

PENGARUH INTRUSI AIR LAUT DAN HUBUNGANNYA TERHADAP TUTUPAN LAHAN TERBANGUN DI KECAMATAN PASAR MANNA DAN SEKITARNYA, KOTA MANNA, PROVINSI BENGKULU

THE INFLUENCE OF SEAWATER INTRUSION AND ITS RELATIONSHIP TO BUILT-UP LAND COVER IN PASAR MANNA SUB-DISTRICT AND ITS SURROUNDINGS, MANNA CITY, BENGKULU PROVINCE

Karmila Putri Landia¹ dan Budhi Setiawan^{1*}

¹ Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Palembang – Prabumulih Km. 32, Sumatera Selatan, 30662

*Email: budhi.setiawan@unsri.ac.id

Diterima : 18-02-2024 , Disetujui : 22-05-2024

ABSTRAK

Perubahan penggunaan lahan pada daerah pesisir akibat adanya peningkatan aktivitas manusia yang meningkat dalam beberapa dekade terakhir menyebabkan pencemaran air tanah. Intrusi air laut merupakan salah satu bentuk pencemaran air tanah yang diakibatkan oleh masuknya air laut di bawah permukaan tanah melalui akuifer. Peningkatan jumlah bangunan berupa rumah masyarakat akan menyebabkan over-pumping sehingga muka air tanah menurun dan menyebabkan air laut masuk kedalam air tanah. Penelitian dilakukan di daerah pesisir Pantai Pasar Bawah, Kecamatan Pasar Bawah, Kota Manna. Tujuan dari penelitian mengidentifikasi pengaruh aktivitas antropogenik khususnya tutupan lahan terbangun terhadap intrusi air laut. Data yang digunakan adalah data primer berupa sampel air sumur yang kemudian dianalisis untuk mendapatkan nilai salinitas, DHL (daya hantar listrik), dan TDS (Total dissolved solids) serta data sekunder berupa data citra satelit yaitu Landsat 8 OLI/TIRS yang diekstraksi untuk mengetahui nilai tutupan lahan terbangun dengan menggunakan indeks *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI). Hasil penelitian menunjukkan pada daerah dengan indeks tutupan lahan terbangun tinggi akan berpengaruh terhadap peningkatan nilai salinitas, DHL (daya hantar listrik), dan TDS (Total dissolved solids). Berdasarkan hasil analisis titik pengamatan 9 yang berada di area indeks tutupan lahan terbangun tinggi memiliki tingkat salinitas tertinggi yaitu 42.6 ppm, begitupun dengan nilai DHL yaitu 281 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan nilai TDS dengan nilai 100,1 mg/l. Sebaliknya pada daerah penelitian 5 yang berada di indeks tutupan lahan terbangun rendah memiliki nilai salinitas terendah yaitu 17.3 ppm, begitupun dengan nilai DHL yaitu 115 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan nilai TDS dengan nilai 45 mg/l.

Kata kunci: antropogenik, DHL, intrusi air laut, NDBI, overpumping, salinitas, TDS

ABSTRACT

Land use change in coastal areas due to increased human activities has led to groundwater pollution in recent decades. Seawater intrusion is one evidence of groundwater pollution caused by the entry of seawater below the ground surface through aquifers. An increase in the number of buildings in the form of community houses will cause over-pumping, decreasing the groundwater table and causing seawater to enter the groundwater. The research was conducted in the coastal area of Pasar Bawah Beach, Pasar Bawah District, Manna City. The study aimed to identify the influence of anthropogenic activities, especially built-up land cover, on seawater intrusion. The data used are primary in the form of well water samples, which are then analyzed to obtain salinity, DHL (electrical conductivity), and TDS (Total dissolved solids) values, and secondary data in the form of satellite image data, namely Landsat 8 OLI/TIRS which are extracted to determine the value of built-up land cover using the Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) index. The results showed that areas with a high built-up land cover index will affect the increase in salinity, DHL (electrical conductivity), and TDS (total dissolved solids) values. Based on the analysis of observation point 8, which is in the area of high built-up land cover index, has the highest salinity level of 42.6 ppm, as well as the DHL value of 281 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and the TDS value with a value of 100.1 mg/l. Conversely, observation area 5 in the low built-up land cover index had the lowest salinity value of 17.3 ppm, a DHL value of 115 $\mu\text{S}/\text{cm}$, and a TDS value of 45 mg/l.

Keyword: anthropogenic, DHL, seawater intrusion, NDBI, overpumping, salinity, TDS

PENDAHULUAN

Pemanfaatan air tanah pada masyarakat tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Begitu pula pada masyarakat di wilayah pesisir, walaupun pada pemanfaatannya terdapat permasalahan berupa penurunan kualitas air tanah yang ditandai dengan air yang tidak bersih dan rasanya asin akibat adanya intrusi air laut. Intrusi air laut merupakan pencemaran air tanah yang diakibatkan oleh masuknya air laut di bawah permukaan tanah melalui akuifer yang dekat dengan pantai akibat perubahan kesetimbangan hidrolik antara tekanan air tawar dan air laut (Herlambang & Indriatmoko, 2005).

Dampak intrusi air laut pada akuifer pesisir merupakan masalah kontaminasi air tanah yang utama di seluruh dunia. Akuifer dangkal di Jazan, bagian barat daya pantai Laut Merah di Arab Saudi, rentan terhadap salinisasi oleh intrusi air laut karena eksploitasi air tanah berlebihan (Abdalla, 2015). Peningkatan salinitas air laut akan berkaitan dengan nilai *Electrical Conductivity* (EC). Di pulau Koral, Kepulauan Seribu *Electrical Conductivity* (EC) cenderung meningkat akibat kandungan ion garam yang besar di dalam air (Cahyadi, Adji, Marfai, Noviandaru, & Agniy, 2017). Pemompaan air berlebihan menciptakan rongga di dalam akuifer, yang mengakibatkan permukaan air tanah turun di bawah permukaan laut. perbedaan ketinggian tersebut memungkinkan unsur-unsur yang mengandung garam seperti klorida (Cl) dari air laut untuk menyusup ke dalam air tanah sehingga nilai *Electrical Conductivity* (EC) meningkat (Nurmaladewi, Saktiansyah, Jayadisastra, Sulfitriana, Mikarna, & Okto, 2023). Prediksi intrusi air laut dapat ditentukan oleh beberapa parameter air tanah,

antara lain *Total dissolved solids* (TDS) dan *Electrical Conductivity* (EC). Jumlah garam terlarut yang mempengaruhi salinitas air tanah dapat diasumsikan sebagai indikator terjadinya intrusi air laut (Arfah, Tanjung, Syahreza, & Hartati, 2021).

Aktivitas manusia yang meningkat dalam beberapa dekade terakhir, menyebabkan perubahan penggunaan lahan. Secara global, perubahan lahan yang menyebabkan kontaminasi air tanah merupakan masalah lingkungan yang signifikan. Sebagai contoh, konsumsi air di daerah pesisir Pantai Parangtritis, Yogyakarta masih mengandalkan sumber air tanah dengan membuat sumur gali dan sumur bor. Dengan jumlah kunjungan wisatawan dan fasilitas wisata yang ada, maka kebutuhan akan kebutuhan akan air juga akan meningkat. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya intrusi air laut (Wilopo, Risanti, Susatio, & Eka Putra, 2021). Peningkatan perkembangan pesisir di daerah Labuhan Kertasari, Sumbawa Barat ditandai dengan banyaknya kawasan minapolitan dan kawasan pariwisata dengan banyak kegiatan di dalamnya, seperti perkebunan, industri pengolahan rumput laut industri pengolahan rumput laut, dan aktivitas masyarakat setempat. Perkembangan wilayah pesisir ini berdampak pada meningkatnya kebutuhan air bersih (Ulfa, Hilmi, Wijaya, & Hadimi, 2020). Perkembangan kawasan pesisir ini berdampak pada meningkatnya kebutuhan air bersih. Hal tersebut akan menyebabkan *over-pumping* sehingga muka air tanah menurun dan menyebabkan air laut masuk ke dalam air tanah melalui akuifer.

Citra satelit dapat mendeteksi perubahan permukaan lahan ini dengan baik dengan menggunakan band inframerah termal (TIR), inframerah tampak dan inframerah dekat (VNIR), dan inframerah gelombang

pendek (SWIR) (Guha, 2016). Berbagai jenis penggunaan lahan dan tutupan lahan di wilayah perkotaan yang heterogen memberikan respons yang berbeda pada band data satelit Landsat 8 TIRS (Sultana & A.N.V, 2020). Tutupan lahan terbangun di daerah pesisir pantai dapat diketahui nilainya dengan menggunakan indeks *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI) yang diekstraksi dari Landsat 8 OLI/TIRS. Indeks NDBI akan fokus untuk menyoroti daerah perkotaan atau kawasan terbangun di mana biasanya ada pemantulan yang lebih tinggi pada area dengan yang telah terbangun sehingga akan memiliki indeks lebih tinggi daripada area yang belum terbangun. Selain menggunakan indeks NDBI (*Normalized Difference Built-Up Index*) perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan dapat diketahui nilainya menggunakan NDWI (*Normalized Difference Water Index*) yang berfokus terhadap perubahan luasan badan air akibat kegiatan antropogenik menggunakan data Sentinel-2. Data Sentinel-2 berupa kumpulan data multi-spektral yang digunakan untuk pemetaan, perencanaan, dan pemantauan transformasi lahan. Identifikasi badan air di pesisir juga dapat dilakukan oleh dataset Sentinel- 2 (Halder & Bandyopadhyay, 2022)

Intrusi air laut pada pesisir pantai juga memerlukan pendekatan geologi yang terkait dengan karakteristik litologi akuifer (Zamroni, Sugarbo, Trisnaning, & Prasetya, 2020). Karakteristik litologi akuifer pada daerah pesisir didapatkan dengan melakukan studi literatur terkait hidrogeologi regional pada daerah penelitian. Hidrogeologi regional memuat jenis akuifer, litologi atau material penyusun akuifer serta bagaimana karakteristik akuifer tersebut dari segi permeabilitas dan porositas.

Pada daerah penelitian terdapat banyak aktivitas antropogenik berupa pembangunan rumah masyarakat serta di sekitar pesisir pantai dibangun taman sebagai sektor wisata dan sektor ekonomi masyarakat sekitar. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pengaruh aktivitas antropogenik khususnya tutupan lahan terbangun terhadap intrusi air laut yang berdampak pada sumber daya air tanah di akuifer dangkal di Kecamatan Pasar Bawah, Kota Manna, Bengkulu Selatan . Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan analisa hidrokimia yang digabungkan dengan dataset penginderaan jauh (Landsat 8 OLI/TIRS).

Daerah penelitian berada di Kecamatan Pasar Manna, Kabupaten Bengkulu Selatan, Provinsi Bengkulu. Pada daerah penelitian diambil sembilan titik sampel di sepanjang pesisir pantai Pasar Bawah yang tersebar di daerah penelitian.

METODE

Data

Penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh dari observasi lapangan berupa data sampel air sumur, diambil sebanyak sembilan sampel yang tersebar di daerah penelitian. Selain itu, digunakan data sekunder berupa data citra satelit yaitu Landsat 8 OLI/TIRS yang

diunduh secara gratis di laman resmi (United States Geological Survey , 2023)

Pemrosesan data Landsat

Berbagai teknik pemrosesan citra satelit dikembangkan untuk membantu menganalisis faktor-faktor yang berhubungan dengan kegiatan antropogenik salah satunya tutupan lahan terbangun. Tutupan lahan terbangun dapat diketahui nilainya dengan menggunakan indeks *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI). NDBI diolah menggunakan teknik *image classification* dengan memanfaatkan panjang gelombang SWIR (*shortwave infrared*) dan NIR (*near-infrared*) (Kshetri, 2022). Pada Landsat 8 OLI/TIRS data NIR dapat menggunakan band 5, sedangkan data SWIR dapat menggunakan band 6, rumus yang digunakan adalah

$$NDBI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR)$$

$$NDBI = (Band 6 - Band 5) / (Band 6 + Band 5)$$

Aktivitas antropogenik juga berpengaruh terhadap permukaan air, NDWI (*Normalized Difference Water Index*) digunakan untuk membedakan permukaan bumi di lahan basah, danau atau badan air dan untuk memperhitungkan dimensi air di permukaan bumi (Lioumbas, et al., 2023). NDWI diolah dengan memanfaatkan pita *green* dan NIR (*near-infrared*) dari citra Sentinel-2. Nilai NDWI yang lebih besar dari nol diasumsikan bahwa area ini mewakili permukaan air yang sebenarnya dan nilai kurang dari atau sama dengan nol menunjukkan area non-perairan atau permukaan di wilayah tertentu. NDWI dihitung dengan menggunakan persamaan

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR)$$

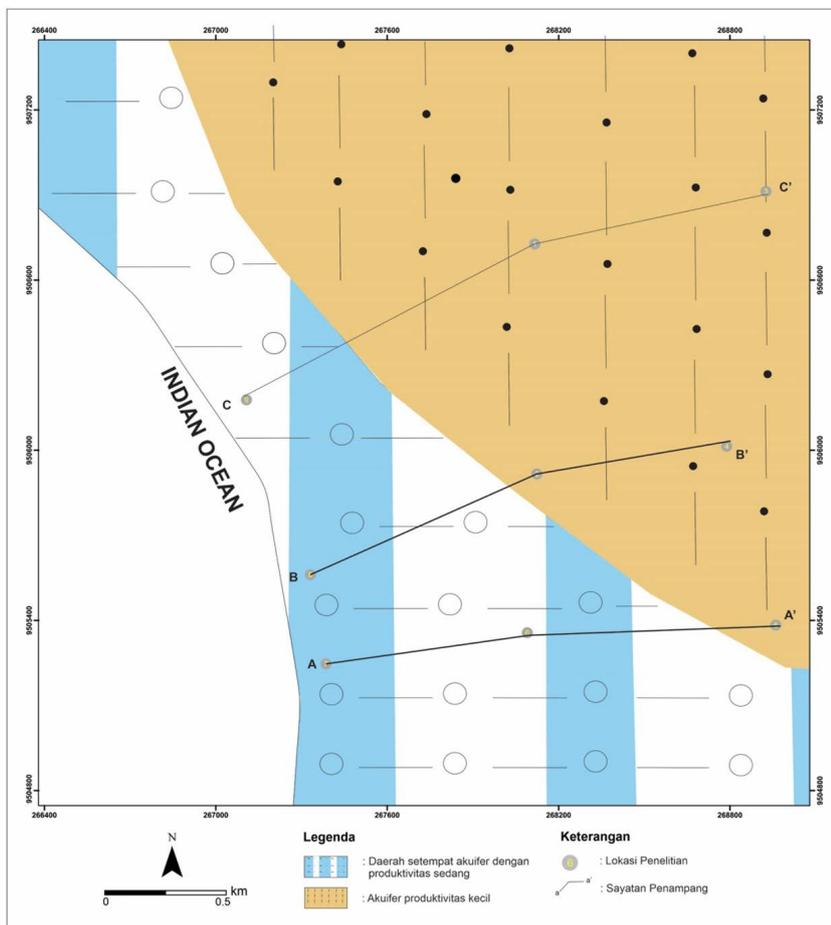
$$NDWI = (Band 3 - Band 8) / (Band 3 + Band 8)$$

Analisis hidrokimia sampel air tanah

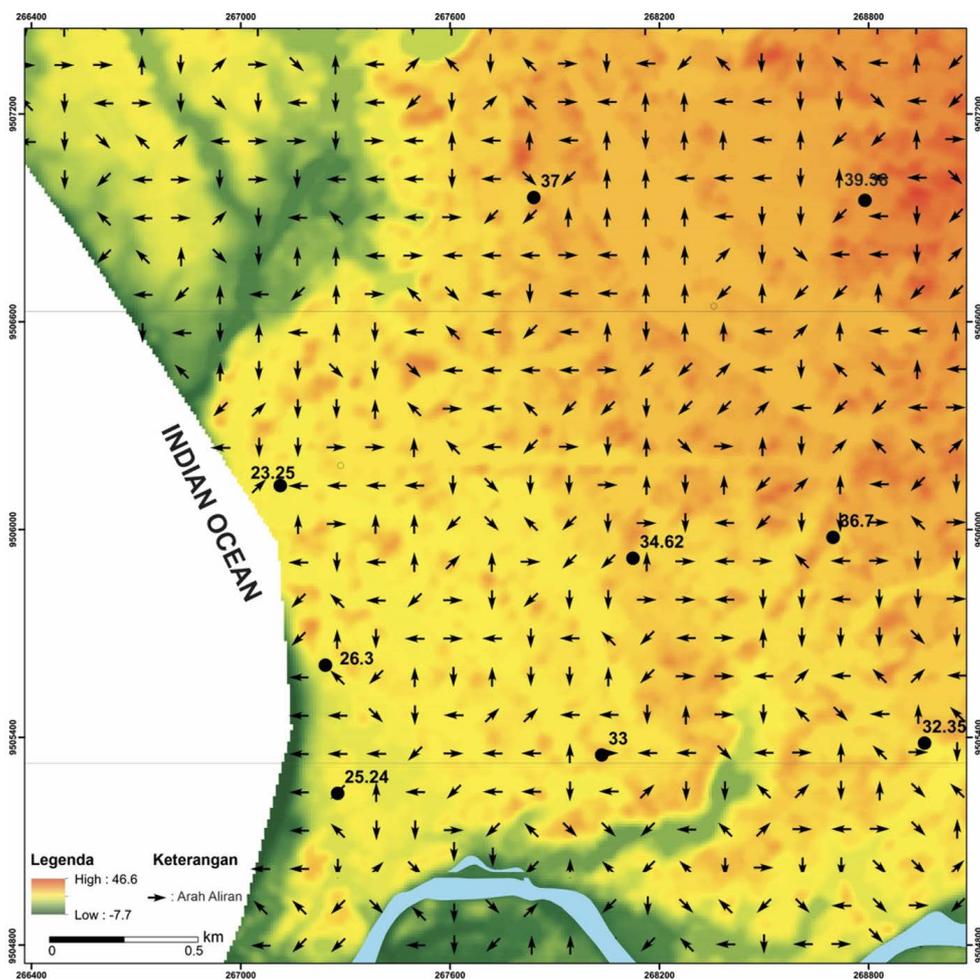
Dilakukan analisis hidrokimia pada sembilan sampel air sumur yang dikumpulkan pada daerah penelitian berupa analisis salinitas, DHL, dan TDS. Salinitas merupakan tingkat kadar garam terlarut dalam air, nilai salinitas berbanding lurus dengan nilai DHL air, tujuan dilakukan analisis nilai salinitas dan DHL pada sampel adalah untuk mengetahui apakah air tanah pada daerah penelitian telah terkontaminasi oleh air laut. Selanjutnya analisis TDS bertujuan untuk mengetahui jumlah partikel terlarut berupa senyawa organik maupun non organik yang ada di dalam air. Analisis hidrokimia sampel tersebut dilakukan di Laboratorium Lingkungan Hidup, Palembang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah penelitian berada di pesisir Pantai Pasar Bawah, Kecamatan Pasar Manna, Kabupaten Bengkulu Selatan, Provinsi Bengkulu. Berdasarkan Peta



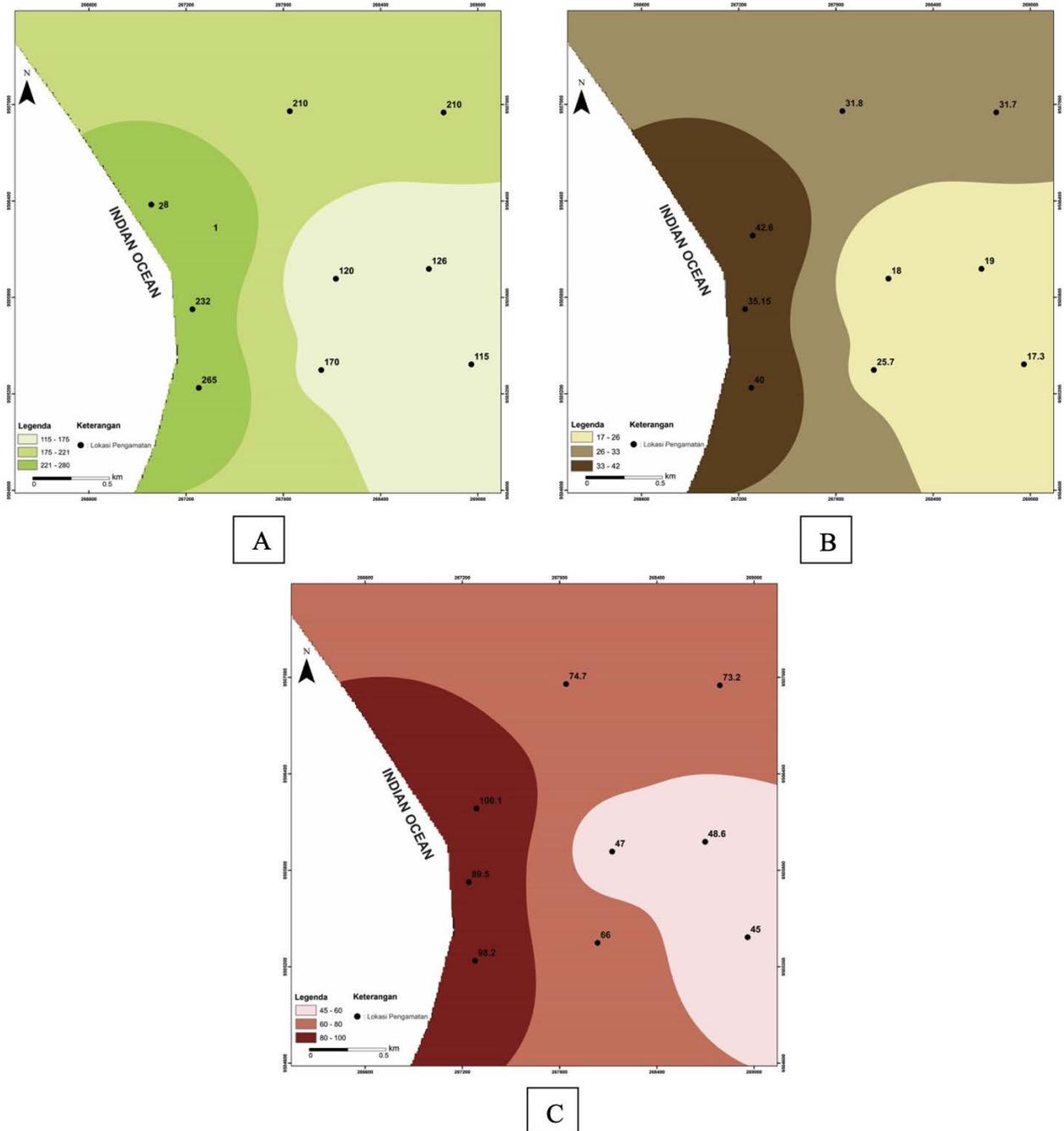
Gambar 1. Peta Hidrogeologi Daerah Penelitian (Setiadi & Yudhanegara, 2011)



Gambar 2. Peta muka air tanah daerah penelitian

Tabel 1. Nilai DHL, Salinitas dan TDS berdasarkan 9 titik sampel

Kode	Koordinat (UTM)		DHL ($\mu\text{S/cm}$)	Salinitas (ppm)	TDS (mg/l)
	X	Y			
1	267840	9506959	210	31.8	74,7
2	268124	9505917	120	18	47
3	268789	9506951	209	31.7	73,2
4	268698	9505978	126.36	19	48,6
5	268960	9505384	115	17.3	45
6	268034	9505349	170	25.7	66
7	267278	9505238	265.2	40	98,2
8	267239	9505727	232	35.15	89,5
9	267286	9506185	281	42.6	100,1

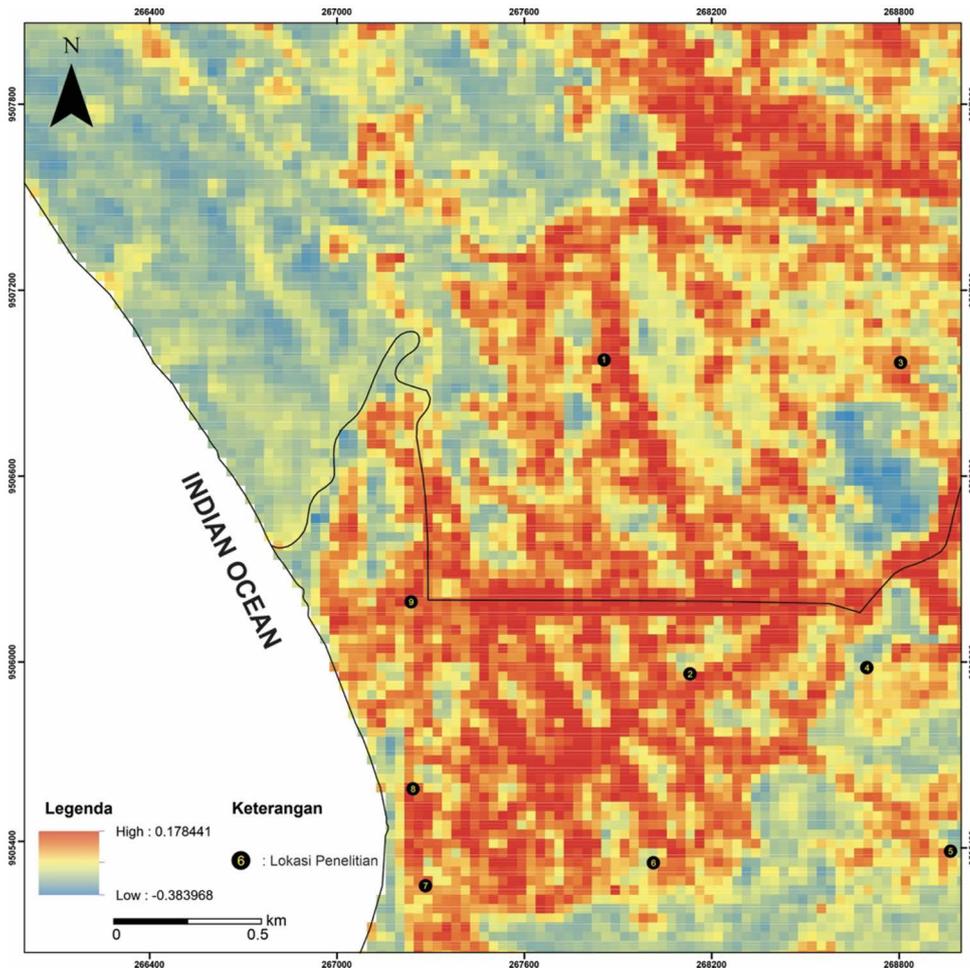


Gambar 3. (A) Peta Sebaran DHL (B) Peta Sebaran Salinitas (C) Peta Sebaran TDS

dua tipe akuifer, yaitu daerah setempat akuifer dengan produktivitas sedang, daerah ini didominasi oleh material aluvium terdiri atas bongkah, kerikil, pasir, lanau, lumpur dan lempung, umumnya memiliki permeabilitas dan porositas sedang sampai-tinggi. Selanjutnya akuifer produktivitas kecil, umumnya debit mata air kecil, air tanah dangkal dengan jumlah terbatas diperoleh di lembah-lembah dan zona pelapukan batuan. Daerah ini didominasi oleh litologi batupasir tufan, batulempung tufan, batupasir konglomeratan dan batupasir.

Peta muka air tanah dibuat berdasarkan elevasi air

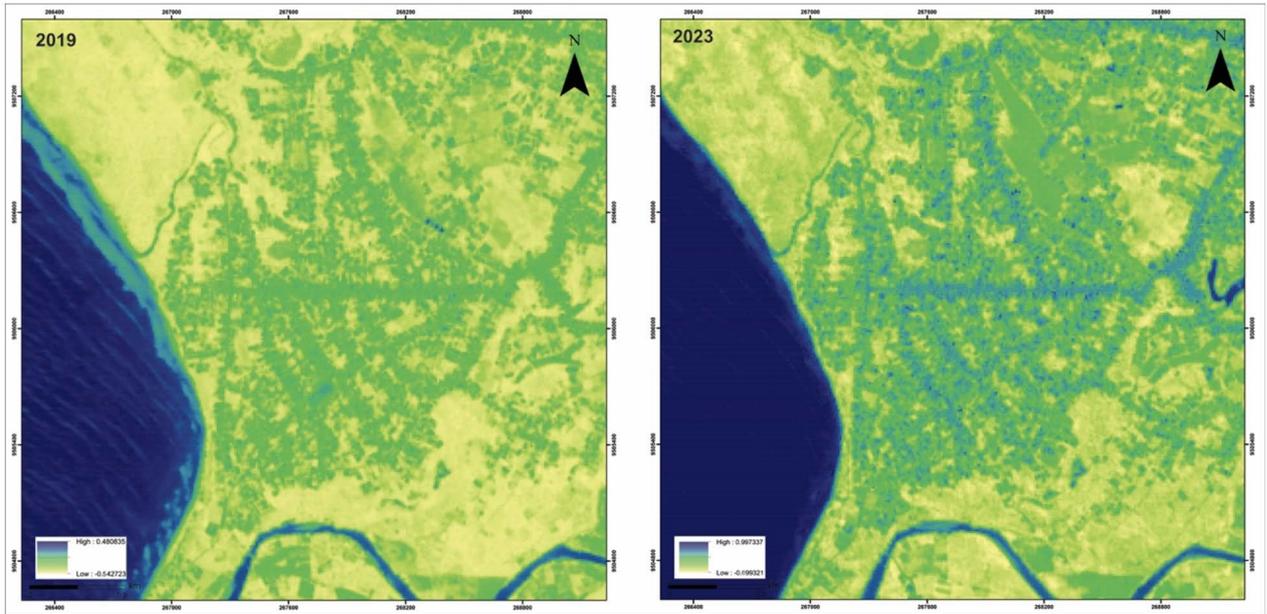
Berdasarkan hasil analisis nilai DHL (daya hantar listrik) pada sembilan titik sampel (Tabel 1). Pada tabel 1 menunjukkan DHL di Kecamatan Pasar Bawah memiliki nilai minimal 115 $\mu\text{S}/\text{cm}$ yang terletak di titik pengamatan 5 dan nilai maksimal 281 $\mu\text{S}/\text{cm}$ yang terletak di titik pengamatan 9 dan nilai rata-rata 192,10 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Hasil analisis DHL selaras dengan hasil pengukuran salinitas hal tersebut dikarenakan semakin tinggi nilai salinitas suatu perairan maka semakin tinggi pula nilai DHL karena banyaknya garam-garam terlarut yang dapat terionisasi (Astuti, 2014), tingkat salinitas tertinggi memiliki nilai 42.6 ppm yang berada di titik pengamatan



Gambar 4. Distribusi *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI) pada daerah

tanah yang menunjukkan daerah-daerah yang memiliki tinggi muka air tanah yang sama yang dibuat melalui interpolasi data titik-titik sumur yang telah diketahui (Aryasetya, 2017). Dari gambar kontur (Gambar 1) dapat dilihat bahwa semakin ke arah pantai kontur akan semakin turun. Kontur tertinggi memiliki nilai 39,38 meter. Sedangkan kontur terendah adalah titik pengamatan yang merupakan titik terdekat dari pantai yaitu 23,25 meter. Dari peta kontur muka air tanah (Gambar 2) dapat ditentukan garis-garis arah aliran (*flow line*) air tanah dengan menarik garis tegak lurus kontur muka air tanah.

9 dan tingkat salinitas terendah bernilai 17.3 ppm terletak pada titik pengamatan 5. Nilai salinitas pada daerah penelitian memiliki rata-rata 29,02 ppm. Selanjutnya hasil analisis TDS menunjukkan nilai tertinggi berada di titik pengamatan 9 dengan nilai 100,1 mg/l dan nilai terendah berada di titik pengamatan 5 sebesar 45 mg/l TDS dan salinitas saling mempengaruhi yaitu semakin tinggi konsentrasi TDS, maka semakin tinggi pula konsentrasi salinitas air tanah tersebut. Hal ini berdasarkan bahan organik terlarut seperti asam humat dan asam fulvik, tingkat TDS dan salinitas yang tinggi dapat menyebabkan akumulasi bahan organik terlarut dan mempengaruhi laju



Gambar 5. Perbandingan NDWI (*Normalized Difference Water Index*)

dekomposisi bahan organik (Yolanda, Mawardin, Komarudin, & Risqita, 2023)

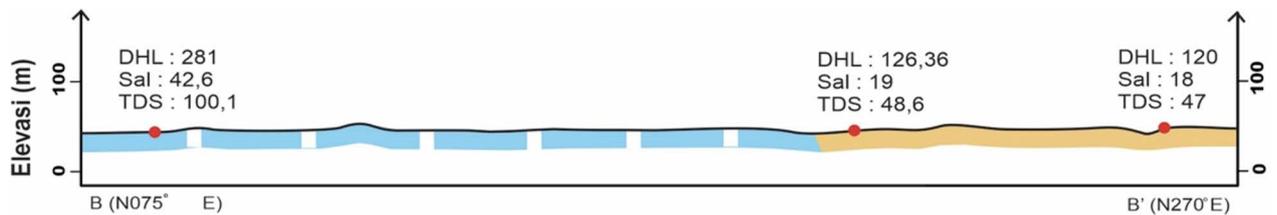
Dari citra satelit (Gambar 4) yang telah diproses untuk mengetahui indeks tutupan lahan terbangun (*Normalized Difference Built-Up Index*) pada daerah penelitian diindikasikan bahwa indeks daerah terbangun tinggi disimbolkan dengan warna merah dan berada di bagian selatan-barat daya daerah penelitian, sebaliknya indeks daerah terbangun dengan nilai rendah disimbolkan dengan warna biru terletak pada bagian barat laut-utara daerah penelitian. Dari 9 titik pengambilan sampel, area

titik pengamatan yang memiliki indeks terbangun tinggi ditunjukkan pada titik pengamatan 1,3,7,8, dan 9, sebaliknya area yang memiliki indeks terbangun rendah ditunjukkan pada titik pengamatan 2,4,5, dan 6 ditunjukkan pada gambar 4.

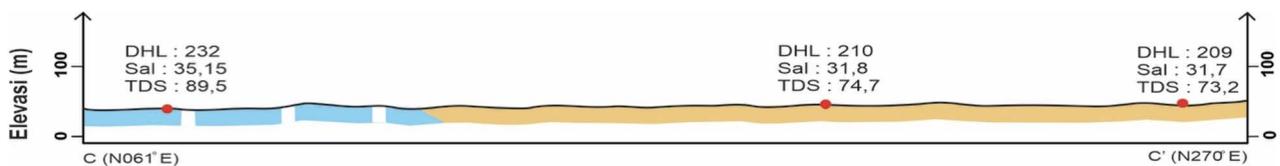
Pada daerah penelitian, berdasarkan perbandingan NDWI yang digunakan untuk melihat perubahan area permukaan air, dapat diinterpretasikan bahwa terdapat peningkatan dari luasan badan air pada daerah penelitian. Pada tahun 2019 badan air pada daerah penelitian 12 km² pada bagian barat daya dan timur laut daerah penelitian,



Gambar 6. Profil penampang hidrogeologi lintasan A-A'



Gambar 7. Profil penampang hidrogeologi lintasan B-B'



Gambar 8. Profil penampang hidrogeologi lintasan C-C'

kemudian pada tahun 2023 luasan daerah badan air di permukaan meluas hingga 30 km² dan tersebar secara merata di daerah penelitian. Hal tersebut dapat terjadi akibat pengaruh aktivitas antropogenik.

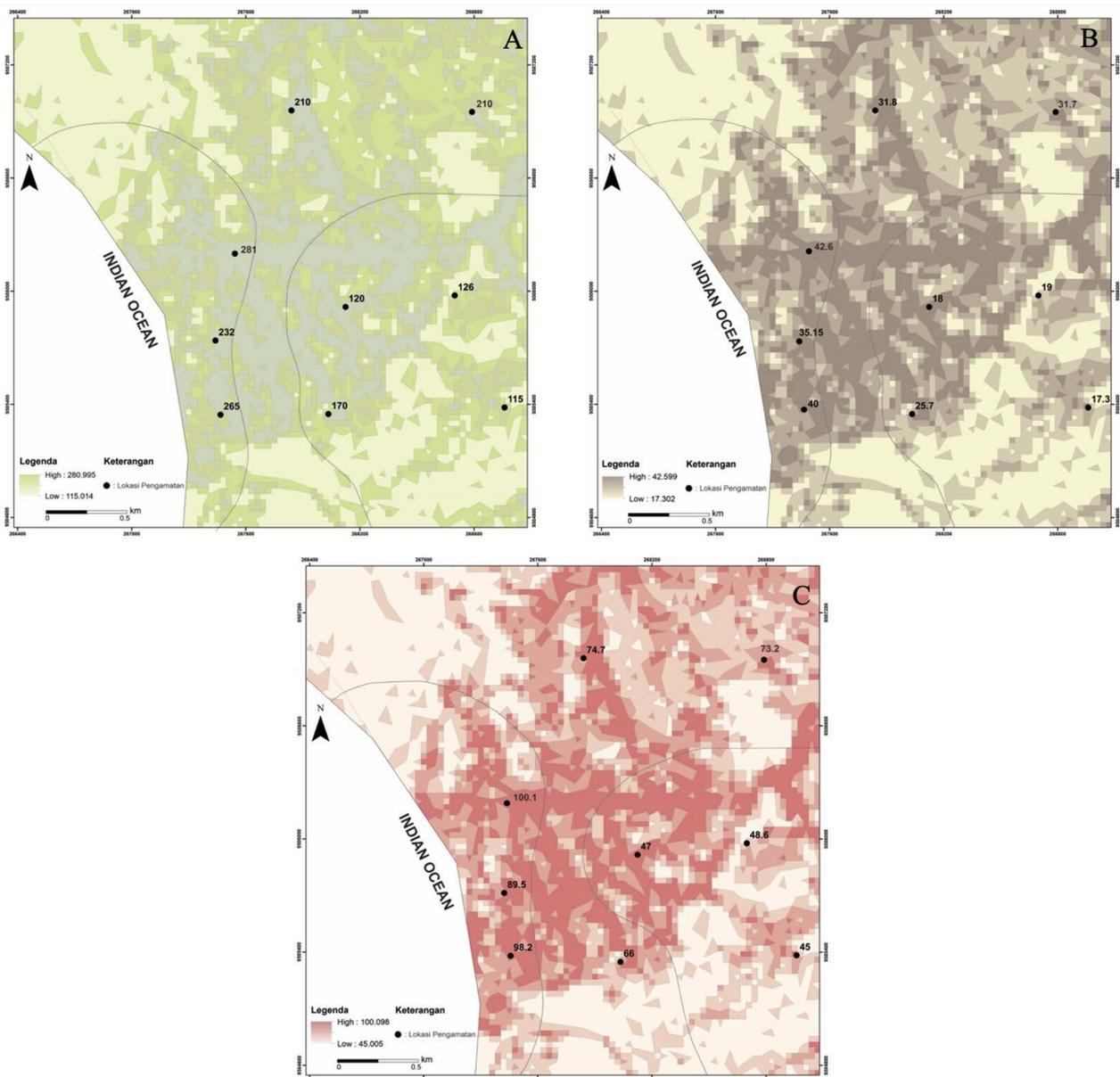
Hubungan Intrusi Air Laut dengan Kontrol Litologi Akuifer

Analisis hidrogeologi akuifer penyusun sistem air tanah pada daerah penelitian terbagi menjadi tiga rekonstruksi penampang hidrogeologi dengan skala 1:10.000. Pada penampang A-A' didominasi oleh akuifer produktivitas sedang yang memiliki permeabilitas dan porositas sedang – tinggi dengan nilai DHL, salinitas dan TDS tertinggi berada pada titik pengamatan 7 dan nilai DHL, salinitas dan TDS terendah berada pada titik pengamatan 5 (Gambar 6), kemudian pada penampang B-

B' juga didominasi oleh akuifer produktivitas sedang yang memiliki permeabilitas dan porositas sedang – tinggi dengan nilai DHL, salinitas dan TDS tertinggi berada pada titik pengamatan 8 dan nilai DHL, salinitas dan TDS yang terendah berada pada titik pengamatan 4 (Gambar 7), sedangkan pada penampang C-C' didominasi oleh akuifer produktivitas kecil yang umumnya memiliki porositas dan permeabilitas buruk dengan nilai DHL, salinitas dan TDS tertinggi berada pada titik pengamatan 9 dan nilai DHL, salinitas dan TDS terendah berada pada titik pengamatan 3 (Gambar 8).

Hubungan Intrusi Air Laut dengan Aliran Air Tanah

Peta muka air tanah menunjukkan garis aliran air tanah yang berfungsi untuk memprediksi arah



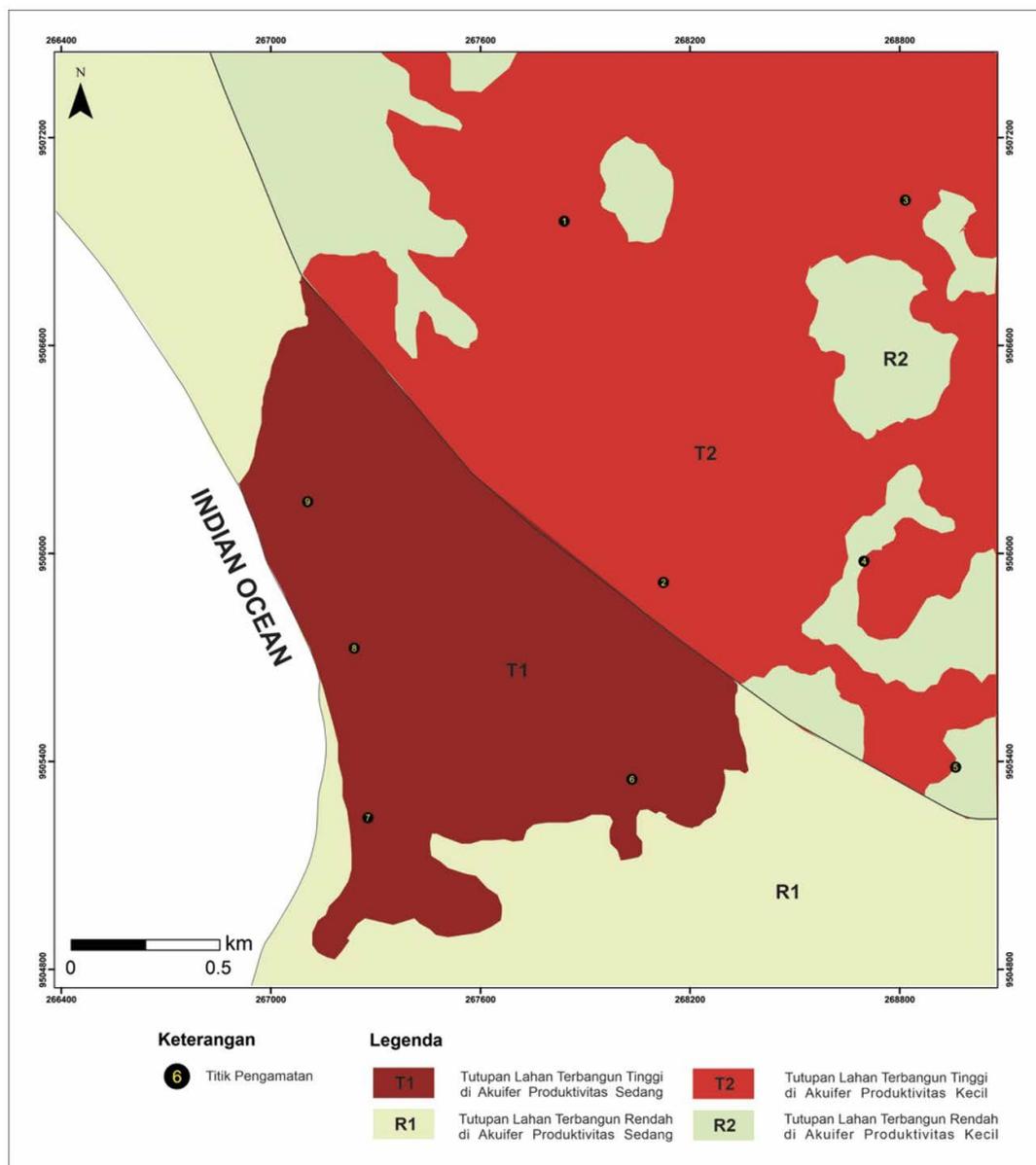
Gambar 9. Hubungan parameter hidrokimia ditunjukkan dengan overlay peta (A) DHL- NDBI (B) Salinitas- NDBI (C) TDS- NDBI

pencemaran air tanah. Arah aliran air tanah cenderung bergerak dari elevasi muka air tanah tinggi ke arah elevasi muka air tanah yang rendah. Pada peta muka air tanah daerah penelitian, elevasi muka air tanah terendah terletak di titik pengamatan 9 dan elevasi muka air tanah tertinggi terletak di titik pengamatan 3. Muka air tanah dapat mengalami penurunan, yang diakibatkan oleh pemompaan sumur yang berlebihan (*over pumping*). Di saat turunnya muka air tanah, maka muka air laut memiliki elevasi dan berat jenis yang lebih tinggi sehingga mengalir dan mengintrusi air tanah melalui lapisan akuifer. Akibat dari intrusi air laut tersebut nilai DHL, salinitas dan TDS akan mengalami peningkatan. Hal tersebut terlihat pada peta muka air tanah di titik pengamatan 3, dimana arah aliran air dari laut mengarah ke titik pengamatan 9 sehingga nilai parameter hidrokimia pada titik pengamatan tersebut memiliki nilai tertinggi dari semua titik pengamatan.

Hubungan Intrusi Air Laut dengan Tutupan Lahan Terbangun

Hubungan antara nilai DHL, salinitas dan TDS dengan indeks NDBI menunjukkan pola distribusi yang meningkat (Gambar 9), yang mengindikasikan bahwa nilai DHL, salinitas dan TDS mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan indeks NDBI. DHL, salinitas dan TDS memiliki nilai yang lebih rendah di daerah dengan tutupan lahan terbangun rendah hal tersebut dapat dilihat pada titik pengamatan 5, sebaliknya DHL, salinitas dan TDS yang lebih tinggi dijumpai pada daerah dengan tutupan lahan terbangun tinggi yaitu pada titik pengamatan 9.

Distribusi nilai DHL, salinitas dan TDS secara signifikan dipengaruhi oleh tutupan lahan terbangun di daerah penelitian. Tutupan lahan terbangun yang tinggi mencirikan adanya peningkatan pembangunan kawasan



Gambar 10. Peta *Overlay* Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) dan Hidrogeologi Daerah Penelitian

permukiman, industri, ekonomi dan lain sebagainya. Dengan adanya peningkatan lahan terbangun juga akan meningkatkan kebutuhan akan air bersih untuk menunjang aktivitas masyarakat sehari-hari di sekitar pesisir pantai Pasar Bawah. Di daerah penelitian juga berkembang sektor pariwisata, menurut terdapat 127 hotel di Kecamatan Pasar Manna dan 109 hotel di Kecamatan Kota Manna, dengan jumlah hotel tersebut maka pemakaian air tanah akan semakin bertambah, hal tersebut tidak menutup kemungkinan akan terjadinya eksploitasi air tanah secara berlebihan akibat adanya *over pumping* sehingga muka air tanah (MAT) pada daerah sekitar pesisir mengalami penurunan (*drawdown*) (Ariyanto & Mardiyanto, 2016). Penurunan muka air tanah (MAT) mengakibatkan permukaan air laut lebih tinggi dibandingkan dengan permukaan air tanah sehingga menyebabkan air laut yang mengandung unsur garam seperti klorida (Cl) merembes ke dalam air tanah, hal tersebut ditandai dengan tingkat salinitas atau kadar garam di daerah sekitar pesisir pantai dengan tutupan lahan tinggi memiliki nilai yang tinggi.

Dilakukan *overlay* Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) dan hidrogeologi daerah penelitian untuk melihat keterkaitan antara tutupan lahan terbangun dan penyusun litologi akuifer pada daerah penelitian terhadap nilai DHL, salinitas dan TDS. Titik pengamatan 9 yang memiliki nilai DHL maksimal sebesar $281\mu\text{S}/\text{cm}$, tingkat salinitas tertinggi sebesar 42.6 ppm dan tingkat TDS tertinggi dengan nilai 100,1 mg/l terletak di daerah dengan indeks tutupan lahan terbangun tinggi dan tersusun oleh akuifer produktivitas sedang yang memiliki permeabilitas dan porositas sedang – tinggi, dengan jenis porositas dan permeabilitas tersebut maka apabila terjadi penurunan muka air tanah (MAT) akibat *overpumping* dan permukaan air laut lebih tinggi dari muka air tanah, air laut akan lebih mudah masuk melalui celah atau pori akuifer sehingga mempengaruhi nilai DHL, salinitas dan TDS air tanah. Sebaliknya titik pengamatan 5 yang memiliki nilai DHL minimal sebesar $115\mu\text{S}/\text{cm}$, tingkat salinitas terendah sebesar 17.3 ppm dan tingkat TDS terendah dengan nilai 45 mg/l terletak di daerah dengan indeks tutupan lahan terbangun rendah dan tersusun oleh akuifer produktivitas kecil yang umumnya memiliki porositas dan permeabilitas buruk sehingga debit mata air kecil dan menyebabkan air laut yang akan masuk ke akuifer menjadi terhambat sehingga pencemaran air tanah akibat intrusi air laut rendah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Karakteristik intrusi air laut pada daerah Kecamatan Pasar Bawah, Bengkulu Selatan diidentifikasi berdasarkan parameter hidrokimia berupa daya hantar listrik (*Electrical Conductivity*, salinitas dan TDS (*Total Dissolved Solids*) yang kemudian digabungkan dengan pendekatan penginderaan jarak jauh yaitu penggunaan data citra satelit berupa *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI). Pada distribusi NDBI didapatkan terdapat

daerah dengan tutupan lahan terbangun yang tinggi dimana pada daerah tersebut memiliki nilai DHL, salinitas dan TDS yang tinggi yaitu pada titik pengamatan 9. Pada daerah dengan tutupan lahan terbangun rendah memiliki nilai EC, salinitas dan TDS yang rendah yaitu pada titik pengamatan 5. Dapat disimpulkan terdapat korelasi antara aktivitas antropogenik seperti peningkatan pembangunan rumah masyarakat di sekitar pesisir pantai, kemudian pembangunan taman sebagai sektor wisata dan sektor ekonomi masyarakat terhadap intrusi air laut.

Saran

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui karakteristik intrusi air laut dengan mempertimbangkan metode pengambilan data sampel di lapangan dan kondisi iklim, kedalaman tanah, teknik pengambilan sampel dan alat yang digunakan. Selain itu, diperlukan adanya survei geofisika untuk mengetahui susunan akuifer dari sistem air tanah pada daerah penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada masyarakat di Kecamatan Pasar Manna dan sekitarnya atas kerja samanya dalam penelitian ini serta rekan pemetaan Bengkulu Selatan yang telah membantu penulis dalam pengambilan data penelitian.

DAFTAR ACUAN

- Abdalla, F., 2015. Ionic ratios as tracers to assess seawater intrusion and to identify salinity sources in Jazan coastal aquifer, Saudi Arabia. *Saudi Society for Geosciences 2015*.
- Arfah, M., Tanjung, M., Syahreza, S., & Hartati, D., 2021. Analysis of seawater intrusion into groundwater in the coastal area of Durung Village, Aceh Besar Regency, Aceh Province, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Ariyanto, G., & Mardiyanto, M. A., 2016. Kondisi intrusi air laut terhadap kondisi kualitas air tanah di Kota Surabaya. *Jurnal Purifikasi*, Vol. 16, No. 2.
- Aryasetya, B., 2017. Identifikasi intrusi air laut pada air tanah menggunakan metode induced polarization : studi kasus daerah Surabaya Timur. *Jurusan Teknik Geofisika*.
- Astuti, A. D., (014). Irrigation water quality parameters based on DHL, TDS, pH in paddy fields of Bulumanis Kidul Village Margoyoso Subdistrict. *Jurnal Litbang*, Vol. X, No.1 : 35-42.
- Badan Pusat Statistik., 2023. Kabupaten Bengkulu Selatan dalam angka.
- Cahyadi, A., Adji, T. N., Marfai, M. A., Noviandaru, S., & Agniy, R. F., 2017. Analisis dampak intrusi air laut terhadap air tanah di Pulau Koran Pramuka, DKI Jakarta. *Majalah Geografi Indonesia*, 61-66.

- Guha, S., 2016. Capability of NDVI technique in detecting mangrove vegetation. *International Journal of Advanced Biological Research*, VOL. 6(2) 2016: 253-258.
- Halder, B., & Bandyopadhyay, J., 2022. Delineation of geospatial indices based water bodies' and vegetation change mapping using Sentinel-2 imagery in Canning blocks of south 24 parganas district, India. *Remote Sensing Applications : Society and Environment*.
- Herlambang, A., & Indriatmoko, R. H., 2005. Pengelolaan air tanah dan intrusi air laut. *Jurnal Air Indonesia*.
- Kshetri, B. T., 2022. NDVI, NDBI AND NDWI calculation using landsat 7 and 8. *Geomatics for Sustainable Development*, Volume II.
- Lioumbas, J., Christodoulou, A., Katsiapi, M., Xanthopoulou, N., Stournara, P., Spahos, T., dkk., 2023. Satellite remote sensing to improve source water quality monitoring: A water utility's perspective. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*.
- Nurmaladewi, Saktiansyah, L. A., Jayadisastra, Y., Sulfitriana, A., Mikarna, S. K., & Okto, A., 2023. Assessing seawater intrusion and chloride zones in residents' wells in selected coastal area of Indonesia: A GIS analysis. *Public Health of Indonesia*.
- Setiadi, H., & Yudhanagara, D., 2011. Peta hidrogeologi lembar Manna Enggano.
- Sultana, S., & A.N.V, S., 2020. Assessment of urbanisation and urban heat island intensities using landsat imageries during 2000 – 2018 over a subtropical Indian City. *Sustainable Cities and Society* , Volume 52.
- Ulfa, A., Hilmi, A., Wijaya, A., & Hadimi, L., 2020. Study of seawater intrusion in coastal aquifer using total dissolved solid, conductivity and salinity measurement in Labuhan Kertasari Village, West Sumbawa. *Journal of Physics: Conference Series* .
- United States Geological Survey., 2023, Oktober 10.
- Wilopo, W., Risanti, Susatio, R., & Eka Putra, D. P., 2021. Seawater intrusion assessment and prediction of sea-freshwater interface in Parangtritis coastal aquifer, South of Yogyakarta Special Province, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 2709-2718.
- Yolanda, Y., Mawardin, A., Komarudin, N., & Risqita, E., 2023. Hubungan antara salinitas, PH, dan TDS di Sungai Brang Biji Sumbawa. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, Vol. 11, No. 2.
- Zamroni, A., Sugarbo, O., Trisnaning, & Prasetya., 2020. Seawater intrusion prone areas around Yogyakarta International Airport: a geological approach. *International Conference on Agriculture, Environment and Food Security*, 782 (2021) 022006.