

**Studi Air Tanah di Pantai Bosnik, Distrik Biak Timur,
Pulau Biak, Provinsi Papua*****Groundwater Study on The Bosnik Coast of East Biak District,
Biak Island, Papua Province***

Hendra Bakti, Dadan Dani Wardana, Wilda Naili, Adrin Tohari, dan Arief Rachmat

Pusat Penelitian Geoteknologi –LIPI, Kompleks LIPI,
Jl. Sangkuriang, Bandung 40135, Indonesia

Naskah diterima 13 Juli 2016, selesai direvisi 25 Oktober 2016, dan disetujui 15 November 2016
e-mail: thbakti@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian telah dilaksanakan di Pantai Bosnik, Distrik Biak Timur, Kabupaten Biak Numfort, Pulau Biak, Provinsi Papua. Penelitian dilakukan untuk mengetahui karakter air tanah wilayah pesisir sebagai informasi dasar bagi pengelolaan sumber daya air. Metode penelitian yang dipakai terdiri atas survei hidrogeologi permukaan, hidrokimia, dan survei geolistrik. Batuan di daerah penelitian didominasi batu gamping koral (Formasi Mokmer) dan sedikit endapan aluvium pantai. Keduanya bertindak sebagai akuifer yang dapat menyimpan dan meloloskan air dalam jumlah yang berarti. Air tanah yang terdapat pada batu gamping koral terkonsentrasi dalam porositas sekunder yang saling berhubungan. Tipe air tanah didominasi oleh tipe klorida (Na-Cl dan Mg-Cl). Sementara air tanah pada aluvium pantai dicirikan dengan tipe bikarbonat (Ca-HCO_3). Mata airnya memiliki tipe karbonat (Ca-HCO_3 , Mg-HCO_3) dan tipe Na-Cl. Batu gamping koral mempunyai tahanan jenis yang bervariasi dari 3 ohm-m – 5000 ohm-m. Tahanan jenis rendah berasosiasi dengan rongga hasil pelarutan yang terisi air payau atau pun air asin, sedangkan tahanan jenis kontras tinggi merupakan batu gamping kompak dan kering.

Kata kunci: akuifer, batu gamping, porositas sekunder, air tanah, Pulau Biak

ABSTRACT

A research has been conducted in Bosnik Coast, East Biak District, Biak Numfort, Biak Island, Papua Province. The study was conducted to determine the character of the groundwater in coastal areas as basic information for the management of water resources. The research method consists of the surface hydrogeologic survey, hydrochemical, and the geoelectric survey. The rocks in the studied area are dominated by coral limestone (Mokmer Formation) and a little alluvium coastal sediment. Both act as an aquifer that can store and release significant quantities of water. Groundwater is contained in coral limestone, concentrated in interconnected secondary porosity. The type of water dominated by the chloride type (Na-Cl and Mg-Cl). While groundwater in coastal alluvium is characterized by the bicarbonate type (Ca-HCO_3). The springs have carbonate type (Ca-HCO_3 , Mg-HCO_3) and Na-Cl type. The result of geoelectrical measurement indicated that the coral limestone had resistivity which varied from 3 ohm-m - 5000 ohm-m. The low resistivity associated with the voids or cavities filled with brackish water or salt water, while the high resistivity contrast is a compact and dry limestone.

Keywords : aquifer, limestone, secondary porosity, groundwater, Biak Island

PENDAHULUAN

Air tanah dipakai sebagai salah satu sumber utama air bersih atau air minum, sehingga air tanah merupakan sumber daya alam yang sangat penting (Zektser dan Everett, 2004; Lerner dan Harris, 2009). Air tanah terdapat di dalam batuan akuifer yang berfungsi sebagai tempat menyimpan dan meloloskan air dalam jumlah yang berarti (Fetter, 1994 dan Freeze dan Cherry, 1979). Selain aluvium, batuan karbonat merupakan salah satu akuifer yang sangat penting karena mengandung potensi air tanah dalam jumlah yang ekonomis (Bakalowicz, 2005). Batuan karbonat yang tersingkap di permukaan bumi diperkirakan mencapai lebih dari 12% dari total luas benua, dan diduga 25% penduduk dunia memakai air untuk kebutuhan rumah tangga (*domestic*) yang berasal dari batuan karbonat (Ford dan Williams, 1989).

Estimasi pemakaian air yang berasal dari batuan karbonat mungkin tidak jauh berbeda untuk kondisi di Indonesia karena pemukiman penduduk banyak tersebar dan terkonsentrasi serta menggunakan air yang berasal dari batuan karbonat. Menyadari betapa pentingnya batuan karbonat dan batuan lainnya sebagai akuifer yang baik untuk penyediaan air bagi berbagai keperluan, sudah sejak lama Kelompok Ketahanan Air dan Lingkungan, Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, melakukan penelitian sumber daya air pada berbagai kondisi batuan di pulau besar maupun pulau kecil. Publikasi hasil penelitian untuk pulau kecil terangkum dalam Hehanussa dan Bakti (2005) dan Delinom (2007). Khusus untuk Pulau Biak, Hehanussa dr. (1989), Sule dr. (1992), dan Tjiptasmara dan Saifudin (2005) telah melaporkan kondisi sumber daya air secara regional. Akuifer karbonat hampir mendominasi seluruh luasan Pulau Biak. Sejalan dengan kenyataan di atas, tidak bisa dipungkiri bahwa informasi dasar air tanah yang lebih detail mempunyai peranan sangat penting dalam pengelolaan sumber daya air sebelum dikembangkan dan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti untuk kebutuhan rumah tangga dan perkantoran. Lebih jauh, tulisan ini diharapkan dapat memperkaya karakter hidrogeologi pada batuan karbonat, khususnya di daerah penelitian.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di sekitar Pantai Bosnik, Pulau Biak bagian timur. Secara administratif,

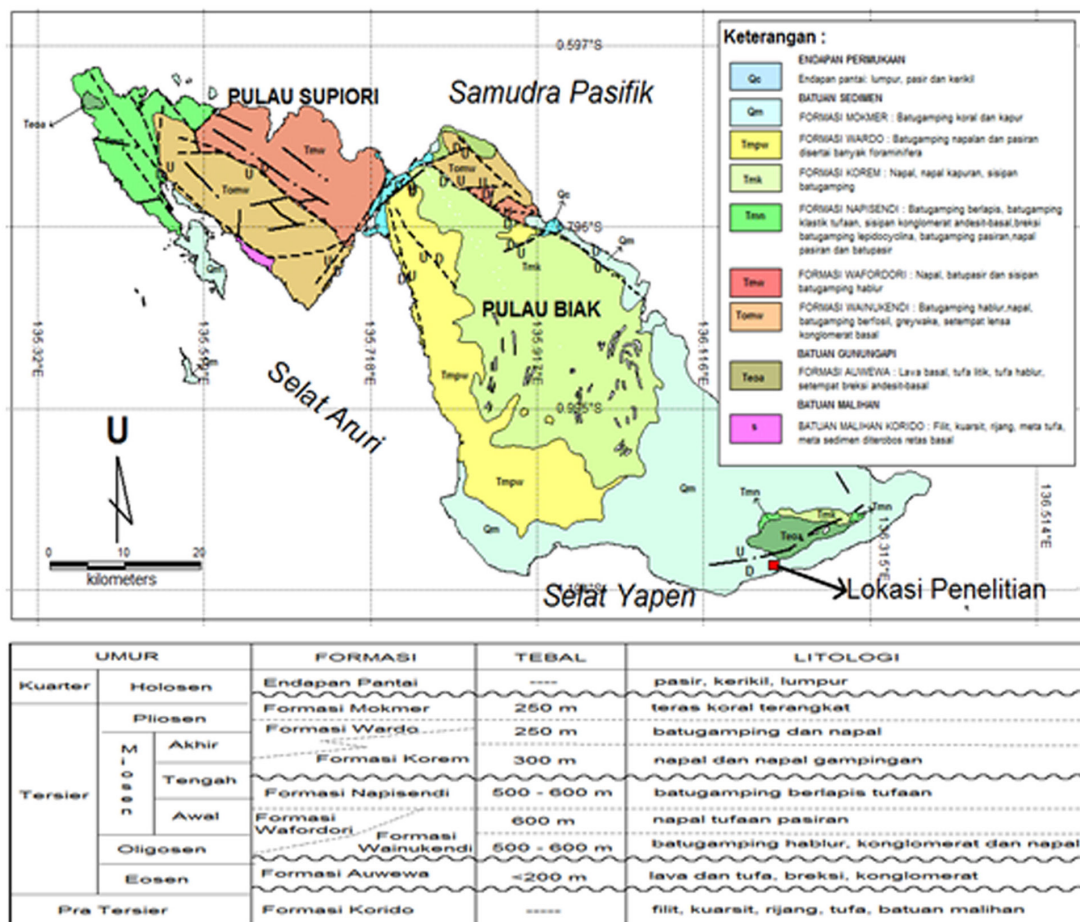
wilayah ini termasuk ke dalam Distrik Biak Timur, Kabupaten Biak Numfor, Provinsi Papua (Gambar 1). Morfologi di sekitar penelitian didominasi oleh perbukitan kars dan hanya sebagian kecil berupa dataran aluvium pantai. Terdapat dua kampung yang berada di sekitar lokasi penelitian, yaitu Kampung Bindusi dan Kampung Sokyar. Kedua kampung terkonsentrasi pada daerah dataran yang berjarak hanya 20 – 100 m dari pinggir pantai.

Pulau Biak merupakan daerah tropis yang hampir setiap hari mendapat hujan. Dalam sebulan kejadian hujan rata-rata sebanyak 25 hari. Curah hujan rata-rata untuk tahun 2012 sebanyak 230,7 mm dengan curah hujan tertinggi terdapat pada bulan Maret 457,9 mm, dan terendah pada bulan Februari 123,0 mm. Suhu udara rata-rata adalah 27,1 °C, kelembaban udara mencapai 86,6%, dengan suhu udara minimum 24,5 °C, sedangkan suhu udara maksimum 30,2 °C (BMKG, 2012). Curah hujan yang tinggi dan merata sepanjang tahun di Pulau Biak berperan besar dalam penyediaan sumber daya air, baik air permukaan maupun air tanah (Tjiptasmara dan Saifudin, 2005).

Geologi dan Hidrogeologi Regional

Berdasarkan peta geologi regional skala 1:250.000 (Masria dr., 1981), geologi permukaan Pulau Biak disusun oleh batuan berumur Pratersier hingga Kuartar. Batuan tersebut terdiri atas batuan metamorfik, batuan sedimen karbonat, batuan asal vulkanik dan endapan permukaan. Kelompok batuan sedimen karbonat mendominasi hampir seluruh permukaan Pulau Biak. Pengendapan antara formasi batuan tersebut tidak selalu menerus, dan secara lateral beberapa formasi mempunyai hubungan yang menjemari (Gambar 1).

Hehanussa dr. (1989) serta Tjiptasmara dan Saifudin (2005) melaporkan bahwa morfogenesis Pulau Biak merupakan tipe pulau terangkat yang didominasi batuan karbonat. Batuan karbonat (Formasi Mokmer) terdiri atas batu gamping koral dan kapur yang mempunyai karakteristik sangat sarang (*porous*). Karakter morfologi di permukaannya sangat jarang sekali ditemukan aliran sungai. Diduga di bawah permukaan terkandung potensi air tanah, dan mungkin sekali sungai bawah tanah serta mata air yang belum seluruhnya terekam secara terperinci. Batu gamping koral dan kapur membentuk sekitar empat buah teras pantai dengan tinggi yang berlainan. Batas



Gambar 1. Geologi regional dan stratigrafi Pulau Biak dan Pulau Supiori (Masria dr., 1981).

antarteras pantai kadang-kadang dicirikan oleh gawir terjal. Morfologi teras berupa dataran landai sampai dataran bergelombang, dan di beberapa tempat dijumpai dolina sebagai bentukan tahap awal daerah kars. Juga ditemukan sejumlah mata air pada tekuk lereng antarbata teras. Demikian juga Tohari dr. (2013) melaporkan adanya mata air berdebit besar yang keluar dari batu gamping dengan debit sesaat mencapai 3.366 l/det. di sekitar Kariruar yang dipakai sebagai sumber air bersih bagi sebagian Kota Biak, dan mata air Sunu dengan debit sesaat 36 l/det.

METODE PENELITIAN

Survei Hidrogeologi dan Hidrokimia

Survei hidrogeologi meliputi pengamatan singkapan batuan permukaan yang dapat bertindak sebagai akuifer, pengukuran permukaan air tanah, daya hantar listrik (DHL), pH, dan suhu, serta pengukuran debit mata air. Permukaan air tanah

diukur pada sumur gali penduduk dengan alat *water level*. Sementara DHL, pH, dan suhu air diukur di lapangan dengan memakai alat *handy water cheker Toax*. Debit sesaat mata air diukur dengan cara *floating method*. Titik posisi pengamatan diukur dengan alat *global positioning system* (GPS).

Percontoh air untuk analisis kimia di laboratorium dimasukkan ke dalam botol dari bahan *polietilene*. Diambil sebanyak 1 liter air untuk analisis parameter nonlogam dengan perlakuan tanpa pengawetan, dan 500 ml percontoh air untuk analisis parameter logam yang diawetkan dengan asam nitrat hingga pH air <2. Metode analisis kimia air di laboratorium didasarkan pada *Standar methods for examination of water and wastewater* (Eaton dr., 2005) yang terdiri atas (Tabel 1):

Survei Geolistrik

Daerah penelitian lebih banyak didominasi oleh batu

Tabel 1. Parameter Kimia Air dan Metode Analisis Air Di Laboratorium

Parameter	Metode
Kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}),	Kompleksometri
Natrium (Na^+) dan kalium (K^+)	Flame fotometri
Bikarbonat (HCO_3^-)	Asidimetri
Klorida (Cl^-)	Argentometri
Sulfat (SO_4^{2-})	Turbidimetri
Besi (Fe^{2+})	Phenantroline
Mangan (Mn^{2+})	Persulfate
Fluorida (F^-)	SPADNS
Nitrat (NO_3^-)	Spectrofotometer
Nitrit (NO_2^-)	Kolorimetri
Kesadahan (CaCO_3)	EDTA Titrimetri

gamping koral yang memiliki porositas sekunder berupa rongga/goa hasil pelarutan (Hehanussa dr., 1989). Sejauh ini Terzik dr. (2007), Ebraheem dr. (2012, 2014), Zhu dr. (2011), dan Vouillamoz dr. (2003) telah berhasil dengan sukses menggunakan metode geolistrik untuk mendeteksi keterdapatan air tanah dalam porositas primer maupun porositas sekunder di wilayah batu gamping. Prinsip dasar pendugaan tahanan jenis diterangkan secara detail dalam Telford dr. (1990), yaitu merambatkan arus listrik dari sumber arus melalui dua buah elektrode ke dalam batuan. Beda potensial yang diakibatkan oleh adanya perbedaan tahanan jenis batuan, diukur di permukaan melalui dua elektrode. Konfigurasi tahanan jenis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *dipole-dipole*. Alat yang dipakai adalah *Supersting R8/IP, multichannel (8 channels)*, AGI Inc.). Sementara pengolahan data menggunakan perangkat lunak *Earth ImagerTM*.

Studi air tanah di daerah kars membutuhkan metode penyelidikan khusus yang didukung dengan penyelidikan hidrologi permukaan (Bakalowicz, 2005), sehingga dalam interpretasi data geolistrik sangat bergantung pada kondisi lapangan dan hasil pemetaan hidrogeologi (Zhu dr., 2011). Survey geofisika dengan metode tahanan jenis dalam penyelidikan air tanah di daerah batu gamping kars bertujuan untuk mendeteksi sesar dan rekahan atau rongga, yang umumnya merupakan akuifer utama. Batu gamping kompak memiliki tahanan jenis sangat tinggi dan batu gamping yang dipengaruhi oleh air asin atau payau memiliki nilai tahanan jenis sangat rendah (Terzik dr., 2007). Rekahan/goa tanpa air, rekahan/goa yang jenuh

air, dan batu gamping kompak umumnya memiliki kontras tahanan jenis yang sangat tinggi di antara ketiganya. Batu gamping dengan tahanan jenis antara 20 - 50 ohm-m diinterpretasikan sebagai rekahan atau goa terisi air dengan salinitas rendah, dan batu gamping kompak memiliki tahanan jenis lebih besar dari 6000 ohm-m (Ebraheem dr., 2012). Anomali tahanan jenis rendah berasosiasi dengan zona kelembaban atau rekahan batuan yang jenuh air dan metode geolistrik telah sukses untuk memandu target dalam pemboran air tanah. Walaupun demikian, pengetahuan geologi dan hidrogeologi daerah target serta pengalaman ahli berperan penting dalam menentukan zona rekahan/ rongga hasil pelarutan (Zhu dr., 2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hidrogeologi

Batu gamping koral dari Formasi Mokmer merupakan akuifer utama yang mendominasi hidrogeologi di daerah penelitian, sementara aluvium endapan pantai dijumpai dalam luasan yang sempit (Gambar 2 dan 3). Morfologi permukaannya dicirikan oleh bukit-bukit kecil dengan permukaan kasar. Dijumpai gawir terjal memanjang di sekitar pantai yang diduga sebagai bagian dari undak pantai. Goa sebagai porositas sekunder ditemukan di permukaan maupun pinggir pantai dengan dimensi lebar dan tinggi bervariasi antara 1 - 3 m. Aliran air tanah melalui goa atau pun rongga hasil pelarutan yang mengalir ke laut ditemukan di pinggir pantai dan muncul sebagai mata air (Gambar 3). Mata air tersebut termasuk pada kelompok mata air kars (*karst springs*), dan karena posisinya mata air tersebut merupakan bagian dari keluaran air tanah lepas pantai (KALP). Setidaknya terdapat sembilan mata air pinggir pantai dengan debit sesaat bervariasi dari 0,04 – 10,7 l/det. Berdasarkan pengamatan selama tiga hari dari tanggal 19 s/d 21 September 2013, diperoleh titik posisi keluarnya mata air selalu berpindah-pindah seiring dengan pasang dan surut laut. Ketika pasang pada jam 7.00 – 8.00 WIT, air laut naik akan menekan aliran air tanah dari darat, sehingga mata air yang keluar lebih menjorok ke arah daratan. Posisi tersebut berubah ketika surut pada pukul 12.00 – 13.00 WIT., mata air akan muncul di bagian bawah pantai yang lebih

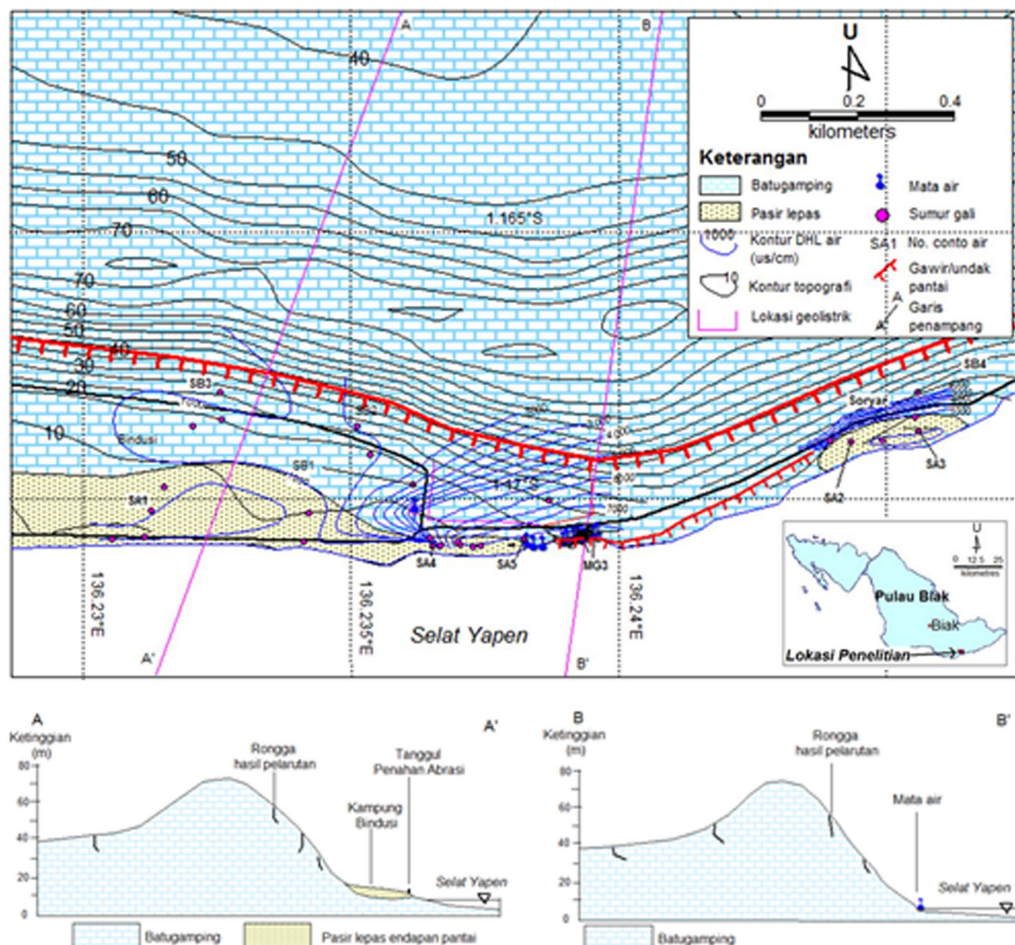
menjorok ke arah laut. Posisi tersebut berulang dan berpindah sesuai dengan tingkat pasang surut laut. Pergeseran keluarnya posisi mata air secara lateral bisa mencapai kisaran 1,5 m dari posisi awalnya.

Di atas akuifer batu gamping koral terdapat endapan pantai berupa pasir lepas. Aluvium dijumpai di daerah rendahan pinggir pantai, sebagai bagian dari material lapukan dari batuan yang lebih tua yang didominasi material batu gamping. Air tanah bebas pada endapan pantai di lokasi penelitian umumnya relatif lebih tawar bila dibandingkan dengan air tanah pada akuifer batu gamping koral. Demikian juga permukaan air tanahnya relatif lebih dangkal, yaitu kurang dari 2 m dari permukaan tanah setempat (mts). Sementara permukaan air tanah pada akuifer batu gamping koral lebih dari 5 m dari mts. Di daerah endapan pantai, umumnya pengaruh pasang surut air laut pada air tanah sangat kecil. Tercermin dengan daya hantar listrik (DHL) air tanah < 1000

$\mu\text{S}/\text{cm}$ (Gambar 2.) yang menurut Hem (1989) setara dengan total zat padat terlarut (TDS) ~ 590 mg/l yang didasarkan atas formula $\text{TDS (mg/l)} = 0,59 \text{ DHL}(\mu\text{S}/\text{cm})$. Kondisi ini diduga karena pemompaan air tanah belum terlalu intensif karena air tanah hanya dipakai untuk kebutuhan air rumah tangga. Juga kemungkinan akibat adanya *blocking* dari tembok penahan abrasi air laut yang terdapat di sepanjang bibir pantai, sehingga air laut tidak memengaruhi sistem air tanah bebas pada akuifer aluvium. Namun demikian, secara lokal terdapat air tanah yang terpengaruh pasang dan surut laut di dekat pinggir pantai pada posisi 5 m dari laut, DHL air tanah mencapai $7500 \mu\text{S}/\text{cm}$ ($\text{TDS} = \sim 4425$ mg/l).

Hidrokimia

Air tanah maupun mata air dari daerah penelitian memiliki tingkat derajat keasaman (pH) normal (pH $\sim$ 7) dan temperatur air berkisar antara



Gambar 2. Hidrogeologi daerah Kampung Bindusi dan sekitarnya, Pantai Bosnik. Distrik Biak Timur, Kabupaten Biak Numfort, Provinsi Papua (atas). Sketsa penampang hidrogeologi berarah relatif utara - selatan berdasarkan pengamatan permukaan di lapangan (bawah).



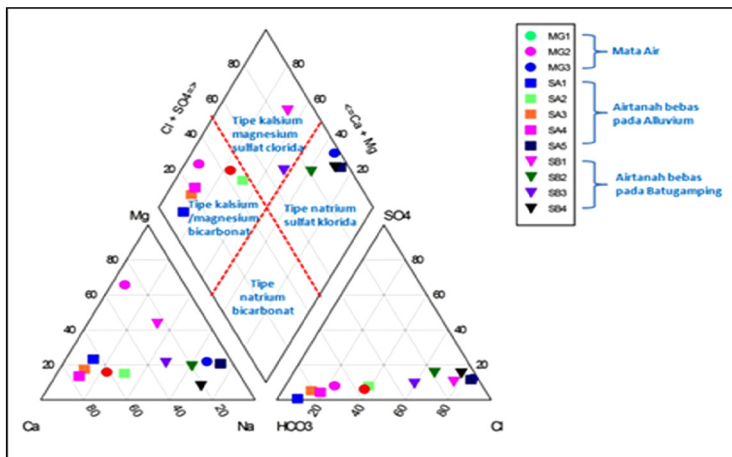
Gambar 3. Singkapan batu gamping koral dari Formasi Mokmer yang menunjukkan adanya rekahan serta goa yang ada di daerah penelitian (atas). Mata air di pinggir pantai sebagai KALP yang keluar dari rongga batu gamping koral di Pantai Bosnik. Mata air dimanfaatkan oleh penduduk pada saat surut laut untuk kebutuhan rumah tangga (bawah).

25,3 – 29,8 °C. Kesadahan air yang dinyatakan dalam mg/l CaCO_3 relatif tinggi (>100 mg/l) dan daya hantar listrik (DHL) air antara 52 – 8.450 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Zat padat terlarut (TDS) berkisar antara 37 – 5614 mg/l. Air tanah pada aluvium pantai umumnya bersifat tawar. Namun, ada juga yang bersifat payau hingga asin, terutama untuk air tanah yang terletak di sekitar garis pantai yang langsung berinteraksi dengan air laut. Menurut klasifikasi Mondal drr. (2008), air tawar ($\text{DHL} < 1500 \mu\text{S}/\text{cm}$), air payau ($\text{DHL } 1500 \mu\text{S}/\text{cm} - 3000 \mu\text{S}/\text{cm}$), dan air asin ($\text{DHL} > 3000 \mu\text{S}/\text{cm}$). Sementara air tanah dari akuifer batu gamping hampir semuanya termasuk pada klasifikasi payau dan mata air yang teridentifikasi (di luar wilayah studi) bersifat tawar, kecuali mata air KALP bersifat asin (Tabel 2.).

Ion utama air terdiri atas kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), natrium (Na^+), kalium (K^+), bikarbonat (HCO_3^-), klorida (Cl^-), serta sulfat (SO_4^{2-}), sedangkan ion minor seperti besi (Fe^{2+}), mangan (Mn^{2+}), fluorida (F^-), nitrat (NO_3^-), dan nitrit (NO_2^-) hadir dalam konsentrasi yang bervariasi

(Tabel 2). Menurut Hem (1989) ion kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), dan bikarbonat (HCO_3^-) sangat umum pada air yang berasal dari batuan karbonat. Ketiganya merupakan produk pelarutan mineral karbonat seperti kalsit, aragonit, dan dolomit (Appelo dan Postma, 2005). Sementara itu, natrium (Na^+) dan klorida (Cl^-) merupakan ion dominan dalam air laut (Hem, 1989), dan tingginya ion natrium (Na^+) serta klorida (Cl^-) pada air tawar merupakan indikasi pencampuran dengan air laut (Park drr., 2005).

Hasil plot ion utama pada diagram piper yang menunjukkan karakter air dari daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 4. Karakter 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 aluvium pantai lebih seragam bertipe bikarbonat (Ca-HCO_3), dan hanya satu yang bertipe klorida (Na-Cl). Mata air memiliki tipe air yang berbeda yaitu karbonat (Ca-HCO_3 , Mg-HCO_3), dan tipe Na-Cl . Terdapat kesamaan tipe klorida air tanah pada batu



Gambar 4. Diagram piper hasil plot ion utama dari mata air dan air tanah bebas yang berasal dari akuifer batu gamping dan endapan pantai di daerah penelitian.

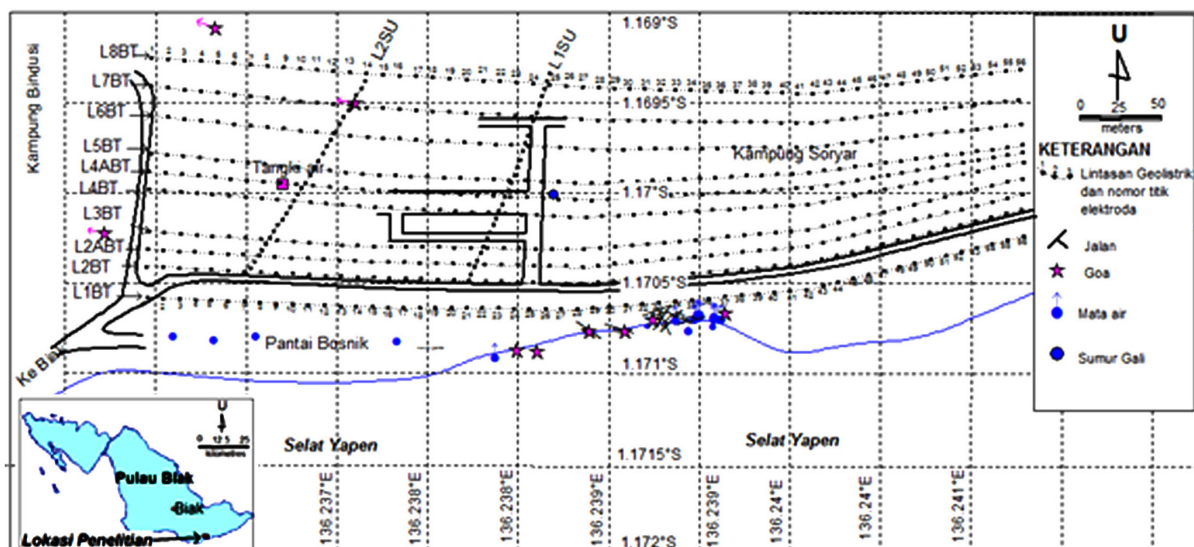
gamping, mata air pinggir pantai, dan air tanah pada aluvium di pinggir pantai. Kesamaan tipe air ini mencirikan adanya pencampuran dengan air laut. Pengaruh air laut terhadap air tawar pada akuifer di daerah pantai bisa juga dicirikan dengan rendahnya rasio HCO_3/Cl^- (Mondal dr., 2010). Rasio HCO_3/Cl^- pada air di daerah penelitian sangat beragam antara 0,03 – 9,21. Indikasi air yang mengalami pengaruh air laut dicirikan dengan rasio $\text{HCO}_3/\text{Cl}^- < 0,5$. Sementara air yang tidak mendapatkan pengaruh air laut mempunyai rasio $\text{HCO}_3/\text{Cl}^- > 1,0$.

Karakter hidrokimia dalam kaitannya untuk

kesesuaian air bersih menunjukkan bahwa beberapa percontoh air di daerah penelitian umumnya masih di bawah ambang batas yang dipersyaratkan Permenkes RI No.416/1990. Kecuali untuk parameter TDS, natrium, kesadahan, sulfat, klorida pada mata air kars (MG.3) yang berada di pinggir pantai yang mendapat pengaruh langsung air laut serta air tanah pada sumur gali (SB 1) Kampung Bindusi untuk parameter TDS, kesadahan, dan nitrit yang kemungkinan karena pengaruh lingkungan di sekitar sumur yang tidak higienis (Tabel 2).

Interpretasi Tahanan Jenis Batuan

Pengukuran tahanan jenis batuan telah dilaksanakan di sekitar Pantai Bosnik pada 136,236°E/1, 171°S - 136,236°E/1, 169°S dan 136,241°E/1, 171°S - 136,241°E/1, 169°S. Jarak antara titik lintasan diatur secara sistematis, dengan penetrasi pengukuran mencapai kedalaman 115 m. Lintasan berjumlah sepuluh buah yang berarah relatif barat – timur (L1BT s/d L8BT) serta dua lintasan berarah utara – selatan (L1SU dan L2SU). Panjang masing-masing lintasan barat – timur mencapai 560 m dan elektrode berjumlah 56 buah dengan jarak antartitik lintasan 25 m dan spasi elektrode 10 m. Secara berurutan nomor lintasan terkecil dimulai dari pinggir pantai dan berakhir dekat tebing di daratan. Sementara untuk lintasan utara – selatan, panjang lintasan mencapai 275 m dan jumlah elektrode 28 buah dengan jarak antar titik lintasan 100 m serta spasi elektrode adalah 10 m (Gambar 5.).



Gambar 5. Lokasi titik pengukuran geolistrik pada batu gamping koral di kampung Bindusi, Pantai Bosnik, Distrik Biak Timur, Kabupaten Biak Numfor, Provinsi Papua.

Tabel 2. Hasil Analisis Kimia Air Dari Daerah Penelitian

No	Kode Percont oh	Na+	K+	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₂	NO ₃	Fe	F	Mn	Kesadahan	HCO ₃ /Cl	pH	DHL	TDS	T	Tipe Air	Litologi/Akifer	Lokasi/Keterangan
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/CaCO ₃	mek/l		us/cm	mg/l	oC			
1	MG1	16,68	2,93	38,42	6,01	122	9,93	48,7	<0,004	<0,006	0,37	0,03	<0,006	121	1,46	7,55	360	254	26,4	Ca-HCO ₃	Batu gamping	Mata Air Karriar
2	MG2	1,95	1,65	6,68	9,46	26,59	2,3	5,47	<0,004	<0,006	0,74	0,06	<0,006	26,13	2,82	6,96	52	37	25,3	Mg-HCO ₃	Batu gamping	Mata air Suru
3	MG3	1176	87	175	201,5	117	460	2435	0,029	2,248	0,23	0,47	<0,006	905	0,03	7,61	8450	5614	25,7	Na-Cl	Batu gamping	Mata Air dipantai (SGD2)
4	SA1	27,51	4,25	117	25,82	394	2,03	24,85	<0,004	0,239	0,29	0,16	<0,006	318	9,21	7,19	615	504	26,8	Ca-HCO ₃	Aluvium	Sumur Gali Penduduk, Kp Bindusi
5	SA2	68	15	99,4	17,01	335	39	144	0,026	21,41	0,53	0,36	<0,006	318	1,35	7,23	1093	709	27,2	Ca-HCO ₃	Aluvium	Sumur Gali Penduduk, Kp Soriar
6	SA3	15	4,5	78	11,5	282	14,04	27,83	0,016	6,448	0,37	0,16	<0,006	241	5,89	7,46	529	357	27,2	Ca-HCO ₃	Aluvium	Sumur Gali Penduduk, Kp Soriar
7	SA4	19	17,3	109	11,83	362	15,12	50,19	<0,004	<0,006	0,24	0,06	<0,006	320	4,19	7,13	760	498	26	Ca-HCO ₃	Aluvium	Sumur Gali (LIP)
8	SA5	985	74,9	67	145	138	352	1941	0,016	1,107	0,33	0,48	<0,006	764	0,04	7,72	7480	4900	25,8	Na-Cl	Aluvium	Sumur Gali Pantai Bosnik
9	SB1	156	42,5	100	110	144	94,5	529	4,939	0,398	0,4	0,18	<0,006	704	0,16	7,69	2220	1505	25,8	Mg-Cl	Batu gamping	Sumur Gali Penduduk, Kp Bindusi
10	SB2	164	25	46,77	27,22	144	93,42	296	<0,004	2,205	0,93	0,1	<0,006	229	0,28	7,6	1534	1003	27	Na-Cl	Batu gamping	Sumur Gali Penduduk, Kp Bindusi
11	SB3	57,6	7,22	32,58	13,47	112	26,25	125	0,026	0,239	0,29	0,03	<0,006	137	0,52	7,55	692	426	29,8	Na-Cl	Batu gamping	Sumur Gali Penduduk, Kp Bindusi
12	SB4	607	72	159	35,72	162	304	1168	0,026	8,76	0,24	0,27	<0,006	543	0,08	7,77	4490	3003	26,3	Na-Cl	Batu gamping	Sumur Gali Penduduk, Kp Soriar
13	-	200	-	-	-	-	400	600	1	10	1	1,5	0,5	500	-	6,5-8,5	-	1000	±3	-	-	Standar air bersih Permenkes 416/1990

Tabel 3. *Resume* Hasil Interpretasi Nilai Tahanan Jenis Pada Batu Gamping Koral (Formasi Mokmer) yang Diukur Di Lapangan

Lapisan Batuan	Kelompok jenis	Tahanan	Kisaran Tahanan Jenis (ohm-m)	Interpretasi
Lapisan pertama batu gamping Koral (0-36 m)	I		785– 5000	batugamping koral, kering/tidak mengandung air, bersifat kompak dan kecil kemungkinan terdapat rongga/goa
Lapisan ke dua batu gamping Koral (36-115 m)	II		500– 785	batu gamping koral dalam kondisi lembap dan setempat berupa rongga lembap
	III		45– 500	batu gamping koral dalam akuifer kars kondisi basah
	IV		3 – 45	batugamping koral yang diduga mengandung air atau sangat jenuh air tanah (asin/payau) pada rekahan/rongga/goa

Hasil pengukuran geolistrik di daerah penelitian disajikan pada penampang tahanan jenis bawah permukaan (Gambar 6 s/d Gambar 7), dan *resume* hasil interpretasi terdapat pada Tabel 3. Harga tahanan jenis batu gamping koral di daerah penelitian bervariasi dari rendah sampai sangat tinggi, antara 3 ohm-m – 5000 ohm-m. Secara umum, terdapat dua lapisan batuan yang diduga merupakan batu gamping koral dari Formasi Mokmer. Lapisan pertama terdapat pada kedalaman 0 – 36 m dan lapisan kedua pada kedalaman 36 m – 115 m. Dengan penetrasi kedalaman seperti di atas maka bisa diduga lapisan yang mendasari akuifer batu gamping masih jauh di bawah kedalaman yang lebih besar dari 115 m dari permukaan tanah setempat. Menurut Masria dr. (1981), ketebalan Formasi Mokmer berupa batu gamping mencapai 250 m. Lapisan pertama memiliki tahanan jenis sangat kontras tinggi dan seragam antara 785 ohm-m – 5000 ohm-m yang merupakan batu gamping masif kompak dan kering. Di dalamnya setempat terdeteksi tahanan jenis batuan yang lebih rendah yang diduga sebagai rongga/goa hasil pelarutan. Rongga hasil pelarutan ini tersingkap dengan jelas di permukaan ketika survei hidrogeologi dilakukan.

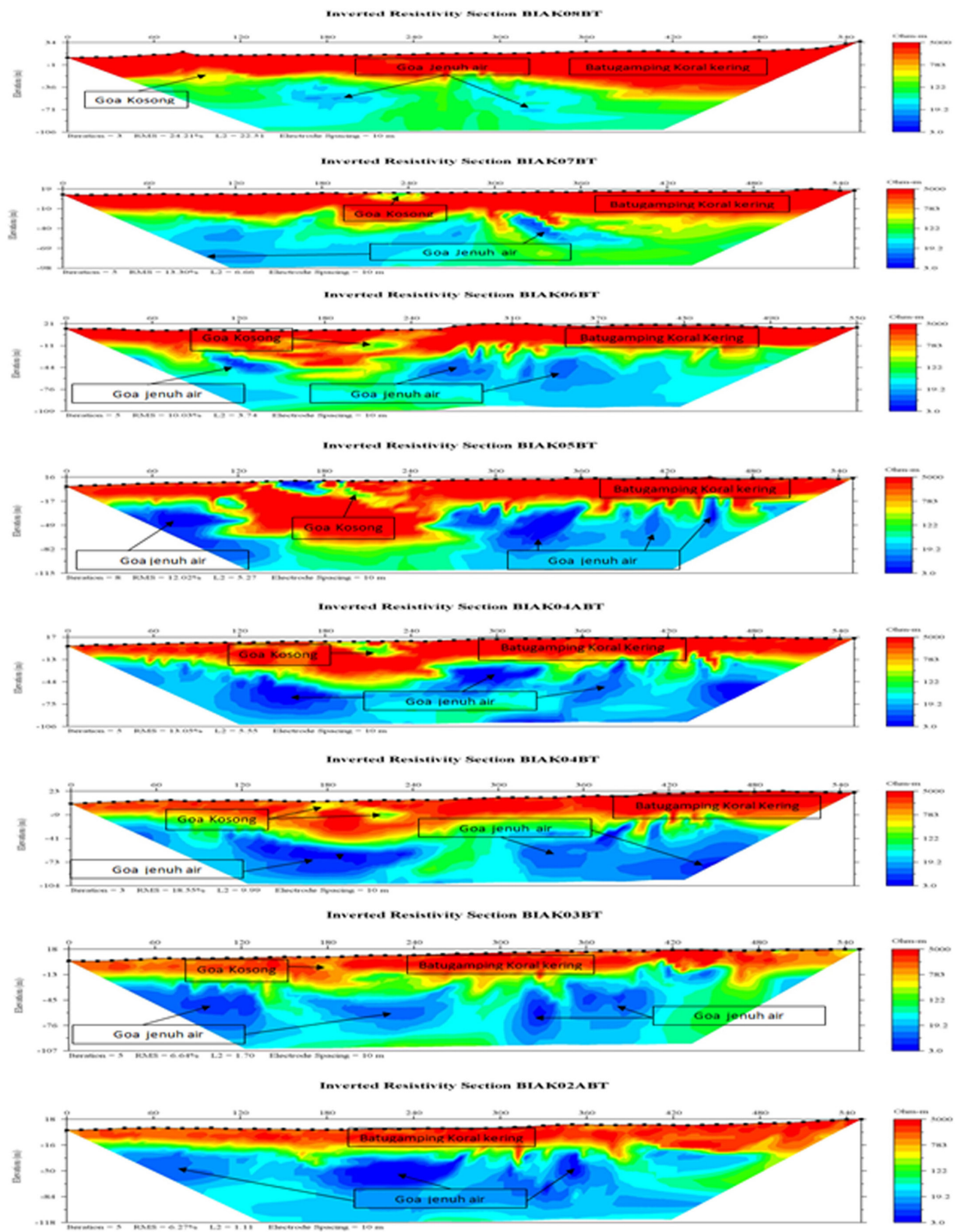
Lapisan batu gamping kedua memiliki tahanan jenis antara 3 ohm-m – 785 ohm-m. Tahanan jenisnya sangat variatif dari satu tempat ke tempat lainnya, yang berubah dalam jarak yang berdekatan. Variasi tahanan jenis tersebut sangat menarik dari sisi keterdapatannya air tanah terutama pada kelompok tahanan jenis antara 3,0 Ohm-m – 45 Ohm-m. Secara setempat dan konsisten pada

penampang barat - timur maupun selatan - utara, harga tahanan jenis tersebut menerus dari daratan serta semakin menebal ke arah pinggir pantai. Diduga merupakan rongga/goa hasil pelarutan yang saling berhubungan dan jenuh air tanah. Namun demikian, air tanah yang mengisi rongga/goa ini diduga mencerminkan kualitas payau sampai asin karena posisinya berada di bawah permukaan air laut. Hasil ini dapat dikonfirmasi dengan hasil penelitian Terzic dr. (2007) dan Ebraheem dr. (2012) yang menyatakan bahwa batu gamping dengan rekahan atau goa yang dipengaruhi oleh air payau atau air asin memiliki nilai tahanan jenis sangat rendah. Hal tersebut sesuai juga dengan daya hantar listrik (DHL) air tanah di lapangan yang semakin besar menuju ke pinggir pantai secara spasial menunjukkan payau hingga asin.

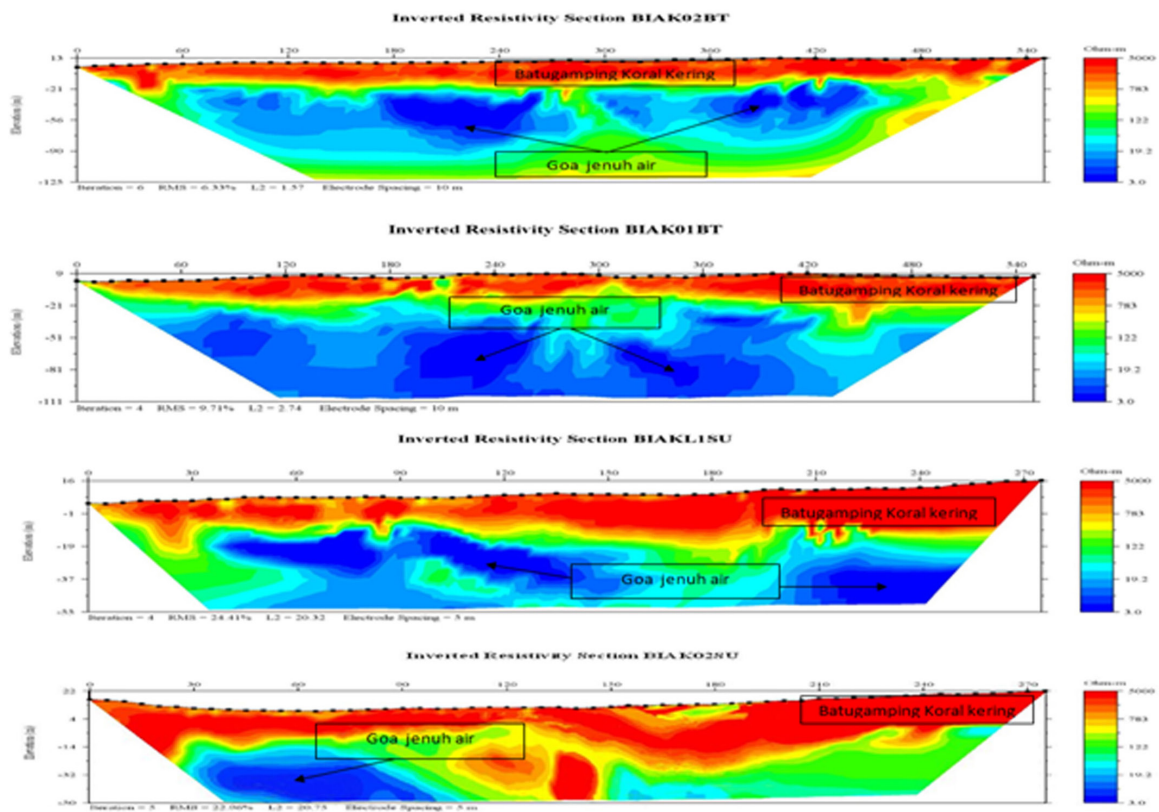
KESIMPULAN

Daerah penelitian didominasi batu gamping koral dari Formasi Mokmer dan aluvium endapan pantai dalam luasan yang sempit. Air tanah di daerah penelitian ditemukan pada kedua endapan tersebut. Batu gamping koral bertindak sebagai akuifer yang dapat menyimpan dan meloloskan air dalam jumlah yang berarti. Air tanah pada batu gamping koral secara lokal terkonsentrasi dalam porositas sekunder hasil pelarutan seperti rekahan, rongga, ataupun goa yang saling berhubungan, menerus menuju pinggir pantai dan sebagian keluar sebagai mata air kars di pinggir pantai.

Karakter hidrokimia dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pembentukannya. Bukti ini dapat



Gambar 6. Penampang tahanan jenis bawah permukaan Lintasan L8BT s/d L2ABT. Lintasan berarah barat - timur.



Gambar 7. Penampang tahanan jenis bawah permukaan Lintasan L2BT dan L1BT berarah barat - timur. Lintasan L1SU dan L2SU berarah selatan -utara.

dikonfirmasi dari data kimia air yang ada di daerah penelitian. Kimia air tanah ion utama pada akuifer batu gamping lebih banyak didominasi oleh tipe klorida (Na-Cl dan Mg-Cl). Sementara air tanah pada aluvium pantai mempunyai karakter yang lebih beragam, yaitu tipe bikarbonat (Ca-HCO_3). Mata air memiliki tipe karbonat (Ca-HCO_3 , Mg-HCO_3) dan tipe Na-Cl . Air tawar yang mendapat pengaruh air laut mempunyai rasio HCO_3/Cl lebih rendah dibandingkan dengan air tawar yang tidak dipengaruhi air laut.

Air tanah teridentifikasi semakin menebal ke arah pinggir pantai. Aliran air tanah tawar dari darat bercampur dengan air laut akibat pengaruh pasang surut laut. Tahanan jenis akuifer batu gamping di daerah penelitian bervariasi dari 3 ohm-m – 5000 ohm-m. Batu gamping kompak dan kering mempunyai tahanan jenis yang kontras besar bila dibandingkan dengan batu gamping yang memiliki rekahan/rongga/goa terisi air tanah yang bersifat

payau atau asin. Oleh karena itu, metode geolistrik telah terbukti mempunyai kemampuan yang tinggi dalam studi air tanah pada akuifer batu gamping di wilayah pantai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terbitnya makalah ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Haryadi Permana sebagai Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI dan Andriani Widyastuti, M.Si., Kepala UPT Loka Konservasi Biota Laut Biak, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, yang telah memfasilitasi penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada Prof. Dr. Robert M. Delinom selaku Ketua Kelompok Penelitian Ketahanan Air dan Lingkungan, Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, serta Dr. Sci. Rachmat Fajar Lubis yang telah memberi saran dalam penyempurnaan manuskrip tulisan.

DAFTAR PUSTAKA

- Appelo dan Postma, 2005. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. Second Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, ISBN 9780415364218.
- BMKG, 2012. *Data iklim tahun 2012*. BMKG Frans Kaisiepo Biak.
- Bakalowicz, M., 2005. Karst groundwater: a challenge for new resources. *Hydrogeology Journal* (2005) 13:148–160, DOI 10.1007/s10040-004-0402-9.
- Delinom, R.M., 2007. *Sumber Daya Air di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil di Indonesia*. LIPI Press, ISBN 979-799-050-8, Jakarta.
- Eaton, D. A., Clesceri, S.L., Rice, W.E., dan Greenberg, E.A., 2005. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 21st Ed, American Public Health Association, Washington.
- Ebraheem, Sherif, Al Mulla, Akram, dan Shetty, 2012. A geoelectrical and hydrogeological study for the assessment of groundwater resources in Wadi Al Bih. UAE, *Environ. Earth Sci.*, 67:845–857, DOI 10.1007/s12665-012-1527, Springer.
- Ebraheem, Al Mulla, Sherif, Awad, Akram, Al Suweidi, dan Shetty, 2014. Mapping groundwater conditions in different geological environments in the northern area of UAE using 2D earth resistivity imaging survey. *Environ. Earth Sci.*, DOI 10.1007/s12665-014-3064-5, Springer.
- Fetter, 1994. *Applied Hydrogeology*. Ed^{3th}, Mc. Millan College Publishing Co., New York.
- Freeze dan Cherry, 1979. *Groundwater*. Prentice-Hall, Inc, New Jersey.
- Ford, D.C. dan Williams, P.W., 1989. *Karst Geomorphology and Hydrology*. Chapman & Hall, London, ISBN 0412445905.
- Hehanussa, P.E., Suriadarma, A., dan Tjiptasmara, 1989. Buaian Kualitas Dan Paras Air Tanah Di Pulau Biak, Irian Jaya. Laporan Penelitian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geoteknologi LIPI (tidak dipublikasikan).
- Hehanussa, P. dan Bakti, Hendra, 2005. *Sumber Daya Air di Pulau Kecil*. LIPI Press, ISBN 979367329-x. Jakarta.
- Hem, 1989. *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*. USGS. Amerika Serikat.
- Lerner D.N dan Harris B., 2009. *The relationship between land use and groundwater resources and quality*. Land Use Policy 26S (2009) S265–S273.
- Masria, M., Ratman, N., dan Suwitodirdjo, K., 1981. *Peta Geologi Lembar Biak, Irian Jaya, Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Mondal, N.C., Singh, V.S., Saxena, V.K., dan Prasad, R.K., 2008. Improvement of groundwater quality due to fresh water ingress in Potharlanka Island, Krishna delta, India. *Environ. Geol.* 55 (3), 595–603.
- Mondal, N.C., Singh V.P., Singh, V.S., dan Saxena, V.K., 2010. Determining the interaction between groundwater and saline water through groundwater major ions chemistry. *Journal of Hydrology* 388 (2010) 100–111.
- Park, S.C., Yun, S.T., Chae, G.T., Yoo, I.S., Shin, K.S., Heo, C.H., dan Lee, S.K., 2005. *Regional hydrochemical study on salinization of coastal aquifers, western coastal area of South Korea*. Journal of Hydrology 313, 182–194.
- Permenkes. RI No.416/Men.Kes/Per/IX/1990, *Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air*.
- Sule, A., Tjiptasmara, dan Hehanussa, P.E., 1992. Potensi Sumberdaya Air Tanah dan Air Sebagai Masukan Untuk Pengembangan Wilayah Pulau Biak, Irian Jaya. Laporan Penelitian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geoteknologi LIPI (tidak dipublikasikan).
- Telford, W.M., Geldart, L.P., dan Sheriff, R.E., 1990. *Applied Geophysics*. Second edition, Cambridge University Press.
- Terzic, J., Sumanovac, F., dan Buljan, R., 2007. An assessment of hydrogeological parameters on the karstic island of Dugi Otok. *Croatia Journal of Hydrology* (2007) 343, 29– 42, Elsevier.
- Tjiptasmara dan Saefudin, 2005. Potensi dan Kualitas Air Di Pulau Biak, Papua. h.1-13, dalam Hehanussa dan Bakti (eds), *Sumber Daya Air di Pulau Kecil*, LIPI Press, ISBN 979367329-x. Jakarta.
- Tohari, A., Bakti, H., Naili, W., Rachmat, A., Wardhana, D.D., dan Nyanjang, 2013. Studi ketersediaan air bersih di UPT Loka Konservasi Biota Laut Biak, Provinsi Papua. Laporan penelitian UPT Loka Konservasi Biota Laut Biak- LIPI, Provinsi Papua (tidak dipublikasikan).
- Vouillamoz, Legchenko, Albouy, Bakalowicz, Baltassat, dan Al Fares, 2003. Localization of saturated karst aquifer with magnetic resonance sounding and resistivity imagery. *Groundwater* Vol.41 No.5, September-October 2003, p.578-586.
- Zektser I.S dan Everett, L.G., 2004. *Groundwater Resources Of The World and Their Use*. IHP -VI, Series On Groundwater NO. 6, ISBN 92-9220-007-0, UNESCO 2004.
- Zhu, J., Currens, J.C., Dinger, J.S., 2011. Challenges of using electrical resistivity method to locate karst conduits—A field case, in the Inner Bluegrass Region, Kentucky. *Journal of Applied Geophysics* 75 (2011) 523–530, Elsevier.