

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Air Tanah**

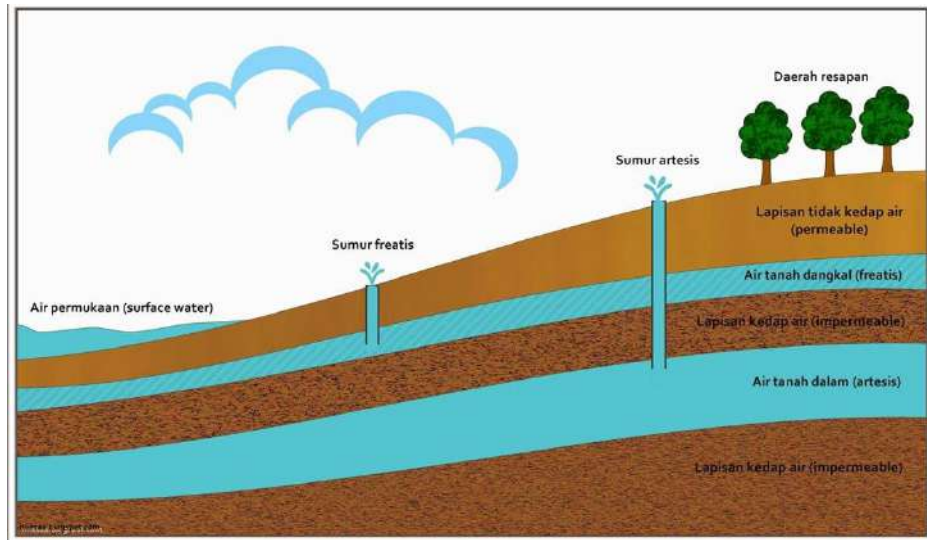
Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah pada zona jenuh air, dengan tekanan hidrostatik sama atau lebih besar daripada tekanan udara. Sumber utama air tanah adalah air hujan yang meresap ke dalam tanah mengikuti suatu proses yang disebut sebagai daur hidrologi (Purnama, 2000). Menurut Todd (1980), air tanah adalah air yang terdapat dalam tanah atau batuan, menempati ruang-ruang antar butir batuan serta berada dalam celah-celah batuan.

##### **2.1.1 Proses Terbentuk**

Berdasarkan daur hidrologi, air tanah berasal dari air hujan yang bergerak ke bawah melalui zona aerasi yaitu zona yang berupa pori-pori tanah berisi air dan udara dalam jumlah yang berbeda-beda. Air yang melalui zona aerasi ditahan oleh gaya-gaya kapiler pada pori-pori yang kecil atau oleh tarikan molekuler di sekitar partikel-partikel tanah. Apabila kapasitas retensi dari tanah pada zona ini telah dihabiskan, air akan bergerak ke bawah menuju pori-pori tanah atau batuan yang disebut sebagai zona jenuh air (*zone of saturation*). Air yang terdapat pada zona jenuh air inilah yang disebut sebagai air tanah (Linsley, 1985). Perbedaan kondisi fisik secara alami akan mengakibatkan air dalam zonasi ini akan bergerak/mengalir baik secara gravitasi, perbedaan tekanan, kontrol struktur batuan dan parameter lainnya. Kondisi inilah yang disebut sebagai aliran air tanah. Daerah aliran air tanah ini selanjutnya disebut sebagai daerah aliran (*flow zone*).

Air tanah adalah salah satu fase dalam daur hidrologi, yakni suatu peristiwa yang selalu berulang dari urutan tahap yang dilalui air dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer. Dari daur hidrologi dapat dipahami bahwa air tanah berinteraksi dengan air permukaan serta komponen-komponen lain yang terlibat seperti bentuk topografi, jenis batuan penutup, penggunaan lahan, tumbuhan penutup, serta manusia yang berada di

permukaan. Air tanah dan air permukaan saling berkaitan dan berinteraksi. Skema lapisan air tanah dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



**Gambar 2.1 Skema Lapisan Air Tanah**

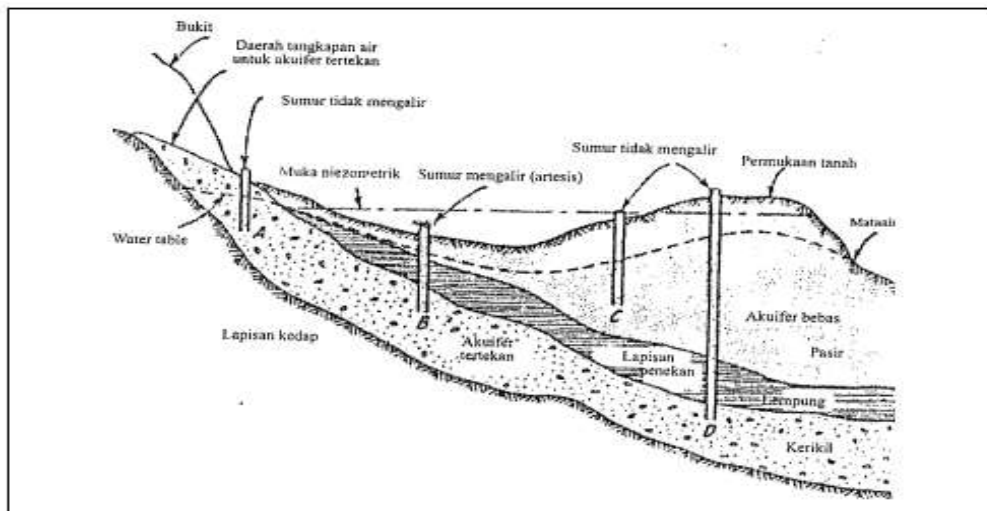
sumber : <https://rimbakita.com/air-tanah/>, November 2019

Air tanah ditemukan pada formasi geologi permeabel (tembus air) yang disebut sebagai akuifer. Akuifer merupakan formasi pengikat air yang memungkinkan jumlah air yang cukup besar untuk bergerak melaluinya pada kondisi lapangan yang biasa. Pada akuifer, air tanah menempati pori-pori batuan, retakan ataupun patahan pada suatu batuan. Secara umum air tanah akan mengalir sangat perlahan melalui suatu celah yang sangat kecil dan atau melalui butiran antar batuan. Formasi geologi merupakan faktor yang mempengaruhi proses terbentuknya air tanah. Formasi geologi adalah formasi batuan atau material lain yang berfungsi menyimpan air tanah dalam jumlah besar (Asdak, 1995). Dalam proses pembentukan air tanah, formasi-formasi yang berisi dan memancarkan air tanah dikenal sebagai akuifer (Linsley, 1985).

Air tanah tidak dapat ditemukan di setiap tempat. Ada tidaknya air tanah tergantung dari ada tidaknya lapisan batuan yang dapat mengandung air tanah yang disebut dengan akuifer. Menurut PP No. 43 tahun 2008 akuifer merupakan lapisan batuan jenuh air tanah yang dapat menyimpan dan meloloskan air dalam jumlah yang cukup dalam hal ini artinya dapat mensuplai suatu sumur atau mata air pada suatu periode tertentu. Akuifer sering pula disebut

waduk air atau formasi air. Menurut Krussman dan Ridder (1970), akuifer dapat dikelompokkan menjadi berbagai macam, yaitu :

- a. Akuifer bebas (*unconfined aquifer*)  
yaitu lapisan air yang hanya sebagian terisi oleh air dan berada di atas lapisan kedap air. Permukaan tanah pada akuifer ini disebut dengan *water table* atau preatik level, yaitu permukaan air yang mempunyai tekanan hidrostatik sama dengan atmosfer. Air tanah yang berasal dari akuifer bebas pada umumnya ditemukan pada kedalaman yang relatif dangkal atau kurang dari 40 m. Kasus khusus dari akuifer bebasa adalah akuifer menggantung (*perched aquifer*) yang terjadi akibat terpisahnya air tanah dari tubuh air tanah utama oleh suatu formasi batuan kedap air (Kodoatie, 1996)
- b. Akuifer tertekan (*confined aquifer*) yaitu akuifer yang seluruh jumlahnya dibatasi oleh lapisan kedap air, baik yang atas maupun yang berada di bawah, serta mempunyai tekanan lebih besar daripada tekanan atmosfer.
- c. Akuifer semi tertekan (*semi confined aquifer*) yaitu akuifer yang seluruhnya jenis air, dimana bagian atasnya dibatasi dengan lapisan semi lolos air pada bagian bawahnya merupakan lapisan kedap air.
- d. Akuifer semi bebas (*semi unconfined aquifer*) yaitu akuifer yang bagian bawahnya merupakan lapisan kedap air, sedangkan material atasnya merupakan material berbutir halus sehingga pada lapisan penutupnya masih memungkinkan adanya gerakan air. Dengan demikian akuifer ini merupakan peralihan antara akuifer bebas dengan akuifer semi tertekan. Akuifer bebas dan tertekan dapat dilihat pada Gambar 2.2 di halaman berikut.



**Gambar 2.2** Akuifer Bebas dan Tertekan

*sumber : Israelsen dan Hanses, 1962 dalam purnama 2010*

### 2.1.2 Parameter Dalam Potensi Air Tanah

Air tanah adalah air yang secara alami atau buatan berada di bawah permukaan tanah, baik di dalam lapisan akuifer atau bukan (Nelson & Quevauviller, 2016). Air tanah merupakan sumber air bersih terbesar yang tersedia di dunia (Agarwal & Garg, 2016), yang digunakan dalam berbagai kepentingan seperti agrikultur, industri, margasatwa dan aktivitas manusia (Ebrahimi, et al., 2016). Terdapat dua sumber utama dari air tanah, yaitu air hujan dan rembesan dari irigasi tanaman (Rawal, et al., 2016). Keberadaan dari air tanah dalam suatu akuifer dipengaruhi oleh berbagai faktor. Jumlah dari faktor yang digunakan tergantung dari keberadaan data di area studi (Razandi, et al., 2015). Zona potensi air tanah adalah lokasi yang berpotensi terdapat sumber air tanah di dalamnya. Identifikasi dari zona potensi air tanah bergantung pada berbagai faktor. Beberapa faktor yang penting dalam menentukan potensi air tanah adalah tutupan lahan, jenis tanah, geologi, densitas drainase, curah hujan, dan kelerengan (Mandal, et al., 2016)

- Tanah

Tanah merupakan lapisan tipis dan material bebas yang menutupi batuan di muka bumi (Kodoatie, 2012). Jenis tanah memiliki peran penting dalam pemetaan air tanah. Setiap jenis tanah memiliki nilai permeabilitas yang berbeda. Tanah dengan tingkat permeabilitas tinggi memungkinkan tingkat infiltrasi yang cepat, sehingga lebih banyak air hujan yang dapat masuk ke dalam tanah (Mandal, et al., 2016). Air hujan yang jatuh ke permukaan akan meresap melalui tanah ke dalam batuan dasar yang ada di bawahnya (Naghbi, et al., 2015)

- **Geologi**

Formasi geologi berperan penting dalam pembentukan daratan. Jenis batuan di suatu area memiliki efek yang signifikan terhadap ketersediaan air tanah (Selvam, et al., 2016). Kemampuan air untuk mengalir dari permukaan ke bawah tanah dipengaruhi oleh jenis batuan di suatu area (Mekki & Laftouhi, 2016). Jenis batuan mempengaruhi kapasitas menampung air dari suatu akuifer dan keberadaan air tanah (Duan, et al., 2016). Setiap jenis batuan memiliki nilai porositas dan permeabilitas yang berbeda (Razandi, et al., 2015). Sebagai contoh, area dengan formasi batuan kerikil memiliki potensi air tanah yang paling besar. Hal ini dikarenakan batuan kerikil memiliki tingkat porositas dan permeabilitas yang tinggi (Ahmed, et al., 2015).

- **Curah Hujan**

Curah hujan merupakan salah satu parameter yang penting dalam pemetaan potensi air tanah. Curah hujan dianggap sebagai sumber utama dari pengisian ulang (recharge) air tanah. Curah hujan memiliki efek yang signifikan dalam pembuatan peta zona potensi air tanah (Razandi, et al., 2015). Jumlah air yang tersedia untuk menyusup (infiltrasi) ke dalam air tanah ditentukan oleh curah hujan (Agarwal & Garg, 2016).

- **Cekungan Air Tanah**

Cekungan Air Tanah adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung (Kodoatie, 2012). Yang dimaksud batasan adalah akibat dari kondisi geologi bawah permukaan, seperti zona sesar, lipatan, dan kemiringan lapisan batuan. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Pasal 8 Tahun 2008 tentang Air Tanah, Cekungan Air Tanah (CAT) ditetapkan berdasarkan kriteria sebagai berikut :

- a. mempunyai batas hidrogeologis yang dikontrol oleh kondisi geologis dan/atau kondisi hidraulik air tanah.

- b. mempunyai daerah imbuhan dan daerah lepasan air tanah dalam satu sistem pembentukan air tanah.
- c. memiliki satu kesatuan sistem akuifer.

Batas secara struktur geologi merupakan batas yang terjadi akibat zona sesar, adanya kemiringan lapisan batuan, adanya lipatan, adanya aktivitas magmatisme, dan adanya zona proses mineralisasi. Batas secara hidrologi merupakan batas yang tidak tetap, misalnya batas permukaan air laut, danau, waduk, dan daerah aliran sungai. Hal ini sering mengalami perubahan karena kondisi topografi dan kondisi pengaruh pasang surut air laut. Jadi, batas cekungan air tanah dipengaruhi oleh kondisi hidrologi, kondisi geologi, serta pengaruh pasang surut air laut. Proses hidrogeologi dalam cekungan yaitu proses resapan, proses aliran air tanah, dan pelepasan air tanah. Proses resapan terjadi di daerah hulu. Bisa terjadi di bukit, di pegunungan, dan dari sumber mata air. Daerah resapan terbentuk karena adanya pengaruh dari siklus hidrologi di permukaan Bumi mulai dari proses pada air permukaan sampai terbentuknya mata air. Proses aliran air tanah terjadi pada morfologi dataran rendah. Jadi air tanah mengalir menuju tempat yang lebih rendah. Hal ini juga dipengaruhi oleh struktur geologi yang ada pada daerah tersebut. Proses pelepasan air tanah merupakan bagian dari batas cekungan air tanah. Pada batas cekungan air tanah terdapat batuan dengan bermacam sifat permeabilitas masing-masing. Air tanah akan tertahan bila batumannya bersifat akuiklud (suatu lapisan jenuh air, tetapi relatif kedap air yang tidak dapat melepaskan airnya dalam jumlah berarti, misalnya lempung) dan akan mengalir lambat pada batuan yang bersifat akuifug (lapisan batuan yang relatif kedap air, yang tidak mengandung ataupun dapat dilewati oleh air, misalnya batuan beku). Batu gamping yang telah cukup mengalami pelapukan dan mempunyai lubang-lubang hisap yang cukup banyak dapat merupakan sumber air tanah yang memuaskan, begitu juga dengan batu kapur. Pada umumnya batuan beku, metamorforik, dan batuan sedimen merupakan akuifer yang buruk kecuali kalau batuan tersebut retak dan berongga yang cukup besar sehingga dapat menyediakan tempat penampungan air dan saluran (Kodoatie, 2012).

### **2.1.3 Pengaruh Hidrogeologi Terhadap Air Tanah**

Potensi air tanah pada suatu cekungan tidak terlepas dari kondisi hidrogeologi di wilayah itu sendiri. Hidrogeologi merupakan bagian dari hidrologi yang mempelajari penyebaran dan pergerakan air tanah dalam tanah dan batuan di kerak Bumi. Istilah geohidrologi sering digunakan secara bertukaran. Pengaruh hidrogeologi terhadap air tanah bisa dilihat dari cekungan air tanah yang ada.

### **2.1.4 Jenis Air Tanah**

Air tanah permukaan sebagai air yang berada di atas lapisan tanah atau batuan. Air tanah dengan ciri- ciri mulai dari bagian atas dan bawah lapisannya yang memiliki kandungan air yang dibatasi oleh lapisan kedap, lapisan yang mengandung air kemudian terletak di daerah siklinal dari suatu formasi yang berada di daerah lipatan air tanah, ia dapat memancar jika mendapatkan tekanan pada daerah siklinal yang cukup kuat, dan jika tekanan yang ada tidak cukup kuat maka air dapat mengalir naik. Air tanah permukaan sendiri mengandung banyak manfaat dan sering dimanfaatkan oleh manusia dalam berbagai hal, seperti pertanian dan pengairan. Air tanah kemudian dapat digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu air tanah yang berdasarkan kepada letaknya di permukaan tanah dan berdasarkan kepada darimana ia berasal.

Air tanah berdasarkan letaknya sendiri kemudian dibagi kembali menjadi 2 jenis, yaitu Air Tanah Freatik dan Air Tanah Dalam (Artesis).

- Air Tanah Freatik sebagai air tanah pada permukaan yang dangkal dimana letaknya tidak jauh dari permukaan tanah dan berada diatas lapisan kedap air contohnya ada pada air sumur.
- Air Tanah Dalam atau disebut juga sebagai artesis merupakan air tanah yang terletak di antara lapisan akuifer dan batuan kedap air, contohnya ada pada sumur artesis. Air artesis juga disebut dengan air tanah dalam, karena dapat ditemukan pada kedalaman 30 -80 meter dari permukaan tanah. Air tanah ini juga dapat diminum atau dikonsumsi secara langsung karena sudah mengalami penyaringan secara sempurna dan terbebas dari kuman ataupun bakteri. Biasanya jenis air tanah artesis sering

digunakan untuk mengatasi kekeringan meskipun pada musim kemarau panjang. Hal ini dikarenakan air tanah artesis sebagai kandungan dari beragam air tanah dengan debit air yang stabil, meskipun dalam membangun sumur artesis ini juga membutuhkan biaya yang tidak sedikit sebab diperlukan suatu pompa air khusus berkapasitas besar, bahkan air tanah ini juga memiliki kemampuan untuk keluar sendiri jika tekanan airnya cukup besar, dan membentuk sumur artesis.

Sementara air tanah berdasarkan asalnya kemudian dibagi menjadi 3 jenis, yaitu Air Tanah Meteorit (Vados), Air Tanah Baru (Juvenil), dan Air Konat.

- Air Tanah Meteorit (Vados) merupakan air tanah yang berasal dari proses presipitasi (hujan) awan yang bercampur dengan debu meteorit dan kemudian mengalami kondensasi.
- Air Tanah Baru (Juvenil) merupakan air tanah yang berasal dari dalam bumi karena tekanan intrusi magma, contohnya adalah pada geyser atau sumber air panas.
- Air Konat merupakan air tanah yang terkandung pada lapisan batuan purba.

## **2.2 Sumur Gali**

Sumur gali adalah satu konstruksi sumur yang paling umum dan meluas dipergunakan untuk mengambil air tanah bagi masyarakat kecil dan rumah-rumah perorangan sebagai air minum dengan kedalaman 7-10 meter dari permukaan tanah. 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 dan hewan, juga dari limbah sumur itu sendiri, baik karena lantainya maupun saluran air limbahnya yang tidak kedap air. Keadaan konstruksi dan cara pengambilan air sumur pun dapat merupakan sumber kontaminasi, misalnya sumur dengan konstruksi terbuka dan pengambilan air dengan timba. Sumur dianggap mempunyai tingkat perlindungan sanitasi yang baik, bila tidak terdapat kontak langsung antara manusia dengan air di dalam sumur (Depkes RI, 2005). Keberadaan sumber air ini harus dilindungi dari aktivitas manusia ataupun hal lain yang dapat mencemari air. Sumber air ini harus memiliki tempat (lokasi) dan konstruksi yang terlindungi dari drainase permukaan dan banjir. Bila sarana air bersih ini dibuat dengan memenuhi



persyaratan kesehatan, maka diharapkan pencemaran dapat dikurangi, sehingga kualitas air yang diperoleh menjadi lebih baik.

Dari segi kesehatan penggunaan sumur gali ini kurang baik bila cara pembuatannya tidak benar-benar diperhatikan, tetapi untuk memperkecil kemungkinan terjadinya pencemaran dapat diupayakan pencegahannya, pencegahan-pencegahan ini dapat dipenuhi dengan memperhatikan syarat-syarat fisik dari sumur tersebut yang didasarkan atas kesimpulan dari pendapat beberapa pakar di bidang ini, diantaranya lokasi sumur tidak kurang dari 10 meter dari sumber pencemar, lantai sumur sekurang-kurang berdiameter 1 meter jaraknya dari dinding sumur dan kedap air, saluran pembuangan air limbah minimal 10 meter dan permanen, tinggi bibir sumur 0,8 meter, memiliki cincin (dinding) sumur minimal 3 meter dan memiliki tutup sumur yang kuat dan rapat (Indan, 2000: 45)

### 2.2.1 Sumur Gali dan Sumur Bor

Perbedaan sumur bor dan sumur gali secara mendasar adalah cara membuatnya terutama dalam penggunaan alat. Saat menggali sumur bor, maka orang menggunakan alat modern dan canggih untuk membuatnya. Sementara saat membuat sumur gali, orang akan memanfaatkan tenaga manusia ketimbang alat modern. Sumur gali dan sumur bor dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini.



**Gambar 2.3 Sumur Gali dan Sumur Bor**

*Sumber : ahlisumurjogja.netGali.jpg, Januari 2017*

Perbedaan sumur gali dan sumur bor dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2.1 perbedaan sumur gali dan sumur bor**

No	Perbedaan	Sumur gali	Sumur bor
1	Proses Pembuatan Sumur	pembuatan sumur gali masih memanfaatkan tenaga manusia sepenuhnya. Kamu harus menggali manual dengan cangkul serta sekop untuk mencapai sumber air.	Untuk membangun sumur bor, bisa menggunakan alat modern serta canggih. Tepatnya penggalian akan mengandalkan kekuatan dari mesin bor untuk menembus ke dalam tanah.
2	Lama Penggalian Sumur Bor dan Sumur Gali	Jika membangun sumur gali, jumlah pekerja akan mempengaruhi lama penggalian. Semakin banyak orang yang terlibat maka akan lebih cepat pula pembuatan sumur air tanah.	Karena memanfaatkan tenaga mesin, penggalian sumur bor akan berlangsung lebih cepat dan tidak membutuhkan terlalu banyak orang selama proses pembuatan sumur.
3	Perbedaan Ukuran Sumur Bor vs Sumur Gali	Sumur gali diameternya cenderung lebih besar karena harus bisa masuk ke dalamnya. tujuannya tentu untuk menggali tanah secara manual hingga mencapai sumber air. ukurannya yang luas ini tentu membuat debit air akan semakin besar pula.	Sementara sumur bor secara diameter lebih kecil tetapi kedalamannya bisa ditentukan sesuai dengan kedalaman alat modern.
4	Lokasi Penempatan Sumur	Jika ingin membuat sumur galian lahan yang tersedia harus luas.	Karena diameternya kecil tidak memerlukan lahan luas jika ingin membangun sumur bor.

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Sumur Gali dan Sumur Bor**

No.	Perbedaan	Sumur gali	Sumur bor
5	Biaya pembangunan sumur	Sumur galian yang hanya mengandalkan alat sederhana seperti sekop.	pembuatan sumur bor biayanya lebih mahal dari sumur gali. Ini karena membutuhkan banyak alat berat seperti mesin bor dan lainnya. Tidak hanya itu, setelah sumur bor selesai harus dilengkapi dengan pompa air.

Sumber : <https://berita.99.co/perbandingan-sumur-bor-vs-sumur-gali/>

### 2.2.2 Karakteristik Air Tanah

Kesehatan lingkungan adalah suatu kondisi atau keadaan lingkungan yang optimum sehingga berpengaruh terhadap terwujudnya status kesehatan yang optimal, yang memiliki ruang lingkup antara lain: perumahan sehat, pembuangan tinja, penyediaan air bersih, pembuangan limbah padat maupun cair, pengelolaan sampah, dan pengendalian vektor penyakit (Notoatmojo, 2007).

Terkait dengan sarana penyediaan air bersih, jenis sarana sumur gali masih menjadi jenis sarana yang paling banyak dipergunakan masyarakat, khususnya di wilayah pedesaan. Sumur gali menggunakan air tanah sebagai sumber air bersihnya. Air tanah (ground water) berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi yang kemudian mengalami perkolasi ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi secara alamiah. Proses penyerapan ini membuat air tanah lebih baik dari air permukaan.

Air tanah memiliki kelebihan di banding sumber air lain. Pertama air tanah biasanya bebas dari kuman penyakit dan tidak perlu mengalami proses penjernihan. Air tanah juga tersedia sepanjang tahun namun demikian air tanah juga memiliki kelemahan dibanding air lain karena air tanah mengandung mineral dalam konsentrasi tinggi.

Karakteristik utama yang membedakan air tanah dari air permukaan adalah pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal (*residence time*) yang sangat lama, dapat mencapai puluhan bahkan ratusan tahun. Karena pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal yang lama tersebut, air tanah akan sulit untuk pulih kembali jika mengalami pencemaran.

Terdapat beberapa jenis air tanah, sebagaimana menurut Sutrisno & Suciastuti (2010), air tanah terbagi menjadi beberapa jenis, antara lain :

- Air tanah dangkal: Terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan yang juga berfungsi sebagai saringan. Pengotoran air masih terus berlangsung, terutama air permukaan yang dekat dengan muka tanah. Setelah menemui lapisan kedap air, air akan terkumpul merupakan air tanah dangkal di mana air tanah ini dimanfaatkan untuk sumber air bersih melalui sumur-sumur dangkal. Air tanah dangkal terdapat pada kedalaman  $\pm 15$  m. Sebagai sumber air bersih, air tanah dangkal ini ditinjau dari segi kualitas agak baik. Dari segi kuantitas kurang baik dan tergantung pada musim.
- Air tanah dalam: Terdapat setelah lapisan rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukan pipa kedalamnya sampai kedalaman 100-300 m. Jika tekanan air tanah ini besar, maka air dapat menyembur keluar, sumur ini disebut sumur artesis.
- Mata air: Air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitasnya sama dengan keadaan air dalam. Air ini keluar dari dalam tanah, maka juga disebut sebagai air tanah. Air yang berasal dari lapisan tanah yang dangkal dengan kedalaman dari permukaan tanah dari satu tempat ke tempat lain berbeda-beda. Biasanya berkisar antara 5 sampai dengan 15 meter dari permukaan tanah. Air sumur dengan kondisi dangkal belum begitu sehat, karena kontaminasi kotoran dari permukaan tanah masih ada. Oleh karena itu, perlu direbus dahulu sebelum diminum. Sementara air yang berasal dari lapisan air kedua yang berada di dalam tanah, dengan

kedalaman kira-kira di atas 15 meter. Kondisi seperti biasanya sebagian kualitas airnya sudah cukup sehat untuk dijadikan air minum yang langsung tanpa melalui proses pengolahan (Sutrisno & Suciastuti, 2010)

### **2.2.3 Hal Yang Perlu Diketahui Dalam Membuat Sumur gali**

Hal-hal yang perlu diketahui dalam pembuatan sumur dangkal ini adalah (Chandra, 2006):

1. Lokasi: Lokasi sumur gali harus jauh dari sumber pencemar terdekat yaitu berkisar antara 10–15 m dari septictank, tempat pembuangan sampah, sumur resapan.
2. Dinding sumur: Sumur harus diberi dinding dan kedap air minimal 3 m dari permukaan tanah agar pengotoran oleh air permukaan dapat dihindarkan. Bibir sumur, hendaknya diberi tembok pengaman setinggi 1m.
3. Lantai: Sekeliling sumur harus diberi lantai kedap air minimal 1 m sekeliling dari bibir sumur, tidak retak, mudah dibersihkan dan tidak tergenang air serta ada saluran pembuangan air kotor. Untuk mencegah terjadinya pengotoran dari luar serta air kotor dapat disalurkan dengan mudah ke tempat pembuangan air limbah.
4. Pengambilan air: Untuk mengambil air sebaiknya menggunakan pompa isap untuk mencegah pencemaran dari luar, tetapi bila harus memakai timba maka setiap selesai dipergunakan timba air diletakkan sedemikian rupa agar terjaga kebersihannya. Saluran pembuangan air harus menuju sumur resapan dan dibuat kedap air agar tidak mencemari sumur.
5. Tutup sumur: sebaiknya sumur ditutup secara permanen bila proses mengambil airnya menggunakan mesin pompa dan pakai tutup buka pasang bila air di ambil dengan timba. Hal ini untuk mencegah kotoran masuk kedalam sumur.

Sebagai sarana air bersih yang bersumber dari tanah, sumur gali juga beresiko mengalami pencemaran. Sebagaimana kita ketahui pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain kedalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Menurut Suyono dan Budiman (2010), terdapat beberapa sumber pencemaran air, antara lain :

- Limbah industri yang di buang sebelum diolah dengan baik dapat mencemari sumber air, baik itu air sungai maupun air tanah. Air tanah akan tercemar oleh limbah industri. Bila saluran limbah industri berdekatan dengan pemukiman penduduk dapat mencemari air sumur yang ada.
- Limbah pertanian dapat mencemari air sumur gali bila ada pemakaian pestisida yang tidak benar. Pestisida ini bisa mengalir bersama air hujan dan mencemari air.
- Limbah pemukiman sebagai sumber pencemaran air sumur gali jelas sangat mungkin terjadi. Aktivitas manusia sehari-hari banyak menghasilkan limbah yang bila tidak di kelola dengan benar akan mencemari air sumur. Kegiatan tersebut antara lain: mengelola sampah tidak benar, saluran air yang tidak memenuhi syarat, kotoran ternak yang tidak dikelola dengan baik, hal tersebut dapat mencemari sumber air/air sumur karena letaknya yang berdekatan.

### **2.3 Distribusi Frekuensi**

Dalam melakukan kegiatan penelitian, ada banyak teknik analisis data yang bisa digunakan. Salah satu teknik analisis data yang sering dipakai dalam ilmu statistik adalah distribusi frekuensi. Teknik distribusi frekuensi pada umumnya diaplikasikan dalam teknik analisis data kuantitatif. Apabila peneliti memiliki kumpulan data angka yang kondisinya acak, berserakan dan masih bersifat data mentah maka distribusi frekuensi bisa menjadi salah satu pilihan dalam melakukan pengolahan data. Pasalnya distribusi frekuensi memuat rangkaian data angka kemudian dibuat persebarannya dengan cara membagi ke dalam kelas-kelas berdasarkan interval ataupun kategori tertentu. Ada dua kategori data jika kita ingin melakukan teknik distribusi frekuensi yaitu data individu maupun data yang sudah dikelompokkan ke dalam selang interval. Menurut Riduwan (2003) distribusi frekuensi merupakan penyusunan suatu data mulai dari data terkecil hingga terbesar yang membagi banyaknya data kedalam beberapa kelas. Kegunaan data yang diubah dalam bentuk distribusi frekuensi yaitu untuk memudahkan penyajian, mudah dipahami dan mudah dibaca sebagai informasi. Nantinya dari hasil distribusi frekuensi akan dipakai dalam perhitungan

statistik, dasar pengambilan keputusan untuk penyusunan visualisasi data statistik dan pembagian kategori dalam penarikan kesimpulan suatu data.

### 2.3.1 Defenisi distribusi frekuensi

Distribusi frekuensi merupakan rangkaian data angka menurut kuantitasnya dan atau kualitasnya (kategori). Rangkaian data angka menurut kuantitasnya disebut distribusi frekuensi kuantitatif, sebaliknya data yang disusun menurut kualitasnya (kategori) disebut distribusi frekuensi kualitatif.

Contoh sederhana data kuantitatif adalah data yang mencakup tentang hasil belajar, prestasi belajar, jumlah siswa dan lain sebagainya dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut.

Cumulative frequency table of the ages of survey participants

Age, $a$ (years)	Frequency	Cumulative frequency	Cumulative relative frequency
$19 \leq a < 29$	4	4	$4 / 20 = .2$
$29 \leq a < 39$	9	$9 + 4 = 13$	.65
$39 \leq a < 49$	3	$9 + 4 + 3 = 16$	.8
$49 \leq a < 59$	3	19	.95
$59 \leq a < 69$	1	20	1

**Gambar 2.4 Contoh Data Kuantitatif Sederhana**

*Sumber : DQ-Lab, November 2022*

Sedangkan contoh data kualitatif ialah data mengenai jenis kelamin, jenis pekerjaan, tingkat pendidikan, status pernikahan dan sebagainya.

Tabel merupakan alat penyajian data statistika yang berbentuk baris dan kolom, dengan demikian, Tabel Distribusi Frekuensi dapat diartikan sebagai alat penyajian data statistik yang berbentuk kolom dan lajur yang di dalamnya dimuat angka yang dapat menggambarkan pembagian frekuensi dari variabel yang sedang menjadi objek riset.

### **2.3.2 Tujuan Distribusi Frekuensi**

Tabel distribusi frekuensi membantu dalam melihat isi dari data yang ada, melihat kekurangan yang berakibat memunculkan dampak kurang baik untuk pengukuran atau pencatatan data yang dimasukkan tadi.

Data yang dimasukkan ke dalam distribusi frekuensi merupakan bahan mentah, untuk kemudian dicari hasil dari pencatatan dan pengukuran terhadap bahan tersebut.

Biasanya besar dari hasil yang diketahui sangat bervariasi, hal itu tergantung dari jumlah dari keseluruhan data yang masuk. Selain itu, pengolahan bahan mentah perlu dilakukan lebih dulu sebelum mencari hasilnya.

### **2.3.3 Macam-Macam Distribusi Frekuensi**

Dalam distribusi frekuensi dikenal tiga jenis tabel distribusi frekuensi yaitu tabel distribusi frekuensi relatif, tabel distribusi frekuensi kumulatif dan tabel distribusi frekuensi relatif kumulatif.

#### **a. Tabel Distribusi Frekuensi Relatif**

Tabel distribusi frekuensi relatif adalah sebuah tabel yang berisi nilai-nilai data, dengan nilai-nilai tersebut dikelompokkan ke dalam interval-interval kelas dan tiap interval kelasnya masing-masing mempunyai bilangan frekuensi dalam bentuk persentase. Frekuensi relatif masing-masing kelas diperoleh dengan membagi frekuensi kelas dengan frekuensi totalnya.

#### **b. Tabel Distribusi Frekuensi Kumulatif**

Tabel distribusi frekuensi kumulatif adalah sebuah tabel yang diperoleh dari tabel distribusi frekuensi dengan frekuensinya dijumlahkan selangkah demi selangkah. Ada dua jenis tabel distribusi frekuensi kumulatif yaitu tabel distribusi frekuensi kumulatif “kurang dari” dan tabel distribusi frekuensi kumulatif “lebih dari”.

#### **c. Tabel Distribusi Frekuensi Relatif Kumulatif**

Tabel distribusi frekuensi relatif kumulatif merupakan sebuah tabel yang diperoleh dari tabel distribusi frekuensi relatif dengan frekuensinya dalam bentuk persentase dijumlahkan selangkah demi selangkah. Ada dua macam tabel distribusi frekuensi relatif kumulatif yaitu tabel distribusi frekuensi relatif kumulatif “kurang dari” dan tabel distribusi frekuensi relatif kumulatif “lebih dari”.



### 2.3.4 Cara Menyusun Tabel Distribusi Frekuensi

cara yang bisa dilakukan untuk menyusun tabel distribusi frekuensi.

#### a. Menentukan Rentang (R)

Untuk menyusun tabel distribusi frekuensi maka kita membutuhkan rentang. Rentang adalah jarak antara nilai maksimum dengan nilai minimum. Sederhananya, rentang merupakan hasil pengurangan nilai tertinggi suatu data dengan nilai terendah.

Berikut adalah rumus dari rentang:

Rentang = Nilai Maksimum - Nilai Minimum.

#### b. Menentukan Banyak Kelas (B)

Banyak kelas digunakan paling sedikit 5 kelas dan paling banyak 15 kelas. Apabila data yang kamu punya ini  $n$  berukuran besar lebih dari 100, kamu bisa menggunakan aturan Sturges.

Berikut adalah rumus Sturges:

Banyak Kelas (B) =  $1 + 3,3 \log n$

#### c. Menentukan Panjang Kelas (P)

Penentuan rentang sudah dilakukan, penentuan banyak kelas juga sudah ditentukan. Saatnya kita menentukan panjang kelas. Panjang kelas adalah hasil pembagian rentang dengan banyaknya kelas. Berikut adalah rumus dari Panjang Kelas:

Panjang Kelas = Rentang / Banyak Kelas

Menentukan ujung-ujung kelas untuk setiap kelas intervalnya. Dalam menentukan ujung-ujung kelas yang harus diperhatikan ialah menentukan nilai ujung bawah untuk kelas interval yang pertama. Terdapat dua kemungkinan yang dapat dilakukan yaitu nilai ujung bawah kelas interval pertama dapat mengambil nilai data yang terkecil atau nilai data yang lebih kecil dari nilai data yang terkecil.

## 2.4 Arcgis

ArcGis adalah perangkat lunak yang dikeluarkan oleh *Environmental system research institute* (ESRI), sebuah perusahaan yang telah berkecimbung di dalam bidang geospasial. Arcgis adalah sebuah platform yang terdiri dari beberapa software yaitu desktop GIS, server Gis, Online GIS, ESRI data, dan Mobile GIS.

ArcGis desktop hanya dapat diinstal pada sistem operasi (OS) Windows. Khusus untuk ArcGis desktop versi 10.3 hanya dapat diinstal pada OS Windows 7, Windows 8/8.1, Windows server 2008/2012 dan windows 10. Pengguna OS Linux dan Mac masih belum dapat menginstal ArcGis desktop. Beberapa pengguna mencoba menggunakan emulator windows agar dapat menginstal Arcgis desktop pada Linux/Mac. Namun tentu saja masalah kompatibilitas seringkali menjadi masalah.

ArcGis desktop merupakan pengembangan dan gabungan dari ArcView 3.x yang unggul dalam antarmuka visual dengan Arc/INFO versi 7 yang unggul dalam analisis. Oleh karena itu tidak mengeherankan jika ArcGis 8.0 yang dirilis pada tahun 1999. Arcview dan Arc/INFO yang sebelumnya adalah software tersendiri dijadikan sebagai tingkatan lisensi di dalam ArcGis desktop.

ArcGis desktop masih merupakan kumpulan software yang terdiri dari beberapa software tersendiri yaitu :

1. ArcMap

ArcMap adalah software paling utama di dalam Arcgis desktop karena hampir semua tahapan GIS seperti input, analisis dan output data spasial dapat dilakukan pada ArcMap, sama halnya dengan menggunakan software pemetaan lain seperti ArcView 3.x, QGIS, Autocad Land Desktop, dan sebagainya. Meskipun demikian, banyak tugas-tugas GIS yang tidak dapat dilakukan menggunakan ArcMap sehingga pengguna masih perlu untuk mempelajari dan menggunakan software ArcGis desktop lain selain ArcMap.

2. ArcCatalog

ArcCatalog memiliki fungsi untuk pengelolaan data spasial meliputi input, konversi, dan analisis data. ArcCatalog dapat dianalogikan sebagai file explorer (atau windows explorer) pada OS windows. Namun karena tugasnya spesifik untuk menangani data spasial, maka fungsi pengelolaan file yang dimiliki oleh ArcCatalog lebih khusus dan spesifik. ArcCatalog tidak saja digunakan untuk mengelola data spasial, tetapi juga untuk melakukan analisis data. ArcCatalog biasa disandingkan dengan ArcMap. Biasanya

ArcCatalog digunakan untuk menambahkan data ke dalam ArcMap dengan cara drag and drop dari ArcCatalog.

### 3. ArcScene

ArcScene berfungsi untuk visualisasi 3D, yaitu menyajikan tampilan yang perspektif, bernavigasi dan berinteraksi dengan data fitur 3D dan raster. Software ini biasa digunakan untuk cakupan lokal atau tidak terlalu luas, misalnya untuk visualisasi sebuah kota kecil, kawasan hutan, bendungan, dan sebagainya.

### 4. ArcGlobe

ArcGlobe adalah bagian dari ArcGis desktop yang ditujukan untuk eksplorasi data spasial secara virtual dengan ukuran dan cakupan data yang besar. ArcScene menampilkan data spasial secara lokal, maka ArcGlobe menampilkan data spasial dalam perspektif global. ArcGlobe serupa dengan software google earth dari google atau world wind dari NASA.

### 5. ArcReader

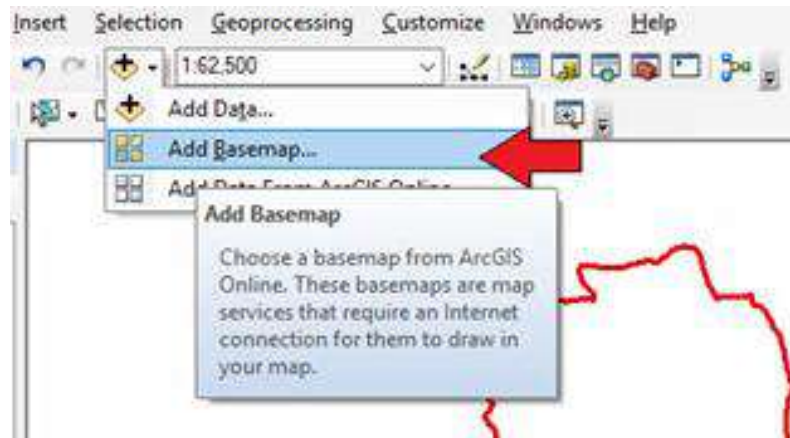
ArcReader biasa digunakan jika pengguna ingin membagi project ArcMap dengan pihak lain. Pihak penerima projek tidak perlu install ArcMap untuk dapat membuka dan melakukan eksplorasi project tersebut. Cukup dengan menggunakan ArcReader yang gratis, pengguna dapat melihat project ArcMap. Yang telah dibuat. ArcReader (dan ekstensi publisher untuk ArcMap) memiliki beberapa fungsi untuk mengatur bagaimana data yang dibagikan dalam project dapat diakses. Data spasial yang turut dipaketkan dan disalin dapat dikunci sehingga pengguna tidak memiliki akses penuh terhadap data spasial yang dibagi.

## 2.4.1 Fitur ArcMap

### 1. Basemap

Basemap merupakan peta dasar yang menyertai shapefile. Dengan basemap tampilan peta menjadi lebih akurat mengingat basemap biasanya diambil dari citra satelit atau peta jalan. Sangat sulit melihat peta seperti itu tanpa indikator lokasi, walaupun dibuat dari proses clip kota Bogor berdasarkan kecamatan tertentu saja, dalam hal ini tanah sareal. Untuk membuat basemap tekan tombol Add Data dilanjutkan mengklik “basemap”.

Banyak pilihan yang ditawarkan untuk Basemap, antara lain *imagery* dan *streetmap*. Fitur Basemap dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut.

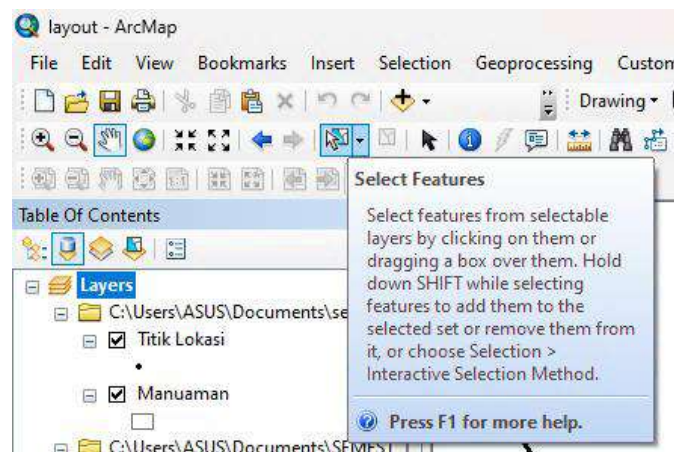


**Gambar 2.5 Fitur Basemap ArcMap**

*Sumber : ArcMap 10.3.1*

## 2. Select Ficture

Fitur ini digunakan untuk memilih daerah atau tempat dari gabungan shp yang ada. Setelah memilih daerah tersebut kemudian akan dipotong bagian shp daerah yang dipilih. Fitur Select ficture dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut.

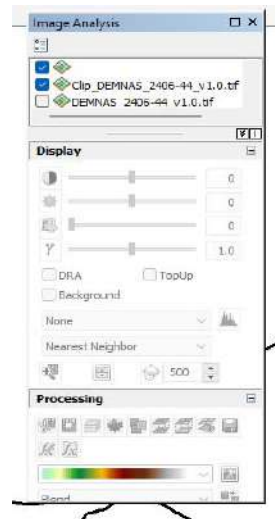


**Gambar 2.6 Fitur Select Ficture**

*Sumber : ArcMap 10.3.1*

### 3. Image Analysis

Fitur image analysis yang berada pada toolbar windows ini digunakan untuk memotong file shp yang telah dipilih oleh select features di atas, sehingga data shp suatu daerah terpotong sesuai pilihan. Fitur Image Analysis dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut.

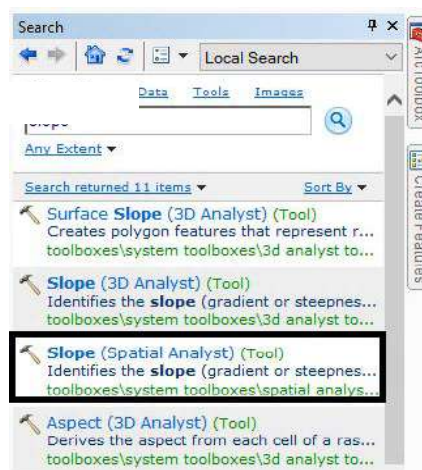


**Gambar 2.7** Fitur Image Analysis

*Sumber : ArcMap 10.3.1*

### 4. Reclassify

Reclassify merupakan salah satu tool di ArcGIS yang digunakan untuk membuat klasifikasi ulang agar sesuai dengan kelas yang digunakan sebagai parameter pengolahan data. Fitur Reclassify dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut.

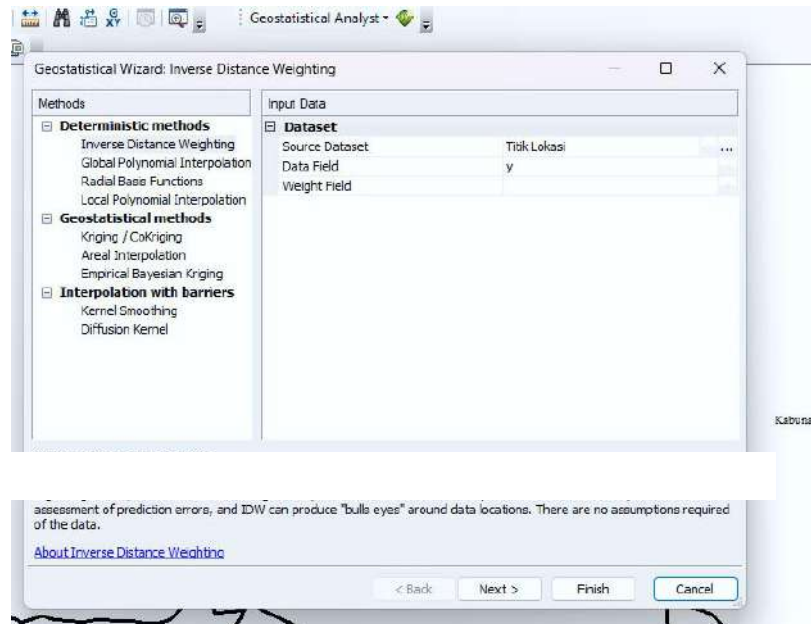


**Gambar 2.8** Fitur Reclassify

*Sumber : ArcMap 10.3.1*

## 5. Geostatistical Analyst

Fitur ini digunakan untuk menampilkan rentang kelas yang akan dibuat pada suatu pemetaan. Fitur Geostatistical Analyst dapat dilihat pada Gambar 2.9 berikut.

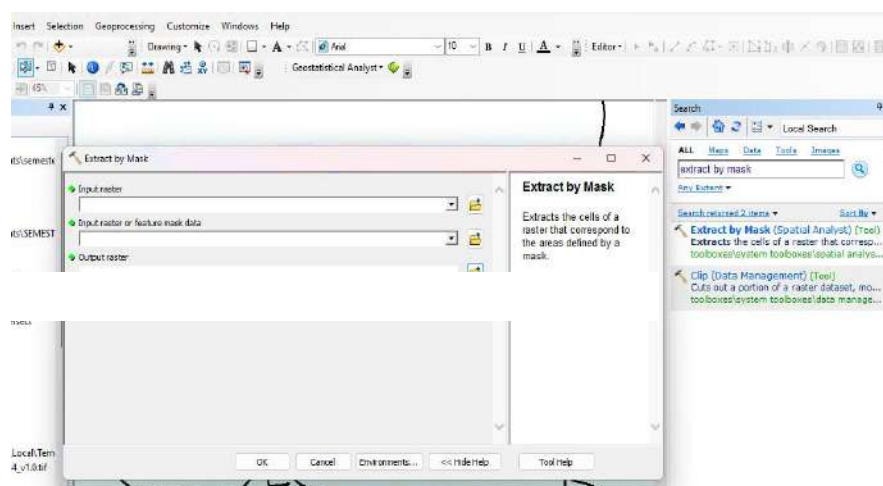


**Gambar 2.9 Geostatistical Analyst**

*Sumber : ArcMap 10.3.1*

## 6. Extract By Mask

Fitur ini digunakan untuk melihat rentang kelas tertinggi dan terendah pada kelas yang dibuat pada pemetaan. Fitur Extract By Mask dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut.

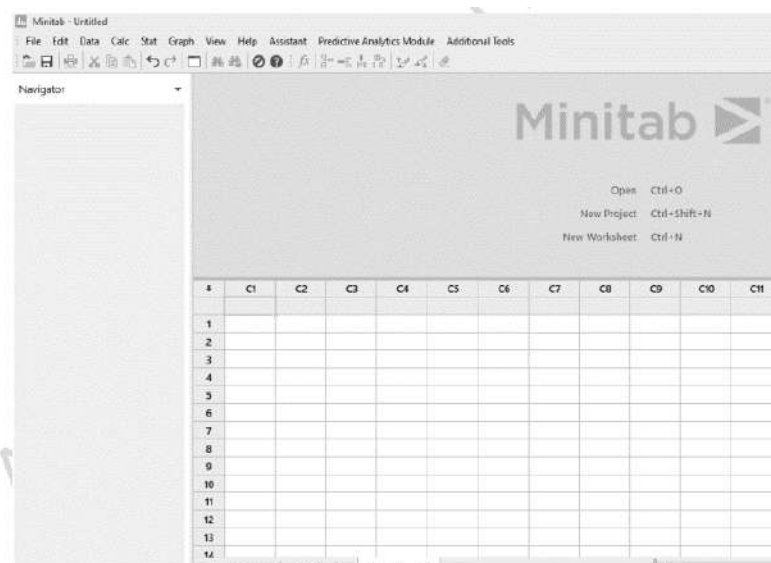


**Gambar 2.10 Extract By Mask**

*Sumber : ArcMap 10.3.1*

## 2.5 Minitab

Minitab adalah program komputer yang dirancang untuk melakukan pengolahan statistik. Minitab mengkombinasikan kemudahan penggunaan layaknya Microsoft Excel dengan kemampuannya melakukan analisis statistik yang kompleks. Minitab dikembangkan di Pennsylvania State University oleh periset Barbara F. Ryan, Thomas A. Ryan, Jr. dan Brian L. Joiner pada tahun 1972. Minitab memulai versi ringannya OMNITAB, sebuah program analisis statistik oleh NIST. Minitab dapat diaplikasikan baik pada OS Windows dan Mac. Berikut tampilan dari Minitab yang bisa dilihat pada Gambar 2.11 di bawah ini.



**Gambar 2.11 Tampilan Minitab 19**

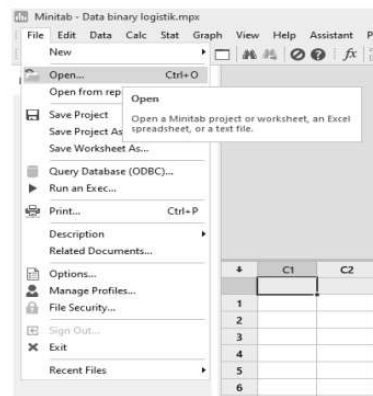
*Sumber : Minitab 19*

- Menu bar berisi menu untuk mengolah data berbasis Graphical User Interface (GUI).
- Kolom Output menampilkan output dari model yang digunakan
- Kolom sheet menampilkan data yang digunakan
- Navigator menampilkan pengolahan data yang sedang dikerjakan

Input data ke dalam minitab

Input data ke dalam Minitab dapat dilakukan dengan berbagai cara. Jika penulis sudah memiliki data yang disimpan dalam bentuk format .mpx, maka selanjutnya

memasukkan data pada Minitab menggunakan menu yang bisa dilihat pada Gambar 2.12 berikut ini:



- File > Open (Ctrl+O)
- Selanjutnya pilih lokasi dan nama *file* yang akan diinput

**Gambar 2.12 Tampilan Toolbar File**

*Sumber : Minitab 19*

Selain itu penulis juga dapat memasukkan data secara langsung ke Minitab dari file Excel. Awalnya, data yang ada dalam Excel di-copy (Ctrl+C) lalu buka Minitab. Pada cell pojok kiri atas data view, klik kanan pilih paste with variabel names, sehingga data akan terinput di spreadsheet Minitab.

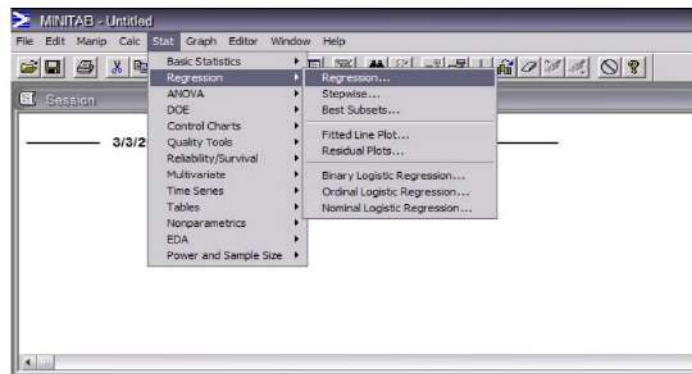
Penggunaan Minitab :

- Mengelola data dan file - spreadsheet untuk analisis data yang lebih baik.
- Analisis regresi
- Power dan ukuran sampel
- Analisis multivariate - termasuk analisis faktor, analisis klaster, analisis korespondensi dan lainnya
- Tes Nonparametrics - berbagai tes termasuk test signal, run tes, friedman tes, dan lainnya
- Time Series dan Forecasting - membantu menunjukkan kecenderungan pada data yang dapat digunakan untuk membuat dugaan, Time series plots, exponential smoothing, trend analysis.
- Statistical Process Control dan Perancangan percobaan
- Analisis sistem pengukuran dan Analisis varians - untuk menentukan perbedaan antar data



## 2.5.1 Analisis Regresi Linier dengan Minitab

Analisis regresi linier dengan minitab dimulai dengan memasukkan data-data sebagai variabel. Setelah proses pemasukan data yang dimiliki, mengolah data tersebut dengan menggunakan alat-alat statistik yang cocok yang disediakan Minitab. Dalam hal ini, untuk keperluan penyusunan suatu model regresi cukup dipahami submenu Regression yang ada dalam menu Stat. Perlu diketahui bahwa untuk alat-alat uji dalam analisis statistik pada program Minitab disediakan pada menu utama Stat, sedangkan menu-menu lainnya berfungsi sebagai pendukung analisis statistik. Menu utama Stat dapat dilihat pada Gambar 2.13 berikut.



**Gambar 2.13 Tampilan Toolbar Stat**

*Sumber : Minitab 19*

Setelah dilakukannya proses regresi maka akan ditampilkan output dari proses regresi. Output software Minitab tidak akan berarti banyak tanpa adanya interpretasi lebih lanjut terhadap output tersebut. Untuk menginterpretasikan hasil analisis data dari komputer sehingga memberikan solusi yang diinginkan dengan tepat. Tentunya, dasar-dasar teori tentang statistika sangat diperlukan. Secara umum, output Minitab untuk analisis regresi menyajikan tampilan hasil analisis yang hampir sama walaupun model regresinya berbeda.

### 2.5.1.1 Interpretasi untuk Model Regresi Linier

Interpretasi untuk Model Regresi Linier bisa dilihat pada Gambar 2.14 di halaman berikut.

**Analisa Regresi: volume(y) dengan elevasi muka tanah(x1); elevasi muka air tanah(x2)**

**Persamaan Regresi**

$$\text{volume}(y) = -10,4 - 1,575 \text{ elevasi muka tanah}(x1) + 1,645 \text{ elevasi muka air tanah}(x2)$$

**Koefisien**

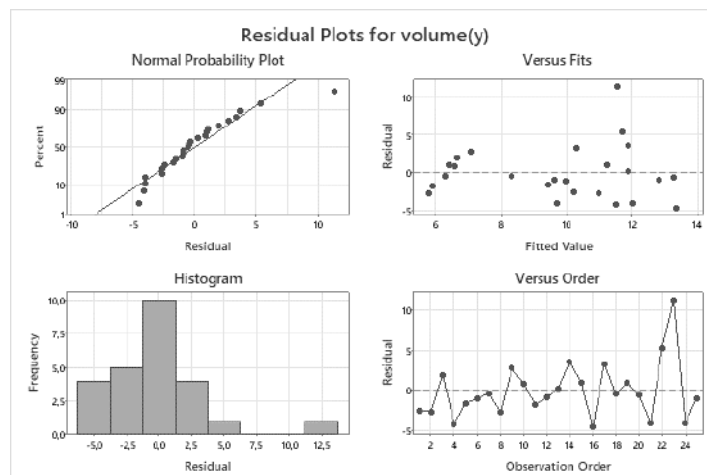
Ketentuan	Koefisien	SE koef	T-Value	P-Value	VIF
Konstan	-10,4	20,3	-0,51	0,613	
elevasi muka tanah(x1)	-1,575	0,535	-2,94	0,008	84,69
elevasi muka air tanah(x2)	1,645	0,533	3,08	0,005	84,69

**Model Ringkasan**

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3,67497	32,93%	26,83%	0,00%

**Analisis Varians**

Sumber	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regresi	2	145,9	72,94	5,40	0,012
elevasi muka tanah(x1)	1	117,0	116,99	8,66	0,008
elevasi muka air tanah(x2)	1	128,5	128,51	9,52	0,005
Error	22	297,1	13,51		
Total	24	443,0			

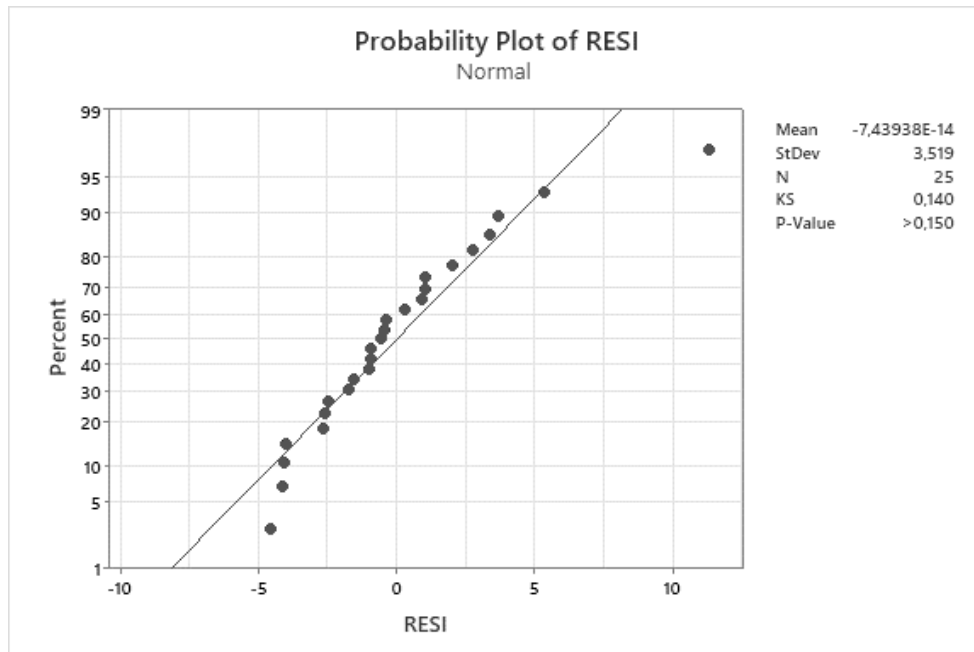


**Gambar 2.14 Interpretasi Model Regresi Linier**

*Sumber : Minitab 19*

Seperti terlihat pada Gambar 2.14 sebelumnya, secara umum output program Minitab terdiri atas enam bagian utama, yakni :

### 1. Uji Normalitas



**Gambar 2.15 Plot Probabiliti Resi**

*Sumber : Minitab 19*

Pada pengujian normalitas bisa melihat grafik plot probability resi yang dapat menunjukkan nilai p value. Data-data yang ada disebut berdistribusi normal jika titik yang dihasilkan mengikuti garis diagonal dan jika p-value pada grafik plot probailiti resi memiliki nilai  $> 0,05$  maka dikatakan bahwa data berdisrtibusi normal.

### 2. Uji Multikolinearitas

Untuk uji ini tinggal melihat nilai VIF pada koefisien dengan syarat sebagai berikut:

1. jika nilai VIF  $< 10$  maka tidak terjadi multikolinearitas
2. jika nilai VIF  $> 10$  maka terjadi multikolinearitas

nilai VIF dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

**Tabel 2.2 Koefisien**

Ketentuan	koefisien	Standar Error koef	T-Value	P-Value	VIF
Konstan	-10,4	20,3	-0,51	0,613	
elevasi muka tanah(x1)	-1,575	0,535	-2,94	0,008	84,69
elevasi muka air tanah(x2)	1,645	0,533	3,08	0,005	84,69

*Sumber : Minitab 19*

Beberapa hal yang dapat dijelaskan tentang tampilan *coefficients* tersebut adalah sebagai berikut:

- a. ketentuan, kolom ini mencantumkan koefisien regres (variabel independent dan variabel dependent) apa saja yang ada dalam model. Variabel independent atau variabel predictor adalah variabel yang mempengaruhi variabel dependent yakni variabel respond atau variabel yang dipengaruhi.

Dalam hal ini ada dua variabel independent, yakni elevasi muka tanah dan elevasi muka air tanah, sedangkan volume atau constant merupakan variabel dependent.

- b. koefisien, kolom ini mencantumkan koefisien nilai dari setiap variabel yang ada.
- c. Standar Error Koefisien, kolom ini mencantumkan simpangan baku bagi setiap variabel.
- d. T, kolom ini menyajikan statistik t-hitung bagi masing-masing koefisien regres, baik variabel independent maupun variabel dependent. Statistik t-hitung tersebut dapat digunakan untuk menguji keberartian masing-masing koefisien regres secara parsial.
- e. P, kolom ini mencantumkan nilai p-value dari setiap variabel yang ada.

### 3. Uji Heteroskedastisitas

Untuk uji ini dilihat *gravik versus Fits* dengan ketentuan bahwa titik-titik yang ada harus menyebar di antara sumbu x dan sumbu y. Jika menyebar tidak beraturan berarti tidak terjadi heteroskedastisitas.

#### 4. Uji Hipotesis

Uji ini dengan cara melihat nilai p-value pada Analisis Varians

dengan syarat-syarat sebagai berikut :

1. Apabila nilai p-value  $> 0,05$  artinya tidak ada pengaruh
2. Apabila nilai p-value  $< 0,05$  artinya terdapat pengaruh

Nilai p-value dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut.

**Tabel 2.3 Analisis Varians**

Sumber	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regresi	2	145,9	72,94	5,40	0,012
elevasi muka tanah(x1)	1	117,0	116,99	8,66	0,008
elevasi muka air tanah(x2)	1	128,5	128,51	9,52	0,005
Error	22	297,1	13,51		
Total	24	443,0			

*Sumber : Minitab 19*

Seperti umumnya tampilan dari suatu tabel *Analysis of Variance* , pada *output Minitab* pun menyajikan nilai-nilai statistik yang umum dijumpai pada suatu tabel *Analysis of Variance* yaitu :

- a. Sumber, yakni mencantumkan sumber variabel dalam model regresi. Untuk regresi linier sederhana, sumber keragaman tersebut berasal dari regresi (*regression*), sisaan (*residual error*), dan total.
- b. *Degree of Freedom(DF)*, yakni mencantumkan derajat bebas (*degree of freedom*) untuk masing masing variabel.
- c. *Sum Square(SS)*, yakni mencantumkan nilai-nilai jumlah kuadrat (*sum square*) untuk masing masing variabel.
- d. *Mean square (MS)*, yakni mencantumkan nilai-nilai kuadrat tengah (*mean square*) dari regresi.
- e. F, yakni mencantumkan nilai F-hitung dari setiap variabel
- f. P, yakni menunjukkan nilai peluang ada tidaknya pengaruh variabel independent terhadap variabel dependent. Apabila nilai P tersebut lebih besar dari taraf nyata

yang kita tetapkan dalam pengujian, misal  $\alpha = 5\%$ , maka variabel independent tidak memberikan pengaruh terhadap variabel dependent. Dalam hal ini dapat digunakan ketentuan sebagai berikut :

1. Nilai  $P \leq 0.05$ , yang berarti adanya pengaruh, maka pada taraf nyata ( $\alpha$ ) 5% kita dapat mengatakan bahwa variabel independent mempengaruhi variabel dependent.
2. Nilai  $P \geq 0.05$ , yang berarti tidak adanya pengaruh, maka pada taraf nyata ( $\alpha$ ) 5% kita dapat mengatakan bahwa variabel independent tidak mempengaruhi variabel dependent.

Cara lain yang dapat dilakukan dalam pengujian hipotesis di atas adalah dengan membandingkan nilai F tersebut dengan nilai F tabel, yakni apabila nilai F lebih besar dari nilai F tabel, maka  $H_0$  ditolak yang berarti bahwa satu atau lebih peubah bebas dalam model berpengaruh nyata pada taraf nyata ( $\alpha$ ) tertentu.

## 5. Koefisien Determinasi

koefisien determinasi bisa dilihat pada Tabel 2.4 model ringkasan berikut ini.

**Tabel 2.4 Model Ringkasan**

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3,67497	32,93%	26,83%	0,00%

*Sumber : Minitab 19*

Dalam analisis regresi, nilai-nilai tersebut dapat digunakan sebagai kriteria dalam pemilihan model regresi terbaik. Secara rinci, ketiga nilai tersebut dapat dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut :

- a. Bagian tabel S (standard deviasi), menunjukkan simpangan baku dari sisaan model yang merupakan akar kuadrat dari *Mean Square Error* (kuadrat tengah sisa). Model regresi yang baik adalah model regresi yang memiliki simpangan baku sisaan (S) yang kecil.
- b. Bagian tabel R-Sq (*R-square*,  $R^2$ ), menunjukkan nilai koefisien determinasi yakni suatu nilai yang menerangkan seberapa besarnya pengaruh variabel independent ( $x$ ) terhadap variabel dependet ( $y$ ), yang umumnya dinyatakan dalam persen (%).

- c. Bagian tabel R-Sq (adj) (*R-square adjusted*), yakni merupakan nilai  $R^2$  yang telah dikoreksi dengan derajat kebebasannya.

## 7. Persamaan regresi

Pada bagian ini disajikan Persamaan dari model regresi linier berganda yang dapat dilihat pada Tabel 2.5 persamaan regresi berikut ini.

**Tabel 2.5 Persamaan Regresi**

volume(y)	=	-10,4 - 1,575 elevasi muka tanah(x1) + 1,645 elevasi muka air tanah(x2)
-----------	---	---

*Sumber : Minitab 19*

Tampilan persamaan regresi di atas menyatakan bahwa persamaan regresinya adalah  $\text{volume}(y) = -10,4 - 1,575\text{elevasi muka tanah}(x1) + 1,645\text{elevasi muka air tanah}(x2)$ , yang dalam hal ini dapat menentukan nilai dugaan bagi volume pada elevasi muka tanah dan elevasi muka air tanah tertentu.

## 2.6 Regresi Linier

Dalam Statistik regresi linear merupakan pendekatan untuk memodelkan hubungan antara suatu variabel dependen dengan satu atau lebih variabel independen. Salah satu aplikasi dari regresi linier adalah untuk melakukan prediksi berdasarkan data-data yang telah dimiliki sebelumnya.

### 2.6.1 Analisis Regresi Linier Sederhana

Analisis regresi sederhana bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari suatu variabel terhadap variabel lainnya. Pada analisis regresi suatu variabel yang mempengaruhi disebut variabel bebas atau independent variable, sedangkan variabel yang dipengaruhi disebut variabel terkait atau dependent variable. Jika persamaan regresi hanya terdapat satu variabel bebas dengan satu variabel terkait, maka disebut dengan persamaan regresi sederhana. Jika variabel bebasnya lebih dari satu, maka disebut dengan persamaan regresi berganda. Pada regresi sederhana kita dapat mengetahui berapa besar perubahan dari variabel bebas dapat mempengaruhi suatu variabel terkait.

Variabel yang mempengaruhi disebut dengan berbagai istilah: variabel independen, variabel bebas, variabel penjelas, variabel eksplanatorik, atau variabel X karena dalam grafik

sering digambar sebagai absis atau sumbu X). Variabel yang dipengaruhi dikenal sebagai variabel dependen, variabel terikat, atau variabel Y. Kedua variabel ini dapat merupakan variabel acak (random), namun variabel yang dipengaruhi harus selalu variabel acak. Analisis regresi adalah salah satu analisis yang luas pemakaiannya. Analisis regresi digunakan untuk melakukan prediksi dan ramalan.

Analisis regresi juga dapat digunakan untuk memahami variabel – variabel bebas mana saja yang dapat berhubungan dengan variabel terikat, serta untuk mengetahui bentuk hubungan tersebut. Tujuan analisis regresi untuk mendapatkan pola hubungan secara matematis dari variabel X dan variabel Y, dan untuk mengetahui besarnya perubahan variabel X terhadap variabel Y, serta untuk memprediksi variabel Y jika nilai variabel X diketahui. Prinsip dasar pada persamaan regresi sederhana adalah bahwa antara variabel dependen (Y) dengan variabel independennya (X) harus memiliki sifat hubungan sebab akibat atau hubungan kausalitas, berdasarkan teori, dari hasil penelitian sebelumnya, atau juga yang didasarkan dari penjelasan logis tertentu.

Analisis regresi linier sederhana adalah hubungan secara linear antara satu variabel independen (X) dengan variabel dependen (Y). Analisis regresi sederhana dapat digunakan untuk mengetahui arah dari hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat, apakah memiliki hubungan positif atau negatif serta untuk memprediksi nilai dari variabel terikat apabila nilai variabel bebas mengalami kenaikan ataupun penurunan.

### **2.6.2 Analisis Regresi Linier Berganda**

Analisis regresi berganda adalah suatu metode analisis regresi untuk lebih dari dua variabel, karena itu termasuk dalam analisis multivariat. Namun karena dalam analisis regresi ganda juga dianalisis hubungan antar satu variabel bebas X dengan variabel terikat Y manakala variabel bebas X lainnya dianggap konstan, maka dalam analisisnya juga masih bisa digunakan metode kuadrat terkecil. Analisis regresi linier berganda merupakan studi dalam menjelaskan dan mengevaluasi hubungan antara lebih dari satu variabel independent dengan satu variabel dependent .