

DIK. RUTIN



LAPORAN KEGIATAN

KAJIAN PENYEBARAN AKUIFER DI KOTA SEMARANG

UPT-PUSTAK-UNDIP	
No. Daft:	496/14/UM/IT/c1
Tgl.	10/5/07

Oleh :

Ketua : Najib, ST  
Anggota : Fahrudin, ST

---

Dibiayai dengan dana DIPA Universitas Diponegoro Nomor : 0160.0/23-4.0/XIII/2006 Kode 0036 MAK 521114, sesuai dengan Perjanjian Tugas Pelaksanaan Penelitian Para Dosen Universitas Diponegoro, Nomor : 1625/J07.P2/PG/2006, tanggal 29 Mei 2006

PUSAT STUDI KEBUMIHAN  
LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS DIPONEGORO  
NOVEMBER, 2006

**IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN DIK RUTIN**

1. a. Judul Penelitian : Kajian Penyebaran Akuifer Di Kota Semarang  
b. Bidang ilmu : Teknik  
c. Kategori : Kebumian
2. Ketua Peneliti  
a. Nama Lengkap & Gelar : Najib, ST  
b. Jenis Kelamin : Laki-laki  
c. Pangkat/Gol/NIP : Asisten Ahli/IIIa/132309146  
d. Jabatan Fungsional : -  
e. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Geologi  
f. Bidang ilmu : Geologi Lingkungan
3. Jumlah Tim Peneliti : 2 orang
4. Lokasi Penelitian : Kota Semarang
5. Kerjasama dengan institusi lain :  
a. Nama : Pusat Lingkungan Geologi Bandung  
b. Alamat : Jln. Diponegoro Bandung  
c. Nama : CV. Selimut Bumi  
d. Alamat : Semarang
6. Jangka Waktu Penelitian : 6 (enam) bulan
7. Biaya yang dibutuhkan : Rp. 3.000.000,- (tiga juta rupiah)

Semarang, 29 Oktober 2006

Mengetahui :

Ketua Pusat Studi Kebumian



(Ir. Dwiyanto JS, MT)

NIP. 110025886

Ketua Peneliti



(Najib, ST)

NIP.132309146

Menyetujui,

Ketua Lembaga Penelitian



(Prof. Dr. Ign. Riwanto, SpBD)

NIP. 130 529 454

RINGKASAN  
KAJIAN PENYEBARAN AKUIFER DI KOTA SEMARANG  
Fahrudin, Najib  
2006, 28 Hal.

Kota Semarang telah mengalami penurunan tanah yang disebabkan pengambilan airtanah pada akuifer tertekan berlebihan. Maka diperlukan kajian penyebaran akuifer dan hidrogeologi yang bertujuan untuk mengetahui penyebaran akuifer secara lateral dan vertikal sehingga diketahui posisi muka airtanah pisometrik serta menjelaskan mekanisme hidrogeologi ketika terjadi penurunan tanah.

Kajian penyebaran akuifer dilakukan analisa data sekunder, verifikasi data, cheking data di Lapangan pada setiap Formasi Geologi. Data yang digunakan berupa data log bor dan uji mekanika tanah yang diperoleh dari PLG (Pusat Lingkungan Geologi) Bandung dan data pengukuran titik geolistrik dari CV Sigma Tiga Semarang. Cheking data di lapangan untuk mengetahui kondisi geologi dengan melakukan pengukuran struktur geologi, litologi dan posisi sumur bor serta daerah yang mengalami penurunan tanah. Kemudian dilakukan analisa SIG (sistem informasi geografis) untuk mengetahui zonasi penurunan tanah. Dari data-data tersebut kemudian dilakukan analisa penyebab penurunan tanah.

Sistem akuifer di Kota Semarang bersifat tidak bersambung antar sistem (*non continuous*) karena secara geologi dipisahkan oleh sistem formasi geologi dan struktur geologi yang berupa sesar. Sehingga secara hidrogeologi dapat dibagi menjadi 4 yakni : akuifer Endapan Kuarter, batupasir Formasi Damar, breksi vulkanik Formasi Kalibeng, dan produk Gunungapi Muda. Akuifer yang banyak dieksploitasi adalah akuifer Edapanan Kuarter, akuifer ini terbagi dua yaitu akuifer endapan delta garang dan laut kuarter. Akuifer ini berupa lensa – lensa batuan pasir berbutir sedang sampai kasar. Pada akuifer ini yang mengalami penurunan muka tanah (*subsidence*). Penurunan muka tanah dapat dijelaskan dengan fakta fenomena alam antara lain penurunan muka airtanah pisometrik pada akuifer tertekan dan proses hidrokompaksi, proses ini dipengaruhi dua faktor yaitu nilai angka pori ( $e$ ) dan densitas ( $G_s$ ). Di Semarang terjadi penurunan muka airtanah pisometrik yang telah membentuk kerucut muka airtanah sampai 20 m bml dengan rata-rata 0.7 – 1.1 m/tahun. Hidrokompaksi menyebabkan penurunan angka pori rata-rata 0.145 – 0.5 dan densitas  $0.009 \text{ gr/cm}^3 - 0.073 \text{ gr/cm}^3$ . Penurunan muka airtanah pisometrik dan proses hidrokompaksi menyebabkan laju amblesan tanah di Semarang berkisar 0.5 – 1.75 cm/tahun.

PUSAT STUDI KEBUMIHAN UNDIP

## Summary

Town of Semarang have experienced of the land subsidence that caused by intake groundwater in unconfined aquifer abundant. Hence needed the study of spreading of aquifer and hydrogeology which aim to know the spreading aquifer by lateral and vertical so that known the position of pisometric water table and also explain the mechanism hydrogeology when happened the land subsidence .

The study of spreading aquifer done by tha analysis of secondary data, verification data, cheking data in the field in each geology formation. That data is in the form of drilling log data and soil mechanics test obtained from PLG (Environmental Center of Geology) Bandung and data of geoelectric survey from limited partner (CV Sigma Tiga) Semarang. Cheking data in field to know the geology condition by measurement of geology structure, litologi and well position drill and also natural area of the land subsidence. Later then done by analysis SIG (geographical information system) to know the zonasi of land subsidence. From the data it then done by analysis of cause of the land subcidence.

The Aquifer in Semarang town have the character of do not joint between the system (non countinuous) because as geology dissociated by system of formation of geology and geology structure which is in the form of fault. So that by hydrogeology can divisible become 4 namely : sediment of quaternary, sandstone of Damar Formation, volcanic breccia of Kalibeng Formation, and young volcanic product. Aquifer which is a lot of exploited is sediment of quaternary, this aquifer is divisible two that is aquifer of deltaic sediment and the quaternary sea sediment. This aquifer in the form of lens of sandstone have grain size medium until coarse. This aquifer has the land subsidence. The land subsidence explainable with the experienced phenomenon fact for example degradation of pisometric water table at unconfined aquifer and process of hydrocompaction. That process influenced by two factor that is assess the pore number ( $e$ ) and specific gravity ( $G_s$ ). The degradation of pisometric water table formed the trapeze of water table until 20 m from sea level with the mean 0.7 - 1.1 m/years. Hydrocompaction cause the degradation of number of mean pore 0.145 - 0.5 and specific gravity  $0.009 \text{ gr/cm}^3$  -  $0.073 \text{ gr/cm}^3$  . The degradation of pisometric water table and process the hydrocompaction cause the fast of land subsidence around 0.5 - 1.75 cm/years.

## PRAKATA

Telah banyak yang melakukan penelitian mengenai penurunan tanah (subsidence), salah satu penyebab penurunan tersebut adalah eksploitasi airtanah yang berlebihan. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui konfigurasi akuifer di Kota Semarang. Ada pun judul penelitian ini adalah Kajian Penyebaran Akuifer di Kota Semarang. Penelitian dilakukan pada bulan Mei – November 2006.

Sebagai salah satu kelengkapan hasil penelitian adalah buku laporan akhir yang berisi hasil penelitian kajian penyebaran akuifer yang berfungsi sebagai informasi penting untuk penurunan tanah di Kota Semarang.

Saran dan kritik dari para pembaca diharapkan untuk meningkatkan hasil penelitian di masa mendatang. Ucapan terimakasih disampaikan kepada semua pihak yang terkait dan telah membantu kelancaran selama melaksanakan penelitian.

Semarang, November 2006

Peneliti

Fahrudin, ST

## DAFTAR ISI

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN .....	ii
RINGKASAN DAN SUMMARY .....	iii
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
I. PENDAHULUAN .....	1
II. METODE PENELITIAN .....	8
III. PENGOLAHAN DATA DAN HASIL .....	11
IV. PEMBAHASAN .....	21
V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	27
DAFTAR PUSTAKA .....	28
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Hasil interpretasi data geolistrik .....	11
Tabel 3.2. Hasil pengukuran titik pengamatan di Kota Semarang.....	17
Tabel 3.3. Hasil pengukuran titik pengamatan di Kota Semarang.....	17
Tabel 3.4. Hasil pengukuran angka pori di Tanjung mas dan Dinas Pertambangan.....	19

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Zona jenuh dan tidak jenuh air (Todd, 1980).....	5
Gambar 1.2. Hubungan penurunan tanah dengan penurunan muka airtanah pisometrik di San Jose, California (Poland dan Davis dalam Todd, 1980) .....	6
Gambar 1.3. Grafik tekanan intergranular dan hidraulik pada akuifer bebas overlay dengan akuifer tertekan (Poland, et al dalam Todd, 1980)	7
Gambar 2.1. Diagram alir metoda penelitian. ....	9
Gambar 3.1. Peta lokasi sumur bor, titik geolistrik dan geologi.....	12
Gambar 3.2. Penampang A – A' korelasi titik sumur bor.....	13
Gambar 3.3. Penampang B – B' korelasi titik geolistrik .....	14
Gambar 3.4. Peta penurunan tanah dan muka airtanah.....	16
Gambar 3.5. Grafik penurunan airtanah dari Tahun 1980 – 2000 .....	18
Gambar 3.6. Grafik penurunan tanah dari Tahun 1980 – 2000 .....	19
Gambar 3.7. Grafik nilai angka pori pada kedalaman tertentu di Tanjung mas	20
Gambar 3.8. Grafik nilai angka pori pada kedalaman tertentu di Dinas Pertambangan .....	20

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Data penampang sumur bor
2. Foto kegiatan
3. Daftar Riwayat Peneliti

## BAB I PENDAHULUAN

### I.1. LATAR BELAKANG MASALAH

Sihwanto, dkk, 2001 telah memprediksi laju amblesan tanah dalam laporan konservasi airtanah daerah Semarang dan sekitarnya. Prediksi laju amblesan tanah daerah Semarang ini berkisar antara 0,5 – 1,75 cm/tahun, yang meliputi daerah PRPP, Tanah Mas, STM Perkapalan, Kampung Peres, Purwoasari, Bandarharjo, Panggung Lor, Panggung Kidul, Tambaklorok, Pelabuhan Tanjungmas, Pengapon, Kaligawe, Wotgandul, Simpanglima dan P3B Jl. Singosari. Kecepatan penurunan tanahnya relatif tinggi meliputi : Tanah Mas, Bandarharjo, Stasiun Tawang, Pelabuhan Tanjung Mas dan Pengapon.

Penelitian yang dilakukan Marsudi, 2001 bahwa secara geologi, dataran Semarang tersusun oleh endapan aluvial sungai, endapan fasies dataran delta dan endapan fasies pasang-surut. Endapan tersebut terdiri dari selang-seling antara lapisan pasir, pasir lanauan dan lempung lunak, dengan sisipan lensa-lensa kerikil dan pasir vulkanik. Kondisi geologi seperti tersebut di atas memungkinkan terdapatnya potensi airtanah yang cukup besar. Keberadaan lapisan lempung lunak yang cukup tebal yaitu antara 2 - 30 m di bagian atas mempercepat terjadinya proses konsolidasi. Kebutuhan air minum untuk penduduk kota Semarang (1.974.392 jiwa), industri, dan lain-lain adalah sebesar 88.705.000 m<sup>3</sup> tahun (1996), yang sebagian besar diambil dari air bawah tanah. Karena besarnya pemompaan air bawah tanah di Semarang jauh melebihi kapasitas akuifernya, maka terjadilah penurunan muka airtanah yang mencapai 15 hingga 22 m dbpts (1996).

Tobing, dkk, 2000 dalam penyelidikan geoteknik 'Land Subsidence' Semarang, hasil evaluasi data bahwa penurunan yang terjadi di daerah Semarang berkisar antara 0,02 – 0,25 m pertahun. Penurunan (Amblesan) yang cukup besar terjadi dibagian utara yaitu di sekitar pelabuhan, pondok Hasanudin hingga selatan Stasiun Tawang yaitu sebesar 0,2 m/tahun. Daerah Semarang dibagi menjadi 4 zona amblesan, yaitu :

1. Zona amblesan > 0,2 m/tahun.
2. Zona amblesan 0,15 – 0,20 m/tahun.
3. Zona amblesan 0,10 – 0,15 m/tahun.

4. Zona amblesan < 0,05 – 0,10 m/tahun.

Dari permasalahan tersebut perlu dilakukan kajian penyebaran akuifer di Kota Semarang. Kajian penyebaran akuifer bertujuan untuk mengetahui penyebaran akuifer secara lateral dan vertikal sehingga diketahui posisi muka air bawah tanah. Kajian ini meliputi kajian data sekunder yang dikumpulkan dari instansi pemerintahan, pendidikan tinggi dan swasta.

## **II.2. PERUMUSAN MASALAH**

Perumusan masalah di daerah penelitian meliputi masalah geologi dan hidrogeologi penekanan untuk mengetahui sebaran akuifer secara lateral dan vertikal. Dari uraian tersebut, maka permasalahan dapat dibagi menjadi beberapa pertanyaan yaitu :

1. Bagaimana kondisi bawah permukaan dan kedudukan airtanah pada akuifer?
2. Bagaimana sebaran akuifer secara lateral dan vertikal?
3. Bagaimana hubungan antara penurunan tanah dengan posisi akuifer?

Dari perumusan masalah tersebut dan latar belakang penelitian maka dapat diambil judul penelitian yaitu “Kajian penyebaran akuifer di Kota Semarang”

## **I.3. TUJUAN DAN MANFAAT**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebaran akuifer secara horizontal dan vertikal dengan mengkorelasikan data log bor.

Manfaat penelitian sebagai berikut :

1. Kondisi bawah permukaan (akuifer) secara lateral dan vertikal untuk penelitian berikutnya..
2. Membantu pemerintah setempat untuk perencanaan, perancangan, pengembangan, pemanfaatan, pengelolaan dan pelestarian airtanah di daerah penelitian.

## **I. 4. DASAR TEORI**

### **I.4.1. Pembentukan dan terdapatnya airtanah**

Airtanah menurut Meinzer, 1942 dalam Suharyadi, 1984 adalah air yang mengisi rongga-rongga batuan pada jalur jenuh air. Waltz, J.P. 1969 dalam Cherry, J.

A., 1979 menyatakan bahwa airtanah sebagai air yang terletak di bawah permukaan bumi dalam zone jenuh air. Zone ini memiliki tekanan hidrostatik lebih besar atau sama dengan tekanan atmosfer. Todd, 1980 memberikan pengertian airtanah sebagai air yang memenuhi semua rongga yang ada pada suatu lapisan batuan. Airtanah adalah air yang dapat bergerak bebas mengisi pori-pori atau retakan-retakan dalam batuan dan sedimen di bawah permukaan dan akan muncul sebagai mataair, rawa atau menyebar langsung sebagai air permukaan seperti sungai, danau dan laut.

#### **I.4.2. Sifat batuan terhadap airtanah**

Berdasarkan perlakuan batuan terhadap airtanah, maka batuan dapat dibedakan menjadi empat (Suharyadi, 1984), yaitu :

1. **Akuifer**, yaitu batuan yang dapat menyimpan dan mengalirkan air yang berarti. Batuan ini berfungsi sebagai lapisan pembawa air yang bersifat permeabel. Contoh : pasir, batupasir, kerikil, batugamping dan lava yang berlubang-lubang.
2. **Akuitar**, yaitu batuan yang dapat menyimpan air tetapi hanya dapat mengalirkan air dalam jumlah yang terbatas. Batuan ini bersifat semi permeabel. Contoh : pasir lempungan, batupasir lempungan, lempung pasiran.
3. **Akuiklud**, yaitu batuan yang dapat menyimpan air tetapi tidak dapat mengalirkannya dalam jumlah yang berarti. Batuan ini bersifat impermeabel. Contoh : lempung, lanau, tuf halus, serpih.
4. **Akuifug**, yaitu batuan yang tidak dapat menyimpan dan mengalirkan air. Batuan ini bersifat kebal air. Contoh : batuan beku yang kompak dan padat.

Jenis-jenis akuifer dapat ditentukan berdasarkan perbedaan harga konduktivitas hidrolika lapisan batuan yang satu dengan yang lain. Dalam hal ini akuifer dibedakan menjadi 4 macam yaitu :

1. **Akuifer bebas**
2. **Akuifer setengah bebas**
3. **Akuifer tertekan**
4. **Akuifer setengah tertekan**
5. **Akuifer multilayer**

Airtanah selalu bergerak dari tempat yang mempunyai tekanan potensial tinggi

ke tempat yang bertekanan potensial rendah. Dengan demikian pergerakan akan terjadi, apabila terdapat perbedaan tekanan potensial antara dua tempat. Perbedaan tersebut menyebabkan adanya transformasi energi yang mengakibatkan terjadinya aliran air. aliran air tidak dipengaruhi posisi media alirnya.

Perhitungan matematis untuk aliran air melalui media berpori telah dirumuskan oleh Henry Darcy, 1856 dalam Hendrayana, 1993, sebagai berikut : (asumsi bahwa media berpori, homogen dan isotropis)

$$\frac{Q}{A} = q = -K \frac{(h_1 - h_2)}{l} = -K \frac{\delta h}{\delta l} \quad (1)$$

dimana :

q = *specific discharge* = kecepatan aliran persatuan luas

K = konduktivitas hidrolika akuifer

h = beda tinggi/beda tekanan potensial

l = panjang lintasan yang dilalui air

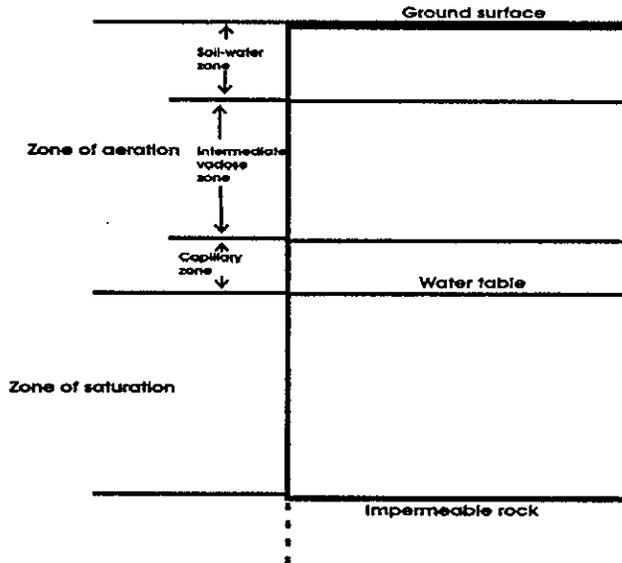
#### I.4.3. Penyebaran vertikal airtanah

Penyebaran vertikal airtanah terbagi dua zona (Gambar 1.4) yaitu zona tidak jenuh (*Zone of aeration*) dan zona jenuh (*zone of saturation*). Pada zona tidak jenuh lubang-lubangnya sebagian terisi oleh air dan sebagian terisi oleh udara. Sedangkan pada zona jenuh lubang-lubangnya sudah terisi oleh air dan punya tekanan hidrostatik.

Air pada zona tidak jenuh dapat dibagi menjadi tiga yaitu *soil water zone*, *intermediate vadose zone* dan *capillary zone*. *Soil water zone* terletak mulai permukaan tanah sampai zona akar tumbuh-tumbuhan. Kemudian dibawahnya adalah *intermediate vadose zone*, pada zona ini air bergerak vertikal turun. Pada zona ini terdapat 2 macam air yang disebut *pellicular water*, airnya tidak bergerak sebab tertahan oleh gaya higroskopis dan daya kapiler. Sedangkan yang lain bergerak vertikal turun karena adanya gaya berat dan disebut *gravitational water*. Zona terbawah disebut *capillary zone*.

Pada zona jenuh, seluruh lubang terisi oleh air. Di sini kesarangan merupakan ukuran air dalam satuan volume. Air pada zona ini tidak seluruhnya dapat diambil, sebagian air akan tertinggal disebut sebagai *retained water*, yang disebabkan karena

adanya tenaga molekuler dan tegangan permukaan. Air yang tertinggal dapat dinyatakan *specific retention* (Sr), kebalikan dari *specific retention* disebut *specific yield* (Sy) atau kesারণ efektif ialah perbandingan air yang dapat diambil dari batuan jenuh air dibandingkan dengan volume total batuan .



Gambar 1.1. Zona jenuh dan tidak jenuh air (Todd, 1980)

#### I.4.4. Penurunan Tanah dan Airtanah

Perubahan kondisi muka airtanah atau kelembaban bawah permukaan mungkin diakibatkan oleh penurunan permukaan tanah. Penurunan tanah dapat membuat kerusakan sumur dan masalah-masalah seperti kerusakan sistem drainasi, menyebabkan banjir, dan struktur bangunan air yang lain. Ada empat fenomena nyata yang dapat mengidentifikasi terjadinya penurunan tanah, antara lain : penurunan muka airtanah pisometrik, hidrokompaksi, dewatering pada tanah organik, dan formasi sinkhole.

##### 1. Penurunan muka airtanah pisometrik

Penurunan muka airtanah pisometrik hasil penelitian di San Jose, California, selama periode 15 tahun (1920-1935), setiap penurunan muka airtanah pisometrik 13 meter akan menyebabkan rata-rata penurunan tanah 1 meter (Gambar 1.2).

Mekanika tanah dapat menjelaskan fenomena penurunan pisometrik dengan *subsidence*. Berdasarkan diagram tekanan pada suatu akuifer tertekan overlay

dengan akuifer tidak tertekan (Gambar 1.3a), dimana total tekanan  $p_t$  di kedalaman tertentu adalah

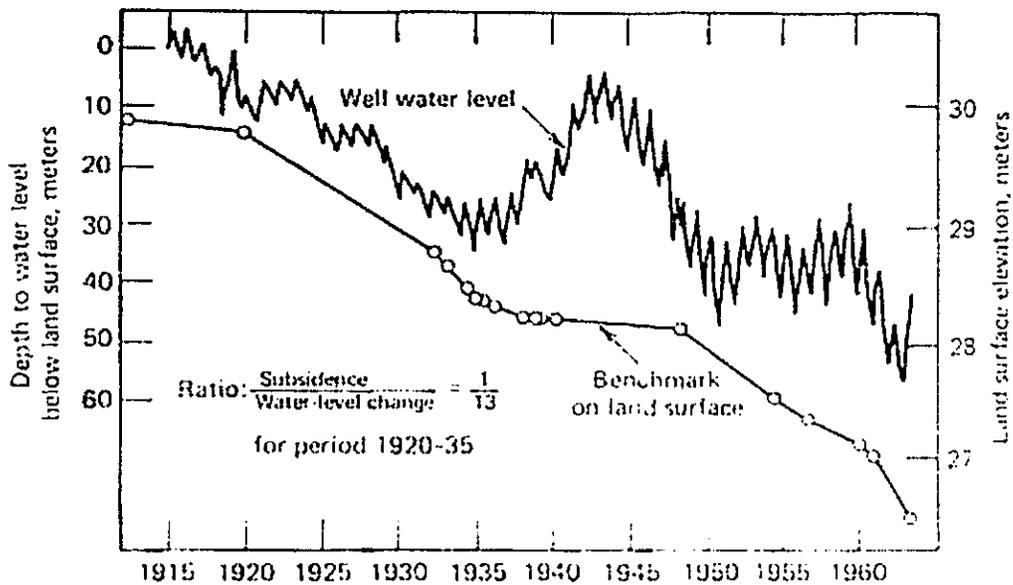
$$p_t = p_h + p_i \quad (2)$$

$p_h$  adalah tekanan hidraulik,  $p_i$  adalah tekanan intergranular, ketika pemompaan, pisometrik akuifer tertekan akan turun sedangkan sisa muka air pada lapisan kedap lempung tidak berubah, hal ini terpisah dengan akuifer, persamaan akan menjadi

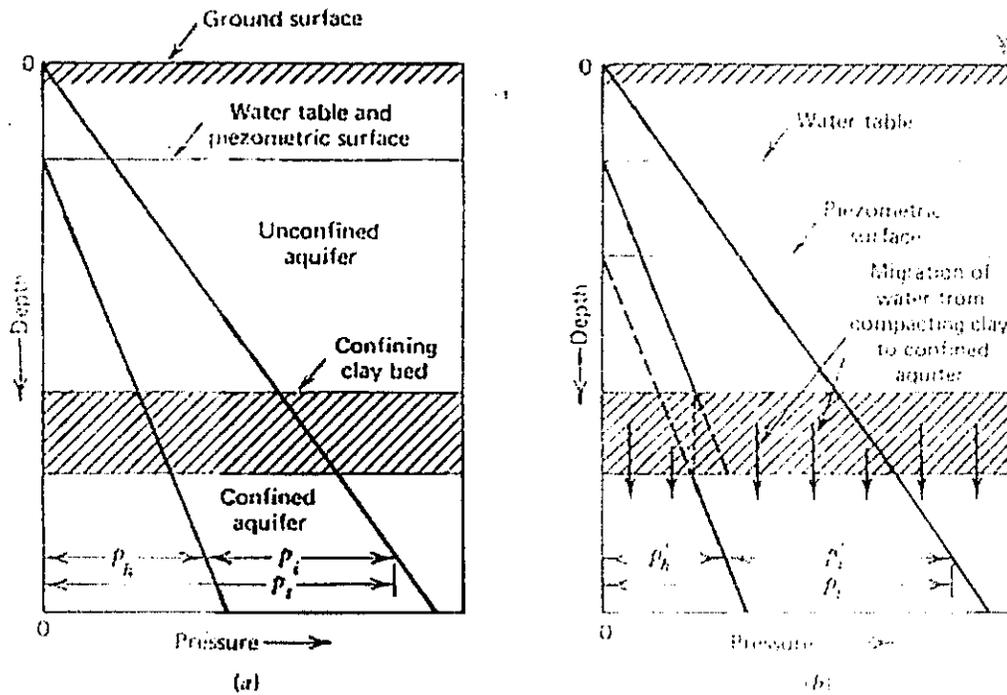
$$p_t = p_h' + p_i' \quad (3)$$

dimana  $p_h' < p_h$  dan  $p_i' > p_i$ , hal ini dikarenakan material lempung mengalami konsolidasi, tekanan intergranular bertambah ( $p_i' - p_i$ ) menyebabkan lapisan lempung mengalami kompaksi. Porositas berkurang, sementara air yang terkandung di dalam pori-pori lempung akan migrasi ke bawah masuk akuifer tertekan (Gambar 1.3b).

Ketebalan lapisan lempung berkurang menyebabkan penurunan tanah secara vertikal. Kompaksi merupakan fungsi dari ketebalan dan permeabilitas vertikal lempung, juga waktu dan besaran muka airtanah pisometrik dan mikrostruktur dari lempung. Karena endapan pasir dan gravel relatif tidak mudah mengalami pemampatan, bertambahnya tekanan intergranular tak berarti karena hal ini akibat dari akuifer sendiri.



Gambar 1.2. Hubungan penurunan tanah dengan penurunan muka airtanah pisometrik di San Jose, California (Poland dan Davis dalam Todd, 1980)



Gambar 1.3. Grafik tekanan intergranular dan hidraulik pada akuifer bebas overlay dengan akuifer tertekan (Poland, et al dalam Todd, 1980)

## 2. Hidrokompaksi

Penurunan permukaan tanah dapat juga diamati dari kandungan air di dalam jenis-jenis tanah yaitu kelembaban tanah berkurang. Berkurangnya kelembaban ditandai dengan kandungan pori (ruang kosong) yang tinggi dan densitas turun.

## 3. Dewatering pada tanah organik

Dewatering disebabkan antara lain penyusutan dari kelembaban, konsolidasi yang disebabkan oleh berkurangnya energi mengembang (terapung) airtanah, kompaksi akibat pekerjaan tanah, erosi angin, pembakaran dan oksidasi biokimia.

## 4. Formasi sinkhole.