standar. Jenis Batuan ini terdapat pada bagian timur Kota Padang. Jenis batuan Kota Padang dapat dilihat pada gambar 6.



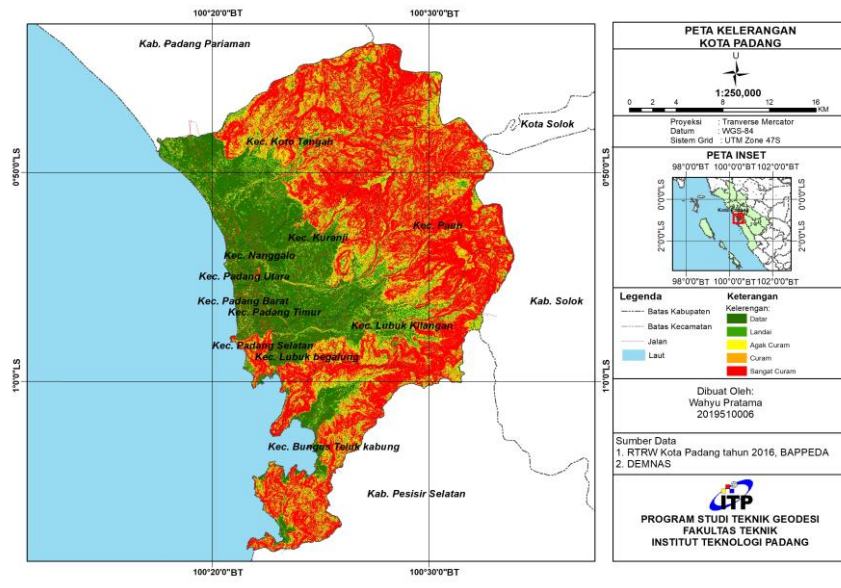
Gambar 6. Peta Jenis Batuan Kota Padang

Tabel 6. Klasifikasi dan Skor Jenis Batuan

No	Kelas Jenis Batuan	Skor	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sedimen	5	22.785,948	32,5%
2	Beku	3	46.201,112	66%
3	Metamorf	1	1.148,625	1.5%
Jumlah			70.135,68	100%

5) Parameter Kelerengan

Pengidentifikasi potensi air tanah memperhitungkan tingkat kemiringan atau kelerengan suatu daerah karena mempengaruhi besar kecilnya daya serap permukaan terhadap air hujan. Kelerengan di Kota Padang mencakup semua kelas kelerengan yaitu kelerengan datar, landai, agak curam, curam dan sangat curam. Pada bagian timur Kota Padang di dominasi oleh kelas kelerengan sangat curam, karena pada wilayah itu merupakan wilayah perbukitan. Sedangkan pada bagian barat Kota Padang di dominasi oleh kelerengan datar, sehingga air akan cepat menyerap ke dalam tanah. Kelerengan Kota Padang dapat dilihat pada gambar 7.



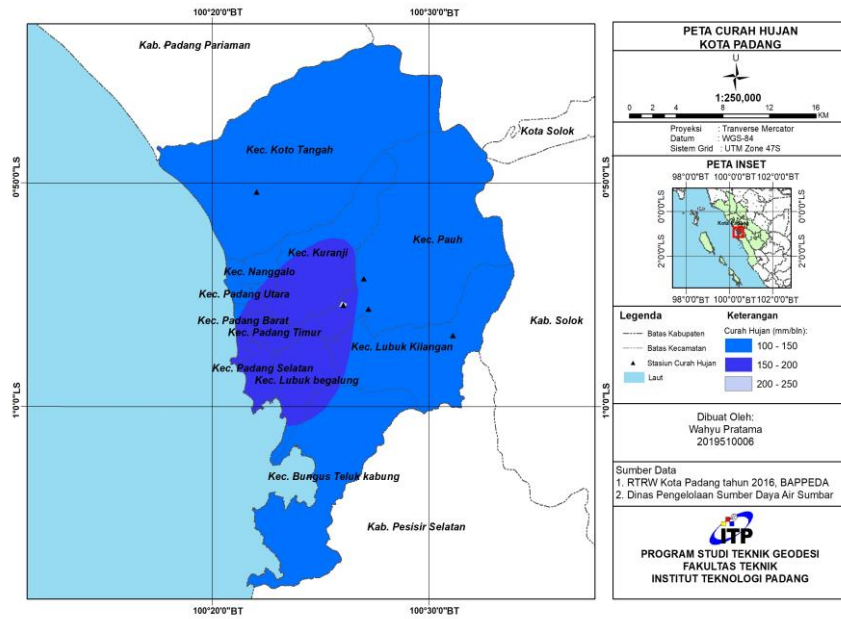
Gambar 7. Peta Kelerengan Kota Padang

Tabel 7. Klasifikasi dan Skor Kelerengan

No	Kelas Kelerengan	Skor	Keterangan	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	0 – 8%	5	Datar	15.575,908	22,2%
2	8 – 15%	4	Landai	6.940,517	9,9%
3	15 – 25%	3	Agak Curam	7.700,373	11%
4	25 – 40%	2	Curam	12.148,528	17,3%
5	>40%	1	Sangat Curam	27.770,357	39,6%
Jumlah				70.135,68	100%

6) Parameter Curah Hujan

Curah hujan merupakan faktor penting yang mempengaruhi potensi airtanah di suatu daerah. Hujan merupakan sumber utama air dalam siklus hidrologi. Peta curah hujan Kota Padang dibuat dengan menggunakan data curah hujan bulanan selama setahun pada tahun 2022. Pada tahun 2022 hampir keseluruhan wilayah Kota Padang memiliki intensitas curah hujan yang rendah. Wilayah dengan intensitas curah hujan sedang hanya terdapat di beberapa kecamatan di Kota Padang. Sementara itu, wilayah dengan intensitas curah hujan tinggi hanya terdapat di satu kecamatan yang luasnya sangat kecil. Curah hujan Kota Padang dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Peta Curah Hujan Kota Padang

Tabel 8. Data Curah Hujan Kota Padang

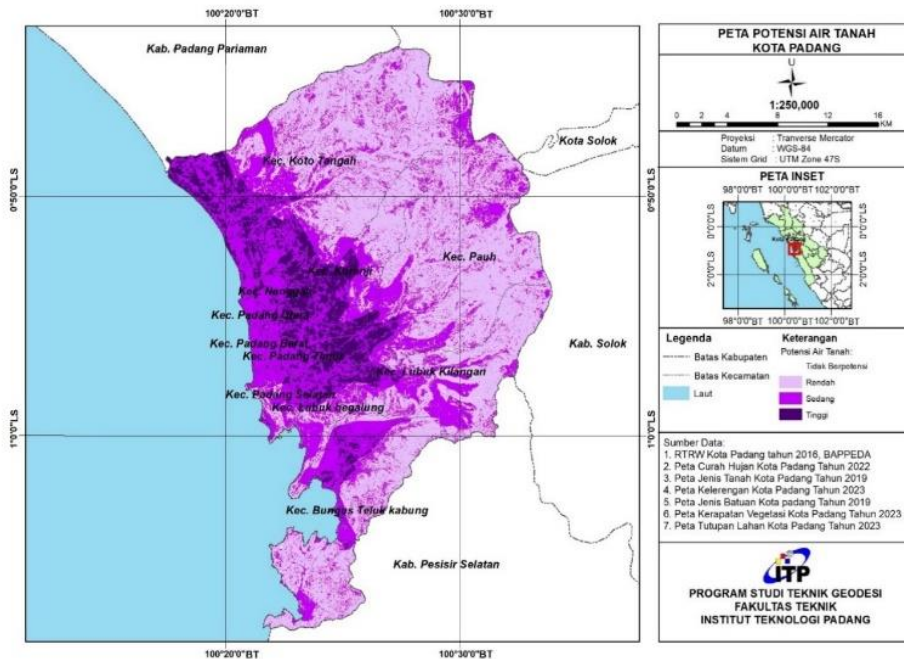
No	Stasiun	x	y	Jumlah ch/th	Rata-Rata ch/th	Rata-Rata ch/bln
1	Batu Busuk	100.45	-0.90467	4536	378	149
2	Gunung Nago	100.4344	-0.92451	6044	503.666	202
3	Ladang Padi	100.5188	-0.94692	4585	382.083	150
4	Simpang Alai	100.4537	-0.92731	3038	253.166	100
5	Koto Tuo	100.3676	-0.84024	3856	321.333	125

Tabel 9. Klasifikasi dan Skor Curah Hujan

No	Kelas Curah Hujan (mm/bln)	Skor	Luas (ha)	Persentase (%)
1	100 - 150	2	58.574,959	83,5%
2	150 - 200	3	11.537,918	16,4%
3	200- 250	4	22,808	0,1%
Jumlah			70.135,68	100%

Analisis Potensi Air Tanah

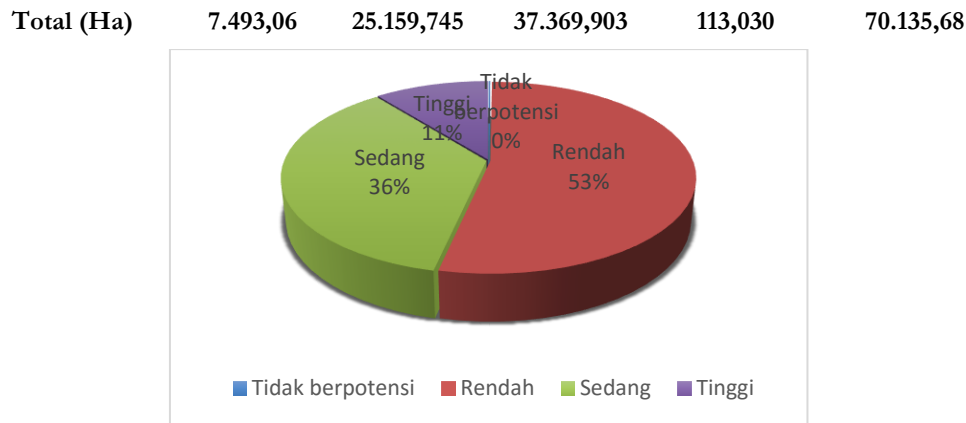
Analisis potensi air tanah Kota Padang merupakan hasil overlay semua parameter potensi air tanah. Kemudian di klasifikasikan menjadi empat klasifikasi potensi air tanah yaitu tidak berpotensi, rendah, sedang dan tinggi. Potensi air tanah rendah sebagian besar terdapat di wilayah Kota Padang bagian timur. Potensi air tanah sedang sebagian besar terdapat di wilayah Kota Padang bagian barat. Potensi air tanah tinggi sebagian besar terdapat di tengah wilayah Kota Padang. Peta Potensi air tanah Kota Padang dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Peta Potensi Air Tanah Kota Padang

Tabel 10. Sebaran Potensi Air Tanah Kota Padang

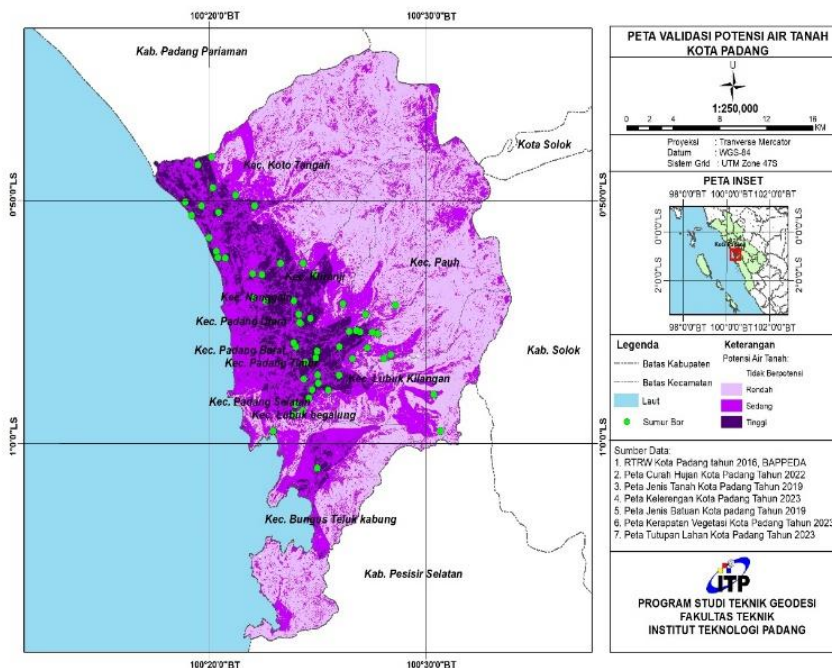
Kecamatan	Potensi Air Tanah (Ha)				Total (Ha)
	Tinggi	Sedang	Rendah	Tidak Berpotensi	
Kec. Pauh	879,192	4.005,468	11.066,202	14,74	15.965,602
Kec. Bungus Teluk kabung	448,796	3.370,531	5.868,682	5,334	9.693,343
Kec. Koto Tengah	2.464,06	7.343,934	12.318,713	46,302	22.173,009
Kec. Kuranji	2.000,974	2.451,634	2.008,004	5,047	6.465,659
Kec. Lubuk begalung	498,557	1.677,044	626,476	0,079	2.802,156
Kec. Lubuk Kilangan	319,718	2.983,462	5.117,893	40,623	8.461,696
Kec. Nanggalo	404,164	549,934	0,185	0	954,283
Kec. Padang Timur	220,78	697,647	0,1	0	918,527
Kec. Padang Utara	152,297	685,208	3,238	0	840,743
Kec. Padang Barat	28,062	510,236	5,295	0	543,593
Kec. Padang Selatan	76,46	884,647	355,115	0,905	1.317,127



Dari Tabel dan Grafik pie dapat dilihat untuk kelas tertinggi potensi air tanah Kota Padang adalah potensi air tanah rendah yaitu seluas 37.369,903 Ha atau 53%, potensi air tanah sedang yaitu seluas 25.159,745 Ha atau 36%, potensi air tanah tinggi yaitu seluas 7.493,06 Ha atau 11%. potensi air tanah tidak berpotensi yaitu seluas 113.030 Ha atau 0,16%.

Validasi

Validasi analisis potensi air tanah ini menggunakan data sumur bor di Kota Padang. Terdapat 59 sumur bor di Kota Padang. Hasil analisis potensi air tanah di tumpang tindihkan dengan data sumur bor untuk melihat kesesuaian dan posisi titik sesuai kelas potensi air tanah. Berikut gambar hasil tumpang tindih analisis potensi air tanah dengan titik sumur bor Kota Padang.



Gambar 11. Peta Validasi Potensi Air Tanah Kota Padang

Berdasarkan hasil uji validasi diperoleh hasil validasi kecocokan antara kelas potensi sumur bor dengan kelas potensi air tanah hasil pengolahan yaitu: sebanyak 48 atau 81,35% sumur bor sesuai dengan kelas potensi air tanah hasil pengolahan, dan 11 atau 18,65% sumur bor tidak sesuai dengan kelas potensi air tanah hasil pengolahan. Penyebab adanya kelas potensi yang tidak sesuai adalah karena pengaruh curah hujan. Berdasarkan peta curah hujan Kota Padang tahun 2022, curah hujan Kota Padang di dominasi oleh curah hujan rendah dan tidak adanya skor tinggi (sangat

berpengaruh) pada klasifikasi curah hujan Kota Padang tahun 2022, sehingga mempengaruhi dalam hasil pembuatan peta potensi air tanah

Kesimpulan

Berdasarkan hasil tugas akhir diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebaran potensi airtanah di Kota Padang meliputi berbagai jenis potensi airtanah yaitu kelas tidak berpotensi, rendah, sedang, dan tinggi. Wilayah tanpa potensi air tanah tersebar di 7 kecamatan Kota Padang. Wilayah dengan potensi airtanah rendah sampai tinggi tersebar di semua wilayah Kota Padang. Setelah dilakukan pengolahan didapatkan hasil wilayah yang tidak memiliki potensi airtanah mempunyai luas 113.030 Ha, wilayah dengan potensi airtanah rendah mempunyai luas 37.369.903 Ha, wilayah dengan potensi airtanah sedang mempunyai luas 25.159.745 Ha dan wilayah dengan potensi airtanah tinggi memiliki luas 7.493,06 Ha.
2. Hasil validasi kecocokan antara kelas potensi sumur bor dengan kelas potensi air tanah hasil pengolahan yaitu: sebanyak 48 atau 81,35% sumur bor sesuai dengan kelas potensi air tanah hasil pengolahan, dan 11 atau 18,65% sumur bor tidak sesuai dengan kelas potensi air tanah hasil pengolahan.

REFERENSI

- Adji, Tjahyo Nugroho, and Eko Haryono. 2004. "OLEH : Eko Haryono." Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada (October 2004).
- Dianovita, Ediyanta P. dan Fadila M. (2013). Kajian Data Satelit Generasi Baru Landsat LDCM (Landsat Data Continuity Mission). *INDERAJA*,6(06), 21-28.
- Ifan Adi Pratama, Abdi Sukmono, Hana Sugiastu Firdaus. 2016. "Identifikasi Potensi Air Tanah Berbasis Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kabupaten Kendal)." 5: 122–31.
- Lillesand dan Kiefer.1979. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Masykur, F. (2014). Implementasi Sistem Informasi Geografis Menggunakan Google Maps Api Dalam Pemetaan Asal Mahasiswa. *Jurnal Simetris*, 5(2), 181-186.
- Prahasta, Eddy. 2001. Konsep – Konsep Dasar Sistem Informasi Geografi. Informatika. Bandung
- Rakhmat, Awaludin, Juandi Muhammad, and Usman Malik. 2019. "Interpretasi Kondisiair Bawah Tanah Studi Kasus Di Kecamatan Tenayan Raya Kota Pekanbaru Dengan Menggunakan Metode Pumping Test." *Komunikasi Fisika Indonesia* 16(1): 25.
- Sudarmadji 2006. Perubahan Kualitas Airtanah Di Sekitar Sumber Pencemar Akibat Bencana Gempa Bumi. *Forum Geografi*, 20(2):99–11.
- Suwargana, Nana. 2008. "Analisis Perubahan Hutan Mangrove Menggunakan Data Penginderaan Jauh Di Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi." *Jurnal Penginderaan Jauh* 5: 64–74.
- Wiryono, 2013. Pengantar Ilmu Lingkungan. Pertelon Media. Bengkulu.