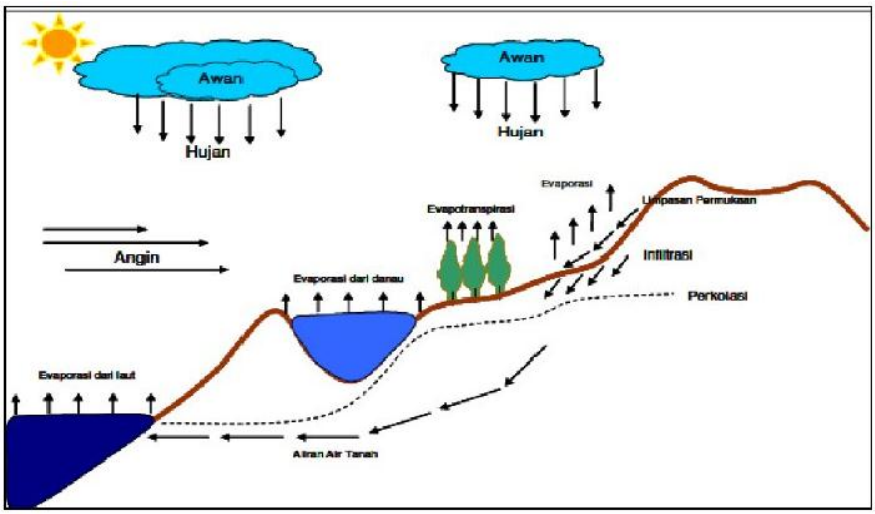
BAB II
TEORI PENUNJANG

2.1 Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan gerakan air di alam, meliputi berbagai bentuk air, yang menyangkut perubahan-perubahannya antara keadaan cair, padat dan gas dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah. Di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di planet bumi. Air laut karena panas matahari berubah menjadi uap air. Oleh angin uap air tersebut ditiup ke atas daratan, pada tempat yang berelevasi tinggi uap tersebut akan mengalami pemampatan, dan setelah titik jemunya terlampaui akan jatuh kembali ke bumi sebagai air hujan.



Gambar 0.1. Siklus Hidrologi

Di bumi terdapat kira-kira 1,4 miliar km³ air yang terdiri 97,59 air laut, 1,75 es dan 0,73 air darat. Air darat yang sering kita gunakan sehari-hari akan melalui proses hidrologi yang sangat panjang dan tidak akan mengurangi jumlah air di permukaan bumi. Proses hidrologi adalah perputaran air yang ada di bumi yang berputar dengan cara melalui proses penguapan ke atmosfer dan jatuh ke permukaan bumi dalam bentuk air hujan, ada yang akan memasuki tanah dan ada yang mengalir mengikuti sungai-sungai yang ada.

Air hujan sebagian besar akan mengalir di permukaan sebagai air permukaan seperti sungai, danau, atau rawa. Sebagian kecil akan meresap ke dalam tanah, yang bila meresap terus hingga zona jenuh akan menjadi air tanah. Bagian air yang meresap dekat permukaan akan diuapkan kembali lewat tanaman yang kita kenal dengan evapotranspiration. Penguapan *evaporation* terjadi langsung pada air yang terbuka. Sedangkan aliran permukaan akan bermuara kembali ke laut, dan proses hidrogeologi di atas akan berlangsung lagi, demikian seterusnya.

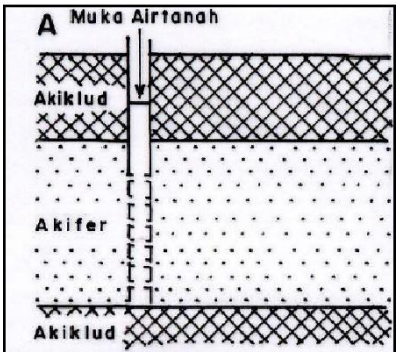
Air yang meresap ke dalam tanah akan memasuki lapisan akuifer dan akan tertahan di lapisan lempung (lapisan kedap air). Lapisan batuan ada yang lolos air atau biasa disebut *permeable* dan ada pula yang tidak lolos atau kedap air yang biasa disebut *impermeable*. Lapisan lolos air misalnya terdiri dari kerikil, pasir, batu apung, dan rekahan, sedangkan lapisan kedap air antara lain terdiri dari napal dan tanah liat atau tanah lempung. Sebetulnya tanah lempung dapat menyerap air, namun setelah jenuh air, tanah jenis ini tidak dapat lagi menyerap air. Berdasarkan atas sifat batuan terhadap air, dikenal adanya beberapa karakteristik batuan sebagai berikut:

- *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.
- *Akuiklud* (lapisan batuan kedap air) adalah suatu lapisan batuan jenuh air yang mengandung air tetapi tidak mampu melepaskannya dalam jumlah berarti misalnya lempung.
- *Akuitard* (lapisan batuan lambat air definisinya ialah suatu lapisan-lapisan, formasi, atau kelompok formasi suatu geologi yang permeable dengan nilai konduktivitas hidraulik yang kecil namun masih memungkinkan air melewati lapisan ini walaupun dengan gerakan yang lambat. Dapat dikatakan juga merupakan lapisan pembatas atas dan bawah suatu semi confined aquifer
- *Akuifug* (lapisan kedap air) adalah suatu lapisan batuan kedap air yang tidak mampu mengandung dan meneruskan air.

Lapisan akuifer adalah suatu formasi geologi yang mempunyai kemampuan untuk menyimpan dan melakukan air tanah dalam jumlah berarti ke sumur-sumur

atau mata air-mata air. Lapisan membawa air yang ada di bawah tanah atau sebagai lapisan kulit bumi, maka akuifer membentang sangat luas, menjadi semacam reservoir bawah tanah. Pengisian akuifer ini dilakukan oleh resapan air hujan kedalam tanah. Sesuai dengan sifat dan lokasinya dalam siklus hidrologi, maka lapisan akuifer mempunyai fungsi ganda sebagai media penampung (*storage function*) dan media aliran (*conduit function*). Tipe akuifer digolongkan menjadi tiga bedakan dalam aliran akuifer bebas (*unconfined aquifer*), akuifer terkekang (*confined aquifer*) dan akuifer terangkat (*perched*).

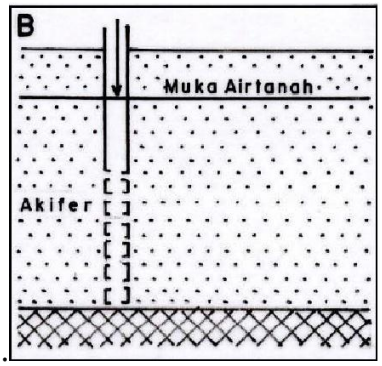
- *Akuifer tertekan* (confined aquifer) merupakan lapisan rembesan air yang mengandung kandungan air bawah tanah yang bertekanan lebih besar dari tekanan udara bebas atau tekanan atmosfer, karena bagian bawah dan atas dari akuifer ini tersusun dari lapisan kedap air (biasanya tanah liat). Muka air bawah tanah dalam kedudukan ini disebut pisometri, yang dapat berada di atas maupun di bawah muka tanah. Apabila tinggi pisometri berada di atas muka tanah, maka air sumur yang menyadap akuifer jenis ini akan mengalir secara bebas. Air bawah tanah dalam kondisi demikian disebut artesis atau artesis. Dilihat dari kelulusan lapisan pengurung nya akuifer tertekan/terkekang dapat dibedakan menjadi akuifer setengah tertekan (semi-confined aquifer) atau tertekan penuh (confined aquifer) dan dapat disebut pula dengan akuifer dalam.



Gambar 0.2. Akuifer Tertekan

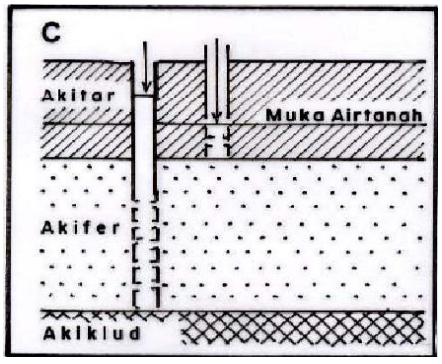
- *Akuifer bebas/tak tertekan* (unconfined aquifer) adalah lapisan rembesan air yang mempunyai lapisan dasar kedap air, sedangkan bagian atasnya merupakan material berbutir halus, sehingga pada lapisan penutupnya masih memungkinkan adanya gerakan air. Tetapi bagian atas muka air bawah tanah lapisan ini tidak kedap air, sehingga kandungan air bawah

tanah yang bertekanan sama dengan tekanan udara bebas atau tekanan atmosfer. Ciri khusus dari akuifer bebas ini adalah muka air bawah tanah yang sekaligus juga merupakan batas atas dari zona jenuh akuifer tersebut. Dengan demikian akuifer ini merupakan peralihan antara akuifer bebas dengan akuifer semi terangkat



Gambar 0.3. Akuifer Bebas

- *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 aquifer 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

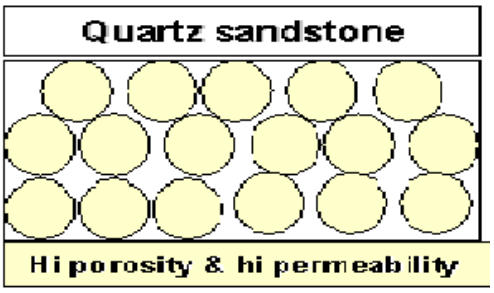


Gambar 0.4. Akuifer Semi Tertekan

2.2 Air Tanah

Air tanah adalah salah satu bentuk air yang bergerak di dalam tanah secara perlahan dan memasuki ruang-ruang kosong antar partikel tanah yang berada di bawah permukaan tanah pada wilayah yang jenuh. Air tanah pada umumnya

terdapat dalam lapisan tanah baik yang dekat dengan permukaan tanah sampai dengan yang jauh dari permukaan tanah.



Gambar 0.5. Partikel Tanah

Persediaan air tanah di suatu tempat sangat dipengaruhi oleh banyak faktor seperti hidrologi, geologi dan curah hujan di suatu tempat itu sendiri. Ketiga faktor itu sangat mempengaruhi persediaan air tanah di daerah itu sendiri. Dalam suatu hidrologi, air tanah merupakan salah satu komponen yang dapat terbarukan walaupun memerlukan waktu yang lama. Pengisian kembali (recharge) air tanah berasal dari air yang ada di permukaan tanah seperti air hujan, air sungai, air danau dan sebagainya, selanjutnya meresap ke dalam tanah secara vertikal dan masuk ke water tabel dan akhirnya masuk ke ground water. Air tanah yang terdahulu di dalam tanah disebut sebagai air tanah (*ground water*) sedangkan air tanah yang baru memasuki tanah disebut air rekahan dimana tidak disebut sebagai persediaan air tanah.

Banyaknya air yang meresap ke tanah bergantung pada selain ruang dan waktu, juga dipengaruhi kecuraman lereng, kondisi material permukaan tanah dan jenis serta banyaknya vegetasi dan curah hujan. Meskipun curah hujan besar tetapi lerengnya curam, ditutupi material impermeable, persentase air mengalir di permukaan lebih banyak daripada meresap ke bawah. Sedangkan daerah yang memiliki tanah yang berpasir lepas akan lebih mudah mengalirkan air kedalam ruang-ruang kosong yang terdapat di dalam tanah. Selain permukaan tanah yang berpasir lepas permukaan tanah yang banyak memiliki tumbuh-tumbuhan dan pada lereng landai dan permukaannya permeabel, persentase air yang meresap lebih banyak. Sebagian air yang tertampung di sana akan lebih lambat mengalir ke sungai-sungai karena tertahan oleh daya tarik molekuler sebagai lapisan pada butiran-butiran tanah sehingga peluang air meresap ke dalam tanah lebih banyak. Selain faktor- faktor di atas perubahan fungsi suatu lahan kosong secara signifikan

akan mempengaruhi persediaan air tanah di suatu daerah itu sendiri di masa akan datang.

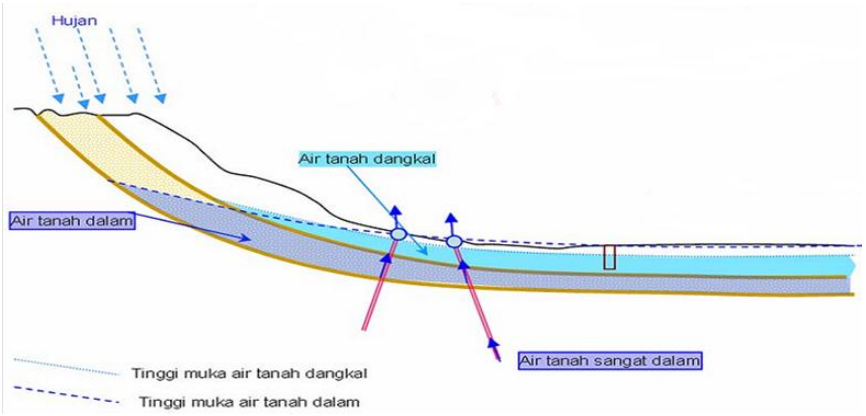
Air tanah juga mempunyai peranan yang sangat penting terutama dalam menjaga keseimbangan dan ketersediaan bahan baku air untuk kepentingan rumah tangga maupun untuk kepentingan industri. Berdasarkan lokasi air, maka air tanah dapat dibagi dalam 2 (dua) bagian yaitu air permukaan tanah (Air tanah dangkal) dan air jauh dari permukaan tanah (Air tanah dalam).

1. Air tanah dangkal

   Air tanah dangkal terjadi karena adanya daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Air tanah dangkal dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal. Air sumur dangkal ini terdapat pada kedalaman 15 – 60 meter. Sebagai air minum, air tanah dangkal dari segi kualitas agak baik. Kuantitas kurang cukup dan tergantung musim.

2. Air tanah dalam

   Air tanah dalam terdapat setelah rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam tidak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor memasukkan pipa ke dalamnya sehingga kedalaman antara 60–300 meter akan didapat lapisan air. Kualitas air tanah dalam pada umumnya lebih baik dari air tanah dangkal, karena penyaringannya lebih sempurna. Sementara air tanah dalam dimanfaatkan oleh kalangan industri dan masyarakat golongan menengah ke atas.



Gambar 0.6. Lapisan Air Tanah dangkal dan Air Tanah dalam

2.3 Sumur Bor

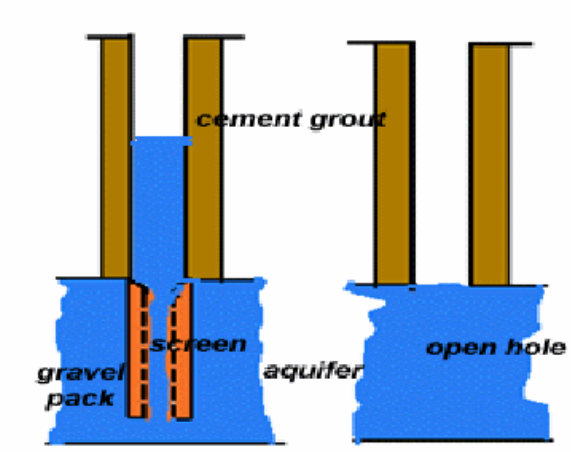
Sumur bor adalah salah satu jenis sumur buatan yang dibuat dengan bantuan alat bor untuk mencapai kedalaman sumur yang cukup sehingga akan bertemu dengan sumber air tanah yang melimpah. Alat bor adalah salah satu jenis alat berat yang biasa digunakan untuk menggali sumur bor yang mempunyai kedalaman yang cukup besar. Pada umumnya alat bor digunakan untuk menggali sumber minyak bumi. Namun ternyata alat bor juga bisa digunakan untuk menggali lokasi sumber air. Suplai air pada dasarnya sangat melimpah karena sebagian besar bumi ini memiliki wilayah perairan yang lebih luas daripada daratan. Besarnya wilayah perairan di bumi seharusnya dapat dimanfaatkan sebagai sumber kehidupan bagi seluruh makhluk hidup yang tinggal di bumi termasuk manusia. Namun sayangnya, karena keserakahan manusia bumi menjadi rusak dan salah satu dampak dari kerusakan bumi adalah berkurangnya suplai air di bumi akibat berkurangnya daerah resapan air. Suplai air yang berkurang kemudian membuat manusia mengalami kesulitan untuk mendapatkan suplai air. Maka dari itu banyak masyarakat yang beralih membuat sumur bor sebagai sumber air bersih. Sumur bor berdasarkan metode pembuatannya dikategorikan menjadi 3 yaitu. manual (Pantek), Semi otomatik dan full automatic.

Membuat sumur bor bukanlah hal yang mudah karena harus tahu dimana akan mendapatkan air yang bagus dan berkualitas dan tidak juga boleh asal-asalan dalam memilih lokasi untuk sumur bor. Banyak faktor yang harus dicermati seperti kedalaman minimal untuk membuat sumur bor, teknik, alat-alat yang digunakan dan penentuan lokasi sumur. Setelah sumur melalui proses pengeboran yang panjang akan membuat suatu lubang kosong yang sangat dalam dimana lubang kosong ini akan di isi oleh air sehingga mencapai titik jenuh tertentu di mana air akan konstan di titik itu



Gambar 0.7. Sumur Bor

Setelah semua proses selesai maka akan dilakukan pembuatan konstruksi sumur bor. Konstruksi sumur bor sangat penting untuk menjaga rembesan air dari luar tidak masuk ke dalam sumur bor. Konstruksi sumur bor sangat tergantung dari kondisi akuifer serta kualitas air tanah. Oleh sebab itu ada bermacam-macam jenis konstruksi sumur bor.

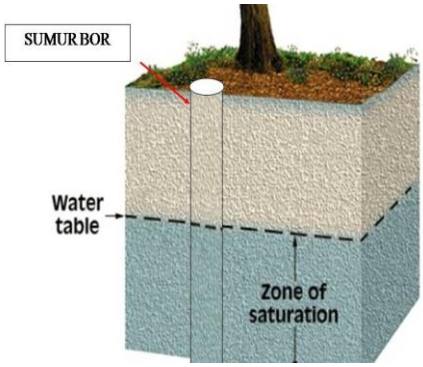


Gambar 0.8. Contoh Konstruksi Sumur

Untuk mengetahui besarnya debit yang dapat dihasilkan oleh suatu sumur dilakukan dengan cara uji pemompaan. Prinsipnya adalah memompa air tanah dari sumur dengan debit konstan tertentu dan mengamati turunnya muka air tanah selama pemompaan berlangsung. Dari situ dapat dilihat berapa besar kapasitas jenis sumur, yakni jumlah air yang dapat dihasilkan dalam satuan volume tertentu apabila muka air di dalam sumur diturunkan dalam satu satuan panjang. Di samping itu dari uji pemompaan dapat diketahui juga parameter akuifer.

2.4 Muka Air Tanah

Muka air tanah (*Water Table*) merupakan pemisah antara zona air tanah atau *phreatic water* dengan pipa kapiler. Muka air tanah (*Water Table*) merupakan air permukaan pada sumur yang hanya merembes pada jarak yang pendek ke zona jenuh air. Posisi muka air tanah penting untuk diketahui untuk mengetahui parameter akuifer dari di sumur bor. Untuk mengetahui muka air tanah di sumur bor dibutuhkan alat yang dapat mendeteksi muka air tanah. Alat pendeteksi muka air tanah di sebut *Water Level Detector*.



Gambar 0.9. Muka air tanah (Water Table)

2.5 Water Level Detector

Water level detector adalah alat yang digunakan untuk mengetahui kedalaman muka air tanah dalam sumur bor. Prinsip kerja alat ini pada intinya adalah harus mampu mendeteksi dimana posisi muka air tanah. Alat untuk mengukur kedalaman muka air tanah saat ini berbagai merek alat seperti keluaran dari Solinst yang diberi nama Water Level Meter dengan kelas small reel yang hanya mampu mengukur kedalaman 30 m yang masih menggunakan konsep sederhana berupa kabel yang dilengkapi dengan meteran, dengan indikator berupa led. Merek lainnya adalah Hero yang diberi nama Conductivity Plus yang memiliki spesifikasi seperti yang dimiliki oleh Solinst hanya saja ditambahkan buzzer sebagai indikator dan lcd kecil untuk mengetahui suhu lingkungan. sedangkan keluaran dari Geotech yang diberi nama Liguid Level Indicator yang memiliki spesifikasi yang dapat mengukur kedalaman 30m, 60m dan 100m, dengan berat 4kg, 6kg, dan 7kg. Sedangkan di mesin yang di miliki p x t x l=20 x 34 x27 dengan menggunakan daya baterai 9v, hanya menggunakan buzzer dan led sebagai indikator.



Gambar 0.10. Alat Water Level Detector Solinst

Semua merek itu memiliki spesifikasi yang sama dan memiliki pengukuran secara manual yang masih berbentuk meteran biasa yang di tambahkan indikator air saja. Pada saat ini alat water level detector masih yang paling efektif dalam pengukuran kedalaman muka air tanah di sumur bor.

Untuk mengetahui posisi muka air tanah di suatu sumur bor sangatlah diperlukan alat yang dapat mengukur muka air tanah dan posisi koordinat sumur bor itu sendiri. Koordinat sangatlah penting untuk diketahui dalam memantau kesediaan dari air tanah di suatu daerah. Maka dari itu penelitian, penulis merancang sebuah system Water Level Detector dalam skala lab yang dapat mengukur kedalaman muka air tanah di sumur bor yang berbentuk digital dan koordinat sumur bor itu sendiri. Alat ini diberi nama alat pendeteksi posisi muka air tanah di sumur bor yang dapat memberikan koordinat dari sumur bor yang di ukur sehingga memiliki dua fungsi yaitu mengetahui kedalaman muka air tanah dan koordinat sumur bor. Koordinat sebuah sumur bor sangat penting untuk di ketahui mengetahui posisi sumur bor. Alat pendeteksi posisi muka air tanah di sumur bor ini akan di bangun dari gabungan beberapa komponen elektronik seperti Arduino mega 2560 sebagai mikrokontroler yang akan mengolah data yang ada. GPS neo 6 adalah memberikan informasi lokasi dengan menangkap dan memproses sinyal dari satelit navigasi. LCD display 4 x 20 berfungsi untuk menampilkan karakter angka. *Rotary encoder* adalah alat elektro mekanik yang dapat menghasilkan serial pulsa. Motor dc berfungsi sebagai alat untuk menaikan sensor atau menurunkan sensor pada sumur bor. Relay yang difungsikan untuk mengatur arah putaran dari motor dc. Led dan Buzzer sebagai indicator.

Manfaat dari Water Level Detector adalah:

1) Dapat mendeteksi kedalaman muka air tanah
2) Untuk mengetahui kualitas lapisan pembawa air dan kualitas sumur bor.