

Karakteristik Sistem Hidrogeologi Karst Berdasarkan Analisis Hidrokimia Di Teluk Mayalibit, Raja Ampat

Raras Endah, Boy Yoseph, Emi Sukiyah, Taat Setiawan
Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral, Provinsi Papua Barat

ABSTRAK

Karst Teluk Mayalibit memiliki sistem hidrogeologi yang unik karena sebagian pola aliran bukan berasal dari kawasan karst itu sendiri. Penelitian sistem hidrogeologi karst ini dilakukan dengan menggunakan analisis hidrokimia yang dikompilasi dengan observasi hidrogeologi di lapangan. Berdasarkan analisis data hidrokimia seperti temperatur, derajat keasaman (pH), tekanan parsial terhadap CO₂ (P_{CO2}), dan indeks kejenuhan terhadap kalsit (SI_{kalsit}) menunjukkan bahwa pada elevasi 40-80 mdpl termasuk dalam zona transisi dengan sifat sistem aliran terbuka atau rongga, sedangkan pada elevasi 20-40 mdpl analisis hidrokimia menunjukkan bahwa elevasi ini termasuk zona aliran menerus dengan sifat sistem aliran tertutup atau difusi.

Kata Kunci : Karst, Sistem Hidrogeologi, Hidrokimia, Sistem Aliran, Teluk Mayalibit.

ABSTRACT

Karst of Mayalibit Bay has a unique hydrogeological system because some flow patterns are not from karst area itself. Karst of hydrogeological system research is done by using hydro chemical analysis which is compiled by hydrogeological observation in the field. Based on analysis of hydro chemical data such as temperature, degree of acidity (pH), partial pressure on CO₂ (P_{CO2}), and saturation index of calcite (SI_{calcite}) showed that at elevation 40-80 mdpl included in transition zone with open flow system or cavity, 20-40 mdpl hydro chemical analysis indicates that this elevation includes a continuous flow zone with the nature of the closed flow system or diffusion.

Keywords: Karst, Hydrogeology System, Hydro chemical, Flow System, Mayalibit Bay.

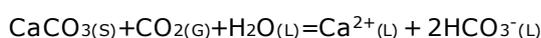
PENDAHULUAN

Kawasan karst merupakan suatu kompleks fenomena geologi yang memiliki kondisi hidrologi yang unik dan spesifik. Disebut unik karena karst merupakan daerah yang umumnya memiliki morfologi dengan sistem jaringan rongga atau celah yang ditunjukkan oleh banyaknya mata air dan sungai bawah tanah, sedangkan disebut spesifik karena tersusun atas batuan yang bersifat mudah larut seperti batugamping, dolomit, gipsum, dan batuan yang mudah larut lainnya¹. Secara geologi, lahan karst hanya dapat dibentuk oleh batuan yang mudah bereaksi dan larut dalam air, terlebih apabila air itu bersifat asam. Batuan semacam ini pada umumnya mengandung

senyawa karbonat (CO₃) lebih dari 50% dari total mineral yang ada pada batuan tersebut².

Penelitian ini dilakukan pada kawasan karst di Teluk Mayalibit, Kabupaten Raja Ampat, Provinsi Papua Barat. Dimana pada daerah tersebut adalah salah satu kawasan karst yang merupakan daerah konservasi. Karst dianggap memiliki dua komponen utama dan saling terintegrasi yaitu komponen hidrogeologi dan komponen hidrokimia. Hal ini dapat menjelaskan bahwa karakter suatu aliran dapat dicerminkan dari karakter hidrokimia³.

Dalam proses karstifikasi, air berperan sebagai agen pelarut batuan karbonat yang ditunjukkan oleh reaksi berikut ini :



Untuk mengetahui tingkat interaksi antara air dengan CO₂ maka hal yang penting adalah mengetahui besarnya tekanan

parsial CO₂ (P_{CO2}) yang dapat dihitung dari analisis hidrokimia contoh air melalui persamaan:

$$P_{CO_2} = \frac{(HCO_3^-)(H^+)}{K_1 K_{CO_2}}$$

$$\text{Log } P_{CO_2} = \text{log } (HCO_3^-) - \text{pH} + \text{p}K_{CO_2} + \text{p}K_1$$

Sedangkan untuk mengetahui Indeks kejenuhan atau tingkat interaksi antara air

dalam melarutkan mineral $CaCO_3$ (SI_{kalsit}), maka dapat dirumuskan :

$$SI_{kalsit} = \text{Log} \frac{(Ca^{2+})(HCO_3^-)K_2}{(H^+) K_{CaCO_3}}$$

Larutan dalam keadaan setimbang (*equilibrium*) terhadap $CaCO_3$ jika harga $SI_{kalsit} = 0$ dan memiliki arti bahwa proses pelarutan terhadap $CaCO_3$ sudah berhenti. Harga SI_{kalsit} negatif menunjukkan bahwa kondisi larutan dalam keadaan tidak jenuh (*undersaturated*) terhadap $CaCO_3$, sehingga air masih mampu melarutkan $CaCO_3$. Harga SI_{kalsit} positif berarti kondisi larutan dalam keadaan lewat jenuh (*supersaturated*) terhadap $CaCO_3$, sehingga $CaCO_3$ akan terpresipitasi.

Sifat aliran pada daerah karst dibagi menjadi dua jenis aliran⁴ yaitu aliran difusi (*diffuse flow system*) yang bergerak lambat melalui media pori atau rekahan yang rapat serta aliran melalui jaringan rongga (*conduit flow system*) yang bergerak cepat. Air tanah yang melalui jaringan rongga sulit mencapai kondisi jenuh bila dibandingkan dengan air yang mengalir melalui aliran difusi. Hal tersebut menyebabkan indeks kejenuhan terhadap kalsit pada aliran difusi umumnya lebih rendah.

RUMUSAN MASALAH

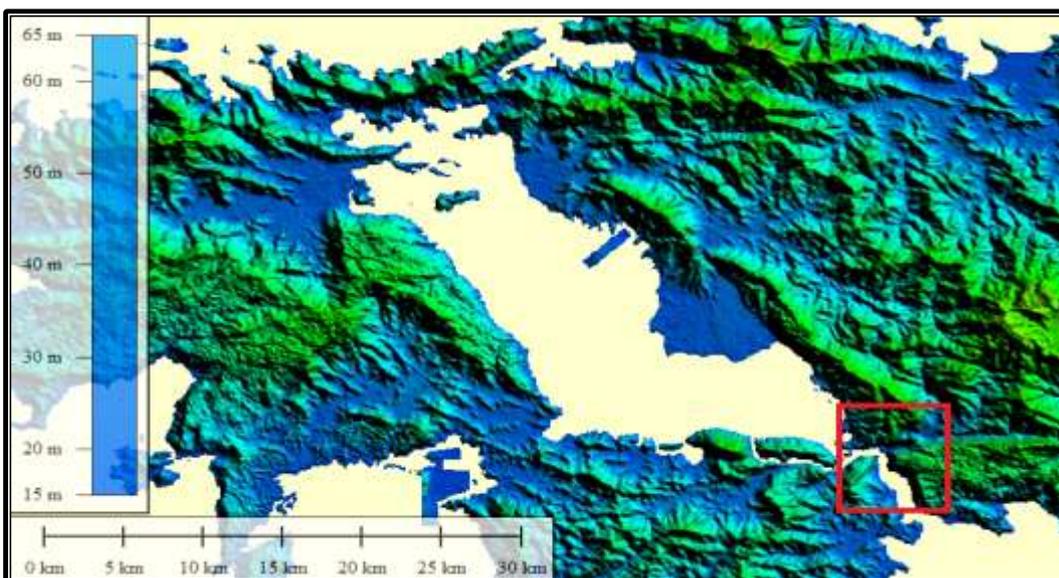
Rumusan masalah pada penelitian ini adalah apakah data hidrokimia dapat dimanfaatkan untuk menginterpretasikan sistem hidrogeologi karst pada daerah penelitian.

TUJUAN

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui sistem hidrogeologi karst di daerah Teluk Mayalibit, Kabupaten Raja Ampat, Propinsi Papua Barat dengan memanfaatkan data hidrokimia dan observasi langsung di lapangan. Hasil dari penelitian ini dapat di gunakan sebagai salah satu pedoman dalam pemanfaatan potensi air tanah, dan sebagai solusi dalam permasalahan air tanah di Teluk Mayalibit.

LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di sekitar Teluk Mayalibit di Pulau Waigeo yang secara administasi berada pada Distrik Teluk Mayalibit, Kabupaten Raja Ampat, Propinsi Papua Barat dan secara geografi berada pada 130^{07'} sampai 130^{09'} BT dan 0^{23'} sampai 0^{34'} LS (Gambar 1) dan waktu penelitian dilakukan sekitar bulan November 2016.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode hidrokimia dan didukung dengan metode topografi, yaitu :

1. Observasi kondisi topografi dan hidrogeologi seperti pengambilan sampel air, pengukuran debit air, elevasi, dan koordinat pengambilan sampel.
2. Pengukuran sifat fisik dan kimia air di lapangan dan analisa hidrokimia di laboratorium.
3. Analisis data hidrokimia.

Diagram alir metode penelitian dapat dilihat pada gambar 2.

HASIL DAN ANALISIS

Karst Teluk Mayalibit memiliki sistem hidrogeologi yang unik karena sebagian pola aliran buka berasal dari kawasan karst itu sendiri. Secara fisiografi Pulau Waigeo termasuk dalam Zona Halmahera pada busur Halmahera Timur – Selatan. Satuan geomorfologi Teluk Mayalibit umumnya merupakan satuan perbukitan curam. Mengacu pada peta geologi Lembar Waigeo⁵, daerah penelitian tersusun atas Formasi Waigeo (Tmw), berumur Miosen dengan litologi merupakan batugamping dengan sisipan batugamping pasiran dan napal. Formasi Waigeo merupakan formasi yang dominan pada daerah penelitian, serta anggota Batuan Gunung Api (Tmv) berumur Oligosen – Miosen tersusun atas Lava, Breksi dan tuf, batugamping putih berbutir halus sangat kompak, tersingkap diantara sedimen turbidit pada Formasi Rumai dan terendapkan selaras di atas Formasi Lamlam (Gambar 3).

Hasil penelitian lapangan menemukan lima sungai, satu mataair bawah tanah, dan satu

gua basah. Karakter debit air pada setiap lokasi dominan merupakan aliran air permanen dengan debit hingga >500 l/det (Gambar 4).

Karakter interaksi antara air dan batuan berdasarkan fasies air tanah $Ca^{2+} - HCO_3^-$ menunjukkan bahwa air dominan berinteraksi dengan batugamping dan fasies air tanah $Ca^{2+} - Mg^{2+} - HCO_3^-$ yang menunjukkan bahwa air berinteraksi dengan batu gamping dolomitan.

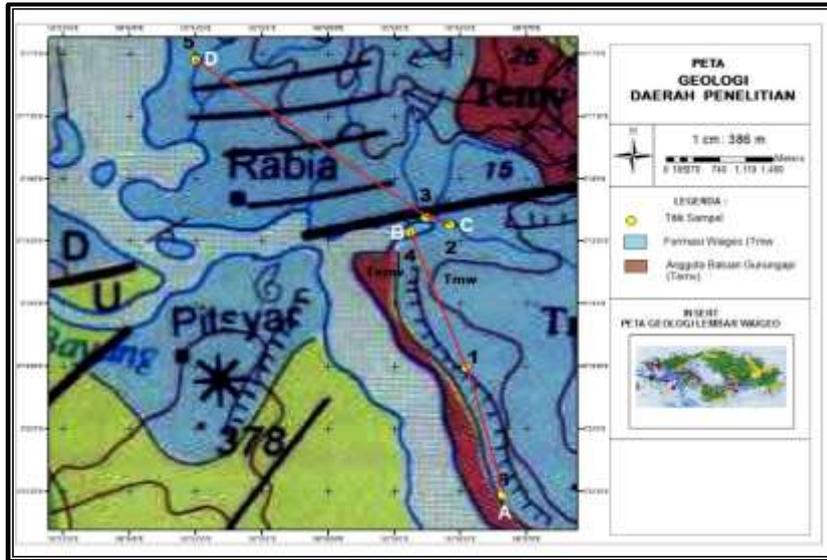
Interaksi antara air (H_2O) sebagai agen pelarut, udara (CO_2), dan mineral kalsit sebagai penyusun batugamping ($CaCO_3$) pada daerah penelitian dapat dilihat pada grafik hubungan antara derajat keasaman (pH), tekanan parsial CO_2 (P_{CO_2}), dan Indeks kejenuhan terhadap mineral kalsit (SI_{kalsit}) dapat dilihat pada gambar 5, 6, dan 7.

Berdasarkan grafik hubungan antara P_{CO_2} dengan pH pada gambar 5 menunjukkan bahwa semakin tinggi P_{CO_2} maka harga pH semakin rendah, hal tersebut dimungkinkan karena proses masuknya CO_2 ke dalam air menyebabkan peningkatan konsentrasi ion H^+ yang terbentuk akibat disosiasi H_2CO_3 sebagai hasil reaksi antara air (H_2O) dengan udara (CO_2).

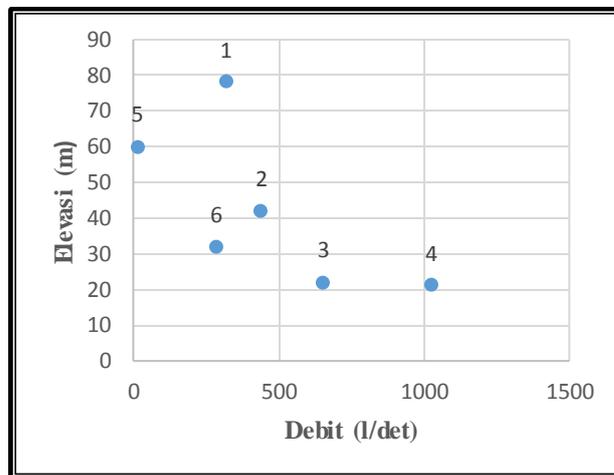
Pada gambar 6 grafik menunjukkan hubungan antara SI_{kalsit} dengan pH dimana semakin tinggi harga pH maka SI_{kalsit} juga akan semakin tinggi atau semakin lewat jenuh. Hal tersebut disebabkan karena semakin besar harga pH maka air akan semakin agresif sehingga tidak mapu lagi melarutkan mineral kalsit. Sehingga dengan demikian semakin tinggi harga P_{CO_2} maka harga SI_{kalsit} semakin rendah (Gambar 7).



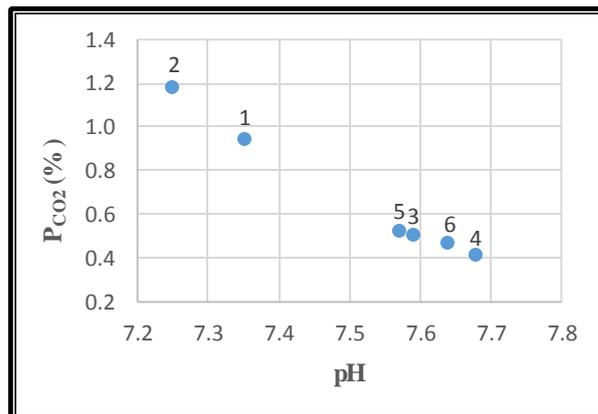
Gambar 2. Diagram alir metode penelitian



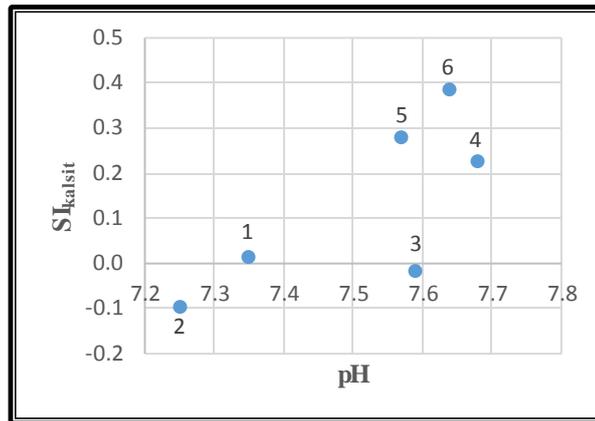
Gambar 3. Peta geologi dan lokasi pengambilan sampel



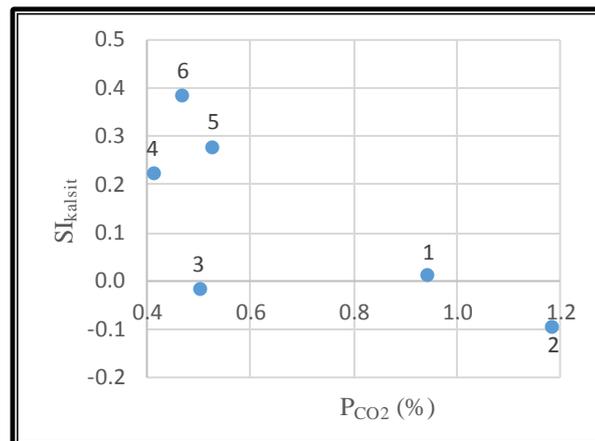
Gambar 4. Grafik distribusi Debit terhadap Elevasi



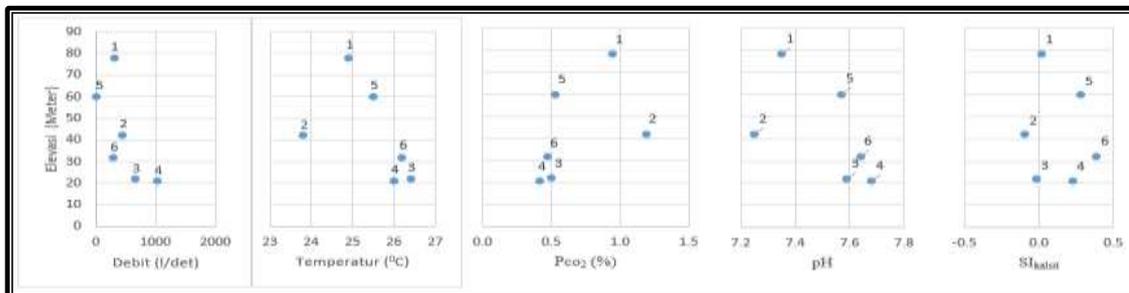
Gambar 5. Grafik hubungan antara Pco2 terhadap Ph



Gambar 6. Grafik hubungan antara pH terhadap SI_{kalsit}



Gambar 7. Grafik hubungan antara P_{CO2} terhadap SI_{kalsit}



Gambar 8. Grafik parameter hidrokimia pada sistem hidrogeologi kawasan karst Teluk Mayalibit

Harga setiap parameter hidrokimia kemudian diinterpretasikan seperti yang ditunjukkan pada gambar 8 dimana sistem hidrogeologi Karst pada daerah penelitian di Teluk Mayalibit terdiri dari dua zona, yaitu zona transisi dan zona aliran menerus. Zona aliran karst terletak pada elevasi bervariasi mengikuti bentuk topografi karst. Pada elevasi 40-80 mdpl, diinterpretasikan bahwa air bersifat conduit dengan sistem jaringan rongga melalui mekanisme allogenic recharge. mekanisme tersebut masuk melalui jaringan rongga dengan sifat aliran yang cepat sehingga sulit tercapai kejenuhan (*undersaturated*) terhadap kalsit (CaCO_3) ($\text{SI} < 0$). Air kemudian mengalir ke

daerah yang lebih dalam dan mengalami perlambatan (Sistem Difusi). Kesimpulan adanya transfer dari sistem Conduit ke difusi berdasarkan atas analisis data P_{CO_2} dan $\text{SI}_{\text{kalsit}}$. Dimana harga P_{CO_2} yang relatif tinggi menunjukkan bahwa sistem mendapat cukup suplai CO_2 yang menerus, sehingga ketika udara CO_2 dan air (H_2O) berinteraksi akan menghasilkan ion bikarbonat (HCO_3^-) dan ion H^+ . semakin banyak suplai CO_2 maka konsentrasi ion H^+ juga bertambah sehingga harga pH semakin turun dan harga $\text{SI}_{\text{kalsit}}$ dalam keadaan tidak jenuh (*undersaturated*) ($\text{SI} < 0$) walau sangat kecil bahkan hampir mendekati setimbang ($\text{SI} = 0$).

Pada elevasi 20-40 mdpl merupakan zona aliran menerus dengan karakter sistem aliran difusi. Pada elevasi ini kontak antara air dengan udara (CO₂) relatif rendah walaupun stabil, mengakibatkan harga pH dan SI_{Kalsit} relatif tinggi.

Kondisi debit air yang besar pada sistem aliran difusi (>500 l/det) pada elevasi 20-40 mdpl mengindikasikan bahwa mekanisme air yang masuk di daerah karst memiliki tipe allogenic recharge merupakan mekanisme yang terjadi karena kondisi geologi yang kompleks dimana air berasal dari daerah yang lebih luas dan berasal dari daerah bukan karst yang masuk menuju akuifer karst. Kondisi ini juga dibuktikan dengan sangat kurangnya gua atau ornamen-ornamen hasil presipitasi yang terbentuk walaupun interaksi antara air dan batuan dalam kondisi jenuh (SI > 0).

KESIMPULAN

Karst Teluk Mayalibit memiliki sistem hidrogeologi yang unik karena sebagian pola aliran buka berasal dari kawasan karst itu sendiri. Hasil observasi di lapangan berhasil menemukan 5 sungai, satu mataair, dan satu gua basah dengan fasies hidrokimia dominan adalah Ca²⁺ - HCO₃⁻ dan Ca²⁺ - Mg²⁺ - HCO₃⁻ yang menunjukkan bahwa air berinteraksi dengan batugamping dan

batugamping dolomitan. Berdasarkan analisis data hidrokimia berupa derajat keasaman (pH), tekanan parsial CO₂ (P_{CO2}), dan Indeks kejenuhan terhadap mineral kalsit (SI_{kalsit}) menunjukkan adanya perubahan mekanisme aliran, dimana pada elevasi 40-80 mdpl yang termasuk zona transisi, mekanisme sistem aliran berupa jaringan rongga kemudian berubah pada elevasi 20-40 mdpl termasuk zona aliran menerus dengan mekanisme aliran berupa difusi atau *diffuse flow system*.

DAFTAR PUSTAKA

¹Milanovic, P. T. 1981. *Kars Hydrogeology*. USA : Water Resources Publications.
²Bahagiarti K, Sari. 2004. *Mengenal Hidrogeologi Karst*. Yogyakarta : Pusat Studi Karst, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, UPN Veteran.
³Ford, D. dan Williams, P. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. England : John Wiley & Sons, Ltd.
⁴Kehew, A. E. 2001. *Applied Chemical Hydrogeology*. Prentice Hall, New Jersey
⁵Supriatna, S. Hakim, A. S. dan Apandi, T. 1995. *Peta Geologi Lembar Waigeo, skala 1:250.000*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Tabel 1. Karakteristik Parameter Hidrolimia kawasan karst Teluk Mayalibit

Zona Elevasi (mdpl)	Debit Air (Q) (l/det)	Temperatur Air (T) (°C)	P _{CO2} (%)	pH	SI _{Kalsit}	Interpretasi Sistem Hidrogeologi
40 - 80	< 500 (aliran air permanen, terdapat mataair prmanen)	24 - 26	P _{CO2} relatif besar antara 0.5-1.2% (sistem terbuka)	pH relatif rendah antara ± 7.2 hingga 7.5	SI _{Kalsit} relatif rendah antara ± - 0.09 hingga 0.01	Zona transisi, sistem aliran conduit/rongga. Air mengalir menuju daerah yang lebih dalam mengalami perlambatan (sistem difusi)
20 - 40	> 500 (aliran air permanen)	26 - 26.5	P _{CO2} relatif rendah antara 0.4-0.5% (sistem tertutup)	pH relatif tinggi antara ± 7.5 hingga 7.7	SI _{Kalsit} relatif tinggi antara ± 0.4 hingga 0.5	Zona aliran menerus, terletak di bawah zona transisi, merupakan zona jenuh air
< 20	-	-	-	-	-	-