

Thomas Triadi Putranto *), Kristi Indra Kusuma **)

Abstract

Groundwater is one of water resources that can be exploited to supply human being basic need because of its quality and quantity. Groundwater overexploitation can give negative impact to environmental equilibrium. Human activities such as groundwater overexploitation, civilization problems, coast reclamation and industrial area developments can give groundwater problems in urban area. Groundwater problems that can be happened such as surface flooding, sea water intrusion, land subsidence and groundwater pollution as the impact of human activities. Mitigations that can be conducted to minimize negative impact of groundwater overexploitation are by technical and nontechnical programs.

Key words: urban area, groundwater, groundwater overexploitation,

Pendahuluan

Air merupakan sumberdaya alam yang terbatas menurut waktu dan tempat. Pengolahan dan pelestariannya merupakan hal yang mutlak perlu dilakukan. Airtanah adalah salah satu sumber air yang karena kualitas dan kuantitasnya cukup potensial untuk dikembangkan guna memenuhi kebutuhan dasar makhluk hidup.

Airtanah merupakan salah satu komponen dalam peredaran air di bumi yang dikenal sebagai siklus hidrologi. Dengan demikian airtanah adalah salah satu sumberdaya alam yang dapat diperbaharui, tetapi hal ini tidak berarti sumberdaya ini dapat dieksploitasi tanpa batas. Eksploitasi airtanah yang tidak terkontrol dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap keseimbangan alam itu sendiri. Pengembangan sumber airtanah harus berdasar pada *konsep pengawetan*, yaitu memanfaatkan airtanah secara optimal, mencegah pemborosan dengan menjaga skala prioritas pemakaian dan menjaga kelestarian alam. Air merupakan komponen yang sangat penting bagi kehidupan di muka bumi. Sirkulasi suplai air di bumi juga disebut siklus hidrologi. Siklus ini berawal dari sistem energi matahari yang merupakan energi yang berperan cukup penting bagi siklus hidrologi memancarkan energinya sehingga air yang berasal dari danau, rawa, sungai maupun dari laut secara tetap mengalami evaporasi menjadi uap air yang naik ke atmosfer. Angin akan mengangkut uap air pada jarak yang sangat jauh dan akan berkumpul membentuk awan, setelah mengalami jenuh akan berubah menjadi butiran-butiran air. Butiran air yang jatuh ke permukaan bumi juga disebut dengan hujan. Turunnya hujan ke bumi ini mengakhiri siklus hidrologi dan akan dimulai dengan siklus yang baru.

Sifat Batuan Terhadap Airtanah

Berdasarkan perlakuan batuan terhadap airtanah, maka batuan (sebagai media air) dapat dibedakan menjadi empat (Hendrayana, H, 1994). yaitu :

1. Akuifer yaitu batuan yang mempunyai susunan sedemikian rupa sehingga dapat menyimpan dan mengalirkan air dalam jumlah yang berarti dibawah kondisi lapangan. Dengan demikian batuan ini berfungsi sebagai lapisan pembawa air yang bersifat *permeabel*. Contoh : pasir, batupasir, kerikil, batugamping dan lava yang berlubang-lubang.
2. Akuitar yaitu suatu tubuh batuan yang mempunyai susunan sedemikian rupa, sehingga dapat menyimpan air, tetapi hanya dapat mengalirkan dalam jumlah yang terbatas. Dengan demikian batuan ini bersifat semi permeabel. Contoh : pasirlempungan, lempungpasiran.
3. Akuiklud yaitu suatu tubuh batuan yang mempunyai susunan sedemikian rupa, sehingga dapat menyimpan air, tetapi tidak dapat mengalirkan air dalam jumlah yang berarti. Dengan demikian batuan ini bersifat kebal air. Contoh : lempung, lanau, tuf halus, serpih.
4. Akuifug yaitu suatu tubuh batuan yang tidak dapat menyimpan dan mengalirkan air. Dengan demikian batuan ini bersifat kebal air. Contoh: batuan beku yang kompak dan padat.

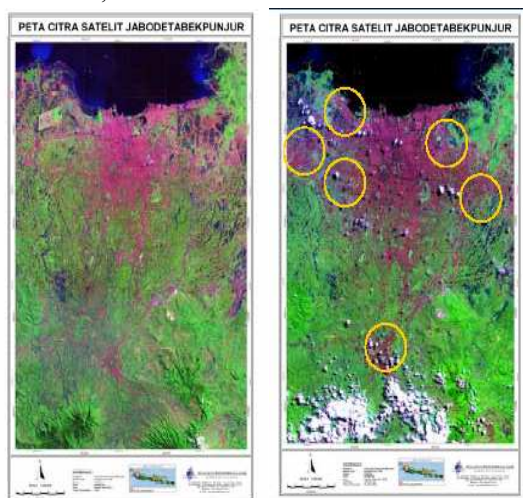
Beberapa kalangan membuat sedikit perbedaan antara seorang ahli hidrogeologi atau ahli rekayasa yang mengabdikan dirinya dalam geologi (geohidrologi), dan ahli geologi yang mengabdikan dirinya pada hidrologi (hidrogeologi). Berikut ini macam-macam kondisi suatu daerah berdasarkan tingkat pertumbuhan penduduk.

1. Daerah rural sering diidentikkan dengan daerah bukan perkotaan. Daerah ini terletak di daerah pinggiran pemukiman padat penduduk atau pinggiran kota. Daerah rural biasanya berupa daerah dengan kepadatan penduduk yang relatif lebih rendah daripada daerah kota. Daerah ini juga memiliki intensitas penggunaan airtanah yang relatif kecil. Daerah ini juga sering disebut dengan kawasan hijau karena kawasan ini belum mengalami perubahan tataguna lahan yang signifikan. Tataguna lahan pada daerah ini masih didominasi area perkebunan atau kawasan hutan dan belum banyak mengalami perkembangan bangunan biasanya berada di kawasan pergunungan disekitar kota-kota besar.

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Undip

**) Mahasiswa Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Undip

- Daerah Urban dan sekitarnya dicirikan dengan adanya ketidakseimbangan perkembangan antar kawasan serta tidak meratanya pusat-pusat pelayanan untuk masyarakat. Fenomena yang juga mewarnai perkembangan kota-kota besar lain tercermin di dalam struktur keruangan dan pola sebaran guna lahan di kawasan perkotaan. Guna lahan campuran (*mixed-use*) dijumpai di mana-mana, tidak hanya di pusat-pusat komersial dengan nilai lahan tinggi, tetapi juga di kawasan pinggiran yang relatif masih belum intensif tingkat perkembangannya. Urbanisasi ini terjadi pada kota-kota besar atau kota yang berkembang. Perkembangan kota ini menyebabkan peningkatan jumlah penduduk, sehingga kebutuhan akan air juga meningkat. Kebutuhan air yang meningkat menyebabkan orang yang dahulu menggunakan air sungai sebagai air baku beralih menggunakan airtanah yang mudah didapat dan kualitasnya yang lebih baik, sehingga banyak dilakukan penggalian atau pemboran sumur. Banyaknya penggunaan airtanah membuat muka airtanah menjadi semakin dalam dan timbul beberapa masalah akibat penyalahgunaan airtanah pada daerah urban. Daerah urban cenderung pada daerah pesisir pantai atau sekitar kawasan industri (lihat gambar 1) Anonim, 2004a.



Citra Landsat tahun 1990 Citra Landsat tahun 2002
 Sumber : Landsat

Gambar 1 Citra Landsat tahun 1990 dan daerah permukiman (berwarna merah) meluas, baik di DKI, Bogor, Tangerang maupun Bekasi, sementara area hutan menjadi lebih sedikit pada tahun 2002. (Adiningsih, E. S., 2007)

Pengaruh Lingkungan Geologi Terhadap Permasalahan Airtanah Pada Daerah Urban

Keberadaan air bersih di daerah urban menjadi sangat penting mengingat aktivitas kehidupan masyarakat kota yang sangat dinamis. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih tersebut penduduk daerah per-

kotaan tidak dapat menggandakan air dari sumber air langsung seperti air permukaan dan hujan karena kedua sumber air yang mudah dijangkau tersebut sebagian besar telah tercemar baik langsung maupun tidak langsung dari aktivitas manusia itu sendiri. Airtanah merupakan salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan tersebut, tetapi mempunyai keterbatasan baik secara kualitas maupun kuantitas. Selain itu pengambilan airtanah secara berlebihan tanpa mempertimbangkan kesetimbangan airtanah akan memberikan dampak lain seperti penurunan muka tanah, intrusi air asin dan lain-lain.

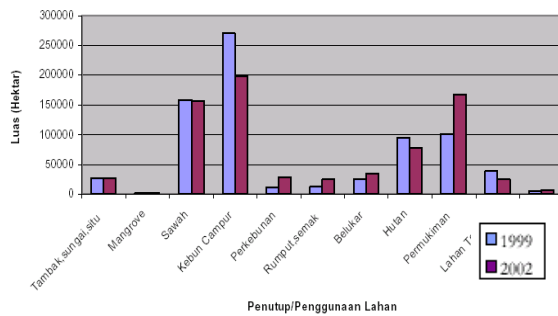
Topografi

Bentuk topografi pada suatu daerah dapat mempengaruhi airtanah pada daerah tersebut. Pesatnya pembangunan menyebabkan bertambahnya kebutuhan hidup, termasuk kebutuhan akan sumberdaya lahan. Kebutuhan lahan di kawasan perkotaan semakin meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan kegiatan sosial ekonomi yang menyertainya.

Daerah dataran rendah, yang merupakan daerah yang cenderung lebih cepat berkembang dibandingkan daerah yang memiliki topografi lebih tinggi. Penggunaan lahan di daerah dataran ini dari tahun ketahun mengalami perubahan yang mengarah menjadi daerah pusat kota, pemukiman, perkantoran, dan wilayah industri. Perkembangan ini merupakan gejala wajar dari perkembangan kota. Topografi yang berbentuk dataran ini dapat berfungsi sebagai daerah *discharge* karena frekuensi pengambilan airtanah yang relatif besar ini karena pada daerah ini perkembangan penduduk tumbuh pesat.

Daerah transisi, yaitu daerah antara topografi dataran tinggi dan dataran rendah, dapat berfungsi sebagai daerah *recharge* meskipun dalam jumlahnya relatif kecil, karena daerah ini masih memiliki kemampuan untuk meresapkan air (infiltrasi) yang relatif lebih tinggi daripada daerah dataran yang sudah tidak memiliki daerah resapan akibat pesatnya pembangunan. Daerah ini juga belum mengalami perubahan tataguna lahan yang cukup signifikan.

Daerah dataran tinggi, daerah ini terletak di lereng kaki gunung. Daerah lereng gunung ini dapat berfungsi sebagai daerah *recharge* yang cukup potensial, karena pada daerah ini tataguna lahan masih didominasi oleh hutan dan tidak ada perubahan lahan yang cukup signifikan sehingga airtanah lebih banyak meresap daripada mengalir sebagai *run off*. Sebagai contoh perubahan tataguna lahan yang terus berkembang dari tahun ketahun pada gambar 2.



Sumber: Statistik Lingkungan Hidup 2003, Badan Pusat Statistik, 2004

Gambar 2 Perubahan Penggunaan/Penutup Lahan 1992 dan 2002 Pada Daerah Jakarta (Anonim, 2004b)

Hidrologi

Iklim/curah hujan

Hujan merupakan faktor terpenting dalam analisis hidrologi. Hujan lebat dapat mengakibatkan kerusakan tanaman. Sebaliknya jika tidak ada hujan dalam waktu yang lama dapat mengakibatkan mengeringnya aliran sungai dan turunnya suplai air yang meresap ke dalam tanah yang merupakan sumber airtanah. Pendek kata, hujan dengan kejadian ekstrim, baik tinggi maupun rendah dapat menimbulkan bencana bagi makhluk hidup di bumi. Curah hujan rata-rata Indonesia disajikan pada tabel 1.

Analisis dan desain hidrologi tidak hanya memerlukan volume atau ketinggian curah hujan, tetapi juga distribusi hujan terhadap tempat dan waktu. Kejadian hujan dipisahkan menjadi dua grup, yaitu hujan aktual dan hujan rencana. Kejadian hujan aktual adalah rangkaian data pengukuran di stasiun hujan selama periode tertentu. Hujan rencana adalah hujan *hyetograph*, hujan yang mempunyai karakteristik terpilih. Karakteristik hujan yang perlu ditinjau dalam analisis dan perencanaan hidrologi meliputi :

- Intensitas (i), adalah laju hujan = tinggi air persatuan waktu, misal (mm/menit, mm/jam, mm/hari, atau mm/tahun).
- Lama waktu (t), adalah panjang waktu dimana hujan turun dalam menit atau jam.
- Tinggi curah hujan (d), adalah jumlah atau kedalaman hujan yang terjadi selama durasi hujan dan, dinyatakan dalam ketebalan air diatas permukaan datar, dalam mm.
- Frekuensi adalah frekuensi kejadian dan biasanya dinyatakan dengan kala ulang (*return period*) T, misal sekali dalam 2 tahun.
- Luas (A), adalah luas geografis daerah sebaran hujan (Suripin, 2004).

Tabel 1 Persentase Curah Hujan Tahunan Rata-Rata Wilayah Indonesia (Anonim, 2004b)

Wilayah	Curah Hujan Rata-rata (mm/tahun)				
	< 1000	1000-2000	2000-3500	3500-5000	>5000
Sumatra		6,2	71,5	21,5	0,8
Jawa		29,5	56,0	12,6	1,9
Bali dan Nusa Tenggara	12,0	69,5	16,3	2,1	
Kalimantan		4,7	66,3	29,0	
Sulawesi	0,8	30,9	66,1	23,0	
Maluku		26,4	71,9	1,7	
Papua		15,7	40,3	33,7	10,3
Indonesia	1,0	16,2	59,7	20,5	2,6

Sumber : Las, dkk, 1997

Air Permukaan

Air permukaan terdiri dari air yang ada di dalam danau, situ, waduk/resevoir buatan, dan yang mengalir di sungai. Berdasarkan studi Ditjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum pada tahun 1994, potensi air permukaan di Indonesia adalah sebesar 1.789 miliar m³/tahun. Potensi air tersebut tersebar di berbagai pulau, antara lain Papua sebesar 1.401 x 10⁹ m³/tahun, Kalimantan sebesar 557 x 10⁹ m³/tahun, dan Jawa sebesar 118 x 10⁹ m³/tahun. Air permukaan tersebar di berbagai badan air yaitu 5.886 buah sungai, 1.600 buah danau/situ, serta waduk dan rawa seluas 33 juta hektar. Hasil pengukuran rutin pada beberapa sungai besar di Indonesia yang dilakukan oleh Departemen Pekerjaan Umum menunjukkan bahwa pada umumnya volume air sungai cukup besar, yaitu di atas 1.000 juta m³ (lihat pada tabel 2). Hasil pengukuran tersebut mendapatkan tiga sungai yang mempunyai volume kurang dari 100 juta m³, yaitu Sungai Asahan di Sumatra Utara, Kali Pemali di Jawa Tengah, dan Sungai Palu di Sulawesi Tengah. Volume harian rata-rata dapat dilihat pada tabel 3.

Potensi air permukaan lainnya adalah danau dan situ. Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Departemen Pekerjaan Umum, Indonesia memiliki tidak kurang dari 1.600 danau dan situ dengan volume tampung total lebih dari 53 x 10¹² m³. Selain air permukaan, bumi Indonesia mempunyai potensi airtanah yang tersimpan di bawah permukaan dalam sistem akifer. Airtanah ini berasal dari proses infiltrasi yang besarnya kira-kira 10 persen dari rata-rata curah hujan tahunan. Penelitian Departemen ESDM menunjukkan bahwa Indonesia mempunyai potensi airtanah sebesar 485 x 10⁹ m³ per tahun yang terdiri dari airtanah bebas sebesar 472 x 10⁹ m³ dan airtanah tertekan sebesar 12,6 x 10⁹ m³. Dari potensi airtanah sebesar itu, sekitar 67 persen berada di Sumatra dan Papua (Anonim, 2004b).

Tabel 2 Rata-rata Harian Volume Air di Beberapa Sungai Tahun 2001 (Anonim, 2004b)

No.	Provinsi	Sungai	Lokasi	Volume Air (x 10 ⁶ m ³)
1.	Sumatra Utara	S. Sahau	1	83,46
		S. Gumbus	1	1.395,20
2.	Sumatra Barat	Bt. Kuantan	2	934,70 - 1.011,90
		Bt. Hari	1	7.201,90
		Bt. Pasaman	1	3.247,50
3.	Lampung	W. Tulang	2	2.182,00 - 3.647,00
		Bwng	1	580,00
		W. Seputih	1	1.121,00
4.	Jawa Barat	W. Sekampung	1	1.789,00
		W. Semangka	1	2.488,80
		Citarum	2	1.293,8 - 1713,4
		Cimanuk	1	976,00
5.	Jawa Tengah	Citanduy	1	81,85
		K. Pemali	2	134,03 - 21,92
6.	DI.Yogyakarta	K. Progo	5	855,9 - 13574
		B. Solo	18	130,1 - 9033,4
7.	Jawa Timur	K. Brantas	1	1.872,50
		Cisadane	3	1.765,5 - 2.710,3
		Ciujung	2	19,18 - 5.069,64
8.	Kalimantan Tengah	S. Barito	1	1.123,36
		S. Kapuas	2	730 - 2.599,71
		S. Kahayan	1	2.727,00
		S. Katingan	1	767,00
9.	Sulawesi Tengah	S. Mentaya	1	328,00
		S. Lamdau	1	2.976,90
		S. Tambalako	1	54,52
		S. Palu	1	2.168,00
		S. Buol	1	2.168,00

Sumber: Statistik Lingkungan Hidup 2003, BPS, 2004

Recharge

Daerah *recharge* merupakan daerah tangkapan air, biasanya daerah ini memiliki topografi yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang lainnya. Hujan yang turun sebagian air hujan akan meresap (infiltrasi) ke dalam tanah dan sebagian lagi akan mengalir di permukaan (*run off*) ke daerah yang lebih rendah, dan kemudian akan terakumulasi di danau atau sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Daerah *recharge* merupakan daerah yang sangat penting untuk mensuplai airtanah bagi daerah sekitarnya karena itu perlu diadakannya pelestarian atau adanya konservasi pada daerah *recharge*.

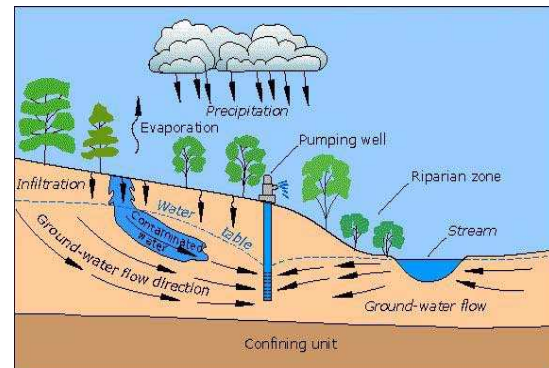
Penyebab Timbulnya Masalah Airtanah Pengambilan Airtanah

Pengambilan airtanah terjadi karena adanya pengaruh dari pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin tinggi, hal ini mengakibatkan kebutuhan akan air semakin besar. Kebutuhan air yang besar mendorong manusia untuk mencari pengganti air sungai yang merupakan sumber utama air bersih mulai tercemar oleh berbagai macam limbah. Sebagai pengganti air sungai, penduduk beralih menggunakan airtanah sebagai air baku untuk kebutuhan hidup. Sebagai imbas dari peralihan penduduk yang menggunakan air sungai ke airtanah sebagai air bersih, maka muncul banyak sumur-sumur gali dan dilakukan pemboran sumur untuk kegiatan industri yang memerlukan banyak air untuk melakukan proses produksi. Kegiatan eksplorasi airtanah yang berlebihan ini merupakan sumber utama timbulnya masalah airtanah pada daerah urban. Kebutuhan air terbesar berdasarkan sektor kegiatan dapat dibagi ke dalam tiga kelompok besar, yaitu kebutuhan domestik, pertanian (irigasi), dan industri. Pada tahun 1990 kebutuhan air domestic adalah sekitar 3.169 x 10⁶ m³, sedangkan angka proyeksi untuk tahun 2000

dan 2015 berturut-turut sebesar 6.114 juta m³ dan 8.903 juta m³. Dengan demikian, persentase kenaikannya berkisar antara 10 persen/tahun pada tahun 1990-2000 dan 6,67 persen/tahun pada tahun 2000-2015. Kebutuhan air terbesar terjadi di Pulau Jawa dan Sumatra karena jumlah penduduk dan industri yang besar.

Kependudukan

Sejalan dengan laju pertumbuhan dan penambahan penduduk, kebutuhan dengan akan semakin meningkat. Untuk ngimbangi angka pertumbuhan penduduk dan kebutuhan akan air bersih yang terus meningkat, maka harus segera mencari jalan keluar untuk memenuhi kebutuhan air bersih tersebut. Airtanah yang merupakan sumber utama air bersih penduduk lambat laun mulai tercemar oleh limbah-limbah berbahaya bagi kesehatan. Airtanah yang ideal adalah airtanah mengisi air sungai (*effluent*) kini menjadi airtanah diisi oleh air sungai (*influent*) yang cenderung rawan terhadap pencemaran. Aliran airtanah yang *influent* ini terjadi karena pengambilan airtanah yang berlebihan untuk memenuhi kebutuhan pada daerah aliran sungai. Pengambilan airtanah yang berlebihan dapat mengakibatkan turunnya muka airtanah yang melebihi muka air sungai, sehingga polutan yang berasal dari sungai dengan mudah masuk kedalam airtanah. Polutan yang mencemari airtanah dapat mengganggu kesehatan bagi yang mengkonsumsinya (lihat gambar 5) (Anonim, 2004b).



Gambar 5 Pencemaran Oleh Polutan Air Sungai (<http://groundwater.sdsu.edu/>).

Reklamasi Pantai

Pertumbuhan penduduk yang demikian pesat sementara lahan atau wilayah yang ada tidak bertambah, akan memberikan dampak kepadatan penduduk, yang akhirnya muncul perebutan penguasaan lahan, kebutuhan air, maupun dampak sosial lainnya. Oleh karena pemekaran kota ke arah daratan (horisontal) sudah tidak memungkinkan lagi. Alternatif yang ditempuh adalah pemekaran ke arah vertikal dengan membangun gedung-gedung pencakar langit dan rumah-rumah susun. Selain itu pemekaran kota dapat pula dilakukan ke arah lahan kosong dan berair dengan cara melakukan pengurugan.

Kawasan pantai merupakan daerah yang sangat potensial untuk dikembangkan. Dewasa ini daerah pantai digunakan untuk berbagai kepentingan seperti perumahan, pertanian, perdagangan, industri, dan pariwisata, dan juga sebagai basis kegiatan maritim seperti perkapalan, perikanan, dan pertambangan bawah laut. Keanekaragaman pemanfaatan kawasan pantai yang melibatkan berbagai instansi/lembaga baik pemerintah, swasta maupun LSM, tidak selalu kompatibel dan dapat menimbulkan konflik dan permasalahan bagi pengguna maupun pengambil keputusan (Suripin, 2004).

Perkembangan Kawasan Industri

Kawasan industri merupakan kawasan yang paling banyak menggunakan airtanah untuk melakukan proses produksi. Daerah sekitar kawasan industri ini merupakan kawasan padat penduduk. Sehingga kebutuhan akan air bersih juga akan berkembang sejalan dengan pertumbuhan penduduk pada daerah tersebut. Ini membuat penduduk sangat membutuhkan air bersih, padahal airtanah pada kawasan industri rawan terjadi pencemaran oleh limbah sisa hasil produksi. Berdasarkan Statistik Lingkungan Hidup 2003 (BPS, 2004 dalam Anonim, 2004b), jumlah industri utama yang menghasilkan limbah cair cenderung menurun. Beban limbah cair yang dibuang oleh banyak industri tersebut tidak dapat diprediksi karena tidak terdapat data kapasitas produksi. Air limbah yang dihasilkan oleh pusat-pusat industri dalam jumlah besar biasanya dibuang pada permukaan dalam bentuk padat atau berupa endapan lumpur. Usaha penanganan limbah industri biasanya dilakukan dengan pembuangan ke tempat tertentu di dalam tanah atau injeksi ke dalam akuifer air asin. Cara yang umum dilakukan adalah *sanitary landfill* yaitu suatu metode untuk menempatkan limbah di atas permukaan tanah tanpa menciptakan gangguan atau bahaya pada keselamatan dan kesehatan masyarakat dengan penggunaan prinsip keteknikan untuk membatasi limbah sampai daerah yang paling sempit, untuk mengurangi limbah menjadi volume yang terkecil dan menutupnya dengan suatu lapisan tanah yang pada akhirnya dapat dioperasikan setiap hari atau setiap saat jika dibutuhkan (Costa & Baker, 1981 dalam Putranto, T. T., 2000). Jumlah industri utama penghasil limbah cair tahun 2000-2002 dapat dilihat pada (tabel 3) Diperkirakan volume limbah cair industri yang dibuang ke perairan umum di Jakarta adalah 134 ribu m³ dengan kontribusi terbesar berasal dari industri pengolahan makanan (sekitar 86%).

Tabel 3. Jumlah Industri Utama Penghasil Limbah Cair Tahun 2000-2002 (Anonim, 2004b).

No.	Jenis Industri	Tahun		
		2000	2001	2002
1.	Makanan dan	4.661	4.544	4.551
2.	minuman	821	808	814
3.	Tembakau	2.027	1.897	1.892
4.	Tekstil	587	561	533
5.	Kulit	431	383	340
6.	Kertas	57	48	40

7.	Pertambangan	1.087	1.071	1.014
8.	dan Migas Kimia Karet	1.392	1.392	1.466
Total		11.063	10.704	10.650

Sumber : Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2003, BPS, 2004

Pemanfaatan Airtanah Yang Berlebih

Rob (air pasang)

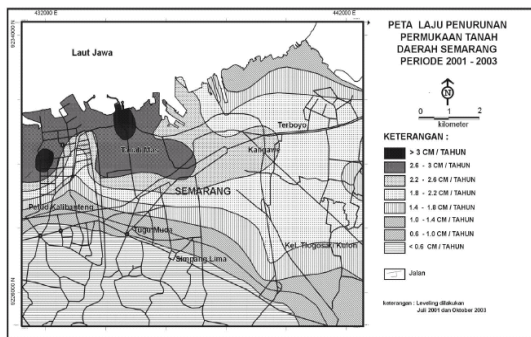
Naiknya permukaan air laut di dunia, dapat diindikasikan sebagai bertambahnya volume air laut akibat pencairan es di kutub yang mengakibatkan peningkatan volume air di dunia. Fenomena ini dapat diamati dengan penambahan tinggi muka air laut di kawasan pantai. Namun demikian, naiknya air laut di kawasan pantai dapat pula diakibatkan oleh adanya penurunan tanah pada satu bagian kawasan dan mengakibatkan pengaliran air ke bagian yang letaknya lebih rendah. Penurunan atau (*Land Subsidence*) ini terjadi karena pembangunan yang kurang memperhatikan aspek lingkungan. Hal ini dapat terjadi karena adanya pengambilan airtanah pada daerah sekitar kawasan pantai yang berlebihan tanpa melihat aspek lingkungan yang lain. Pengambilan airtanah ini menyebabkan turunnya muka tanah dan saat air pasang, air akan masuk ke daerah yang mengalami penurunan tersebut. Peristiwa air pasang ini juga terjadi di daerah Semarang, Stasiun Kereta Api Tawang yang dibangun 1864 tertera elevasi muka tanah 2 meter di atas muka air laut, gambar berikut merupakan dampak pengambilan airtanah secara berlebihan berupa banjir rob (Suripin, 2004).

Seperti umumnya terdapat di kota – kota pantai di Indonesia, pesisir pantai Semarang memiliki kekayaan sumber daya alam, menjadi pusat aktivitas pengembangan kegiatan, baik kegiatan perikanan, pertanian, industri, transportasi (pelabuhan, pelayaran, kereta api, transportasi darat, dan transportasi udara), pariwisata maupun permukiman. Efek dari tuntutan perkembangan yang tidak memperhatikan *human ecology* dan etika terhadap lingkungan, secara bertahap akan memberi dampak negatif bagi kota itu sendiri. Hal ini mulai dirasakan saat ini, yaitu dengan makin bertambah besarnya amblesan tanah pada beberapa kawasan di Semarang yang mengakibatkan genangan air di kawasan tersebut.

Amblesan

Salah satu akibat dari eksploitasi airtanah secara besar-besaran adalah penurunan muka airtanah. Amblesan tanah (*Land Subsidence*) tersebut merupakan fenomena alami karena adanya konsolidasi tanah atau penurunan permukaan tanah akibat pematangan lapisan tanah yang umurnya masih muda. Namun, amblesan itu dipercepat oleh adanya pengambilan air bawah tanah (ABT) yang juga menyebabkan intrusi air laut, pengerukan pelabuhan dan reklamasi pantai, serta akibat pembebanan tanah oleh bangunan-bangunan yang ada di atasnya. Pada tahun 2004 penurunan muka airtanah di daerah

Kapuk, DKI Jakarta, telah mencapai 60 m dan di Rancaekek, Kabupaten Bandung, 70 m di bawah permukaan tanah. Penurunan permukaan airtanah akan menyebabkan tekanan dari airtanah berkurang sehingga terjadi pemampatan lapisan batuan di atasnya. Dampak penurunan tanah akan lebih terlihat pada daerah yang memiliki beban berat di permukaannya. Di Semarang, penurunan tanah dijumpai di sekitar Genuk, stasiun kereta api Tawang, sampai ke Simpang lima (terlihat pada gambar 6) (Anonim, 2004b).

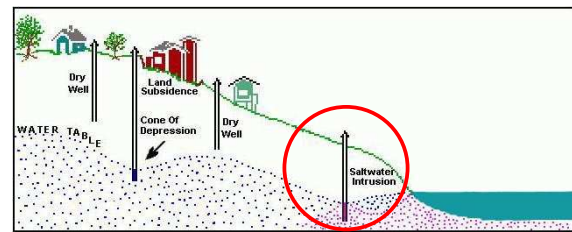


Sumber: Direktorat Tata Lingkungan Geologi Kawasan Pertambangan, Departemen ESDM, 2004

Gambar 6 Peta Penurunan Permukaan Tanah di Daerah Semarang (Anonim, 2004b).

Intrusi Air Laut

Intrusi air laut adalah masuk atau menyusupnya air laut kedalam pori-pori batuan dan mencemari airtanah yang terkandung didalamnya. Intrusi ini dapat disebabkan oleh pengambilan airtanah yang berlebihan sehingga pori batuan yang semula diisi oleh air tawar dapat terganti oleh masuknya air laut yang menyebabkan airtanah berubah menjadi air payau atau bahkan air asin. Daerah kritis pengambilan airtanah penyebarannya menempati daerah sekitar pantai yang sebagian besar merupakan kawasan industri dan membutuhkan suplai airtanah yang cukup besar kawasan tersebut meliputi daerah kawasan industri atau kawasan pesisir yang padat penduduk. Pengambilan ABT yang melebihi kapasitas menyebabkan hilangnya air di pori-pori tanah dan berkurangnya tekanan hidraulik. Akibatnya terjadi kerusakan tata airtanah. Hal tersebut ditunjukkan adanya penurunan muka airtanah dan semakin meluasnya sebaran zona airtanah payau/asin (intrusi air laut), dan amblesan tanah disekitar kawasan pesisir pantai yang merupakan kawasan padat industri atau padat pemukiman yang menggunakan airtanah dengan frekuensi yang cukup besar. Pengambilan air bawah tanah yang dilakukan dengan cara membuat sumur bor yang melebihi kapasitas menyebabkan hilangnya air di pori-pori tanah dan berkurangnya tekanan hidraulik. Akibatnya terjadi kerusakan tata airtanah, kerusakan yang terjadi meliputi kualitas airtanah itu sendiri. Airtanah bisa terasa payau bahkan asin. Hal ini dikarenakan air laut masuk melalui pori pori batuan yang airtanahnya dieksploitasi secara besar-besaran (lihat gambar 7) (Kurdi, S. Z., dkk., 2000)



Gambar 7 Intrusi Air laut (<http://www.groundwater.sdsu.edu>)

Pencemaran Airtanah

Pencemaran airtanah tidak lepas dari kualitas airtanah yang semakin lama semakin tercemar oleh berbagai polutan akibat pertumbuhan jumlah penduduk. Pengertian tentang kualitas air (baku mutu air) sangatlah penting, karena merupakan dasar dan pedoman untuk mencapai tujuan pengelolaan air sesuai dengan peruntukannya. Untuk itu, perlu suatu baku mutu air yakni keadaan ideal yang ingin dicapai, yaitu keadaan minimum yang harus dicapai serta keadaan maksimum yang boleh ditoleransi sesuai dengan peruntukannya. Sehingga baku mutu air dapat diartikan sebagai batas atau kadar makhluk hidup, zat energi, atau komponen lain yang ada dan harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang adanya dalam air pada sumber air tertentu sesuai dengan peruntukannya (Suratmo, 1995 dalam Putranto, T. T., 2000). Kualitas air adalah sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat, atau energi atau komponen lain dalam air. Kualitas air dinyatakan sebagai parameter kualitas air, misalnya pH, warna, temperatur, hantaran listrik, konsentrasi zat kimia, konsentrasi bakteri, dan sebagainya (Suratmo, 1995 dalam Putranto, T. T., 2000).

Pencemaran airtanah adalah berubahnya tatanan air di bawah permukaan tanah oleh kegiatan manusia atau proses alam yang mengakibatkan mutu air turun sampai ke tingkat tertentu sehingga tidak lagi sesuai dengan pemanfaatannya. Pencemaran airtanah pada saat ini merupakan suatu masalah yang tidak hanya terbatas pada negara industri saja, tetapi juga meluas pada negara berkembang, dimana industri tumbuh pesat bersamaan dengan meningkatnya jumlah penduduk dan urbanisasi ke beberapa kota besar (Soekardi, 1990 dalam Putranto, T. T., 2000). Pencemaran airtanah itu sendiri terjadi ketika air yang telah tercemar bercampur dengan airtanah. Pada awalnya masalah pencemaran airtanah disebabkan terutama oleh mikroorganisme patogenik, virus dan logam berat dari pertambangan. Namun sekarang sumber pencemaran airtanah juga meliputi bahan pelarut yang mengandung klor, pestisida dan bahan pencemar radioaktif (Shibasaki, 1995 dalam Putranto, T. T., 2000).

Mitigasi Untuk Meminimalkan Dampak Akibat Pengambilan Airtanah Yang Berlebih

Penghijauan

Kawasan *recharge* yang merupakan daerah tangkapan air yang berada pada kawasan yang memiliki topografi yang lebih tinggi juga terkena imbas pembangunan, sehingga daerah *recharge* mengalami perubahan fungsi. Perubahan ini terlihat dari pembangunan pada kawasan ini. Semula daerah ini banyak ditumbuhi pepohonan dan merupakan daerah perkebunan atau hutan yang berperan cukup besar untuk proses penangkapan air berubah searah dengan laju perkembangan penduduk. Untuk itu perlu diadakannya penghijauan pada daerah *recharge* yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air berfungsi kembali. Penghijauan ini tidak hanya dilakukan pada daerah *recharge* tetapi juga dilakukan pada sepanjang daerah pantai. Penghijauan di daerah *recharge* bertujuan untuk menangkap air. Daerah ini dapat berfungsi menjadi kawasan terbuka hijau jika letaknya pada bagian atas suatu daerah padat penduduk daerah ini akan menyimpan air hujan pada rongga-rongga tanah yang terbentuk dan mencegah *run-off* secara tiba-tiba. Sebagian air ini berperan mengairi dan sebagian lagi akan terserap dan masuk ke dalam tanah menjadi bagian dari cadangan airtanah (Yoshida 2001 dalam Anonim, 2004a). Air yang dapat dipakai kembali setelah diserap oleh tanah kawasan terbuka hijau dinilai sebagai konservasi sumber air. Diperkirakan tujuh persen air yang masuk ke pori-pori tanah akan menjadi airtanah yang penting sebagai persediaan air di masa depan (Keizrul 2005 dalam Anonim, 2004a). Penghijauan juga perlu dilakukan pada daerah pantai karena pada daerah ini juga rawan terhadap intrusi air laut.

Konservasi Airtanah

Menurut (Kodoatie. J. R., dkk, 2002) air merupakan sumber kehidupan bagi semua makhluk hidup, sedangkan komposisi air di bumi menunjukkan bahwa airtanah hanyalah sebagian kecil di bumi dari total volume air yang ada. Oleh sebab itu setiap kegiatan manusia yang mungkin dapat memberikan pengaruh negatif pada airtanah perlu dievaluasi secara mendalam.

Pada umumnya konservasi air bertujuan untuk meningkatkan jumlah air yang masuk ke dalam tanah dan membuat pemanfaatan air secara lebih efisien. Dengan demikian konservasi air sering dilakukan adalah dengan melalui cara-cara yang dapat mengendalikan besarnya evaporasi, transpirasi, dan aliran permukaan, bahkan beberapa penelitian menyatakan bahwa cara terbaik yang mungkin dilakukan untuk mengkonservasi airtanah adalah dengan cara mengendalikan aliran permukaan.

Cara konservasi ini dapat dikelompokkan menjadi :

1. Meningkatkan pemanfaatan dua komponen hidrologi, yaitu air permukaan dan airtanah.
2. Meningkatkan efisiensi pemakaian air untuk irigasi.

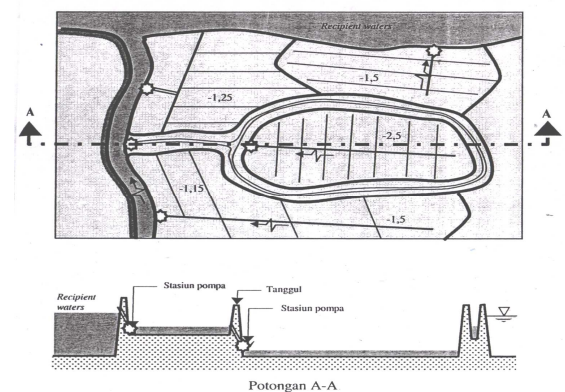
Pembuatan Sistem Drainase Khusus

Pembuatan sistem drainase khusus berupa pembuatan polder yang berguna untuk mengendalikan air permukaan. Polder* didefinisikan sebagai suatu kawasan atau lahan reklamasi, dengan kondisi awal mempunyai muka airtanah tinggi, yang diisolasi secara hidrologis dari daerah di sekitarnya dan kondisi muka air (air permukaan dan airtanah) dapat dikendalikan. Kondisi lahannya sendiri dibiarkan pada elevasi asalnya atau sedikit ditinggikan.

Dengan demikian, polder mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Polder adalah daerah yang dibatasi dengan baik, dimana air yang berasal dari luar kawasan tidak boleh masuk, hanya air hujan (dan kadangkadangkang air rembesan) pada kawasan itu sendiri yang dikumpulkan.
2. Dalam polder tidak ada aliran permukaan bebas seperti pada daerah tangkapan air alamiah, tetapi dilengkapi dengan bangunan pengendali pada pembuangannya (dengan penguras atau pompa) untuk mengendalikan aliran ke luar.
3. Muka air dalam polder (air permukaan maupun air bawah permukaan) tidak tergantung pada permukaan air di daerah sekitarnya dan dinilai berdasarkan elevasi lahan, sifat-sifat tanah, iklim, dan tumbuhan.

Komponen sistem polder harus direncanakan secara integral, sehingga dapat bekerja secara optimal. Tidak ada artinya membangun sistem drainase lapangan dan *outfall* yang sempurna dengan kapasitas tinggi, jika saluran tidak cukup mengalirkan air dari lapangan ke *outfall*, demikian juga sebaliknya lihat gambar 8 (Suripin, 2004).



Gambar 8 Sketsa Tipikal Sistem Polder, Daerah Yang Masuk Dalam Sistem Diisolasi terhadap Pengaruh Air Permukaan di Luar Sistem, Dengan Membuat Tanggul Keliling dan Saluran Pengalokasi. (Suripin, 2004)

* Kamus ICID : Polder adalah lahan rendah hasil reklamasi laut, atau badan air lainnya, dengan cara penanggulangan, dan sebagainya. Aliran permukaan didalam polder dapat dikendalikan dengan penguras atau pompa dan muka airtanah tidak tergantung pada muka airtanah wilayah di sekitarnya

Pengisian Airtanah

Pengisian airtanah (*ground water recharge*) berguna untuk menanggulangi defisit airtanah, telah banyak dipikirkan yang mengajukan konsep pengisian buatan (*artificial recharge*), misalnya dengan membuat genangan-genangan buatan yang bersumber dari air sungai (Todd, 1980 dalam Lubis, R.F., 2006), membuat kolam-kolam disekitar rumah, pemanfaatan pipa-pipa jaringan drainase yang porous guna meresapkan air hujan disekitar rumah, dan menyebarkan air pada lahan yang luas yang sekaligus untuk mengairi daerah pertanian (Mac Donald, 1969 dalam Lubis, R.F., 2006). Cara yang terakhir ini telah lama di praktikan di Jawa dan Bali yaitu pada lahan pertanian basah (sawah).

Pengisian airtanah buatan ke dalam waduk bawah tanah mempunyai kegunaan sebagai berikut :

1. Menyimpan kelebihan air permukaan di dalam akuifer.
2. Memperbaiki kualitas airtanah lokal melalui pencampuran dengan pengisian airtanah yang berasal dari air hujan.
3. Pembantuan tabir tekanan (*pressure barriers*) untuk mencegah intrusi air asin.
4. Meningkatkan produksi airtanah, baik untuk diminum maupun untuk keperluan lainnya.
5. Pengurangan biaya operasi pompa dengan meningginya muka airtanah.
6. Menegah terjadinya penurunan muka tanah (*land subsidence*).

Walaupun kegunaan pengisian airtanah buatan sangat banyak, namun tidak dapat di terapkan di sembarang tempat. Beberapa persyaratan fisik yang harus dipenuhi dalam pembuatan pengisian airtanah buatan antara lain :

- Tersedia kapasitas yang memadai. Lokasi muka airtanah saling berdekatan dengan muka airtanah lainnya tidak cocok untuk pembuatan pengisian airtanah buatan, demikian juga dengan tekanan piezometrik yang tinggi.
- Tersedia air yang cukup dengan kualitas yang memadai (lebih baik dari kualitas airtanah lokal).
- Tanah atau batuan pada lokasi mempunyai transmisibilitas atau permeabilitas cukup.

Pembuatan Daerah Resapan Airtanah

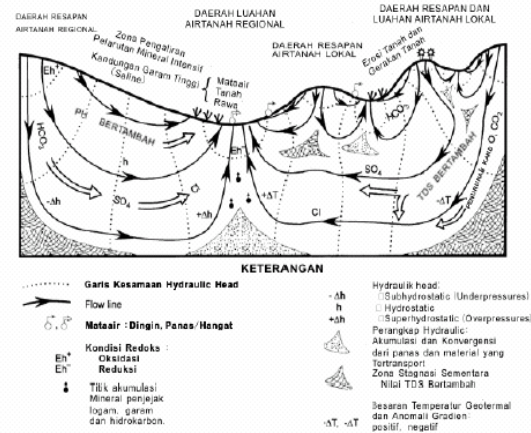
Menurut (Lubis, R.F., 2006) permasalahan sumberdaya air saat ini sudah menjadi suatu permasalahan yang sangat penting di Indonesia, khususnya pulau Jawa, Bali dan kepulauan Nusa Tenggara. Kebutuhan sumberdaya air yang terus meningkat tidak dapat diimbangi oleh siklus air yang relatif tetap. Perubahan lahan akibat tekanan aktifitas penduduk mengakibatkan perubahan badan air yang terbentuk di daratan.

Cara menentukan daerah resapan yang akurat

Ini perlu dilakukan dengan memahami model aliran airtanah terlebih dahulu. Untuk memudahkan, aliran airtanah dapat dibagi menjadi 3 klasifikasi yaitu :

1. Aliran airtanah regional
Ini adalah aliran airtanah secara umum, aliran ini berlangsung dalam satu siklus yang berada pada satu cekungan airtanah yang sama.
2. Aliran airtanah transisi
Dalam cekungan airtanah, ada suatu karakter dimana aliran dapat berfluktuasi mengikuti aliran regional atau lokal tergantung pada beberapa parameter alam yang ada. Karakter inilah yang disebut sebagai aliran transisi.
3. Aliran airtanah lokal
Aliran ini terbentuk akibat adanya perbedaan kondisi alam yang bersifat lokal yang mengakibatkan pola alirannya berbeda dengan pola umum (aliran airtanah regional).

Berangkat dari pemahaman ini maka penentuan daerah resapan airtanah haruslah menjadi lebih detail. Diperlukan konsep yang lebih baik. Yaitu penentuan daerah resapan dan luahan untuk ketiga klasifikasi aliran ini. Berangkat dari konsep (Toth, 1980 dalam Lubis, R.F., 2006), suatu konsep pemahaman secara lebih terintegrasi perlulah mengamati parameter fisika dan kimia yang ada secara alami pada pergerakan aliran airtanah itu sendiri. Ilustrasi secara detail dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 9 Konsep penentuan daerah resapan dan luahan airtanah (Lubis, R.F., 2006)

Gambar 9 menunjukkan konsep perubahan parameter kimia dan fisika airtanah. Kondisi ideal (digambarkan di wilayah sebelah kiri), menunjukkan pergerakan airtanah hanya dikendalikan oleh aliran gravitasi. Kondisi lainnya dimana pergerakan airtanah dikendalikan tidak hanya oleh gravitasi tetapi juga oleh kondisi topografi dan geologi dapat dilihat pada wilayah yang berundulasi di sebelah kanan gambar.

Kesimpulan

Dari hasil uraian permasalahan yang telah dibuat, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Airtanah adalah salah satu sumber air yang karena kualitas dan kuantitasnya cukup potensial untuk dikembangkan guna memenuhi kebutuhan dasar mahluk hidup. Airtanah merupakan salah satu komponen dalam peredaran air di bumi yang dikenal sebagai siklus hidrologi. Dengan demikian airtanah adalah salah satu sumberdaya alam yang dapat diperbaharui, tetapi hal ini tidak berarti sumberdaya ini dapat dieksploitasi tanpa batas. Eksploitasi airtanah yang tidak terkontrol dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap keseimbangan alam itu sendiri.
2. Terdapat 2 macam daerah hidrogeologi berdasarkan tingkat pertumbuhan penduduknya yaitu daerah Rural dan daerah Urban. Daerah Rural merupakan daerah dengan kepadatan penduduk yang relatif jarang, dan daerah Urban merupakan daerah yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi.
3. Lingkungan merupakan aspek yang memiliki mempengaruhi cukup besar atas terciptanya suatu kondisi airtanah pada daerah Urban. Faktor-faktor yang berpengaruh antara lain : topografi suatu wilayah, hidrogeologi yang ada pada suatu daerah, aktivitas yang menimbulkan masalah pada daerah Urban, dan dampak yang ditimbulkan karena pemanfaatan airtanah yang berlebih pada suatu kondisi daerah.
4. Mitigasi yang dilakukan untuk meminimalkan dampak akibat eksploitasi airtanah yang berlebih dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu dengan cara teknis. Metode ini dapat dilakukan secara alami dan buatan. Cara alami dilakukan dengan melakukan penghijauan pada daerah resapan air (*recharge area*) agar dapat meresapkan air lebih banyak dan penghijauan pada daerah sekitar pantai untuk mengurangi atau menahan intrusi oleh air laut. Konservasi airtanah dilakukan untuk meningkatkan jumlah air yang meresap ke dalam tanah. Sedangkan dengan metode buatan dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu pembuatan sistem drainase dengan sistem yang khusus, pengisian airtanah terlebih pada daerah pengisian (*recharge area*), pembuatan daerah resapan airtanah, dan pembuatan sumur resapan untuk cara yang paling sederhana. Perlunya penegakan hukum /*Law enforcement* bagi siapa saja yang telah merusak hutan yang merupakan daerah resapan airtanah yang potensial dan sumber-sumber air, sehingga mengganggu ketersediaan airtanah secara lestari.

Daftar Pustaka

1. Adiningsih, E. S., 2007, *Peran untuk Adaptasi dan Mitigasi Dampak Bencana Kekeringan*, . [Online, accessed 7 Desember 2007]. URL:http://www.pirba.ristek.go.id/str/Bencana%20Kekeringan_erna.pdf
2. Anonim, 2004a, *Aspek Tata Ruang*, <http://penataanruang.pu.go.id/ta/Lapan04/P2/Suurban/Bab3.pdf>.
3. ---, 2004b, *Bab 3 Air*, [Online, accessed 7 Desember 2007]. URL:<http://www.menlh.go.id/i/bab3%20air.pdf>.
4. URL:<http://www.penataanruang.net/taru/nspm/22/Bab3.pdf>.
5. Hendrayana, H., 1994, *Pengantar Model Aliran Airtanah*, FT UGM, Yogyakarta, tidak diterbitkan.
6. Kadri, T., 2003. *Partisipasi masyarakat dalam mewujudkan suplai Air bersih di perkotaan*. Makalah Pengantar Falsafah Sains, Program Pasca Sarjana / S3 Institut Pertanian Bogor, tidak diterbitkan.
7. Kodoatie, J. R., 1996, *Pengantar Hidrogeologi*, Andi, Yogyakarta.
8. Kodoatie, J. R., dkk., 2002, *Pengelolaan Sumber Daya Air Dalam Otonomi Daerah*, Andi, Yogyakarta.
9. Kurdi. S. Z., dkk., 2000, *Tipologi Bangunan Dan Kawasan Akibat Pengaruh Kenaikan Muka Air Laut Di Kota Pantai – Semarang*, [Online, accessed 9 Desember 2007]. URL:<http://sim.nilim.go.jp/GE/SEMI2/Proceedings/3.doc>.
10. Lubis, R.F., 2006 , *Bagaimana Menentukan Daerah Resapan Air Tanah*, [Online, accessed 7 Desember 2007]. URL:http://io.ppi.jepang.org/download.php?file=files/inovasi_Vol.6_XVIII_Maret_2006_page_78.pdf.
11. Matekohy. K., dkk., 2007. *Reklamasi Pantai Kota Semarang Kaitannya Dengan Banjir Rob Ditinjau dari Aspek Litologis, Geologis, serta Hidrologis*, Uji Presentasi Mata Kuliah Pengembangan Wilayah, Universitas Gajahmada, tidak diterbitkan.
12. Suharyadi, 1984, *Diktat Kuliah Geohidrologi, Jurusan Teknik Geologi*, FT UGM, Yogyakarta, tidak diterbitkan.
13. Suripin, 2004., *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Andi, Yogyakarta.
14. Putranto. T. T., 2000, *Zona Proteksi Airtanah*, Referat, Universitas Gajahmada, tidak dipublikasikan.
15. <http://groundwater.sdsu.edu/> [Online, accessed 7 Desember 2007].

