

**STUDI AGIHAN KUALITAS AIR TANAH BEBAS
BERDASARKAN TIPE PENGGUNAAN LAHAN PERSAWAHAN
DAN PERTAMBAKAN DI PULAU KARIMUNJAWA**
*(The Study of Unconfined Groundwater Quality
Distribution Based on the Types of Nonirrigated Rice Field and
Fish Pond Land Uses in Karimunjawa Island)*

Mario M. Cabral*, Sutikno, dan Soenarso Simoen****

* Universitas Diponegoro, Semarang

** Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Abstrak

Penelitian ini dilaksanakan karena adanya fakta bahwa konversi lahan pertanian menjadi tambak ikan tidak dikelola dengan baik dan diduga bahwa hal tersebut mempengaruhi pada proses penurunan kualitas air tanah. Variabel penelitian adalah kualitas "unconfined ground water" sebagai variabel independen dan penggunaan lahan sebagai variabel dependen. Metode proporsional "purposive sampling" dipilih dalam penelitian ini, dan data dianalisis dengan menggunakan "hydrochemical types classification".

Penelitian ini mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan "unconfined ground water", perubahan komposisi kimiawi air dan kualitas "unconfined ground water" dalam setiap penggunaan lahan sawah non irigasi dan tambak ikan. Perbedaan ini didasarkan pada dua tipe "hydrochemical" yaitu F2-(CaHCO₃)²(+) and MgCl₂(-) yang masing-masing ditemukan pada penggunaan lahan tersebut. Hal ini berarti bahwa kondisi tersebut dipengaruhi oleh adanya intrusi air laut ke dalam tambak ikan yang ditunjukkan oleh sifat air laut.

Kata kunci: sawah tanpa irigasi, tambak ikan, unconfined ground water

Abstract

The research is carried out due to the fact that the conversion of agricultural land into fish pond are not well managed, and it is supposed that it will influence the deterioration of groundwater quality. The research variables include unconfined ground water quality taken as an independent variable and land uses as dependent variables. Proportional purposive sampling method was chosen and the data were be analyzed using hydrochemical types classification.

This research indicates that there are the unconfined groundwater distinction, hydrochemical composition changing and unconfined groundwater quality on each nonirrigated rice field and fish pond land uses. These distinctions are based on two hydrochemical types of F2-(CaHCO₃)²(+) and MgCl₂(-) which are found respectively on nonirrigated rice field and fish pond land uses. It means that there are affected by sea water intrusion into fish pond showed by sea water properties.

Key words: non-irrigated rice field, fish pond, unconfined groundwater

PENGANTAR

Pulau Karimunjawa merupakan salah satu pulau terbesar di antara 26 pulau kecil di Kepulauan Karimunjawa (Pemda Jateng, 1988; Undip-DKP, 2001). Walaupun demikian masih tergolong pulau kecil, mengingat ukurannya yang hanya seluas 4,302,5 ha atau ± 43 km². Kriteria ukuran pulau ini didasarkan atas dimensi luas (Ongkosongo, 1989; Flakland, 1991). Gugusan Kepulauan Karimunjawa secara administrasi termasuk salah satu kecamatan dari Kabupaten Jepara Provinsi Jawa Tengah, berjarak sekitar 45 mil laut dengan arah barat laut Kabupaten Jepara. Kepulauan ini mulai terkenal sejak ditetapkan menjadi kawasan Taman Laut Nasional berdasarkan SK Menhut No. 161/Menhut-11/1988, tertanggal 29 Februari 1988 dengan luas kawasan 116.625 ha (Soenarto, 1998).

Perkembangan industri perikanan di P. Karimunjawa telah menimbulkan berbagai dampak kerusakan lingkungan. Salah satu diantaranya adalah akibat konversi lahan persawahan menjadi pertambakan. Mengingat setiap aktivitas yang berhubungan dengan pengelolaan tambak berteknologi maju sangat bergantung pada suplai air (Buwono, 1993). Oleh karena itu, diperlukan sistem irigasi untuk mengatur pergantian air supaya memenuhi syarat kebutuhan pokok kelangsungan hidup udang. Adanya saluran irigasi ini akan berpengaruh terhadap rembesan air asin ke dalam sumur-sumur penduduk. Padahal sumur-sumur yang berdekatan dengan lokasi tambak adalah jenis sumur dangkal, sehingga diduga akan terjadi perubahan kualitas air tanah.

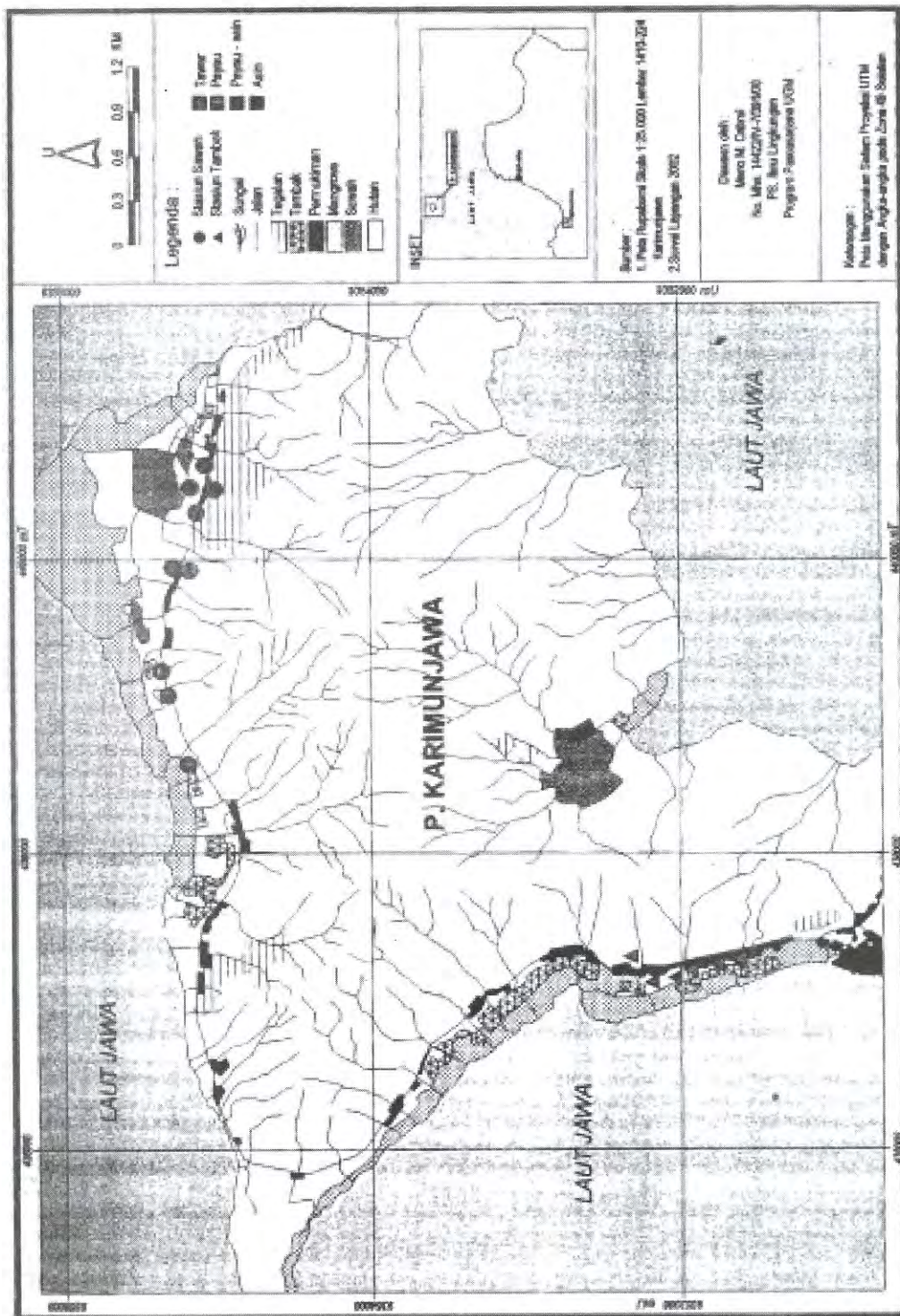
Perubahan kualitas air tanah merupakan indikator penurunan kualitas air. Hal ini akan dapat dengan mudah ditunjukkan oleh perubahan komposisi kimiawi airtanah bebas. Supriyono (2000) melaporkan hasil penelitiannya bahwa salah satu indikator penurunan kualitas airtanah di Pulau Karimunjawa adalah intrusi air laut ke dalam sumur-sumur penduduk. Penelitian tentang agihan kualitas airtanah bebas

berdasarkan tipe penggunaan lahan pertambakan dan nonpertambakan di Pulau Karimunjawa bermanfaat untuk mengkaji apakah terdapat zonasi kualitas airtanah yang signifikan pada masing-masing bentuk penggunaan lahan? Penurunan kualitas airtanah merupakan bukti adanya sifat resiliensi lingkungan dalam merespons besarnya tekanan yang diterimanya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan perbedaan kualitas airtanah bebas pada bentuk penggunaan lahan sawah dan tambak; mengkaji perubahan komposisi kimiawi airtanah bebas pada bentuk penggunaan lahan tambak; menentukan pola agihan kualitas airtanah bebas berdasarkan bentuk penggunaan lahan sawah dan tambak.

CARA PENELITIAN

Penelitian ini meliputi 2 tahap yaitu kajian pustaka, pengamatan dan pengukuran data lapangan. Kajian pustaka berlangsung pada bulan Februari sampai Juli 2002. Pengamatan dan pengukuran data lapangan dilakukan di P. Karimunjawa, khususnya di Dukuh Cikmas, Nyamplungan, Alang-alang dan Jatikerep pada bulan Agustus sampai Desember 2002 (Gambar 1).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peta topografi skala 1:25.000; peta global skala 1:100.000; peta pulau-pulau di Laut Jawa skala 1:100.000; peta penggunaan lahan skala 1:25.000 (peta turunan dari peta topografi). Penelitian ini dilaksanakan secara sistematis berdasarkan survei medan dengan variabel penelitian berupa kualitas airtanah bebas sebagai variabel pengaruh, sedangkan status penelitian yang mewakili bentuk penggunaan lahan sawah dan tambak sebagai variabel terpengaruh. Pengambilan sampel airtanah bebas pada sumur-sumur dangkal dilakukan berdasarkan kondisi fisiografis daerah penelitian yang dianggap sama; pola aliran alami airtanah di daerah pantai secara vertikal arah pantai; tipe penggunaan lahan pertambakan dan nonpertambakan.



Gambar 1. Peta Agihan Tipe Kimiawi Air Tanah Bebas di Pulau Karimunjawa

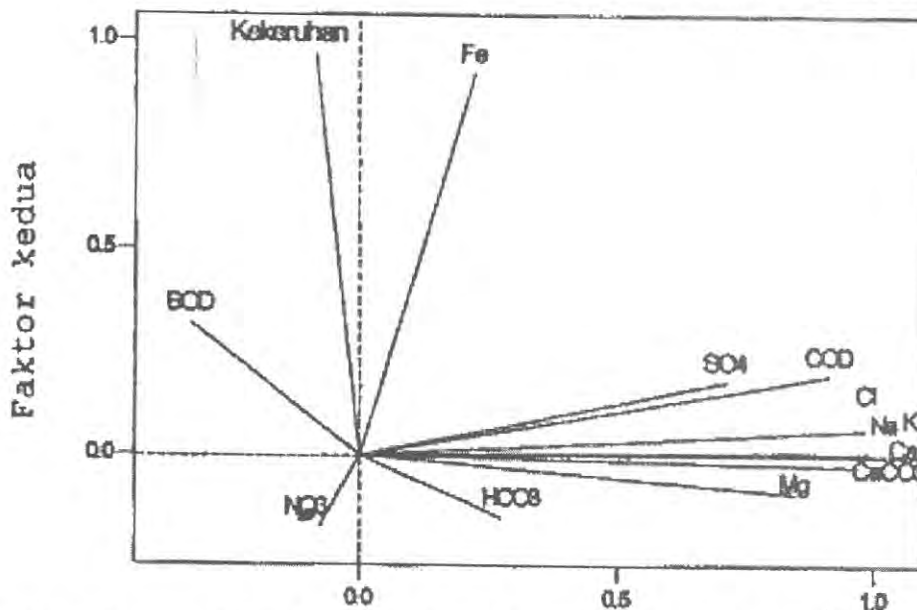
Teknik analisis dan pengujian hipotesis dalam penelitian ini menerapkan metode grafis berupa diagram vektor korelasi dan ordonansi serta klaisifikasi hidrokimiawi airtanah menurut Stuyfzand (1986). Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik tipe kimiawi airtanah bebas yang tersebar pada bentuk penggunaan lahan sawah dan tambak. Metode grafis (vektor korelasi dan dendrogram) bertujuan untuk mendeskripsikan hubungan korelasi antar variabel dan distribusinya berdasarkan stasiun penelitian. Metode klasifikasi tipe kimiawi airtanah bebas didasarkan atas 4 faktor yaitu jumlah kandungan ion Klorida (mg/l) sebagai tipe utama; nilai total kesadahan nonkarbonat (Raghunath, 1987) yang dinyatakan dalam $2,449 \text{ Ca}^{2+}$ dan $4,115 \text{ Mg}^{2+}$ (mmol/l) sebagai tipe; kombinasi jumlah kation-anion sebagai subtype; jumlah Na^+ , K^+ dan Mg^{2+} (Meq/l) untuk kontribusi air laut sebagai kelas (Lampiran 1,2,3 dan 4). Cara perolehan nilai untuk klasifikasi tipe kimiawi airtanah bebas adalah mengkonversi nilai hasil analisis laboratorium (Tabel 1 dan 2) yang dinyatakan dalam satuan mg/l menjadi meq/l.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

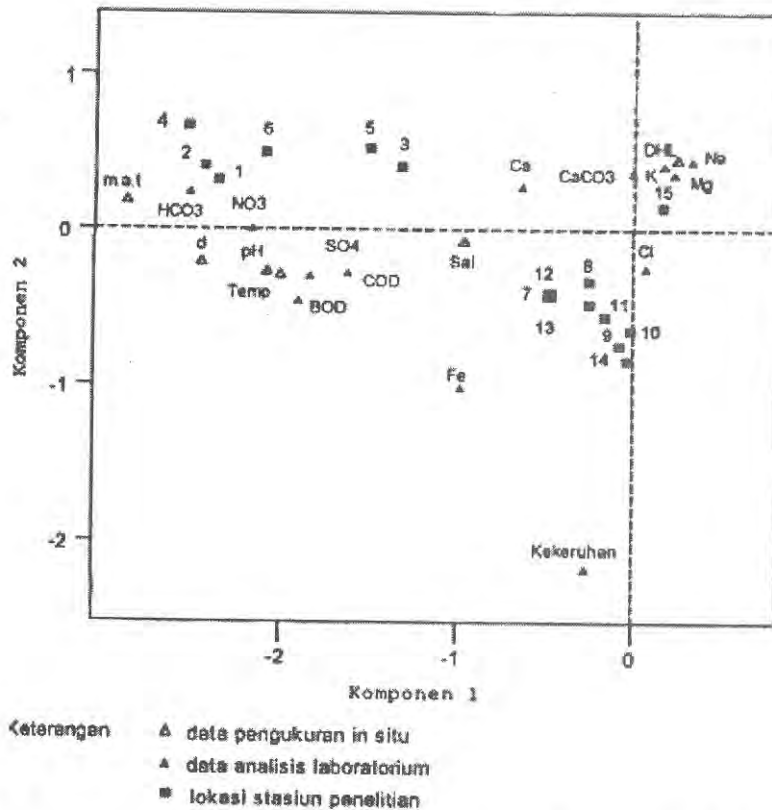
Hasil Penelitian

Ringkasan hasil analisis kualitas airtanah bebas pada bentuk penggunaan lahan sawah dan tambak dapat disimak pada Lampiran 1 dan 2. Dari kedua tabel tersebut terlihat bahwa rata-rata kisaran nilai parameter kimia airtanah bebas pada setiap stasiun tidak terdapat perbedaan yang mencolok, kecuali kekeruhan, Cl- dan Fe total yang cenderung meningkat ke arah bentuk penggunaan lahan tambak. Walaupun demikian, secara khusus terdapat peningkatan kadar unsur seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} dan HCO_3^- pada stasisun 15 yang mewakili bentuk penggunaan lahan tambak. Disamping itu, terdapat pula peningkatan kadar kualitas airtanah bebas dari unsur NO_3^- dan CaCO_3 pada bentuk penggunaan lahan sawah.

Interpretasi hasil diagram vektor korelasi (Gambar 2) menunjukkan bahwa vektor Ca^{2+} tepat bersinggungan dengan sumbu faktor pertama (sumbu x), kemudian disusul dengan CaCO_3 , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Cl-, COD dan SO_4^{2-} , sedangkan kekeruhan dan Fe total bersinggungan dekat dengan sumbu faktor sekunder (sumbu y).



Gambar 2. Diagram Vektor Korelasi Faktor Pertama dan Kedua Kualitas Airtanah Bebas.



Gambar 3. Diagram Ordonansi Agihan Komponen Utama dan Sekunder Kualitas Airtanah Bebas Berdasarkan Stasiun Penelitian.

Semakin dekat vektor variabel bersinggungan dengan sumbu faktor utama dan atau sumber faktor sekunder berarti terdapat hubungan korelasi yang signifikan, baik secara positif maupun negatif. Hal ini sesuai dengan tujuan analisis analisis faktor yaitu untuk mengelompokkan variabel yang berkorelasi kuat dengan tingkat signifikan $\alpha > 0,5\%$.

Variabel yang tergambar pada sumbu komponen utama positif adalah DHL, K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} dan $CaCO_3$, sedangkan NO_3^- , HCO_3^- dan muka airtanah berada pada sumbu komponen utama negatif. Selanjutnya, Cl, salinitas, kedalaman sumur, pH, temperatur, SO_4^{2-} , COD, BOD, Fe total dan kekeruhan tersebar pada sumbu komponen sekunder negatif. Jika sebaran data tersebut disimak secara mendetail maka terdapat kisaran nilai parameter yang ekstrem, seperti Na^+ , K^+ , Mg^{2+} dan Ca^{2+} .

PEMBAHASAN

Hasil analisis secara statistik, grafis dan deskriptif menunjukkan bahwa terdapat hubungan bentuk penggunaan lahan dengan perubahan komposisi kimiawi airtanah bebas sebagai akibat konversi lahan sawah menjadi tambak. Adanya perubahan komposisi tipe kimiawi airtanah bebas pada setiap bentuk penggunaan lahan dicirikan oleh beberapa hasil analisis data berupa tipe kesadahan dan kebasahan nonkarbonat; hubungan kadar NO_3^- , BOD dengan COD; hubungan kekeruhan, SO_4^{2-} , dengan Fe total; hubungan pH, HCO_3^- dengan Ca^{2+} . Penjelasan masing-masing hubungan ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

1. Perubahan komposisi tipe kesadahan nonkarbonat ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$ dan $CO_3^{2-} + HCO_3^-$) cenderung dominan pada stasiun-stasiun yang mewakili bentuk penggunaan

- lahan sawah, sedangkan tipe alkali tanah dominan terhadap alkali ($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$, dan $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) untuk bentuk penggunaan tambak;
2. Adanya hubungan antara NO_3^- , BOD dengan COD. Tingginya NO_3^- akan diikuti oleh BOD dan menurunnya COD;
 3. Adanya hubungan antara kekeruhan, Fe total dan SO_4^{2-} . Apabila kekeruhan meningkat maka akan terjadi kenaikan SO_4^{2-} dan penurunan Fe total;
 4. Adanya hubungan antara kadar pH, Ca^{2+} dan HCO_3^- . Apabila pH meningkat maka akan diikuti pula oleh HCO_3^- dan menurunnya Ca^{2+} .

Terlampauinya 4 parameter kualitas airtanah bebas di daerah penelitian yang tidak lagi memenuhi syarat kebutuhan air minum, seperti Cl^- , CaCO_3 , NO_3^- , dan Fe total meruakan salah satu indikator penurunan kualitas airtanah. Meningkatnya kadar Cl^- ke arah bentuk penggunaan lahan tambak, terutama dimulaid ari stasiun 7 sampai stasiun 14 yang berkisar antara 500-1500 mg/l kecuali air tambak 12.000 mg/l. Disamping itu, CaCO_3 untuk stasiun 4, 5, 8 dan 13 telah melebihi 100 mg/l. Meningkatnya kadar NO_3^- , sebesar 20 mg/l pada stasisun 5 dan 6, sedangkan untuk kadar Fe total hampir seluruh stasiun telah melebihi ambang batas persyaratan kualitas air minum karena di atas 0,3 mg/l. Apabila fenomena ini dikaji dari aspek kesehatan lingkungannya (Kep Men KLH NO. 2/1988) dan PP No. 82/2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, maka akumulasi kadar keempat parameter tersebut dinyatakan telah mengganggu kenyamanan masyarakat pengguna. Hasil penelitian Santjoko (1998) menunjukkan bahwa salah satu akibat penduduk menggunakan air payau untuk kebutuhan domestik pernah mengalami gangguan kesehatan pada kulit, pinggang, tenggorokan, nyeri lambung dan perut. Diduga penyebabnya adalah terlampauinya kadar Cl^- dan CaCO_3 . Secara khusus Cl^- menyebabkan kulit bersisik, iritasi

dan gatal-gatal, sedangkan akibat tingginya CaCO_3 mengakibatkan gangguan kesehatan tenggorokan, nyeri lambung dan pinggang.

Hasil analisis klasifikasi hidrokimiawi airtanah (Tabel 1) menunjukkan 6 sub tipe kimiawi airtanah bebas di daerah penelitian seperti : NaMix, CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, CaMix, MgCl_2 dan MgHCO_3 . Masing-masing urutan kejadian sub tipe tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut : $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2(4) : \text{MgCl}_2(4) > \text{CaCl}_2(3) > \text{CaMix}(2) > \text{NaMix}(1) : \text{MgHCO}_3(1)$. Artinya, masing-masing bentuk penggunaan lahan didominasi oleh tipe utama F (fresh), tipe 2 (hard), sub tipe $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan MgCl_2 , kelas (-) untuk kategori intrusi air laut. Hal menarik yang dapat dikaji disini yang berkaitan dengan bentuk penggunaan lahan adalah didominasinya senyawa klasium bikarbonat untuk sawah dan magensium klorida untuk tambak.

Secara umum klasifikasi tipe kimiawi airtanah bebas di daerah penelitian dinyatakan relatif tawar ditinjau dari kandungan ion Cl^- , sedangkan dari kesadahan totalnya termasuk tipe keras. Di samping itu, ditemukan juga indikasi kuat adanya intrusi air laut. Hal ini ditunjukkan oleh semakin meningkatnya kadar Cl^- ke arah bentuk penggunaan lahan tambak. Perubahan komposisi kimiawi airtanah bebas ditandai oleh perbedaan tipe F2- $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2(+)$ dan b2- $\text{MgCl}_2(-)$ untuk masing-masing bentuk penggunaan lahan sawah dan tambak. Artinya, sub tipe $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ airtanah bebas di stasiun-stasiun bentuk penggunaan lahan sawah masih bersifat tawar dan belum terjadi instrusi air laut, sedangkan sub tipe MgCl_2 airtanah bebas pada stasiun-stasiun yang mewakili bentuk penggunaan lahan tambak bersifat payau dan telah terjadi intrusi air laut. Oleh karena itu, diduga terdapat mineralisasi alkali tanah dan asam kuat (kesadahan nonkarbonat atau salinitas sekunder) di stasiun yang mewakili bentuk penggunaan lahan sawah, sedangkan untuk tambak diduga terdapat mineralisasi alkali tanah dominan terhadap alkali ($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ dan $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$).

Tabel 1. Tipe Kimiawi Airtanah Bebas yang Ditemukan di Daerah Penelitian.

Stasiun	Tipe utama	Tipe	Subtipe	Kelas	Klasifikasi Tipe kimiawi	Keterangan
1	F	0	CaMix	-	F0-CaMix-	tawar
2	F	0	CaMix	-	F0-CaMix-	tawar
3	F	1	Ca(HCO ₃) ₂	+	F1-Ca(HCO ₃) ₂ +	tawar
4	F	2	Ca(HCO ₃) ₂	-	F2-Ca(HCO ₃) ₂ -	tawar
5	F	2	Ca(HCO ₃) ₂	+	F2-Ca(HCO ₃) ₂ -	tawar
6	F	2	NaMix	+	F2-NaMix+	tawar
7	B	1	CaCl ₂	-	b1-CaCl ₂ -	payau
8	B	2	MgCl ₂	-	b2-MgCl ₂ -	payau
9	B	1	MgCl ₂	-	b1-MgCl ₂ -	payau
10	B	2	Ca(HCO ₃) ₂	+	B2- Ca(HCO ₃) ₂ -	payau-asin
11	B	1	MgCl ₂	-	b1-MgCl ₂ -	payau
12	B	2	CaCl ₂	-	b2-CaCl ₂ -	payau
13	B	2	CaCl ₂	-	B2-CaCl ₂ -	payau-asin
14	B	2	MgCl ₂	-	B2-MgCl ₂ -	payau-asin
15	S	8	Mg(HCO ₃) ₂	-	S8-Mg(CO ₃) ₂ -	asin

Hal ini menunjukkan bahwa bahwa kualitas airtanah bebas di daerah sawah didominasi oleh sifat-sifat larutan kimiawi yang berasal dari darat, sedangkan kualitas airtanah bebas di daerah tambak didominasi oleh sifat-sifat larutan kimiawi yang berasal dari laut.

Perluasan lahan pertambakan yang mencakup sebagian besar sisi lereng barat daya P. Karimunjawa telah mengakibatkan susutnya lahan-lahan pertanian. Akibatnya adalah terjadi perubahan kualitas airtanah bebas. Agihan kualitas airtanah bebas di daerah penelitian dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah intensitas penggunaan lahan, frekwensi pengambilan airtanah bebas, batas alami kedudukan air tawar dan air asin, bentuk lahan,

gradien hidraulik dan sistem aliran-aliran airtanah. Hal ini diduga ada kaitannya dengan proses pelarutan garam-garam dalam airtanah yang dibatasi oleh mobilitas elemen, temperatur, tekanan, waktu kontak, jumlah dan distribusi larutan serta lingkungan daerah pengendapan. Agihan perbedaan kualitas airtanah menunjukkan bahwa pola tertentu menunjukkan bahwa potensi airtanah bebas di daerah penelitian belum banyak dieksploitasi. Hal ini dapat dipahami bahwa untuk saat ini memang belum banyak masyarakat yang memanfaatkan airtanah, karena persediaan air permukaan dianggap masih dapat mencukupi kebutuhan domestik. Jadi, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa adanya pola agihan

kualitas airtanah bebas secara mengelompok disebabkan oleh intensitas penggunaan lahan yang berbeda.

Dengan demikian, dapat diasumsikan bahwa jika dalam kurun waktu tertentu terjadi ledakan pendudukan sehingga daya dukung lahan menurun, maka akan terjadi suatu pola agihan kualitas airtanah secara acak. Mengingat hampir seluruh aktivitas manusia membutuhkan air sebagai salah satu sumber kehidupan. Adanya pola agihan kualitas airtanah bebas menunjukkan penurunan kualitas lingkungan sehingga diperlukan upaya penataan fungsi ruang. Hal ini dianggap perlu karena satuan bentuk lahan aluvial pantai dan bekas rawa telah dieksploitasi untuk ekstensifikasi pertambakan.

KESIMPULAN

Analisis terhadap agihan kualitas airtanah bebas pada bentuk penggunaan lahan sawah dan tambak dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- (1) perbedaan kualitas airtanah bebas pada bentuk penggunaan lahan sawah dan tambak ditentukan oleh satuan bentuk lahan aluvial pantai dan bekas rawa. Perbedaan tersebut didasarkan atas ditemukannya tipe kimiawi airtanah F2- $(\text{CaHCO}_3)_2(+)$ pada bentuk penggunaan lahan sawah dan b2-MgCl₂(-) untuk bentuk penggunaan lahan tambak;
- (2) perubahan komposisi kimia airtanah pada bentuk penggunaan lahan tambak ditandai oleh tipe alkali tanah ($\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$) dan alkali ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$). Disamping itu, terdapat hubungan antara kekeruhan, Fe total dan SO_4^{2-} . Jika kekeruhan meningkat maka akan diikuti oleh kenaikan kadar SO_4^{2-} dan di lain pihak terjadi penurunan kadar Fe total ;
- (3) Adanya pola agihan kualitas airtanah bebas berdasarkan bentuk penggunaan lahan sawah dan tambak. Pola agihan kualitas airtanah di daerah penelitian

cenderung berpola mengelompok. Pernyataan ini didasarkan atas hasil analisis diagram ordonansi yang ditunjukkan oleh t-Hitung $0,366 < t\text{-Tabel } 199,24$ pada taraf signifikansi 5%. Indikasi pola agihan kualitas airtanah bebas berdasarkan klasifikasi hidrokimia airtanah pada bentuk penggunaan lahan sawah dinyatakan masih bersifat tawar dan belum terjadi intrusi air laut, sedangkan kualitas airtanah bebas pada bentuk penggunaan lahan tambak bersifat payau dan telah terjadi intrusi air laut;

SARAN

Saran yang dapat disampaikan berkenaan dengan beberapa hal pokok dari penelitian ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

- (1) Akibat konversi lahan sawah menjadi tambak di daerah penelitian telah berdampak pada perubahan komposisi kimiawi airtanah bebas. Hal ini ditandai oleh adanya tipe kimiawi airtanah berupa b2-MgCl₂(-) di sekitar stasiun tambak. Artinya, lokasi sumur yang berdekatan dengan bentuk penggunaan lahan tambak di dukuh Jatikerep telah terjadi intrusi air laut. Akan tetapi, di lain pihak untuk bentuk penggunaan lahan sawah tipe kimiawi airtanahnya masih bersifat Fe- $(\text{CaHCO}_3)_2(+)$. Artinya, kualitas airtanahnya masih bersifat tawar sehingga penduduk di sekitar stasiun sawah dapat memanfaatkan airtanah bebas untuk kebutuhan domestik. Oleh karena itu, penduduk di sekitar Dukuh Cikmas perlu tetap mempertahankan lahan persawahan dan tegalan. Mengingat ada kecenderungan konversi lahan nonpertambakan menjadi pertambakan di P. Karimunjawa.
- (2) Beberapa parameter lingkungan seperti Cl^- , CaCO_3 , NO_3^- dan Fe total di daerah penelitian telah dinyatakan melebihi ambang batas baku mutu air minum. Salah satu faktor penyebab tingginya CaCO_3 dan

NO₃⁻ pada bentuk penggunaan lahan sawah adalah kepadatan permukiman, akan tetapi tidak ada sistem drainase air yang baik sehingga airtanah bebas menjadi mudah terkontaminasi. Oleh karena itu, perlu segera ada upaya konservasi lahan-lahan yang termarginalkan dan pembuatan saluran drainase. Selanjutnya pada bentuk penggunaan lahan tambak terjadi peningkatan Cl⁻ dan Fe total, sehingga perlu konservasi lahan tambak yang tidak beroperasi lagi dengan cara reboisasi tumbuhan rawa payau (mangrove). Dengan demikian, untuk mengantisipasi penurunan kualitas airtanah terutama muka airtanah karena dapat berakibat pada tingginya kadar klorida dalam air, maka perlu dibuat sumur pantau yang secara periodik dilakukan analisis kualitas airtanahnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Buwono, I. 1993. *Tambak Udang Windu: Sistem Pengelolaan Berpola Intensi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Falkland, A. (ed.). 1991. *Hydrology and Water Resources of Small Islands : A Practical Guide*. France : UNESCO.
- Ongkosongo, O.S.R. 1998. *Permasalahan dan Pengelolaan Pulau-pulau Kecil dalam Prosiding Seminar dan Lokakarya Pengelolaan Pulau-Pulau Kecil di Indonesia*. Jakarta 7-10 Desember.
- Pemda Jateng. 1988. "Rencana Induk Taman Nasional Laut Karimunjawa".
- Raghunath, H.M. 1987. *Ground Water*. 2nd ed. New Delhi, India: Wiley Eastern Ltd.
- Santjoko, H. 1989. "Hubungan Kualitas Airtanah Payau dengan gangguan Kesehatan pada Penduduk di Daerah Dataran Aluvial Pantai (Studi Kasus di Desa Kanoman, Kec. Panjatan, Kab. Kulonprogo)". "Tesis PS Ilmu Lingkungan UGM".
- Soenarto. 1998. Kebijakan Daerah dalam Pengembangan Kepulauan Karimunjawa dalam Psiding Seminar dan lokakarya pengelolaan Pulau-Pulau Kecil di Indonesia, Jakarta 7-10 Desember.
- Stuyfzand, P.J. 1986. "A New Hydrochemical Classification of Water Types: Principles and Application to The Coastal Dunes Aquifer System of the Netherlands". Salt Water Intrusion Meeting 9, Delft May 12-16.
- Supriharyono, B. 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumberdaya alam di Wilayah Pesisir Tropis*. Jakarta : PT. Gramedia.
- Undip-DKP. 2001. "Penyusunan Rencana Induk dan Rencana Pengelolaan Pulau-pulau Kecil di Kepulauan Karimunjawa".

Lampiran

Tabel 1. Hasil Analisis Parameter Fisika-Kimia Airtanah Bebas Berdasarkan Stasiun Sawah (Lab. Hidrologi Fak. Geografi UGM, 2003)

No.	Parameter	Stasiun	Stasiun Penelitian (Sawah)									BML
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1.	Kekeruhan	FTU	0,58	0,52	0,50	0,50	0,44	0,36	0,44	0,43	11	25
2.	CaCO ₃	mg/l	27,4	27,4	43,8	109	104	65,7	60,3	104	38,3	100
3.	Ca ²⁺	mg/l	8,8	10,9	4,4	41,6	24,1	13,2	17,5	10,9	4,4	
4.	Mg ²⁺	mg/l	1,3	0,1	7,9	12	10,6	7,9	4,0	18,7	6,6	
5.	Na ⁺	mg/l	6,4	5,2	4,1	4,4	15	12,3	5,6	6,4	4,4	
6.	K ⁺	mg/l	1,6	0,7	0,8	1,3	2,4	0,8	0,8	0,9	0,8	
7.	Fe total	mg/l	0,36	0,02	0,64	0,28	0,12	0,04	0,96	0,40	0,20	0,3
8.	NO ₃ ⁻	mg/l	0,0	2	0,0	2	20	14	4	10	2	10
9.	Cl ⁻	mg/l	19,8	13,8	17,8	17,8	39,6	31,6	500	500	500	600
10.	SO ₄ ⁻	mg/l	11	11	10,7	17	18,7	14,0	16,8	12,7	11,5	
11.	HCO ₃ ⁻	mg/l	38,1	30,5	15,2	114	38,1	57,1	45,7	22,8	22,8	
12.	CO ₃ ²⁻	mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
13.	BOD	mg/l	0,43	0,66	0,80	0,14	1,70	1,13	0,99	0,86	0,42	
14.	COD	mg/l	6,3	4,7	4,9	6,6	3,2	2,8	5,0	5,0	6,6	

Keterangan: * : Lokasi stasiun lihat Gambar 1

BML : Baku Mutu Lingkungan (Batas maksimum yang diperbolehkan)

Tabel 2. Analisis Parameter Fisika-Kimia Airtanah Bebas berdasarkan Stasiun Tambak (Lab. Hidrologi Fak. Geografi UGM, 2003)

No.	Parameter	Stasiun	Stasiun Penelitian (Tambak)*						BML
			10	11	12	13	14	15	
1.	Kekeruhan	FTU	8	0,84	0,94	9,2	47	0,80	25
2.	CaCO ₃	mg/l	60,3	38,3	49,3	104	54,7	5200	100
3.	Ca ²⁺	mg/l	8,8	4,4	41,6	39,5	4,4	437	
4.	Mg ²⁺	mg/l	9,3	6,5	0,0	1,3	10,6	996	
5.	Na ⁺	mg/l	12,6	7,4	3,5	18,7	11,8	3680	
6.	K ⁺	mg/l	1,5	0,6	0,00	0,1	3,0	230	
7.	Fe total	mg/l	0,08	0,02	0,10	0,40	2,8	1,08	0,3
8.	NO ₃ ⁻	mg/l	12	4	2	2	2	2	10
9.	Cl ⁻	mg/l	1000	500	500	1500	1000	12000	600
10.	SO ₄ ⁻	mg/l	16,1	16,1	16,1	16,1	17	25,5	
11.	HCO ₃ ⁻	mg/l	11,4	15,2	45,7	91,4	11,4	87,6	
12.	CO ₃ ²⁻	mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
13.	BOD	mg/l	0,71	0,85	0,71	1,13	1,41	0,14	
14.	COD	mg/l	5,6	4,1	4,1	5,9	7,3	19	

Keterangan: * : Lokasi stasiun lihat Gambar 1

BML : Baku Mutu Lingkungan (Batas maksimum yang diperbolehkan)

Tabel 3. Tipe Utama Pembagian Kualitas Airtanah^{*)}

No.	Tipe Utama	Kode	Kandungan Cl (Mg/l)
1.	Air tawar (fresh)	F	<150
2.	Air tawar-payau (fresh-brackish)	f	150-300
3.	Air payau (brackish)	b	300-10 ³
4.	Air payau-asin (brackish-salt)	B	10 ³ -10 ⁴
5.	Air asin (salt)	S	10 ⁴ -2.10 ⁴
6.	Air laut (Hipersaline)	H	> 2.10 ⁴

Tabel 4. Tipe Pembagian Kualitas Airtanah^{*)}

No.	Tipe	Kode	Keadahan Total (mmal/l)
1.	Sangat lunak	*	0 - 0,5
2.	Lunak	0	0, 5-1
3.	Agak lunak	1	1 - 2
4.	Keras	2	2 - 4
5.	Sangat keras	3	4 - 8
6.	Luar biasa keras	4	8 - 16
7.	Luar biasa keras	5	16 - 32
8.	Luar biasa keras	6	32 - 64
9.	Luar biasa keras	7	64 - 128
10.	Luar biasa keras	8	128 - 256
11.	Luar biasa keras	9	>256

Tabel 5. Subtipe Pembagian Kualitas Airtanah

No.	Tipe	Urutan Kondisi (meg/l)
1.	NaCl	(Na+K+NH ₃) > ½ ΣK; (Na+K) > NH ₃ ; Na > K; Cl > Σa
2.	NaSO ₃	Seperti NaCl, jika (SO ₃ +NO ₃ +NO ₂) > ½ Σa; SO ₃ > (NO ₃ +NO ₂)
3.	NaHCO ₃	Seperti NaCl, jika (HCO ₃ +CO ₃) > ½ Σa; HCO ₃ > CO ₃
4.	NaMix	Seperti NaCl, jika Cl dan (SO ₃ +NO ₃ +NO ₂) dan (HCO ₃ +CO ₃) < ½ Σa
5.	KNO ₃	Seperti NaCl, jika K ≥ Na; (SO ₃ +NO ₃ +NO) > ½ Σa; (NO ₃ +NO ₂) ≥ SO ₃
6.	NH ₃ SO ₃	Seperti NaSO ₃ , jika NH ₃ ≥ Na + K
7.	CaCl	(Na+K+NH ₃) ≤ ½ ΣK; (Ca+Mg) > (Al+H+Fe+Mn); Ca > Mg; Cl > ½ Σa
8.	CaSO ₃	Seperti CaCl, jika (SO ₃ +NO ₃ +NO ₂) > ½ Σa; SO ₃ > (NO ₃ +NO ₂)
9.	CaNO ₃	Seperti CaSO ₃ , jika (NO ₃ +NO ₂) ≥ SO ₃
10.	CaHCO ₃	Seperti CaCl, jika (HCO ₃ +CO ₃) > ½ Σa; HCO ₃ > CO ₃
11.	CaMix	Seperti CaCl, jika Cl dan (SO ₃ +NO ₃ +NO ₂) dan (HCO ₃ +CO ₃) < ½ Σa
12.	MgCl	Seperti CaCl, jika Mg ≥ Ca
13.	MgHCO ₃	Seperti CaHCO ₃ , jika Mg ≥ Ca
14.	MgMix	Seperti CaMix, jika ≥ Ca
15.	AlSO ₃	(Na+K+NH ₃) ≤ ½ Σa; SO ₃ > (Ca+Mg); (Al+H) ≥ (Fe+Mn); Al > H; (SO ₃ +NO ₃ +NO ₂) > ½ Σa; SO ₃ > (NO ₃ +NO ₂)
16.	FeSO ₃	Seperti AlSO ₃ , jika (Fe+Mn) > (Al+H) dan Fe > Mn

Keterangan: Σk = jumlah kation dan Σa = jumlah anion

Tabel 6. Kelas Pembagian Kualitas Airtanah^{*)}

No.	Kelas	Kode	Kondisi (meg/l)
	Kekurangan ¹ (Na+K+Mg)	-	(Na+K+Mg) koreksi < √ ½ Cl
	(Na+K+Mg) ² seimbang	0	-√ ½ Cl ≤ (Na+K+Mg) koreksi ≤ + √ ½ Cl
	Kelebihan ³ (Na+K+Mg)	+	(Na+K+Mg) koreksi > √ ½ Cl

Keterangan: ¹ instruksi air laut; ² kondisi air tawar-asin seimbang; ³ air masih tawar