

BAB III LANDASAN TEORI

A. Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup. Penerapan ilmu hidrologi dapat dijumpai dalam beberapa kegiatan seperti perencanaan dan operasi bangunan air, penyediaan air, pengendali banjir, pengendalian erosi, transportasi air dan sedimentasi (Triatmodjo, 2013).

1. Statistik dalam hidrologi

Ukuran-ukuran numerik yang menjadi ciri data dalam analisis data dalam analisis data. Sembarang nilai yang menjelaskan ciri susunan data disebut parameter. Parameter yang digunakan dalam analisis susunan data dari suatu variabel disebut dengan parameter statistik, seperti nilai rerata, deviasi, dsb. Pengukuran parameter statistik yang sering digunakan dalam analisis data hidrologi meliputi pengukuran tendensi sentral dan dispersi.

a. Tendensi sentral

Nilai rerata merupakan nilai yang cukup representatif dalam suatu distribusi. Nilai rerata dapat digunakan untuk pengukuran suatu distribusi.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.1)$$

Dengan :

\bar{x} = rerata

x_i = variabel random

n = jumlah data

b. Dispersi

Tidak semua *variant* dari variabel hidrologi sama dengan nilai reratanya, tetapi ada yang lebih besar ataupun lebih kecil. Penyebaran data dapat diukur dengan deviasi standar.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.2)$$

Koefisien varian adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dan nilai rerata, yang mempunyai bentuk :

$$Cv = \frac{s}{x} \quad (3.3)$$

Kemencengan (*skewness*) dapat digunakan untuk mengetahui derajat ketidak-simetrisan dari suatu bentuk distribusi, kemencengan diberikan oleh bentuk berikut :

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^3 \quad (3.4)$$

Koefisien asimetri diberikan oleh bentuk berikut :

$$Cs = \frac{a}{s^3} \quad (3.5)$$

Koefisien kurtosis diberikan oleh persamaan berikut :

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^4 \quad (3.6)$$

2. Hidrograf

Hidrograf adalah kurva yang memberi hubungan antara parameter aliran dan waktu. Parameter tersebut bisa berupa kedalaman aliran (elevasi) atau debit aliran, sehingga terdapat dua macam hidrograf yaitu hidrograf muka air dan hidrograf debit. Hidrograf muka air dapat ditransformasikan menjadi hidrograf debit dengan menggunakan *rating curve* (Triatmodjo, 2013).

Pada tahun 1932, L.K Sherman mengenalkan konsep hidrograf satuan, yang banyak digunakan untuk melakukan transformasi dari hujan menjadi debit aliran. Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat diujung hilir DAS yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang terjadi secara merata di permukaan DAS dengan intensitas tetap dalam suatu durasi tertentu.

Metode hidrograf satuan banyak digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan. Metode ini *relative* sederhana, mudah penerapannya, tidak memerlukan data yang kompleks dan memberikan hasil rancangan yang cukup teliti, salah satunya adalah Metode Nakayasu. Hidrograf satuan sintesis Nakayasu dikembangkan berdasar beberapa sungai di Jepang (Soemarto, 1987).

Bentuk HSS Nakayasu diberikan oleh Gambar 3.1 dan persamaan berikut ini (Triatmodjo, 2013) :

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \left(\frac{A Re}{0.3 T_p + T_{0.3}} \right) \quad (3.7)$$

$$T_p = T_g + 0.8 T_r \quad (3.8)$$

$$T_g = 0.4 + 0.058 L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km} \quad (3.9)$$

$$T_g = 0.21 L^{0.7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km} \quad (3.10)$$

$$T_{0.3} = \alpha T_g \quad (3.11)$$

$$T_r = 0.5 T_g \text{ sampai } T_g \quad (3.12)$$

Dengan : Q_p = debit puncak banjir

A = Luas DAS (km^2)

Re = curah hujan efektif (1 mm)

T_p = waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)

$T_{0.3}$ = waktu dari puncak banjir sampai 0.3 kali debit puncak (jam)

T_g = waktu konsentrasi (jam)

T_r = satuan waktu dari curah hujan (jam)

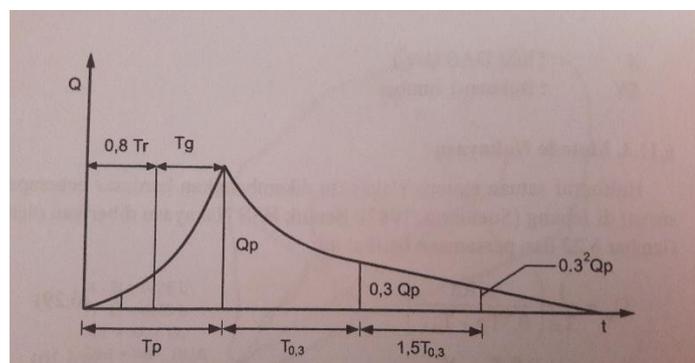
α = koefisien karakteristik DAS biasanya diambil 2

L = panjang sungai utama (km)

Bentuk hidrograf satuan diberikan oleh persamaan berikut :

– Pada kurva naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_t = Q_p (t/T_p)^{2.4} \quad (3.13)$$



Gambar 3.1 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Sumber : Triatmodjo, 2013

- Pada kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0.3}$)

$$Q_r = Q_p \times 0.3^{(t-T_p)/T_{0.3}} \quad (3.14)$$

- Pada kurva turun ($T_p + T_{0.3} < t < T_p + T_{0.3} + 1.5T_{0.3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0.3^{[(t-T_p)+(0.5T_{0.3})]/(1.5T_{0.3})} \quad (3.15)$$

- Pada kurva turun ($t > T_p + T_{0.3} + 1.5T_{0.3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0.3^{[(t-T_p)+(1.5T_{0.3})]/(2T_{0.3})} \quad (3.16)$$

B. Hidraulika

Analisa pada aspek hidrolika ini meliputi analisa profil muka air sungai, profil muka air rencana, debit banjir pada WS.Kayan. Perencanaan mengalirkan debit air agar tidak sampai meluap ke daerah yang dikeringkan.

1. Pemodelan HEC-RAS

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran disungai, *River Analysis System* (RAS), yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources* (IWR), dibawah *US Army Corps of Engineers* (USACE). HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one dimensional flow model*). HEC-RAS versi 4.1, beredar sejak 2010. *Hecras* memiliki empat komponen model satu dimensi :

- Hitungan profil muka air aliran permanen.
- Simulasi aliran tak permanen.
- Hitungan transpor sedimen
- Hitungan kualitas air.

Satu elemen penting dalam HEC-RAS adalah keempat komponen tersebut memakai data geometri yang sama, *routine* hitungan hidraulika yang sama, serta beberapa fitur desain hidraulik yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air berhasil dilakukan. HEC-RAS merupakan program aplikasi yang mengintegrasikan fitur *graphical user interface*, analisis hidraulik, manajemen dan penyimpanan data, grafik, serta pelapor (Istiarto, 2011).

C. Morfologi Sungai

Morfologi dari kata MORF = bentuk dan LOGOS = ilmu, Morfologi sungai adalah ilmu yang mempelajari tentang geometri yaitu berbentuk dan ukuran. Morfologi sungai sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya, kondisi aliran, proses angkutan sedimen, kondisi lingkungan, serta aktivitas manusia disekitarnya. Proses geomorfologi utama yang terjadi di sungai adalah erosi, longsor tebing, dan sedimentasi. Air yang mengalir disungai sebagai fungsi dari gaya gravitasi merupakan sarana transport material yang longsor dan atau tererosi, kemudian tersedimentasi pada daerah yang lebih rendah (Dibyosaputro, 1997).

1. Pola pengaliran sungai

Dengan berjalannya waktu, suatu sistem jaringan sungai akan membentuk pola pengaliran tertentu diantara saluran utama dengan cabang-cabangnya dan pembentukan pola pengaliran ini sangat ditentukan oleh faktor geologinya. Pola pengaliran sungai dapat diklasifikasikan atas dasar bentuk dan teksturnya. Bentuk atau pola berkembang dalam merespon terhadap topografi dan struktur geologi bawah permukannya. Saluran-saluran sungai meningkat dan batuan dasarnya kurang resisten terhadap erosi (Djauhari, 2012).

Adanya perbedaan pola pengaliran sungai disatu wilayah dengan wilayah lainnya sangat ditentukan oleh perbedaan kemiringan topografi, struktur dan litologi batuan dasarnya. Pola pengaliran yang umum dikenal adalah sebagai berikut :

a. Pola aliran dendritik

Pola aliran dendritik adalah pola aliran yang cabang-cabang sungainya menyerupai struktur pohon. Pada umumnya pola aliran sungai dendritik dikontrol oleh litologi batuan yang homogen. Pola aliran dendritik dapat memiliki tekstur/kerapatan sungai yang dikontrol oleh jenis batuan.

b. Pola aliran radial

Pola aliran radial adalah pola aliran sungai yang arah alirannya menyebar secara radial dari suatu titik ketinggian tertentu, seperti puncak gunung api atau bukit intrusi. Pola aliran radial juga dijumpai pada bentuk-bentuk bentang alam (domes) dan laccolith.

c. Pola aliran *rectangular*

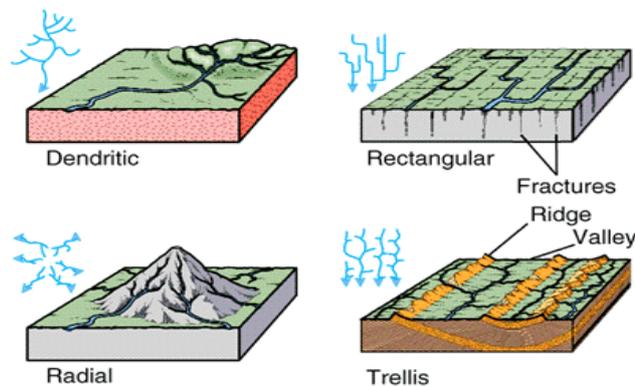
Pola *rectangular* umumnya berkembang pada batuan yang resistensi terhadap erosinya mendekati seragam, namun dikontrol oleh kekar yang mempunyai dua arah dengan sudut saling tegak lurus. Kekar pada umumnya kurang resisten terhadap erosi sehingga memungkinkan air mengalir dan berkembang melalui kekar-kekar membentuk suatu pola pengaliran dengan saluran, salurannya lurus-lurus mengikuti sistem kekar.

Pola aliran *rectangular* dijumpai di daerah yang wilayahnya terpatahkan. Sungai-sungainya mengikuti jalur yang kurang resisten dan terkonsentrasi ditempat-tempat dimana singkapan batuannya lunak. Cabang-cabang sungai membentuk sudut tumpul dengan sungai utamanya. Dengan demikian pola aliran *rectangular* adalah pola aliran sungai yang dikendalikan oleh struktur geologi, seperti struktur kekar (rekahan) dan sesar (patahan). Sungai *rectangular* dicirikan oleh saluran-saluran air yang mengikuti pola dari struktur kekar dan patahan.

d. Pola aliran *trellis*

Geometri dari pola aliran *trellis* adalah pola aliran yang menyerupai bentuk pagar yang umum dijumpai di perkebunan anggur. Pola aliran *trellis* dicirikan oleh sungai yang mengalir lurus disepanjang lembah dengan cabang-cabangnya membentuk sudut tegak lurus sehingga menyerupai bentuk pagar.

Pola aliran *trellis* adalah pola aliran sungai yang berbentuk pagar (*trellis*) dan dikontrol oleh struktur geologi berupa perlipatan sinklin dan antilin. Sungai *trellis* dicirikan oleh saluran-saluran air yang berpola sejajar, mengalir searah kemiringan lereng dan tegak lurus dengan saluran utamanya. Saluran utama berarah dengan sumbu lipatan.



Gambar 3.2 Pola Aliran Sungai

Sumber : Djauhari, 2012

e. Pola aliran centripetal

Pola aliran centripetal merupakan pola aliran yang berlawanan dengan pola radial, dimana aliran sungainya mengalir kesatu tempat yang berupa cekungan (depresi). Pola aliran centripetal merupakan pola aliran yang umum dijumpai dibagian barat dan barat laut Amerika, mengingat sungai-sungai yang ada mengalir ke suatu cekungan, dimana pada musim basah cekungan menjadi danau dan mengering ketika musim kering. Dataran garam terbentuk ketika air danau mengering.

f. Pola aliran annular

Pola aliran annular adalah pola aliran sungai yang arah alirannya menyebar secara radial dari suatu titik ketinggian tertentu dan ke arah hilir aliran kembali bersatu. Pola aliran annular biasanya dijumpai pada morfologi kubah atau instruksi *loccolith*.

g. Pola aliran paralel (pola aliran sejajar)

Sistem pengaliran paralel adalah suatu sistem aliran yang terbentuk oleh lereng yang curam/terjal. Dikarenakan morfologi lereng yang terjal maka bentuk aliran-aliran sungainya akan berbentuk lurus-lurus mengikuti arah lereng dengan cabang-cabang sungainya yang sangat sedikit. Pola aliran paralel terbentuk pada morfologi lereng dengan kemiringan lereng yang seragam. Pola aliran paralel kadangkala meng-indikasikan adanya suatu patahan besar yang memotong daerah yang batuan dasarnya terlipat dan

kemiringan yang curam. Semua bentuk dari transisi dapat terjadi antara pola aliran trellis, dendritik dan paralel.

D. Tipe-Tipe Struktur Pengaman Tebing Sungai

Perkuatan lereng (*Revetments*) merupakan struktur perkuatan yang ditempatkan di tebing sungai untuk menyerap energi air yang masuk guna melindungi suatu tebing alur sungai atau permukaan lereng tanggul terhadap erosi dan limpasan gelombang (*overtopping*) ke darat dan secara keseluruhan berperan meningkatkan stabilitas alur sungai atau tubuh tanggul yang dilindungi.

Daerah yang dilindungi *revetment* adalah daratan tepat dibelakang bangunan. Permukaan bangunan yang menghadap arah datangnya gelombang dapat berupa sisi vertikal atau miring. Bangunan ini bisa terbuat dari pasangan batu, beton, tumpukan pipa (buis) beton, turap, kayu atau tumpukan batu ataupun beberapa jenis *revetment* yang di produksi oleh pabrik. Namun yang sering dijumpai dilapangan adalah *revetment* yang terbuat dari tumpukan batu dengan lapis luarnya terdiri dari batu dengan ukuran yang lebih besar. Adapun jenis-jenis konstruksi menurut (Salmani, 2012) pada Gambar 3.3 sampai Gambar 3.9 adalah sebagai berikut:

1. Riprap batu

Melindungi bagian tebing dengan lapisan batu dengan membentuk kemiringan alami tebing, melindungi tebing sungai dari gaya erosi air.



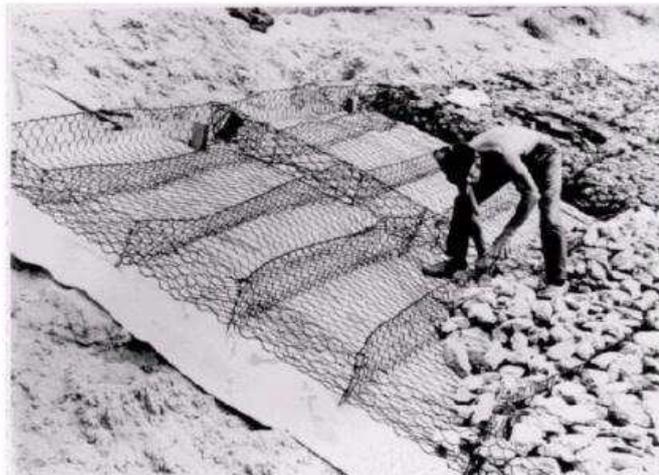
Gambar 3.3 Contoh riprap sebagai *revetment*

2. Bronjong atau gabion

Keranjang kawat atau plastik yang diisi dengan batu, keranjang diikatkan bersama untuk membentuk dinding atau bantalan untuk mengontrol erosi sepanjang tebing sungai, melindungi lereng tebing sungai dimana terdapat permasalahan penggerusan dan penggerowongan.



Gambar 3.4 Contoh bronjong



Gambar 3.5 Contoh gabion

3. Campuran semen-tanah

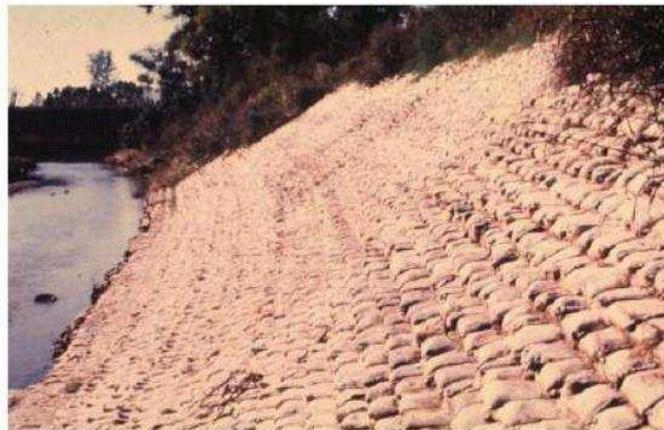
Melindungi bagian tebing dengan lapisan campuran antara semen dan tanah asli tebing, melindungi tebing sungai secara permanen dari gaya erosi air.



Gambar 3.6 Contoh campuran semen-tanah

4. Kantong

Kantong (goni, kertas, plastik dll) dapat digunakan untuk melindungi daerah tebing sungai bila ukuran dan kualitas batuan untuk riprap susah didapat serta karena alasan biaya, membangun perlindungan sementara atau permanen untuk mencegah erosi dan penggerusan.



Gambar 3.7 Contoh kantong goni berisi pasir

5. Dinding penahan beton

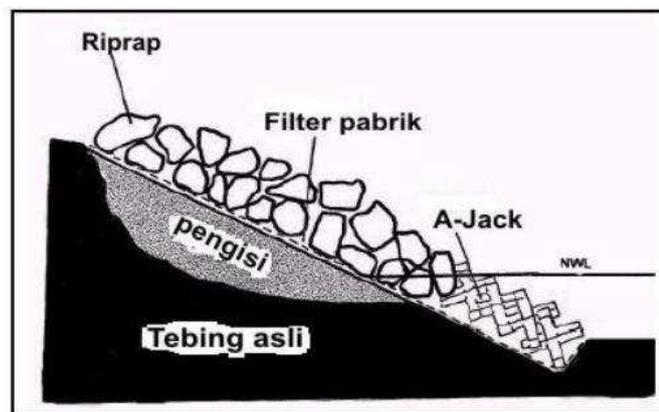
Perkerasan dengan beton merupakan perkuatan lereng dengan beton yang dicorkan langsung pada lereng sungai yang telah disiapkan tulangnya, dan petakan-petakan ini dibatasi dengan beton bertulang, melindungi tebing sungai secara permanen dari gaya erosi air.



Gambar 3.8 Contoh dinding penahan dari beton

6. A-jack

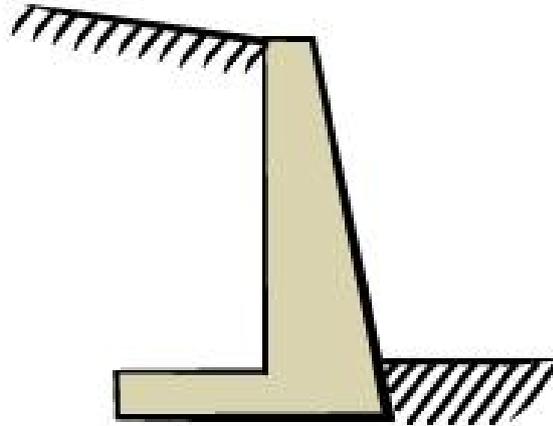
Beton berbentuk yang berbentuk A-jack yang diletakan pada kaki tebing, melindungi tebing dari gaya erosi oleh aliran air dan menstabilkan tanah sepanjang tebing sungai.



Gambar 3.9 Contoh A-Jack kombinasi Riprap

7. Dinding Kantilever

Struktur dinding penahan tanah tipe kantilever terbentuk atas perpaduan antara dinding dan pondasi beton bertulang yang berpenampang T. Mirip seperti DPT tipe semi gravitasi, dinding penahan tanah tipe kantilever ini memiliki ukuran tingkat ketebalan yang cukup tipis. Dengan demikian konstruksinya pun harus diberi hambatan berupa tulangan secara penuh untuk mendukung momen dan gaya lintang yang mengenainya (Arafuru, 2017).



Gambar 3.10 Contoh dinding kantilever

Sumber : Build.com.au, 2017

E. Perkuatan Lereng

Perkuatan lereng/*revetments* adalah struktur perkuatan yang di tempatkan pada tebing sungai untuk menyerap energi air yang masuk guna melindungi suatu tebing alur sungai atau permukaan lereng tanggul terhadap erosi dan limpasan gelombang (*overtopping*) ke darat dan secara keseluruhan berperan meningkatkan stabilitas alur sungai atau tubuh tanggul yang dilindungi (Soetrisno, 2010).

1. Pemilihan lokasi untuk bangunan perkuatan lereng

Lokasi penempatan ini sebaiknya pada bagian-bagian tebing atau tanggul yang dapat tergerus dan bagian-bagian yang dapat terjadi pukulan air. Pada lokasi yang sungainya sempit biasanya dibangun pada seluruh bagian sungai karena sangat sulit menentukan lokasi pukulan air disungai-sungai yang sempit. Adapula pada sungai dengan penampang ganda, perkuatan lereng hanya dibuat pada tebing alur sungai, dan pada umumnya tanpa perkuatan lereng tanggul (Soetrisno, 2010).

2. Panjang perkuatan lereng

Faktor yang dominan untuk menentukan panjang perkuatan lereng adalah karakteristik sungai dan kondisi setempat, panjang dari perkuatan lereng ditetapkan secara empiris dan haruslah diperhatikan adanya tambahan-tambahan panjang secukupnya pada saat menetapkan panjang rencana final.

3. Tinggi perkuatan lereng

Tinggi perkuatan lereng disamakan dengan elevasi permukaan banjir rencana.

4. Faktor-faktor perkuatan lereng pada sungai

Perlindungan atau pengamanan terhadap tebing sungai dimaksudkan untuk melindungi lereng ataupun tebing disepanjang sungai dari perubahan-perubahan yang tidak diinginkan, seperti erosi ataupun sedimentasi di alur pelayaran.

F. Mekanika Tanah

1. Erosi Tebing Sungai

Tebing sungai dan lereng tanggul dipengaruhi erosi akibat aliran air. Gaya erosi akibat aliran air bertambah bila kecepatan air bertambah. Pada dasarnya terdapat tiga kemungkinan penyebab tebing sungai tererosi (USDA, 2002):

- a. Penyebab hidrolis. Air mengangkut material dasar lereng. Keruntuhan hidrolis umumnya dapat dikarakteristikan dengan minimnya vegetasi dan kecepatan air yang tinggi. Erosi seperti ini terjadi pada tanah-tanah tidak kohesif.
- b. Penyebab geoteknik. Gaya gravitasi yang bekerja pada material lereng lebih besar dari gaya penahannya, sehingga material ini menjadi bergerak longsor. Biasanya, kadar air yang berlebihan menyebabkan tercucinya material di kaki lereng.
- c. Penyebab hidrolis dan geoteknik. Longsoran tebing yang disebabkan oleh kombinasi dari dua sebab (hidrolis dan geoteknik) lebih banyak terjadi. Contohnya, degradasi dasar sungai dan erosi. Hal ini menyebabkan dasar sungai menjadi lebih rendah dan tebing sungai menjadi lebih curam, sehingga memudahkan terjadinya longsoran tebing sungai. Contoh lainnya, material endapan yang berada di kaki lereng tergerus atau tercuci, sehingga mengganggu stabilitas lerengnya.

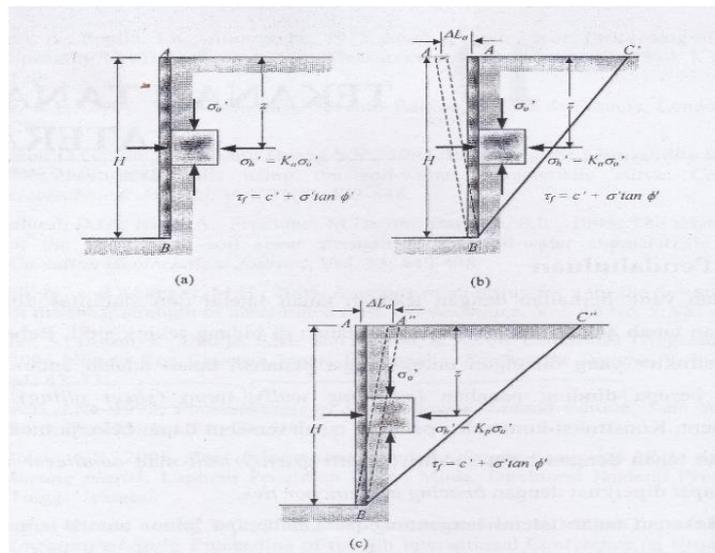
2. Tekanan tanah

Dalam (Prasetya, 2014) Untuk dapat memperkirakan dan menghitung kestabilan dinding penahan, diperlukan menghitung tekanan ke arah samping (lateral). Karena massa tanah berupa butiran, maka saat menerima tegangan normal (σ_n) baik akibat beban yang diterima tanah maupun akibat berat kolom tanah diatas kedalaman atau duga tanah yang kita tinjau, akan menyebabkan tekanan tanah diatas ke arah tegak lurus atau menyamping, tegangan inilah yang disebut sebagai tegangan tanah lateral (*lateral earth pressure*). Masalah yang berkaitan dengan tekanan tanah lateral dan stabilitas dinding penahan tanah adalah salah satu permasalahan di bidang teknik sipil. Beberapa jenis struktur yang dibangun untuk fungsi penahan tanah adalah antara lain dapat berupa dinding penahan tanah (*retaining wall*), turap (*sheet piling*), dan abutment. Konstruksi-konstruksi penahan tanah tersebut dapat bekerja menahan tekanan tanah dengan berat sendiri (seperti *gravity wall* atau *cantilever wall*) atau dapat diperkuat dengan *bracing* atau *anchor ties*.

Tekanan tanah lateral bergantung pada beberapa faktor antara lain :

- a. Sifat-sifat fisis dan mekanis tanah
- b. Kuat geser tanah dan waktu (*time-dependent*)
- c. Interaksi antara tanah dan struktur penahan pada *interface*
- d. Karakteristik deformasi struktur komposit tanah
- e. Beban yang bekerja

Dua jenis tekanan tanah yaitu tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif. Jika massa tanah didorong melawan dinding penahan ke arah dinding, tanah menjadi elemen yang memberikan aksi dan tekanan yang dihasilkan dikenal dengan tekanan aktif (*active pressure*). Sebaliknya, bila dinding penahan didorong melawan tanah maka tekanan yang dihasilkan adalah tekanan pasif (*passive pressure*) (Andrawez & El-Sohby, 1973 ; Edil & Dhowian, 1981 dalam Muntohar, 2014).



Gambar 3.11 Deskripsi tekanan tanah (a) diam (*at-rest*), (b) aktif, (c) pasif

Sumber : Muntohar, Mekanika Tanah, 2014

3. Daya dukung tanah

Pada tahap pembangunan sebuah struktur bangunan dibutuhkan data besaran daya dukung tanah dalam menerima beban. Daya dukung tanah perlu diketahui untuk menghitung dan merencanakan sebuah dimensi pondasi yang akan mendukung beban struktur dari bangunan yang akan dibangun. Apabila daya dukung dari tanah tidak dapat menerima beban dari struktur yang di rencanakan, dengan data daya dukung tanah yang telah diketahui kita dapat melakukan perlakuan tertentu agar nilai daya dukung tanah dapat mencapai nilai yang diinginkan. Penimbunan dan pemadatan merupakan salah satu perlakuan tertentu untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah.

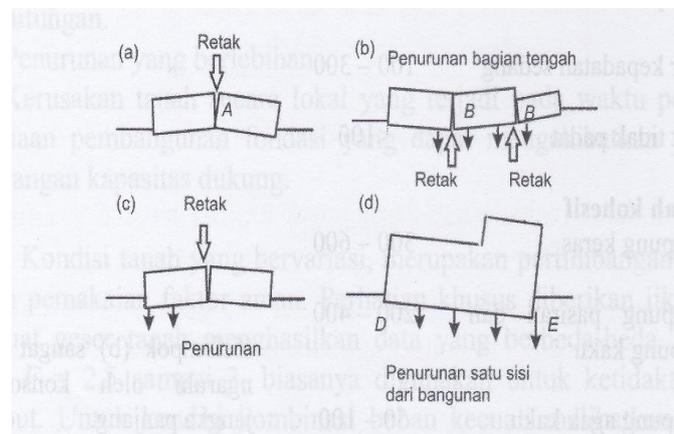
Sondir digunakan untuk penyelidikan pada tanah untuk tanah dangkal (<20 m), dengan pembacaan secara manual. Penyondiran adalah proses pemasukan suatu batang tusuk ke dalam tanah, dengan bantuan manometer yang terdapat pada alat sondir tersebut kita dapat membaca atau mengetahui kekuatan suatu tanah pada kedalaman tertentu. Sehingga, dapat diketahui bahwa dari berbagai lapisan tanah memiliki kekuatan yang berbeda.

Penyelidikan dengan penyondiran disebut penetrasi, dan alat sondir yang biasa digunakan adalah *Dutch Cone Penetrometer*, yaitu suatu alat yang

pemakaiannya ditekan secara langsung kedalam tanah. Ujung yang berbentuk konus (kerucut) dihubungkan pada suatu rangkaian stang dalam casing luar dengan bantuan suatu rangka dari besi dan dongkrak yang dijangkarkan ke dalam tanah (Prasetyo, 2013).

4. Penurunan

Istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Jika seluruh permukaan tanah di bawah dan di sekitar bangunan turun secara seragam dan penurunan terjadi tidak berlebihan, maka turunnya bangunan akan tidak nampak oleh pandangan mata dan penurunan yang terjadi tidak menyebabkan kerusakan bangunan. Namun, kondisi demikian mengganggu baik pandangan mata maupun kestabilan bangunan, bila penurunan terjadi secara berlebihan. Umumnya, penurunan tak seragam lebih membahayakan bangunan daripada penurunan total.



Gambar 3.12 Contoh kerusakan bangunan akibat penurunan

Sumber : Hary Christady H, Teknik Pondasi I, 2002

Contoh-contoh kerusakan bangunan akibat penurunan tak seragam, ditunjukkan dalam Gambar 3.12

- Gambar 3.12a. Jika tepi bangunan turun lebih besar daripada bagian tengahnya, bangunan diperkirakan akan retak-retak pada bagian A.
- Gambar 3.12b. Jika bagian tengah bangunan turun lebih besar, bagian atas bangunan dalam kondisi tertekan dan bagian bawah tertarik. Kalau

deformasi yang terjadi sangat besar, tegangan tarik yang berkembang di bawah bangunan dapat mengakibatkan retak-retak pada bangunan

- c. Gambar 3.12c. Penurunan satu tepi dapat berakibat retak pada bagian C.
- d. Gambar 3.12d. Penurunan terjadi berangsur-angsur dari salah satu tepi bagian bangunan, yang berakibat miringnya bangunan tanpa menyebabkan keretakan.

5. Stabilitas lereng

Pada permukaan tanah yang tidak horizontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng (Hardiyatmo, 2012).