

KARAKTERISTIK HIDROGEOKIMIA AKUIFER TAK TERKEKANG KAWASAN PESISIR PULAU WEH, ACEH

CHARACTERISTIC OF UNCONFINED AQUIFER HYDROGEOCHEMISTRY IN WEH ISLAND COASTAL AREA, ACEH

Wisnu Arya Gemilang¹⁾ Nia Naelul Hasanah Ridwan¹⁾ Ulung Jantama Wisna¹⁾

¹⁾Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir, Balitbang KP, KKP

Jl. Raya Padang-Painan km 16, Bungus Padang

E-Mail: wisnu.gemilang@yahoo.co.id

Diterima: 7 Mei 2018; Direvisi: 28 Januari 2019; Disetujui: 8 Maret 2019

ABSTRAK

Pengembangan pariwisata di kawasan pesisir Pulau Weh membutuhkan beberapa pendukung salah satu pendukung pariwisata yaitu penyediaan air bersih. Evaluasi terhadap kualitas air tanah pada sistem akuifer tidak terkekang di kawasan pesisir sangat penting dilakukan untuk mengetahui kelayakan air tanah. Salah satu metode evaluasi kualitas dan karakteristik air tanah adalah pengukuran parameter fisika dan kimia yang dilengkapi dengan kondisi geologi dan karakteristik hidrogeokimia air tanah. Fasies air tanah pesisir Pulau Weh terbagi atas 5 tipe meliputi CaHCO_3 , CaCl , NaCl , NaHCO_3 dan percampuran CaMgCl . Pelapukan batuan merupakan faktor utama penentu tipe fasies air tanah di Pulau Weh. Sebanyak 54,55% sampel air tanah di pesisir Pulau Weh dipengaruhi oleh air laut berdasarkan nilai rasio Na/Cl . Berdasarkan jarak garis pantai terhadap unsur Na dan Cl memperlihatkan korelasi dengan memperlihatkan kecenderungan semakin mendekati pantai maka salinitas air tanah semakin tinggi. Namun seluruh sampel air tanah di Pulau Weh memenuhi persyaratan untuk dikonsumsi maupun digunakan berdasarkan standar baku mutu WHO, 1993 dan baku mutu air minum No: 492/MENKES/PER/IV/2010. Sehingga penyediaan air bersih dan layak digunakan sebagai pengembangan pariwisata di Pulau Weh dapat terpenuhi, walaupun hasil interpretasi data kimia air tanah mengindikasikan intrusi air laut masih terjadi.

Kata kunci: Kualitas air tanah, hidrogeokimia, akuifer, pesisir, Pulau Weh

ABSTRACT

Marine tourism development in the Weh Island, Aceh Province needs several supports to enhance the amount of tourism visits such as groundwater availability. Groundwater quality evaluation in the unconfined aquifer systems is essential to assess the ground water advisability. One of the evaluation methods to observe the quality and characteristics of groundwater is physical and chemical parameters measurements completed by geological conditions and groundwater hydrogeochemical characteristics. Ground water facies is divided into five types including CaHCO_3 , CaCl , NaCl , NaHCO_3 , and the solution of CaMgCl . Rock weathering is the main factor to determine facies type of groundwater in Weh Island. As much as 54.55% of ground water samples are influenced by the seawater according to Na/Cl ratio. Based on the distance from coastline to Na and Cl elements, it shows a correlation by which the closer toward coastal, the higher salinity level of groundwater. Nevertheless, the entire samples occupy the requirement for daily consumption and utilization according to standardization by WHO, 1993 and Ministry of Health No: 492/MENKES/PER/IV/2010. Therefore, the fresh water provision that is feasible to support marine tourism development in Weh Island can be provided, despite the interpretation result of groundwater chemical data, seawater influence on groundwater takes place.

Keyword: Groundwater quality, hydrogeochemistry, aquifer, coastal, Weh Island

PENDAHULUAN

Pulau Weh yang terletak di Provinsi Aceh merupakan salah satu tujuan wisata bahari yang dikunjungi oleh wisatawan lokal maupun asing. Wisata bahari yang dimiliki Kota Sabang atau Pulau Weh dapat dimanfaatkan sebagai objek wisata yang dapat meningkatkan devisa negara (Ikhsan dan Syahrival, 2014). Kerjasama regional yang dibangun oleh Indonesia Malaysia dan Thailand telah melahirkan kesepakatan bersama untuk mengembangkan kawasan segitiga yaitu: Phuket (Thailand), Langkawi (Malaysia) dan Sabang (Indonesia) (Edyanto, 2006). Sarana pariwisata terbagi menjadi tiga bagian penting yaitu sarana pokok pariwisata, sarana pelengkap pariwisata dan sarana penunjang pariwisata (Primadany, 2013). Prasarana terpenting dalam pengembangan pariwisata yaitu prasarana umum wisatawan yang meliputi ketersediaan air bersih (Muzha, 2013).

Kota Sabang yang memiliki penduduk 30.653 jiwa, 63% kebutuhan air minum warganya dilayani oleh PDAM Tirta Aneuk Laot. Pada tahun 2009 menyalurkan 1.090.781 meter³/tahun kubik air bersih kepada 4.718 pelanggan di seluruh Kota Sabang (BPS Sabang, 2010). Keterbatasan keuangan PDAM Tirta Aneuk Laut berdampak pada ketidakmampuan perusahaan melakukan kegiatan operasional sesuai standar yang ditetapkan. Padahal, pemerintah menargetkan 80% penduduk terlayani fasilitas air bersih pada tahun 2015. Namun pada kenyataannya beberapa area di Kota Sabang tidak terpenuhi kebutuhan air bersih oleh PDAM (Malahayati *et al.*, 2012). Salah satu wilayah terdampak macetnya suplay air PDAM Tirta Aneuk Laot yaitu kawasan wisata Iboih dan beberapa kawasan lainnya.

Sumber air bersih di kawasan obyek pariwisata hanya mengandalkan sumber air tanah (sumur) dengan kapasitas yang sangat terbatas (Edyanto, 2012). Secara umum untuk kawasan yang jauh dari pusat kota pemenuhan kebutuhan air bersih masih rendah. Namun pemerintah daerah telah berusaha untuk mengupayakan pemenuhan akan air tersebut dengan berbagai cara diantaranya membuat penampungan air sementara bagi daerah yang kekurangan air (Edyanto, 2006). Pemanfaatan air tanah di daerah pesisir yang berlebihan dapat menyebabkan masuknya air asin ke dalam daratan, yang kemudian mempengaruhi kualitas air tanahnya (Muchamad *et al.*, 2017).

Peningkatan kebutuhan air bersih sebanding dengan berkembangnya suatu daerah. Semakin meningkatnya kebutuhan air bersih, maka eksploitasi air tanah akan semakin besar. Hal ini mengakibatkan persediaan air tanah semakin berkurang. Berkurangnya kandungan air tanah

pada lapisan akuifer dapat mengakibatkan masuknya air laut ke dalam akuifer (Saila & Azmeri, 2013). Sumber daya air tanah di sepanjang garis pantai dapat terancam dengan mekanisme pencampuran intrusi air laut ke dalam air tawar, karena abstraksi air tanah secara berlebihan (Aris *et al.*, 2010; Rusak and Sivan, 2010).

Kualitas air tanah merupakan hal sangat penting untuk mendukung kehidupan (Isa *et al.*, 2012). Air tanah di kontrol oleh alam dan faktor antropogenik, seperti struktur geologi, komposisi presipitasi (Jalali, 2007), proses geokimia, interaksi antara air tanah dan mineral penyusun akuifer (Subramani *et al.*, 2010) dan aktifitas manusia. Interaksi tersebut merupakan faktor penyebab air tanah terbagi dalam berbagai jenis air tanah (Belkhiri and Mouni, 2013). Kimia air tanah tergantung pada perbedaan proses hidrogeokimia dimana air tanah mengalami perubahan menurut skala ruang dan waktu (Sheikhy *et al.*, 2014).

Peningkatan pengetahuan tentang komposisi kimia air tanah di daerah tropis terutama lingkungan pulau kecil seperti Pulau Weh, sangat dibutuhkan untuk memahami aspek-aspek sistem hidrokimia di daerah tersebut. Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hidrokimia air tanah tidak tertekan yang dihubungkan dengan kondisi geologi lokasi pengambilan sampel air, sedangkan tujuannya adalah mengetahui karakteristik dan proses hidrogeokimia yang menyebabkan beberapa lokasi pengambilan sampel air di pulau Weh memiliki salinitas cukup tinggi, serta mengetahui kelayakan sumber daya air tanah Pulau Weh untuk digunakan atau dikonsumsi.

Area penelitian berada pada Pulau Weh, dengan fokus penelitian berada pada kawasan pesisir bagian Utara Pulau Weh. Fokus penelitian secara geografis terletak pada 5°53'20" N – 5°50'0" N latitude dan 95°11'40" E – 95°21'40" E longitude. Kawasan pesisir Utara Pulau Weh merupakan pusat wisata maupun pemukiman penduduk serta kawasan aktifitas perikanan. Penelitian dilakukan pada 24 - 29 Agustus 2017, yang meliputi survey dan pengukuran terhadap 13 titik pengamatan (Gambar 1). Lokasi pengamatan meliputi kawasan pariwisata pesisir Iboih, kawasan pesisir Pria Laot dan pemukiman Cot Abeuk.

Menurut Dirasutisna & Hasan (2007). Litologi di Pulau Weh terdiri dari batuan Tersier dan Kuarter yang dibedakan menjadi 4 kelompok batuan utama, yaitu Kelompok Batuan Sedimen Tersier (Miosen) merupakan batuan dasar di Pulau Weh. Kelompok Batuan Vulkanik Tua Pulau Weh yang berumur Kuarter-Tersier berupa lava dan aliran piroklastik, Kelompok Batuan Vulkanik

Muda berumur Kuartar yang merupakan produk deretan kerucut vulkanik muda yang membentuk suatu kelurusan vulkanik berarah barat laut-tenggara dan utara-selatan, serta Kelompok Batugamping terumbu.

Geomorfologi Pulau Weh didominasi dengan karakteristik tingginya relief, perbukitan bergelombang dan bukit terjal yang terbentuk karena struktur geologi dan proses erosi. Relief yang tinggi tersusun atas lava andesit, breksi laharik dan tuff pasir. Sementara morfologi bantuan rendah menyebar terbatas pada daerah pesisir, seperti Pelabuhan Sabang di utara, Pantai Gapang di barat laut, dan pelabuhan Pelabuhan Balohan di Selatan (Kurnio *et al.*, 2015).

Karakteristik kimia air tanah ion utama pada akuifer batu gamping lebih banyak didominasi oleh tipe klorida (Na-Cl dan Mg-Cl). Sementara untuk air tanah pada alluvium pantai lebih seragam bertipe bikarbonat (Ca-HCO_3) dan setempat akan ditemukan tipe klorida (Na-Cl) pada akuifer pesisir. Beberapa tipe klorida pada air tanah batuan gamping dan mata air pinggir pantai (alluvium pinggir pantai) memiliki kesamaan karena pengaruh adanya pencampuran dengan air laut (Bakti *et al.*, 2016).

Daerah penelitian termasuk dalam sistem akuifer dengan aliran melalui rekahan dan ruang antar butir, akuifer produktif setempat, dengan litologi berupa produk gunung api tua yang terdiri dari tuf, breksi andesit, aglomerat, lahar, serta lava andesit (Soetrisno, 1993). Tingkat kelulusan akuifer masuk dalam kategori kelulusan tinggi terutama pada aliran lahar. Hasil perhitungan

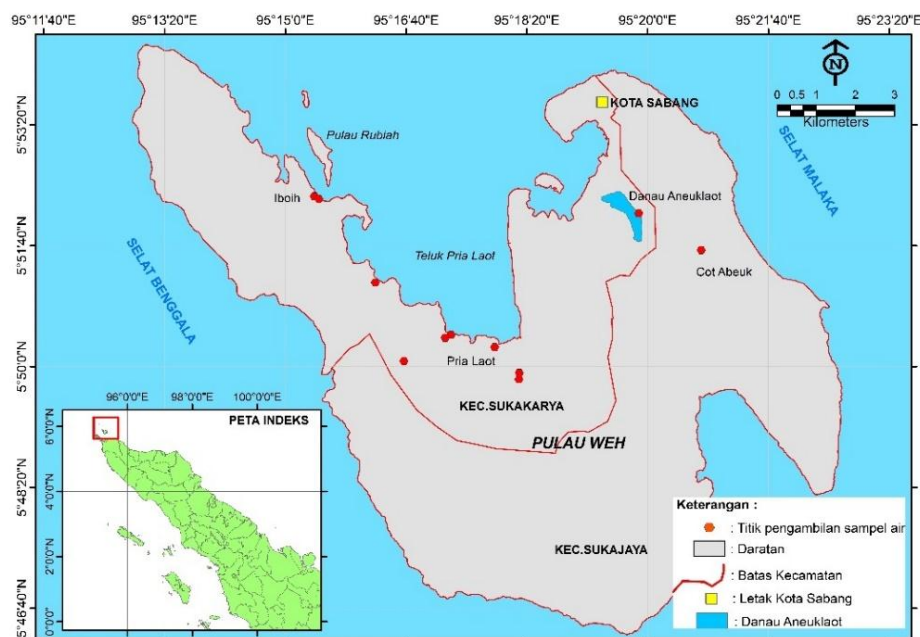
klimateologi, daerah penelitian memiliki kisaran curah hujan 1700-3200mm/tahun. Musim kering terjadi pada bulan Pebruari-April dan Juni-Agustus, sedangkan musim hujan terjadi pada bulan September Januari dan bulan Mei (BPPT, 2006).

METODOLOGI

Pengambilan Sampel dan Analisis Air tanah

Pemetaan serta pengukuran parameter fisika dan kimia air tanah dilakukan pada 11 titik pengamatan baru berupa sumur gali maupun beberapa sumber daya air permukaan lainnya (Tabel 1). Kegiatan survey meliputi pengamatan singkapan batuan serta pengukuran parameter fisika dan kimia air tanah (kedalaman permukaan air tanah, daya hantar listrik (DHL), pH dan suhu). Alat pengukuran parameter tersebut menggunakan alat *handy water cheker Toax*, tiap titik pengamatan dilakukan perekaman koordinat menggunakan *global positioning system* (GPS).

Sebanyak 11 sampel air tanah tersebut dilakukan analisis di laboratorium Teknik Lingkungan ITB. Metode analisis kimia air di laboratorium didasarkan pada *standar methods for examination of water and wastewater* (Eaton *et al.*, 2005). Parameter kimia yang dilakukan analisis meliputi Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} , K^{+} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{2-} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , F^{-} , NO_2^{-} , NO_3^{-} dan CaCO_3 . Sampel sumber air tanah yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat di Pulau Weh juga dilakukan analisis terhadap 1 sampel air tawar. Analisis terhadap 1 sampel tersebut mengacu pada baku mutu air minum No: 492/MENKES/PER/IV/2010.



Gambar 1 Peta lokasi penelitian dan pengambilan sampel air

Beberapa parameter tersebut digunakan untuk analisis fasies hidrogeokimia air tanah di daerah penelitian. Analisis fasies air tanah secara numerik dan grafis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Aquachem 2010.1*, sedangkan analisis bivariat parameter hidrokimia dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *MS Excel 2007*. Analisis spasial dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *ArcMap 10.0*. Penilaian terhadap kesesuaian kualitas air tanah dilakukan klasifikasi berdasarkan standar baku mutu yang direkomendasikan oleh *World Health Organisation (WHO, 1993)*.

Tabel 1 Lokasi pengamatan dan pengambilan sampel air tanah

No	Kode Sampel	Lokasi
1	IBHD 001	Pesisir Iboih
2	IBHD 002	Pesisir Iboih
3	IBHD 003	Pesisir Iboih
4	IBHD 003A	Pesisir Iboih
5	IBHD 004	Pesisir Iboih
6	PRLD 001	Pesisir Teluk Pria Laot
7	PRLD 003	Pesisir Teluk Pria Laot
8	PRLD 004	Pesisir Teluk Pria Laot
9	MTA 001	Mata Air Pria Laot
10	CTABD 001	Cot Abeuk
11	DNDA 001	Danau Aneuk Laot

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hidrogeokimia air tanah

Ringkasan statistik dari hasil analisis parameter fisika dan kimia air tanah terhadap 11 sampel terlihat pada Tabel 2. Urutan dominasi kation di air tanah adalah $\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K}$ pada sebagian besar sampel, menunjukkan efek intrusi air laut ke akuifer air tawar. Serial ini

menunjukkan bahwa, dalam semua tipe, Na merupakan dominan kation, diikuti oleh kalsium dan magnesium. Kondisi tersebut menunjukkan kontribusi utama faktor hidrokimia yang berasal dari pengaruh intrusi air laut dan kedua dari formasi geologi (Kumar *et al.*, 2014).

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa ion Na^+ , Cl^- dan HCO_3^- merupakan ion yang mendominasi pada percontoh air. Koefisien variasi dari kandungan ion SO_4^{2-} dan ion Mg^{2+} relatif lebih kecil menunjukkan ion tersebut lebih stabil pada air tanah, tetapi kandungan ion Na^+ , Cl^- dan Ca^{2+} memiliki nilai relatif lebih besar yang mengindikasikan perubahan atau perbedaan nilai pada setiap lokasi. Hal ini menunjukkan ion-ion tersebut kemungkinan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti litologi, lokasi pengambilan dan parameter lainnya (Setiawan, 2014). Berdasarkan atas hal tersebut, maka analisis hidrogeokimia dilakukan dengan membahas parameter hidrokimia ion utama dengan faktor lainnya seperti litologi dan lokasi pengambilan sampel air.

Parameter hidrokimia yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat salinitas air tanah adalah zat padat terlarut (TDS) (Hem, 1985) yang dihubungkan dengan analisis jarak titik pengambilan sampel terhadap garis pantai. Berdasarkan nilai grafik hubungan antara TDS dan DHL terhadap garis pantai, diperoleh satu jenis tingkat salinitas yaitu air tawar ($<1000 \text{ mg/L}$) (Gambar 2a, b). Dari grafik tersebut terlihat bahwa air tanah yang ada di pesisir lokasi penelitian hingga jarak terjauh pengukuran sampel $>2,5 \text{ km}$ masih bersifat tawar.

Tabel 2 Ringkasan statistik parameter hidrokimia

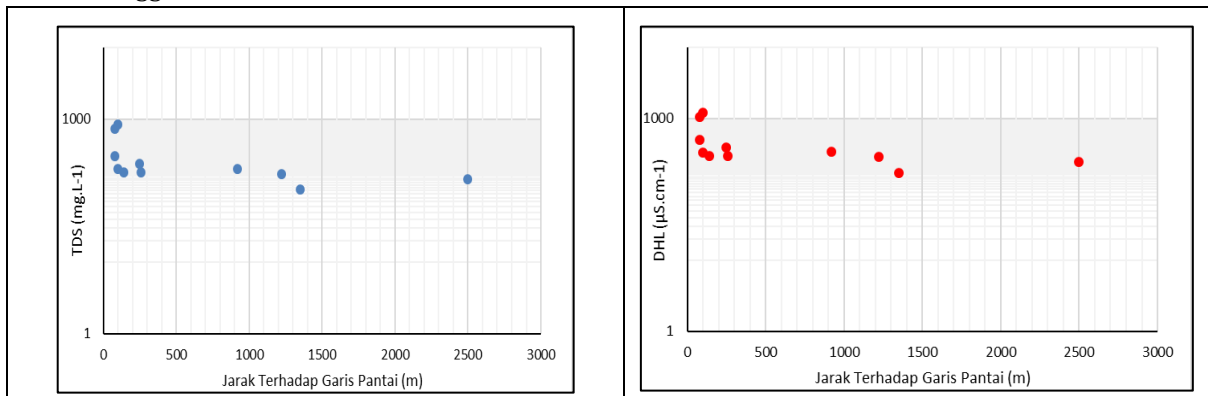
Parameters	Max	Min	Mean	Koef. Variasi (v)
TDS mg/l	851	103	300.45	56986.79
DHL	1216	172	466.45	106684.07
Salinitas	0.6	0.08	0.23	0.03
pH	7.55	6.51	7.00	0.08
Ca^{2+}	92.8	8.8	32.73	561.97
Mg^{2+}	25.3	1.75	9.19	42.19
Cl^-	176	3.92	42.80	3083.63
Na^+	121	12.3	35.95	1121.14
K^+	11.3	3.35	5.26	5.75
HCO_3^-	174	24.5	77.60	2165.59
SO_4	41.4	1.21	18.18	142.65

Grafik bivariat tersebut mengindikasikan bahwa air tanah di kawasan pesisir Pulau Weh relatif belum terpengaruh oleh aktifitas intrusi airlaut. Nilai DHL juga dilakukan untuk menginterpretasikan tingkat salinitas air laut menggunakan klasifikasi Mondal et al. (2010). Klasifikasi derajat salinitas berdasarkan nilai DHL hampir sama dengan TDS, seluruh sampel air tanah di daerah penelitian masih dalam kategori air tawar ($<1500\mu\text{S/cm}$).

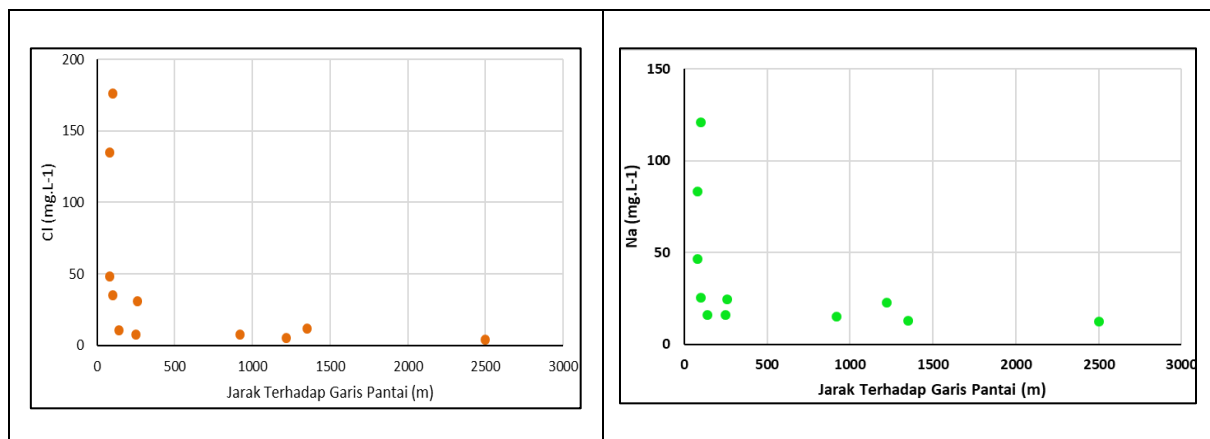
Interpretasi kecenderungan perubahan salinitas air tanah juga dibuktikan dengan grafik hubungan antara konsentrasi Cl dan Na dengan jarak terhadap garis pantai (Gambar 3a, b). Pecontoh air tanah dari lokasi penelitian memiliki korelasi diantara tiga parameter tersebut (Cl, Na dan jarak terhadap garis pantai), meskipun dengan tingkat hubungan yang rendah ($R^2 = 0,22$ (terhadap Cl) dan $0,20$ (terhadap Na). Hal tersebut menunjukkan bahwa secara garis besar sampel air tanah yang diambil pada kawasan pesisir dekat dengan garis pantai memiliki kecenderungan semakin mendekati pantai maka salinitas air tanah semakin tinggi.

Hasil analisis karbonat dan bikarbonat memperlihatkan bahwa seluruh area penelitian tidak memiliki kandungan karbonat. Konsentrasi HCO_3 memiliki variasi dari $24,5 - 174 \text{ mg/l}$, nilai kandungan HCO_3 berada pada area pesisir Pria Laot yang merupakan kawasan pemukiman nelayan. Reaksi dominan dan proses geokimia yang mengontrol kimia air tanah dapat diidentifikasi menggunakan nilai rasio ion tertentu. Umumnya HCO_3 dalam sistem air tanah menunjukkan jenis air tawar, sedangkan konsentrasi Cl sangat besar dipengaruhi oleh airlaut pada daerah pesisir. Nilai korelasi positif terlihat dari konsentrasi Cl and HCO_3 dengan TDS pada beberapa sampel (Gambar 4a, b).

Nilai rasio Cl/HCO_3 memperlihatkan bahwa nilai rasio $<0,5$ hanya terdapat 6 sampel air tanah selebihnya memiliki nilai rasio $>0,5$ (Gambar 5a, b). Nilai rasion $\text{Cl}/\text{HCO}_3 <0,5$ dapat diinterpretasikan bahwa air tanah tidak dipengaruhi oleh air laut (Revelle, 1941). Kondisi nilai rasio $>0,5$ memperlihatkan bahwa tingginya nilai konsentrasi Cl melebihi HCO_3 . Hasil rasio Na/Cl pada daerah penelitian menunjukkan terdapat 5 sampel air tanah memiliki rasio $\text{Na}/\text{Cl} >1$.



Gambar 2 Grafik hubungan antara TDS (a) dan DHL (b) dengan antara jarak lokasi sampel air dari garis pantai



Gambar 3 Grafik hubungan antara Cl (a) dan Na (b) dengan antara jarak lokasi sampel air dari garis pantai

Kondisi nilai rasio tersebut mengindikasikan bahwa sampel air tanah mengalami proses hidrolisis (Yang dan Guang, 2013). Air tanah relatif mengalami perjalanan yang jauh, tetapi tidak atau sedikit terpengaruh air laut. Sampel air tanah dengan nilai rasio $\text{Na}/\text{Cl} < 1$ terdapat 6 sampel yang mengindikasikan adanya proses pencampuran air laut ke dalam akuifer (Shammas dan Jacks, 2007).

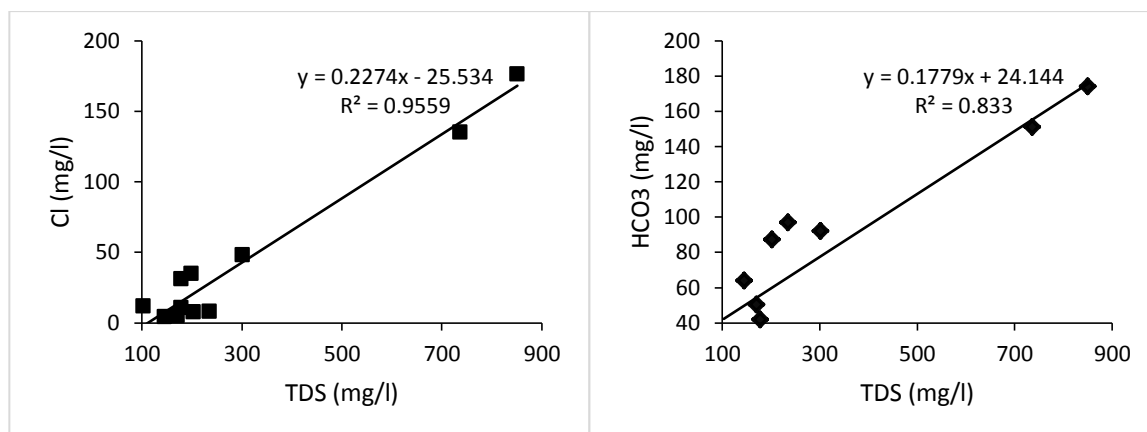
Secara umum nilai rasio $\text{Na}/\text{Cl} < 1$ didominasi oleh sampel air tanah yang berada di kawasan pesisir Iboih dan Pria Laot dengan jarak $< 1\text{ km}$ dari garis pantai. Kondisi tersebut dapat diinterpretasikan bahwa jarak antara sumur air tanah dengan garis pantai menjadi salah satu faktor pemicu adanya proses pencampuran air laut ke dalam akuifer. Namun berdasarkan, nilai rasio Mg/Ca didominasi oleh nilai rasio < 1 (Gambar 5b). Hal tersebut mengindikasikan bahwa belum terjadi proses intrusi air laut ke dalam akuifer (Kumar *et al.*, 2014).

Fasies Hidrogeokimia

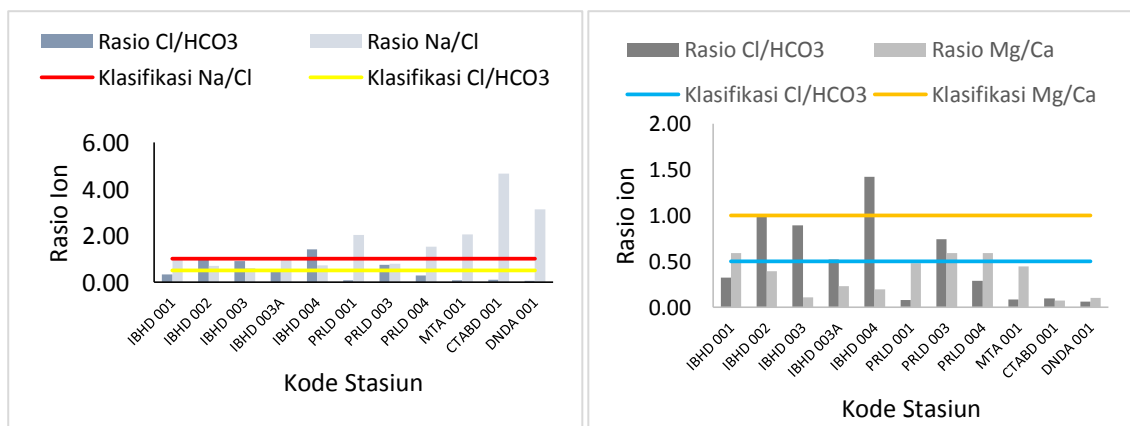
Geokimia air tanah dipengaruhi oleh reaksi geokimia dan pencampuran air atau kontaminasi

dari sekitarnya. Perubahan air tanah terutama teragantung pada hubungan dengan tipe batuan dan komposisi air. Fasies hidrogeokimia merupakan salah satu cara yang digunakan untuk menginterpretasikan pola aliran dan asal mula kimia air tanah (Chidambaram *et al.*, 2013). Hasil pengeplotan pada diagram trilinear Piper memperlihatkan bahwa 11 sampel masuk dalam zona yang tidak dominan di kation maupun anion (Gambar 6). Pasangan kation-anion seimbang tidak ada yang melebihi 50%. Titik plot data geokimia pada segitiga yang saling berhubungan antara kation dan anion, memperlihatkan bahwa sebagian besar sampel berada pada zona 2, 3, 5 dan 9.

Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa air tanah daerah penelitian didominasi oleh kandungan alkali melebihi alkali tanah, asam lemah (HCO_3) melebihi kandungan asam kuat ($\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}$). Posisi titik sampel pada diagram umumnya berada pada zona 5, mengindikasikan pengaruh unsur karbonat dan air tanah didominasi oleh alkali tanah dan asam lemah.



Gambar 4 Grafik hubungan antara TDS dengan Cl (a) dan HCO_3 (b)



Gambar 5 Grafik klasifikasi rasio Cl/HCO_3 dengan Na/Cl (a) dan Mg/Ca (b)

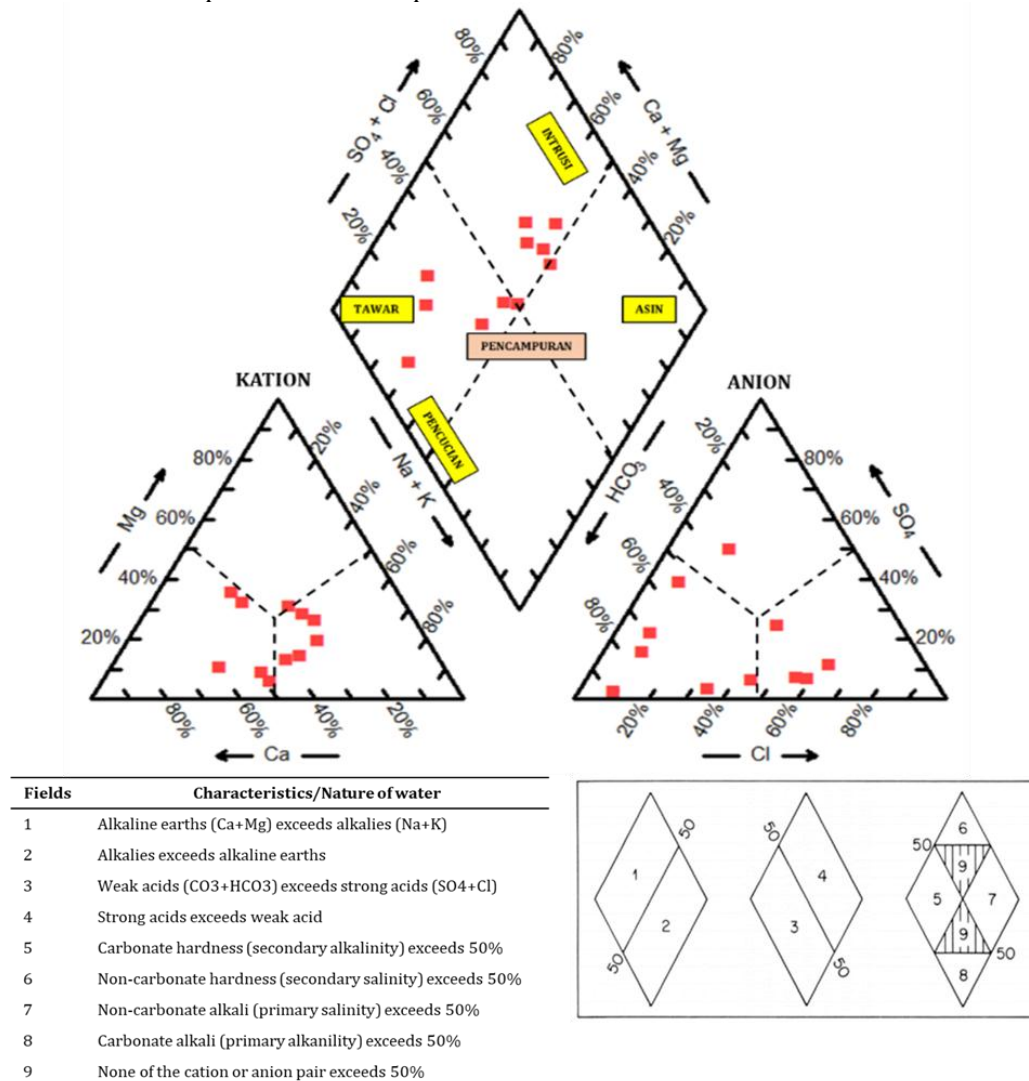
Sebanyak 45% sampel air tanah masuk dalam kategori pasangan kation-anion seimbang tidak ada yang melebihi 50%. Tipe air tanah berdasarkan kandungan unsur dominan kation dan anion terdapat 4 tipe air tanah yaitu tipe kalsium, tipe bikarbonat, tipe klorida dan tipe kategori kation anion seimbang.

Diagram trilinear Piper memperlihatkan jenis fasies hidrogeokimia dominan pada daerah penelitian yaitu Ca-HCO_3 , Ca-Cl , Na-HCO_3 , Na-Cl dan campuran Ca-Mg-Cl . Litologi daerah penelitian tersusun atas batuan vulkanik berupa lava bersifat andesit-basaltik, endapan alluvial pantai dan gamping terumbu (Tabel 3). Dominasi tipe air tanah Ca-HCO_3 diinterpretasikan adanya interaksi antara air dan batuan.

Proses pelarutan mineral plagioklas, ferromagnesian mineral dan karbonat oleh proses pengisian air tanah maupun adanya proses pertukaran kation merupakan salah satu penentu

tipe fasies air tanah (Singh *et al.*, 2013). Air dengan kandungan bikarbonat (Ca-HCO_3 dan Na-HCO_3) umumnya berasal dari air tanah dangkal dan jenis air tanah muda. Sumber utama ion HCO_3 dalam air tanah adalah CO_2 terlarut dalam air hujan yang memasuki tanah kemudian melarutkan lebih banyak CO_2 (Muchamad *et al.*, 2017).

Tipe air tanah fasies Ca-HCO_3 dan Na-HCO_3 , air berubah dengan proses terlarutnya CO_2 dengan mineral karbonat melewati tanah dan batuan, kemudian melepaskan HCO_3 (Ramesh dan Jagadeeswari, 2013). Fasies air tanah tersebut masuk dalam tipe air tawar yang belum terkontaminasi air laut, artinya tipe ini mengindikasikan bahwa air tanah yang ada di beberapa titik pengambilan sampel berasal dari sumber asal air tanah.



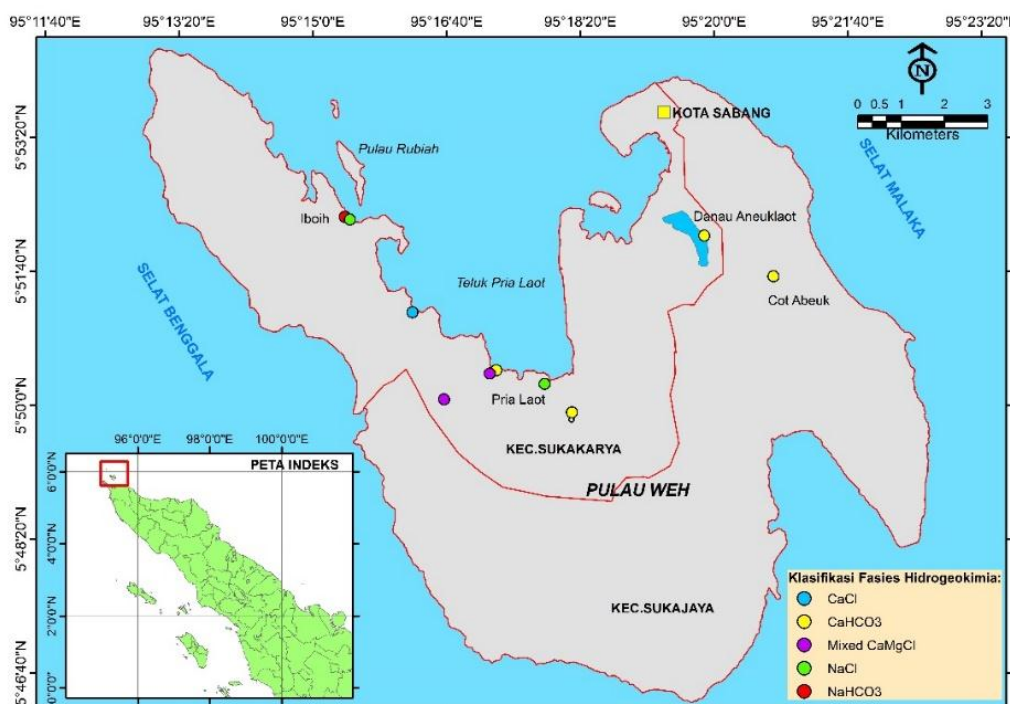
Gambar 6 Diagram trilinear Piper memperlihatkan karakteristik hidrogeokimia dan fasies air tanah

Fasies air tanah CaCl, NaCl maupun campuran CaMgCl adanya unsur ion Cl pada setiap tipe air tanah tersebut di daerah penelitian kemungkinan dikarenakan adanya pengkayaan unsur Na-Cl pada akuifer yang berasal dari air laut.

Distribusi fasies hidrogeokimia air tanah di lokasi penelitian tidak memperlihatkan area yang didominasi oleh fasies tertentu namun cenderung tersebar merata (Gambar 7). Namun secara umum dapat diinterpretasikan bahwa area terdekat dengan pantai cenderung memiliki fasies NaCl dan CaHCO₃. Fasies hidrogeokimia CaHCO₃ cukup mendominasi distribusinya di area penelitian. Fasies CaHCO₃ merupakan ciri khas pada air tanah

tawar dan relatif berada pada kedalaman dangkal (Gemilang et al., 2018).

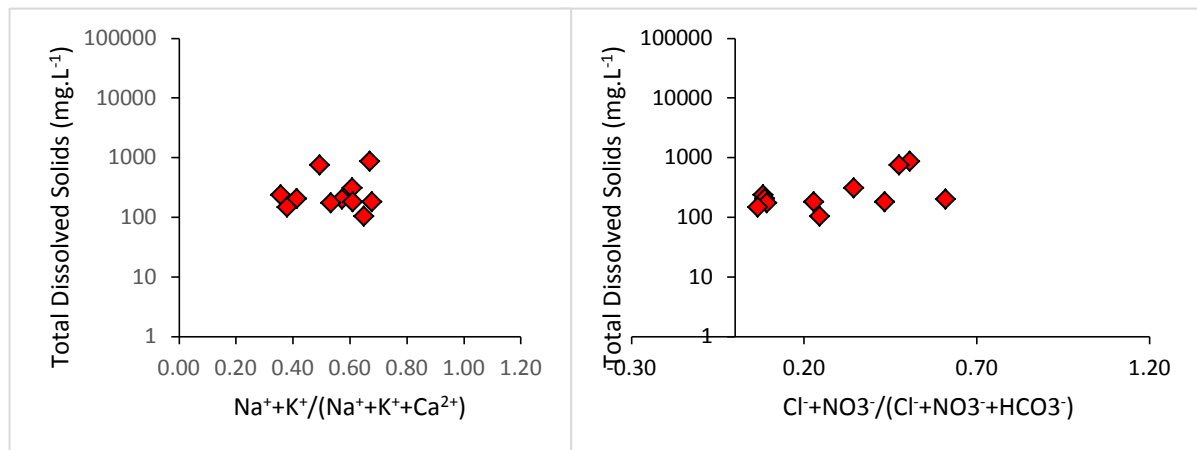
Hasil plot dari data geokimia pada diagram Gibbs's (Gibbs, 1970) yang memperlihatkan rasio dari $\text{Na}^+ + \text{K}^+ / (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+})$ dan $\text{Cl}^- + \text{NO}_3^- / (\text{Cl}^- + \text{NO}_3^- + \text{HCO}_3^-)$ sebagai fungsi dari TDS juga menunjukkan bahwa kimia air tanah di lokasi penelitian didominasi oleh hasil pelapukan batuan (Gambar 8a, b). Selain itu tingginya konsentrasi dari HCO_3^- dibandingkan dengan rasio dari $\text{HCO}_3^- (\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-)$ juga menunjukkan bahwa pelapukan batuan sebagai faktor utama dengan terbatasnya pengaruh dari atmosfer dan sumber antropogenik (Rose, 2002).



Gambar 7 Peta pola distribusi fasies hidrogeokimia air tanah di pulau Weh

Tabel 3 Fasies hidrokimia air tanah

Fasies Air tanah	Nomor Sampel	Litologi Penyusun	Persentase Sampel
CaHCO ₃	PRLD-01, MTA-01, CTABD-01 dan DNDA-01	Batugamping terumbu (Qgt), Piroklastik Weh (Qtapw), Lava Weh (QTvw) dan Lava Kualam (Qvk1)	36.36%
CaCl	IBHD-02 dan IBHD-03	Lava Pawang (Qvp) dan Lava Iboih (Qvl)	18.18%
NaCl	IBHD-04 dan PRLD-03	Lava Iboih (Qvl)	18.18%
NaHCO ₃	IBHD-03A	Lava Iboih (Qvl)	9.09%
Mixed CaMgCl	IBHD-01 dan PRLD-04	Lava Kualam (Qvk1) dan Lava Pawang (Qvp)	18.18%



Gambar 8 Diagram Gibbs's menunjukkan rasio dari a. $\text{Na}^+ + \text{K}^+ / (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+})$ dan b. $\text{Cl}^- + \text{NO}_3^- / (\text{Cl}^- + \text{NO}_3^- + \text{HCO}_3^-)$ terhadap nilai TDS

Tabel 4 Sampel air tanah yang melebihi batas yang diizinkan WHO

Parameter kualitas air	Batas Yang Disarankan	Batas maksimum Yang Diizinkan	Sampel yang melebihi batas yang diizinkan	Persentase Sampel yang melebihi batas yang diizinkan	Efek yang ditimbulkan
pH	6.5 – 8.5	9.2	Tidak ada	Tidak ada	Rasa
TDS	500	1500	Tidak ada	Tidak ada	Iritasi
Ca	75	200	Tidak ada	Tidak ada	-
Mg	50	150	Tidak ada	Tidak ada	-
K	-	12	Tidak ada	Tidak ada	Rasa Pahit
Na	-	200	Tidak ada	Tidak ada	-
Cl	200	600	Tidak ada	Tidak ada	Rasa Asin
NO ₃	45	-	Tidak ada	Tidak ada	Blue baby
SO ₄	200	400	Tidak ada	Tidak ada	Laxative effective
F	-	1.5	Tidak ada	Tidak ada	Fluorosis

Kualitas Air tanah Pesisir Pulau Weh

Hasil penilaian terhadap parameter fisika dan kimia air tanah dibandingkan dengan menggunakan standar baku mutu yang direkomendasikan oleh World Health Organisation (WHO, 1993) untuk nilai baku mutu air minum dan standar kesehatan (Tabel 4). Tabel tersebut menampilkan kriteria batas minimum dan maksimum yang diperbolehkan dari setiap parameter air tanah. Seluruh sampel air tanah menunjukkan di daerah penelitian masih masuk dalam batas yang diizinkan sesuai standar baku mutu WHO.

Klasifikasi kesesuaian air tanah daerah penelitian berdasarkan nilai TDS (Tabel 5) menunjukkan beberapa kriteria kesesuaian. Seluruh air tanah di daerah penelitian masuk kriteria memenuhi dan diizinkan untuk diminum atau konsumsi. Berdasarkan klasifikasi rasa air tanah menurut Freeze dan Cherry, 1979 seluruh

sampel air tanah di daerah penelitian masuk dalam kategori air tawar (Tabel 6). Nilai konduktivitas air tanah di daerah penelitian yang diklasifikasikan menurut standar baku mutu World Health Organisation (WHO) (Tabel 7). Hasil pengklasifikasian nilai DHL tidak jauh berbeda dengan klasifikasi air tanah berdasarkan nilai TDS, seluruh sampel air tanah masuk dalam kategori diizinkan.

Sumber air tanah yang dikelola oleh PDAM Kabupaten Sabang untuk memenuhi kebutuhan air tawar masyarakat berada di daerah Pria Laot yang merupakan kawasan hutan lindung. Mata air tersebut diinterpretasikan berasal dari Danau Aneuk Laot yang di kontrol oleh dua rekahan atau sesar yang berbeda yang memanjang dari Danau Aneuk Laot ke utara. Hasil analisis terhadap sampel air tersebut berdasarkan pada baku mutu air minum No: 492/MENKES/PER/IV/2010 menunjukkan bahwa air tersebut memenuhi standard baku mutu air minum.

Tabel 5 Klasifikasi air tanah dari seluruh jenis air tanah (Davis dan DeWiest, 1966)

TDS (mg/l)	Klasifikasi	Kode sampel	Jumlah sampel	Persentase sampel
<500	Memenuhi untuk diminum	IBHD-001, IBHD-003A, IBHD-004, PRLD-001, PRLD-003, PRLD-004, MTA-001, CTABD-001. DNDA-001	9	82%
500-1000	Dizinkan untuk diminum	IBHD-001, IBHD-003	2	18%
1000-3000	Berguna untuk irigasi	-		
>3000	Tidak sehat untuk diminum dan irigasi	-		
Total			11	100.00%

Tabel 6 Klasifikasi air tanah pada semua jenis air tanah (Freeze dan Cherry, 1979)

TDS (mg/l)	Klasifikasi	Kode sampel	Jumlah sampel	Persentase sampel
<1000	Air tawar	IBHD-001, IBHD-003A, IBHD-004, PRLD-001, PRLD-003, PRLD-004, MTA-001, CTABD-001. DNDA-001, IBHD-001, IBHD-003	11	100.00%
1000 - 10.000	Air payau	-	-	-
10.000 - 100.000	Air asin	-	-	-
>100.000	Air laut	-	-	-
Total			11	100.00%

Tabel 7 Klasifikasi air tanah berdasarkan nilai DHL

Daya Hantar Listrik (DHL) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Klasifikasi	Kode Sampel	Jumlah Sampel	Persentase sampel
< 1.500	Diizinkan	IBHD-001, IBHD-003A, IBHD-004, PRLD-001, PRLD-003, PRLD-004, MTA-001, CTABD-001. DNDA-001, IBHD-001, IBHD-003	11	100.00%
1.500 - 3.000	Tidak Diizinkan	-	-	-
>3.000	Berbahaya	-	-	-
Total			11	100.00%

KESIMPULAN

Fasies hidrogeokimia air tanah di pesisir Pulau Weh terbagi atas 5 tipe fasies air tanah yaitu fasies CaHCO_3 , CaCl , NaCl , NaHCO_3 dan percampuran CaMgCl . Fasies air tanah didominasi oleh tipe CaHCO_3 yang dipengaruhi oleh proses pelarutan mineral plagioklas, ferromagnesian mineral dan karbonat oleh proses pengisian air tanah maupun adanya proses pertukaran kation. Selain itu faktor utama proses hidrogeokimia yang mengontrol air tanah di Pulau Weh yaitu proses pelapukan batuan.

Hasil perhitungan rasio kation Cl/HCO_3 , Na/Cl dan Mg/Ca mengindikasikan bahwa beberapa akuifer air tanah dipengaruhi oleh masukan dari air laut, terutama pada daerah dengan jarak

<1km dari garis pantai. Secara umum jarak antara sumber air tanah dengan garis pantai memperlihatkan kecenderungan peningkatan nilai salinitas semakin ke arah pantai. Namun kondisi tersebut masih memenuhi standard baku mutu air minum, sehingga sumber daya air tanah di Pulau Weh masih dalam kategori layak untuk digunakan untuk kegiatan sehari-hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Loka Riset Sumber daya dan Kerentanan Pesisir (LRSDKP) Balitbang KP atas DIP A Anggaran Penelitian Tahun 2017 terkait penelitian yang dilakukan di Pesisir Pulau Weh. Ucapan terimakasih disampaikan pula kepada Gunardi

kusumah M. T dan Tim peneliti Geoteknologi LIPI Bandung yaitu Hendra Bakti, M.T yang telah membimbing baik dilapangan maupun pada saat proses pengolahan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Aris, A. Z., Praveena, S. M., & Abdullah, M. H. (2010). The influence of seawater on the chemical composition of groundwater in a small island: the example of Manukan Island, East Malaysia. *Journal of Coastal Research*, 28(1), 64-75.
- Bakti, H., Wardana, D. D., Naili, W., Tohari, A., & Rachmat, A. (2016). Studi Air Tanah di Pantai Bosnik, Distrik Biak Timur, Pulau Biak, Provinsi Papua. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 7(3), 113-124.
- Belkhir, L., & Mouni, L. (2013). Geochemical modeling of groundwater in the El Eulma area, Algeria. *Desalination and Water Treatment*, 51(7-9), 1468-1476.
- BPPT. (2006). *Laporan Akhir Geo Investigasi Danau Aneuk Laot Pulau Weh*, NAD. Jakarta: Deputi Bidang Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam, BPPT.
- BPS Sabang. (2010). *Sabang Dalam Angka Sabang In Figure 2010*. Kota Sabang: Badan Pusat Statistik Kota Sabang.
- Chidambaram, S., Anandhan, P., Prasanna, M. V., Srinivasamoorthy, K., & Vasanthavigar, M. (2013). Major ion chemistry and identification of hydrogeochemical processes controlling groundwater in and around Neyveli Lignite Mines, Tamil Nadu, South India. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(9), 3451-3467.
- Davis, S.N., & De Wiest R. J. (1966). *Hydrogeology*. NewYork: Wiley.
- Dirasutisna, S., & Hasan, A. R. (2007). *Geology of Jaboi Geothermal Area* (Tidak dipublikasi). Bandung: Center for Geological Resources, Geological Agency of Indonesia.
- Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Rice, E. W., Greenberg, A. E., & Franson, M. A. H. A. (2005). *APHA: standard methods for the examination of water and wastewater*. Centennial Edition. Washington, DC: APHA, AWWA, WEF.
- Edyanto, C. H. (2012). Penelitian aspek lingkungan fisik perairan sekitar Pelabuhan Sabang. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 10(2).
- Edyanto, M. C. B. (2006). Penelitian Kualitas Air Danau Aneuk Laot di Pulau Weh, Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Ed. Khusus: 115-124.
- Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. New Jersey: Prentice-Hall, inc.
- Gemilang, W. A., & Rahmawan, G. A. (2018). Hidrogeokimia Air tanah Tidak Tertekan Kawasan Pesisir Di Pemukiman Nelayan Kecamatan Teupah Selatan, Kab. Simeulue, Provinsi Aceh. *RISSET Geologi dan Pertambangan*, 28(1), 25-35.
- Gibbs, R. J. (1970). Mechanisms controlling world water chemistry. *Science*, 170(3962), 1088-1090.
- Hem, D. (1985). *Study and Interpretation the Chemical of Natural of Characteristics Water*, Text, 2254(2254), p. 263. Available at: <http://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2254/pdf/wsp2254a.pdf>.
- Ikhsan, I., & Syahrival, B. (2014). Willingness To Pay Masyarakat Untuk Melindungi Terumbu Karang Di Pulau Weh. *Jurnal Kebangsaan*, 3(5).
- Isa, N. M., Aris, A. Z., & Sulaiman, W. N. A. W. (2012). Extent and severity of groundwater contamination based on hydrochemistry mechanism of sandy tropical coastal aquifer. *Science of the total Environment*, 438, 414-425.
- Jalali, M. (2007). Salinization of groundwater in arid and semi-arid zones: an example from Tajarak, western Iran. *Environmental Geology*, 52(6), 1133-1149.
- Kementerian Kesehatan RI. (2010). *Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*.
- Kumar, P. S., Elango, L., & James, E. J. (2014). Assessment of hydrochemistry and groundwater quality in the coastal area of South Chennai, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(7), 2641-2653.
- Kurnio, H., Lubis, S., & Widi, H. C. (2015). Submarine Volcano Characteristics in Sabang Waters. *Bulletin of the Marine Geology*, 30(2), 85-96.
- Malahayati, Fatimah, Eldina, and Musnadi, Said. (2012). Evaluasi Kinerja Pelayanan PDAM Tirta Aneuk Laot Kota Sabang. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 134-143.
- Mondal, N. C., Singh, V. P., Singh, V. S., & Saxena, V. K. (2010). Determining the interaction between groundwater and saline water through groundwater major ions chemistry. *Journal of Hydrology*, 388(1-2), 100-111.
- Muchamad, A. N., Alam, B. Y. C. S., & Yuningsih, E. T. (2017). Hidrogeokimia Air tanah Pada Daerah Pantai: Studi Kasus Dataran Rendah Katak, Desa Sumber Agung, Kabupaten Banyuwangi. *RISSET Geologi dan Pertambangan*, 27(1), 39-46.

- Muzha, V. K. (2013). Pengembangan agrowisata dengan pendekatan Community Based Tourism (Studi pada Dinas Pariwisata Kota Batu dan Kusuma Agrowisata Batu). *Jurnal Administrasi Publik*, 1(3), 135-141.
- Primadany, S. R. (2013). Analisis Strategi Pengembangan Pariwisata Daerah (Studi pada Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Daerah Kabupaten Nganjuk). *Jurnal Administrasi Publik*, 1(4), 135-143.
- Ramesh, K., & Jagadeeswari, B. (2013). Contamination of Groundwater Due to Solid Waste Disposal and Textile Effluent in and Around Erode City, Tamil Nadu. *IJRCE*, 3.
- Revelle, R. (1941). Criteria for recognition of the sea water in ground-waters. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 22(3), pp.593-597.
- Rose, S. (2002). Comparative major ion geochemistry of Piedmont streams in the Atlanta, Georgia region: possible effects of urbanization. *Environmental Geology*, 42(1), 102-113.
- Russak, A., & Sivan, O. (2010). Hydrogeochemical tool to identify salinization or freshening of coastal aquifers determined from combined field work, experiments, and modeling. *Environmental science & technology*, 44(11), 4096-4102.
- Saila, M., Muhajir dan Azmeri (2013). Pengaruh Intrusi Air Laut Terhadap Akuifer Pantai Pada Kawasan Wisata Pantai Iboih Sabang. *Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 7.
- Setiawan, T. (2014). Proses hidrogeokimia pengontrol salinitas air tanah tidak tertekan di utara Cekungan Air Tanah Jakarta. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 5(1), 39-51.
- Shammas, M. I., & Jacks, G. (2007). Seawater intrusion in the Salalah plain aquifer, Oman. *Environmental Geology*, 53(3), 575-587pp.
- Sheikhy Narany, T., Ramli, M. F., Aris, A. Z., Sulaiman, W. N. A., Juahir, H., & Fakharian, K. (2014). Identification of the hydrogeochemical processes in groundwater using classic integrated geochemical methods and geostatistical techniques, in Amol-Babol plain, Iran. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Singh, A. K., Raj, B., Tiwari, A. K., & Mahato, M. K. (2013). Evaluation of hydrogeochemical processes and groundwater quality in the Jhansi district of Bundelkhand region, India. *Environmental earth sciences*, 70(3), 1225-1247.
- Soetrisno. (1993). *Peta Hidrogeologi Lembar Banda Aceh Skala 1:250.000*. Bandung: Direktorat Geologi Tata Lingkungan.
- Subramani, T., Rajmohan, N., & Elango, L. (2010). Groundwater geochemistry and identification of hydrogeochemical processes in a hard rock region, Southern India. *Environmental monitoring and assessment*, 162(1-4), 123-137.
- WHO., 1993. *Guidelines for drinking water quality, vol 1, recommendations (II)*. Geneva: WHO, 130p.
- Yang, He Hai dan Guang, Li Xu. (2013). Hydrochemical Characteristics and Evolution Laws of Shallow Groundwater in Shuangliao City, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 5(11), 283 – 288.