

KUALITAS AIR TANAH BEBAS KOTA KARIMUNJAWA, PULAU KARIMUNJAWA

I. Hadi S.*, Edi M. Arsadi*, Priyo Hartanto*, dan Dyah Marganingrum*

I. Hadi S., Edi M. Arsadi, Priyo Hartanto, dan Dyah Marganingrum, Kualitas air tanah bebas Kota Karimunjawa, Pulau Karimunjawa, *RISSET – Geologi dan Pertambangan Jilid 16 No.2 Tahun 2006* hal. 13-34 gambar 9, tabel 1.

Sari: Studi pendahuluan mengenai sifat kerentanan sumberdaya air pada pulau kecil, telah dilakukan dengan mengambil contoh kasus Kota Kecamatan Karimunjawa yang terletak di Pulau Karimunjawa-Kemujan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah.

Hasil pemetaan detail menunjukkan bahwa litologi daerah ini terdiri dari sedimen pasir lepas, endapan rawa dan Formasi Karimunjawa yang didominasi oleh batupasir masif dan keras serta pelapukannya.

Berdasarkan nilai tahanan jenis hasil geolistrik, dengan mengaitkan kondisi geologi permukaan, dapat dilakukan pengelompokan lapisan batuan yang terletak di bawah permukaan dapat dikelompokkan menjadi satuan endapan kuarter yang diwakili oleh nilai 0,8 – 27,3 Ohm-m dan Satuan batuan Pra-Tersier yang dinyatakan oleh nilai 44 – 1997,5 Ohm-m.

Informasi hidrokimia menunjukkan adanya kelompok airtanah yang berbeda berdasarkan besaran pH dan DHL. Kelompok dengan pH bersifat asam (4,5 – 5,5) umumnya memiliki nilai DHL yang rendah (53,8 μ S/cm – 509 μ S/cm), sedang kelompok airtanah dengan pH netral-cenderung basa (7,0 – 8,0) umumnya memiliki nilai DHL : 606 μ S/cm – 21300 μ S/cm. Selain itu hasil analisa kimia air menunjukkan bahwa terdapat besaran amonium yang melebihi batas ambang yang diijinkan

Pola penyebaran DHL dan hasil penafsiran geolistrik dapat diperkirakan bahwa proses penyusupan air laut, selain terjadi arah tegak lurus pantai, juga terjadi pada arah barat daya. Hal ini diperkuat oleh data hidrokimia yang menunjukkan bahwa air tanah bebas di daerah kota sudah terpengaruh oleh air laut yang mempunyai nilai DHL dan pH yang tinggi. Proses penyusupan air laut dalam hal ini ini tampaknya lebih banyak dipengaruhi oleh kondisi genesa dari endapan pantai daerah studi.

Hasil studi sementara menunjukkan bahwa telah terjadi proses degradasi kualitas air tanah di daerah studi. Walaupun terjadi peristiwa penyusupan air laut, proses degradasi tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh limbah domestik.

PENDAHULUAN

Sejak pertengahan tahun 1960 an, dunia mulai memberikan perhatian pada kondisi pulau kecil dari berbagai aspek, mulai dari sumber daya alam, ekosistem biota yang ada, kaitan jumlah penduduk dan luas wilayah, permasalahan budaya, hingga sosio-ekonomi, yang akhirnya bermuara pada pemahaman mengenai pulau kecil itu sendiri. Dalam

perkembangannya, berkaitan dengan pengelolaan pulau kecil, secara internasional telah disepakati bahwa keberadaan sumber daya air pada wilayah ini telah menjadi aspek penting baik bagi usaha pengembangan dan pengelolaannya (UNESCO, 1991), serta memerlukan sejumlah perhatian khusus seperti yang telah diungkapkan pada *Deklarasi Kobe-Awaji* (Anonym, 2001) maupun yang telah dilansir oleh UNESCO pada tanggal

*Pusat Penelitian Geoteknologi - LIPI

Kata kunci: sumberdaya air pulau kecil, sistem aliran airtanah, penyusupan air laut, pencemaran limbah.

25 Maret 2002 di New York (UNESCO, 2002), yang dipersiapkan dalam rangka *World Summit on Sustainable Development* (WSSD) yang berlangsung di Johannesburg, Afrika Selatan pada waktu itu.

Berkaitan dengan sumberdaya air, tulisan berikut mengacu pada hasil studi UNESCO yang menyatakan batasan pulau kecil adalah pulau dengan luas daratan lebih kecil dari 2000 km² (UNESCO, 1991, Falkland A.T., 1992, Falkland T., 1995), sedang untuk pulau dengan luas lebih kecil dari 100 km² dinyatakan sebagai pulau sangat kecil (Dijon, 1984).

Sejauh ini telah diyakini bahwa pulau kecil sebagai suatu bagian kawasan kepulauan memiliki sejumlah keunggulan komperatif berupa sumberdaya hayati dan non-hayati seperti antara lain ikan, bakau, terumbu karang, padang lamun dan biota laut lain beserta ekosistemnya. Keunggulan tersebut telah dijadikan dasar bagi pengembangan wilayah itu sendiri. Namun dibalik sejumlah keunggulan tersebut, kawasan geografis ini ternyata menyimpan sejumlah keterbatasan, salah satunya adalah sumberdaya air. Untuk kawasan pulau kecil terutama pada daerah tropis, beberapa pembatas yang berpengaruh pada sumberdaya air yang ada di antaranya adalah gejala penyusupan airlaut, dan sempitnya luas daratan terutama yang dapat berfungsi sebagai daerah tangkapan hujan dsb.

Sistem pengelolaan sumberdaya air dengan mengabaikan kehadiran keterbatasan tersebut di atas dapat menyebabkan sejumlah kerusakan pada sistem tata air dan berakibat pada penurunan kualitas maupun kuantitas air yang ada. Di sisi lain, sistem tata air kawasan pulau kecil ini juga sensitif terhadap gejala perubahan

alam seperti pemanasan global, pasang surut dan gelombang airlaut, perubahan daerah imbuhan dan transisi periodik akibat perubahan musim.

Pada kawasan pulau dimana sistem aliran permukaan hanya memiliki waktu tempuh pendek, hal ini mengakibatkan pemanfaatan sumberdaya air untuk wilayah semacam itu lebih mengandalkan pada airtanah, keberadaan airtanah ini sangat tergantung salah satunya dengan kondisi geologi setempat. Berdasarkan pemahaman ini Hehanussa P. E. (1993) telah membuat klasifikasi pulau kecil khususnya di Indonesia seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

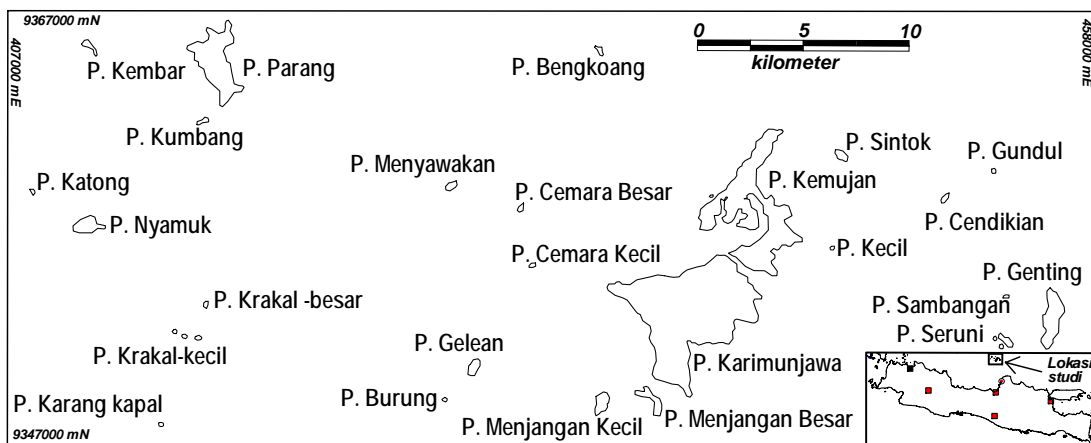
Tulisan berikut bermaksud menyajikan hasil studi lanjutan mengenai kondisi sumber daya air pulau kecil di Pulau Karimunjawa yang terletak pada Kepulauan Karimunjawa, Jawa Tengah. Menurut Hehanussa P. E. (1993), pulau ini termasuk jenis pulau petabah.

Studi dilakukan dengan pendekatan metodologi meliputi studi pustaka, kegiatan lapangan, kegiatan laboratorium dan studio. Kegiatan lapangan yang dilakukan mencakup pengumpulan dan pembaruan sejumlah informasi geologi, keairan dan iklim, kondisi sosek setempat dan pengukuran geolistrik dengan menggunakan metoda Schumberger. Analisa laboratorium meliputi analisa contoh air yang diambil dari lapangan dengan penekanan pada unsur-unsur utama seperti Ca, Na, K, bikarbonat dsb. Sedangkan kegiatan studio meliputi analisa peta topografi dengan menggunakan TIN (*Trianguled Irregular Network*), analisa data geolistrik serta kompilasi seluruh data yang diperoleh.

Tabel 1. Klasifikasi pulau kecil berdasarkan morfologi dan genesa pulau .

Jenis	Deskripsi	Contoh
Pulau berbukit	<i>PULAU VOLKANIK</i> Terbentuk oleh bahan piroklastik, lava maupun ignimbrit hasil kegiatan gunung api	P. Karakatau, P. Banda, P. Gunung Api, dan Adonara.
	<i>Pulau Tektonik</i> Pembentukannya berkaitan dengan proses tektonik, terutama pada zona tumbukan antar lempeng	P. Nias, Siberut dan Enggano.
	<i>Pulau Teras Terangkat</i> Pembentukannya sama dengan pulau tektonik, namun pada saat pengangkatan disertai dengan pembentukan teras (koral), maka dihasilkan pulau yang terdiri atas undakan atau teras.	P. Ambon
	<i>Pulau Petabah (monadnock)</i> Pulau ini terbentuk di daerah yang stabil secara tektonik, antara lain dijumpai di paparan Sunda. Litologi pembentukan pulau ini sering terdiri atas batuan ubahan (metamorf), intrusi dan sedimen yang terlipat dan berumur tua,	P. Batam, Bangka dan Belitung
	<i>Pulau Gabungan</i> Pulau yang terbentuk dari gabungan dua atau lebih jenis pulau diatas	P. Haruku, Nusa Laut, Kisar dan Rote
Pulau datar	<i>Pulau Aluvium</i> Pulau ini biasanya terbentuk di depan muara-muara sungai besar, dimana laju pengendapan lebih tinggi dibandingkan intensitas erosi oleh arus dan gelombang laut,	pulau-pulau di pantai timur Sumatra dan delta Mahakam di Kalimantan.
	<i>Pulau Korall</i> Pulau yang terbentuk oleh sedimen klastik berumur kuartar. Di Indonesia banyak pulau-pulau yang memiliki ekosistem terumbu karang	pulau-pulau di kepulauan Seribu
	<i>Pulau AtoI</i> Pulau ini memiliki luas daratan lebih kecil dari pada 50 km ² , misalnya pulau-pulau di Kepulauan Takabonerate. Banyak yang lebarnya kurang dari 150 m dengan panjang antara 1000 hingga 2000 m.	Pulau-pulau di Kepulauan Takabonerate

Sumber : (Hehanussa,1993)



Gambar 1. Peta Kepulauan Karimunjawa

GAMBARAN UMUM

Pulau Karimunjawa, dengan luas 20.8 km², adalah merupakan salah satu pulau terbesar pada Kepulauan Karimunjawa. (Gambar 1). Kepulauan ini sendiri terletak di sebelah utara pantai Jawa Tengah dengan jarak 65 mil. Secara administrasi kepulauan ini merupakan satu kecamatan yang menjadi bagian dari Kabupaten Jepara, Propinsi Jawa Tengah dengan ibukota kecamatan adalah kota Karimunjawa yang terletak di bagian selatan P. Karimunjawa. Kecamatan ini merupakan kumpulan 27 pulau-pulau kecil dengan total luas daratan 7120 ha. Dari sejumlah pulau tersebut, hanya P. Genting, P. Parang, P. Nyamuk, P. Karimunjawa dan P. Kemujan yang berpenduduk.

Penduduk pada kecamatan ini berjumlah ± 7700 orang (2001), penduduk pada Pulau Karimunjawa sendiri berjumlah 4252 jiwa (2004), sedang yang menetap di Kota Karimunjawa mencapai 2660 jiwa. Khusus di Pulau Karimunjawa mata pencaharian mayoritas penduduk adalah dalam bidang perikanan tradisional (1361 jiwa) dan perkebunan (615 jiwa).

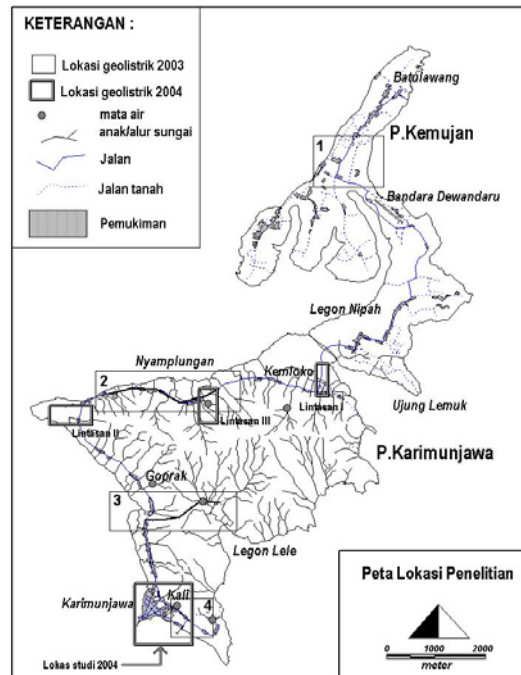
Berdasarkan informasi yang diperoleh dari pihak Kecamatan setempat diperoleh data curah hujan bulanan rata-rata 5 tahun terakhir seperti yang di tunjukkan oleh tabel 2 dengan jumlah curah hujan rata-rata : 3120 mm, jumlah hari hujan rata-rata : 114 hari. Bulan basah adalah Desember, Januari, Februari, Maret, bulan lembab adalah Nopember dan April, sedang bulan kering adalah Mei, Juni, Juli, Agustus, September, Oktober.

Dalam usaha memenuhi kebutuhan air bersih, pada awalnya penduduk Pulau Karimunjawa umumnya selain menggunakan sumur gali ataupun mata air yang dikelola secara mandiri. Khusus untuk Kota Kecamatan Karimunjawa, mata air yang digunakan adalah berasal dari mata air Goprak dan Kali (Gambar 2). Sejak tahun 2001 di kota ini pemerintah setempat telah membangun instalasi air bersih dengan memanfaatkan sumber air yang sama.

Tabel 2. Data curah hujan rata-rata di daerah penelitian pada kurun 5 tahun terakhir.

Bulan	Curah hujan bulanan (mm)
Januari	749
Februari	660
Maret	432
April	140
Mei	67
Juni	93
Juli	56
Agustus	59
September	23
Oktober	59
Nopember	135
Desember	647
Jumlah curah	3120

Sumber : Kecamatan Karimunjawa, 2002.



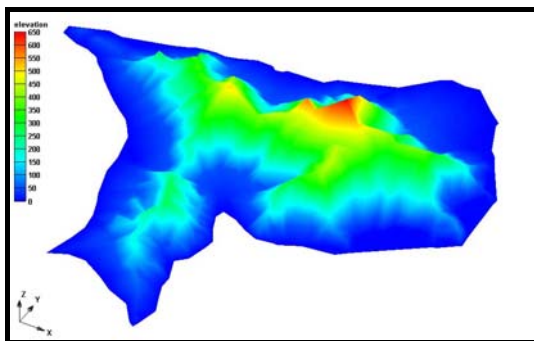
Gambar 2. Peta petunjuk lokasi penelitian tahun 2004

Selain itu dalam rangka meningkatkan perekonomian daerah di wilayah ini, pemerintah daerah dalam hal ini telah mengembangkan kegiatan pariwisata dengan membangun sejumlah infrastruktur lainnya seperti jalan raya, pelabuhan udara, perhubungan laut, dan fasilitas listrik.

Selain itu juga telah dibangun sejumlah hotel maupun penginapan sejenis bagi melayani wisatawan lokal maupun asing. Pada tahun 2004, kegiatan lapangan lebih dipusatkan pada daerah ini, walaupun masih terdapat beberapa kegiatan yang dilakukan di beberapa tempat lain yang masih merupakan bagian pulau ini (Gambar 2)

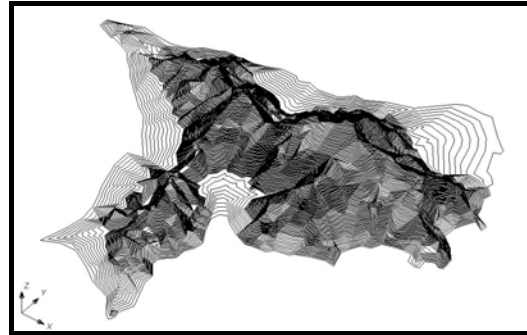
GEOLOGI, GEOMORFOLOGI, GEOHIDROLOGI, DAN TUTUPAN LAHAN

Pulau Karimunjawa adalah merupakan pulau berbukit dengan sejumlah puncak-puncak bukit kecil yang memiliki kelerengan yang relatif terjal. (Gambar 4).



Gambar 3. Gambaran 3D model permukaan padat dari Pulau Karimunjawa

Dari sejumlah catatan literatur (van Benmellen, 1949, Nayoan 1975, Hamilton, 1979, D. Herman, Sidi F.H., 2000) dan hasil pemetaan regional tinjau yang dilaksanakan pada tahun 2003, geologi Pulau Karimunjawa ditunjukkan seperti pada Gambar 5. Litologi yang mendominasi pulau ini adalah berasal dari Formasi Karimunjawa yang terdiri batuan serpih filitik (van Bemmelen, 1949 : *phyllitic shale*), batuan granitik, perselingan batupasir-lempung,



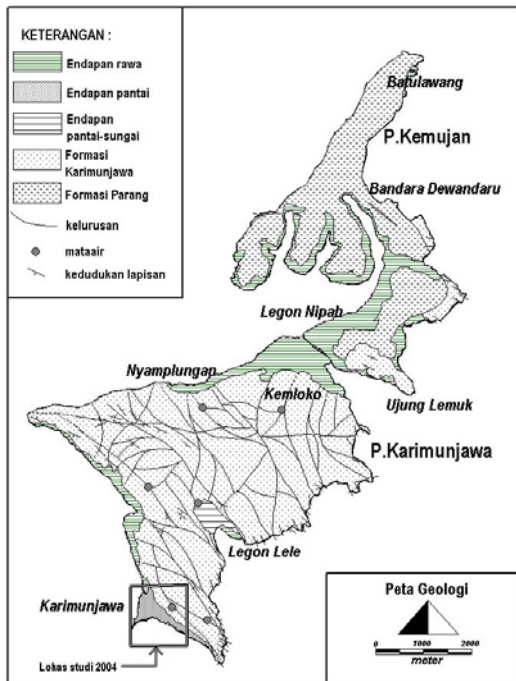
Gambar 4. Gambaran 3D model permukaan dengan selang kontur 5 m dari Pulau Karimunjawa

batupasir kasar dan konglomerat. Umumnya kelompok batuan ini di lapangan menunjukkan gejala terkekarkan secara intensif. Batupasir masif dan serpih filitik cenderung lebih mudah dijumpai pada sisi tengah hingga ke arah bara pulau, sedang perselingan batupasir-lempung lebih banyak dijumpai pada bagian timur dan tenggara pulau. hingga secara keseluruhan kelompok batuan ini dikategorikan sebagai batuan dasar (*basement rock*) yang berumur Pra-Tersier, dan tersesarkan secara intensif. Kelompok batuan ini umumnya menempati bentang alam *Satuan geomorfologi perbukitan struktural*, *Satuan geomorfologi lereng landai perbukitan* dan *Satuan geomorfologi bukit terisolasi* (Gambar 5).

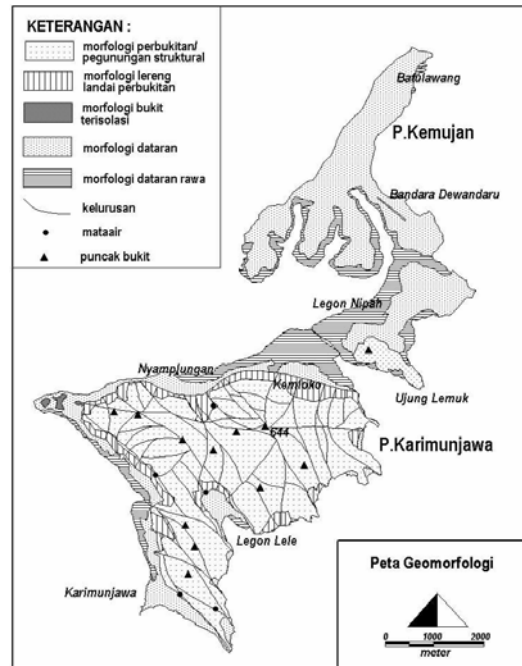
Tutupan lahan pada formasi ini umumnya terdiri dari *hutan sekunder* (dominan), sebagian kecil *semak belukar* dan *kebun, tegalan, rumput, ilalang* (Gambar 6). Tanah penutup dari formasi ini umumnya bersifat pasiran yang berukuran kasar, dengan ketebalan 10 – 30 cm. Alur sungai yang terdapat pada formasi ini umumnya hanya berair ketika terjadi peristiwa hujan. Aliran sepanjang tahun hanya dijumpai pada daerah mata air.

Mata air umumnya menempati bagian hulu *Satuan geomorfologi lereng landai perbukitan* dengan debit bervariasi dari 0.6 l/det (Kali), ± 1 l/det (Kapuran, dan Nyamplungan). 1,3 l/det (Goprak).

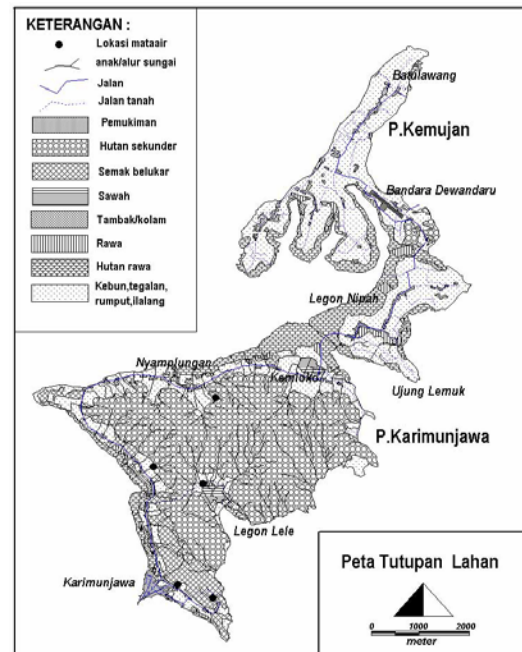
Menurut Supriharyono, (2002) data pengukuran pada bulan Oktober tahun 1999 debit mata air Goprak adalah 0,31 l/det, mata air Kali adalah 0,16 l/det, sedang Kanwil Dep.PU,1997 (Supriharyono, 2002)) menyatakan bahwa pada musim hujan debit mata air Goprak dan Kali masing-masing adalah 1,5 l/det dan 0.75 l/det. Adapun perbandingan debit masing-masing debit mata air yang diukur ditunjukkan oleh tabel 3. Kajian lebih detail mengenai masing masing komponen geologi, geomorfologi, geohidrologi dan tutupan lahan dari pulau ini dapat disimak kembali pada laporan (Hadi, S. I., dkk 2003) dan (Hadi, S. I., dkk, 2004).



Gambar 5. Peta Geologi Pulau Karimunjawa-Kemujan



Gambar 6. Peta Geomorfologi Pulau Karimunjawa-Kemujan



Gambar 7. Peta Tutupan Lahan Pulau Kari – munjawa-Kemujan

Tabel 3. Perbandingan debit mata air Gobrak dan Kali

Mata air	Juni, 2003 (Hadi, S. I., dkk, 2003).	Oktober, 1999 Supriharyono, (2002)	Musim hujan Kanwil Dep.PU (1997)
Goprak	1,3 l/det	0,31 l/det	1,5 l/det
Kali	0.6 l/det	0,16 l/det	0.75 l/det.

HASIL STUDI TERDAHULU

Hasil studi yang telah dilakukan mengenai sumber daya air Pulau Karimunjawa dari kegiatan tahun sebelumnya ((Hadi, S. I., dkk 2003, Hadi, S. I., dkk, 2004) telah memberikan informasi sebagai berikut :

❖ Informasi potensi imbuhan.

Dengan menggunakan rumus empiris :

$$R = \alpha (P - P_o)^\beta \text{ untuk } P \geq P_o$$

$$R = 0 \text{ untuk } P \leq P_o$$

dimana :

P_o : batas ambang curah hujan

α : koefisien

β : nilai =1 atau mendekati 1.

gan mengambil nilai P_o masing-masing berturut-turut 93 mm, 140 mm, 432 mm, dan 647 mm, (dari tabel 2), maka diperoleh berturut-turut nilai R : 67 %, 53 %, 26 %, dan 5,8 %, dari total curah hujan tahunan. Detail perhitungan dapat dilihat kembali pada laporan terdahulu (Hadi, S. I., dkk 2003). Gambar 8 dan 9 menunjukkan hasil contoh perhitungan untuk nilai $P_o = 93$ mm

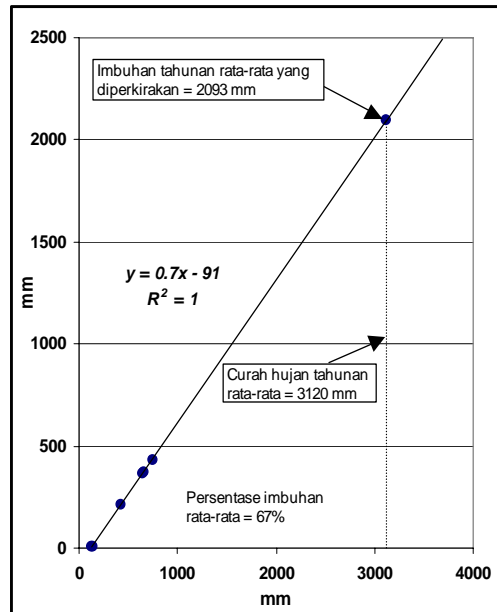
Dalam menentukan potensi cadangan air yang terdapat untuk Pulau Karimunjawa, nilai imbuhan yang diperoleh tentunya perlu diverifikasi kembali dengan menggunakan data curah hujan bulanan per tahunnya.

❖ Informasi sistem aliran air tanah.

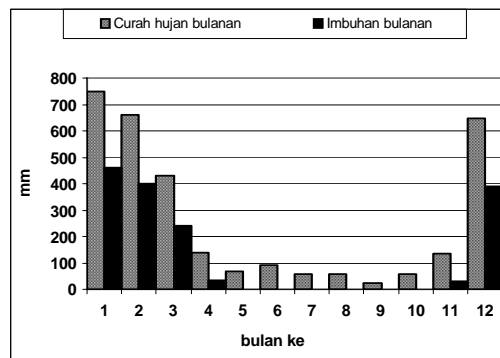
Hasil studi menunjukkan bahwa sistem aliran air tanah yang terdapat di pulau ini terdiri dari (Gambar 10) :

- Sistem aliran air tanah antar butiran, terdapat pada endapan pantai dan pelapukan dari Formasi Karimunjawa.

- Sistem aliran air tanah melalui rekahan yang terdapat pada Formasi Karimunjawa.



Gambar 8. Perhitungan imbuhan tahunan



Gambar 9. Potensi imbuhan bulanan daerah penelitian

Analisa keseluruhan menunjukkan bahwa terdapat kemungkinan dua sistem aliran air tanah di wilayah Kota Karimunjawa (Gambar 10).

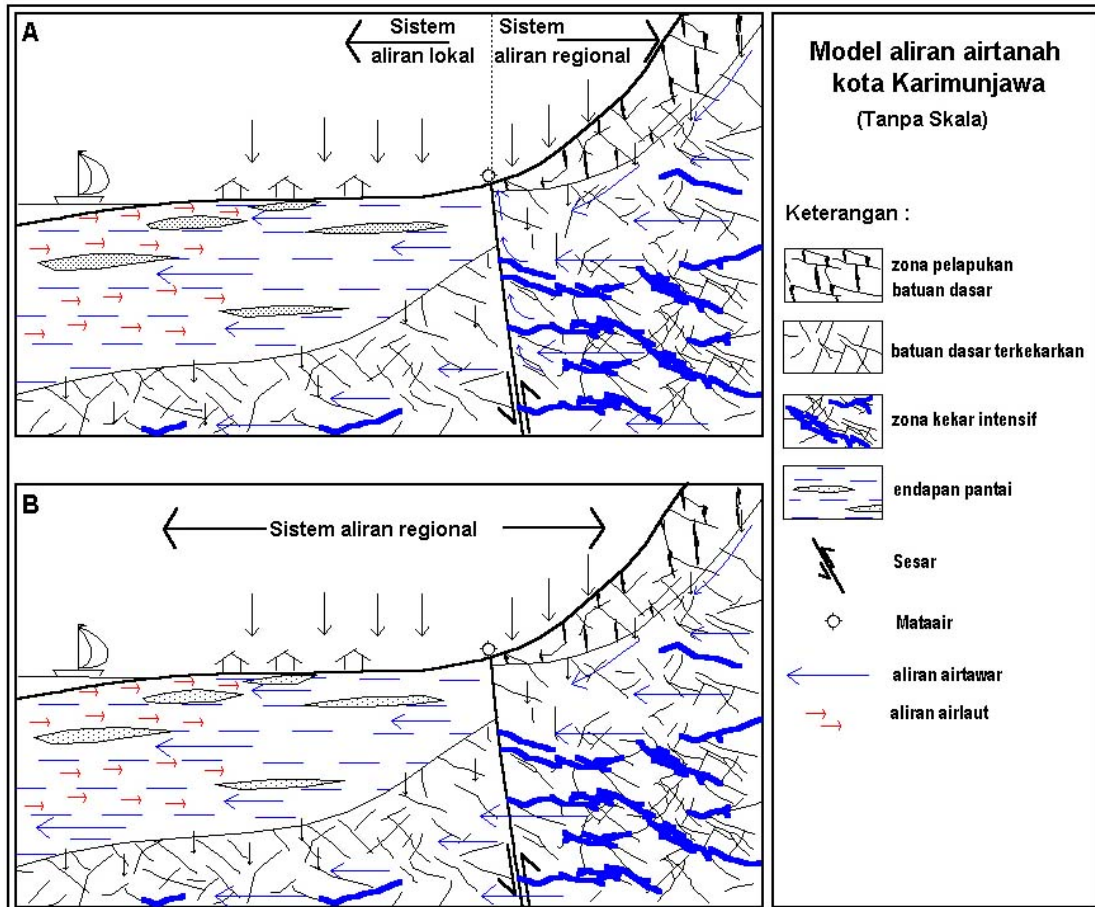
Selain itu diperkirakan di daerah ini terjadi kemungkinan gejala penyusupan air laut dan pencemaran limbah domestik.

SUMBERDAYA AIR KOTA KARIMUNJAWA

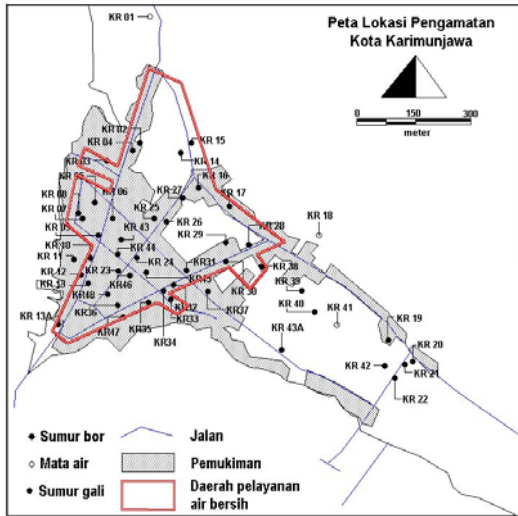
Seperti telah diutarakan sebelumnya, pada penelitian tahun 2004 telah dilaksanakan

kegiatan lapangan yang berupa pengamatan/pengukuran/pengambilan sejumlah contoh yang berkaitan dengan geologi, geolistrik dan hidrokimia di Kota Karimunjawa seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 11 dan Gambar 12.

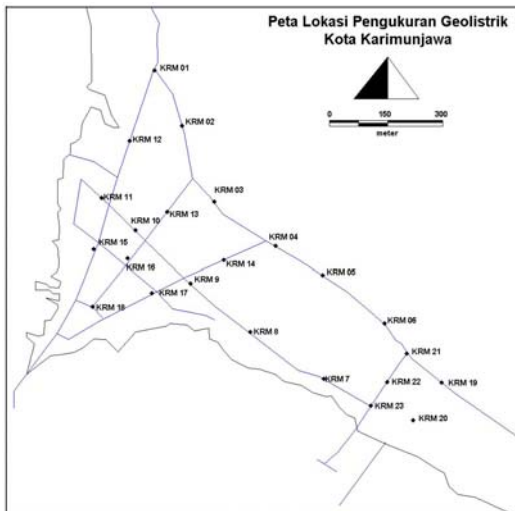
Seluruh data yang diperoleh selanjutnya diproses dan diolah kembali dengan penekanan pada aspek sumber daya air terutama guna menjawab permasalahan yang diungkapkan pada hasil studi sebelumnya.



Gambar 10. Model aliran air tanah Kota Karimunjawa



Gambar 11. Peta Lokasi Pengamatan Kota Karimunjawa



Gambar 12. Peta Lokasi Pengukuran Titik Geolistrik Kota Karimunjawa

GEOLOGI DAN GEOHIDROLOGI KOTA KARIMUNJAWA

Dari hasil pengamatan kegiatan lapangan selanjutnya telah disusun Peta Geologi Tinjau Kota Karimunjawa seperti yang di tunjukkan

oleh Gambar 11.

Daerah ini secara garis besar dibentuk oleh endapan pantai yang terdiri dari endapan pasir lepas dan endapan rawa, serta sebagian dari Formasi Karimunjawa.

- Endapan pasir lepas :

Sedimen yang membentuk endapan ini berupa pasir kasar-halus, terkadang lanauan/lempungan, berwarna kelabu-keputihan, dan bersifat lepas. Dari sejumlah pengamatan masih dijumpai adanya lapisan lempung tipis yang berwarna putih kekuningan. Dari hasil sumur bor yang terdapat pada lokasi KR 13 A menunjukkan bahwa ketebalan pasir ini dapat mencapai 17 m.

- Endapan rawa :

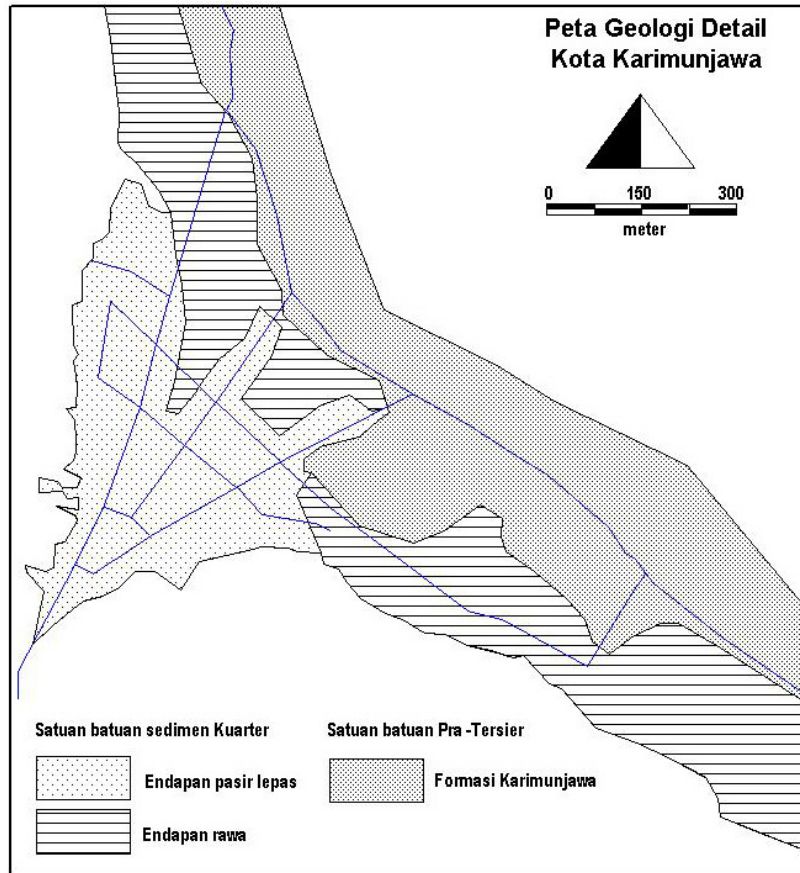
Endapan ini dicirikan dengan lapisan lempung lunak, kelabu-kehitaman, kaya karbonan. Dibeberapa tempat endapan ini telah mengalami reklamasi. Pada saat-saat tertentu wilayah yang mengandung endapan ini masih sering digenangi oleh air laut.

Formasi Karimunjawa :

Formasi Karimunjawa yang terdapat di daerah ini umumnya berupa batupasir masif yang keras, dan terkekarkan. Pada kekar-kekar ini sering dijumpai adanya lapisan tipis lempung yang berwarna putih. Selain batupasir, juga dijumpai sejumlah bongkahan granit.

Sumur gali dijumpai baik pada endapan pasir lepas maupun pada pelapukan batupasir Formasi Karimunjawa. Kedalaman sumur gali pada endapan pasir lepas berkisar dari 0.1 - 0.5 m, sedang pada Formasi Karimunjawa kedalaman sumur gali dapat mencapai 5.6 m.

Sumur bor air terdapat pada Formasi Karimunjawa. Pada lokasi KR 17 (Gambar 12), sumur bor tersebut mencapai kedalaman 44 m, sedang laporan tahun 2003 (Hadi, S. I., dkk 2003) menunjukkan terdapat juga sumur bor air yang mencapai kedalaman hingga 100 m. Mata air yang terdapat pada formasi ini umumnya muncul dari sejumlah rekahan.



Gambar 13. Peta Geologi Tinjau Kota Karimunjawa

Berdasarkan nilai tahanan jenis hasil geolistrik, dengan mengaitkan kondisi geologi permukaan, dapat dilakukan pengelompokan lapisan batuan yang terletak dibawah permukaan dapat dikelompokkan menjadi satuan endapan kuarter yang diwakili oleh nilai 0,8 – 27,3 Ohm-m dan Satuan batuan Pra-Tersier yang dinyatakan oleh nilai 44 – 1997,5 Ohm-m.

INFORMASI HIDROKIMIA

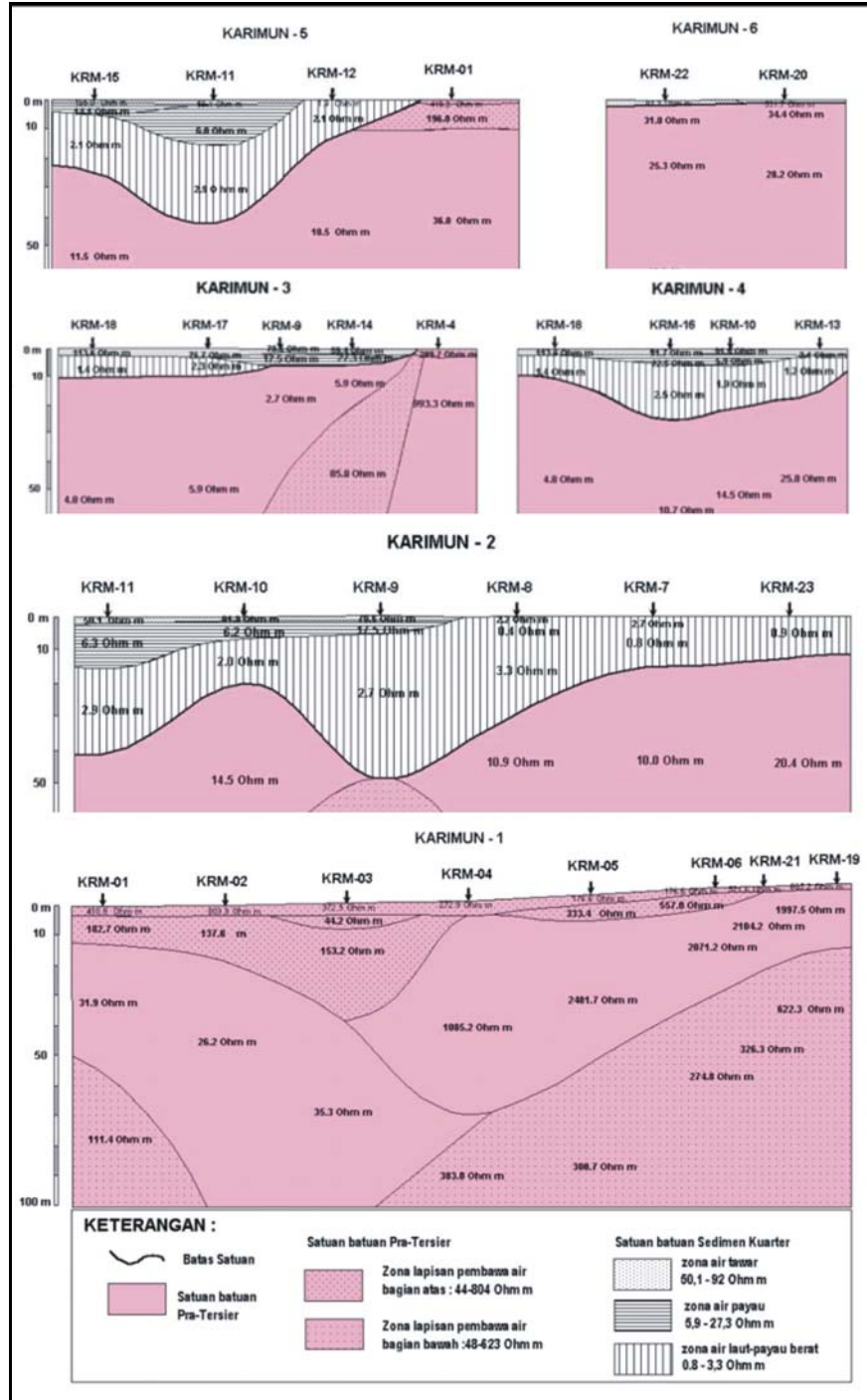
Selain pengambilan sejumlah contoh air guna keperluan analisa lab, di lapangan juga telah dilakukan pengukuran lapangan terdiri dari pengukuran DHL (Daya Hantar Listrik), pH, tinggi muka air tanah.

Pengamatan dan pengambilan contoh air

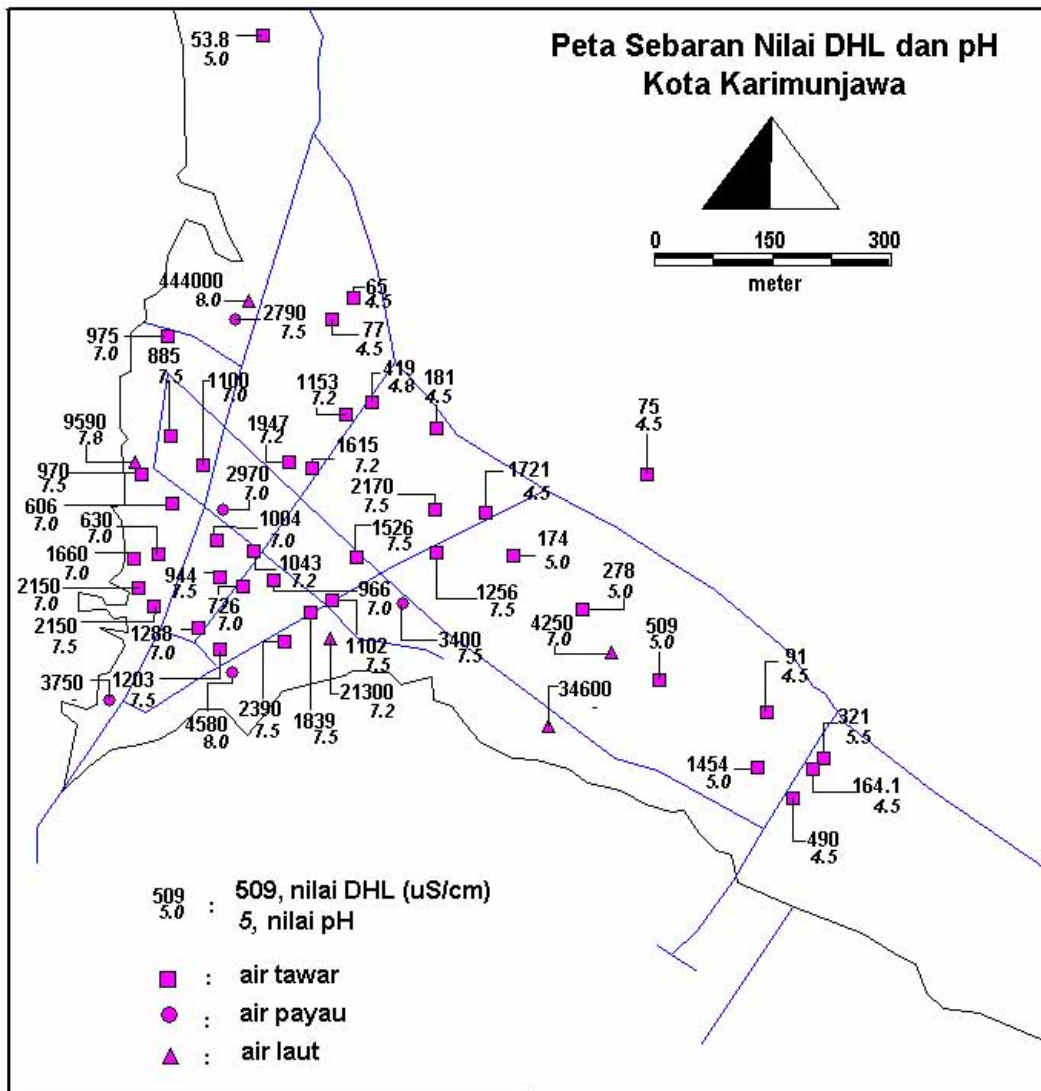
tersebut dilakukan pada lokasi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 11, dengan nilai DHL dan pH dan kedalaman masing-masing lokasi ditunjukkan oleh Gambar 15 dan Tabel 4.

Air tanah di P Karimunjawa khususnya di daerah kota dan sekitarnya dapat dibagi kedalam dua kelompok. Kelompok pertama mempunyai pH pada kisaran 4,5 – 5,5 dan DHL pada kisaran 53,8 $\mu\text{S/cm}$ – 509 $\mu\text{S/cm}$, kecuali lokasi no 28 dan 42 yang mempunyai nilai DHL > 1000 $\mu\text{S/cm}$. Kelompok kedua mempunyai pH pada kisaran 7,0 – 8,0 dan nilai DHL pada kisaran 606 $\mu\text{S/cm}$ – 21300 $\mu\text{S/cm}$.

Data amonium dan nitrat selanjutnya diplot kembali pada peta dasar seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 16 dan Gambar 17.



Gambar 14. Penampang geolistrik pada daerah studi detail



Gambar 15. Peta Sebaran Nilai DHL dan pH daerah studi berdasarkan pengukuran di lapangan

Tabel. 4 Hasil pengukuran conto air di lapangan

No	Kode	DHL μS/cm.	PH	Suhu °C	Muka air -m	Jenis
1	KRM 1	53,8	5,0	27,8	-	Mata air
2	KRM 2	44400	8,0	27,8	-	Rawa/selokan
3	KRM 3	975	7,0	27,0	1,00	Sumur gali
4	KRM 4	2790	7,5	29,9	0,60	Sumur gali
5	KRM 5	885	7,5	27,8	0,65	Sumur gali
6	KRM 6	1100	7,0	28,2	0,70	Sumur gali
7	KRM 7	970	7,5	27,7	0,40	Sumur gali
8	KRM 8	9590	7,8	27,5	0,10	Sumur gali
9	KRM 9	606	7,0	28,2	0,50	Sumur gali
10	KRM 10	630	7,0	28,5	0,20	Sumur gali
11	KRM 11	1660	7,0	27,8	?	Sumur gali
12	KRM 12	2150	7,0	28,6	0,20	Sumur gali
13	KRM 13	2150	7,5	29,2	0,70	Sumur gali
14	KRM 14	77	4,5	28,4	0,20	Sumur gali
15	KRM 15	65	4,5	27,4	1,00	Sumur gali
16	KRM 16	419	4,8	29,4	0,60	Sumur gali
17	KRM 17	181	4,5	28,2	3,90	Sumur gali
18	KRM 18	75	4,5	27,9	-	Mata air Kali
19	KRM 19	91	4,5	28,9	3,25	Sumur gali
20	KRM 20	321	5,5	28,7	5,60	Sumur gali
21	KRM 21	164,1	4,5	29,4	4,80	Sumur gali
22	KRM 22	490	4,5	28,3	0,50	Sumur gali
23	KRM 23	944	7,5	27,4	0,70	Sumur gali
24	KRM 24	1043	7,2	27,7	0,40	Sumur gali
25	KRM 25	1947	7,2	27,6	0,40	Sumur gali
26	KRM 26	1615	7,2	27,4	0,10	Sumur gali
27	KRM 27	1153	7,2	27,6	0,40	Sumur gali
28	KRM 28	1721	4,5	27,8	0,20	Sumur gali
29	KRM 29	2170	7,5	27,6	0,40	Sumur gali
30	KRM 30	1256	7,5	27,6	0,50	Sumur gali
31	KRM 31	1526	7,5	28,6	0,45	Sumur gali
32	KRM 32	1102	7,5	27,0	0,40	Sumur gali
33	KRM 33	21300	7,2	28,7	0,40	Sumur gali
34	KRM 34	1839	7,5	28,0	0,50	Sumur gali
35	KRM 35	2390	7,5	28,5	0,50	Sumur gali
36	KRM 36	1203	7,5	28,0	0,50	Sumur gali
37	KRM 37	3400	7,5	26,7	2,00	Sumur gali
38	KRM 38	174	5,0	28,4	-	Mata air
39	KRM 39	278	5,0	27,9	0,50	Sumur ?
40	KRM 40	4250	7,0	28,1	-	Rawa
41	KRM 41	509	5,0	27,9	-	Belik/mataair
42	KRM 42	1454	5,0	28,2	0,50	Sumur gali
43	KRM 43	2970	7,0	27,6	0,50	Sumur gali

44	KRM 44	1004	7,0	26,9	?	Sumur gali
45	KRM 45	966	7,0	27,5	0,50	Sumur gali
46	KRM 46	726	7,0	27,8	0,50	Sumur gali
47	KRM 47	4580	8,0	27,9	0,50	Sumur gali
48	KRM 48	1288	7,0	28,8	0,90	Sumur gali

Tabel 5. Hasil analisis conto air dalam mg/L

No	Kode	Na	K	Ca	Mg	SO ₄	Cl	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N
1	KRM 1	6,61	0,00	1,16	2,09	3,20	15,50	0,00	0,55	0,00
2	KRM 3	113,28	15,60	70,91	12,81	17,00	174,45	0,00	0,10	0,28
3	KRM 4	40,93	34,61	113,92	41,17	68,00	542,72	-	-	-
4	KRM 5	70,94	6,44	83,69	17,61	42,00	193,83	0,19	2,23	0,00
5	KRM 6	95,46	20,53	90,67	17,57	23,00	89,16	13,99	3,86	0,00
6	KRM 7	102,14	13,49	69,74	19,10	19,00	135,68	0,29	1,27	0,00
7	KRM 8	1565,88	50,81	209,23	131,40	58,00	3101,28	4,83	1,99	0,00
8	KRM12	369,19	18,42	53,47	40,18	33,00	523,34	1,10	1,51	0,02
9	KRM13	302,33	28,98	104,62	34,95	46,00	426,43	0,98	0,55	0,02
10	KRM14	10,62	0,00	1,16	2,09	5,50	15,50	0,03	0,55	0,01
11	KRM16	66,49	0,81	8,14	6,24	17,00	112,42	0,29	0,33	0,00
12	KRM18	10,18	0,00	2,32	2,78	7,80	19,38	0,03	0,31	0,00
13	KRM19	15,59	0,00	2,32	2,78	13,50	15,50	0,04	0,76	0,00
14	KRM20	36,92	2,22	16,27	5,48	12,00	50,39	0,15	0,61	0,00
15	KRM21	19,09	0,81	4,65	2,76	10,20	27,14	0,19	3,80	0,00
16	KRM22	86,54	1,51	5,81	4,85	23,00	112,42	0,04	1,09	0,00
17	KRM23	82,08	9,26	86,02	12,01	18,00	100,79	0,22	2,29	0,00
18	KRM24	99,91	17,71	83,69	17,61	23,00	83,35	12,00	1,21	0,00
19	KRM25	239,94	20,53	118,56	21,57	47,00	363,43	0,77	3,26	0,00
20	KRM27	117,74	7,85	74,39	21,87	4,20	178,32	8,45	0,16	0,00
21	KRM28	315,70	7,85	16,27	26,45	47,00	489,42	7,26	0,49	0,00
22	KRM29	337,99	18,42	95,32	28,72	46,00	503,96	0,48	0,93	0,02
23	KRM30	140,02	7,85	88,34	17,58	6,80	201,58	9,28	0,47	0,00
24	KRM31	38,74	9,26	102,29	20,28	13,00	201,58	5,69	0,40	0,00
25	KRM32	90,99	12,78	111,59	16,03	46,00	118,24	0,30	0,95	0,16
26	KRM34	186,45	17,00	109,27	28,62	37,00	319,82	5,94	0,37	0,02
27	KRM35	346,90	21,94	106,94	37,03	33,00	562,11	-	-	-
28	KRM36	99,91	15,60	104,62	20,27	28,00	135,68	-	-	-
29	KRM37	551,18	34,61	139,49	53,58	72,00	901,31	-	-	-
30	KRM38	26,67	0,11	4,65	5,56	12,7	42,64	-	-	-
31	KRM39	42,71	0,81	4,65	6,96	17,00	59,70	-	-	-
32	KRM40	560,10	19,12	53,47	79,32	68,00	1368,44	-	-	-
33	KRM42	235,48	4,33	18,60	25,04	42,00	390,37	-	-	-
34	KRM43	515,53	26,16	167,39	39,42	39,00	649,33	-	-	-
35	KRM44	84,31	9,97	92,99	17,55	16,00	122,11	-	-	-
36	KRM45	90,99	28,98	83,69	16,21	26,00	89,94	-	-	-
37	KRM46	46,434	5,74	81,37	10,64	13,00	59,31	-	-	-
38	KRM47	800,77	32,50	113,92	72,08	54,00	1215,31	-	-	-
39	KRM48	146,71	15,50	99,97	16,11	18,00	132,97	-	-	-

DISKUSI DAN PEMBAHASAN

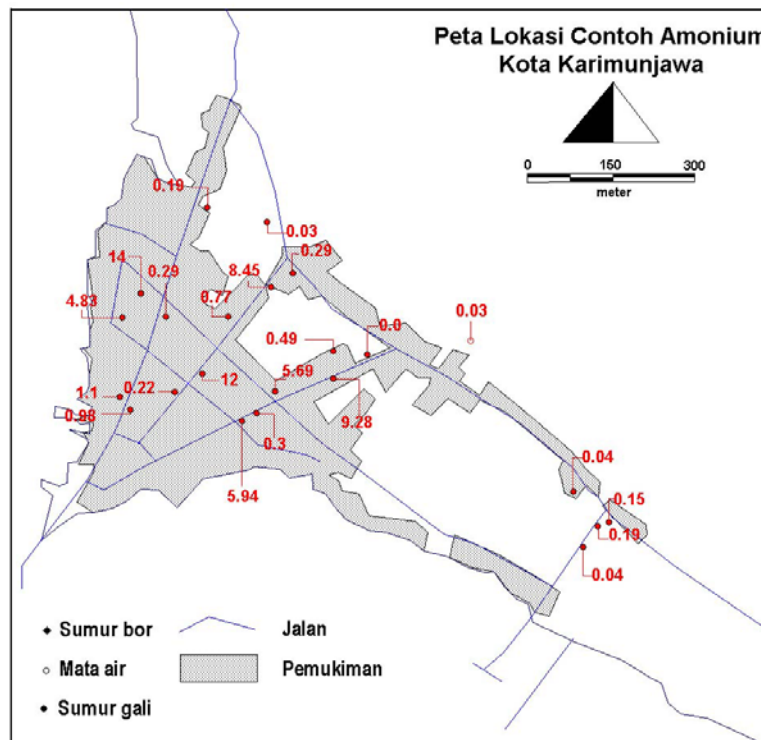
Hasil studi sejumlah literatur, menunjukkan bahwa kualitas airtanah pada sedimen Kuarter di daerah pantai dan pulau kecil pada dasarnya dapat di kelompokkan seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 6.

Pengelompokan ini selanjutnya dijadikan dasar bagi penentuan kualitas air di daerah penelitian.

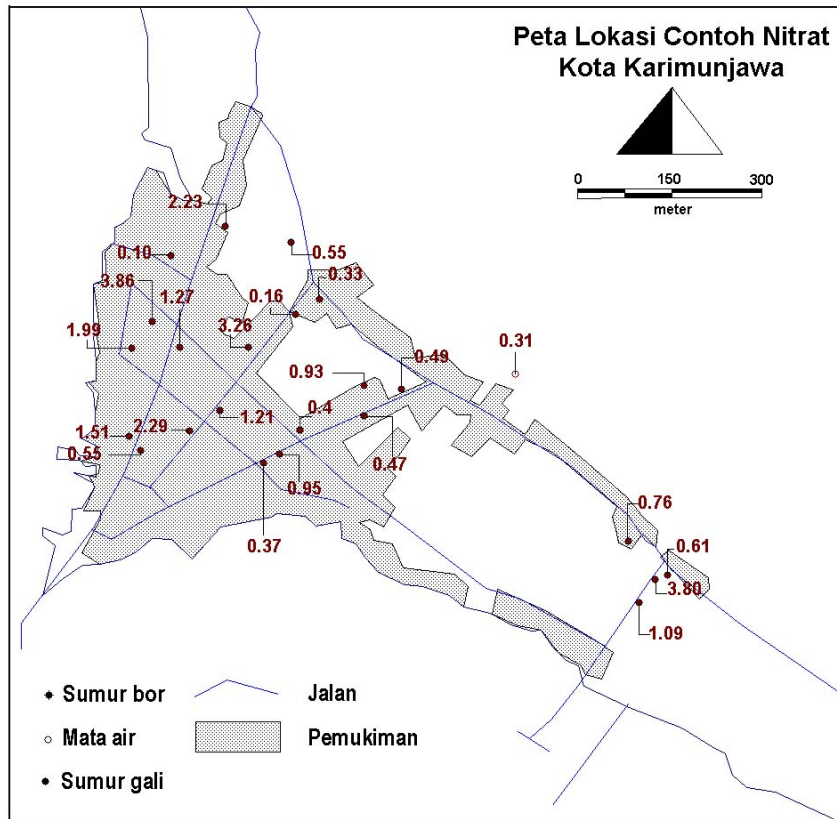
Tabel 6. Klasifikasi Airtanah berdasarkan nilai DHL, ion Cl dan tahanan jenis

Kelas	DHL(μ hos/cm)	Cl(mg/liter)	R(Ohm-m)	Kelompok
Rendah	< 2500	< 600	45-300	Airtanah tawar
Sedang	2500-4500	600-1000	8-45	Airtanah payau
Tinggi	> 4500	> 1000	2-8	Airtanah laut

Sumber : Hem, 1970, Noer, H.M., 1975, Kloosterman 1989, Stuyfzand, P.J., 1991, Falkland T., 1995, Fitterman, D.V., and Deszcz-Pan, M., 2001



Gambar 16. Peta lokasi contoh dan nilai amonium (dalam gr/L) pada lokasi studi



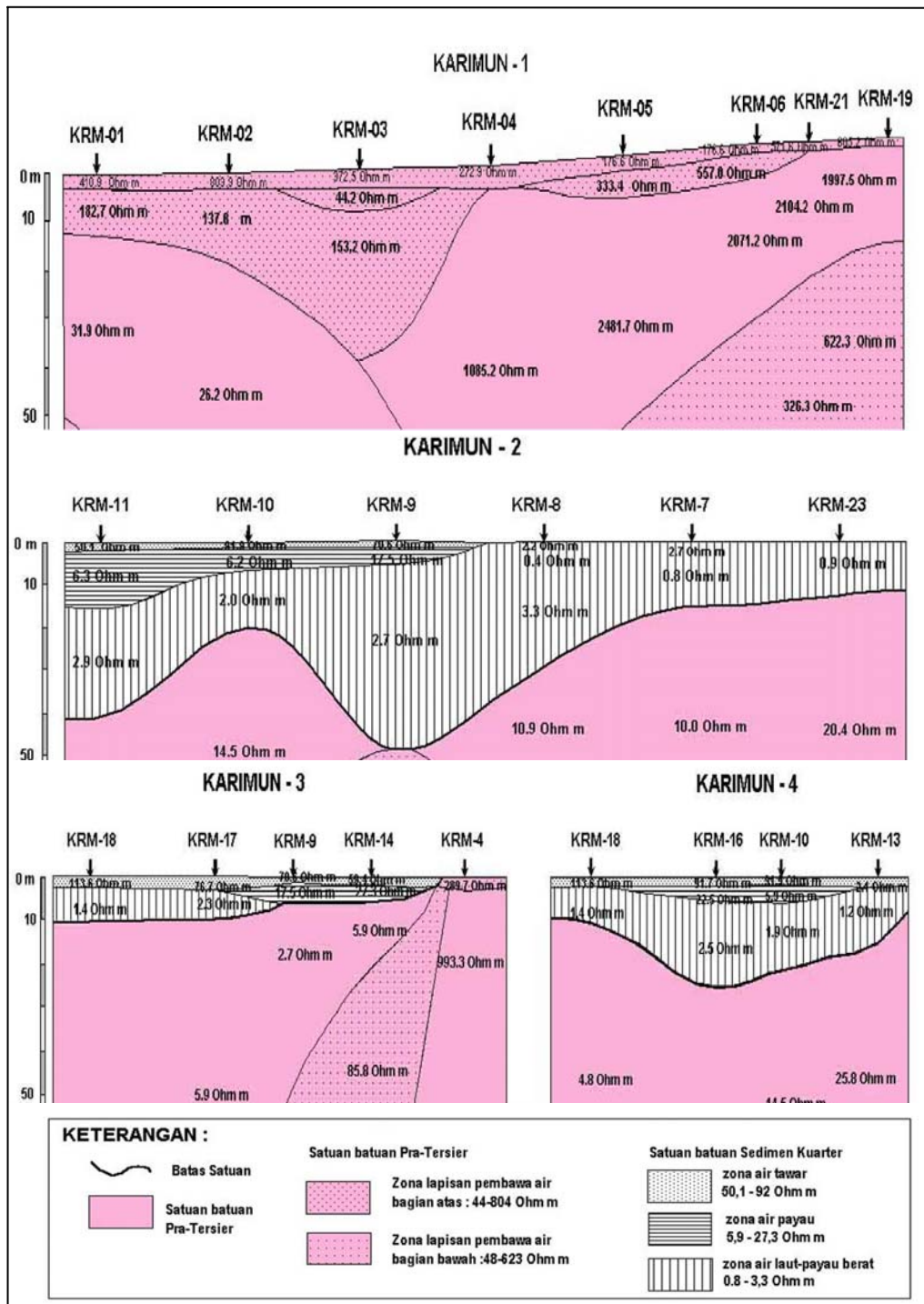
Gambar 17. Peta lokasi contoh dan nilai nitrat (dalam gr/L) pada lokasi studi

Pembahasan informasi geolistrik

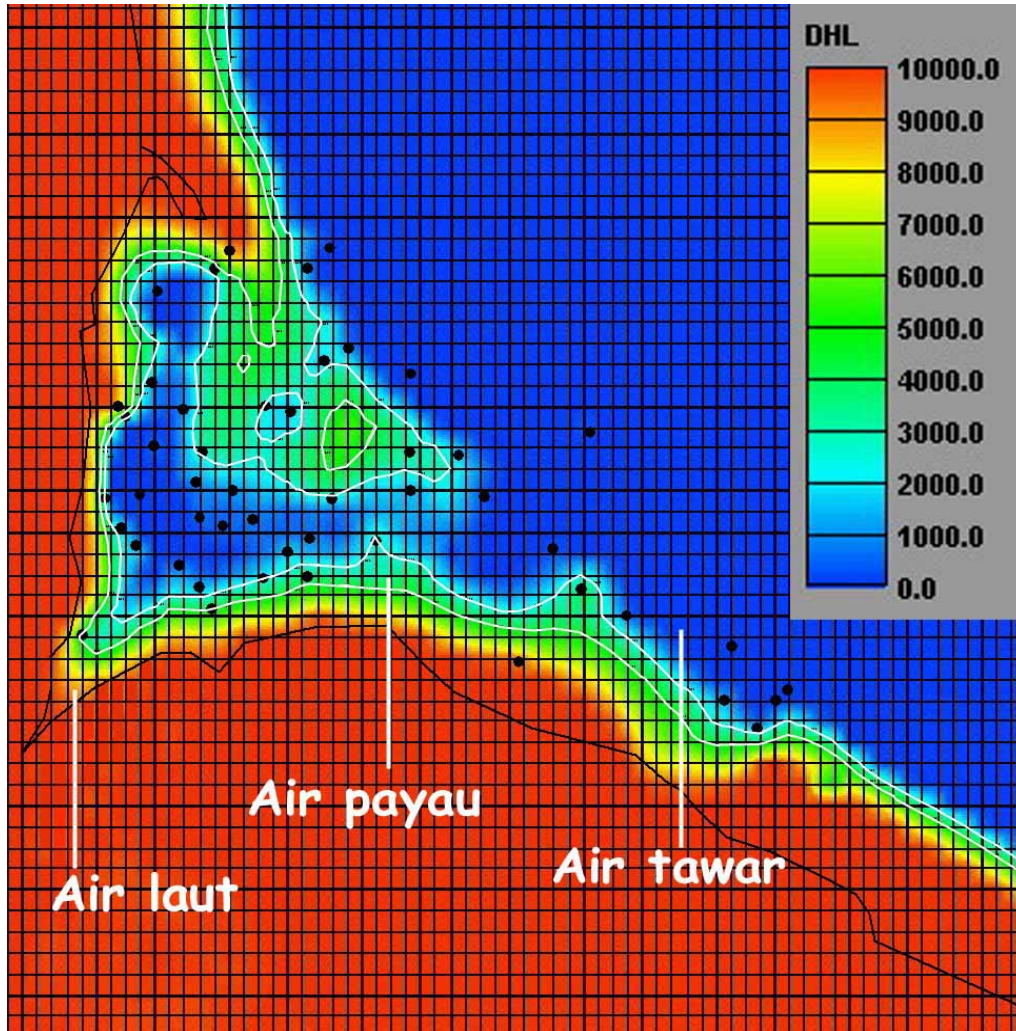
Dengan mengacu pada tabel 6 selanjutnya disusun zonasi kualitas air tanah berdasarkan data geolistrik pada sedimen Kuarter seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 18. Gambar tersebut menunjukkan bahwa terdapat lapisan air tawar yang mengapung di atas air payau/air laut. Walaupun lapisan air tanah tawar disini cukup tipis (2-3 m, penampang Karimun 2, Karimun 3 dan Karimun 4), keberadaan air tanah tersebut berasal dari daerah penampang Karimun 1 dengan lapisan zona air tanah tawar yang cukup tebal, yang mana secara geologi dan geomorfologi (Gambar 5 dan 6), daerah ini merupakan tekuk lereng yang terbentuk karena kelurusan yang diperkirakan sebagai sesar, dan juga mendapat suplai dari daerah hulu.

Pembahasan informasi hidrokimia

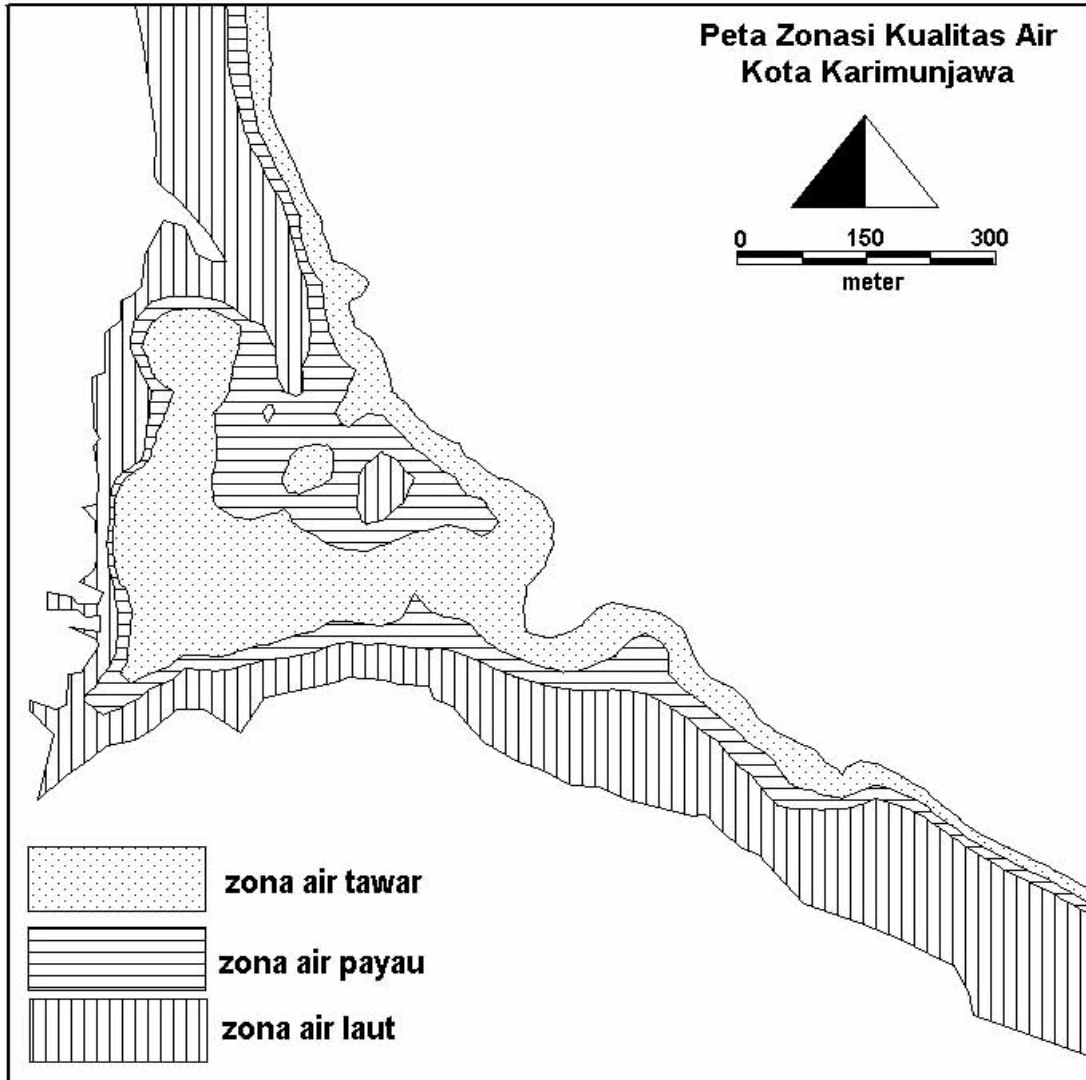
Berdasarkan nilai sebaran DHL seperti yang tercantum pada Gambar 15, selanjutnya dilakukan interpolasi pola penyebaran DHL airtanah bebas dalam bentuk dua dimensi dengan menggunakan metoda geostatistik *IDW (Inverse Distance Weighted)*, dengan mengambil grid 80 x 60. Interpolasi menggunakan *perhitungan fungsi nodal* dari 16 titik terdekat, dan *perhitungan bobot interpolasi* didasarkan pada 12 titik terdekat. Hasil yang diperoleh ditunjukkan oleh Gambar 19. Hasil tersebut selanjutnya diekstrak kembali guna menunjukkan pola penyebaran air tawar, air payau dan air laut di permukaan seperti yang tampak pada Gambar 20.



Gambar 18. Zonasi kualitas air tanah pada sedimen Kuarter



Gambar 19. Distribusi nilai DHL pada daerah studi berdasarkan pendekatan geostatistik metoda *IDW*



Gambar 20. Peta Mintakat Kualitas Air daerah studi

Pembahasan potensi pencemaran limbah

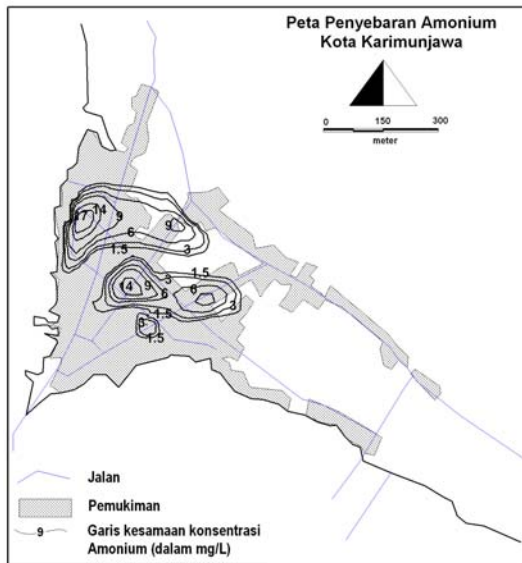
Menurut Freeze, R.A & Cherry, J.A (1979), pada air tanah, jenis senyawa nitrogen terlarut yang paling mudah dijumpai pada keadaan normal adalah dalam bentuk nitrat (NO_3^-), selanjutnya amonium (NH_4^+), ammonia (NH_3), kemudian baru nitrit (NO_2^-), dimana masing-masing senyawa selalu dalam kondisi saling berhubungan.

Pada lokasi studi, berdasarkan hasil analisa laboratorium (Tabel 5.) senyawa nitrogen yang diperoleh didominasi oleh amonium dan nitrat, dengan masing-masing lokasi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 16 dan Gambar 17.

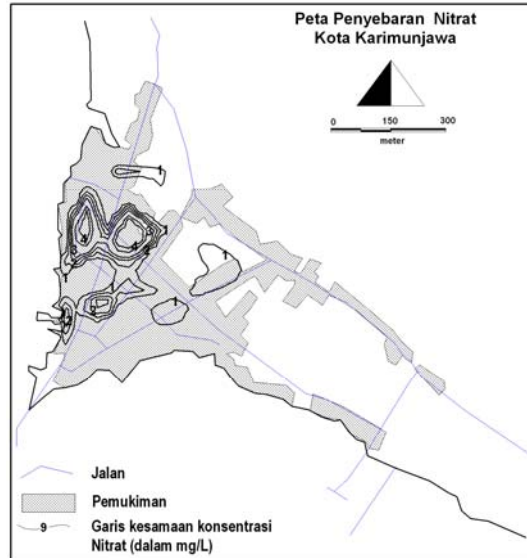
Selanjutnya dilakukan interpolasi pola penyebaran amonium dan nitrat ini dalam bentuk dua dimensi dengan menggunakan metoda geostatistik *IDW* (*Inverse Distance Weighted*), dengan mengambil grid 60 x 40.

Interpolasi menggunakan *perhitungan fungsi nodal* dari 16 titik terdekat, dan tanpa *perhitungan bobot interpolasi*. Hasil yang diperoleh (Gambar 21 dan 22) menunjukkan bahwa meningkatnya nilai amonium cenderung selalu disertai dengan meningkatnya nilai nitrat.

Lebih lanjut penyebaran nilai $\text{NH}_4\text{-N}$ yang melebihi ambang batas yang ditetapkan dalam Keputusan Menkes tahun 2002, (batas maksimum amonium adalah 1,5 mg/L) ternyata memiliki pelamparan yang cukup luas. Amonium tinggi diperkirakan berasal dari dekomposisi nitrogen organik misalnya dari buangan domestik / limbah organik. Adanya amonium dalam air menunjukkan pencemaran yang baru terjadi (*resen*) dari sistem pembuangan, meskipun nilai ini belum menyebabkan kerusakan secara fisiologis (Hart, 1974).



Gambar 21. Peta sebaran amonium di lokasi studi



Gambar 22. Peta sebaran nitrat di lokasi studi

KESIMPULAN

Pembahasan mengenai kualitas air tanah di atas menunjukkan bahwa di daerah penyusupan air laut memang telah terjadi di daerah studi, walaupun begitu peristiwa tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh kondisi geologi setempat daripada karena dampak aktivitas manusia.

Di lokasi studi telah terjadi peristiwa pencemaran air tanah yang dicirikan oleh adanya nilai amonium yang telah melebihi batas ambang yang diperbolehkan. Pelamparan amonium yang hampir mencapai setengah dari wilayah hunian menunjukkan bahwa sanitasi yang ada sangatlah buruk.

Dari data geolistrik maupun nilai DHL yang ada menunjukkan bahwa air tanah bebas di daerah studi, walaupun tipis, tetapi merupakan bagian dari sistem regional pulau, dengan cadangan utama yang terdapat pada wilayah tekuk lereng di bagian hulu. Guna menjaga keberadaan air tanah bebas tersebut, tentunya usaha rehabilitasi lahan di daerah hulu yang memiliki tutupan lahan berupa semak belukar (Gambar 7) perlu lebih dioptimalkan.

Dari hasil studi sementara secara keseluruhan menunjukkan bahwa telah terjadi proses degradasi kualitas air tanah di daerah studi. Walaupun terjadi peristiwa penyusupan air laut, proses degradasi tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh limbah domestik.

REKOMENDASI

1. Perlu adanya perbaikan sanitasi yang meliputi sarana pembuangan air kotor dan limbah rumah tangga.
2. Perlu adanya usaha rehabilitasi lahan berupa penghijauan kembali daerah yang berupa semak belukar sehingga keberadaan air tanah bebas di kawasan studi dapat lebih terjaga.
3. Perlu adanya daerah-daerah baru bagi wilayah hunian guna mengurangi pertambahan kepadatan penduduk
4. Perlu adanya penataan ulang mengenai daerah pelayanan air bersih dengan prioritas utama pada daerah yang memang tidak memiliki sumber-sumber air tanah tawar bebas. Dalam pengaturannya, partisipasi aktif dari masyarakat dapat diharapkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Menutup tulisan ini, penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada DR. Hery Harjono selaku Ka. Puslit Geoteknologi LIPI yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian ini. Selain itu tak lupa juga terima kasih bagi rekan-rekan teknisi Dadi Sukmayadi dan Sari Asmanah dari Lab. Air, Sodik A. dari UPT Karangsembung atas seluruh dukungan dan bantuannya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonym, 2001, *Kobe-Awaji Declaration*, the 5th International Conference on the Environmental Management of Enclosed Coastal Seas, (EMECS) November, Kobe

and on Awaji Island, Japan, 19-22, 2001, 2 p.

Anonym, 2002 Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia no 907/Menkes/SK / VII/ 2002 tentang syarat syarat dan pengawas kualitas air minum.

D. Herman, Sidi F.H., (ed), 2000, An Outline of The Geologi of Indonesia, *Ind. Assoc. of Geologist, Jakarta, 192 p.*

Dijon R., (1983), Some aspects of water resources planning and management in smaller islands, natural resources Forum, United Nation,7(2), p 137- 144.

Falkland, A.T.,1992, *Small Tropical Islands*, IHP Humid Tropics Programme Series no 2- Unesco, 50 p.

Falkland, T., 1995, *Water resources assessment development and management of small tropical islands*, Training Workshop on Water Resources Assessment and Development in Small Islands and Coastal Zone, Pari Island & Bandung, Indonesia, January 1995, 60 p.

Freeze, R.A & Cherry, J.A (1979), *Groundwater*, Prentice-Hall, Inc.,Englewood Cliffs, New Jersey, 604 p

Fitterman, D.V., and Deszcz-Pan, M.,2001, *Saltwater Intrusion in Everglades National Park, Florida measured by airborne electromagnetic surveys*, in First International Conference on Saltwater Intrusion and Coastal Aquifer-Monitoring, Modeling, and Management (SWICA-M3), Rabat, Morocco, 11 p.

Hamilton, W., 1979, Tectonic, of Indonesian Region, *USGS Prof. Paper 1078, 345 p.*

Hart, Barry.T,1974. *A compilation of Australian water quality criteria*, Australian Water Resources Council. Technical Paper No 7.

Hehanussa., P.E., 1993, Morphogenetic Classification of Small Island as basis for Resources Planning in Indonesia, *Seminar on Small Island Hydrology, UNESCO-ROSTSEA, Batam Island, February, 1993, 13 p.*

Hem, J.D. 1989, *Study and Interpretation of Chemical Characteristics of Natural Water*,

- USGS Water- Supply, Water Paper 2254, 3rd ed., USGS, Washington, 264 p
- Hadi S., I., Herryal Z. Anwar, Eko Tri Sumarnadi, Tjiptasmara, Aep Sofian, dan Sunardi, 2003, *Identifikasi dan Inventarisasi Sumberdaya Air pulau kecil jenis Petabah, studi kasus p. Karimunjawa-Kemujan*, Laporan penelitian Puslit Geoteknologi LIPI, 19 hal.
- Hadi S., I., Edy M. Arsadi, Tjiptasmara, 2004, *Studi Pendahuluan Sumberdaya Air Tawar P. Karimunjawa-Kemujan*, dalam: Seminar Nasional Limnologi 2004, Peran Strategis Data dan Informasi Sumber Daya Perairan Darat dalam Pembangunan Nasional, Puslit Limnologi-LIPI, Bogor, 28 Juli 2004, in press.
- Nayoan, G.A.S., 1975, *Geology of Karimunjawa Island*, Majalah Geologi Indonesia, vol.2, no. 2, p 13-20.
- Noer, H.M., 1975, *Pemakaian cara pengukuran tahanan jenis untuk membantu pemecahan persoalan airtanah di Indonesia*, Seminar Pengembangan Airtanah untuk Irigasi, Surabaya, 19 hal.
- Stuyfzand, P.J., 1991, *A new hydrochemical classification of water types: principles and application to the coastal dunes aquifer system of the Netherlands*, in : *Hydrogeology of salt water intrusion*, a selection of SWIM Papers, vol II, IAH, p 329-343.
- Supriharyono, 2002, *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*, P.T. Gramedia P.U, 248 hal
- UNESCO, 1991, *Hydrology and water resources of small islands : a practical guide*, Falkland, A.(ed) IHP – UNESCO, Paris, France, 435 p.
- UNESCO, 2002, *Enhancing Global Sustainability*, Preparatory Committee for the World Summit on Sustainable Development (WSSD), 3rd Session, Unesco, New York, March 25,2002.
- Van Benmellen R.W, 1949, *The Geology of Indonesia*, Martinus Nijhoff The Hague, vol. IA.