

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan dunia Teknik sipil menuntut bangsa Indonesia untuk dapat menghadapi segala kemajuan dan tantangan. Hal itu dapat terpenuhi apabila sumber daya yang dimiliki oleh bangsa Indonesia dapat menghasilkan kualitas pendidikan yang tinggi, Karena Pendidikan merupakan sarana utama bagi kita untuk semakin siap menghadapi perkembangan masa kini. Dalam hal ini bangsa Indonesia telah menyediakan berbagai sarana guna memenuhi sumber daya manusia yang berkualitas. Sehingga Universitas Islam Sumatera Utara jurusan Teknik sipil sebagai salah satu Lembaga Pendidikan dalam merealisasikan hal tersebut dengan memberikan skripsi sebuah perhitungan Kombinasi Pondasi tapak dengan tiang pancang dengan maksud agar dapat menghasilkan tenaga ahli dalam bidang konstruksi di dunia pekerjaan nanti.

Untuk mewujudkan hal tersebut maka mahasiswa diwajibkan Menyusun skripsi yang merupakan tolak ukur kemampuan mahasiswa. Sehubungan hal tersebut maka dalam penyusunan skripsi ini, mengambil judul tentang “Perencanaan Kombinasi Pondasi Tapak dengan Tiang Pancang Pada Dinding Penahan Tanah.”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang diambil dalam skripsi ini adalah :

1. Bagaimana cara menganalisis kombinasi pondasi tapak dengan tiang pancang pada kondisi tanah lempung ?
2. Bagaimana cara mengkombinasikan pondasi tapak dengan menggunakan tiang pancang dengan perhitungan yang tepat?
3. Bagaimana cara menentukan daya dukung tanah menggunakan metode tarzaghi?

1.3 Batasan masalah

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, skripsi ini memiliki beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kestabilan dinding penahan tanah terhadap factor ke amanan stabilitas geser?
2. Mengetahui kestabilan dinding penahan tanah terhadap factor ke amanan stabilitas guling, geser dan daya dukung tanah ?
3. Mengetahui kestabilan keseluruhan pondasi dengan tambahan tiang pancang?

1.4 Tujuan dan manfaat

Adapun maksud dan tujuan dari perencanaan ini adalah sebagai bahan untuk Analisa terhadap factor keamanan/stabilitas dinding penahan tanah tipe gravitasi (*Retaining Wall Gravitation*) dan mendisain dimensi yang aman terhadap beban statis dan dinamis.

1.5 Metodologi penelitian

Dalam skripsi ini diperlukan diagram alir pengerjaan untuk mempermudah evaluasi perkembangan. Secara garis besar, pengerjaan skripsi ini dapat di jelaskan dalam diagram alir berikut :

1. BAB I PENDAHULUAN
2. BAB II LANDASAN TEORI
3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN
4. BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN
5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pondasi

2.1.1 Pengertian Pondasi

Pondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi bangunan. Fungsi pondasi adalah meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi dan tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan.

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (solid).

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi.

Semua konstruksi yang direncanakan, keberadaan pondasi sangatlah penting, mengingat pondasi merupakan bagian terbawah dari bangunan serta seluruh beban bangunan tersebut dan meneruskan beban bangunan itu, baik beban mati, beban hidup, dan beban gempa ke tanah atau batuan yang berada

dibawahnya. Bentuk pondasi tergantung dari macam bangunan yang akan dibangun dan keadaan tanah tempat pondasi tersebut akan diletakkan, biasanya pondasi diletakkan pada tanah yang keras.

Pemilihan jenis struktur bawah (*substructure*) yaitu pondasi, menurut Suyono (1984) harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

1. Keadaan tanah pondasi

Keadaan tanah pondasi kaitannya adalah dalam pemilihan tipe pondasi yang sesuai. Hal tersebut meliputi jenis 13 tanah, daya dukung tanah, kedalaman lapisan tanah keras dan sebagainya.

2. Batasan-batasan akibat struktur di atasnya

Keadaan struktur atas akan sangat mempengaruhi pemilihan tipe pondasi. Hal ini meliputi kondisi beban (besar beban, arah beban dan penyebaran beban) dan sifat dinamis bangunan di atasnya (statis tertentu atau tak tentu, kekakuannya, dan lain-lain).

3. Batasan-batasan keadaan lingkungan di sekitarnya

Yang termasuk dalam batasan ini adalah kondisi lokasi proyek, dimana perlu diingat bahwa pekerjaan pondasi tidak boleh mengganggu ataupun membahayakan bangunan dan lingkungan yang telah ada di sekitarnya.

2.1.2 Jenis Pondasi

Pondasi bangunan biasanya dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq$

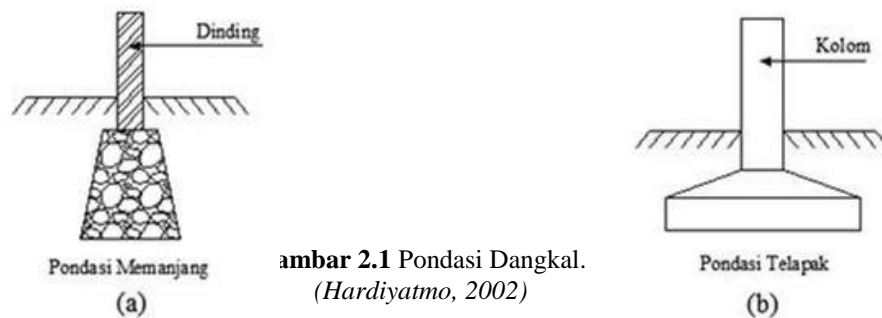
B) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

Menurut *Das (1998)* berdasarkan elevasi kedalamannya, maka pondasi dibedakan menjadi pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*).

1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah). Pondasi dangkal juga merupakan pondasi yang mendukung beban secara langsung, seperti :

- a. Pondasi telapak yaitu pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah(Gambar 2.1b).
- b. Pondasi memanjang yaitu pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan berimpit satu sama lain (Gambar 2.1a).

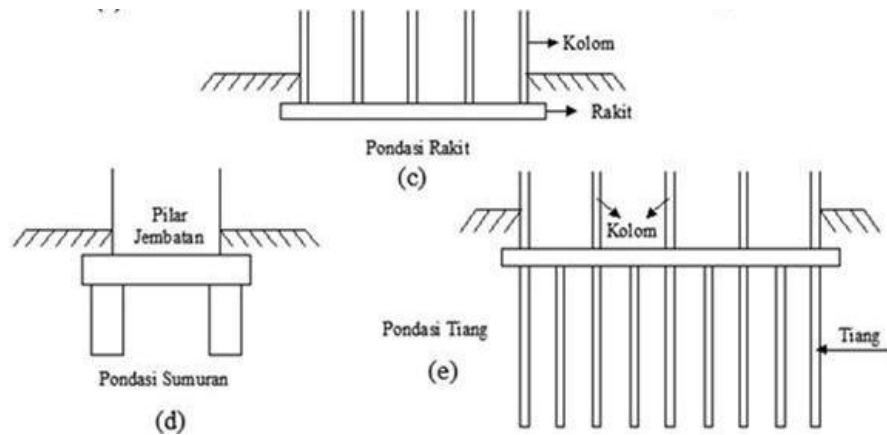


ambar 2.1 Pondasi Dangkal.
(Hardiyatmo, 2002)

2. Pondasi dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang terletak relatif jauh dari permukaan (Hardiyatmo, 2002). Terdiri dari:

- a. Pondasi sumuran atau kaison (*pier foundation/ caisson*) yaitu pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman (D_f) dibagi lebar (B) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$ (Gambar 2.2d), digunakan bila tanah keras terletak relatif dalam.
- b. Pondasi tiang (*pile foundation*), digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung beban yang bekerja dan tanah keras terletak sangat dalam. Pondasi tiang umumnya diameternya lebih kecil dan lebih panjang dibandingkan dengan pondasi sumuran (Gambar 2.2e)



Gambar 2.2 Pondasi Dalam.
(Hardiyatmo, 2002)

Pemilihan jenis pondasi yang tepat, perlu diperhatikan apakah pondasi tersebut sesuai dengan berbagai keadaan tanah :

1. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini menggunakan pondasi telapak.
2. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 10 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini menggunakan pondasi tiang apung.
3. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 20 meter dibawah permukaan tanah, maka pada kondisi ini apabila penurunannya diizinkan dapat menggunakan tiang geser dan apabila tidak boleh terjadi penurunannya, biasanya menggunakan tiang pancang. Tetapi bila terdapat batu besar pada lapisan antara pemakaian kaison lebih menguntungkan.

Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 40 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini maka menggunakan tiang baja

dan tiang beton yang dicor ditempat. (*Bowles J.E, 1993*).

3. Pondasi tiang pancang

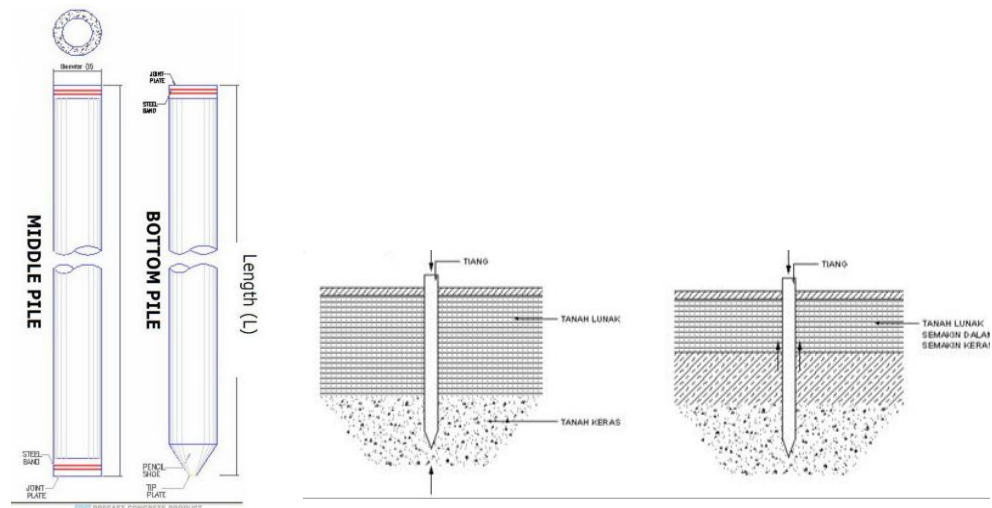
Tiang pancang adalah bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, dan atau baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah di dalam massa tanah.

Fungsi dan kegunaan dari pondasi tiang pancang adalah untuk memindahkan atau mentrasfer beban-beban dari konstruksi di atasnya (super struktur) ke lapisan tanah keras yang letaknya sangat dalam (Hutami, 2013).

Dalam pelaksanaan pemancangan pada umumnya dipancangkan tegak lurus dalam tanah, tetapi ada juga dipancangkan miring (battle pile) untuk dapat menahan gaya-gaya horizontal yang bekerja. Hal seperti ini sering terjadi pada dermaga dimana terdapat tekanan kesamping dari kapal dan perahu. Sudut kemiringan yang dapat dicapai oleh tiang tergantung dari alat yang dipergunakan serta disesuaikan pula dengan perencanaannya. Tiang Pancang umumnya digunakan (Hutami, 2013):

1. Untuk mengangkat beban-beban konstruksi di atas tanah ke dalam atau melalui sebuah lapisan tanah. Di dalam hal ini beban vertikal dan beban lateral boleh jadi terlibat.
2. Untuk menentang gaya desakan keatas, gaya guling, seperti untuk telapak ruangan bawah tanah di bawah bidang batas air jenuh atau untuk menopang kaki-kaki menara terhadap guling.

3. Memampatkan endapan-endapan tak berkohesi yang bebas lepas melalui kombinasi perpindahan isi tiang pancang dan getaran dorongan. Tiang pancang ini dapat ditarik keluar kemudian.
4. Mengontrol lendutan/penurunan bila kaki-kaki yang tersebar atau telapak berada pada tanah tepi atau didasari oleh sebuah lapisan yang kemampatannya tinggi.
5. Sebagai faktor keamanan rambahan di bawah tumpuan jembatan dan atau pir, khususnya jika erosi merupakan persoalan yang potensial.
6. Dalam konstruksi lepas pantai ntuk meneruskan beban-beban diatas permukaan air melalui air dan kedalam tanah yang mendasari air tersebut. Hal seperti ini adalah mengenai tiang pancang yang ditanankan sebagai dan yang terpengaruh oleh baik beban vertikal (dan tekuk) maupun beban lateral.



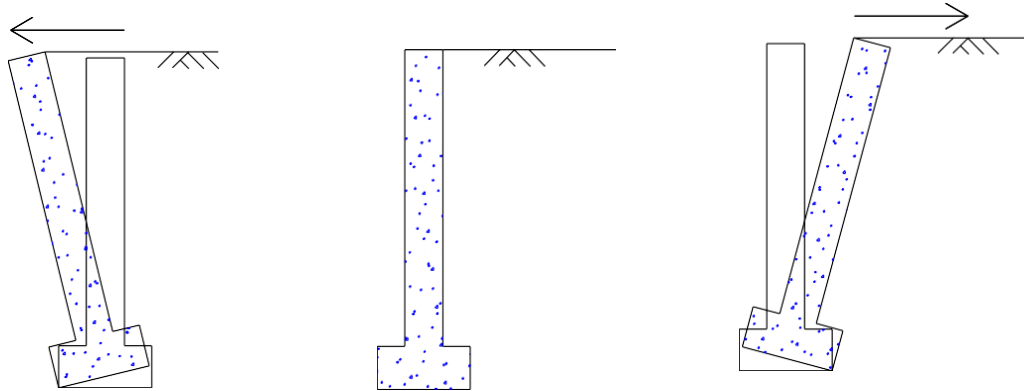
Gambar 2.3 Pondasi Tiang Pancang
(Hardiyatmo, 2002)

2.2 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan lateral tanah adalah tekanan oleh tanah pada bidang horizontal. Contoh aplikasi teori tekanan lateral adalah untuk desain-desain seperti dinding penahan tanah, dinding basement, terowongan, dll. Tekanan lateral tanah dapat dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

1. Dinding tidak bergerak K menjadi koefisien tekanan tanah diam (K_0).
2. Jika dinding bergerak menekan ke arah tanah hingga runtuh, koefisien K mencapai nilai maksimum yang dinamakan tekanan tanah pasif (K_p).
3. Jika dinding menjauhi tanah, hingga terjadi keruntuhan, nilai K mencapai minimum yang dinamakan tekanan tanah aktif (K_a).

Gambar di bawah ini mendeskripsikan tentang arah pergerakan dinding menurut tekanan lateral yang bekerja.



Tekanan Tanah Aktif (K_a)
(Dinding menjauhi tanah)

Tekanan Tanah Pasif (K_0)

Tekanan Tanah Pasif (K_p)
(Dinding mendekati tanah)

Gambar 2.4 Jenis Tekanan Tanah Berdasarkan Arah Pergerakan Dinding,
(Sumber : Weber, 2010)

Jenis tanah, tinggi dinding dan tekanan lateral yang bekerja mempengaruhi besarnya perpindahan dinding penahan tanah. Tabel di bawah ini mendeskripsikan tentang korelasi jenis tanah, tinggi dinding dan perpindahan dinding akibat tekanan lateral tanah yang bekerja.

Tabel 2.1 Hubungan Jenis Tanah, Tinggi Dinding & Perpindahan Dinding

Untuk Tekanan Aktif.

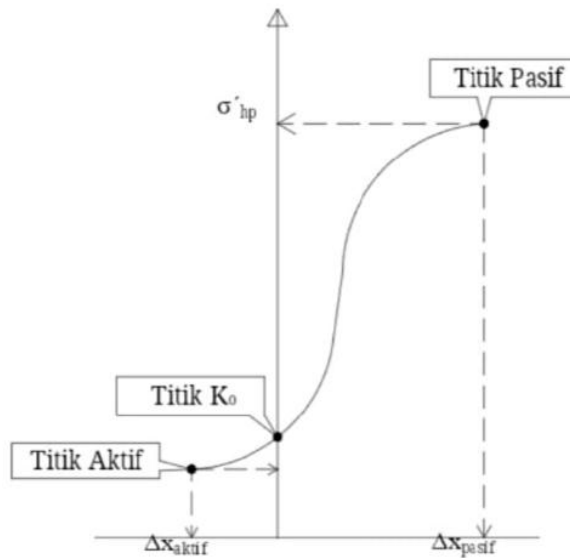
Jenis Tanah	Δx Aktif
Pasir Padat	0,001H – 0,002H
Pasir Lepas	0,002H – 0,004H
Lempung Keras	0,01H – 0,02H
Lempung Lunak	0,02H – 0,05H

(Sumber : Coduto, 2001)

Tabel 2.2 Hubungan Jenis Tanah, Tinggi Dinding & Perpindahan Dinding

Untuk Tekanan Pasif.

Jenis Tanah	Δx Pasif
Pasir Padat	0,005H
Pasir Lepas	0,01H
Lempung Keras	0,01H
Lempung Lunak	0,05H



Gambar 2.5. Grafik Arah Perpindahan Dinding Terhadap Tekanan Yang Bekerja.
(Sumber: Gouw, 2009)

Adapun teori tentang tekanan tanah aktif dan pasif, serta tanah diam adalah teori Terzaghi sebagai berikut :

A. Teori Terzaghi (1943)

Metode dari Terzaghi adalah yang paling sering digunakan, analisis daya dukung berdasarkan kondisi dari general shear failure, dengan anggapa bahwa pondasi berbentuk memanjang tak terhingga dengan lebar B dan terletak diatas tanah homogen dikemukakan oleh Terzaghi.

Kapasitas dukung ultimit (q_u) untuk pondasi memanjang menggunakan cara Terzaghi dinyatakan sebagai berikut:

$$q_u = c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \dots\dots\dots(2.1)$$

Kapasitas dukung tegangan ijin dinyatakan sebagai berikut:

$$q_a = q_u : 3 \quad (\text{dengan } F = 3) \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan:

q_u = Kapasitas dukung ultimit (kN/m²)

q_a = Kapasitas dukung tegangan ijin (kN/m²)

c = Kohesi tanah dasar (kN/m²)

D_f = Kedalaman fondasi (m)

γ = Berat volume tanah (kN/m³)

B = Lebar fondasi (m)

N_c, N_q, N_γ = faktor kapasitas tanah dukung (fungsi ϕ)

Tabel 2.3 Nilai-nilai faktor kapasitas dukung tanah terzaghi

ϕ (°)	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser local		
	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	00,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,8	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

(Sumber: Hardiyatmo, 2007)

Nilai N_c' , N_q' , dan N_γ' adalah faktor kapasitas dukung tanah pada kondisi keruntuhan geser lokal. Menurut Hardiyatmo, 2007 dalam analisis kapasitas dukung tanah, istilah-istilah berikut ini penting diketahui:

a. Tekanan overburden total (*total overburden pressure*) (p) adalah

intensitas tekanan total yang terdiri dari berat material di atas dasar fondasi total, yaitu berat tanah dan air sebelum fondasi dibangun.

- b. Kapasitas dukung ultimit (ultimit bearing capacity) (q_u) adalah bagian maksimum persatuan luas yang masih dapat didukung oleh fondasi, dengan tidak terjadi kegagalan geser pada tanah yang mendukungnya. Besarnya beban yang didukung, termasuk beban struktur, beban pelat fondasi, dan tanah urug di atasnya.
- c. Kapasitas dukung ultimit neto (net ultimate bearing capacity) (q_{un}) adalah nilai intensitas beban fondasi neto di mana tanah akan mengalami keruntuhan geser, dengan :

$$q_{un} = q_u - \gamma D_f \quad q_{un} = \text{Kapasitas dukung ultimit neto (t/m}^2\text{)}$$

$$q_u = \text{Kapasitas dukung ultimit (t/m}^2\text{)}$$

$$. D_f \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan:

- d. Tekanan fondasi total (total foundation pressure) atau intensitas pembebanan kotor (gross loading intensity) (q) adalah intensitas tekanan total pada tanah didasar fondasi, sesudah struktur selesai dibangun dengan pembebanan penuh. Beban-bebannya termasuk berat kotor fondasi, berat struktur atas, dan berat kotor tanah urug termasuk air di atas dasar fondasi.
- e. Tekanan fondasi neto (net foundation pressure) (q_n) untuk suatu fondasi tertentu adalah tamabahan tekanan pada dasar fondasi, akibat beban mati dan beban hidup dari struktur. Bila dinyatakan dalam persamaan, maka :

$$q_n = q - \gamma \cdot D_f \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan :

q_n = Tekanan fondasi neto (t/m^2).

- f. Kapasitas dukung perkiraan (presumed bearing capacity) adalah intensitas beban neto yang dipandang memenuhi syarat untuk jenis tanah tertentu untuk maksud perancangan awal. Nilai tertentu tersebut didasarkan pada pengalaman local, atau dengan hitungan yang diperoleh dari pengujian kekuatan atau pengujian pembebanan dilapangan, dengan memperhatikan faktor aman terhadap keruntuhan geser.
- g. Kapasitas dukung ijin (allowable bearing capacity) (q_a) adalah besarnya intensitas beban neto maksimum dengan mempertimbangkan besarnya kapasitas dukung, penurunan dan kemampuan struktur untuk menyesuaikan terhadap pengaruh penurunan tersebut.

Faktor aman (F) dalam tinjauan kapasitas dukung ultimit neto didefinisikan:

$$F = \frac{q_{un}}{q_n} = \frac{q_u - \gamma \cdot D_f}{q - \gamma \cdot D_f} \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan

γ = Berat volume tanah di atas dasar fondasi (kN/m^3)

D_f = Kedalaman fondasi (m)

Prinsip yang digunakan untuk menentukan besarnya tegangan pada dinding sama seperti menentukan tegangan pada tanah dasar dimana tegangan pada bidang horisontal dihitung dengan rumus:

- a. Tegangan vertikal desak maksimum, dihitung dengan rumus :

$$\sigma_{max} = \frac{V}{B} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B} \right) \dots\dots\dots (2.6)$$

b. Tegangan vertikal desak minimum, dihitung dengan rumus :

$$\sigma_{min} = \frac{V}{B} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{B}\right) \dots\dots\dots (2.7)$$

c. Tegangan geser (lintang) pada tubuh dinding :

$$\tau = \frac{H}{B \cdot l} \leq \text{kuat geser izin bahan dinding} \dots\dots\dots (2.8)$$

dengan,

V = Komponen gaya vertikal

H = Komponen gaya horisontal

B = Lebar bagian potongan yang ditinjau

l = Panjang dinding tiap 1 meter

e = Eksentrisitas

B. Tekanan Tanah Diam (K_0)

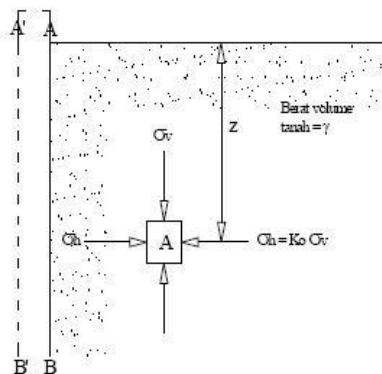
Disebut tekanan tanah diam jika tekanan yang bekerja tidak membuat dinding penahan tanah bergerak. Nilai tipikal K_0 ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 2.4 Nilai tipikal K_0

<i>Soil Type</i>	OCR = 1	OCR = 2	OCR = 5	OCR = 10
<i>Loose Sand</i>	0,50	0,65	1,10	1,50
<i>Medium Dense Sand</i>	0,40	0,60	1,05	1,55
<i>Dense Sand</i>	0,35	0,55	1,00	1,50
<i>Silt</i>	0,50	0,70	1,10	1,60
<i>Lean Clay, CL</i>	0,60	0,80	1,20	1,65
<i>High Plasticity Clay, CH</i>	0,65	0,80	1,10	1,40

(Sumber: Gouw, 2009)

Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman tertentu akan terkena tekanan arah *vertikal* σ_v dan tekanan arah *horizontal* σ_h . σ_v dan σ_h masing – masing merupakan tekanan aktif dan tekanan total, sementara itu tegangan geser pada bidang tegak dan bidang datar diabaikan. Bila dinding penahan dalam keadaan diam, yaitu bila dinding tidak bergerak kesalah satu arah baik kekanan atau kekiri dari posisi awal, maka massa tanah berada dalam keadaan keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*). Rasio tekanan arah horizontal dan tekanan arah vertikal dinamakan “koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*coefficient of earth pressure at rest*), K_0 ”, atau seperti terlihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2.6 Tekanan tanah dalam kondisi diam (*at rest*).
(Sumber : Das, 1993)

$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

σ_v : Berat jenis x Kedalaman ($\sigma_v = \gamma z$).

σ_h : $K_0 (\gamma z)$.

Untuk material elastik sempurna, nilai K_0 adalah:

$$K_0 = \frac{\nu}{1-\nu} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana : v : *poisson ratio*

Sedangkan dalam perencanaan dinding penahan tanah atau abutmen yang memperhitungkan pengaruh tahanan pasif dari tanah, tekanan tanah pasif dibatasi sampai tekanan pada kondisi diam. Koefisien tekanan tanah pasif pada kondisi diam dihitung dengan rumus yang diperkenalkan oleh Jaky (1994), sebagai berikut :

$$K_0 = 1 - \sin \phi \dots\dots\dots (2.11)$$

Brooker dan Jrenland (1965) memperkenalkan harga K_0 untuk tanah lempung yang terkonsolidasi normal (*normally consolidated*) :

$$K_0 = 0,95 - \sin \phi \dots\dots\dots (2.12)$$

Untuk tanah lempung yang terkonsolidasi normal (*normally consolidated*), telah memperkenalkan persamaan lainnya :

Dimana :

PI : Indeks Plastis

Untuk tanah lempung yang terkonsolidasi lebih (*Over consolidated*) :

$$K_0(\text{Over consolidated}) = K_0(\text{Normally consolidated}) \sqrt{OCR}$$

Dimana :

OCR : *Over consolidated ratio*, (Tabel 2.4)

$$OCR = \frac{\text{tekanan prakonsolidasi}}{\text{tekanan efek akibat tanah diatas}}$$

2.3 Kekuatan Geser Tanah

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah. Tanah yang dibebani akan mengakibatkan tegangan geser yang menahan

terjadinya keruntuhan pada tanah. Jika tegangan geser sudah mencapai batas maka akan cenderung untuk terjadi keruntuhan. Pada suatu bidang lereng jika tegangan geser tanah tersebut mencapai batas maka akan berpotensi terjadi longsor.

Kekuatan geser tanah (τ_f) pada suatu bidang tertentu dikemukakan oleh Coulom sebagai suatu fungsi linear terhadap tegangan normal (σ_f) pada bidang tersebut, sebagai berikut:

$$\tau_f = c + \sigma_f \tan \phi \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

τ_f : Kekuatan geser

c : Kohesi

σ_f : Tegangan Normal

$\tan \phi$: Faktor geser diantara butir-butir yang bersentuhan

ϕ : sudut geser dalam tanah

Berdasarkan konsep dasar Terzaghi, tegangan geser pada suatu tanah hanya dapat ditahan oleh tegangan partikel-partikel padatnya. Kekuatan geser tanah dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi dari tegangan normal efektif sebagai berikut:

$$\tau_f = c' + \sigma_f' \tan \phi' \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

τ_f : Kekuatan geser

c' : Kohesi

σ_f' : Tegangan efektif = $\sigma_f - u$

$\tan \phi$: Faktor geser diantara butir-butir yang bersentuhan

ϕ' : sudut geser dalam tanah

(sumber : Craig (1989)).

2.4 Tanah Longsor

Gerakan tanah adalah suatu gerakan menuruni lereng oleh massa tanah dan atau batuan penyusun lereng. Definisi di atas dapat menunjukkan bahwa massa yang bergerak dapat berupa massa tanah, massa batuan ataupun percampuran antara keduanya. Masyarakat pada umumnya menerapkan istilah longsor untuk seluruh jenis gerakan tanah, baik yang melalui bidang gelincir ataupun tidak.

Menurut Karnawati (2007), gerakan tanah merupakan salah satu proses geologi yang terjadi akibat interaksi beberapa kondisi antara lain geomorfologi, struktur geologi, hidrogeologi dan tata guna lahan. Kondisi tersebut saling berpengaruh sehingga mewujudkan kondisi lereng yang cenderung bergerak.

Hardiyatmo (2012) menambahkan, bahwa gerakan tanah dapat diidentifikasi melalui tanda-tanda sebagai berikut: munculnya retak tarik dan kerutan-kerutan di permukaan lereng, patahnya pipa dan tiang listrik, miringnya pepohonan, perkerasan jalan yang terletak pada timbunan mengalami amblas, rusaknya perlengkapan jalan seperti pagar pengaman dan saluran drainase, tertutupnya sambungan ekspansi pada pelat jembatan, hilangnya kelurusan dari pondasi bangunan, tembok bangunan retak-retak, dan dinding penahan tanah retak serta miring ke depan.

Menurut Nandy (2007), tanah longsor adalah suatu peristiwa geologi, yaitu

terjadinya pergerakan tanah seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan tanah dalam jumlah yang besar.

Pada prinsipnya, tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan kepadatan tanah, sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah.

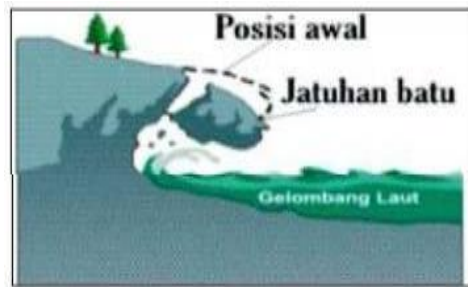
2.4.1 Jenis Tanah Longsor

Berbagai jenis tanah longsor dapat dibedakan dari jenis material longsorannya. Meskipun longsor pada umumnya terjadi di daerah pegunungan, longsor dapat juga terjadi di daerah-daerah berrelatif rendah.

Di daerah ini, longsor terjadi karena faktor cut and fill, sebagai contoh; penggalian jalan dan bangunan, tebing sungai, runtuhnya tumpukan galian tambang (terutama tambang batubara), dan berbagai kegagalan lereng lainnya terkait dengan pertambangan khususnya tambang terbuka. Tipe atau jenis tanah longsor dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Runtuhan (*Fall*)

Runtuhan (*falls*) adalah runtuhnya sebagian massa batuan pada lereng yang terjal. Jenis ini memiliki ciri yaitu sedikit atau tanpa disertai terjadinya pergeseran antara massa yang runtuh dengan massa yang tidak runtuh. Runtuhnya massa batuan umumnya dengan cara jatuh bebas, meloncat atau menggelinding tanpa melalui bidang gelincir. Penyebab terjadinya runtuhan adalah adanya bidang-bidang diskontinyu seperti retakan-retakan pada batuan.



Gambar 2.7 Runtuhan Batuan
(Sumber : Rahmawati, 2009)

2. *Topples* (Guling)

Gerakan ini dicirikan dengan robohnya unit batuan dengan cara berputar kedepan pada satu titik sumbu (bagian dari unit batuan yang lebih rendah) yang disebabkan oleh gravitasi dan kandungan air pada rekahan batuan.

3. *Lows* (Mengalir)

Debris Flow adalah bentuk gerakan massa yang cepat di mana campuran tanah yang gembur, batu, bahan organik, udara, dan air bergerak seperti bubur yang mengalir pada suatu lereng. *Debris flow* biasanya disebabkan oleh aliran permukaan air yang intens, karena hujan lebat atau pencairan salju yang cepat, yang mengikis dan memobilisasi tanah gembur atau batuan pada lereng yang curam.

- a. *Debris Avalance* adalah longsoran es pada lereng yang terjal. Jenis ini adalah merupakan jenis aliran debris yang pergerakannya terjadi sangat cepat.
- b. *Earthflow* berbentuk seperti "jam pasir". Pergerakan memanjang dari material halus atau batuan yang mengandung mineral lempung di lereng moderat dan dalam kondisi jenuh air, membentuk mangkuk atau suatu depresi di bagian.



Gambar 2.8 *Debris Flow - Debris Avalance - Earthflow - Creep*
(Highland and Johnson, 2004)

c. *Lateral Spreads*

Lateral Spreads: umumnya terjadi pada lereng yang landai atau medan datar. Gerakan utamanya adalah ekstensi lateral yang disertai dengan kekar geser atau kekar tarik. Ini disebabkan oleh likuifaksi, suatu proses dimana tanah menjadi jenuh terhadap air, loose, kohesi sedimen (biasanya pasir dan lanau) perubahan dari padat ke keadaan cair.



Gambar 2.9 *Lateral Spread*
(Sumber : Highland and Johnson, 2004)

2.4.2 Faktor Penyebab Terjadinya Longsoran

Umumnya, timbulnya tanah longsor dipicu oleh hujan lebat. Lereng gunung yang gundul dan rapuhnya bebatuan dan kondisi tanah yang tidak stabil membuat tanah-tanah ini tidak mampu menahan air di saat terjadi hujan lebat. Akan tetapi, tanah longsor juga bisa ditimbulkan oleh aktivitas gunung berapi atau gempa.

Lereng-lereng yang lemah yang mendapat tekanan dari getaran gempa tentu saja membuat tanah yang terkena tekanan tadi menjadi longsor. Aktivitas gunung berapi yang menimbulkan hujan deras, simpanan debu yang lengang dan alirannya pun juga dapat menimbulkan tanah longsor.

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut kemiringan lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan.

Faktor penyebab terjadinya gerakan pada lereng juga tergantung pada kondisi batuan dan tanah penyusun lereng, struktur geologi, curah hujan, vegetasi penutup dan penggunaan lahan pada lereng tersebut, secara garis besar dibedakan sebagai faktor alam dan faktor manusia:

1. Faktor alam, terdiri dari :
 - a. Kondisi geologi : batuan lapuk, kemiringan lapisan, sisipan lapisan batu lempung, struktur sesar dan kekar, gempa bumi, stragrafi dan gunung berapi.
 - b. Iklim : curah hujan yang tinggi.
 - c. Keadaan Topografi : lereng yang curam.
 - d. Keadaan air : Kondisi drainase yang tersumbat, akumulasi massa air, erosi dalam, pelarutan dan tekanan hidrostatika.
2. Faktor manusia, terdiri dari :
 - a. Pemotongan tebing pada penambangan batu di lereng yang terjal.
 - b. Penimbunan tanah urugan di daerah lereng.

- c. Kegagalan atruktur dinding penahan tanah.

2.5 Dinding Penahan Tanah

2.5.1 Pengertian Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan adalah suatu bangunan yang dibangun untuk menahan keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun ditempat dimana kemantapan tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri, dipengaruhi oleh kondisi gambaran topografi tempat itu, bila dilakukan pekerjaan tanah seperti penanggulangan atau pemotongan tanah terutama dinding penahan itu dibangun untuk melindungi kemiringan tanah dan melengkapi kemiringan dengan pondasi kokoh.

Dinding penahan tanah atau juga biasa disebut tembok penahan adalah suatu konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah atau mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun di tempat, kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri, serta untuk mendapatkan bidang yang tegak. Bangunan dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urugan atau tanah asli yang labil. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi gambaran topografi tempat itu bila dilakukan pekerjaan tanah seperti penanggulan atau pemotongan tanah.

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untu menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif pada struktur

dinding sehingga struktur cenderung akan terguling atau akan tergeser.

2.5.2 Kegunaan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah sudah digunakan secara luas dalam hubungannya dengan jalan raya, jalan kereta api, jembatan, kanal dan lainnya. Aplikasi yang umum menggunakan dinding penahan tanah antara lain sebagai berikut:

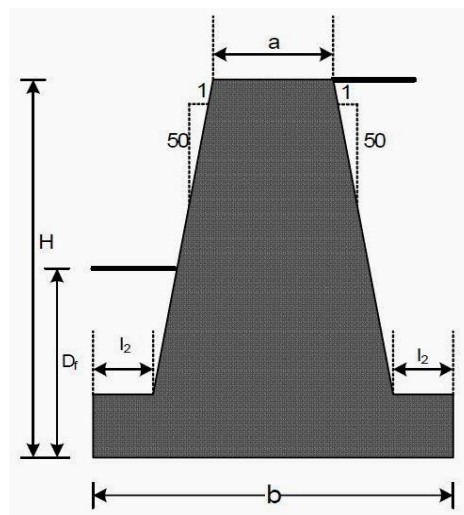
1. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibangun di daerah lereng.
2. Jalan raya atau jalan kereta api yang ditinggikan untuk mendapatkan perbedaan elevasi.
3. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibuat lebih rendah agar didapat perbedaan elevasi.
4. Dinding penahan tanah yang menjadi batas pinggir kanal.
5. Dinding khusus yang disebut *flood walls*, yang digunakan untuk mengurangi/menahan banjir dari sungai.
6. Dinding penahan tanah yang digunakan untuk menahan tanah pengisi dalam membentuk suatu jembatan. Tanah pengisi ini disebut *approach fill* dan dinding penahan disebut *abutments*.
7. Dinding penahan yang digunakan untuk menahan tanah di sekitar bangunan atau gedung-gedung.
8. Dinding penahan tanah yang digunakan sebagai tempat penyimpanan material seperti pasir, biji besi, dan lain-lain.

2.5.3 Jenis Dinding Penahan Tanah

Berdasarkan cara untuk mencapai stabilitasnya, maka dinding penahan tanah dapat digolongkan dalam beberapa jenis yaitu Dinding Gravitasi, Dinding Penahan Kantiliver, Dinding *Kontravort*, Dinding *Butters*. Beberapa jenis dinding penahan tanah antara lain :

1. Dinding Penahan Tanah Type Gravitasi (*gravity wall*).

Dinding gravitasi, adalah dinding penahan yang dibuat dari beton tak bertulang (beton murni) atau pasangan batu kali. Sedikit tulangan beton kadang-kadang diberikan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan dinding akibat perubahan temperatur. Pada tembok penahan tipe gravitasi dalam perencanaan harus tidak terjadi tegangan tarik pada setiap irisan badannya. Stabilitas konstruksinya diperoleh hanya dengan mengandalkan berat konstruksinya itu sendiri. Untuk itu dalam perencanaan tembok penahan jenis ini perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut (lihat gambar 2.10).



Gambar 2.10 Dinding Penahan Tanah tipe Gravitasi (Sumber : Hardiyatmo,2014)

- a. Pada umumnya lebar plat lantai B diambil $0.5 - 0.7 H$
- b. Lebar bagian puncak diambil lebih dari $0.3 - H/12$
- c. Tebal kaki dan tumit $(H/8 - H/6)$
- d. Lebar kaki dan tumit $(0,5 - 1)d$ ($d =$ tebal kaki)

Keterangan :

a : $(30 \text{ cm} - H/12)$

b : $(0,5 - 0,7)H$

Df : (d disesuaikan dengan kondisi setempat)

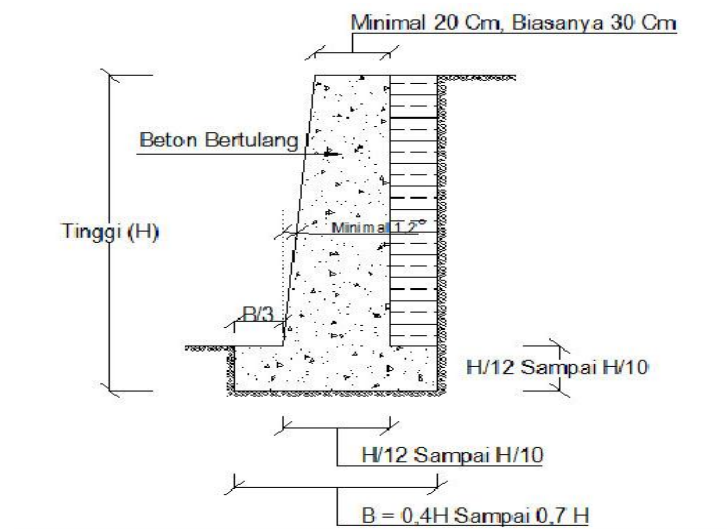
d : $(H/8 - H/6)$

I_1 dan I_2 $(0,5 - 1)d$

2. Dinding Penahan Tanah Tipe Jepit (*Cantilever retaining wall*).

Jenis konstruksi dinding penahan tanah tipe ini umumnya digunakan untuk menahan tekanan tanah pada timbunan maupun pada tebing. Prinsip kerja dari jenis dinding penahan jenis ini yaitu dengan mengandalkan daya jepit atau *fixed* pada dasar tubuh strukturnya. Selain itu dinding penahan jenis ini jugak tidak banyak berbeda dari dinding penahan jenis Gravitasi yang sama – sama mengandalkan kestabilan dari berat konstruksinya sendiri. Tetapi bedanya dinding penahan jenis kantilever memiliki ciri khas yaitu berupa model telapak atau *spread* memanjang pada dasar strukturnya yang bersifat jepit yang dimana juga berfungsi sebagai kestabilan juga dari struktur penahan. Umumnya konstruksi dinding penahan tipe jepit dibuat dari pasangan batu maupun dengan konstruksi beton bertulang. Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. Ketebalan dari kedua bagian relatif tipis

dan secara penuh diberi tulangan untuk menahan momen dan gaya lintang yang bekerja pada dinding tersebut. Terdapat 3 bagian yang berfungsi sebagai kantiliver, tumit, tapak, dan ujung kaki tapak. Biasanya ketinggian dinding 6–7 meter.



Gambar 2.11 Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever (*Cantilever retaining wall*)
(Sumber : Hardiyatmo, 2014)

3. Dinding Penahan Tipe Turap (*Sheet pile*)

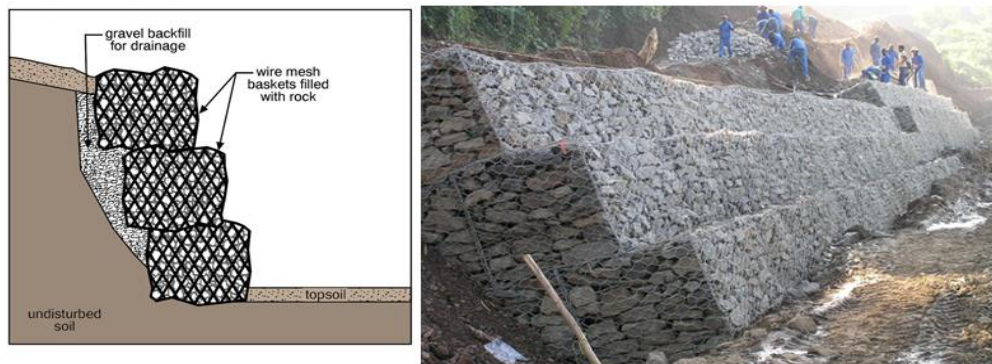
Jenis konstruksi dinding penahan tipe turap merupakan jenis konstruksi yang banyak digunakan untuk menahan tekanan tanah aktif lateral tanah pada timbuna maupun untuk membendung air (*coverdam*). Jenis konstruksi tipe turap atau *sheet pile* umumnya terbuat dari material beton pra tegang (*Prestress Concrete*) baik berbentuk *corrugate flat* maupun dari material baja. Konstruksi dinding penahan tipe *sheet pile* berbentuk ramping dengan mengandalkan tahanan jepit pada kedalaman tancapnya dan dapat hasil perancangan. Dalam pelaksanaannya kedalaman *sheet pile* dapat mencapai elevasi sampai tanah keras



Gambar 2.12 Dinding penahan tipe *Sheet pile*
(Sumber : regainindustrial.com)

4. Dinding Penahan Bronjong (*Gabion*)

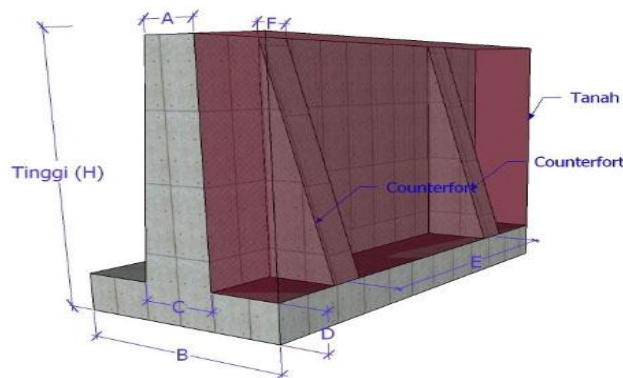
Dinding penahan bronjong merupakan dinding penahan tanah berbentuk menyerupai tangga-tangga atau terasiring, dinding ini terbuat kumpulan ayaman kawat logam galvanis yang berisikan agregat kasar berbentuk kerikil dan disusun secara vertikal. Kelebihan utama dari dinding ini yaitu dapat memperbesar konsentrasi resapan air kedalam tanah selain berfungsi untuk menahan tekanan tanah.



Gambar 2.13 Dinding penahan tipe *Gabion*
Gabion | Geotechnical Software *GEO5* | *Fine* (finesoftware.eu)

5. Dinding Penahan Tanah Tipe (*Counterfort (counterfort wall)*).

Dinding ini terdiri dari dinding beton bertulang tipis yang di bagian dalam dinding pada jarak tertentu didukung oleh pelat/dinding vertikal yang disebut *counterfort* (dinding penguat). Ruang di atas pelat pondasi diisi dengan tanah urug. Apabila tekanan tanah aktif pada dinding vertikal cukup besar, maka bagian dinding vertikal dan tumit perlu disatukan (*kontrafort*). *Kontrafort* berfungsi sebagai pengikat tarik dinding vertikal dan ditempatkan pada bagian timbunan dengan interfal jarak tertentu. Dinding kontrafort akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter.



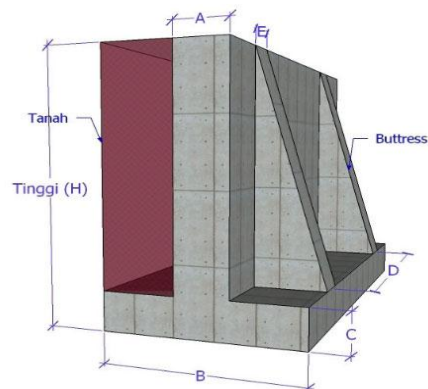
Gambar 2.14 Dinding Penahan Type Kounterfort (*counterfort wall*)
(Sumber. Hardiyatmo, 2014)

Perencanaan dimensi dinding penahan tanah sistem kontrafort yaitu Lebar $0,45 H$ s/d $0,75 H$. Kontrafort dapat ditempatkan pada jarak $0,30 H$ s/d $0,60 H$, dengan tebal tidak kurang dari 20 cm. Tinggi kontrafort sebaiknya sama dengan tinggi dinding vertikal; tetapi bila diinginkan ketinggian yang lebih kecil, dapat dikurangi dengan $0,12 H$ s/d $0,24 H$.

6. Dinding Penahan Tanah Tipe *Buttress (butters wall)*.

Dinding Buttress hampir sama dengan dinding kontrafort, hanya bedanya

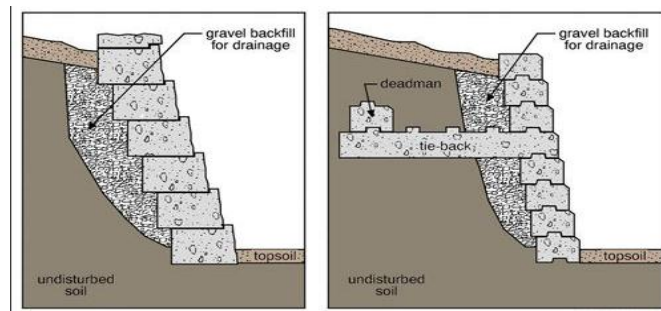
bagian kontrafort diletakkan di depan dinding. Dalam hal ini, struktur kontrafort berfungsi memikul tegangan tekan. Pada dinding ini, bagian tumit lebih pendek dari pada bagian kaki. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit tapak. Dinding ini dibangun pada sisi dinding di bawah tertekan untuk memperkecil gaya irisan yang bekerja pada dinding memanjang dan pelat lantai. Dinding ini lebih ekonomis untuk ketinggian lebih dari 7 meter. Kelemahan dari dinding ini adalah penahannya yang lebih sulit daripada jenis lainnya dan pemadatan dengan cara rolling pada tanah di bagian belakang adalah jauh lebih sulit.



Gambar 2.15 Dinding Penahan Tanah Type Buttress (*Butters Wall*).
(Sumber. Maulana, 2019)

7. Dinding Penahan Tipe Blok Beton (*Block Concrete*)

Dinding penahan ini biasanya terbuat secara modular dan di fabrikasi berupa beton *pre-cast*, dinding ini merupakan blok-blok beton masif padan dan disusun secara vertikal dengan antar blok yang di berikan sistem pengunci/*locking* disetiap susunannya.



Gambar 2.16 Dinding Penahan Tanah Type *Block Concrete*
(Sumber : [pinterest.com](https://www.pinterest.com))

8. Dinding Penahan Tanah Tipe *Diaphragm Wall*

Jenis konstruksi dinding penahan tanah ini biasanya dibuat untuk membendung konstruksi bawah tanah khususnya pada konstruksi basement. Dinding jenis ini biasanya digabungkan dengan sistem ground anchor, sehingga daya dukung terhadap tekanan tanah lateral aktif meningkat, dan juga berfungsi dalam proses dewatering untuk memotong aliran muka air tanah.



Gambar 2.17 Dinding Penahan Tanah Tipe *Diaphragm Wall*
(Sumber : [pinterest.com](https://www.pinterest.com))

9. Dinding Penahan Tanah *Secant Pile*

Tipe *secant pile* ini dapat berfungsi sama dengan dinding penahan tanah tipe *diaphragm wall* (dinding diafragma), tipe *secant pile* ini dapat berfungsi sebagai pemutus aliran air bawah tanah atau biasa disebut juga *cut off*, dan juga dapat digabungkan dengan konstruksi *ground anchor* untuk meningkatkan daya dukung terhadap tekanan tanah lateral aktif. *Contingous pile* atau biasa disebut

juga *hard pile* dibuat dengan cara di cor ditempat dengan sistem *bored pile* yaitu berupa rangkaian besi beton bertulang yang menggunakan profil baja serta dikombinasikan dengan bentonited (*soft pile*) dan dirangkai membentuk dinding penahan tanah yang padat,



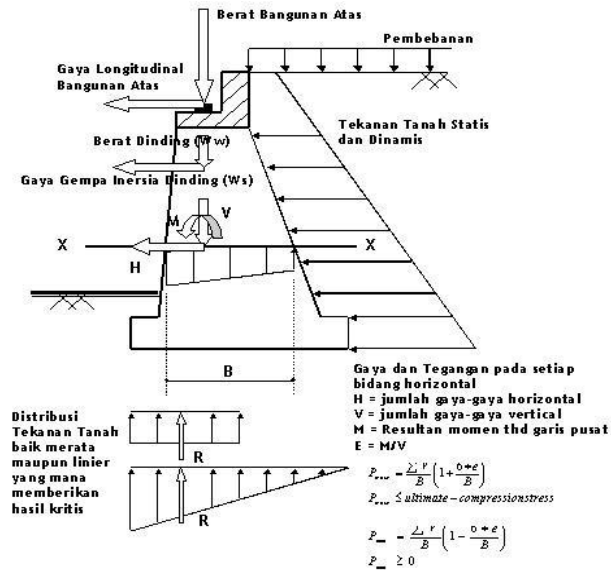
Gambar 2.18 Dinding Penahan Tanah Tipe *Secant Pile*
Sumber : *Volker Ground Engineering*

10. *Revetment*

Konstruksi *revetment* merupakan sebuah konstruksi dinding penahan tanah sederhana yang difungsikan untuk perkuatan lereng atau tebing maupun berfungsi juga untuk melindungi dari gerusan aliran sungai dan ombak di alur pantai. Pada dasarnya konstruksi jenis ini tidak memiliki fungsi utama dalam menahan tekanan tanah lateral aktif, namun berfungsi untuk memproteksi tanah terhadap efek erosi atau gerusan yang merusak kestabilan tanggul atau lereng yang berpotensi menimbulkan longsor.

2.5.4 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Tekanan tanah dan gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah sangat mempengaruhi stabilitas dinding penahan tanah itu sendiri. Gaya – gaya itu sendiri terdapat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.19 Tegangan Terhadap Dinding
 (Suryolelono, 1994).

- Gaya vertikal akibat berat sendiri dinding penahan tanah
- Gaya luar yang bekerja pada dinding penahan tanah
- Gaya akibat tekanan tanah aktif
- Gaya akibat tekanan tanah pasif

Secara umum pemampatan atau penggunaan bahan dalam konstruksi dinding penahan tanah yang berarti memberikan perkuatan pada massa tanah, memperbesar timbunan di belakang dinding penahan tanah. Perkuatan ini, juga mengurangi potensi gaya lateral yang menimbulkan perpindahan kearah horizontal dari pada dinding tersebut sebagai akibat adanya beban vertikal yang dipindahkan menjadi tekanan horizontal yang bekerja dibelakang dinding penahan tanah atau biasa dikenal sebagai tekanan tanah aktif. (Suryolelono, 1994).

Analisa stabilitas ini pengertian lainnya adalah untuk pemeriksaan stabilitas sistem blok perkuatan tanah secara menyeluruh, seperti analisa

ketahanan geser, kapasitas daya dukung blok perkuatan (pada pembebanan maksimum, pada keadaan momen guling maksimum), kapasitas daya dukung pondasi, dan analisa sepertiga bagian inti dasar.

Menurut *Braja M. Das*, dalam merencanakan dinding penahan tanah. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menetapkan ukuran dinding penahan untuk menjamin stabilitas dinding penahan. Dinding penahan harus stabil terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah.

1. Kestabilan Terhadap Guling

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urugan dibelakang dinding penahan cenderung menggulingkan dinding dengan pusat pada ujung kaki depan pondasi. Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat dinding penahan itu sendiri dan momen akibat berat tanah diatas pelat pondasi.

Faktor keamanan terhadap guling didefenisikan sebagai :

$$SF_{guling} = \frac{\Sigma Mt}{\Sigma Mg} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

ΣMt = Jumlah dari momen - momen yang menyebabkan struktur terguling dengan titik pusat putaran di titik 0.

ΣMg = Jumlah dari momen - momen yang mencegah struktur terguling dengan titik pusat putaran di titik 0. ΣMH merupakan momen - momen yang disebabkan oleh gaya vertikal dari struktur dan berat tanah diatas struktur.

Faktor aman terhadap guling. Bergantung pada jenis tanah yaitu:

- a. $SF_{gl} \geq 1.5$ untuk tanah dasar berbutir/granular.
- b. $SF_{gl} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif

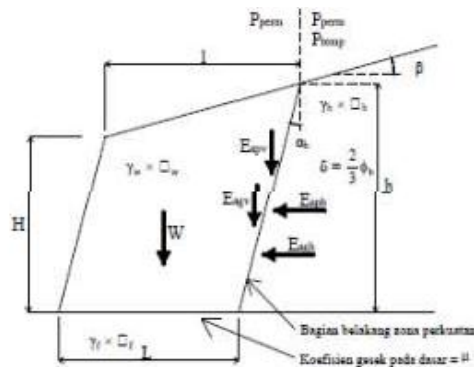
Momen yang menghasailkan guling :

$$\Sigma Mt = Ph (H/3) \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana tekanan tanah horizontal, $Ph = Pa$ tekanan aktif apabila permukaan tanah datar.

2. Kestabilan Terhadap Geser

Analisa terhadap geser yaitu dengan memperhitungkan gaya-gaya yang timbul, seperti dideskripsikan oleh gambar di bawah ini :



Gambar 2.20 Gaya yang Diperhitungkan Dalam Pemeriksaan Geser . (Sumber : Suryolelono, 1994).

Keterangan :

H : tinggi dinding blok perkuatan

L : panjang geosintetik level dasar

l : panjang geosintetik level teratas

Pperm : beban tetap tambahan (permanent)

Ptemp : beban hidup tambahan (temporary)

α : sudut kemiringan lereng permukaan atas terhadap horizontal

h : tinggi blok perkuatan tanah bagian belakang

γ : berat jenis tanah

ϕ : sudut geser tanah

τ : sudut interaksi tanah yang ditahan dengan blok perkuatan tanah

W : gaya akibat berat sendiri tanah

Eapv : tekanan vertikal aktif akibat beban luar

Eagv : tekanan vertikal aktif akibat beban tanah sendiri

Eaph : tekanan lateral aktif akibat tekanan beban luar

Eagh : tekanan lateral aktif akibat tekanan tanah sendiri

Gaya aktif tanah (E_a) selain menimbulkan terjadinya momen juga menimbulkan gaya dorong sehingga dinding akan bergeser, bila dinding menahan tanah dalam keadaan stabil, maka gaya-gaya yang bekerja dalam keadaan seimbang ($\Sigma F = 0$ dan $\Sigma M = 0$) .perlawanan terhadap gaya dorong ini terjadi pada bidang kontak antara tanah dasar dan pondasi.

Ada dua kemungkinan gaya perlawanan ini didasarkan pada jenis tanahnya.

a. Tanah dasar pondasi berupa tanah non-kohefif

Besarnya gaya perlawanan adalah $F = N \times f$, dengan f adalah koefisien gesek antar dinding beton dan tanah dasar pondasi, sedangkan N dapat di cari dari keseimbangan gayagaya vertical ($\Sigma F_v = 0$), maka diperoleh $N = V$. besarnya f diambil bila alas pondasi relative kasar maka $f = \text{tg } \phi$ dimana ϕ merupakan sudut gesek dalam tanah, sebaliknya bila alas pondasi relative halus permukaannya maka diambil $f = \text{tg } (2/3 \phi)$ sehingga dalam hitungan angka keamanan (SF). (sumber : Suyolelono, 1994).

$$SF = \frac{\text{Gaya Lawan}}{\text{Daya Dorong}} = \frac{\Sigma V \cdot f}{\Sigma H} \dots\dots\dots (2.17)$$

$SF \geq 1,5$ digunakan untuk jenis tanah non-kohefif, misal tanah pasir.

Keterangan :

SF = *safety factor* (angka keamanan)

V = gaya vertikal

f = koefisien gesek antara dinding beton dan tanah dasar pondasi.

H = gaya horizontal

Tabel 2.5 Koefisien gesek (f) antara dasar fondasi dan tanah dasar

No	Jenis tanah dasar fondasi	(f)
1	Tanah granuler kasar tak mengandung lanau atau lempung	0,55
2	Tanah granuler kasar mengandung lanau	0,45
3	Tanah lanau tak berkohesi	0,35
4	Batu keras permukaan kasar	0,60

(Sumber : Hardiyatmo, 2014)

Bila mana pada konstruksi tersebut dapat diharapkan bahwa tanah pasif dapat dipertanggung jawabkan keberadaannya, maka besarnya gaya pasif tanah (E_p) perlu diperhitungkan, sehingga gaya lawan menjadi :

$$V \cdot f + E_p \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan :

E_p = gaya pasif tanah.

b. Tanah dasar pondasi berupa tanah kohesif.

Gaya perlawanan yang terjadi berupa lekatan antara tanah dasar pondasi dengan alas pondasi dinding penahan tanah. Besarnya lekatan antara alas pondasi dinding penahan tanah dengan dasar pondasi adalah $(0,5 - 0,75) c$, di mana c adalah kohesi tanah. Dalam analisis biasanya diambil sebesar $2/3 c$. besarnya gaya lekat yang merupakan gaya lawan adalah luas alas pondasi

dinding penahan tanah di kalikan dengan lekatan diperoleh gaya lawan = $\frac{2}{3} c$ (b x 1) bila mana di ambil dinding 1m. (sumber : Suryolelono, 1994).

Angka persamaan $SF = \frac{\frac{2}{3}c \cdot b}{E\alpha}$ dan bila Ep di perhitungkan,

$$SF = \frac{\frac{2}{3}c \cdot b + Ep}{E\alpha} \dots\dots\dots (2.19)$$

Untuk jenis tanah campuran(lempung pasir) maka besarnya,

$$SF = V \cdot f \cdot \frac{\frac{2}{3}c \cdot b + Ep}{E\alpha} \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan :

c = kohesi tanah

b = alas pondasi dinding penahan tanah

3. Daya Dukung Ijin Tanah

Tekanan yang disebabkan oleh gaya-gaya yang terjadi pada dinding penahan ke tanah harus dipastikan lebih kecil dari daya dukung ijin tanah. Penentuan daya dukung ijin pada dasar dinding penahan/abutmen dilakukan seperti dalam perencanaan pondasi dangkal.

Gaya-gaya horizontal dan vertikal pada dinding akan menimbulkan tegangan pada tanah. Apabila tegangan yang timbul melebihi tegangan ijin tanah, maka akan terjadi penurunan tanah (Sumber: <http://pdfsearch-engine.com>).

Eksentrisitas dari gaya-gaya ke pondasi, dapat dihitung dengan rumus berikut

$$eks = (0,5 \cdot B) - x \dots\dots\dots (2.22)$$

Tekanan ke tanah dihitung dengan rumus :

$$q_{max} = \frac{2V}{3 \left(\frac{R}{2} - e \right)} \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan :

e = eksentrisitas

B = alas pondasi dinding penahan tanah

Σ = tekanan

Jika nilai $e > B/6$ maka nilai σ akan lebih kecil dari 0. Hal tersebut adalah sesuatu yang tidak diharapkan. Jika hal ini terjadi maka lebar dinding penahan B perlu di perbesar Angka keamanan terhadap tekanan maksimum ke tanah dasar dihitung dengan rumus:

$$SF_{\text{daya dukung}} = \frac{Q_{\text{ultimate}}}{Q_{\text{max}}} \dots\dots\dots (2.24)$$

Nilai minimum dari angka keamanan terhadap daya dukung yang biasa digunakan dalam perencanaan adalah 3.

2.5.5 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Secara umum fungsi dari Dinding Penahan Tanah adalah untuk menahan besarnya tekanan tanah akibat parameter tanah yang buruk sehingga longsor bisa dicegah, serta untuk melindungi kemiringan tanah dan melengkapi kemiringan dengan pondasi yang kokoh, untuk mendukung fungsi tersebut, maka diperlukan perencanaan dengan uraian sebagai berikut;

1. Konsep Dinding Penahan Tanah

Berdasarkan survey lapangan yang telah dilakukan pada lokasi yang akan di bangun dinding penahan tanah ini, serta dengan mempertimbangkan tingkat kesulitan dalam pelaksanaan, disusun beberapa konsep perencanaan turap antara lain:

- a. Dinding penahan tanah yang direncanakan tidak mengganggu atau merusak aliran air sungai (tidak mengganggu luas penampang basah sungai).
- b. Dinding penahan tanah berfungsi sebagai dinding yang dapat menahan kelongsoran tebing sungai dan melindungi tebing sungai terhadap gerusan air.
- c. Dinding penahan tanah dapat menahan tekanan tanah aktif serta tekanan air dan beban lain yang bekerja pada dinding penahan tanah.
- d. Dinding penahan tanah direncanakan memiliki ketahanan jangka panjang pada lingkungan pada siklus basah, kering dan lembab.
- e. Dinding penahan tanah memiliki tekanan tanah lateral tanah aktif dan air, serta memiliki gaya aksial dan lateral yang bekerja pada dinding penahan tanah.

2. Urutan Perencanaan Dinding Penahan Tanah

- a. Menetapkan jenis dinding penahan tanah yang paling sesuai.
- b. Memperkirakan ukuran/dimensi dinding penahan tanah yang diperlukan.
- c. Hitung gaya-gaya yang bekerja di atas dasar fondasi dinding penahan.
- d. Tentukan letak resultan gaya-gaya yang bekerja. Letak dari resultan tersebut digunakan untuk mengetahui kestabilan dinding penahan terhadap bahaya penggulingan.
- e. Mengontrol stabilitas dinding penahan tanah terhadap :
 - Bahaya guling
 - Bahaya geser, dan

- Bahaya kelongsoran daya dukung
- f. Merencanakan struktur atau konstruksi sehingga konstruksi dinding penahan tanah mampu memikul segala beban atau muatan yang dipikul. (Hardiyatmo,2014).

3. Hitungan Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan meliputi :

- a. Berat sendiri dinding penahan (w)
- b. Gaya tekanan tanah aktif total tanah urug (P_a)
- c. Gaya tekanan tanah pasif total di depan dinding (P_p)
- d. Tekanan air pori di dalam tanah (P_w)
- e. Reaksi Tanah Dasar

Untuk menghasilkan konstruksi dinding penahan yang ideal, maka analisis stabilitas dinding penahan tanah ditinjau terhadap hal-hal sebagai berikut.

- a. Faktor aman terhadap penggeseran (*sliding*) dan penggulingan (*overturning*) harus mencukupi.
- b. Tekanan yang terjadi pada tanah dasar pondasi harus tidak boleh melebihi kapasitas dukung tanah izin.
- c. Stabilitas lereng secara keseluruhan harus memenuhi syarat.

Selain itu, jika tanah dasar mudah mampat, penurunan tak seragam yang terjadi harus tidak boleh berlebihan. Pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada 3 kemungkinan, yaitu :

- Dalam Keadaan Diam (K_0)
- Dalam Keadaan Aktif (K_a)

- Dalam Keadaan Pasif (K_p)

Tekanan aktif dan pasif dapat dihitung secara analitis maupun grafis dalam hal ini perlu kita perhatikan sebagai berikut :

Perhitungan cara analitis	:	1) Menurut Tarzaghi
Perhitungan cara grafis	:	1) Menurut Poncelet
		2) Menurut Culman
		3) Menurut Trial Wedge
		4) Menurut Rehban

2.6 Rencana Lapangan

Rencana lapangan adalah suatu rencana perletakkan bangunan pembantu atau darurat yang diperlukan sebagai sarana pendukung untuk melaksanakan pekerjaan tergantung besar kecilnya proyek. Rencana perletakan itu sendiri adalah bangunan – bangunan pembantu atau sementara. Misalnya direksi keet, gudang, pagar keliling, bengkel, pos keamanan dan sebagainya. Tujuan pokok dalam perencanaan site plan / site installation adalah mengatur letak bangunan - bangunan fasilitas dan sarana pada proyek sedemikian rupa, sehingga pelaksanaan pekerjaan konstruksi dapat berjalan dengan :

1. Efisien

Penempatan dari bangunan-bangunan fasilitas dan sarana pada proyek perlu diatur menurut kebutuhan sehingga diperoleh efisiensi kerja.

2. Efektif

Penepatan bangunan – bangunan fasilitas dan sarana yang efektif pada proyek juga dibutuhkan dalam menunjang pekerjaan konstruksi. Efektif adalah dapat

diselesaikannya suatu pekerjaan sesuai dengan rencana pekerjaan sesuai dengan rencana (*schedule*) kerja yang telah disusun.

3. Lancar

Yang dimaksud dengan lancar dalam perencanaan (*site plan / site installation*) adalah kelancaran pelaksanaan pekerjaan, terutama kelancaran transportasi / angkutan di lokasi proyek. Pembuatan jalan kerja untuk mendukung kelancaran.

4. Aman

Salah satu tujuan dibuatnya bangunan-bangunan fasilitas dan sarana pada proyek adalah untuk keperluan keamanan dan keselamatan pekerjaan selama berlangsungnya kegiatan proyek.

Rencana kerja adalah suatu pembagian waktu terperinci yang disediakan masing – masing bagian pekerjaan mulai dari bagian – bagian pekerjaan permulaan sampai dengan bagian – bagian pekerjaan akhir. Adapun tujuan dari rencana kerja adalah sebagai evaluasi dan melihat batas waktu serta melihat pekerjaan apakah lebih cepat, lama atau tepat waktu. Jenis – jenis rencana kerja adalah sebagai berikut :

1. Uraian

- a. Pekerjaan yang disyaratkan dalam seksi ini harus mencakup pelaksanaan seluruh struktur beton, termasuk tulangan, struktur pracetak dan komposit, sesuai dengan Spesifikasi dan sesuai dengan garis, elevasi, kelayakan, dan dimensi yang ditunjukkan dalam Gambar, dan sebagaimana yang diperlukan oleh Direksi Pekerjaan.

- b. Pekerjaan ini harus meliputi pula persiapan tempat kerja untuk pengecoran beton, pemeliharaan pondasi, pengadaan lantai kerja, pemompaan atau tindakan lain untuk mempertahankan agar pondasi tetap kering.
- c. Mutu beton yang akan digunakan pada masing-masing bagian dari pekerjaan dalam kontrak haruslah seperti yang ditunjukkan dalam gambar atau eksi lain yang berhubungan dengan spesifikasi ini, atau sebagaimana diperintahkan oleh direksi pekerjaan.

2. Penyimpanan dan perlindungan bahan untuk penyimpanan semen, kontraktor harus menyediakan tempat yang tahan cuaca yang kedap udara dan mempunyai lantai kayu yang lebih tinggi dari tanah di sekitarnya dan ditutup dengan lembar polyethylene (plastik). Sepanjang waktu, tumpukan kantung semen harus ditutup dengan lembar plastik.

3. Kondisi tempat kerja

Kontraktor harus menjaga temperatur semua bahan, terutama agregat kasar, dengan temperatur pada tingkat yang serendah mungkin dan harus dijaga agar selalu di bawah 30°C sepanjang waktu pengecoran. Sebagai tambahan, Kontraktor tidak boleh melakukan pengecoran bilamana :

- a. Tingkat penguapan melampaui 1,0 kg / m² / jam.
 - b. Lengas nisbi dari udara kurang dari 40 %.
 - c. Tidak diijinkan oleh Direksi Pekerjaan, selama turun hujan atau bila udara penuh debu atau tercemar.
4. Perbaikan atas pekerjaan beton yang tidak memenuhi ketentuan

- a. Perbaiki atas pekerjaan beton yang tidak memenuhi kriteria toleransi yang disyaratkan atau yang tidak memiliki permukaan akhir yang memenuhi ketentuan, atau yang tidak memenuhi sifat- 25 sifat campuran yang disyaratkan harus mengikuti petunjuk yang diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan.
- b. Bila mana terjadi perbedaan pendapat dalam mutu pekerjaan beton atau adanya keraguan dari data pengujian yang ada, Direksi Pekerjaan dapat meminta Kontraktor melakukan pengujian tambahan yang diperlukan untuk menjamin bahwa mutu pekerjaan yang telah dilaksanakan dapat dinilai dengan adil. Biaya pengujian tambahan tersebut haruslah menjadi tanggung jawab Kontraktor.