

**SKRIPSI**

**ANALISIS KUANTITAS SUMUR PRODUKSI AIR TANAH  
PADA KABUPATEN POLEWALI MANDAR  
PROVINSI SULAWESI BARAT**

**Disusun dan diajukan oleh**

**MUH FAUZAN AZIM SIDDIQ  
D111 19 1041**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA**

**2024**



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****ANALISIS KUANTITAS SUMUR PRODUKSI AIR TANAH  
PADA KABUPATEN POLEWALI MANDAR  
PROVINSI SULAWESI BARAT**

Disusun dan diajukan oleh

**Muh Fauzan Azim Siddiq  
D111 19 1041**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian  
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 30 Agustus 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



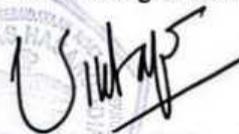
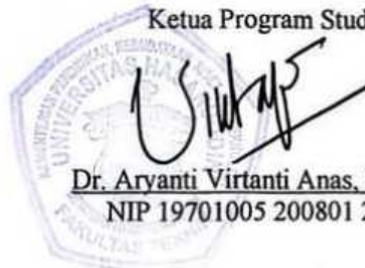
Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, MT  
NIP 19680718 199309 1 001

Pembimbing Pendamping,



Asta Arjunoarwan Hatta, ST., MT  
NIP 19951126 202204 3 001

Ketua Program Studi,

Dr. Aryanti Virtanti Anas, ST., MT  
NIP 19701005 200801 2 026



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Muh Fauzan Azim Siddiq  
NIM : D111 19 1041  
Program Studi : Teknik Pertambangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Analisis Kuantitas Sumur Produksi Air Tanah Pada Kabupaten Polewali Mandar  
Provinsi Sulawesi Barat}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 30 Agustus 2024

Menyatakan



Muh Fauzan Azim Siddiq



## ABSTRAK

**MUH FAUZAN AZIM SIDDIQ.** *Analisis Kuantitas Sumur Produksi Air Tanah Pada Kabupaten Polewali Mandar Provinsi Sulawesi Barat* (dibimbing oleh Muhammad Ramli dan Asta Arjunoarwan Hatta)

Aktivitas pemompaan yang dilakukan pada sumur uji di tiga desa di Kabupaten Polewali Mandar dengan tujuan untuk menganalisis karakteristik sifat hidrolik akuifer dan debit optimum masing-masing sumur. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode pompa bertahap dengan tingkat debit yang bervariasi dan pompa menerus dengan kecepatan debit maksimal. Tujuan dari pengujian ini adalah selain untuk menentukan karakteristik hidrolik akuifer sumur, juga termasuk kapasitas produksi, dan periode pengisian ulang setiap sumur serta untuk mengetahui debit optimum pada pemompaan untuk mengalirkan air bersih ke masyarakat sebagai salah satu jawaban atas permasalahan kelangkaan air bersih di beberapa daerah di Kabupaten Polewali Mandar Provinsi Sulawesi Barat. Prosedur pengujian melibatkan instalasi pompa *submersible* di dalam sumur dan pengukuran tingkat debit air yang dipompa serta tekanan di dalam sumur selama periode pengujian. Selama pengujian, tingkat debit air diukur setiap jam, sedangkan tekanan diukur setiap interval waktu tertentu menggunakan sensor alat *water level logger* yang terhubung ke sistem pemantauan data *software global logger II*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penurunan MAT terbesar pada desa Beroangin senilai 29,89 meter dengan waktu pengisian ulang 1 jam, kemudian desa Taramanu Tua senilai 20,12 meter dengan waktu pengisian ulang 70 menit, di desa Ambopadang senilai 6,33 meter dengan tingkat pengisian ulang selama 30 menit. Analisis Karakteristik sifat hidrolik akuifer diperoleh melalui uji pompa menerus dengan hasil untuk desa Beroangin diperoleh nilai perubahan level air ( $\Delta S$ ) 22,89, memiliki nilai transmisi (Transmisivitas) ( $6,15E-06$  m<sup>2</sup>/s), ukuran kemampuan material geologi menghantarkan air melalui retakan (Konduktivitas hidrolik) ( $6,15E-07$  m/s), desa Ambopadang diperoleh nilai ( $\Delta S$ ) 1,664, transmisi ( $9,341E-05$  m<sup>2</sup>/s), konduktivitas hidrolik ( $1,868E-05$  m/s), dan desa Taramanu Tua diperoleh nilai ( $\Delta S$ ) 7,83, transmisi ( $2,07E-05$  m<sup>2</sup>/s), konduktivitas hidrolik ( $2,07E-06$  m/s). Analisis debit optimum juga dilakukan untuk setiap sumur menggunakan perhitungan 60% dari debit maksimum. Hasil analisis debit optimum desa Beroangin  $Q_{maks}$  0,50 liter/detik dan  $Q_{opt}$  0,30 liter/detik, desa Ambopadang  $Q_{maks}$  1,37 liter/detik dan  $Q_{opt}$  0,82 liter/detik, dan untuk desa Taramanu Tua  $Q_{maks}$  0,91 liter/detik dan  $Q_{opt}$  0,55 liter/detik. Hasil ini memberikan wawasan yang berharga bagi manajemen sumber daya air di wilayah penelitian, serta untuk perencanaan dan pemeliharaan infrastruktur air yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Pemompaan, Karakteristik hidrolik, Debit optimum.



## ABSTRACT

**MUH FAUZAN AZIM SIDDIQ.** *Quantity Analysis of Groundwater Production Wells in Polewali Mandar Regency, West Sulawesi Province (supervised by Muhammad Ramli and Asta Arjunoarwan Hatta)*

*Pumping activities were carried out on test wells in three villages in Polewali Mandar Regency with the aim of analyzing the characteristics of the hydraulic properties of the aquifer and the optimum discharge of each well. The test was carried out using a gradual pump method with varying discharge rates and continuous pumps with maximum discharge speed. The purpose of this test was in addition to determining the hydraulic characteristics of the well aquifer, also including the production capacity, and the refill period of each well and to determine the optimum discharge for pumping to distribute clean water to the community as one of the answers to the problem of clean water scarcity in several areas in Polewali Mandar Regency, West Sulawesi Province. The test procedure involved installing a submersible pump in the well and measuring the level of pumped water discharge and the pressure in the well during the test period. During the test, the water discharge level was measured every hour, while the pressure was measured at certain time intervals using a water level logger sensor connected to the global logger II software data monitoring system. The test results showed that the largest MAT decrease was in Beroangin village, valued at 29.89 meters with a refill time of 1 hour, then Taramanu Tua village valued at 20.12 meters with a refill time of 70 minutes, in Ambopadang village valued at 6.33 meters with a refill rate of 30 minutes. Analysis of the characteristics of the hydraulic properties of the aquifer was obtained through a continuous pump test with the results for Beroangin village obtained a water level change value ( $\Delta S$ ) of 22.89, has a transmission value (Transmissivity) ( $6.15E-06$  m<sup>2</sup>/s), a measure of the ability of geological materials to conduct water through cracks (Hydraulic conductivity) ( $6.15E-07$  m/s), Ambopadang village obtained a value ( $\Delta S$ ) of 1.664, transmissivity ( $9.341E-05$  m<sup>2</sup>/s), hydraulic conductivity ( $1.868E-05$  m/s), and Taramanu Tua village obtained a value ( $\Delta S$ ) of 7.83, transmissivity ( $2.07E-05$  m<sup>2</sup>/s), hydraulic conductivity ( $2.07E-06$  m/s). Optimum discharge analysis was also carried out for each well using a calculation of 60% of the maximum discharge. The results of the optimum discharge analysis of Beroangin village are  $Q_{maks}$  0.50 liters/second and  $Q_{opt}$  0.30 liters/second, Ambopadang village is  $Q_{maks}$  1.37 liters/second and  $Q_{opt}$  0.82 liters/second, and for Taramanu Tua village is  $Q_{maks}$  0.91 liters/second and  $Q_{opt}$  0.55 liters/second. These results provide valuable insights for water resources management in the research area, as well as for sustainable water infrastructure planning and maintenance.*

*Keywords:* Pumping, Hydraulic characteristics, Optimum discharge.



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	<b>iError! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN KEASLIAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Air Tanah.....	4
2.2 Siklus Hidrologi .....	16
2.3 Limpasan Permukaan.....	19
2.4 Cekungan Air Tanah .....	20
2.5 Pemanfaatan Air Tanah.....	22
2.6 Jenis - Jenis Sumur.....	22
2.7 Uji Pemompaan ( <i>Pumping Test</i> ).....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Lokasi Penelitian .....	28
3.2 Variabel Penelitian .....	29
3.3 Bahan Uji dan Alat.....	29
3.4 Teknik Pengumpulan Data .....	34
3.5 Pengolahan dan Analisis Data.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	41
4.1 Analisis Pemompaan .....	41
4.2 Analisis Debit Maksimum dan Debit Optimum.....	52
4.3 Penampang Sumur Penelitian .....	53
4.4 Hubungan Pemompaan Bertahap, Pemompaan Menerus, dan Debit Optimum.....	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran .....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	56
LAMPIRAN .....	59



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Penyebaran vertikal air tanah .....	6
Gambar 2	Kedudukan tipe akuifer .....	11
Gambar 3	Profil akuifer bebas .....	12
Gambar 4	Profil akuifer tertekan.....	12
Gambar 5	Profil akuifer semi tertekan .....	13
Gambar 6	Proses perjalanan air dalam siklus hidrologi.....	17
Gambar 7	Potongan cekungan air tanah yang terdiri dari akuifer bebas dan akuifer tertekan .....	22
Gambar 8	Peta tunjuk lokasi penelitian .....	28
Gambar 9	Tampilan Pompa <i>submersible</i> .....	30
Gambar 10	Tampilan Generator.....	30
Gambar 11	Tampilan <i>Water level logger</i> .....	31
Gambar 12	Tampilan Meteran .....	31
Gambar 13	Tampilan <i>V notch</i> .....	32
Gambar 14	Tampilan <i>Stopwatch</i> .....	32
Gambar 15	Tampilan Laptop .....	33
Gambar 16	Pengambilan data dengan <i>Software global logger II</i> .....	33
Gambar 17	<i>Microsoft excel</i> .....	34
Gambar 18	<i>Software hydro geoanalyst 9.0</i> .....	34
Gambar 19	Penentuan sumur uji penelitian .....	35
Gambar 20	Penyiapan alat <i>water level logger</i> .....	35
Gambar 21	Pencatatan muka air tanah awal .....	36
Gambar 22	Aktifitas pemompaan dimulai .....	36
Gambar 23	Pencatatan hasil <i>recovery test</i> setelah pompa dimatikan .....	37
Gambar 24	Diagram alir penelitian.....	40
Gambar 25	Grafik pompa bertahap desa Beroangin.....	41
Gambar 26	Grafik debit dan penurunan muka air tanah desa Beroangin. ....	42
Gambar 27	Grafik pompa bertahap desa Ambopadang.....	43
Gambar 28	Grafik debit dan penurunan muka air tanah desa Ambopadang .....	44
Gambar 29	Grafik pompa bertahap desa Taramanu Tua .....	46
Gambar 30	Grafik debit dan penurunan muka air tanah desa Taramanu Tua .....	47
Gambar 31	Grafik uji pompa menerus desa Beroangin.....	49
Gambar 32	Grafik uji pompa menerus desa Ambopadang .....	50
Gambar 33	Grafik uji pompa menerus desa Taramanu Tua .....	51
Gambar 34	Penampang MAT dari ketiga sumur penelitian.....	53



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kriteria daerah cekungan air tanah (CAT) dan bukan cekungan air tanah (Non-CAT).....	20
Tabel 2. Tabel hasil debit dan penurunan MAT desa Beroangin.....	42
Tabel 3. Tabel hasil debit dan penurunan MAT desa Ambopadang.....	44
Tabel 4. Tabel hasil debit dan penurunan MAT desa Taramanu Tua.....	46
Tabel 5. Tabel nilai karakteristik akuifer setiap sumur.....	51
Tabel 6. Tabel nilai debit maksimum dan debit optimum setiap sumur .....	53
Tabel 7. Tabel nilai koordinat dan MAT setiap sumur penelitian .....	54



## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
$r_w$	Jari jari sumur (m)
CAT	Cekungan air tanah
K	Konduktivitas hidrolik (m/hari)
D	Tebal akuifer (m)
T	Transmisivitas ( $m^2$ /hari)
Q	Debit pemompaan ( $m^3$ /hari)
$\Delta S$	Koefisien perubahan level air (m)



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta lokasi penelitian.....	58
Lampiran 2 Data hasil pengukuran lapangan.....	60



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Kuantitas Sumur Produksi Air Tanah Pada Kabupaten Polewali Mandar Provinsi Sulawesi Barat” yang disusun sebagai salah satu syarat lulus Mata Kuliah Skripsi Departemen Teknik Pertambangan , Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan saran, masukan, serta dukungan baik secara moril dan materil kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Terima kasih banyak kepada kontraktor pengadaan reservoir di Kabupaten Polewali Mandar yang telah mempercayai untuk melakukan pemompaan pada sumur bor yang telah diselesaikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih banyak kepada Bapak Dr. Eng. Muhammad Ramli, M.T., selaku Kepala Laboratorium Lingkungan sekaligus sebagai pembimbing 1 dan Bapak Asta Arjunoarwan Hatta, S.T., M.T., sebagai pembimbing 2. Terima kasih banyak kepada Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, M.T dan Ibu Rizki Amalia, S.T., M.T selaku dosen penguji. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Pertambangan beserta segenap dosen dan staf administrasi Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penulis juga mengucapkan terima kasih banyak yang sedalam-dalamnya kepada Bapak Muh Siddiq Baco Mekkah dan Ibu Nuraeni Dahlan selaku orang tua yang tiada henti-hentinya memberikan do'a dan dukungan dalam bentuk apapun. Serta ucapan terima kasih banyak teman-teman igneouz 2019, teman-teman laboratorium lingkungan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan pengetahuan dan pengembangan wawasan khususnya mengenai analisis kuantitas air tanah menggunakan metode *Cooper Jacob and Theis Recovery*.



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Air mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Pertumbuhan penduduk dan kemajuan pembangunan menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan air bersih. Sementara itu, kerusakan lingkungan dan pencemaran telah menyebabkan sumber air bersih di permukaan terus berkurang. Sebagai solusinya, manusia mulai mengeksplorasi dan mengeksploitasi air bawah permukaan bumi (air tanah) untuk memenuhi kebutuhan terhadap air bersih (Budiman, dkk., 2013).

Sebelum masuk ke tahap eksplorasi dan pemanfaatan air tanah di suatu wilayah, sangat penting untuk mengetahui dan mempelajari formasi geologi di wilayah tersebut. Hal ini sangat diperlukan sebagai informasi awal untuk mengetahui keberadaan air tanah melalui penjelasan mengenai kedalaman, penyebaran, letak dan ketebalan batuan yang mengandung air tanah (akuifer) (Winarti, 2013). Informasi mengenai keberadaan air tanah tersebut dapat diperoleh dengan melakukan suatu penelitian di permukaan tanah. Beberapa metode penelitian permukaan tanah yang dapat dilakukan untuk mengetahui keberadaan air tanah, diantaranya metode geologi, metode gravitasi, metode magnetik, metode seismik dan metode geolistrik (Muharis dan Riswandi, 2010). Salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk menentukan keberadaan air tanah dan hasilnya cukup baik adalah metode geolistrik (Halik, 2008).

Air tanah sebagai salah satu bagian dari sumber daya air merupakan yang paling diminati oleh manusia. Air tanah berasal dari suatu formasi geologi yang dapat menyimpan dan meluluskan air dalam jumlah besar yang dikenal sebagai akuifer. Salah satu keuntungan yang diperoleh dalam menggunakan air tanah sebagai sumber kebutuhan yaitu variasi kualitas air tanah dari waktu ke waktu relatif stabil. Faktor yang mempengaruhi ketersediaan air tanah adalah luasnya luas bangunan, semakin berkurangnya hutan terus bertambah dengan meningkatnya populasi dan industri (Juandi dan Sarkowi, 2016).



Fenomena Ini dapat menyebabkan dampak pada sumber daya air tanah, sehingga distribusinya yang tidak merata disetiap daerah. Sebagian daerah dengan potensi air tanah yang besar, tetapi ada juga daerah dengan potensi yang kecil, tergantung dari besar kecil curah hujan, banyak sedikitnya vegetasi, kemiringan lereng serta derajat porositas dan permeabilitas batuan penyusun akuifernya. Laju pengambilan air tanah terutama untuk berbagai kebutuhan manusia merupakan faktor lain yang harus diperhatikan dalam konteks pengelolaan sumber daya air. Pengambilan air tanah yang berlebihan serta tidak diseimbangi dengan langkah konservasi yang tepat menyebabkan ketersediaan air tanah jangka panjang semakin menipis (Abduh, 2012).

Air merupakan suatu senyawa yang sangat penting bagi semua bentuk kehidupan di Bumi. Selain untuk dikonsumsi ketersediaan air juga sangat berperan dalam berbagai sektor kehidupan diantaranya penggunaannya dalam bidang pertanian, perkebunan, peternakan, industri dan sebagainya.

Lokasi areal permukiman di beberapa desa di Kabupaten Polewali Mandar Provinsi Sulawesi Barat ini memerlukan adanya sumber air bersih untuk memenuhi kebutuhan hidup maupun kebutuhan air irigasi. Pemenuhan akan kebutuhan air bersih dan air irigasi pada areal perkebunan tersebut merupakan faktor dan syarat yang sangat penting dalam pengembangan dan mendukung pertumbuhan ekonomi masyarakat di daerah. Menyadari akan arti pentingnya air bersih dalam kehidupan sehari-hari, maka dipandang penting untuk mengadakan penelitian untuk mengetahui debit optimum pada pemompaan untuk mengalirkan air bersih ke masyarakat sebagai salah satu jawaban atas permasalahan kelangkaan air bersih di beberapa daerah di Kabupaten Polewali Mandar Provinsi Sulawesi Barat. Pemompaan dilakukan dengan dua tahapan diantaranya uji pemompaan bertahap dan uji pemompaan menerus berupa pengukuran debit guna mengetahui seberapa besar debit yang digunakan untuk menghasilkan kondisi air yang relatif bersih dan sesuai dengan volume reservoir di masing-masing daerah.

Hal tersebut yang melatarbelakangi penulis untuk melakukan penelitian ini nahami seberapa baik sumur dapat memompa air dari dalam tanah.



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah yang akan diangkat ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana penurunan muka air tanah dan *recovery* pada masing-masing sumur yang diamati?
2. Bagaimana karakteristik sifat hidrolik suatu lapisan akuifer (transmisivitas, storativitas, dan konduktivitas hidrolik) dari masing-masing sumur?
3. Bagaimana besaran debit optimum dari masing-masing sumur?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis penurunan muka air tanah dan *recovery* muka air tanah dari masing-masing sumur
2. Mengetahui karakteristik sifat hidrolik akuifer (transmisivitas, storativitas, dan konduktivitas hidrolik) sumur pada daerah penelitian
3. Menentukan debit optimum air tanah yang akan diproduksi

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk menentukan kecepatan aliran dari pemompaan agar kapasitas produksi sumur cukup untuk memenuhi kebutuhan air yang diperlukan oleh masyarakat sekitar daerah penelitian. Adapun tujuan dalam bidang keilmuan untuk pengelolaan sumber daya air dalam wilayah pertambangan dalam menentukan kapasitas serta laju aliran air tanah di area tambang dan geoteknik untuk membantu mengidentifikasi perubahan dalam tekanan air tanah.

## 1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini berada di tiga desa di Kabupaten Polewali Mandar. Batasan penelitian berupa perencanaan reservoir yang diawali dengan pembuatan



or yang kemudian menghitung debit dan penurunan air menggunakan *global logger II*. Hasil perhitungan tersebut dilanjutkan menghitung debit menggunakan *software microsoft excel*. Data yang digunakan pada ini menggunakan data primer.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Air Tanah

Air tanah dan air permukaan merupakan sumber air yang mempunyai ketergantungan satu sama lain. Banyak sungai di permukaan tanah yang sebagian besar alirannya berasal dari air tanah, sebaliknya aliran air tanah merupakan sumber utama untuk imbuhan air tanah. Pembentukannya mengikuti siklus peredaran air di alam, yang mengalami perpindahan tempat secara berurutan dan terus menerus (Kodoatie, 2012). Jadi, air tanah merupakan air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan yang berada dibawah permukaan tanah.

Air tanah merupakan air yang terdapat di dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Air tanah termasuk salah satu komponen dalam daur hidrologi yang berlangsung di alam. Sumber air ini terbentuk dari air hujan yang meresap ke dalam tanah dan merembes melalui lapisan batuan, terutama lapisan pembawa air dalam satu cekungan air tanah yang berada di bawah permukaan menuju ke daerah lepasan. Proses ini dapat diartikan bahwa keterdapatannya air tanah berkaitan erat dengan kondisi lingkungan seperti iklim, geologi, dan vegetasi (Hardiyatmo, 2006).

Air tanah merupakan air yang terdapat didalam lapisan tanah atau batuan di permukaan tanah. Pengelolaan air tanah harus memperhatikan cakupan wilayah cekungan air tanah (CAT). Penentuan sumber air baku juga harus memperhatikan beberapa hal seperti kemudahan pengambilan, jarak transmisi ke pemakai, kemahalan konstruksi, dan lain-lain. Air tanah untuk air baku diambil dengan cara pengeboran. Dalam perencanaan sumur, ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan misalnya jenis akuifer daerah pemboran sebaiknya memiliki permeabilitas tinggi, jenis pompa dan debit air yang dibutuhkan. Air tanah adalah semua air yang terdapat di bawah permukaan yang dapat dimanfaatkan untuk sumber air bagi aktivitas kehidupan. Air tanah berasal dari air hujan dan air an yang terkumpul di bawah permukaan tanah, yang meresap (*infiltrate*) la ke zona tak jenuh (*zone of aeration*) dan kemudian meresap semakin



dalam (*percolate*) hingga mencapai zona jenuh air dan menjadi air tanah (Sutandi, 2012).

Air tanah dapat dimanfaatkan dengan mengalirkannya ke permukaan. Pada sumur akuifer bebas (*unconfined aquifer*), ketika dipompa level muka air akan turun, kemudian gravitasi menyebabkan air mengalir ke dalam sumur, dimana sedimen di sekitar sumur akan berkurang airnya. Akuifer bebas ini merupakan yang paling umum dijumpai, sehingga rawan terjadi kontaminasi dari kegiatan yang berlangsung di permukaan tanah. Pada akuifer tertekan (*confined aquifer*), akuifer ditindih oleh lapisan dengan permeabilitas rendah seperti lanau atau lempung. Lapisan tersebut dikenal sebagai *confining bed* yang sulit untuk mentransmisikan air dari akuifer. Pada akuifer tertekan, level air pada sumur akan lebih tinggi dibanding muka air tanah (*water table*), dimana sumurnya disebut sumur artesis (Moore, 2002).

Air tanah merupakan salah satu sumber air yang dapat dimanfaatkan oleh sebagian besar penduduk Indonesia untuk kebutuhan air minum. Pada umumnya air tanah terlihat jernih, akan tetapi ada saatnya air tanah terlihat keruh dan kotor jika di pengaruhi oleh zat pencemar. Air tanah yang jernih umumnya terdapat pada daerah pegunungan yang jauh dari sumber polutan. Penurunan kualitas air tanah umumnya disebabkan oleh aktivitas manusia yang menyebabkan pencemaran, walaupun kualitas air tanah secara alami tanpa gangguan manusia belum tentu selalu bersih (Notodarmojo, 2005 dalam Desaana, dkk., 2011).

Air yang tersimpan dalam tanah merupakan air tanah. Air tanah tersimpan di batu-batuan kedap air atau tersimpan pada lapisan batuan yang tidak kedap air, atau tersimpan dalam lapisan tanah. Air tanah merupakan air yang banyak mengandung garam dan mineral yang terlarut pada air dalam lapisan-lapisan tanah. Secara praktis air tanah merupakan air yang bebas polutan, hal ini dikarenakan air ini berada dibawah permukaan air tanah. Namun, tidak menutup kemungkinan juga bahwa air tanah ini dapat tercemar oleh zat-zat yang mengganggu kesehatan (Andy, 2016).

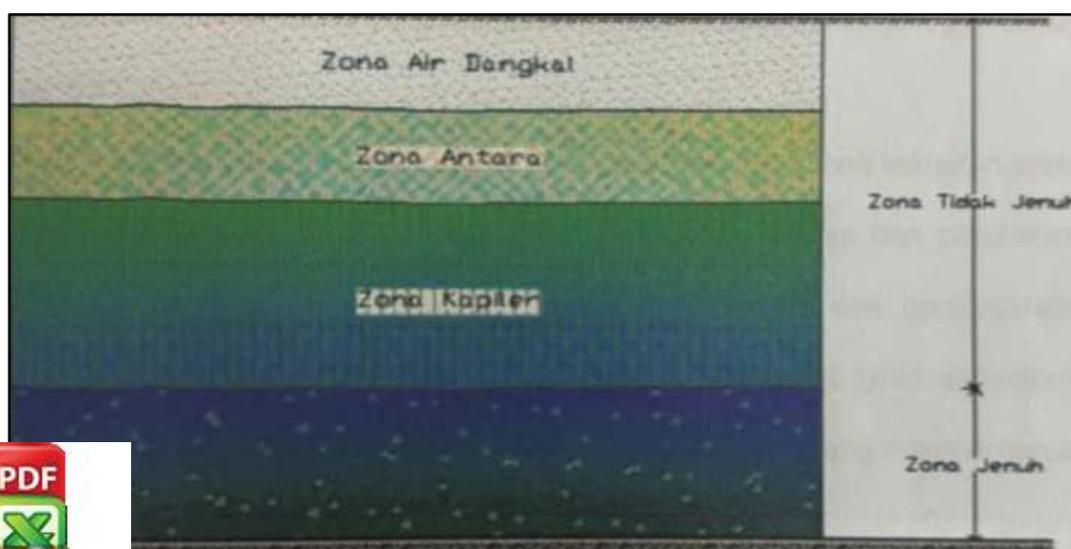


beradaan air tanah sangat tergantung besarnya curah hujan dan besarnya dapat meresap kedalam tanah. Faktor lain yang mempengaruhi adalah litologi (batuan) dan geologi setempat. Kondisi tanah yang bepasir lepas

atau batuan yang permeabilitasnya tinggi akan mempermudah infiltrasi air hujan kedalam formasi batuan. Dan sebaliknya, batuan dengan sementasi kuat dan kompak memiliki kemampuan yang untuk meresapkan. Dalam hal ini hamper semua curah hujan akan mengalir sebagai limpasan (*runoff*) dan terus ke laut. Faktor lainnya adalah perbuahan lahan-lahan terbuka menjadi pemukiman dan industri, serta penebangan hutan tanpa kontrol. Hal tersebut akan sangat mempengaruhi infiltrasi terutama bila terjadi pada daerah resapan (Usmar dkk., 2006).

Dibawah muka air tanah, tanah dalam kondisi jenuh air dan tekanan air pori adalah positif. Diatas muka air tanah, di dalam zona tanah dalam kondisi tidak jenuh dan tekanan pori adalah negatif. Perubahan tekanan pori akan merubah kuat geser tanah yang akan mempunyai pengaruh besar pada stabilitas lereng. Tanah terbagi menjadi dua zona yaitu zona tekanan pori positif dan negatif. Garis yang membagi kedua zona adalah garis permukaan air tanah, dimana tekanan hidrostatiknya sama dengan tekanan atmosfer (Hardiyatmo, 2006).

Zona jenuh (*Zone of Saturation*) semua rongga-rongga atau pori-pori berisi air. Bagian bawah dari zona jenuh merupakan lapisan kedap air, zona jenuh dapat berupa tanah liat atau batuan dasar. Air yang berada dalam zona jenuh dinamakan air tanah, Air yang terkumpul dalam zona ini adalah air yang ditahan oleh lapisan setempat terhadap gaya gravitasi (Bisri, 2012). Air yang berada dalam zona jenuh dinamakan air tanah, penyebaran vertikal air tanah dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Penyebaran vertikal air tanah (Asmaranto, 2012).



Tanah dalam sistem *liquid-in-solid* dan bukan *liquid-in-solid*. Meskipun begitu, karakteristik tanah sangat dipengaruhi oleh kadar air yang ada di dalam tanah. Selain perubahan volume, karakteristik-karakteristik lain seperti kekuatan, kemampatan, plastisitas, dan konduktivitas hidrolis berubah drastis sesuai dengan perubahan yang terjadi pada kadar air tanah (Wardana, 2011).

Air tinggal di dalam rongga-rongga tanah, karena itu perubahan pada kadar air tanah dapat terjadi dari perubahan proporsi air dan udara di dalam rongga tanah atau dari perubahan volume rongga tanah. Air yang tinggal di dalam tanah, bertahan dari gaya gravitasi dan penguapan. Penyimpanan air ini, disebabkan oleh gaya kapiler yang timbul dari tegangan permukaan pada tempat pertemuan udara dan air di dalam rongga tanah, atau oleh gaya-gaya permukaan yang mengikat molekul-molekul air (Wardana, 2011).

### 2.1.1 Proses Terbentuknya Air Tanah

Sumber utama air tanah adalah dari air hujan yang masuk melalui infiltrasi ke dalam tanah. Selain dari air hujan air tanah dapat juga berasal dari dalam tanah meskipun jumlahnya relatif sedikit. Proses pergerakan air dimulai dari proses penguapan air permukaan ke atmosfer dinamakan proses evaporasi dari tumbuhan dinamakan proses transpirasi dan proses gabungan dari keduanya dinamakan evapotranspirasi. Uap air yang terbentuk dari proses evaporasi, transpirasi dan evapotranspirasi tersebut bergabung dan akan membentuk awan setelah mencapai temperatur titik kondensasi (pengembunan) dan jatuh ke permukaan bumi sebagai presipitasi baik itu dalam bentuk hujan, salju, embun dan lain-lain. Sebagian air tersebut mengalir sebagai limpasan melalui berbagai bentuk badan air seperti sungai, danau, rawa dan kemudian masuk ke laut. Sebagian air yang lain mengalami infiltrasi dan perkolasi membentuk aliran bawah permukaan menjadi aliran tanah (Zain, 2012).

Air tanah merupakan sumber air tawar terbesar, mencakup kira-kira 30% dari total air tawar atau 10,5 juta km<sup>3</sup>. Air tanah terbentuk dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi dan meresap ke dalam tanah melalui pori-pori tanah dan akar

dan kemudian tertahan pada lapisan tanah membentuk lapisan yang ung air tanah (akuifer). Akhir-akhir ini pemanfaatan air tanah meningkat pesat, bahkan di beberapa tempat tingkat eksploitasinya sudah sampai



tingkat yang membahayakan. Air tanah biasanya diambil, baik untuk sumber air minum dan air bersih maupun untuk irigasi (Suripin, 2002).

Berdasarkan daur hidrologi tersebut dapat dipahami bahwa air tanah dapat berinteraksi dengan air permukaan serta komponen-komponen lain yang terlibat dalam daur hidrologi diantaranya bentuk topografi, jenis batuan penutup, penggunaan lahan dan lain-lain. Air tanah dan air permukaan saling berkaitan dan berinteraksi. Setiap aksi pemompaan, pencemaran terhadap air tanah akan memberikan reaksi terhadap air permukaan, demikian sebaliknya (Sutandi, 2012).

Dari daur hidrologi tersebut dapat dipahami bahwa air tanah berinteraksi dengan air permukaan serta komponen-komponen lain yang terlibat dalam daur hidrologi termasuk bentuk topografi, jenis batuan penutup, penggunaan lahan, tetumbuhan penutup, serta manusia yang berada di permukaan. Air tanah dan air permukaan saling berkaitan dan berinteraksi. Setiap aksi pemompaan, pencemaran terhadap air tanah akan memberikan reaksi terhadap air permukaan, demikian sebaliknya.

### 2.1.2 Jenis Air Tanah

Air tanah merupakan salah satu sumber daya air yang volume dan eksistensinya terbatas, serta kerusakannya dapat mengakibatkan dampak yang luas, dan upaya pemulihannya sulit dan mahal untuk dilakukan. Untuk itu maka sebelum dilakukan eksploitasi terhadap cadangan air tanah, harus dipahami terlebih dahulu jenis dan karakteristik dari pada air tanah yang akan dieksploitasi.

Ada beberapa jenis air tanah, yang pengklasifikasiannya berdasarkan letak dan kondisinya di dalam lapisan tanah. Jenis-jenis air tanah dapat dibedakan atas (Herlambang, 2005):

1. Air Tanah Freatis, merupakan air tanah dangkal, yang terletak di antara air permukaan dan lapisan kedap air (*impermeable layer*).
2. Air Tanah Artesis, merupakan air tanah dalam, yang terletak di antara lapisan akuifer dengan lapisan batuan kedap air (akuifer terkekang).

Tanah Meteorit, merupakan air tanah yang berasal dari proses presipitasi (jan) dari awan, yang mengalami kondensasi bercampur debu meteorit.



4. Air Tanah Baru (*Juvenil*), merupakan air tanah yang terbentuk dari dalam bumi karena intrusi magma. Air tanah juvenil biasanya ditemukan dalam bentuk air panas (*geyser*).
5. Air Konat, merupakan air tanah yang terjebak pada lapisan batuan purba sehingga sering disebut *fossil water*.

### 2.1.3 Muka Air Tanah

Dalam suatu cekungan air tanah, muka air tanah selalu dalam keadaan dinamis. Apabila penambahan air tanah sama dengan jumlah yang keluar, atau jumlah pengambilan air tanah, maka terjadi suatu keseimbangan. Dalam kondisi ini muka air tanah relatif tetap atau tidak berubah oleh waktu, dengan fluktuasi musiman pada kedudukan sekitar rata-ratanya. Kemudian akibat dari jumlah pengambilan air tanah yang melampaui kemampuan penambahannya, maka akan terjadi penurunan muka air tanah yang dapat membentuk kerucut muka air tanah terdepresi pada daerah dimana pengambilan air tanah intensif (BAPPENAS, 2006).

Perubahan kedudukan muka air tanah tak tertekan/dangkal sangat dipengaruhi oleh musim dan besarnya curah hujan. Hal ini ditunjukkan oleh naiknya muka air tanah dangkal sebagai akibat proses pengisian kembali pada musim hujan dan penurunan muka air tanah secara berangsur berlangsung pada musim kemarau. Sehingga indikasi adanya perubahan pola muka air tanah dangkal sebagai akibat pengambilan tidak dapat terlihat jelas. Sedangkan perubahan pola muka air tanah tertekan umumnya disebabkan oleh adanya pengambilan air tanah yang terus meningkat, terutama di daerah padat industri (BAPPENAS, 2006).

Kemerosotan kuantitas air tanah ditunjukkan oleh penurunan kedudukan muka air tanah. Perubahan jumlah air tanah yang terdapat dalam cekungan akan diikuti oleh perubahan kedudukan muka air tanah, oleh karena itu untuk mengetahui perubahan kuantitas dapat dilakukan melalui observasi penurunan muka air tanah. Kedudukan muka air tanah dapat diperoleh dari pengukuran muka air tanah pada sumur gali dan sumur bor terpilih. Sedangkan untuk mengetahui perubahan muka air tanah, dilakukan melalui analisis data rekaman muka air tanah menggunakan alat *water level logger* pada sumur pantau.



### 2.1.4 Karakteristik Akuifer Air Tanah

Air tanah merupakan bagian dari siklus hidrologi yang berlangsung di dalam, serta terdapat dalam batuan yang berada di bawah permukaan tanah meliputi ketersediaan, penyebaran dan pergerakan air tanah dengan penekanan pada hubungannya terhadap kondisi geologi suatu daerah (Danaryanto, dkk. 2005).

Akuifer sering disebut sebagai danau bawah tanah, hal ini disebabkan karena air tersimpan antara batuan bawah tanah. Air meresap ke dalam tanah melalui pori-pori, retakan, dan celah lainnya. Resapan air tersebut mengalir hingga mencapai zona akuifer dimana semua ruang terisi oleh air bukan udara. Akuifer yang tertekan lapisan permeable bagian atasnya dan air tanah tersebut berada pada tekanan yang lebih tinggi dibandingkan tekanan atmosfer disebut akuifer tertekan. Beberapa zona akuifer terjadi karena infiltrasi air tanah mencapai lapisan batuan kedap air sehingga tidak dapat menembus lebih jauh ke dalam lapisan bumi (Ashari, 2013).

Usaha-usaha pengisian kembali air tanah melalui peningkatan proses infiltrasi tanah serta usaha reklamasi air tanah, maka kedudukan akuifer dapat dipandang dari dua sisi yang berbeda, yakni zona akuifer tidak jenuh dan zona akuifer jenuh. Zona akuifer tidak jenuh merupakan zona penyimpanan air tanah yang paling berperan dalam mengurangi kadar pencemaran air tanah dan oleh karenanya zona ini sangat penting untuk usaha reklamasi dan sekaligus pengisian kembali air tanah, sedangkan zona akuifer jenuh lebih berfungsi sebagai pemasok air tanah yang memiliki keunggulan mampu memasok air tanah dalam jumlah yang lebih besar serta mempunyai kualitas air yang lebih baik (Kusumandari, 2015).

Berdasarkan atas sikap batuan terhadap air, dikenal adanya beberapa karakteristik batuan sebagai berikut:

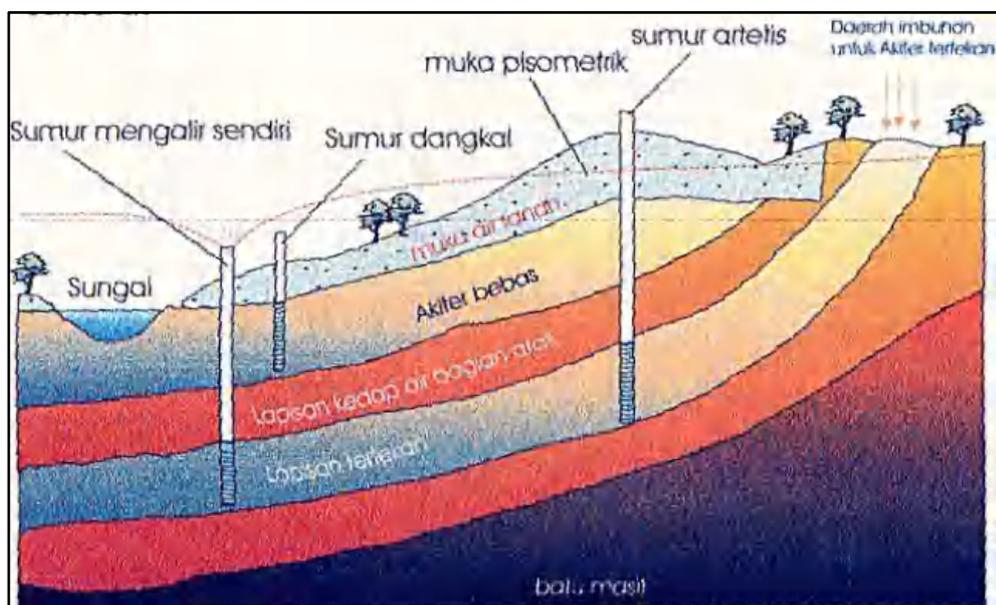
1. Akuifer (lapisan pembawa air) adalah lapisan batuan jenuh air di bawah permukaan tanah yang dapat menyimpan dan meneruskan air dalam jumlah yang cukup dan ekonomis misalnya pasir.
2. Akuiklud (lapisan batuan kedap air) adalah suatu lapisan batuan jenuh air yang mengandung air tetapi tidak mampu melepaskannya dalam jumlah arti misalnya lempung.

aitard (lapisan batuan lambat air) adalah formasi geologi yang semi kedap, mampu mengalirkan air tetapi dengan laju yang sangat lambat jika



dibandingkan dengan akuifer lain. Meskipun demikian dalam daerah yang sangat luas, mungkin mampu membawa sejumlah besar air antara akuifer yang satu dengan lainnya. Dapat dikatakan pula bahwa akuitard ini merupakan lapisan pembatas atas dan pembatas bawah suatu akuifer semi tertekan (*semi confined aquifer*). Salah satu jenis lapisan akuitard adalah lempung pasir.

4. Akuiflug (lapisan kedap air) adalah suatu lapisan batuan kedap air yang tidak mampu mengandung dan meneruskan air, misalnya granit. Kedudukan tentang tipe akuifer disajikan pada gambar 2.



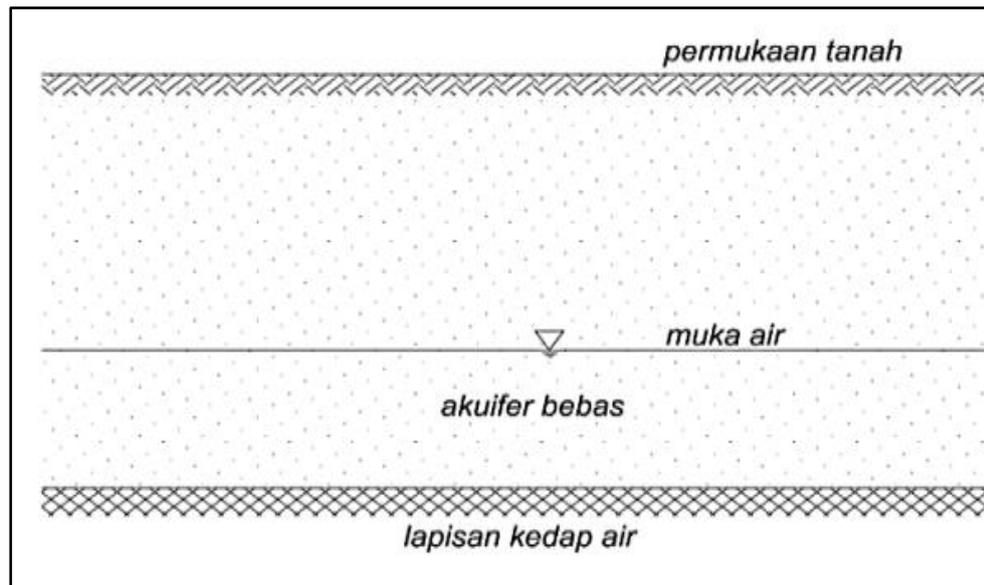
Gambar 2. Kedudukan tipe akuifer (Kodoatie dan Roestam, 2012).

### 2.1.5 Jenis- Jenis Akuifer

Akuifer dibedakan menjadi 3 yaitu akuifer bebas (*unconfined aquifer*), Akuifer semi tertekan (*leaky aquifer*) dan akuifer tertekan (*confined aquifer*). Jenis- jenis akuifer digolongkan menjadi tiga (Kodoatie, 2012), yaitu :

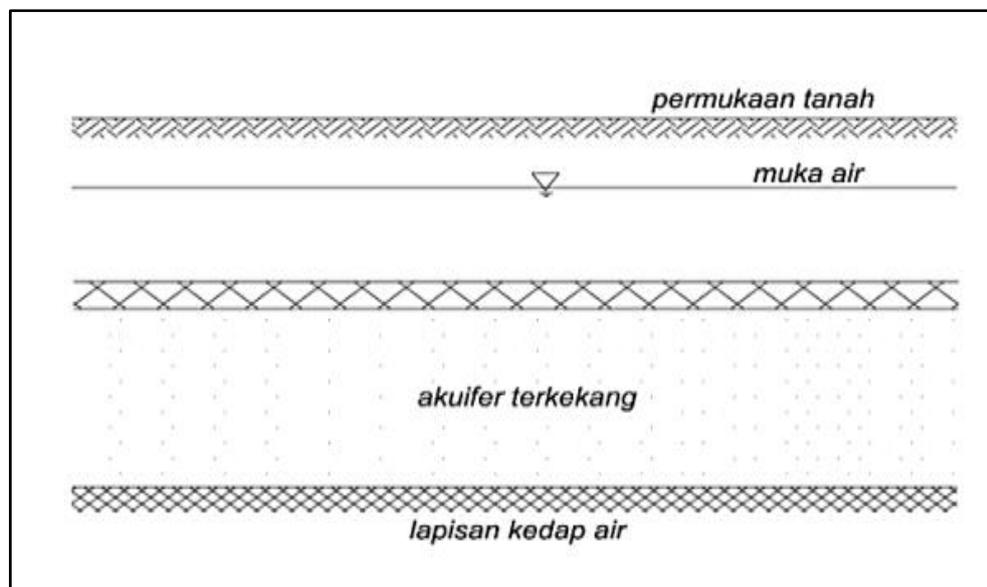
1. Akuifer bebas (*unconfined aquifer*), merupakan akuifer jenuh air dimana lapisan pembatasnya hanya pada bagian bawahnya dan tidak ada pembatas di lapisan atasnya (batas di lapisan atas berupa muka air tanah). Air tanah dari akuifer ini disebut air tanah bebas dan akifernya sendiri sering disebut *water table aquifer*.





Gambar 3. Profil akuifer bebas (Bisri, 2012).

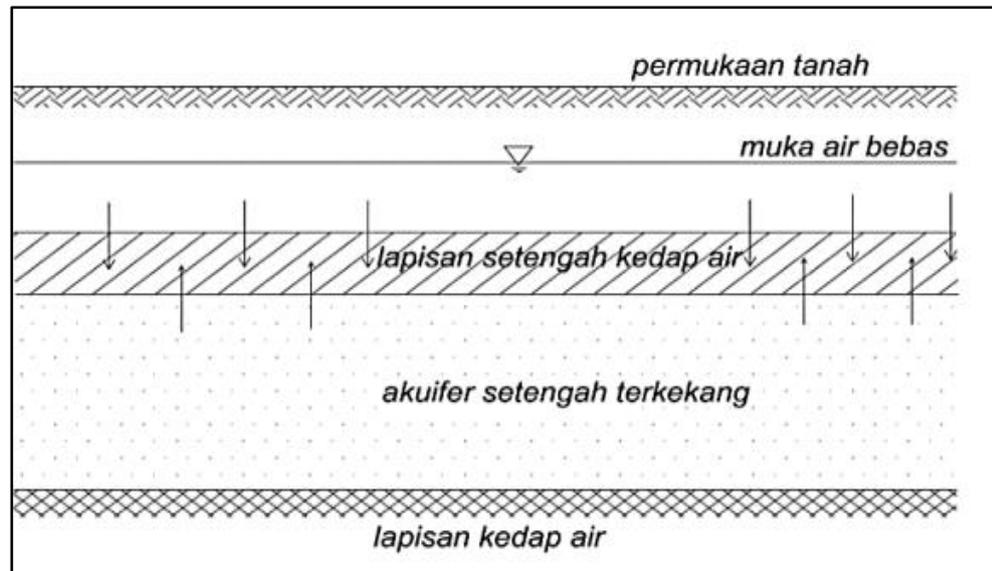
2. Akuifer tertekan (*confined aquifer*), adalah akuifer yang batas lapisan atas dan lapisan bawah adalah formasi tidak tembus air, muka air akan muncul diatas formasi tertekan bawah. Akuifer ini terisi penuh oleh air tanah sehingga pengeboran yang menembus akuifer ini akan menyebabkan naiknya muka air tanah di sumur bor yang melebihi kedudukan semula.



Gambar 4. Profil akuifer tertekan (Bisri, 2012)



3. Akuifer semi tertekan (*leaky aquifer*), merupakan akuifer jenuh air yang dibatasi oleh lapisan atas berupa akuitard dan lapisan bawahnya merupakan akuiklud. Akuifer semi-tertekan atau akuifer bocor adalah akuifer jenuh yang sempurna, pada bagian atas dibatasi oleh lapisan semi-lulus air dan bagian bawah merupakan lapisan lulus air ataupun semi-lulus air.



Gambar 5. Profil akuifer semi tertekan (Bisri, 2012).

### 2.1.6 Gerakan Air Tanah

Perbedaan potensi kelembaban total dan kemiringan antara dua lokasi dalam lapisan tanah dapat menyebabkan gerakan air dalam tanah. Air bergerak dari tempat dengan potensi kelembaban tinggi ke tempat dengan potensi kelembaban yang lebih rendah. Keseimbangan hidrologi dapat terjadi apabila tenaga penggerak air sebanding dengan jumlah tenaga gravitasi potensial dan tenaga hisap potensial, sehingga semakin tinggi kedudukan permukaan air tanah maka tenaga hisap potensial menjadi semakin kecil (Asdak, 2010). Hal ini berarti bahwa semakin besar tenaga hisap/ pemompaan, air tanah menjadi semakin kering.

Akibat yang ditimbulkan oleh adanya eksploitasi yang berlebihan antara lain terjadinya penurunan muka air tanah, berkurangnya cadangan air tanah, perubahan arah aliran air tanah, penurunan daya dukung tanah, serta potensi kekeringan pada umur penduduk disekitar pemompaan, intrusi air laut ke arah daratan dan (Hendrayana, 1994 dalam Prawati dan Rolia, 2015).



Air tanah rentan terhadap kontaminasi dari aktivitas manusia dan jika sudah terkontaminasi maka akan sangat sulit untuk diperbaiki (Talabi dan Kayode, 2019). Oleh karena itu, untuk mengelola dan melindungi sumber daya ini secara memadai, penting untuk menentukan wilayah dimana air tanah mungkin lebih rentan terhadap kontaminasi. Mengingat pentingnya air tanah, maka dapat diasumsikan bahwa perlindungan akuifer untuk mencegah penurunan kualitas air tanah sudah mendapat perhatian yang besar.

Penurunan dan perubahan muka air tanah dapat terjadi dengan pola tertentu. Daerah yang paling terdampak akibat pemompaan air tanah adalah daerah yang paling dekat dengan sumur berada karena terpengaruh langsung oleh pemompaan. Semakin jauh dari sumur, semakin sedikit efek pemompaan pada permukaan air tanah. Penurunan muka air tanah terjadi secara bertahap membentuk suatu kerucut air tanah (*cone of depression*) dengan lokasi sumur yang dipompa sebagai pusat kerucut yang prosesnya berkaitan dengan oleh jarak radius pengaruh (*radius of influence*) penurunan muka air tanah serta seberapa besar penurunan muka air tanah (*drawdown*) pada radius pengaruh tersebut (Riyadi, 2013).

### 2.1.7 Golongan Air Tanah

Air tanah terbagi mejadi tiga golongan, yaitu air tanah dangkal, air tanah dalam, dan mata air, yaitu (Sutrisno, 2002):

#### 1. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terbentuk dari adanya daya peresapan air dari permukaan tanah, sehingga terbentuklah air tanah dangkal. Proses terbentuk air tanah dangkal ini berawal dari air permukaan yang masuk atau meresap ke dalam tanah melalui lapisan-lapisan tanah, kemudian air ini akan terkumpul pada suatu titik atau suatu tempat atau suatu lapisan yang rapat air. Air tanah ini akan dimanfaatkan sebagai sumber air minum atau sumber air bersih melalui sumur-sumur dangkal. Biasanya air ini terkumpul pada kedalaman 15 meter. Kualitas dari air tanah dangkal ini yaitu agak baik untk sumber air minum,

n tetapi jika dilihat dari kuantitasnya air tanah dangkal ini kurang cukup ena air tanah dangkal ini tergantung dengan musim.



## 2. Air Tanah Dalam

Air tanah dalam terletak pada lapisan setelah lapisan rapat yang pertama. Untuk memanfaatkan atau mengambil air tanah dalam ini, maka harus menggunakan mesin bor yang dapat mencapai lapisan dimana air tanah dalam itu terletak, yang kemudian akan dimasukan pipa-pipa untuk mengambil airnya. Kedalaman untuk air tanah dalam ini yaitu mencapai 100-300 meter. Jika dibandingkan dengan air tanah dangkal, maka air tanah dalam ini tergolong dalam kualitas air tanah yang bagus. Hal ini dikarenakan penyaringan air tanah dalam ini lebih sempurna dan terbebas dari berbagai macam bakteri.

## 3. Mata Air

Mata air merupakan air tanah yang keluar dengan sendirinya kepermukaan tanah. Mengenai kuantitas dari mata air ini tidak terpengaruh dari musim, sedangkan untuk kualitas dari mata air ini, hampir sama dengan air tanah dalam.

### 2.1.8 Air Permukaan

Air permukaan adalah air yang mengalir dipermukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industry kota, dan sebagainya. Beberapa pengotoran ini, untuk masing-masing air permukaan akan berbeda-beda, tergantung pada daerah pengaliran air permukaan ini. Jenis pengotorannya adalah merupakan kotoran fisik, kimia, dan bakteriologi (Sutrisno dan Suciastuti, 2002).

Ada 2 macam air permukaan, yakni;

#### A. Air Sungai

Sungai mempunyai karakteristik umum yaitu debit aliran, pengeluaran, dan fluktuasi kualitas air sepanjang tahun, hari bahkan jam. Debit aliran minimum biasanya terjadi pada akhir periode musim kering. Debit aliran maksimum yang disertai kualitas air yang buruk biasanya terjadi sesudah hujan lebat selama periode musim hujan.



## B. Air rawa/danau

Air danau adalah sejumlah air tawar yang terakumulasi di suatu tempat yang cukup luas, yang dapat terjadi karena mencairnya gletser, aliran Sungai, atau karena adanya mata air.

### 2.1.9 Lapisan-lapisan Tanah

Terdapat dua jenis lapisan dalam tanah yaitu lapisan kedap air (*impermeable*) dan lapisan tak kedap air (*permeable*). Kadar pori lapisan kedap air sangat kecil sehingga kemampuan untuk meneruskan air juga kecil. Kadar pori adalah jumlah ruang di celah butir-butir tanah yang dinyatakan dalam bilangan persen. Sedangkan pori kadar lapisan tak kedap air cukup besar, oleh karena itu kemampuan untuk meneruskan air juga besar.

Air hujan yang jatuh di daerah ini akan terus meresap ke bawah sampai berhenti di suatu tempat setelah tertahan oleh lapisan yang kedap. Contoh lapisan tembus air adalah pasir, padas, kerikil, dan kapur. Lapisan-lapisan ini merupakan tempat-tempat persediaan air yang baik karena merupakan tempat berkumpulnya air sehingga pada lapisan-lapisan tersebut terbentuk tubuh air. Air tanah akan mengalir melalui sistem percelahan atau perlapisan batuan, yang keluar berupa rembesan (*seepage*) batuan peenyusunnya berupa batuan-batuan vulkanik muda, seperti breksi, tuff, dan andesatis-basaltis (Santosa dan adji, 2005).

## 2.2 Siklus Hidrologi

Air tanah (*groundwater*) merupakan salah satu komponen dalam daur hidrologi (siklus hidrologi) yang terbentuk dari air hujan yang meresap ke dalam tanah melalui media lapisan yang berupa media pori dan media retakan di daerah imbuhan (*recharge area*) yang kemudian tersimpan dalam suatu lapisan batuan yang sering disebut sebagai akuifer dalam satu cekungan air tanah (CAT) yang berada di bawah permukaan tanah menuju ke suatu daerah lepasan (*discharge area*) (Kodoatie, 2012).

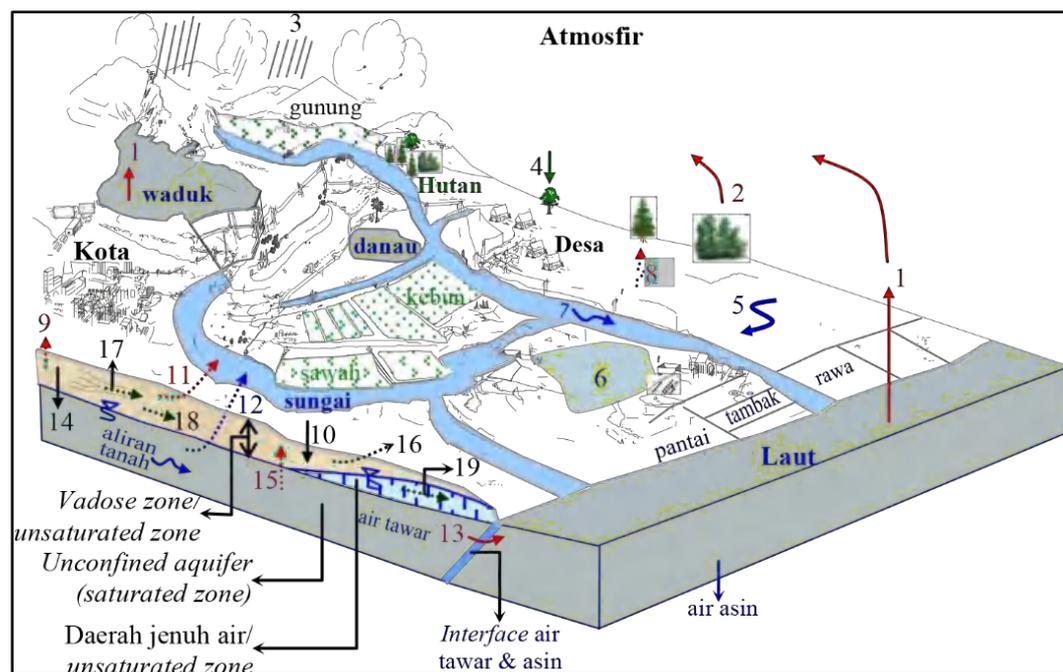


lus hidrologi merupakan perjalanan air secara terus menerus, kontinyu, ; di darat baik di atas muka tanah dan di dalam tanah, di laut dan di udara, secara gravitasi air mengalir dari tempat yang tinggi (gunung, pegunungan,

dataran tinggi) ke tempat yang rendah (dataran rendah, daerah pantai) dan bermuara ke wadah air (laut, danau), air meresap kedalam tanah (infiltrasi dan mengalir secara gravitasi dari dalam tanah dengan elevasi yang lebih tinggi ke lebih rendah. Air yang meresap ini selanjutnya mengalir di daerah *vadose zone* (*soil zone*) sebagai *soil water flow* dan juga mengalir di *phreatic zone* (*groundwater zone* atau *saturated zone*) sebagai *groundwater flow* (Kodoatie, 2012).

Di laut air tawar menjadi air asin, karena panas matahari air baik di muka tanah maupun di laut akan merubah uap/gas disebut dengan proses penguapan atau evaporasi. Air juga diserap tanaman untuk hidup (proses transpirasi) dan dari tanaman karena panas matahari akan berevaporasi, keseluruhan proses perjalanan air masuk ke dalam tanaman, di dalam tanaman dan keluar dari tanaman disebut evapotranspirasi (Kodoatie, 2012).

Menurut Kodoatie (2012) proses perjalanan air dalam siklus hidrologi seperti ditunjukkan pada Gambar 6, adalah;



Gambar 6. Proses perjalanan air dalam siklus hidrologi (Kodoatie, 2012)

1. Penguapan/evaporasi: Proses ini terjadi pada laut, danau, waduk, rawa, sungai, tambak dan lain-lain.



Evapotranspirasi: yaitu suatu proses pengambilan air oleh akar tanaman untuk kebutuhan hidupnya, kemudian terjadi penguapan pada tanaman tersebut. Proses pengambilan air oleh akar tanaman disebut transpirasi, sedangkan

proses penguapan pada tanaman akibat dari sinar matahari disebut evaporasi.

3. Hujan/salju turun: Uap air dari proses evaporasi dan evapotranspirasi di atmosfer akan berubah menjadi cairan akibat proses kondensasi, tetesan air yang terbentuk tersebut saling berbenturan satu dengan yang lainnya dan terbawa oleh angin sampai berubah menjadi butir-butir air. Butir-butir air tersebut akan terakumulasi dan semakin berat, sehingga secara gravitasi akan turun ke bumi.
4. Air hujan di tanaman: Air hujan yang terjadi akan langsung jatuh (*through flow*) atau mengalir melalui batang tanaman (*stem flow*) serta air hujan tersebut ada yang tertinggal di atau jatuh dari daun (*drip flow*). Perlu waktu yang relatif lama untuk air hujan mencapai tanah apabila tanaman tersebut cukup rimbun.
5. Aliran permukaan (*run-off*): Aliran yang bergerak di atas permukaan tanah. Secara alami air akan mengalir dari daerah yang tinggi ke daerah yang rendah, dari gunung ke lembah, kemudian menuju ke daerah lebih rendah, sampai ke pantai dan akhirnya bermuara ke laut atau ke danau.
6. Banjir/genangan: Banjir dan genangan terjadi akibat dari luapan sungai atau daya tampung drainase yang tidak mampu mengalirkan air.
7. Aliran sungai (*river flow*): Aliran permukaan mengalir menuju daerah tangkapan air atau daerah aliran sungai menuju ke sistem jaringan sungai. Aliran dalam sistem sungai akan mengalir dari sungai kecil menuju sungai yang lebih besar dan berakhir di mulut sungai (estuari), tempat sungai dan laut bertemu.
8. Transpirasi: Proses pengambilan air oleh akar tanaman untuk memenuhi kebutuhan hidup dari tanaman tersebut.
9. Kenaikan kapiler: Air dalam tanah mengalir dari aliran air tanah karena mempunyai daya kapiler untuk menaikkan air ke *vadose zone* menjadi butiran air tanah (*soil moisture*), demikian juga butiran air tanah ini naik secara kapiler ke permukaan tanah.



Itirasi: Sebagian dari air permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (*soil water*).

Arus antara (*interflow*): air dari *soil water* yang mengalir menuju jaringan

sungai, waduk, situ-situ dan danau.

12. Aliran dasar (*base flow*): aliran air dari *ground water* yang mengisi sistem jaringan sungai, waduk, situ-situ, rawa dan danau.
13. Aliran *run-out*: aliran dari *ground water* yang langsung menuju ke laut.
14. Perkolasi: Air dari *soil moisture* di daerah *vadose zone* yang mengisi aliran air tanah.
15. Kenaikan kapiler: aliran dari air tanah (*ground water*) yang mengisi *soil water*.
16. *Return flow*: aliran air dari *soil water/vadose zone* menuju ke permukaan tanah.
17. *Pipe flow* (aliran pipa): aliran yang terjadi dalam tanah.
18. *Unsaturated throughflow*: aliran yang melewati daerah tidak jenuh air.
19. *Saturated flow*: aliran yang terjadi pada daerah jenuh air.

### 2.3 Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan adalah air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju sungai, danau dan lautan (Asdak, 2014), sedangkan menurut Triatmodjo (2008) yang dimaksud dengan limpasan permukaan adalah air hujan yang mengalir dalam bentuk tipis di atas permukaan lahan yang akan masuk ke drainase kemudian bergabung mengalir menjadi anak sungai dan pada akhirnya menjadi aliran sungai.

Limpasan permukaan berlangsung ketika jumlah curah hujan telah melampaui laju infiltrasi air ke dalam tanah, setelah itu air akan mulai mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah, setelah pengisian terhadap cekungan tersebut selesai, air mengalir di atas permukaan dengan bebas. Limpasan yang mengalir agak cepat selanjutnya membentuk aliran debit sedangkan limpasan lain ada yang memerlukan waktu sehari-hari atau bahkan beberapa minggu sebelum akhirnya menjadi aliran debit karena melewati cekungan-cekungan permukaan tanah (Asdak, 2014).

Faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan dapat dikategorikan menjadi faktor yang berhubungan dengan iklim dan faktor yang berkaitan dengan karakteristik daerah aliran sungai. Laju dan volume limpasan ini dipengaruhi oleh lama waktu hujan, intensitas dan penyebaran hujan.



Limpasan permukaan total untuk intensitas hujan tertentu secara langsung berhubungan dengan lama waktu hujan. Infiltrasi akan berkurang pada tingkat awal kejadian hujan. Oleh karena itu, hujan dengan waktu yang singkat tidak banyak menghasilkan limpasan permukaan, sedangkan pada hujan dengan intensitas yang sama dan dengan waktu yang lama, akan menghasilkan limpasan permukaan yang lebih besar (Asdak, 2014).

Limpasan permukaan, berdasarkan uraian di atas dapat dikatakan sebagai aliran air hujan yang mengalir di permukaan tanah yang akan menjadi aliran sungai setelah mengalir melewati selokan atau parit-parit yang mengarah ke anak sungai. Limpasan permukaan sangat dipengaruhi oleh faktor iklim dan karakteristik daerah aliran sungai, di mana lama intensitas hujan berbanding lurus dengan besarnya limpasan permukaan yang terjadi. Hujan turun dalam intensitas yang tinggi dan lama dapat memicu limpasan permukaan, menurut Dehotin *et al.*, (2015) hal ini merupakan salah satu proses yang terlibat dalam terjadinya banjir, erosi, tanah longsor dan transfer polusi.

## 2.4 Cekungan Air Tanah

Cekungan air tanah (CAT) adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung (Perpres Nomor 60 Tahun 2022).

Tabel 1. Kriteria daerah cekungan air tanah (CAT) dan bukan cekungan air tanah (Non-CAT)

No	Daerah CAT	No	Daerah Non-CAT
a.	Mempunyai batas hidrogeologis yang dikontrol oleh kondisi geologis dan/atau kondisi hidraulik air tanah	a.	Tidak mempunyai batas hidrogeologis
b.	Mempunyai daerah imbuhan dan daerah lepasan air tanah dalam satu sistem pembentukan air tanah	b.	Tidak mempunyai daerah imbuhan dan daerah lepasan air tanah
c.	Memiliki satu kesatuan sistem akuifer, yaitu kesatuan susunan akuifer, termasuk lapisan batuan kedap air yang berada di dalamnya	c.	Tidak memiliki satu kesatuan sistem akuifer

Kodoatie (2012)

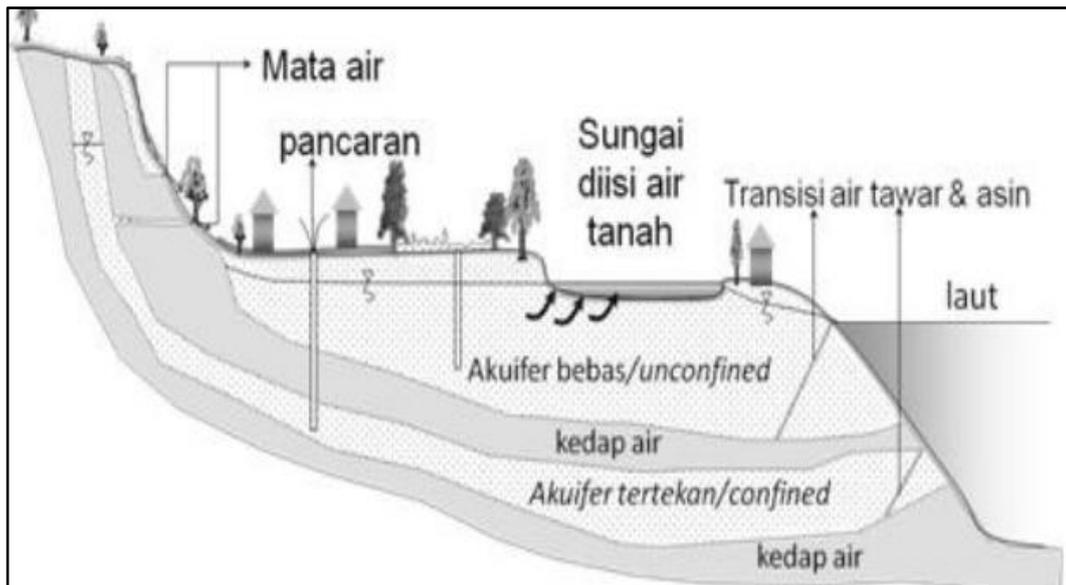


Cekungan air tanah didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung. Daerah Cekungan air tanah sering juga disebut sebagai daerah aluvial.

Beberapa criteria tentang CAT berdasar PP No. 43 Tahun 2008 antara lain:

1. Mempunyai batas hidrogeologis yang dikontrol oleh kondisi geologis dan atau kondisi hidraulik air tanah. Batas hidrogeologis adalah batas fisik wilayah pengelolaan air tanah. Batas hidrogeologis dapat berupa batas antara batuan lulus dan tidak lulus air, batas pemisah air tanah, dan batas yang terbentuk oleh struktur geologi yang meliputi, antara lain, kemiringan lapisan batuan, lipatan, dan patahan.
2. Mempunyai daerah imbuhan dan daerah lepasan air tanah dalam satu sistem pembentukan air tanah. Daerah imbuhan air tanah merupakan kawasan lindung air tanah, di daerah tersebut air tanah tidak untuk didayagunakan, sedangkan daerah lepasan air tanah secara umum dapat didayagunakan, dapat dikatakan sebagai kawasan budidaya air tanah. Terdapat satu kesatuan sistem akuifer yaitu kesatuan susunan akuifer, termasuk lapisan batuan kedap air yang berada di dalamnya. Akuifer dapat berada pada kondisi tidak tertekan atau bebas dan tertekan.
3. Cekungan air tanah di Indonesia terdiri atas akuifer bebas atau biasa disebut *unconfined aquifer* dan akuifer tertekan atau *confined aquifer*. Akuifer bebas merupakan akuifer jenuh air. Lapisan pembatasnya, yang merupakan akuitard, hanya pada bagian bawahnya dan tidak ada pembatas akuitard di lapisan atasnya, batas di lapisan atas berupa muka air tanah, sedangkan akuifer tertekan atau *confined aquifer* merupakan akuifer yang jenuh air yang dibatasi oleh lapisan atas dan lapisan bawah yang kedap air atau akuiklud dan tekanan airnya lebih besar dari tekanan atmosfer.





Gambar 7. Potongan cekungan air tanah yang terdiri dari akuifer bebas dan akuifer tertekan (Kodoatie, 2012).

## 2.5 Pemanfaatan Air Tanah

Pemanfaatan air tanah melalui sumur-sumur akan mengakibatkan lengkung penurunan muka air tanah (*depression cone*). Makin besar laju pengambilan air tanah, makin curam lengkung permukaan air tanah yang terjadi di sekitar sumur sampai tercapai keseimbangan baru jika terjadi pengisian dari daerah resapan. Keseimbangan air tanah yang baru ini dapat terjadi hanya jika laju pengambilan air tanah lebih kecil dari pengisian oleh air hujan pada daerah resapan. Laju pengambilan air tanah dari sejumlah sumur apabila jauh lebih besar dari pengisiannya maka lengkung-lengkung penurunan muka air tanah antara sumur satu dengan lainnya akan menyebabkan terjadinya penurunan muka air tanah secara permanen (Ashriyanti, 2011). Pada daerah pantai terjadinya penurunan air tanah dapat mengakibatkan terjadinya intrusi air asin.

## 2.6 Jenis - Jenis Sumur

Klasifikasi sumur terbagi menjadi tiga bagian, antara lain:

### 1. Sumur Galian (sumur gali)



Sumur Galian adalah jenis sumur yang paling sederhana yaitu sumur yang gali hingga permukaan air tanah. Pada umumnya sumur gali dibuat untuk mengambil air tanah bebas. Dari segi kesehatan, kualitas air sumur gali akan

terganggu apabila konstruksi, lokasi, penggunaan dan pemeliharannya tidak diperhatikan dan tidak dikelola dengan baik.

Menurut Asdak (2010), sumur gali menyediakan air yang berasal dari lapisan tanah yang relatif dekat dari permukaan tanah, oleh karena itu dengan mudah terkena kontaminasi melalui rembesan. Umumnya rembesan berasal dari tempat buangan kotoran manusia kakus/jamban, kotoran hewan, aktivitas pertanian yang menggunakan pupuk juga dari limbah sumur itu sendiri, baik karena lantainya maupun saluran air limbahnya yang tidak kedap air.

## 2. Sumur Dangkal

Sumur dangkal adalah sumur yang pasokan airnya berasal dari resapan air hujan, terutama pada daerah dataran rendah biasanya berkisar antara 5 sampai dengan 15 meter dari permukaan tanah.

## 3. Sumur Bor

Sumur Bor adalah sumur yang dibuat dengan cara melakukan pengeboran pada bahan tanah yang tidak padat dengan menggunakan alat bor besar. Konstruksi sumur bor sangat tergantung dari kondisi akuifer dan kualitas air tanah, oleh sebab itu ada bermacam-macam jenis konstruksi sumur bor. Sumur bor air tanah memiliki kedalaman mulai dari 60 meter hingga 200 meter, biasanya diperuntukan untuk perkantoran atau pemukiman. Umumnya pada kedalaman tersebut memiliki kualitas air yang baik dan layak untuk digunakan (Linsley, dkk. 1994).

### 2.7 Uji Pemompaan (*Pumping Test*)

Uji pemompaan (*pumping test*) bertujuan untuk menganalisis debit air tanah, tujuannya selain untuk mengetahui kemampuan sumur bor dalam memproduksi air tanah juga untuk mengetahui kelulusan lapisan pembawa air (akuifer) (Bisri, 2012).

Uji pemompaan (*pumping testing*) adalah pemeriksaan respon aquifer dalam kondisi terkendali sebagai gambaran abstraksi air dari akuifer. Uji pemompaan bila dilakukan dengan baik bisa mendapatkan hasil yang baik,

dalam menentukan parameter akuifer. Prinsip dari metode uji pemompaan, adalah penerapan tekanan pada akuifer dengan cara mengekstraksi air dari sumur pemompaan, dan mengukur respons akuifer dengan mencatat



penurunan muka air tanah di dalam sumur pengamatan pada waktu tertentu (buat kurva penurunan muka air tanah sebagai fungsi waktu). Hasil pengukuran yang diamati, kemudian dimasukkan ke dalam persamaan aliran sumur, untuk menghitung parameter hidrolik (S & T) akuifer.

Pompa air dapat dibedakan menjadi pompa sentrifugal seperti pompa isap (*suction pump*), pompa turbin (*turbine pumps*), pompa selam (*submersible pumps*) maupun pompa *jet* (*jet pumps*) (Sudarsono, 1998). Pompa mana yang akan dipakai disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Waktu diukur dengan *stop watch* atau jam. *Stop watch* diperlukan untuk mengukur debit air yang dipompa, sedangkan jam diperlukan untuk mengetahui telah berapa lama pemompaan dilakukan. Dipmeter diperlukan untuk mengukur muka air tanah sebelum maupun saat pemompaan dilakukan. Alat ukur debit air dapat berupa ember, drum atau yang lain-lain untuk menampung air yang keluar dari pompa kemudian diukur waktu serta volume air yang telah keluar. Debit air juga dapat diukur dengan ambang pengukur yang berbentuk segitiga  $60^{\circ}$ , segitiga  $90^{\circ}$ , trapesium, atau segiempat (Sudarsono, 1998).

Uji pemompaan *pumping test* yang direncanakan, dilaksanakan, dan dianalisis dengan benar merupakan metode yang paling dapat diandalkan untuk menentukan parameter permeabilitas pada lapisan tanah (Cashman, 2013).

### 2.7.1 Uji Pemompaan Bertahap (*Step Drawdown Test*)

*Pumping test* dengan metode *step drawdown test* ini diperoleh dari respon terhadap kenaikan maupun penurunan air tanah saat dilakukan pemompaan dengan melalui beberapa tingkatan debit keluaran. Metode ini dimulai dengan pengukuran posisi permukaan air untuk berbagai tingkatan debit keluaran dalam rentang waktu tertentu. Parameter yang diukur pada metode ini adalah waktu pemompaan, debit pemompaan dan kedudukan muka air tanah selama pemompaan berlangsung (Nabawy, et.al, 2019).

Tes pemompaan *step drawdown*, kadang-kadang juga disebut *step discharge* atau tes kinerja yang baik, adalah metode yang banyak digunakan untuk mencari laju pemompaan maksimum yang diijinkan dari sumur air (Kasenow,



Salah satu tujuan utama dari uji *step drawdown* adalah untuk memperkirakan efisiensi sumur dalam situasi lapangan yang sebenarnya. Metode ini mengukur kriteria kinerja sumur, seperti koefisien *well-loss* dan efisiensi sumur, dan memberikan perkiraan hasil maksimum (laju pemompaan optimal) di bawah berbagai kondisi ketinggian air. Dibandingkan dengan tes pemompaan lainnya, tahapan metode ini cenderung singkat, relatif sederhana dan murah. Dalam metode *step drawdown*, laju abstraksi dari sumur ditingkatkan dalam beberapa langkah (minimal tiga). Prosesnya terdiri dari pemompaan sumur secara bertahap dengan penambahan debit ( $Q$ ), dan kemudian mengukur perubahan transien ketinggian air (*drawdown*) pada setiap langkah sampai penarikan stabil. Langkah- Langkah pengujian harus memiliki durasi yang cukup untuk memungkinkan penarikan dalam sumur pemompaan menjadi stabil, biasanya sekitar 30 menit sampai 2 jam per langkah. Ketinggian air menurun (yaitu, penarikan meningkat) dengan setiap peningkatan bertahap dalam laju pemompaan  $Q$ . Analisis data uji *step drawdown* membantu untuk mengukur komponen-komponen *well-loss* dan *aquifer-loss* dan untuk menentukan proporsi aliran laminar versus turbulen ke dalam sumur (Abdalla & Moubark, 2018).

### 2.7.2 Uji Pemompaan Menerus (*Long Period Test*)

Metode analisis pada pengujian akuifer yang digunakan adalah metode *Long Period Test*. Pada akuifer tertekan jika terjadi pemompaan dengan tekanan penuh maka pengaruh pemompaan meluas secara radial keluar seiring dengan waktu, dan air yang dipompa akan berkurang dari tampungan akuifer dalam. Secara teoritis, air yang dipompa akan mengalir dari tempat pengurangan tampungan di dalam akuifer. Jika keadaan saat praktek perubahan dalam *drawdown* telah menjadi mengecil diikuti dengan waktu pemompaan dengan demikian arus dianggap sebagai posisi stabil.

Metode ini juga dikenal dengan *constant rate* dan digunakan untuk pengujian akuifer. Pengujian debit tetap, dilakukan setelah muka air kembali pemompaan. Pada pengujian ini dilakukan pemompaan dengan debit tetap nya dilakukan selama 72 jam atau setelah *steady state* dicapai (muka air in lagi). Penurunan muka air tanah pada sumur uji selama pumping test



diukur dan diamati kemudian dicatat pada tabel. Air harus dijaga agar tidak kembali masuk kedalam sumur dengan cara mengalirkannya melalui pipa pembuang. Debit air yang keluar diukur dengan metode langsung. Pengukuran debit bisa menggunakan *flow meter* ataupun *v-notch*.

### 2.7.3 Parameter Akuifer

Parameter pada lapisan akuifer sangat dibutuhkan, baik di dalam memprediksi kapasitas simpanan air, waktu pengaliran air, maupun untuk memperkirakan kecepatan aliran di dalam lapisan akuifer.

Menurut (Kumar, 2010), bahwa untuk menilai potensi air tanah di suatu daerah dimanapun, dan untuk mengevaluasi dampak pemompaan terhadap air tanah, maka sangat penting untuk mengetahui parameter akuifer secara pasti. Menurutnya bahwa parameter akuifer yang paling penting diketahui sebelum dilakukan pengambilan air tanah, adalah :

1. Koefisien penyimpanan ( $S$ ), merupakan parameter akuifer yang menunjukkan kapasitas akuifer untuk menyimpan air di pori-pori tanah atau batuan. Koefisien penyimpanan atau storativitas didefinisikan sebagai volume air yang dilepaskan dari penyimpanan per satuan luas air tawar per unit yang mengalami penurunan pada ketinggian hidrolik.
2. Transmisivitas ( $T$ ), merupakan parameter akuifer yang menunjukkan karakteristik akuifer untuk mentransmisikan air. Transmisivitas didefinisikan sebagai laju transmisi air di dalam akuifer per satuan lebar dari tebal jenuh sempurna pada akuifer di bawah atuan gradien hidrolik.

### 2.7.4 Recovery Test (Uji Pemulihan)

Setelah pompa dimatikan saat uji pemompaan maka permukaan air dalam sumur perlahan-lahan akan naik. Kenaikan muka air tanah tersebut disebut sebagai residual drawdown. Kenaikan muka air tanah tidak dipengaruhi oleh debit pemompaan, sehingga data dapat lebih akurat. Metode yang digunakan dalam

an data *recovery test* adalah metode theis baik pada akuifer terkekang, dak terkekang dan akuifer semi terkekang.

a gambaran konstruksi sumur sudah dilakukan, tahapan selanjutnya yaitu t lubang sumur dan kontruksi sumur. Sumur air tanah sebelum difungsikan



maka harus dilakukan uji pemompaan atau *pumping test* terlebih dahulu. Hal ini dilakukan agar pemompaan tidak melebihi kapasitas produksi sumur yang dapat menyebabkan penurunan muka air tanah. Penyebab penurunan muka air tanah di dalam sumur pada saat pemompaan:

1. *Aquifer loss* yaitu penurunan head di dalam akuifer, berubah oleh waktu dan jarak.
2. *Well loss*
  - *Linear well loss* disebabkan oleh kerusakan akuifer saat pemboran dan konstruksi seperti kompaksi oleh alat pemboran, penyumbatan oleh material lumpur bor, hambatan di dalam media *Gravel pack* ataupun hambatan di dalam *screen*.
  - *Non linear well loss* yang disebabkan aliran turbulen di dalam screen atau pipa.

Uji pompa debit air tanah yang dapat diambil adalah debit optimum bukan debit maksimum, hal ini untuk menjaga kelestarian air tanah. Analisis uji pompa bertujuan selain untuk mengetahui kemampuan suatu sumur bor dalam memproduksi debit air tanah dan juga mengetahui kelulusan lapisan pembawa air (akuifer) (Bisri, 2012).

