

## Analisis Hidrogeokimia Dan Logam Berat Pada Air Tanah Menggunakan Metode WQI dan HPI Untuk Keperluan Higiene Sanitasi Kabupaten Belitung Timur

Maya Aiko Salsabila Putri, Thomas Triadi Putranto\*, Narulita Santi

*Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275*

### Abstrak

*Kelapa Kampit merupakan salah satu kecamatan penghasil timah di Belitung Timur yang tersusun atas Formasi Kelapa Kampit. Adanya kegiatan penambangan di kawasan ini mempengaruhi kualitas air yang tentunya juga dipengaruhi oleh formasi geologi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hidrogeokimia dan logam berat pada air tanah dangkal di Kecamatan Kelapa Kampit menggunakan metode indeks kualitas air berupa water quality index dan heavy metal pollution index. Hasil pengujian hidrogeokimia menunjukkan nilai pH air 4 – 6,77 dengan kategori asam, nilai DHL sebesar 20 – 145  $\mu\text{S/cm}$  dan nilai TDS sebesar 14 – 111 mg/L. Dari hasil visualisasi data kimia, air tanah memiliki fasies yang beragam. Hasil Diagram Stiff menunjukkan bahwa air mengandung ion kalsium, magnesium, sulfat, dan bikarbonat yang dominan. Hasil Diagram Gibbs menunjukkan bahwa air belum terkontaminasi. Hasil pengujian logam berat juga menunjukkan bahwa nilai  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , tergolong rendah dan  $\text{Al}^{3+}$  yang cukup tinggi. Hasil pengujian kualitas air menggunakan indeks kualitas air menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki kualitas air sangat baik dan hasil pengujian logam berat menggunakan metode HPI menunjukkan nilai kontaminasi logam berat yang rendah. Berdasarkan analisis hidrogeokimia dan logam berat pada air tanah dangkal, Kecamatan Kelapa Kampit memiliki kualitas air tanah yang baik untuk keperluan higiene sanitasi.*

**Kata kunci:** Belitung Timur; hidrogeokimia; kualitas air tanah; logam berat

### Abstract

*[Title: Hydrogeochemical Analysis and Heavy Metals in Groundwater Using the WQI and HPI Methods for Sanitation Hygiene Needs in East Belitung Regency] Kelapa Kampit is one of the tin-producing districts in East Belitung, which is composed of the Kelapa Kampit Formation. This mining activity affects water quality, which, of course, is also influenced by geological formations. This study aims to analyze the hydrogeochemistry and heavy metals in shallow groundwater in Kelapa Kampit District using water quality indexes in the form of water quality index and heavy metal pollution index methods. Hydrogeochemical test results showed a pH value of water 4 – 6.77 in the acidic category, a DHL value of 20 – 145  $\mu\text{S/cm}$ , and a TDS value of 14 – 111 mg/L. From the visualization of chemical data, groundwater has various facies. The results of the Stiff Diagram show that water contains predominant calcium, magnesium, sulfate, and bicarbonate ions. The Gibbs diagram results show that the water has not been contaminated. The results of heavy metal testing also showed that the values of  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ , and  $\text{Cu}^{2+}$  were classified as low, and  $\text{Al}^{3+}$  was quite high. The results of water quality testing using the water quality index showed that the research area had excellent water quality, and the results of the heavy metal testing using the HPI method showed a low heavy metal contamination value. Based on hydrogeochemical and heavy metal analysis of shallow groundwater, Kelapa Kampit District has good groundwater quality for sanitation hygiene purposes.*

**Keywords:** East Belitung; hydrogeochemistry; groundwater quality; heavy metal

\*) Penulis Korespondensi.

E-mail: putranto@ft.undip.ac.id

## 1. Pendahuluan

Kecamatan Kelapa Kampit merupakan salah satu pusat penambangan timah di Kepulauan Bangka Belitung. Adanya kegiatan ini dapat mengakibatkan perubahan kualitas air, khususnya air tanah. Kondisi air tanah di Kecamatan Kelapa Kampit tentunya juga dipengaruhi oleh formasi geologi dari setiap mineral batuan. Kegiatan penggalian tambang timah menyebabkan pH air tanah di sekitarnya terganggu. Adanya kandungan logam lain dari mineral batuan juga akan melebur ke dalam endapan dan berpindah ke tanah. Kandungan ini bahkan juga akan mencampuri air tanah dengan jarak tertentu. Pencemaran air ini dapat menurunkan kualitas air sampai ke tingkat tertentu sehingga menyebabkan air tidak sesuai dengan peruntukannya (Agniy dan Cahyadi, 2015). Pencemaran di sekitar wilayah bekas penambangan menyebabkan kondisi kualitas air menurun. Hal ini diakibatkan oleh adanya beberapa unsur logam berat yang sangat berbahaya di bekas wilayah penambangan (Irvani dan Pitulima, 2016).

Saat ini, pencemaran air tanah menjadi salah satu tantangan utama dalam mencapai tujuan ke-6 *Sustainable Development Goals (SDGs)*, penyediaan dan pengelolaan air bersih dan sanitasi untuk semua orang. Ketersediaan air tanah untuk keperluan *hygiene* sanitasi juga akan semakin terbatas akibat bertambahnya jumlah populasi manusia. Seiring dengan pertambahan jumlah populasi, terjadi peningkatan kegiatan manusia seperti kegiatan penambangan. Nath *et al.* (2018) menyatakan bahwa dalam kegiatan pertambangan terbuka, buangan air limbah ke tanah memunculkan pencemaran dan polutan dari kelompok logam berat. Dengan demikian, diperlukan kontrol kualitas air. Kualitas air dapat dievaluasi menggunakan beberapa metode perhitungan indeks kualitas air, seperti *Water Quality Index (WQI)* dan *Heavy Metal Pollution Index (HPI)*. Perhitungan indeks kualitas air berguna untuk memantau status kualitas air dengan cara visualisasi data.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian mengenai kualitas air tanah baik secara hidrogeokimia maupun logam berat di Kecamatan Kelapa Kampit ini perlu dilakukan untuk membantu mengevaluasi kondisi kualitas air tanah sebagai kondisi dasar dari kualitas air tanah serta membantu untuk menjaga keberlangsungan ketersediaan air tanah yang berkualitas.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Tahap Persiapan

Tahap awal ini dimulai dengan kegiatan observasi lapangan untuk membantu mengetahui gambaran umum dari lokasi penelitian. Tahapan berikutnya adalah persiapan peralatan penelitian yang diperlukan dalam pengambilan data lapangan. Dalam

tahap awal ini, juga dilakukan pengumpulan data sekunder meliputi studi literatur terkait maupun dari instansi pemerintahan terkait untuk mendapatkan beberapa peta seperti: peta administrasi yang diambil dari Badan Informasi Geospasial (2021) berupa peta RBI Lembar Babel, peta cekungan air tanah, serta peta ketersediaan air tanah.

### 2.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Tahap ini merupakan tahap pengambilan data primer untuk membantu menggambarkan kondisi hidrogeologi dan kualitas air tanah di lokasi penelitian. Pengumpulan data primer ini berupa: pemetaan geologi, pemetaan hidrogeologi, dan pengujian sampel di laboratorium. Pemetaan geologi meliputi pengambilan data koordinat dan deskripsi litologi secara megaskopis. Selain itu, juga dilakukan pengamatan morfologi di sekitar lokasi penelitian. Pemetaan hidrogeologi ini terdiri dari dua bagian, meliputi pengambilan data kuantitatif dan pengambilan sampel air tanah. Untuk data kuantitatif, dilakukan pencatatan titik koordinat lokasi titik minatan. Data kuantitatif seperti pengukuran elevasi, kedalaman MAT, dan ketinggian MAT ini diolah menggunakan perangkat lunak.

### 2.3 Tahap Hasil dan Analisis Data

Hasil pengolahan data divisualisasikan dalam bentuk peta untuk selanjutnya dilakukan analisis data primer maupun data sekunder. Tahapan analisis data dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa bagian, seperti: peta litologi, peta persebaran titik minatan, peta arah dan pola aliran MAT, analisis hidrogeokimia air tanah (pH, DHL, dan TDS), analisis fasies air tanah, analisis kualitas air tanah, analisis kandungan logam berat air tanah, dan analisis perhitungan indeks kualitas air tanah (WQI dan HPI). Tahapan dalam perhitungan dalam menentukan nilai WQI adalah sebagai berikut: pertama dilakukan pemilihan parameter untuk analisis kualitas air. Tahapan selanjutnya adalah pembuatan sub indeks untuk setiap parameter yang berfungsi untuk mengubah konsentrasi parameter menjadi nilai tanpa unit dengan menggunakan Persamaan 1 (Vasanthavigar *et al.*, 2010).

$$q_i = \frac{C_i}{S_i} \times 100 \quad (1)$$

dimana  $q_i$  merupakan skala peringkat kualitas untuk setiap parameter kualitas.  $C_i$  merupakan konsentrasi dari masing-masing parameter kualitas.  $S_i$  sebagai standar baku mutu yang digunakan dalam tiap parameter. Selanjutnya dilakukan perhitungan bobot relatif untuk tiap parameter dengan menggunakan sifat fisik kimia yang terkandung dalam sampel air tanah diberi bobot antara 1-5 berdasarkan tingkat kepentingannya dalam menentukan kualitas air tanahnya dengan Persamaan 2 (Vasanthavigar *et al.*, 2010).

$$W_i = w_i / \sum_{i=1}^n w_i \quad (2)$$

Tahap berikutnya adalah penggabungan sub indeks untuk menghitung indeks kualitas air secara keseluruhan dengan menggunakan Persamaan 3 (Vasanthavigar et al., 2010)

$$SI = \sum_{i=1}^n qi \times Wi \quad (3)$$

dimana  $Wi$  merupakan nilai bobot relatif. Jumlah nilai  $SI$  merupakan nilai akhir dari  $WQI$ .

Menurut Zakhem dan Hafez, 2015 tahapan dalam menentukan nilai HPI didahului dengan pemilihan parameter untuk analisis logam berat. Tahap ini dilanjutkan dengan penentuan nilai standart *permissible limit* ( $Si$ ) dan nilai *ideal value* ( $Ii$ ) yang semula dalam satuan mg/L diubah menjadi ppb or ug/l. Langkah selanjutnya adalah penentuan nilai  $Mi$  (*Monitor Value*)

yang didapatkan dari hasil uji laboratorium. Selanjutnya dilakukan perhitungan  $Wi$  (*Unit Weight Value*) dengan menggunakan Persamaan 4.

$$Wi = \frac{1}{Si \text{ (ppb or ug/l)}} \quad (4)$$

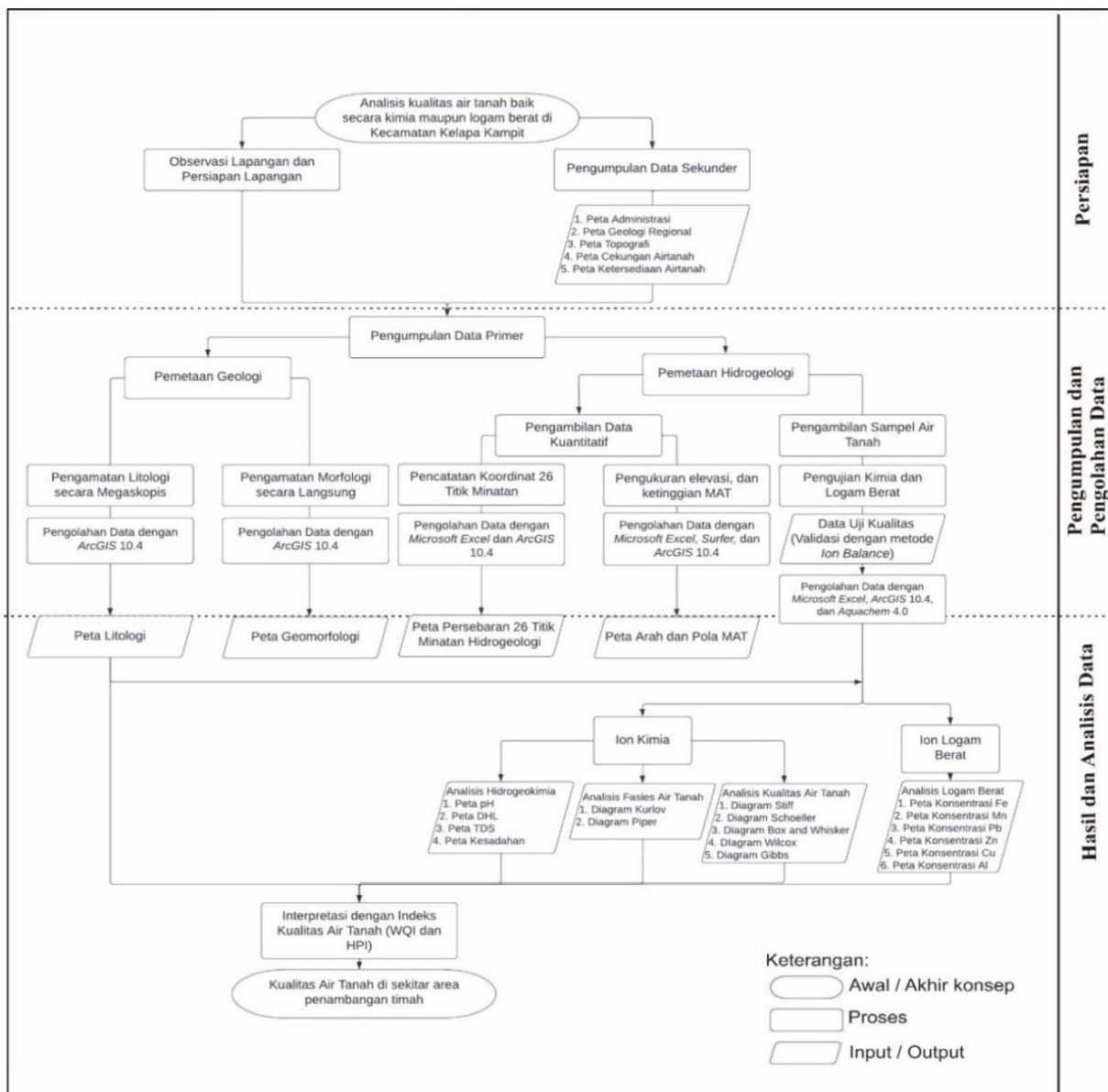
Tahapan berikutnya adalah perhitungan  $Qi$  (*Sub Index Value*) dengan menggunakan Persamaan 5.

$$Qi = \frac{Mi - Ii}{(Si - Ii)} \times 100 \quad (5)$$

Tahapan ini diakhiri dengan penggabungan nilai HPI dengan menggunakan Persamaan 6.

$$HPI = Qi \times Wi \quad (6)$$

Jumlah nilai HPI merupakan nilai akhir dari HPI. Secara detail alur tahapan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Geologi Daerah Penelitian

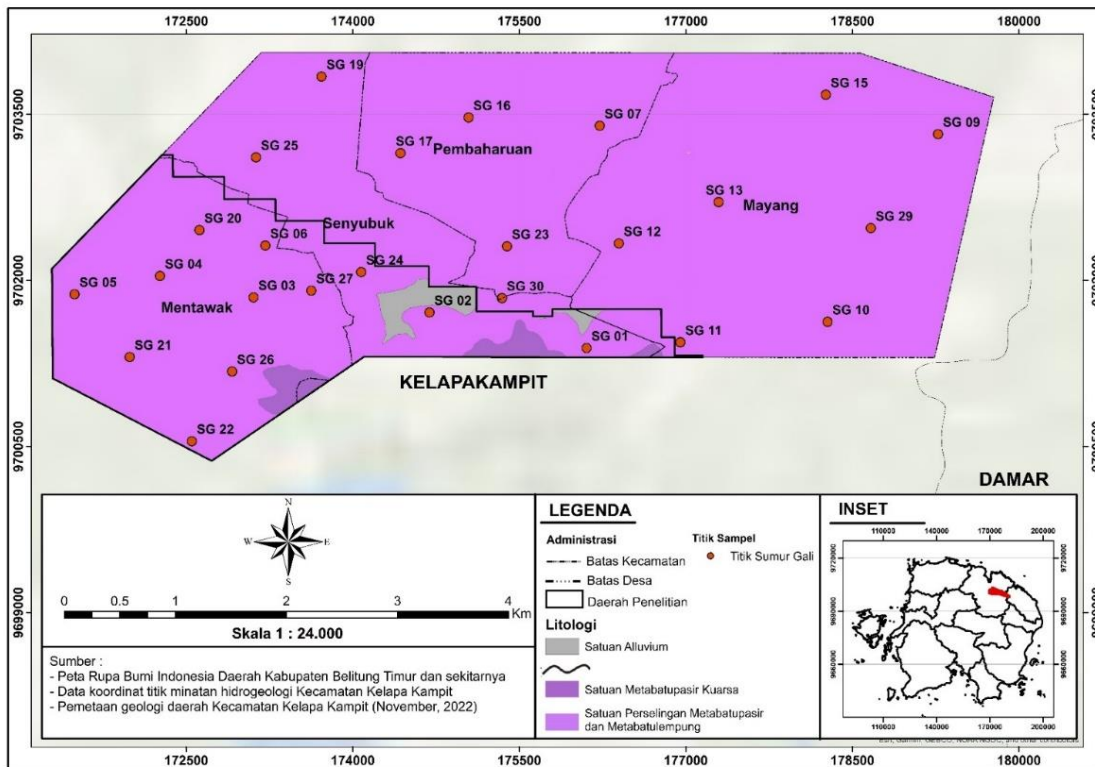
Menurut Baharuddin dan Sidharto (1995), Stratigrafi di daerah penelitian terdiri dari satu formasi batuan yaitu Formasi Kelapa Kampit. Berdasarkan pengamatan singkapan batuan, litologi daerah penelitian terdiri dari satuan Metabatupasir dan endapan alluvium. Satuan Metabatupasir ini terdiri dari dua litologi dominan yaitu litologi Metabatupasir dan litologi perselingan antara Metabatupasir dan Metabatulempung. Persebaran litologi di daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Litologi di daerah penelitian ini sudah terpengaruhi proses alterasi, sehingga terjadi perubahan tekstur dan warna pada singkapan. Litologi dengan perselingan Metabatupasir dan Metabatulempung memiliki warna coklat kekuningan serta mempunyai ukuran butir yang halus sampai sedang. Perselingan Metabatupasir dengan Metabatulempung ini menyebar secara dominan di daerah penelitian. Warna litologi yang kekuningan diinterpretasikan adanya proses oksidasi yang tinggi. Perselingan antara Metabatupasir dan Metabatulempung ini memiliki porositas dan permeabilitas yang rendah juga, sehingga kemampuan untuk meloloskan fluida sangat kecil dan memungkinkan tidak terjadinya kontaminasi antara air permukaan dengan air tanahnya.

3.2 Hidrogeologi Daerah Penelitian

Dilihat dari kondisi batuan, daerah penelitian tersusun oleh berbagai jenis batuan yang bervariasi, sehingga menyebabkan adanya perbedaan proses perubahan komposisi hidrokimia air tanah, ketika air mengalir dan berinteraksi dengan batuan yang dilaluinya. Mengacu pada Peta CAT Provinsi Bangka Belitung oleh ESDM (2020), daerah penelitian terletak pada zona non cekungan air tanah atau termasuk dalam cekungan air tanah yang tidak potensial. Hal ini dikarenakan adanya faktor kedalaman dan volume dari kehadiran air tanah di sekitarnya. Kecamatan Kelapa Kampit untuk saat ini masih memiliki pasokan air yang baik dengan mutu yang terjaga berdasarkan analisis yang sudah dilakukan. Daerah penelitian juga terletak pada zona ketersediaan air tanah yang rendah. Artinya, daerah penelitian memiliki akuifer dengan dengan tingkat produktivitas yang rendah dengan debit < 2 liter/detik (Nuzulliyantoro, A.T. 2020).

3.3 Persebaran Titik Minatan Hidrogeologi

Pemetaan hidrogeologi tersebar merata di daerah penelitian dengan 26 titik minatan baik yang berada pada wilayah IUP maupun wilayah Non IUP yang bersumber dari sumur gali milik penduduk untuk dilakukan analisis geokimia dan logam berat. Titik yang berada di dalam IUP terdapat 12 titik minatan dengan rincian 9 titik di Desa Mentawak dan 3 titik di Desa



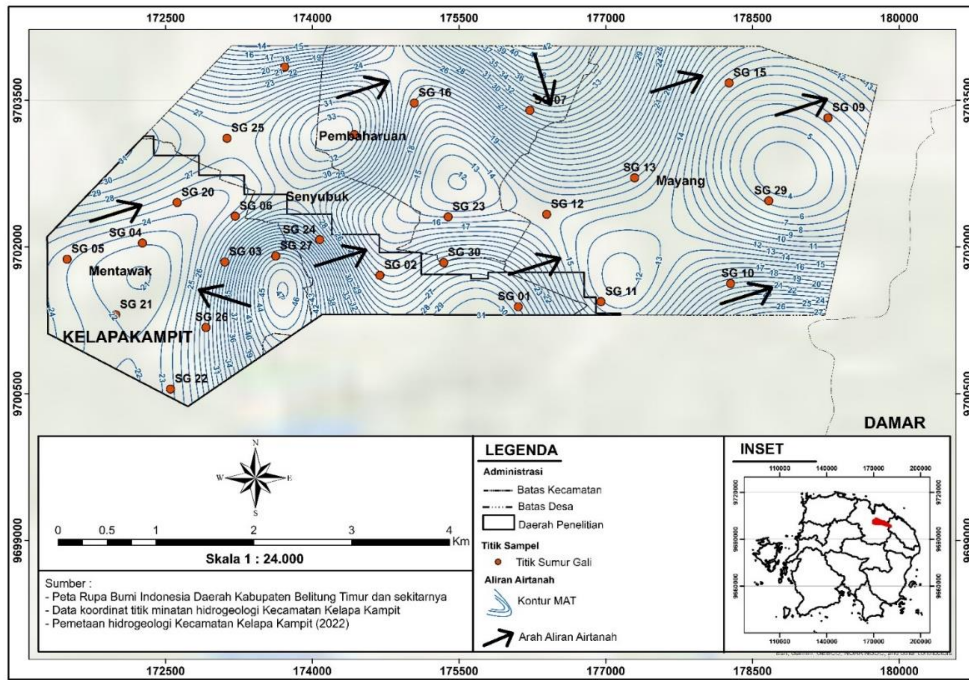
Gambar 2. Peta litologi daerah penelitian (modifikasi Baharuddin dan Sidharto, 1995)

Senyubuk. Titik yang berada di wilayah Non IUP terdapat 14 titik minatan dengan rincian 3 titik di Desa Senyubuk, 4 titik di Desa Pembaharuan, dan 7 titik di Desa Mayang. Data kimia air tanah digunakan untuk menganalisis hidrogeokimia air tanah seperti pH, DHL, TDS, dan kesadahan. Data logam berat air tanah digunakan untuk menganalisis persebaran logam berat

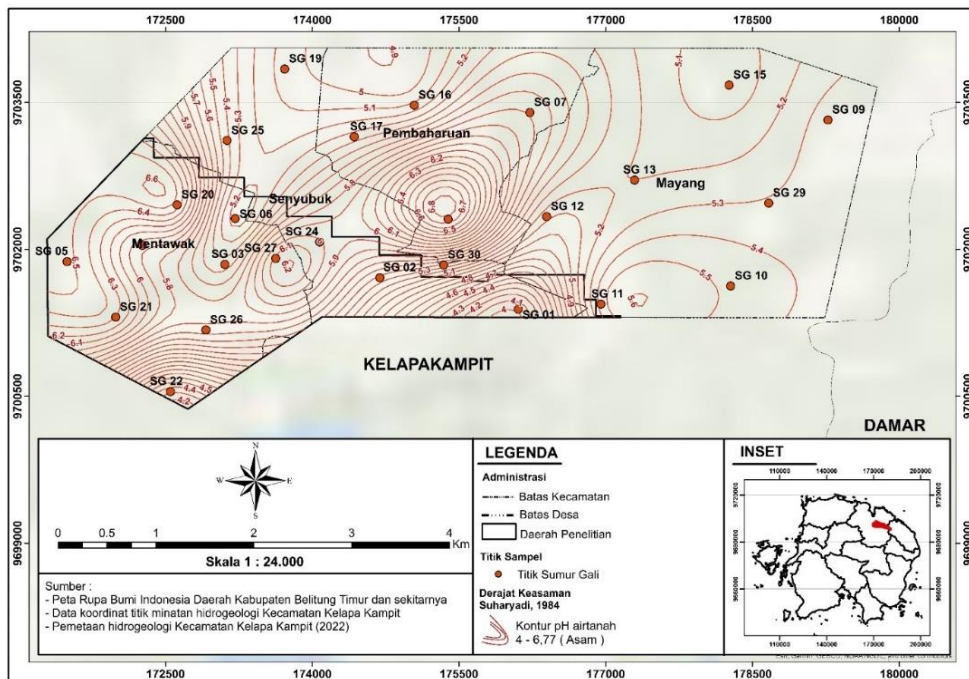
seperti  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ , dan  $Al^{3+}$ .

**3.4 Arah dan Pola Aliran MAT**

Hasil pengukuran menunjukkan kedalaman MAT di daerah penelitian sangat bervariasi dengan kedalaman rata-rata 2,3 m dari permukaan tanah. Kedalaman MAT terendah di daerah penelitian yaitu 0,5 m dari permukaan tanah yang terletak di Desa Mayang (SG-09)



**Gambar 3.** Peta Arah dan Pola Aliran Muka Air Tanah Daerah Penelitian



**Gambar 4.** Peta Tingkat keasaman air tanah daerah penelitian

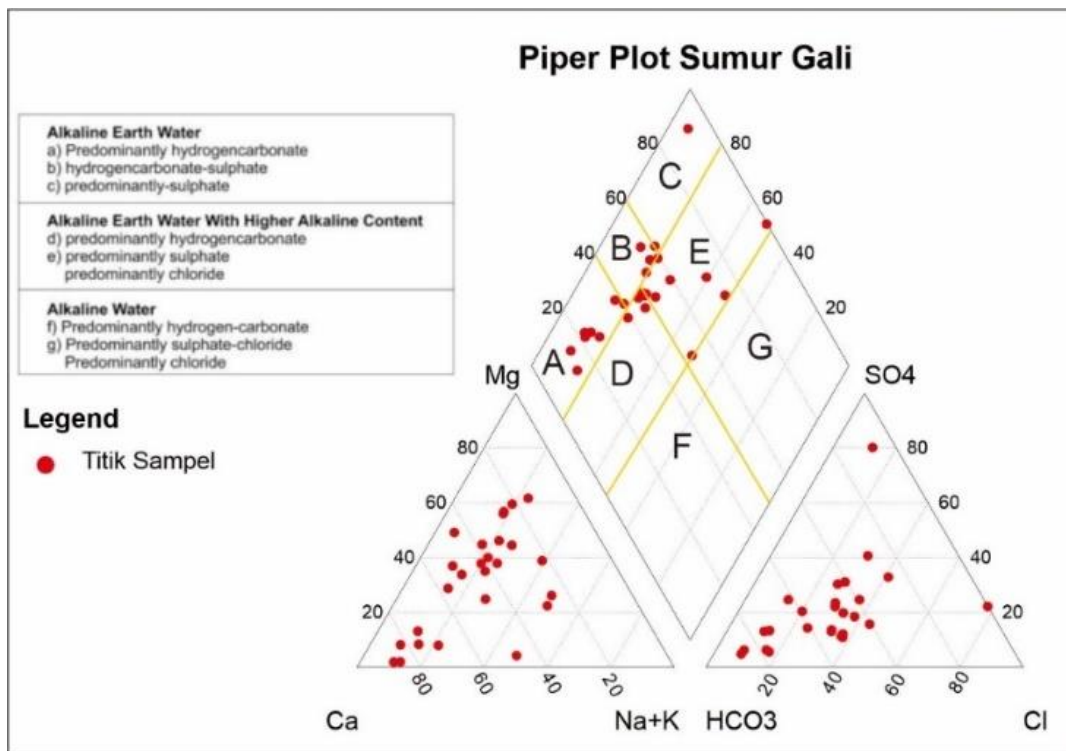
dan SG-12), sedangkan MAT paling dalam yaitu 7,6 m dari permukaan tanah yang terletak di Desa Mentawak (SG-27). Analisis MAT ditentukan dari 26 titik minatan hidrogeologi yang tersebar di daerah penelitian. Nilai ketinggian MAT didapatkan dari hasil selisih antara nilai elevasi dengan kedalaman MAT. Nilai ketinggian MAT di daerah penelitian yaitu antara 4,75 – 43,4 mdpl dengan rata-rata 22,7 m dari permukaan tanah. Ketinggian MAT terendah di daerah penelitian yaitu 4,75 m dari permukaan tanah yang terletak di Desa Mayang (SG-29), sedangkan ketinggian MAT paling tinggi yaitu 43,4 m dari permukaan tanah yang terletak di Desa Mentawak (SG-27).

Gambar 3 menunjukkan bahwa kontur muka air tanah di daerah penelitian. Kontur muka air tanah di bagian selatan yaitu Desa Mentawak dan Desa Senyubuk lebih tinggi dibandingkan dengan Desa Pembaharuan dan Desa Mayang. Arah aliran air tanah di daerah penelitian yaitu berarah selatan – timur laut. Jika dilihat dari peta topografi, daerah penelitian memiliki topografi yang lebih tinggi di bagian selatan jika dibandingkan dengan arah timur laut daerah penelitian. Dengan demikian, pola dan arah aliran air tanah mengalir dari daerah dengan kemiringan lereng berupa Berbukit Bergelombang yang berada di bagian selatan daerah penelitian dan menyebar ke kemiringan lereng yang datar di timur laut daerah penelitian.

**3.5 Analisis Hidrogeokimia Air Tanah**

Berdasarkan analisis 26 titik minatan, daerah penelitian memiliki nilai pH sebesar 4 – 6,77 (Gambar 4) dan dikategorikan dalam air yang asam. Area IUP memiliki nilai rata-rata pH sebesar 5,61. Nilai pH terendah di area IUP yaitu 4,02 yang terletak di Desa Senyubuk (SG-01), sedangkan nilai pH paling tinggi di area IUP yaitu 6,53 yang terletak di Desa Mentawak (SG-05). Untuk area Non IUP memiliki nilai rata-rata pH sebesar 5,41. Nilai pH terendah di area Non IUP yaitu 5,05 yang terletak di Desa Mayang (SG-15), sedangkan nilai pH paling tinggi di area Non IUP yaitu 6,77 yang terletak di Desa Pembaharuan (SG-23). Semakin ke arah selatan, kondisi air tanah juga akan semakin asam. Hal ini disebabkan karena adanya interaksi antara air tanah dengan batuan sekitarnya. Nilai pH berdasarkan PERMENKES Nomor 32 Tahun 2017 dengan standar baku mutu 6,5 – 8,5, dari 26 sampel menunjukkan dominan tidak memenuhi syarat untuk keperluan higiene sanitasi karena memiliki nilai pH sangat asam.

Daerah penelitian memiliki nilai DHL sebesar 20 – 145 µS/cm dengan kualitas air sangat baik. Area IUP memiliki nilai rata-rata DHL 91,4 µS/cm dan nilai DHL terendah di area IUP yaitu 26,5 µS/cm (SG-26) sedangkan nilai DHL paling tinggi di area IUP yaitu 226 µS/cm yang terletak di Desa Mentawak (SG-27). Nilai DHL yang tinggi pada bagian Timur wilayah IUP



Gambar 5. Distribusi hasil analisis fasies air tanah menggunakan diagram Piper

disebabkan oleh aktivitas penambangan timah. Nilai rata-rata DHL wilayah Non IUP 66,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , nilai DHL terendah yaitu 20,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  yang terletak di Desa Mayang (SG-29), dan nilai DHL paling tinggi di area Non IUP yaitu 145  $\mu\text{S}/\text{cm}$  yang terletak di Desa Mayang (SG-10). Semakin ke arah timur daerah penelitian, kondisi air tanah akan memiliki nilai DHL yang tinggi karena pada bagian timur berbatasan langsung dengan Selat Karimata. Nilai DHL yang tinggi juga dapat dipengaruhi oleh suhu dan ion klorida yang tinggi. Berdasarkan hasil pengukuran nilai DHL, sampel secara keseluruhan tergolong dalam air dengan pengkayaan garam yang rendah dengan sedikit ion logam terlarut.

Daerah penelitian memiliki nilai TDS sebesar 14 – 111 mg/L. Dengan demikian, daerah penelitian diklasifikasikan sebagai air tawar karena memiliki nilai konduktivitas < 1.000 mg/L). Semakin ke arah timur daerah penelitian, kondisi air tanah akan memiliki nilai TDS yang tinggi. Nilai TDS berdasarkan PERMENKES Nomor 32 Tahun 2017 dengan standar baku mutu 1.000 mg/L, secara keseluruhan memenuhi syarat untuk keperluan higiene sanitasi.

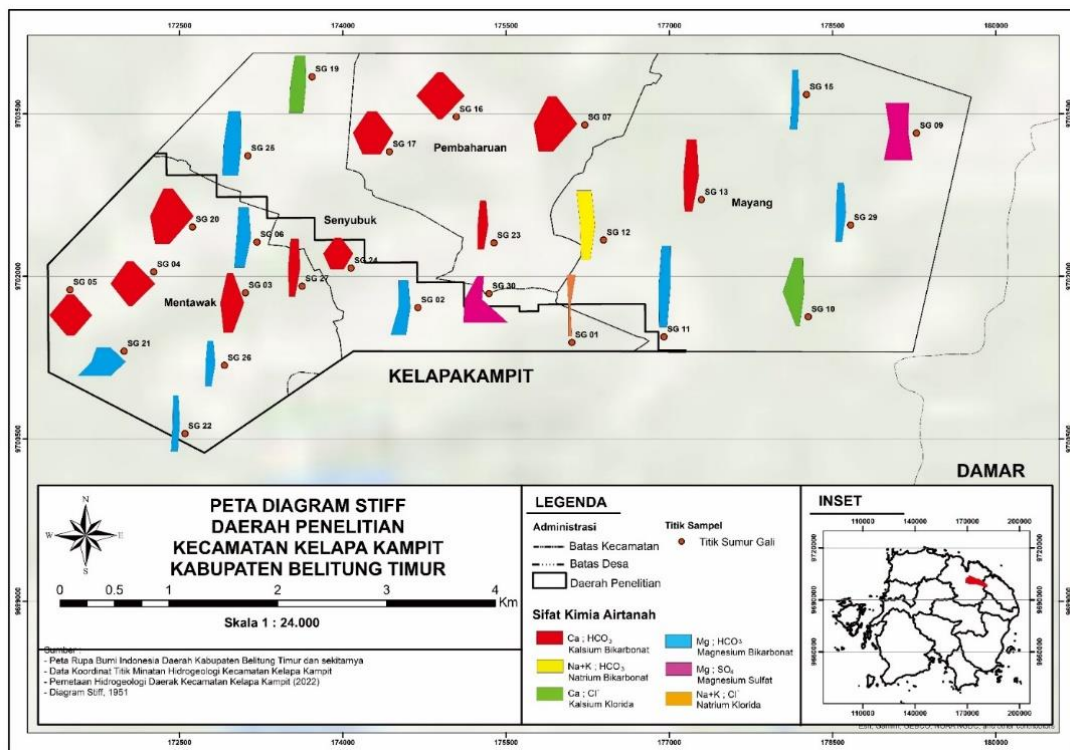
**3.6 Fasies Air Tanah**

Berdasarkan hasil analisis fasies menggunakan Diagram Piper (Gambar 5), dapat diketahui bahwa sampel air tanah di lokasi penelitian memiliki dua fasies dominan berupa yaitu *alkaline earth water*, dan *alkaline earth water with higher alkaline content*. Fasies pertama

yaitu *alkaline earth water* dengan jumlah titik distribusi pada 13 titik sampel. Fasies ini menunjukkan bahwa keberadaan air tanah masih berada di daerah *recharge* yang terlihat dari kandungan senyawanya seperti  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , dan  $\text{SO}_4^{2-}$ . Fasies ini juga mencirikan air berasal dari air hujan yang melewati batuan kaya akan kandungan  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Kemudian fasies kedua yaitu *alkaline earth water with higher alkaline content* dengan 13 jumlah titik distribusi. Fasies ini mencirikan air berasal dari daerah vulkanik yang sedang mengalir ke hilir dengan ditunjukkan beberapa kandungan senyawa seperti  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ , dan  $\text{HCO}_3^-$  (Piper, A. M. 1953).

**3.7 Analisis Kandungan Ion Kimia Air Tanah**

Data yang digunakan dalam analisis kimia ini berupa data kandungan ion mayor dalam air tanah yang diperoleh berdasarkan analisis laboratorium. Analisis kimia pada air tanah dilakukan terhadap ion anion dan ion kation. Untuk ion anion berupa  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , dan ion kation berupa  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ . Berdasarkan hasil laboratorium, dapat diketahui bahwa nilai kandungan  $\text{Ca}^{2+}$  dan kandungan  $\text{HCO}_3^-$  pada area IUP lebih besar daripada kandungan  $\text{Ca}^{2+}$  dan kandungan  $\text{HCO}_3^-$  di wilayah Non IUP. Hal ini tentunya diakibatkan oleh adanya kegiatan penambangan aktif di wilayah IUP yang membuka singkapan secara luas dan mempengaruhi air tanah disekitarnya. Tingginya kandungan  $\text{Ca}^{2+}$  dan kandungan  $\text{HCO}_3^-$  pada wilayah



Gambar 6. Peta diagram Stiff daerah penelitian

IUP maupun Non IUP disebabkan oleh proses pelarutan batuan sedimen di daerah penelitian. Hal ini juga dipengaruhi oleh kondisi geologi di sekitarnya, dengan litologi daerah penelitian berupa litologi metabatupasir kuarsa, perselingan meta batupasir dan meta batulempung, serta endapan aluvial.

Secara keseluruhan, baik sampel air tanah yang berada di area IUP maupun area Non IUP, memiliki nilai anion dan nilai kation dibawah standar baku mutu yang ditetapkan oleh PERMENKES Nomor 32 Tahun 2017 tentang higiene sanitasi dan parameter WHO tahun 2011. Sehingga air tanah di daerah penelitian masih layak digunakan untuk keperluan sehari-hari.

**3.8 Analisis Kualitas Air Tanah**

**3.8.1 Metode Diagram Stiff**

Metode Stiff dikembangkan oleh Stiff, H.A.Jr. pada tahun 1951. Berdasarkan analisis menggunakan Diagram Stiff, unsur dominan kation dan anion pada setiap titik sampel di daerah penelitian adalah  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  pada kation dan  $HCO_3^-$  pada anion. Sampel air tanah yang berada di wilayah IUP memiliki unsur dominan kation berupa  $Ca^{2+}$  dan anion berupa  $HCO_3^-$ , khususnya di daerah Desa Mentawak sedangkan, untuk sampel air tanah yang berada di wilayah Non IUP juga memiliki unsur dominan kation berupa  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  dan anion berupa  $HCO_3^-$ , di sekitar Desa Senyubuk, Desa Pembaharuan dan Desa Mayang. Dari hasil analisis diatas, juga dapat diinterpretasi bahwa daerah IUP dan Non IUP didominasi oleh kadar kation  $Ca^{2+}$  yang tinggi dan kadar anion  $HCO_3^-$  yang tinggi. Persebaran dari tipe air ini berdasarkan anion sama dengan persebaran

kationnya, yaitu air dengan kation  $Ca^{2+}$  yang tinggi juga memiliki persebaran yang sama dengan air berkadar anion  $HCO_3^-$  yang tinggi (Gambar 6).

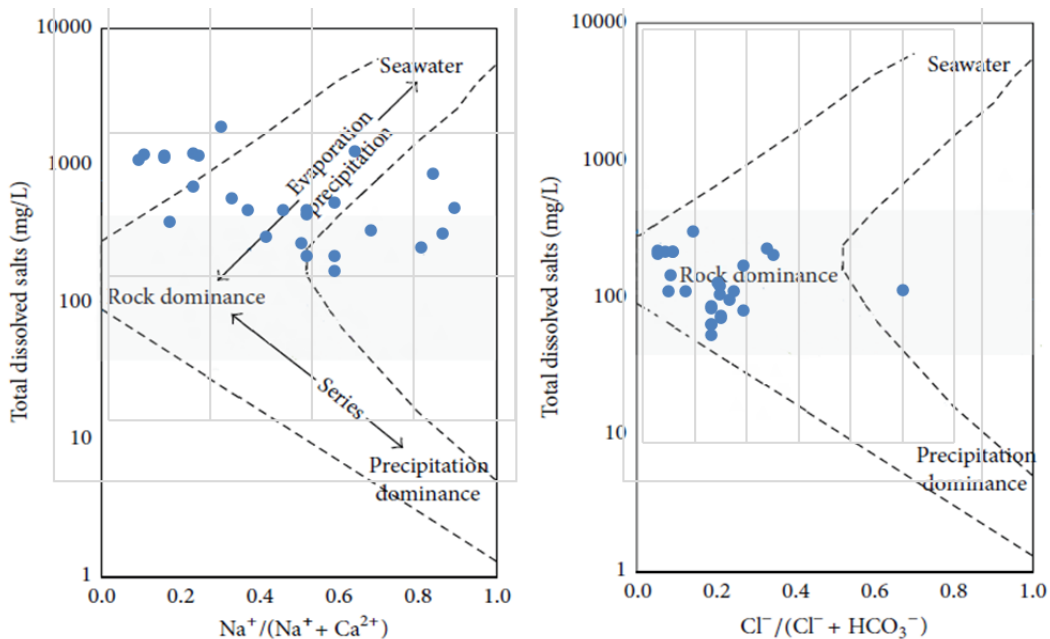
**3.8.2 Metode Diagram Gibbs**

Dari hasil pengeplotan pada Gambar 7, dapat diketahui bahwa air tanah yang berkembang di sekitar daerah penelitian didominasi oleh kategori *rock dominance* atau adanya interaksi antara air tanah dengan batuan disekitarnya yang mempunyai nilai porositas dan permeabilitas yang rendah yaitu berupa satuan Metabatupasir kuarsa, perselingan Metabatupasir dan Metabatulempung. Dengan demikian, air tanah belum dipengaruhi polusi atau pencemaran air tanah. Hal ini dibuktikan dengan nilai TDS dan DHL yang rendah di daerah penelitian (Klasifikasi menurut Gibbs, 1876).

**3.9 Analisis Logam Berat**

Data yang digunakan dalam analisis logam berat berupa data logam berat dalam air tanah hasil analisis laboratorium. Dari hasil analisis di laboratorium, dapat diketahui bahwa air tanah di daerah penelitian memiliki nilai kandungan  $Fe^{2+}$  sebesar 0,02 – 0,1 mg/L sehingga, daerah penelitian diklasifikasikan sebagai air dengan nilai  $Fe^{2+}$  yang rendah. Nilai  $Fe^{2+}$  berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang higiene sanitasi, sampel 100% memenuhi syarat untuk keperluan higiene sanitasi karena memiliki nilai  $Fe^{2+} < 1$  mg/L.

Selain itu, air tanah daerah penelitian mempunyai nilai kandungan  $Mn^{2+}$  sebesar 0,1 – 0,4 mg/L sehingga, daerah penelitian diklasifikasikan sebagai air dengan nilai kandungan  $Mn^{2+}$  yang rendah. Nilai  $Mn^{2+}$



**Gambar 7.** Hasil pengeplotan nilai TDS terhadap ion menggunakan diagram Gibbs



berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang higiene sanitasi, sampel 100% memenuhi syarat untuk keperluan higiene sanitasi karena memiliki nilai  $Mn^{2+} < 0,5$  mg/L.

Air tanah di daerah penelitian mempunyai nilai kandungan  $Pb^{2+}$  sebesar 0,003 – 0,01 mg/L sehingga, daerah penelitian diklasifikasikan sebagai air dengan nilai kandungan  $Pb^{2+}$  yang rendah. Kandungan nilai  $Pb^{2+}$  berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang higiene sanitasi, sampel secara keseluruhan memenuhi syarat untuk keperluan higiene sanitasi karena memiliki nilai  $Pb^{2+} < 0,05$  mg/L. Air tanah di daerah penelitian mempunyai nilai kandungan  $Zn^{2+}$  sebesar 0,1 – 0,3 mg/L sehingga, daerah penelitian diklasifikasikan sebagai air dengan nilai kandungan  $Zn^{2+}$  yang rendah. Nilai  $Zn^{2+}$  berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang higiene sanitasi, sampel 100% secara keseluruhan memenuhi syarat untuk keperluan higiene sanitasi karena memiliki nilai kandungan  $Zn^{2+} < 3$  mg/L. Air tanah di daerah penelitian mempunyai nilai kandungan  $Cu^{2+}$  sebesar 0,2 – 0,6 mg/L sehingga, daerah penelitian diklasifikasikan sebagai air dengan nilai kandungan unsur  $Cu^{2+}$  yang rendah. Berdasarkan PERMENKES Nomor 32 Tahun 2017 tentang higiene sanitasi, sampel 100% memenuhi syarat untuk keperluan higiene sanitasi karena memiliki nilai  $Cu^{2+} < 2$  mg/L. Air tanah di daerah penelitian mempunyai nilai kandungan  $Al^{3+}$  sebesar 0,1 – 0,6 mg/L sehingga, daerah penelitian diklasifikasikan sebagai air dengan nilai kandungan unsur  $Al^{3+}$  yang tinggi. Berdasarkan PERMENKES Nomor 32 Tahun 2017 tentang higiene sanitasi, sampel secara dominan memenuhi syarat untuk keperluan higiene sanitasi karena memiliki nilai  $Al^{3+} < 0,2$  mg/L.

### 3.10 Keterkaitan Kimia dan Logam Berat dengan Kondisi Geologi

Daerah penelitian didominasi oleh kandungan  $Ca^{2+}$ ,  $HCO_3^-$  dengan jumlah penyebaran 11 titik minatan dan kandungan  $Mg^{2+}$ ,  $HCO_3^-$  dengan jumlah penyebaran 9 titik minatan. Hal ini tentunya diakibatkan oleh kondisi geologi di daerah penelitian dapat mempengaruhi tipe-tipe air tanah dengan kandungan  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  pada kation dan  $HCO_3^-$  pada anion. Kandungan  $Ca^{2+}$  yang tinggi ini diindikasikan oleh adanya titik minatan yang berada di Formasi Kelapa Kampit dengan litologi berupa batuan sedimen flysch dengan fosil *Agathiceras sundaicum* dan *Moscovicrinus*, serta fosil *Fusulina schwagerina* dan *Cathaysia*. Keberadaan  $Ca^{2+}$  yang tinggi ini juga disebabkan adanya litologi berupa perselingan Metabatupasir dengan Metabatulempung sedangkan, untuk kandungan ion  $HCO_3^-$  yang tinggi ini diindikasikan adanya proses pelarutan batuan sedimen di daerah penelitian. Kandungan ion  $HCO_3^-$  kemungkinan juga berasal dari hasil pelarutan senyawa  $CO_2$  yang terlarut dalam air

hujan yang jatuh dan terinfiltrasi dengan tanah yang mengandung lebih banyak senyawa  $CO_2$ . Beberapa daerah penelitian juga memiliki kandungan logam berat yang tinggi dan disebabkan oleh adanya indikasi keberadaan *base metal* di daerah penelitian. Litologi berupa perselingan metabatupasir dan metabatulempung ini mengandung mineral muskovit dengan kandungan senyawa logam berat berupa aluminium dan besi. Adapun beberapa mineral bijih pembawa base metal seperti timbal, *zink*, dan tembaga.

### 3.11 Perhitungan Indeks Kualitas Air Tanah

#### 3.11.1 Water Quality Index

Penelitian ini menggunakan metode WQI yang berguna untuk mengevaluasi kualitas air tanah dengan peruntukan higiene sanitasi. Berdasarkan hasil perhitungan WQI, daerah penelitian memiliki rentang nilai WQI antara 6,93 – 36,90 dengan rata-rata 14,27. Nilai WQI tertinggi berada pada titik SG-20 yang berada di Desa Mentawak. Pada SG-20 didapati nilai nitrat dan nitrit yang cukup tinggi. Mengacu pada klasifikasi WQI yang diperuntukkan untuk keperluan higiene sanitasi, diketahui bahwa 100% sampel air tanah di daerah penelitian berada pada kondisi sangat baik untuk keperluan sehari-hari (Tabel 1).

#### 3.11.2 Heavy Metal Pollution Index

Penelitian ini juga menggunakan metode HPI, untuk membantu dalam mengevaluasi kualitas air tanah dengan peruntukan higiene sanitasi. Berdasarkan hasil perhitungan HPI, daerah penelitian memiliki rentang nilai HPI antara 2,32 – 2,40 dengan rata-rata 2,33. Nilai HPI tertinggi berada pada titik SG-22 yang berada di Desa Mentawak. Pada SG-22 didapati nilai konsentrasi  $Pb^{2+}$  tinggi (Tabel 2).

### 3.12 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Menurut Kurnia dan Rohaendi (2022), secara umum timah akan meninggalkan komposisi logam berat yang mudah berpindah dari lokasi penambangan ke lingkungan salah satu contohnya adalah permukaan tanah dan terserap hingga masuk ke dalam muka air tanah. Berdasarkan data analisis menggunakan pengujian logam berat berupa metode *Atomic Absorption Spectrometer*, air asam tambang mengandung berbagai logam berat yang menimbulkan dampak sangat berbahaya pada lingkungan dalam jangka waktu yang panjang. Logam berat pada air asam tambang akan berpotensi mencemari air permukaan dan air tanah akibat adanya rembesan sistem air tanah. Lahan pasca tambang timah memiliki kadar  $Pb^{2+}$  golongan sedang sampai rendah. Selain itu, kadar  $Cd^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ , dan  $Mn^{2+}$  juga rendah.

Dalam penelitian kualitas air menggunakan metode WQI dan HPI didapatkan bahwa, air tanah di daerah penelitian memiliki kualitas air yang baik dan tergolong layak untuk keperluan higiene sanitasi dengan

**Tabel 1.** Hasil Perhitungan Kualitas Air Tanah dengan Metode WQI.

No	Kode Titik	Total WQI	Kualitas Air
1	SG-01	24,1	Sangat Baik
2	SG-02	23,1	Sangat Baik
3	SG-03	8,74	Sangat Baik
4	SG-04	32,6	Sangat Baik
5	SG-05	24,4	Sangat Baik
6	SG-06	7,93	Sangat Baik
7	SG-07	11,4	Sangat Baik
8	SG-09	23,6	Sangat Baik
9	SG-10	12,4	Sangat Baik
10	SG-11	7,44	Sangat Baik
11	SG-12	7,21	Sangat Baik
12	SG-13	7,62	Sangat Baik
13	SG-15	7,67	Sangat Baik
14	SG-16	11,9	Sangat Baik
15	SG-17	7,32	Sangat Baik
16	SG-19	7,13	Sangat Baik
17	SG-20	36,9	Sangat Baik
18	SG-21	15,9	Sangat Baik
19	SG-22	14,6	Sangat Baik
20	SG-23	12,4	Sangat Baik
21	SG-24	12,9	Sangat Baik
22	SG-25	8,47	Sangat Baik
23	SG-26	7,68	Sangat Baik
24	SG-27	17,9	Sangat Baik
25	SG-29	6,93	Sangat Baik
26	SG-30	10,4	Sangat Baik
<b>Rata - rata</b>		14,3	Sangat Baik
<b>Minimal</b>		6,93	Sangat Baik
<b>Maksimal</b>		36,90	Sangat Baik

logam berat Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> di daerah penelitian sangat rendah

#### 4. Kesimpulan

Litologi daerah penelitian berupa Metabatupasir, Perselingan Metabatupasir dengan Metabatulempung, dan Endapan Aluvial. Arah aliran air tanah pada akuifer bebas dari arah selatan ke arah timur laut dan bermuara di Selat Karimata. Sumur gali disekitar daerah penelitian memiliki nilai pH air 4 – 6,77 dengan kategori asam, nilai DHL sebesar 20 – 145 µS/cm dan nilai TDS sebesar 14 – 111 mg/L. Air tanah di daerah penelitian berasal dari air hujan. Diagram Stiff juga menunjukkan air di daerah penelitian didominasi ion Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, dan HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Diagram Gibbs juga menunjukkan bahwa air

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Tingkat Kontaminasi Air Tanah dengan Metode HPI.

No	Kode Titik	Nilai HPI	Tingkat Kontaminasi
1	SG-01	2,32	Rendah
2	SG-02	2,32	Rendah
3	SG-03	2,33	Rendah
4	SG-04	2,32	Rendah
5	SG-05	2,32	Rendah
6	SG-06	2,33	Rendah
7	SG-07	2,33	Rendah
8	SG-09	2,32	Rendah
9	SG-10	2,33	Rendah
10	SG-11	2,33	Rendah
11	SG-12	2,33	Rendah
12	SG-13	2,33	Rendah
13	SG-15	2,33	Rendah
14	SG-16	2,33	Rendah
15	SG-17	2,33	Rendah
16	SG-19	2,33	Rendah
17	SG-20	2,32	Rendah
18	SG-21	2,32	Rendah
19	SG-22	2,40	Rendah
20	SG-23	2,33	Rendah
21	SG-24	2,33	Rendah
22	SG-25	2,33	Rendah
23	SG-26	2,33	Rendah
24	SG-27	2,32	Rendah
25	SG-29	2,33	Rendah
26	SG-30	2,32	Rendah
<b>Rata - rata</b>		2,33	Rendah
<b>Minimal</b>		2,32	Rendah
<b>Maksimal</b>		2,40	Rendah

tanah tergolong dalam rock dominance atau adanya interaksi antara air tanah dengan batuan disekitarnya. Logam berat Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> di daerah penelitian sangat rendah dan logam berat Al<sup>3+</sup> memiliki golongan yang tinggi. Hasil analisis dengan metode WQI dan HPI, air tanah di daerah penelitian memiliki kualitas air yang baik dan tergolong layak untuk keperluan higiene sanitasi..

#### Ucapan Terima Kasih

Dengan terselesaikannya artikel ilmiah ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada pihak yang sudah membantu melakukan pengukuran di lapangan dan terima kasih juga kepada PT Menara Cipta Mulia yang telah membantu menyediakan keperluan data terkait penelitian ini..

**Daftar Pustaka**

- Agniy, R., F., dan Cahyadi, A. (2015). Analisis Evolusi Hidrogeokimia Air Tanah di Sebagian Mata Air Karst Kabupaten Rembang Bagian Selatan. Prosiding Seminar Nasional Innovation in Environmental Management.
- Badan Informasi Geospasial (2021) *Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Bangka Belitung*. <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web> (diakses pada 2 November 2022).
- Baharuddin dan Sidharto (1995) Peta Geologi Lembar Belitung, Sumatera. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, skala 1:250,000.
- Gibbs, J. W. (1876) On the equilibrium of heterogeneous substances. Transactions of Connecticut Academy of Arts and Sciences, 108-248.
- Irvani, I., & Pitulima, J. (2016). Studi Logam Berat dalam Air dan Sedimen Kolong Retensi Kacang Pedang Pasca Penambangan Timah. *PROMINE*, 4(1).
- Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2020). *Booklet Timah: Peluang Investasi Timah Indonesia*.
- Kurnia, A., & Rohaendi, N. (2022). Identifikasi logam berat di lahan pasca tambang timah di kepulauan bangka belitung. *Jurnal Geominerba (Jurnal Geologi, Mineral Dan Batubara)*, 7(2), 164-177.
- Nath, B. K., Chaliha, C., Bhuyan, B., Kalita, E., Baruah, D. C., & Bhagabati, A. K. (2018). GIS mapping-based impact assessment of groundwater contamination by arsenic and other heavy metal contaminants in the Brahmaputra River valley: a water quality assessment study. *Journal of Cleaner Production*, 201, 1001-1011..
- Nuzulliyantoro, A.T. (2020). *Atlas Ketersediaan Air Tanah Indonesia*. Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017. *Higiene Sanitasi*.
- Piper, A. M. (1953). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. *USGS Groundwater No. 12*
- Stiff Jr, H. A. (1951). The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. *Journal of petroleum technology*, 3(10), 15-3.
- Vasanthavigar, M., Srinivasamoorthy, K., Vijayaragavan, K., Rajiv Ganthi, R., Chidambaram, S., Anandhan, P., ... & Vasudevan, S. (2010). Application of water quality index for groundwater quality assessment: Thirumanimuttar sub-basin, Tamilnadu, India. *Environmental monitoring and assessment*, 171, 595-609.
- World Health Organization (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality Fourth Edition*. Geneva : WHO Press.
- Abou Zakhem, B., & Hafez, R. (2015). Heavy metal pollution index for groundwater quality assessment in Damascus Oasis, Syria. *Environmental earth sciences*, 73, 6591-6600.