

GEOLOGI DAN PERMASALAHAN LINGKUNGAN : STUDI KRITIS TERHADAP DAMPAK EKSPLOITASI AIR TANAH

Endang Wiwik DH.
Jurusan Teknik Pertambangan UNSRI
Email : dyahastuti@yahoo.com

ABSTRAK

Air tanah merupakan kebutuhan vital manusia. Kebutuhan ini harus dikelola dengan baik, karena pemakaian yang berlebih, dapat mengakibatkan dampak lingkungan. Oleh karena itu, regulasi dalam penataan air tanah harus dilakukan dengan ketat. Jika tidak maka eksploitasi air tanah dapat menyebabkan dampak berupa penurunan permukaan tanah dan intrusi air laut.

Kata Kunci: air tanah, geologi, lingkungan, eksploitasi

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup dan kehidupan selalu memanfaatkan sumberdaya alam termasuk eksploitasi air bawah tanah. Air tanah sebagai kebutuhan konsumtif bagi manusia jumlahnya terbatas bergantung karakteristik, keterdapatannya. Pemakaian yang berlebih harus dikontrol agar dapat memberikan manfaat dan keberlanjutan.

Pengambilan air tanah seringkali memberikan dampak lingkungan. Oleh karena itu, pengenalan terhadap karakteristik geologi wilayah dan pengenalan karakteristik air tanah penting dilakukan. Dengan demikian, kita dapat terhindar dari masalah lingkungan yang mungkin terjadi.

1.2. Tujuan dan Manfaat

Tujuannya adalah untuk mengetahui dampak lingkungan yang terjadi akibat eksploitasi tanah berlebih atau tidak tepat lokasi. Manfaat dari penulisan ini adalah untuk mencegah terjadinya bencana alam

1.3. Batasan Masalah

Penulisan ini dibatasi pada penurunan permukaan tanah (*subsidence*) dan intrusi air laut menjadi pokok bahasan dalam tulisan ini. Selain itu data yang digunakan dalam tulisan ini berdasarkan data studi pustaka

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Tanah

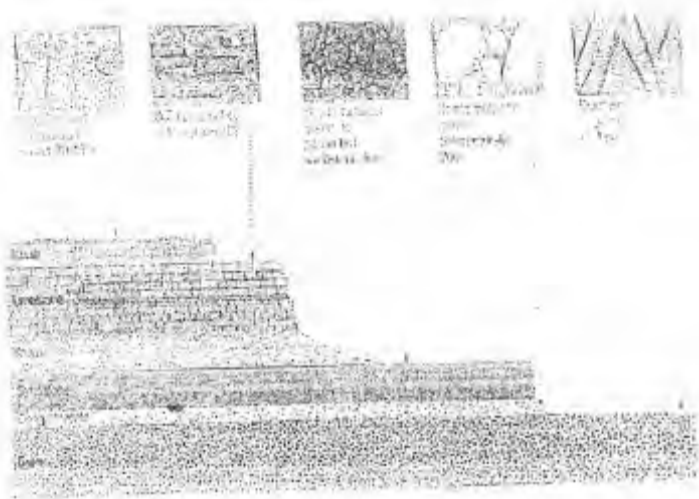
Pergerakan air dalam rongga pori batuan di bawah permukaan bumi merupakan proses geologi yang tidak mudah untuk diamati, karenanya perlu upaya untuk memahaminya. Air tanah (*groundwater*) merupakan bagian integral dari sistem hidrologi dan merupakan sumber daya alam yang vital. Untuk itu perlu diketahui karakteristik air tanah.

2.2. Karakteristik Air Tanah

Air tanah sesungguhnya merupakan bagian dari daur hidrologi, dimana air hujan yang jatuh di permukaan tanah, kemudian meresap (*infiltrasi*) dan bergerak sebagai aliran air tanah (*perkolasi*). Air hujan dapat masuk ke dalam tanah karena adanya rongga pori pada *solid bedrocks* atau material lepasan seperti tanah (*soil*), pasir dan gravel. Secara umum, terdapat empat tipe rongga pori (Hamblin dan Christiansen, 1995; Gambar 2.1), yaitu: (1) ruang antar butiran mineral, (2) rekahan (*fractures*), (3) rongga pelarutan (*solution cavities*), dan (4) *vesicles*.

Pada endapan pasir dan gravel rongga pori dapat mencapai 12 – 45% dari total volume. Bila diantara butiran kemudian diisi oleh butiran yang lebih kecil dan terisi oleh semen, maka porositas (*porosity*) menjadi tereduksi. Semua batuan terpotong karena rekahan dan pada batuan yang padat seperti *granite* dapat memiliki porositas yang signifikan bila dikontrol oleh rekahan. Aktivitas pelarutan terutama di batugamping membawa material terlarut membentuk lubang-lubang (*pits* dan *holes*). Beberapa batugamping

memiliki porositas yang sangat tinggi karena air dapat berpindah sepanjang rekahan dan bidang perlapisan pada batugamping. Aktivitas pelarutan membesarkan rekahan dan mengembangkannya menjadi gua (*caves*). Pada *basalt* dan batuan vulkanik, *vesicles* terbentuk karena terperangkapnya gelembung gas yang sangat mempengaruhi dalam porositas. Umumnya *vesicles* terkonsentrasi pada bagian permukaan aliran lava dan membentuk zona dengan porositas tinggi. Zona ini dapat terhubung oleh *columnar joints*.



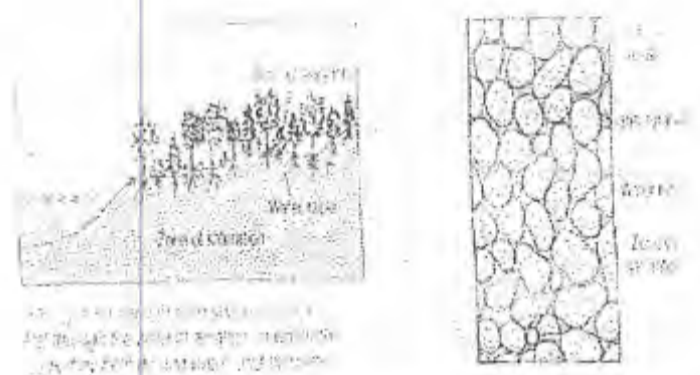
Gambar 2.1. Berbagai tipe rongga pori didalam batuan yang mengontrol mengalirnya air bawah tanah (Hamblin & Christiansen, 1995).

Selain porositas, maka kemampuan air mengalir sangat bergantung kepada permeabilitasnya. Permeabilitas (*permeability*) adalah kapasitas batuan untuk meloloskan fluida sangat beragam bergantung dari viskositas fluida, tekanan hidrostatis, ukuran bukaan dan terutama adalah tingkat bukaan yang saling terhubung (porositas efektif). Jika rongga pori sangat kecil, maka batuan dapat mempunyai porositas yang tinggi tetapi permeabilitasnya rendah karena air sukar melewati bukaan yang kecil.

Batuan yang umumnya memiliki permeabilitas tinggi adalah konglomerat, batupasir, *basalt* dan batugamping tertentu. Permeabilitas yang tinggi pada batupasir dan konglomerat dikarenakan rongga pori yang berada diantara butiran berukuran besar dan saling terhubung. *Basalt* dapat permeabel karena sering terekahkan dengan ekstensif yakni *columnar jointing* dan karena bagian atas dari aliran lavanya adalah *vesicular*. Batugamping terekahkan juga menjadi permeabel. Batuan dengan permeabilitas rendah adalah *shale*, *granite* yang tidak terekahkan, *quartzite* dan batuan padat dan kristalin lainnya.

Ketika air merembes kebawah permukaan, gravitasi menariknya turun dua zona tanah dan batuan. Zona

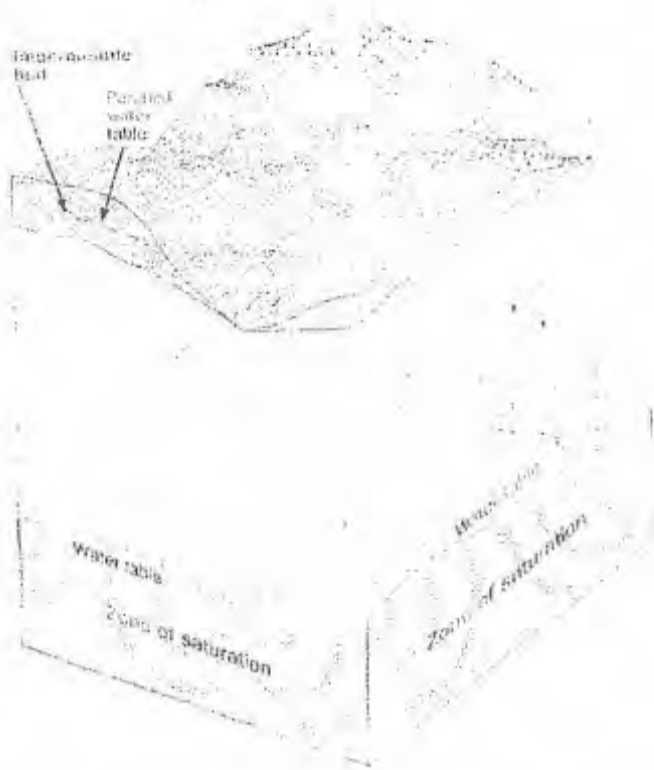
bagian atas (*upper zone*) adalah rongga pori didalam batuan yang hanya jenuh sebagian dan air berbentuk seperti lapisan tipis (*thin film*) yang melekat (*clinging*) pada butiran karena tarikan permukaan (*surface tension*). Pada zona ini rongga pori terisi sebagian oleh udara dan sebagian lain oleh air disebut sebagai zona aerasi (*zone of aeration*). Pada batas tertentu, semua bukaan akan terisi oleh air sehingga daerah ini disebut sebagai zona jenuh (*zone of saturation*). Permukaan air tanah merupakan bagian paling atas dari zona jenuh ini dan merupakan elemen penting pada sistem air tanah (Gambar 2.2).



Gambar 2.2. Permukaan air tanah adalah permukaan bagian atas dari zona jenuh air (Hamblin & Christiansen, 1995).

Terdapat hubungan antara permukaan air tanah dan permukaan topografi. Permukaan air tanah berkecenderungan mengikuti permukaan topografinya. Bila permukaan topografinya datar, maka permukaan air tanah juga akan datar. Bila permukaan topografinya bergelombang, maka permukaan air tanah juga akan bergelombang. *Perched water table* adalah air tanah (*groundwater*) yang terperangkap diatas permukaan air tanah karena keberadaan lapisan impermeabel seperti serpih pada zona aerasi (Gambar 2.3).

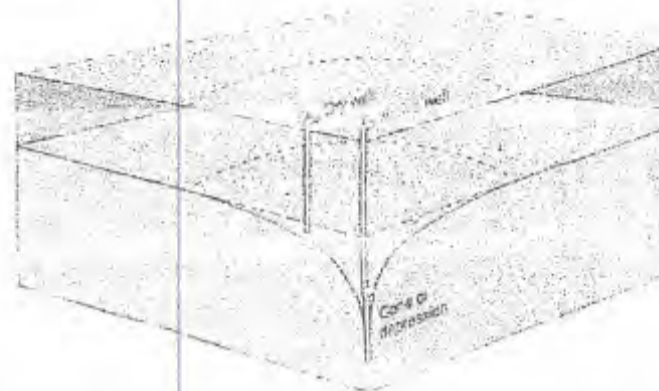
Dari gambar 3 diketahui bahwa perbedaan elevasi antar permukaan air tanah dikenal sebagai *hydraulic head*. Hal ini disebabkan karena air mengalir mengikuti bentuk topografi. Bila kita mengikuti perjalanan air, maka mulanya gravitasi menarik air dari zona aerasi menuju ke permukaan air tanah kemudian pergerakan turun terjadi karena gravitasi dari daerah dengan permukaan air tanah tinggi menuju daerah dengan permukaan air tanah rendah (danau, sungai, rawa-rawa). Secara mendasar, pergerakan air tanah mengarah kebawah karena terdorong untuk menuju daerah dengan tekanan yang lebih rendah.



Gambar 2.3. Pergerakan air bawah permukaan menuju daerah dengan bertekanan rendah (Hamblin & Christiansen, 1995).

2.3. Eksploitasi Air Tanah

Air tanah dieksploitasi dengan dua cara, yaitu dengan sumur gali dan sumur bor. Air mengalir dari rongga pori menuju sumur mengisi kedudukan permukaan air tanah dan selanjutnya ketika air dipompa keluar, maka permukaan air tanah mengalami penurunan (*drawn down*) disekitar sumur dalam bentuk kerucut (*cone of depression*). Jika air turun dengan cepat maka akan segera terisi kembali, kerucut depresi terus tumbuh hingga pada akhirnya sumur menjadi kering. Kerucut depresi disekitar sumur besar yang digunakan untuk kebutuhan rumah tangga dan pabrik industri dapat mencapai ratusan meter diameter. Semua sumur yang berada dalam kerucut depresi akan terpengaruh. Hal ini akan dapat memicu pertengkaran di kalangan masyarakat. Untuk itulah, simulasi model komputer berdasarkan data permeabilitas, arah pengaliran dan kedudukan air tanah seharusnya sudah dapat memperkirakan jumlah air yang keluar berdasarkan periode waktu tertentu (Gambar 2.4).



Gambar 2.4. Kerucut depresi pada permukaan air tanah terbentuk bila air mengalami penurunan yang lebih cepat dari pulihnya permukaan air tanah (Hamblin & Christiansen, 1995).

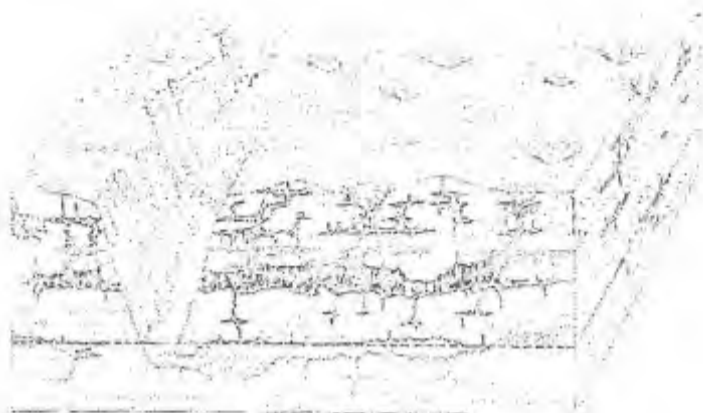
III. PEMBAHASAN

3.1. Penurunan Permukaan Tanah.

Penurunan permukaan tanah (*subsidence*) seringkali berkaitan dengan air tanah. Ada yang terjadi secara alamiah seperti perkembangan *sinkholes* di daerah topografi karst (Gambar 3.5), namun ada juga yang terjadi akibat eksploitasi air tanah berlebihan. Problem keruntuhan (*collapse*) berpotensi sukar untuk ditangani. Oleh karena itu pembangunan konstruksi perlu melakukan uji pemboran agar mengetahui kondisi bawah permukaan misal keterdapatannya gua-gua bawah tanah. Langkah yang dapat dilakukan bila mendapatkan gua-gua bawah tanah adalah dengan memompakan beton basah (*wet concrete*) kedalamnya, namun penanganan seperti ini sangat mahal. Di New Orleans, sebagian terbesar kota ini mengalami penurunan 4 meter dibawah permukaan laut. Penurunan secara luas diakibatkan oleh penompaan air tanah. Akibatnya sungai Mississippi mengalir 5 meter diatas kota dan bila hujan tiba maka airnya dipompa keluar kota sehingga memakan biaya yang sangat besar.

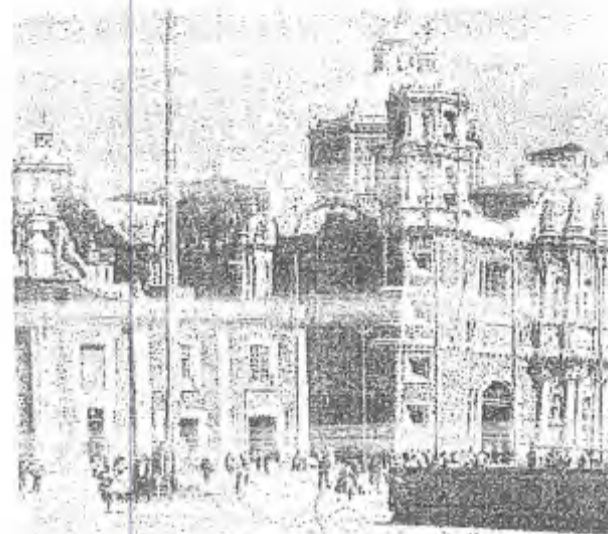
Untuk kasus di Jakarta, maka klaim bahwa penurunan permukaan tanah diakibatkan oleh eksploitasi besar-besaran dibantah oleh Kepala Dinas Pertambangan DKI Jakarta Peni Susanti. Dia mengatakan bahwa akibat eksploitasi air tanah hanya sekitar 17 persen, sementara 80 persen terjadi penurunan permukaan tanah disebabkan oleh beban bangunan. Data penurunan permukaan tanah di Jakarta Utara mengalami laju penurunan sebesar 2-8 sentimeter per tahun; di Jakarta Barat mencapai 2,2 sentimeter per tahun; di Jakarta Timur turun sekitar 1,5-3 sentimeter per tahun, sedangkan di di Jakarta Selatan turun hingga 2 sentimeter per tahun

(<http://www.korantempo.com/news/2005/2/26/Metropolitain/83.html>). Dari kasus di Jakarta sesungguhnya tidak dapat dipisahkan antara penurunan akibat pembebanan bangunan dan pemakaian air tanah berlebih. Keduanya saling berkait erat.



Gambar 3.5. Ketika sungai mengerosi dasar lembah lebih dalam maka terjadi penurunan permukaan air tanah. Air dalam kanal bawah tanah maka akan membentuk jalur baru. Jalur lama yang merupakan kanal bawah tanah terus mengalami pembesaran dan akhirnya runtuh membentuk *sinkholes* atau terisi oleh runtuhannya jatuhnya atau endapan gua (Hamblin & Christiansen, 1995).

Penurunan yang terjadi di Kota Mexico adalah bangunan dibangun diatas daerah yang dahulunya batuan danau (*lake-bed*). Formasi bawah permukaan terdiri dari lempung jenuh air, pasir dan debu vulkanik. Sedimen menjadi memadat ketika air tanah dipompa untuk keperluan domestik dan industri. Penurunan secara luas terjadi. Gedung opera mengalami amblesan lebih dari 3 meter setengah dari lantai pertama gedung berada dibawah permukaan tanah. Struktur besar lainnya juga mengalami pemiringan (Gambar 3.6).

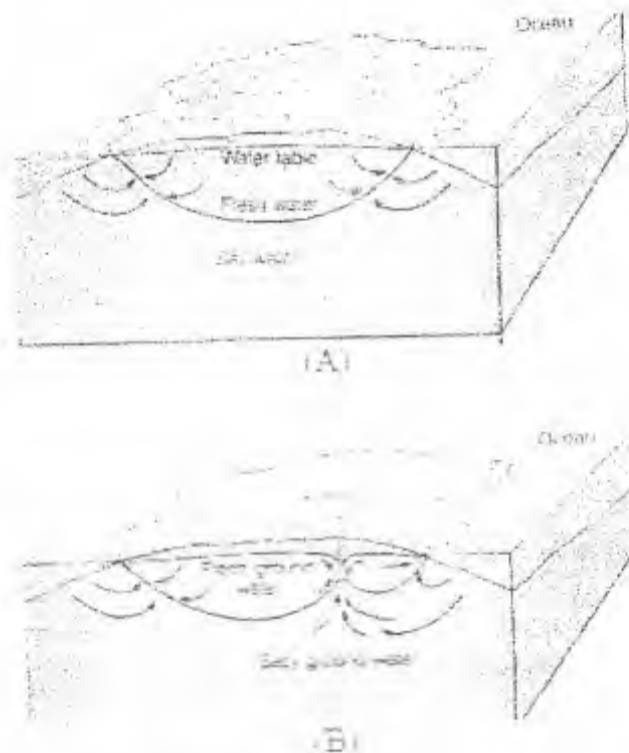


Gambar 3.6. Bangunan mengalami penurunan di kota Mexico hasil dari kompaksi setelah air bawah tanah dipompa dari sedimen tidak terkonsolidasi dibawah kota. Penurunan menyebabkan bangunan miring dan turun hingga lebih dari 2 meter (Hamblin & Christiansen, 1995).

Contoh lain, misal di Kota Semarang, penurunan tanah di Kota Semarang, menurut peta geologis berkisar antara 4 - 8 cm per tahun antara lain di Stasiun Tawang dan sekitarnya, Johar dan Genuk, Simpanglima, Tanah Mas, dan Marina. Jadi penurunan ini selain akibat eksploitasi air tanah, sesungguhnya terkait dengan batuan dasarnya yang terutama adalah aluvial (<http://www.suaramerdeka.com/harian/0406/17/kot03.htm>). Artinya problem penurunan ini banyak terjadi di wilayah dataran rendah terutama pembangunan kota pantai.

3.2. Intrusi Air Laut

Perlu dipahami terlebih dahulu hubungan antara air tanah dan air laut di wilayah pesisir. Pada daerah kepulauan atau daerah semenanjung dengan batuan porous yang bersinggungan dengan laut maka air tanah akan mengapung diatas air asin dibawahnya membentuk lensa air tanah (*lens-shaped body of groundwater*). Air tanah secara faktual mengambang diatas air asin dalam kondisi yang setimbang. Namun, pemompaan yang berlebihan akan membentuk depresi yang besar pada permukaan air tanah dan akan membentuk kerucut besar pada air asin (Gambar 3.7).



Gambar 3.7. Hubungan antara air tawar dan air asin.
 (A) Lensa air tanah tawar dibawah daratan mengopungkannya diatas air asin dibawahnya. (B) Air yang dipompa menyebabkan kerucut depresi pada permukaan air tanah dibagian atas lensa air tawar dan kerucut air asin menerobos masuk pada bagian dasar lensa air tawar (Hamblin & Christiansen, 1995).

Dari model pola hubungan antara air tanah dan air asin, maka masuknya air asin hingga menjangkau daratan terkait dengan eksploitasi air tanah. Walaupun untuk di daerah yang dipengaruhi oleh pasang-surut, air laut pun dapat menjangkau jauh ke darat, misal air asin yang dirasakan sebagian masyarakat Palembang.

Menurut aktivis lingkungan, Safrudin bahwa seluruh Kota Jakarta sudah mengalami intrusi air laut, kecuali di wilayah Jakarta Selatan. Namun pertanyaannya adalah apakah ini akibat eksploitasi besar-besaran dari utamanya industri dan hotel-hotel berbintang di Jakarta (<http://www.sinarharapan.co.id/berita/0706/04/jan02.htm>). Harus ada penelitian lebih lanjut terhadap permasalahan ini.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan diskusi diatas, maka kesimpulannya adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan manusia untuk pemakaian air tanah tidak terelakkan. Namun harus ada regulasi yang mengatur pengelolaan air tanah terutama di daerah dataran aluvial (kontrol geologi).

2. Sebagian kasus penurunan air tanah terkait dengan eksploitasi air tanah. Penyebab lainnya bisa karena pembebanan dari bangunan akibat kepadatan berlebih atau beban gedung-gedung pencakar langit
3. Intrusi air laut dapat disebabkan oleh eksploitasi air tanah besar-besaran, atau karena pengaruh pasang surut.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] (1). Hamblin, W.K. & Christiansen, E.H., 1995, *Earth's Dynamic System*, 7th Edition, Prentice Hall Inc., 710 h.
- [2] (2).<http://www.korantempo.com/news/2005/2/26/Metropolitan/83.html>.
- [3] (3).<http://www.sinarharapan.co.id/berita/0706/04/jan02.htm>.
- [4] (4).<http://www.suaramerdeka.com/harian/0406/17/kot03.htm>.