

STUDI PENDAHULUAN SUMBERDAYA AIR TAWAR P. KARIMUNJAWA-KEMUJAN

I. Hadi. S*, Edy M. Arsadi* & Tjiptasmara*

ABSTRAK

Studi pendahuluan mengenai sifat kerentanan sumberdaya air pada pulau kecil, telah dilakukan dengan mengambil contoh pulau kecil jenis petabah pada lokasi P. Karimunjawa-Kemujan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Studi tersebut dilakukan dengan mengintegrasikan hasil penafsiran foto udara, analisa tahanan jenis dan hidrokimia.

Hasil studi ternyata menunjukkan adanya keterkaitan erat antara komponen satuan geomorfologi, tutupan lahan dan mintakat airtanah daerah penelitian. Sedang sistem akuifer yang ada dapat berupa sistem rekahan (fracture system) dan sistem butiran. Airtanah dangkal umumnya terdapat pada akifer antar butira, sedang airtanah dalam terdapat pada akifer sistem rekahan, dan muncul di permukaan sebagai mata air. Selain itu studi geolistrik dan kimia air ternyata juga menunjukkan adanya kemungkinan gejala penyusupan air laut.

Bagi perencanaan pengembangan wilayah maritim yang bertumpu pada keberadaan sumberdaya air untuk pulau ini, selain sejumlah aksi seperti rehabilitasi hutan pada kawasan satuan geomorfologi perbukitan struktural, perlu dilakukan pendalaman studi mengenai kemungkinan gejala penyusupan air laut, pencemaran limbah domestik dan potensi cadangan airtanah berdasarkan pendekatan sistem aliran airtanah.

Kata kunci : sumberdaya air pulau kecil, mintakat airtanah, sistem aliran airtanah, akuifer sistem antar butiran, akuifer sistem rekahan, penyusupan air laut, daerah tangkapan hujan, pengembangan wilayah maritim.

ABSTRACT

Preliminary study concerning susceptibility of water resources in small island have been conducted by taking case example of monadnock type small island at location Karimunjawa-Kemujan Islands, Jepara District, Central Java Province. The study has been conducted based on integration of areal photography interpretation, geo-electric data analysis, and hydrochemistry.

Result of study indicates that there are close of relationship among geomorphology units, land cover, and groundwater zone. While aquifer systems in the location study are fracture system aquifer and intra granular aquifer. Shallow groundwater are found in intra granular aquifer zone and deep groundwater generally in fracture system aquifer zone, and sometimes appear at the surface as springs. Geoelectric and hydrochemical studies show that be happened possibility of saltwater intrusion phenomenon.

To marine regional planning based on available water resources for these islands, were needed some actions such as forest rehabilitation at structural hilly morphologic unit, detailed study concerning salt water intrusion, domestic waste contamination, and reserved groundwater potential, based on groundwater flow system.

Key word : small island water resources, groundwater zones, groundwater flow system, intra granular system aquifer, fracture system aquifer, salt water intrusion, catchments area, marine regional planning.

* Staf Peneliti Puslit Geoteknologi-LIPI

PENDAHULUAN

Definisi mengenai pulau kecil dapat dilihat dari berbagai aspek. Dari pemahaman ekosistem, pulau kecil dinyatakan sebagai pulau yang berukuran kecil yang secara ekologis terpisah dari pulau utama (*mainland*), memiliki batas yang pasti, dan terisolasi dari habitat lain, keterisolasian ini akan menambah keanekaragaman organisme yang hidup di pulau tersebut (Dahuri, 1998). Batasan pulau kecil juga dapat didefinisikan sebagai pulau dengan luas area kurang dari 10.000 km², mempunyai jumlah penduduk kurang dari 500.000 orang (Bell, *et al.*, 1990), dan mempunyai tangkapan air (*catchment*) yang relatif kecil. Dari segi budaya, masyarakat yang mendiami pulau kecil mempunyai budaya yang berbeda dengan pulau kontinen dan daratan.

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

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 diantaranya adalah

gejala penyusupan air laut, dan sempitnya luas daratan terutama yang dapat berfungsi sebagai daerah tangkapan hujan.

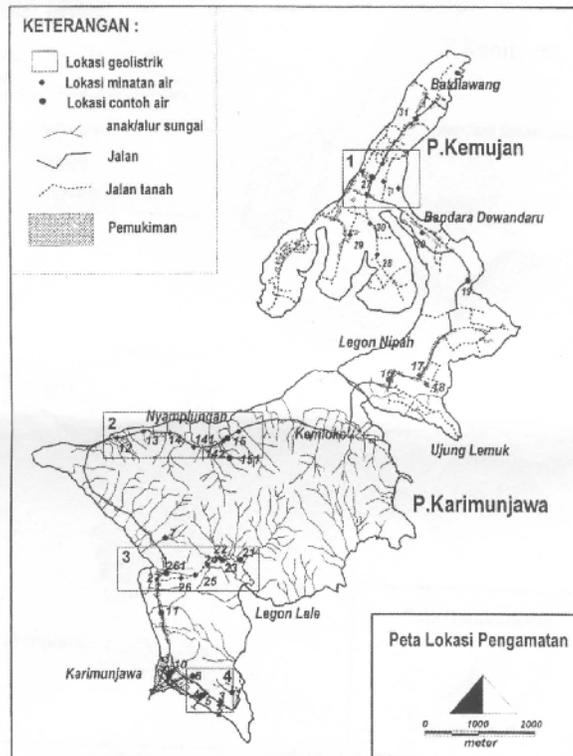
Sistem pengelolaan sumberdaya air dengan mengabaikan kehadiran keterbatasan tersebut di atas dapat menyebabkan sejumlah kerusakan pada sistem tata air dan berakibat pada penurunan kualitas maupun kuantitas air yang ada. Di sisi lain, sistem akuifer kawasan pulau kecil juga sensitif terhadap gejala perubahan alam seperti pemanasan global, pasang surut dan gelombang air laut, 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.

Tulisan berikut bermaksud menyajikan hasil studi pendahuluan mengenai kondisi sumber daya air pulau kecil dengan contoh lokasi P. Karimunjawa-Kemujan yang terletak pada Kepulauan Karimunjawa, Jawa Tengah. Menurut Hehanussa (1993), pulau ini termasuk jenis pulau petabah.

BAHAN DAN METODE

Studi dilakukan dengan pendekatan metodologi meliputi studi pustaka, kegiatan lapangan, kegiatan laboratorium dan studio. Kegiatan lapangan mencakup pengumpulan sejumlah informasi geohidrologi, keairan dan iklim, kondisi sosial ekonomi setempat dan pengukuran geolistrik. Pengukuran geolistrik menggunakan metoda Shlumberger. Lokasi masing-masing kegiatan seperti yang tercantum pada gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi pengamatan daerah penelitian

Analisa laboratorium meliputi analisa contoh air yang diambil dari lapangan dengan penekanan pada unsur-unsur utama seperti Ca, Na, K, bikarbonat. Sedangkan kegiatan studio meliputi analisa foto udara dan peta topografi, penafsiran tutupan lahan, analisa data geolistrik serta kompilasi seluruh data yang diperoleh. Penafsiran foto udara pada skala 1 : 50.000 hasil pemotretan oleh Bakosurtanal tahun 1994, dan peta rupa bumi Indonesia skala 1 : 25.000 lembar Karimunjawa dan lembar Kapuran edisi I - 2001, didukung oleh sejumlah data lapangan dan data sekunder yang selanjutnya dituangkan dalam sejumlah peta tematik.

Penafsiran geomorfologi akan menghasilkan pembagian satuan geomorfologi berdasarkan pada pengelompokan yang telah dilakukan oleh van Zuidam & Cancelado (1978), van Zuidam (1983), dengan sejumlah modifikasi terutama pada aspek keteknikan berkaitan dengan pengembangan wilayah (I Hadi, *et al*,

1999).

Pengamatan air dilakukan terhadap sejumlah sumber air yang tersedia baik sumur-sumur penduduk, mata air atau sungai yang berada di P. Karimunjawa dan P. Kemujan. Sebagai pembanding juga diambil contoh air yang berasal dari P. Parang dan P. Menyawakan (Kura-kura Resort). Contoh air umumnya berasal dari air tanah dangkal dengan kedalaman <13 m, dan satu contoh diambil dari sumur bor dengan kedalaman mencapai 100 m yang dapat mewakili air tanah dalam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum

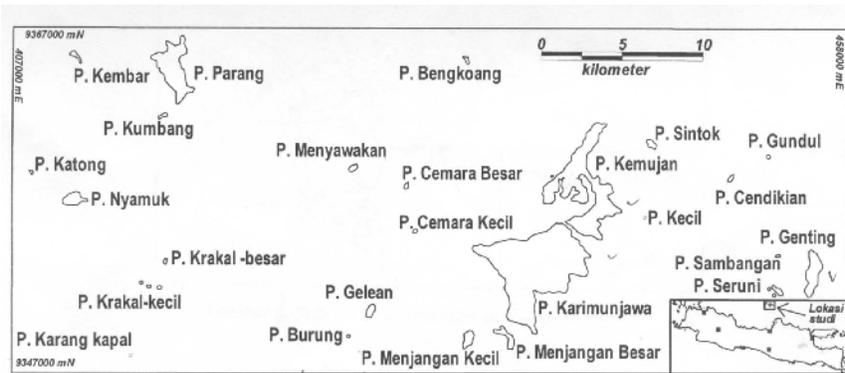
Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan dengan masing-masing luas 20,8 km² dan 11,4 km², merupakan bagian dari pulau-pulau yang terdapat pada Kepulauan Karimunjawa (Gambar 2). Kepulauan ini sendiri terletak di sebelah utara pantai Jawa Tengah dengan jarak 65 mil. Secara administrasi kepulauan ini merupakan suatu

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 7.120 ha. Dari sejumlah pulau tersebut, hanya lima pulau yang berpenduduk yaitu P. Genting, P. Parang, P. Nyamuk, P. Karimunjawa dan P. Kemujan.

mata air yang digunakan adalah berasal dari mata air Goprak dan Kali (Gambar 1; lokasi 7 dan 6).

Penafsiran Geomorfologi, Geologi dan Geohidrologi.

Cukup banyak ditemui publikasi yang berkenaan dengan kondisi geologi P. Karimunjawa, beberapa di antaranya seperti, Van Benmellen (1949), Nayoan (1975),



Gambar 2. Peta Kepulauan Karimunjawa

Penduduk pada kecamatan ini berjumlah ± 7.000 orang, umumnya terkonsentrasi di kota kecamatan dengan jumlah yang mencapai ± 500 KK. Khusus di P. Karimunjawa matapencaharian mayoritas penduduk adalah dalam bidang perikanan tradisional (1.361 jiwa) dan perkebunan (615 jiwa).

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari pihak Kantor Kecamatan setempat diperoleh data curah hujan bulanan rata-rata 5 tahun terakhir dengan jumlah curah hujan rata-rata 3.120 mm, jumlah hari hujan rata-rata 114 hari. Bulan basah adalah Desember, Januari, Februari, dan Maret, bulan lembab adalah Nopember dan April, bulan kering adalah Mei, Juni, Juli, Agustus, September, dan Oktober.

Dalam usaha memenuhi kebutuhan air bersih, penduduk P. Karimunjawa dan P. Kemujan umumnya menggunakan sumur gali dan mataair yang dikelola secara mandiri. Khusus untuk kota Kecamatan Karimunjawa,

Hamilton (1979), Herman-Sidi (2000). Seluruh informasi ini selanjutnya dikemas kembali dengan menggunakan foto udara dan peta rupa bumi seperti yang telah disinggung sebelumnya.

Terdapat empat satuan geomorfologi di wilayah Karimunjawa-Kemujan, yaitu perbukitan struktural, lereng landai perbukitan, bukit terisolasi, dan geomorfologi dataran rawa (Gambar 3), dengan deskripsi sebagai berikut:

Satuan geomorfologi perbukitan struktural

Satuan ini merupakan kelompok perbukitan dengan sejumlah puncak-puncak bukit yang dapat mencapai ketinggian hingga ± 600 m dpl, memiliki bentuk lereng yang terjal, dengan kemiringan lereng >16°, di sejumlah tempat dijumpai lereng dengan kemiringan lereng mencapai 80-90°. Litologi pada satuan adalah berupa batuan dasar yang terdiri dari batuan serpih fiitik (van Bemmelen, 1949 : *phyllitic shale*),

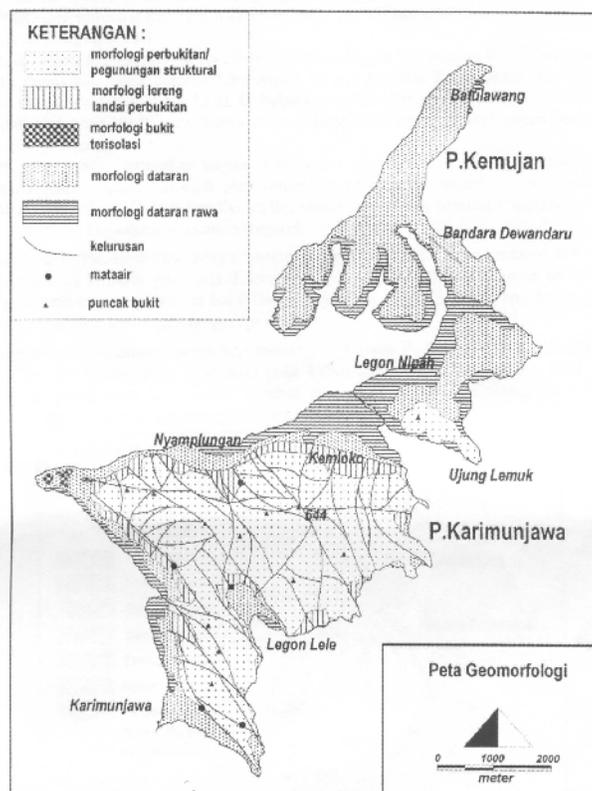
batuan granitik, perselingan batupasir-lempung, batupasir kasar dan konglomerat, yang merupakan bagian dari Formasi Karimunjawa (Nayoan, 1975). Secara keseluruhan kelompok batuan ini menunjukkan gejala terkekarkan secara intensif. Secara keseluruhan kelompok batuan ini dikategorikan sebagai batuan dasar (*basement rock*) yang berumur Pra-Tersier. Kelompok batuan ini banyak dijumpai pada P. Karimunjawa. Sedangkan pada P. Kemujan, berdasarkan pelapukannya diperkirakan bahwa pulau ini lebih banyak didominasi oleh batuan vulkanik klastik dari Formasi Parang (Nayoan, 1975), walaupun di beberapa tempat masih dijumpai adanya kelompok batuan serpih filitik. Data penampang sumur gali pada lokasi 19 telah memperkuat anggapan tersebut (I. Hadi, *et al.*, 2003). Tanah pelapukan umumnya bersifat lempungan dan pasiran dengan ketebalan < 15 cm dan tersebar secara tak merata.

Satuan geomorfologi lereng landai perbukitan

Satuan ini dicirikan dengan kemiringan lereng 8-16°, memiliki jenis litologi yang sama dengan satuan geomorfologi perbukitan struktural. Pada satuan ini sering dijumpai bongkah-bongkah batuan yang merupakan endapan guguran dari bagian atasnya. Di beberapa tempat dijumpai sejumlah mata air pada bagian hulu dari satuan ini. Tanah pelapukan umumnya bersifat pasiran dan lempungan, dengan penyebaran yang lebih merata.

Satuan geomorfologi bukit terisolasi

Satuan ini merupakan bukit-bukit kecil terpisah dengan kemiringan bervariasi antara 10 - 30°. Melihat tanah pelapukan yang bersifat lempungan hingga pasiran, diperkirakan tanah ini berasal dari batuan induk yang sama dengan satuan geomorfologi perbukitan struktural.



Gambar 3. Peta Geomorfologi daerah penelitian

Satuan geomorfologi dataran

Satuan ini dicirikan dengan bentuk morfologi dataran dengan kemiringan $0 - 8^\circ$, umumnya ditempati oleh tanah pelapukan yang bersifat lempungan hingga pasiran. Pada satuan ini banyak dijumpai sumur gali dengan kedalaman 1 - 12 m. Di beberapa tempat seperti daerah kota Karimunjawa, satuan ini ditempati oleh pasir lepas, yang diperkirakan sebagai hasil endapan lingkungan pantai.

Satuan geomorfologi dataran rawa.

Satuan ini sebenarnya merupakan bagian dari satuan geomorfologi dataran. Satuan ini dipisahkan karena semata-mata ditumbuhi oleh tumbuhan rawa/hutan mangrove, mengindikasikan adanya pengaruh air laut. Dalam kondisi kering tanah permukaan bersifat lempungan dengan gejala kondisi reduksi dan kaya dengan material organik.

Hasil penarikan kelurusan yang mencerminkan pola struktur yang terdapat di P. Karimunjawa menunjukkan bahwa struktur yang ada didominasi arah N330 - 5 E walaupun di beberapa tempat masih ditemui struktur yang berarah barat-timur.

Alur sungai umumnya hanya berkembang baik pada P. Karimunjawa (lihat Gambar 1). Alur ini pada bagian tengah berkembang mengikuti pola kelurusan struktur membentuk pola parallel, yang kemudian pada daerah yang lebih landai berubah mengikuti kemiringan lereng. Pada musim kering, sejumlah alur sungai di daerah ini seringkali menjadi kering.

Mata air yang terdapat pada bagian hulu Satuan geomorfologi lereng landai

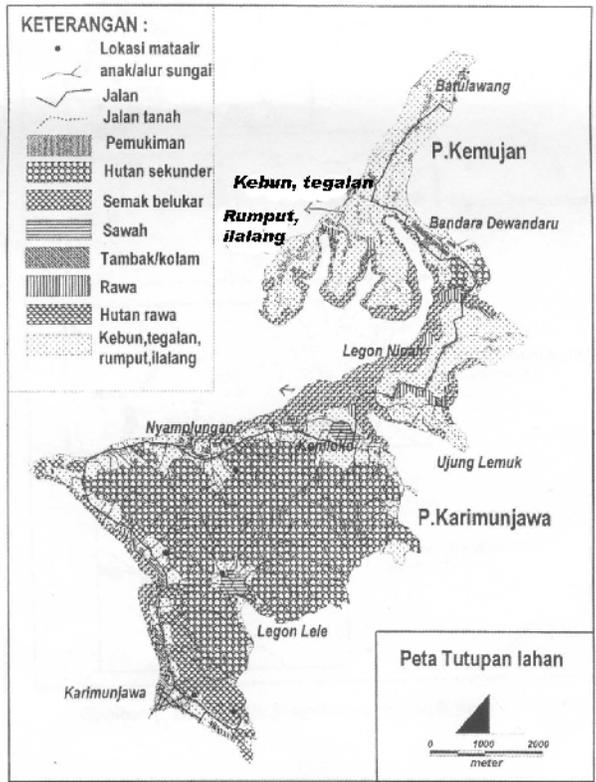
perbukitan memiliki debit bervariasi dari $0,6 \text{ l.det}^{-1}$ (lokasi 6; Kali), $\pm 1 \text{ l.det}^{-1}$ (lokasi 1; Kapuran), dan $1,3 \text{ l. det}^{-1}$ (lokasi 7; Goprak). Menurut Supriharyono (2002) data pengukuran bulan Oktober tahun 1999 debit mata air Goprak dan Kali masing-masing $0,31 \text{ l.det}^{-1}$ dan $0,16 \text{ l.det}^{-1}$, sedang Kanwil Dep.PU (1997) menyatakan bahwa pada musim hujan debit mata air Goprak dan Kali masing-masing $1,5 \text{ l.det}^{-1}$ dan $0,75 \text{ l. det}^{-1}$.

Penafsiran Tutupan Lahan

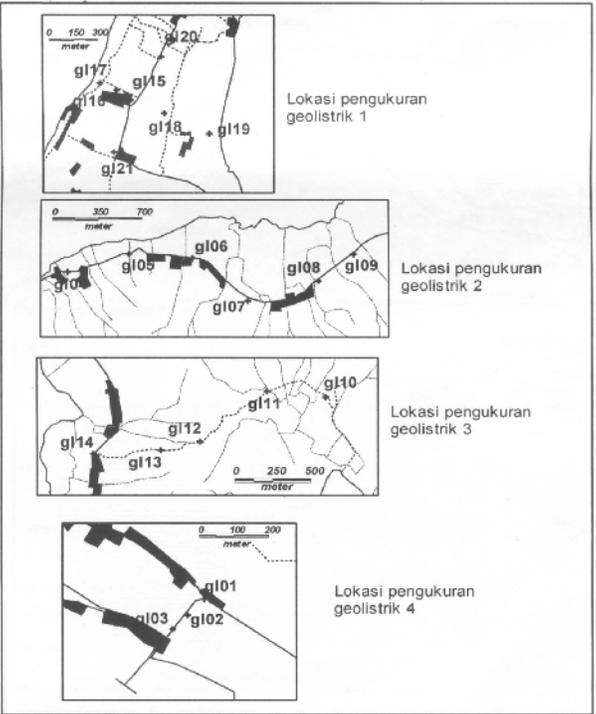
Berdasarkan hasil penafsiran tutupan lahan terbagi kedalam delapan tipe (Gambar 4). Hutan sekunder sangat mendominasi P. Karimunjawa, sedangkan di P. Kemujan bagian utara didominasi kebun dan tegalan, di bagian selatannya terutama pada pantai barat adalah hutan rawa.

Penafsiran Geolistrik.

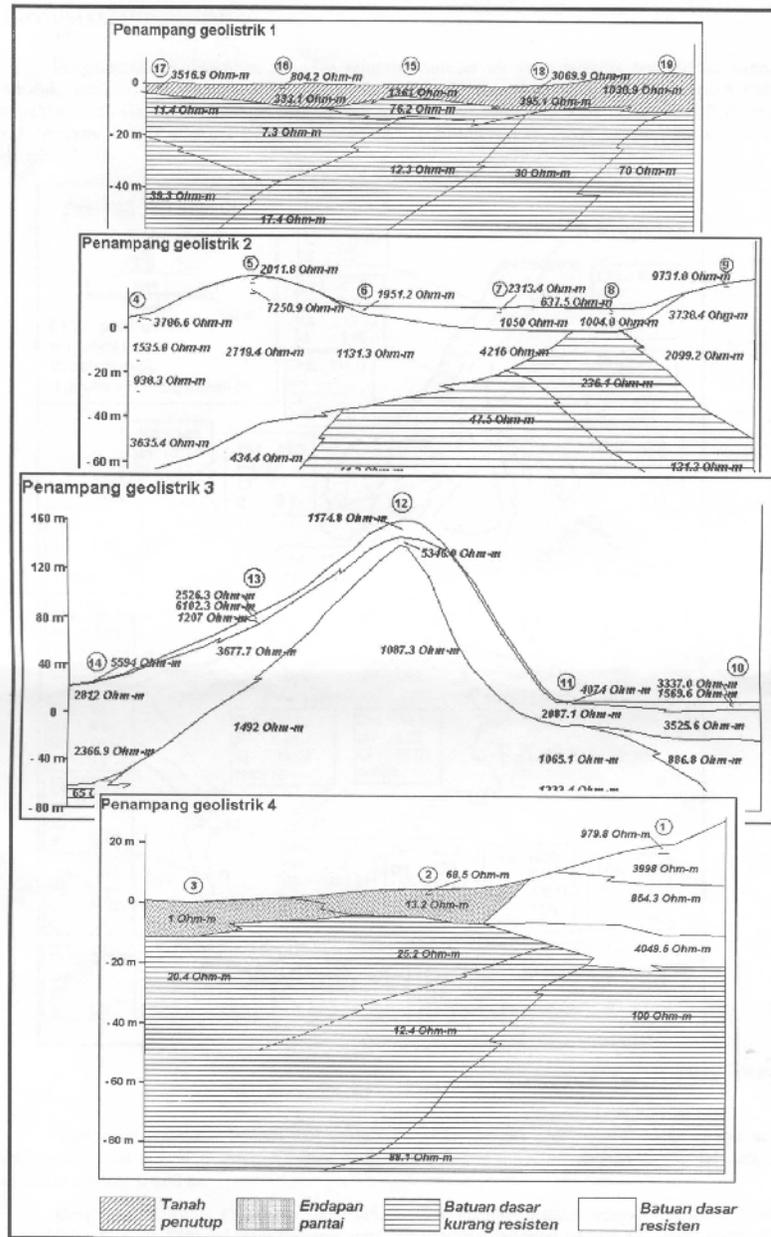
Hasil perhitungan data geolistrik dari lokasi terpilih (Gambar 5) ditunjukkan oleh sejumlah penampang (Gambar 6). Nilai tahanan jenis di daerah studi dapat dikelompokkan sebagai berikut : i) Kelompok tanah penutup diwakili oleh besaran 300 - 5600 Ohm-m; ii) Batuan masif/keras resistivity tinggi (*high-resistivity dense rocks*) (Parkhomenko,1964) dengan besaran 434,4 — 4000 Ohm-m. Pada daerah penelitian selang besaran tersebut ditafsirkan mewakili kelompok batuan dasar terutama berasal dari batuan sedimen Pra-Tersier (perselingan batupasir-batulempung dan konglomerat) dan batuan granitik; iii) Kelompok batuan dasar kurang resisten diwakili oleh besaran 41,3-236,1 Ohm-m.



Gambar 4. Peta tutupan lahan daerah penelitian



Gambar 5. Lokasi titik pengukuran geolistrik pada daerah penelitian.

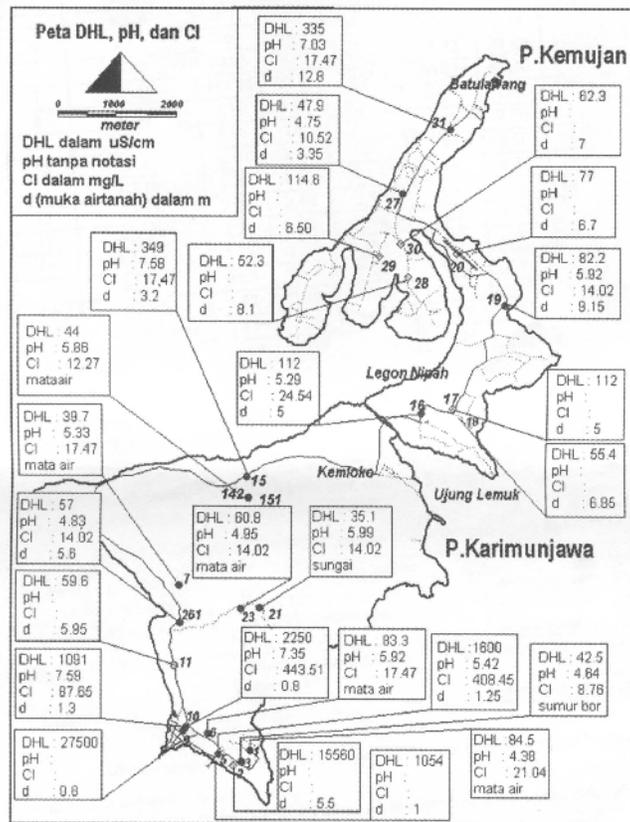


Gambar 6. Penampang geolistrik daerah studi.

Informasi Hidrokimia.

Hasil analisa kimia sama sekali tidak memperlihatkan adanya keunikan dalam komposisi ion terlarut (Tabel 1). Satu hal yang menarik untuk diamati dari sejumlah contoh air daerah ini adalah hubungan

antara pH dan DHL yaitu untuk pH bersifat asam (4,38 sampai 5,99) umumnya memiliki nilai DHL yang rendah (< 350 u.S/cm), sedang untuk pH netral-cenderung basa (7,36 – 7,59) umumnya memiliki nilai DHL > 1000 u.S/cm.



Gambar 7. Karakteristik kimia air di beberapa lokasi pengairan

Tabel 1. Hasil analisa kimia contoh air daerah penelitian

No.	Kode Contoh	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	S04 (mg/l)	Cl (mg/l)	PH	DHL μ S/cm
1	KJ.1	5.82	1.23	3.57	1.24	4.20	21.04	4.38	84.50
2	KJ.3	ttd	1.81	3.57	0.55	3.15	8.76	4.64	42.50
3	KJ.5	157.56	14.76	33.37	20.71	55.00	408.45	5.42	1600.00
4	KJ.6	4.1	1.81	5.96	0.47	4.40	17.47	5.92	83.30
5	KJ.7	0.68	2.40	1.19	1.32	1.40	12.27	5.33	39.70
6	KJ.9	10.96	64.99	108.47	13.32	28.00	87.65	7.59	1091.00
7	KJ.10	183.26	56.16	119.20	30.72	62.00	443.51	7.36	2250.00
8	KJ.15	4.10	4.17	51.25	0.27	11.2	17.47	7.58	349.00
9	KJ.151	0.68	Ttd	1.19	2.69	2.70	12.27	5.86	44.00
10	KJ.16	10.10	3.58	3.57	1.93	9.50	24.54	5.29	112.00
11	KJ.19	2.39	1.81	7.15	2.48	4.20	14.02	5.92	82.20
12	KJ.21	2.39	2.40	2.38	1.28	2.40	14.02	5.99	35.10
13	KJ.23	3.25	1.23	5.96	0.47	4.90	14.02	4.95	60.80
14	KJ.261	3.25	1.23	3.57	0.56	4	14.02	4.83	57.00
15	KJ.27	0.68	0.64	4.76	ttd	5	10.52	4.75	47.90
16	KJ.31	5.82	2.40	54.83	0.15	6.8	17.47	7.03	335.00
17	P.Menyawakan	7.53	1.23	25.03	1.18	2.1	14.00	7.52	175.00
18	P. Parang	31.51	28.89	77.48	14.39	12.5	70.12	7.95	725.00

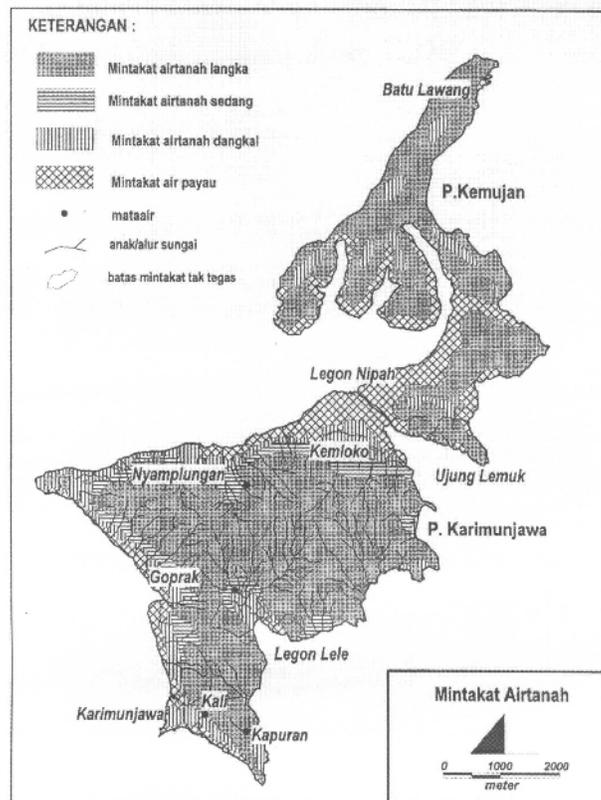
Dari sejumlah penafsiran dan informasi di atas, selanjutnya dibuat peta mintakat (zonasi) air tanah seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 8 dengan hubungan terhadap tematik permukaan seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 2.

Adapun pengelompokan mintakat air tanah tersebut adalah: i) *Mintakat airtanah tawar langka*, pada daerah ini kecil kemungkinan untuk diperoleh sumberdaya airtanah tawar dengan kedalaman < 10 m; ii)

Mintakat airtanah tawar sedang, pada daerah ini tidak tertutup kemungkinan diperoleh airtanah tawar dengan kedalaman > 10 m dan di daerah hulunya memiliki kemungkinan dijumpai adanya mata air; iii) *Mintakat airtanah tawar dangkal*, pada daerah ini airtanah dangkal umumnya dapat dijumpai pada kedalaman < 10 m, walaupun ada pula yang dijumpai pada kedalaman 13 m (lokasi 31); iv) *Mintakat air payau*, airtanah dangkal di daerah ini bersifat asin sampai payau.

Tabel 2. Hubungan antara satuan geomorfologi, tutupan lahan dan mintakat air tanah.

Satuan geomorfologi	Tutupan lahan	Mintakat airtanah
Perbukitan struktural	Hutan sekunder, semak belukar	Air tanah tawar dangkal langka
Lereng landai perbukitan	Semak belukar, kebun, tegalan, rumput, ilalang	Air tanah tawar dangkal sedang-langka, kemungkinan terdapat mata air
Dataran	kebun, tegalan, rumput, ilalang, tambak/kolam,	Air tanah tawar dangkal mudah dijumpai
Dataran rawa	Hutan bakau	Air tanah asin - payau



Gambar 8. Peta mintakat air tanah daerah penelitian.

Adapun airtanah dangkal yang terdapat di daerah penelitian ini dijumpai pada sistem akuifer antar butiran, baik pada daerah hasil pelapukan batuan dasar seperti yang terdapat di P. Kamujan, maupun pada daerah endapan pantai di bagian selatan P. Karimunjawa.

Walaupun hasil penafsiran geolistrik menyatakan bahwa bagian tengah P. Karimunjawa ditempati oleh batuan keras, adanya struktur geologi yang intensif ditunjang oleh kehadiran sejumlah mata air yang mengalir sepanjang tahun, serta sumur bor air pada lokasi 3 (Gambar 1) yang mencapai kedalaman 100 m, hal ini menunjukkan bahwa adanya kemungkinan terdapat airtanah dalam terutama pada batuan dasar. Kondisi ini melahirkan pemikiran bahwa sistem aliran airtanah khususnya pada airtanah dalam terjadi pada media batuan terkekarkan (*fractured rock*). Contoh kejadian ini dapat diamati pada mata air kali (lokasi 1) dimana air mengalir keluar dari batuan dasar yang terdiri dari perselingan batu pasir dan batu lempung yang terkekarkan secara intensif.

Khusus pada daerah endapan pantai di bagian selatan P. Karimunjawa, data geolistrik menunjukkan adanya gejala penyusupan air laut seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6 penampang geolistrik 4, besaran 1 Ohm-m diperkirakan merupakan airtanah laut, sedang besaran 12 - 25.2 Ohm-m ditafsirkan sebagai zona airtanah payau. (Tabel 3). Kondisi ini diperkuat oleh data hidrokimia. Sejumlah contoh yang berasal dari Kota Karimunjawa menunjukkan nilai $Cl^- > 400$ mg/L dengan DHL

$> 1600 \mu S/cm$, yang mengindikasikan adanya pengaruh air laut. Sedang besaran DHL dengan nilai $> 15000 \mu S/cm$ walau tidak dilakukan analisa Cl⁻, kondisi lapangan menunjukkan bahwa besaran DHL ini menyatakan airlaut.

Hem (1989) menyatakan bahwa airtanah umumnya memiliki pH 6,0 – 8,5, sementara itu Freeze & Cherry (1979) menyatakan air hujan pada lingkungan yang belum terganggu memiliki pH 5-6 dengan nilai DHL yang rendah. Dari beberapa contoh air sumur gali dan mata air, di daerah lokasi studi, walaupun nilai DHL menunjukkan kemiripan dengan DHL air hujan, pH contoh-contoh tersebut bersifat asam (4,38 sampai 5,99). Keadaan ini menunjukkan bahwa air hujan setelah masuk ke bawah permukaan ternyata mengalami dua pola sistem aliran yang berbeda, yaitu: i) sistem aliran bawah permukaan dengan waktu tinggal (*residence time*) yang relatif singkat, diwakili oleh nilai pH > 5 ; ii) sistem aliran bawah permukaan dengan waktu tinggal yang relatif lebih lama, diwakili oleh nilai pH < 5 .

Mengingat bahwa air pada dasarnya adalah pelarut yang baik, dalam perjalanannya di bawah permukaan, air tersebut telah melarutkan sejumlah zat/ion yang berasal dari media yang dilaluinya seperti garam Al dan Fe yang bereaksi dengan ion H⁺ dan OH⁻ sehingga mengubah keseimbangan kimia yang ada. (Matthess, 1982; Hem, 1989). Kondisi geologi yang ada sangat memungkinkan terjadinya peristiwa itu.

Tabel 3. Klasifikasi Airtanah berdasarkan nilai DHL, ion Cl dan tahanan jenis.

Kelas	DHL(umhos/cm)	Cl(mg/liter)	R(Ohm-m)	Kelompok
Rendah	<2500	<600	50 - 300	Airtanah tawar
Sedang	2500-4500	600-1000	8 - 50	Airtanah payau
Tinggi	>4500	>1000	2 - 8	Airtanah laut

Sumber : Noer (1975), Kloosterman (1989), Stuyfzand(1991), Falkland(1995) Fitterman & Deszcz-Pan (2001)

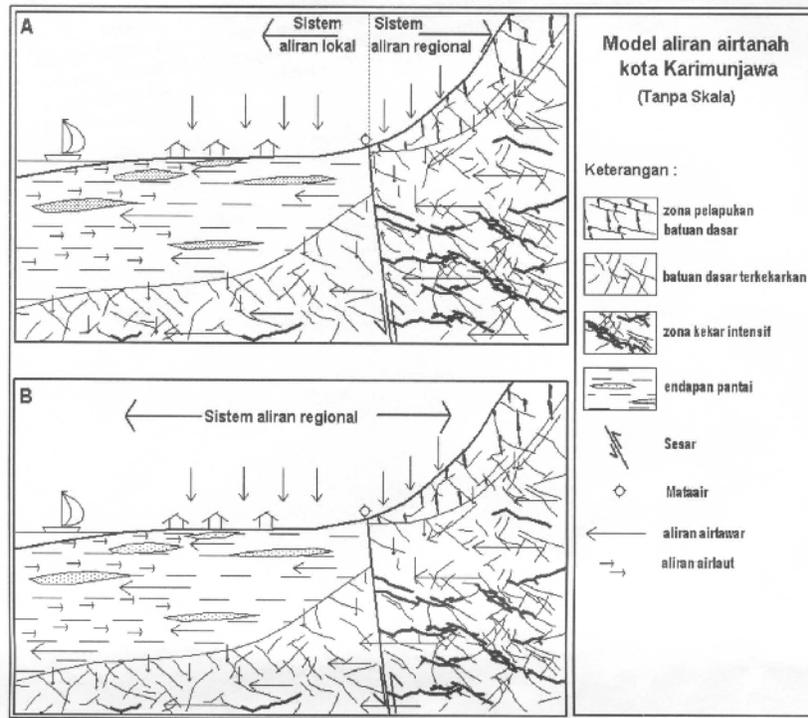
Khususnya pada daerah kota kecamatan Karimunjawa, nilai DHL umumnya tinggi ($> 1000 \mu\text{S/cm}$) dengan nilai pH netral-cenderung basa (7,36-7,59) kecuali sumur bor di lokasi 3 yang memiliki DHL dan pH rendah. Beberapa pemikiran yang muncul dari kondisi ini adalah (Gambar 9):

- Sistem aliran airtanah dari daerah hulu tidak mencapai daerah ini, sumber air tanah semata-mata hanya berasal dari air hujan dengan luas tangkapan terbatas hanya pada daerah itu (Gambar 9 A).
- Bila sistem aliran airtanah daerah hulu mencapai daerah ini (Gabar 9 B), diperkirakan sistem airtanah di daerah ini pada saat ini telah mengalami pengaruh penyusupan air laut sehingga telah mengubah pH air tanah yang tadinya asam menjadi netral. Di sisi lain, letak kota yang terdapat pada daerah satuan geomorfologi dataran dengan litologi pasir lepas sangat memungkinkan untuk terjadinya hal tersebut. Selain gejala penyusupan air laut, di daerah ini tidak tertutup kemungkinan adanya gejala pencemaran limbah domestik. Sejumlah pengamatan lapangan telah menunjukkan indikasi tersebut.

Mekanisme aliran airtanah seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 9 B tersebut dapat dianggap mewakili sistem aliran air tanah di P. Karimunjawa dalam kerangka

hubungan Satuan geomorfologi perbukitan struktural, Satuan geomorfologi lereng landai perbukitan, Satuan geomorfologi dataran, dan Satuan geomorfologi dataran rawa.

Adanya sistem aliran airtanah dalam yang melalui media rekahan (terkekarkan), berdampak luas pada strategi pengelolaan sumberdaya air yang berkelanjutan. Dalam hal ini konsep pendekatan *conjunctive-used management* tak dapat diterapkan. Konsep ini pada dasarnya berangkat dari pemahaman siklus hidrologi, dimana berdasarkan konsep ini air permukaan dan air tanah dipandang sebagai satu-kesatuan. (Fetter, 1994). Salah satu contoh penerapan konsep ini adalah usaha pelestarian mata air adalah dengan melestarikan hutan yang terdapat pada daerah tangkapan hujan (*catchment area*) di bagian hulunya. Untuk daerah P. Karimunjawa, mengingat karakter struktur geologi yang diwakili oleh sejumlah sesar dan kekar yang sangat intensif, hal tersebut menyebabkan batas-batas geohidrologi disini melampaui batas topografi/morfologi yang tadinya diharapkan dapat diperlakukan sebagai batas daerah tangkapan hujan. Oleh sebab itu di daerah studi, fungsi tutupan lahan pada satuan geomorfologi perbukitan struktural yang berperan sebagai daerah tangkapan hujan menjadi penting dan bersifat vital bagi kelangsungan keberadaan sumber-sumber air yang selama ini dimanfaatkan oleh penduduk setempat.



Gambar 9. Model aliran air tanah kota Karimunjawa.

KESIMPULAN

Terdapat keterkaitan erat antara komponen satuan geomorfologi, tutupan lahan dan mintakat air tanah daerah penelitian. Sistem akuifer yang ada dapat berupa sistem rekahan dan sistem butiran. Air tanah dangkal umumnya terdapat pada sistem akuifer yang bersifat antar butiran, sedang untuk air tanah yang lebih dalam umumnya terdapat pada sistem akuifer yang bersifat rekahan. Lebih lanjut studi geolistrik dan hidrokimia menunjukkan adanya kemungkinan terjadinya peristiwa penyusupan air laut, terutama di daerah kota Karimunjawa.

Secara keseluruhan penelitian yang dilakukan masih bersifat pendahuluan. Bagi perencanaan pengembangan wilayah maritim yang bertumpu pada keberadaan sumberdaya air untuk pulau ini, selain sejumlah aksi seperti rehabilitasi hutan pada kawasan satuan geomorfologi perbukitan struktural, perlu dilakukan pendalaman studi mengenai kemungkinan penyusupan air laut, pencemaran limbah domestik potensi cadangan air tanah, dan

dampak perilaku penduduk (pembuatan tambak, penebangan hutan/ bakau dsb) yang berpengaruh terhadap tata air yang ada.

UCAPAN TERIMA KASIH.

Menutup bahasan studi singkat ini, penulis bermaksud menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh team kelompok studi sumberdaya air kawasan pesisir dan pulau kecil yang telah bekerja bersama, berdiskusi, dan memberikan masukan hingga penelitian ini dapat diselesaikan pada waktunya. Juga kepada Kepala Puslit Geoteknologi LIPI yang telah memberikan kepercayaan untuk melakukan kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bell, W., P. d'Ayala & P. Hein, 1990, Sustainable Development and Environmental Management of Small Island. Man and the Biosphere Series, Volume 5. Unesco and the Parthenon Publishing Group.

- D. Herman, Sidi F.H., (ed), 2000, An Outline of The Geologi of Indonesia, Ind. Assoc. of Geologist, Jakarta, 192 p.
- Dahuri, R., 1998, Pendekatan Ekonomi-Ekologis Pembangunan Pulau-Pulau Kecil Berkelanjutan, *dalam* : Prosiding Seminar dan Lokakarya Pengelolaan Pulau-Pulau Kecil di Indonesia. Kerjasama Departemen Dalam Negeri, Direktorat Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Kawasan - TPSA - BPPT - Coastal Resources Management Project (CRMP) USAID.
- Falkland, A.T., 1992, Small Tropical Islands, IHP Humid Tropics Programme Series no 2- Unesco, 50 p.
- Falkland, A.(ed) , 1991, Hydrology and Water Resources of Small Islands : A Practical Guide, IHP - Unesco, Paris, 435 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.
- Fetter C. W., 1994, Applied hydrogeology, 3^{ed} Macmillan College Pubh. Company Inc., New York, 691 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.
- 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.
- I.Hadi S., Subardja A., Saefudin ,1999, Penggunaan Foto Udara dalam rangka Optimalisasi Sumber Data Geologi bagi Perencanaan Penataan Wilayah Daerah Tasikmalaya Selatan, Bull. Geologi Tata Lingkungan, Vol.11 (2): 88 - 96.
- I.Hadi S., Z. Herryal, Anwar, E. T. Sumamadi, Tjiptasmara, A. 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.
- Matthess G., 1982, The Properties of Groundwater, John Wiley & Sons, New York, 406 p.
- Nayoan, G.A.S., 1975, Geology of Karimunjawa Island, Majalah Geologi Indonesia, Vol.2 (2): 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.
- Parkhomenko, E.I., 1964, Electrical Properties of Rocks, Plenum Press, New York, 300 p.
- Patra, H.P., & Nath, S.K., 1999, Schlumberger Geoelectric Sounding in Groundwater, A.A. Balkema, 153 p.
- 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.
- Van Benmellen R.W, 1949, The Geology of Indonesia, Martinus Nijhoff The Hague, Vol. IA.
- Van Zuidam R. A., & F. I. Cancelado, 1978, Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photographs, ITC Texbook, Enschede, The Netherlands, 172 p.
- Van Zuidam, R. A., 1983, Aspects of the Applied Geomorphologic Map of Indonesia, Bakosurtanal-ITCproject, Cibinong, 113 p (*unpublished report*).