

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Dinding Penahan Tanah

2.1.1 Definisi Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah (*retaining wall*) merupakan komponen struktur yang dibangun untuk menahan massa tanah pada tanah yang berkontur atau tanah yang memiliki elevasi yang berbeda, misalnya untuk jalan raya dan bangunan pada lereng.

Dinding penahan tanah (*retaining wall*) adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk 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 (Tanjung, 2016).

2.1.2 Fungsi Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah berfungsi menyokong tanah lepas atau tanah alami yang kurang stabil, mencegah tanah dari bahaya ke longSORAN, menahan ke longSORAN karena beban air hujan, berat tanah dan gaya tekan dari atas, menahan pergerakan tanah sehingga struktur bangunan lebih stabil, dan mencegah resiko kelongsoran untuk area di bawah lereng.

2.1.3 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 secara berikut:

- a. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibangun di daerah lereng.
- b. Jalan raya atau jalan kereta api yang ditinggikan untuk mendapatkan perbedaan elevasi

- c. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibuat lebih rendah agar didapat perbedaan elevasi.
- d. Dinding penahan tanah yang menjadi batas pinggir kanal.
- e. Dinding khusus yang disebut *flood walls* yang digunakan untuk mengurangi / menahan banjir dari sungai.
- f. Dinding penahan tanah yang digunakan untuk menahan tanah pengisi dalam membentuk suatu jembatan. Tanah pengisi ini disebut *approach fill* dan dinding penahan tanah disebut *abutments*.
- g. Dinding penahan yang digunakan untuk menahan tanah disekitar bangunan atau gedung-gedung.
- h. Dinding penahan tanah yang digunakan sebagai tempat penyimpanan material seperti pasir, bijih besi, dan lain-lain.



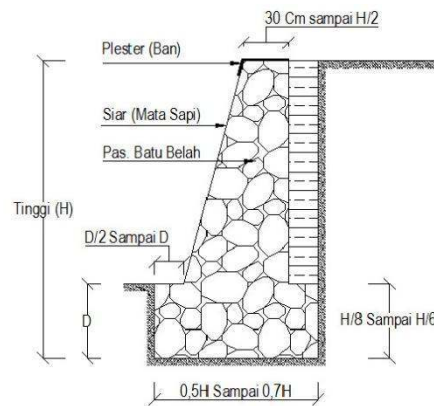
Gambar 2. 1 Kegunaan Dinding Penahan Tanah
(Sumber: Huntington, 1961)

2.1.4 Jenis – jenis Dinding Penahan Tanah

Berdasarkan untuk mencapai stabilitasnya, maka dinding penahan tanah dapat digolongkan dalam beberapa jenis, yaitu :

a. Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi (*Gravity Retaining Wall*)

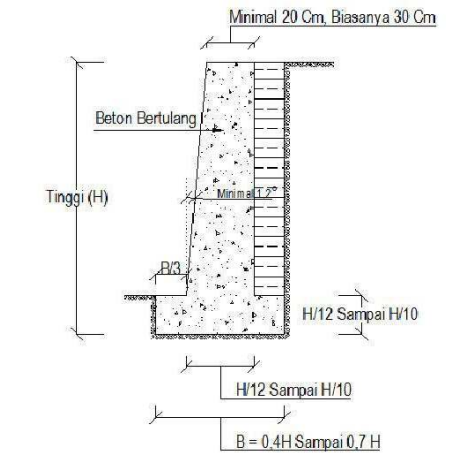
Dinding ini dibuat dari beton tidak bertulang atau pasangan batu, terkadang pada dinding jenis ini dipasang tulangan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan akibat temperature (Hardiyatmo, 2011).



Gambar 2. 2 Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi (*Gravity Retaining Wall*)
(Sumber: Huntington, 1961)

b. Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever (*Cantilever Retaining Wall*)

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. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan tanah diatas tumit tapak (*hell*). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertikal (*steem*), tumit tapak dan ujung kaki tapak (*toe*). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6-7 meter (Hardiyatmo, 2011).



Gambar 2. 3 Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever
(*Cantilever Retaining Wall*)
(*Sumber: Huntington, 1961*)

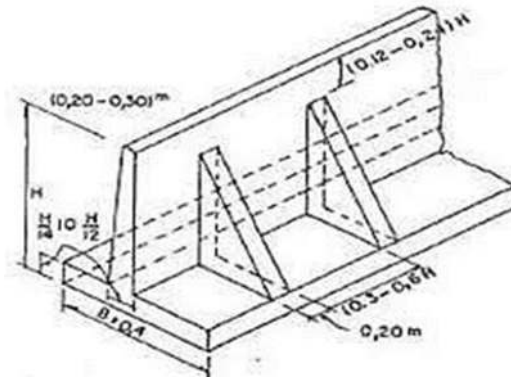


Gambar 2. 4 Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever
(*Cantilever Retaining Wall*)
(*Sumber: Huntington, 1961*)

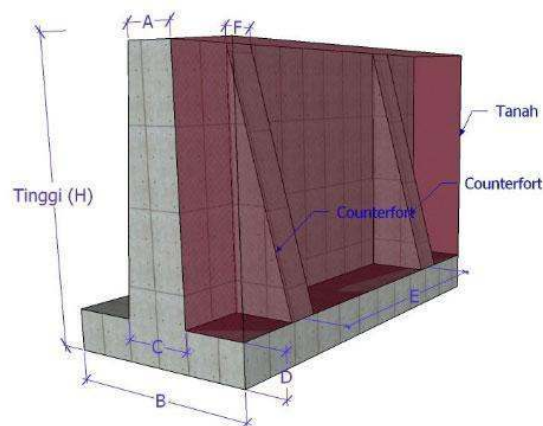
c. Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort (*Counterfort Wall*)

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 interval jarak tertentu. Dinding kontrafort akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter (Hardiyatmo, 2011).



Gambar 2. 5 Dinding Penahan Tanah Tipe Kontrafort
(*Counterfort Retaining Wall*)
(Sumber: Huntington, 1961)

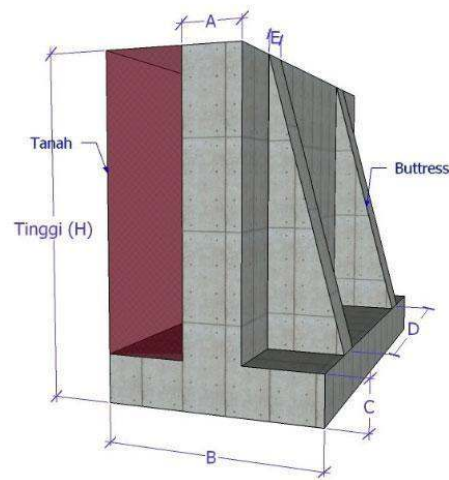


Gambar 2. 6 Dinding Penahan Tanah Tipe Kontrafort
(*Counterfort Retaining Wall*)
(Sumber: Huntington, 1961)

d. Dinding Penahan Tanah Tipe *Buttress* (*Buttress Retaining Wall*)

Dinding Butters 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 diatas 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 (Hardiyatmo, 2011).



Gambar 2. 7 Dinding Penahan Tanah Tipe Buttress
(*Buttress Retaining Wall*)
(Sumber: Huntington, 1961)

2.1.5 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Dalam merencanakan dinding penahan tanah yang dipilih tergantung dari pertimbangan teknik dan ekonominya. Hendaknya bangunan dinding penahan tanah yang akan dibuat dapat menahan gaya-gaya yang bekerja pada dinding, serta dinding penahan yang direncanakan dapat berfungsi sesuai dengan perencanaannya, baik dari segi kegunaan ataupun ketahanan jangka panjang. Hal-hal dasar dalam merencanakan dinding penahan adalah sebagai berikut :

a. Beban yang terutama dipakai dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

i. Berat Sendiri

Berat sendiri dinding penahan yang digunakan dalam perhitungan kestabilan adalah berat dinding penahan itu sendiri dan berat tanah isian (*backfill*) yang berada di atasnya.

ii. Tekanan Tanah (*Earth Pressure*)

Tekanan tanah tersebut terdiri dari tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif.

iii. Pembebanan

Apabila permukaan tanah di belakang dinding akan digunakan untuk jalan raya atau lainnya, maka pembebanan itu harus dimasukkan dalam perhitungan. Beban dianggap sebagai sebesar 1 ton/m² dalam hal pembebanan mobil.

iv. Beban Lainnya

Beban lainnya seperti daya tampung dan tekanan air bila disebutkan maka beban itu harus dimasukkan dalam perhitungan.

b. Kestabilan dinding penahan

Apabila diamati kestabilan dinding penahan tanah, maka harus diperhatikan yaitu kestabilan terhadap guling, kestabilan terhadap longsor, serta kestabilan terhadap daya dukung tanah pondasi (Sosrodarsono, 2005).

2.1.6 Langkah – langkah Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Langkah-langkah perencanaan konstruksi dinding penahan tanah dapat dilakukan sebagai berikut:

- a. Menetapkan input perencanaan seperti bahan yang bekerja, parameter tanah dasar, tegangan izin dan lainnya, sehingga bisa menentukan jenis dinding penahan tanah yang paling sesuai dengan kondisi tanah yang ada.
- b. Memperkirakan ukuran atau dimensi dinding penahan.

- c. Dengan parameter – parameter tanah yang telah diketahui hitung gaya – gaya yang bekerja di atas dasar pondasi dinding penahan tanah.
- d. Tentukan letak resultan gaya-gaya yang bekerja. Letak dari resultan tersebut digunakan untuk mengetahui kestabilan dinding penahan terhadap bahaya penggulingan.
- e. Menghitung dan mengontrol kestabilan terhadap:
 - i. Bahaya geser,
 - ii. Bahaya guling, dan
 - iii. Bahaya ke longsoran daya dukung.
- f. Memperhitungkan struktural terhadap gaya-gaya pada konstruksi dinding, sehingga konstruksi dinding kuat menahan akibat segala muatan yang dipikulnya (Hardiyatmo, 2014).

2.1.7 Metoda Perhitungan Dinding Penahan Tanah

- a. Jenis dinding penahan tanah yang dipakai adalah dinding penahan tanah kantilever.
- b. Untuk menentukan ukuran atau dimensi dari dinding penahan digunakan acuan sebagai berikut:

Lebar bagian dasar:

H = Tinggi dinding (m)

A = Lebar bagian atas (min. 0,30 m)

$B = 0,4 - 0,7 H$ = Panjang telapak

$\frac{H}{12} - \frac{H}{10}$ = Tebal telapak

$\frac{B}{3}$ = Panjang ujung kaki (*toe*)

- c. Tekanan Tanah (*Earth Pressure*)

Gaya – gaya yang bekerja pada suatu dinding penahan tanah lebih banyak didominasi oleh berat sendiri, timbunan tanah, dan tekanan tanah di belakang maupun di depan dinding penahan tanah tersebut, serta beban lain dapat muncul akibat adanya beban

luar tambahan yang diberikan di atas timbunan tanah di belakang dinding penahan tanah.

Tekanan tanah yang bekerja pada dinding penahan tanah ada 2 (dua) macam yaitu tekanan tanah aktif (*active earth pressure*) dan tekanan tanah pasif (*passive earth pressure*), untuk keperluan praktis tekanan tanah pasif (K_p) tidak dianalisis, sehingga dalam analisa kestabilan dinding hanya tekanan tanah aktif (K_a) saja yang diperhitungkan. Adapun yang harus diperhatikan di dalam mencari total tekanan tanah, yaitu :

- i. Tidak ada gesekan antara dinding dengan tanah atau diasumsikan bahwa dinding penahan tanah dalam kondisi yang sangat halus.
- ii. Tekanan tanah lateral bekerja hanya pada bidang yang vertikal.
- iii. Intensitas tekanan tanah yang bertambah secara linear, sesuai dengan kedalaman titik yang ditinjau dan resultan tekanan tanah bekerja pada 1/3 tinggi dinding, dihitung dari dasar dinding.
- iv. Area resultan tekanan tanah adalah sejajar dengan kemiringan permukaan tanah isian (*backfill*).

Persamaan tekanan tanah menurut Teori Rankine :

- i. Untuk kondisi tanah isian (*back fill*) terdiri dari tanah granular dengan permukaan mempunyai kemiringan sebesar β terhadap garis horizontal.

Koefisien tekanan tanah aktif menurut Rankine untuk tanah miring,

$$K_a = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\varphi)}}{\cos\beta + \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\varphi)}} \quad (2.1)$$

- ii. Untuk kondisi tanah isian (*backfill*) terdiri dari tanah granular dengan permukaan horizontal sudut $\beta = 0$.

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \quad (2.2)$$

Dimana:

K_a = Koefisien tekanan tanah aktif
 ϕ = Sudut geser dalam
 β = Sudut tanah timbunan.

d. Stabilitas terhadap penggulingan

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat pondasi, momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat pondasi. Hitung gaya gaya horizontal yang bekerja pada dinding akibat tekanan tanah aktif beban merata tambahan:

$$Pa_1 = K_a \times q \times H \quad (2.3)$$

$$Pa_2 = \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma_d \times H \quad (2.4)$$

$$Ya_1 = \frac{H}{2} \quad (2.5)$$

$$Ya_2 = \frac{H}{3} \quad (2.6)$$

i. Menghitung besar momen guling, $\sum Mg$:

$$\sum Mg = (Pa_1 \times Ya_1) + (Pa_2 \times Ya_2) \quad (2.7)$$

ii. Faktor keamanan guling, FK guling :

$$FK_{guling} = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} \geq 2 \quad (2.8)$$

Dimana :

q = Beban merata (kN/m^2)

γ_d = Berat volume tanah (kN/m^3)

H = Tinggi dinding penahan tanah (m)

$\sum Mg$ = Momen terhadap tekanan tanah aktif (kNm)

Pa_1 = Tekanan tanah aktif akibat beban terbagi rata q (kN)

Pa_2 = Tekanan tanah aktif akibat tanah setinggi H (kN)

FK guling = Faktor aman terhadap guling (kNm)

$\sum Mt$ = Momen terhadap berat sendiri pondasi (kNm)

e. Stabilitas terhadap penggeseran

Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh:

- i. Gesekan antara tanah dengan dasar pondasi.
- ii. Tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan terdapat tanah timbunan.

Maka,

$$FK_{\text{geser}} = \frac{\sum V \times (\tan \varphi)}{\sum H} \geq 1,5 \quad (2.9)$$

Dimana :

FK geser = Faktor aman terhadap geser (kN)
 $\sum V$ = Total gaya vertikal (kN)
 $\sum H$ = Total gaya horizontal (kN)
 $\tan \varphi$ = Koefisien gesek

Jenis Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Pasir	0,02 – 0,04	0,09 – 0,18
Lempung	0,02 – 0,03	0,03 – 0,06
Lanau	0,03 – 0,05	0,09 – 0,12

Tabel 2. 1 Nilai Koefisien Cp
(Sumber: Hardiyatmo, 2014)

Jenis Tanah	Jarak (m)
Lempung Jenuh	0,4 – 0,5
Lempung Tak Jenuh	0,1 – 0,3
Lempung Berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir Padat	0,2 – 0,4
Pasir Kasar (Angka Pori, e = 0,4 – 0,7)	0,15
Pasir Halus (Angka Pori, e = 0,4 – 0,7)	0,25
Batu (tergantung dari jenisnya)	0,1 – 0,4
<i>Loose</i>	0,1 – 0,3

Tabel 2. 2 Angka Poisson (μ)
(Sumber: Hardiyatmo, 2014)

Jenis Tanah	E_s (kN/m ²)
Lempung	
Sangat Lunak	300 – 3000
Lunak	2000 – 4000
Sedang	4500 – 9000
Keras	7000 – 20.000
Berpasir	30.000 – 42.500
Pasir	
Berlanau	5000 – 20.000
Tidak Padat	10.000 – 25.000
Padat	50.000 – 100.000
Pasir dan Kerikil	
Padat	80.000 – 200.000
Tidak Padat	50.000 – 140.000
Lanau	2000 – 20.000
<i>Loose</i>	15.000 – 60.000
Serpih	140.000 – 1.400.000

Tabel 2. 3 Modulus Elastis Tanah (E_s)
(Sumber: Hardiyatmo, 2014)

f. Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung

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. Faktor aman terhadap kapasitas dukung tanah didefinisikan sebagai berikut :

$$F = \frac{q_{ult}}{q_{max}} \quad (2.10)$$

Dimana :

F = Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah (kN/m²)

q_{ult} = Kapasitas dukung ultimit (kN/m²)

q_{max} = Tekanan akibat beban struktur (kN/m²)

$$x = \frac{\sum Mt - \sum Mg}{\sum V} \quad (2.11)$$

Dimana :

x	= Jarak ke sultan gaya dari titik 0 (m)
$\sum Mg$	= Momen terhadap berat sendiri tanah aktif (kNm)
$\sum Mt$	= Momen terhadap berat sendiri pondasi (kNm)
$\sum V$	= Total gaya vertikal (kN)

$$e = \frac{B}{2} - x \quad (2.12)$$

Apabila $e < B/6$, diagram tekanan kontak berupa trapesium.

Apabila $e = B/6$, diagram tekanan kontak berupa segitiga.

Apabila $e > B/6$, diagram tekanan kontak berupa dua segitiga.

Untuk merancang pelat pondasi, tekanan tanah yang terjadi pada bagian dasar pondasi yang dihitung lebih dulu, yaitu dengan menganggap distribusi tekanan tanah linear. Tekanan pada tanah dasar akibat beban dinding penahan yang terjadi pada ujung-ujung pelat fondasi yang dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Bila } e \geq \frac{B}{6} \quad (2.13)$$

$$q = \frac{V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad (2.14)$$

$$\text{Bila } e > \frac{B}{6} \quad (2.15)$$

$$q_{\text{maks}} = \frac{2V}{3(B-2e)} \quad (2.16)$$

- g. Desain penulangan lentur pada bagian dinding
- i. Tulangan lentur, perhitungan kebutuhan tulangan didasarkan pada momen lentur yang timbul pada dinding akibat gaya horizontal yang timbul dikalikan dengan faktor beban sebesar 1,6. Bagian kritis untuk perhitungan momen lentur adalah pada dasar (pertemuan dengan telapak) yang dapat dianggap sebagai kantilever dengan H (m).

$$M_u = (Pa_1 \times Ya_1) + (Pa_2 \times Ya_2) \quad (2.17)$$

Dimana :

- M_u = Momen ultimit akibat beban terfaktor (kNm)
 P_{a1} = Tekanan tanah aktif akibat beban terbagi rata q (kN)
 P_{a2} = Tekanan tanah aktif akibat tanah setinggi H (kN)

ii. Sehingga tulang yang dibutuhkan

$$d = H - \text{selimut beton} - \frac{D}{2} \quad (2.18)$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} \quad (2.19)$$

Dimana:

- d = Tinggi efektif (mm)
 H = Tinggi pondasi (m)
 R_n = Koefisien kapasitas penampang
 ϕ = Faktor reduksi (0,9)
 D = Diameter tulangan (mm)
 b_w = lebar per meter (mm)

iii. Desain terhadap geser

$$\phi V_C = \phi (0,17 \sqrt{f_c'} b_w d) \quad (2.20)$$

$$\phi V_C > V_u \quad (2.21)$$

Dimana :

- ϕV_C = Kuat geser beton (kN)
 V_u = Gaya geser ultimit (kN)
 ϕ = Faktor reduksi (0,75)
 f_c' = Kuat tekan beton (Mpa)
 b_w = Lebar per meter (mm)
 d = Tinggi efektif (mm)

iv. Menghitung rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho = \frac{0,8f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{\frac{2 R_n}{0,8f_c'}} \right) \quad (2.22)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad (2.23)$$

$$A_s = \frac{1,4}{f_y} b \cdot d \quad (2.24)$$

Dimana :

- ρ_{perlu} = Rasio tulangan yang diperlukan
 f_c = Kuat tekan beton (Mpa)
 f_y = Kuat leleh tulangan lentur (Mpa)
 A_s = Luas tulangan tarik (mm²)
 b_w = Lebar per meter (mm)
 d = Tinggi efektif (mm)

R_n = Koefisien kapasitas penampang

Dengan nilai luas tulangan, maka jumlah per meter plat untuk diameter tulangan mm adalah:

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{2} \times \pi \times d^2} \quad (2.25)$$

2.2 Pondasi *Bore Pile*

2.2.1 Definisi Pondasi *Bore Pile*

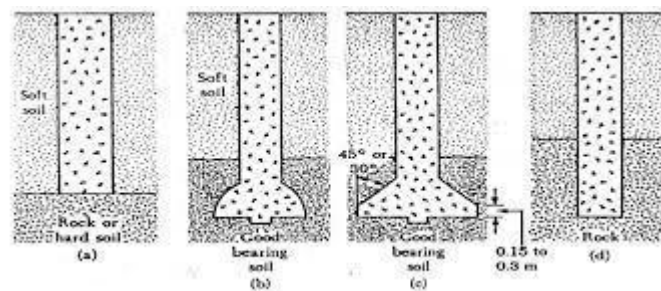
Pondasi *bore pile* adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu. Pondasi *bore pile* berfungsi untuk meneruskan/mendistribusikan beban dari superstruktur ke tanah agar keseluruhan bangunan dapat berdiri kokoh di atas tanah. Sedangkan pondasi *bore pile* digunakan untuk menjaga kestabilan lereng dinding penahan tanah termasuk pada pondasi bangunan ringan yang dibangun di atas tanah lunak serta struktur yang membutuhkan gaya lateral yang cukup besar.

Pondasi *bore pile* digunakan apabila tanah dasar yang kokoh yang mempunyai daya dukung besar terletak sangat dalam, yaitu kurang lebih 15 meter. Pondasi tiang suatu konstruksi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat dengan satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat dibawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi (Nakazawa. K, 1983).

Daya dukung *bore pile* diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara *bore pile* dan tanah di sekelilingnya. *Bore pile* berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga. Ada dua metode yang biasa digunakan dalam

penentuan kapasitas daya dukung *bore pile* yaitu dengan menggunakan metode statis dan metode dinamis. Tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik keatas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan daya dukung ujung tiang. Ada berbagai jenis pondasi *bore pile*, yaitu:

- Bore pile* lurus untuk tanah keras;
- Bore pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk bel;
- Bore pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium;
- Bore pile* lurus untuk tanah berbatu-batuan.



Gambar 2. 8 Jenis – jenis Pondasi *Bore Pile*
(Sumber: Huntington, 1961)

Menurut Hary Christady Hardiyatmo (2011), ada beberapa keuntungan dalam pemakaian pondasi *bore pile* dibandingkan dengan tiang pancang dalam konstruksi, yaitu :

- Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan sekitarnya.
- Mengurangi kebutuhan beton dan tulangan dowel pada pelat penutup tiang (*pile cap*). Kolom dapat secara langsung di letakkan di puncak tiang bor.
- Kedalaman tiang dapat divariasikan.
- Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.

- e. Tiang bor dapat dipasang menembus batuan, sedang tiang pancang akan kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batu.
- f. Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya.
- g. Tidak ada resiko kenaikan muka tanah.
- h. Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan.

Adapun beberapa kelemahan dari pondasi *bore pile* :

- a. Pengecoran *bore pile* dipengaruhi kondisi cuaca.
- b. Pengecoran beton agak sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
- c. Mutu beton hasil pengecoran bila tidak terjamin keragamannya di sepanjang badan tiang bor mengurangi kapasitas dukung tiang bor, terutama bila tiang bor cukup dalam.
- d. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.
- e. Air yang mengalir kedalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tiang.
- f. Akan terjadi tanah runtuh jika tindakan pencegahan tidak dilakukan, maka dipasang *temporary casing* untuk mencegah terjadinya kelongsoran.

2.2.2 Metode Pelaksanaan Pondasi *Bore Pile*

- a. Persiapan Lokasi Pekerjaan (*Site Preparation*)

Pelajari *layout* pondasi dan titik-titik *bore pile*, membersihkan lokasi pekerjaan dari gangguan yang ada seperti bangunan-bangunan, tanaman atau pohon-pohon, tiang listrik atau telepon, kabel dan lain-lainnya.

b. Rute / Alur Pengeboran

Merencanakan alur / urutan pengeboran sehingga setiap pergerakan mesin RCD, *Excavator*, *Crane* dan *Truck Mixer* dapat termobilisasi tanpa halangan.

c. Survey Lapangan dan Penentuan Titik Pondasi

Mengukur dan menentukan posisi titik koordinat *bore pile* dengan bantuan alat *Theodolite*.

d. Pemasangan *Stand Pipe / casing*

Setelah mencapai suatu kedalaman yang ‘mencukupi’ untuk menghindari tanah di tepi lubang berguguran maka perlu dipasang *casing*, yaitu pipa yang mempunyai ukuran diameter dalam, kurang lebih sama dengan diameter lubang bor.

Stand pipe / casing dipasang dengan ketentuan bahwa pusat dari *stand pipe* harus berada pada titik as pondasi yang telah di *survey*. Pemasangan *standpipe* dilakukan dengan bantuan *Excavator (Backhoe)*. Meskipun mesin bornya berbeda, tetapi pada prinsipnya cara pemasangan *casing* sama, diangkat dan dimasukkan pada lubang bor. Tentu saja kedalaman lubang belum sampai bawah, secukupnya. Kalau nunggu sampai kebawah, maka bisa-bisa tanah berguguran semua. Lubang tertutup lagi. Jadi pemasangan penting.

e. Pembuatan Drainase dan Kolam Air

Kolam air berfungsi untuk tempat penampungan air bersih yang akan digunakan untuk pekerjaan pengeboran sekaligus untuk tempat penampungan air bercampur lumpur hasil dari pengeboran. Ukuran kolam air 3 m x 3 m x 2,5 m dan drainase/parit penghubung dari kolam ke *standpipe* berukuran 1,2 m, kedalaman 0,7 m (tergantung kondisi). Jarak kolam air tidak boleh terlalu dekat dengan lubang pengeboran, sehingga lumpur dalam air hasil pengeboran mengendap dulu sebelum airnya mengalir kembali ke dalam lubang pengeboran. Lumpur hasil pengeboran yang

mengendap didalam kolam diambil / dibersihkan dengan bantuan *Excavator*.

f. Pengaturan Mesin RCD (*RCD Machine Installation*)

Setelah *stand pipe* terpasang, mata bor sesuai dengan diameter yang ditentukan dimasukkan terlebih dahulu ke dalam *stand pipe*, kemudian beberapa buah pelat dipasang untuk memperkuat tanah dasar dudukan mesin RCD (*Rotary Circle Dumper*), kemudian mesin RCD diposisikan dengan ketentuan sebagai berikut :

- i. Mata bor disambung dengan stang pemutar, kemudian mata bor diperiksa apakah sudah benar-benar berada pada pusat / as *standpipe* (titik pondasi).
- ii. Posisi mesin RCD harus tegak lurus terhadap lubang yang akan dibor (yang sudah terpasang *stand pipe*), hal ini dapat dicek dengan alat waterpass.

g. Proses Pengeboran (*Drilling Work*).

Tahapan pekerjaan pengeboran pondasi *bored pile* :

- i. Pemasangan mata bor *auger* pada mesin bor dilakukan pada awal tahapan pekerjaan berfungsi sebagai pembuka proses pengeboran karena bentuk mata bor *auger* yang runcing mampu membor lapisan tanah mulai dari bagian atas tanah permukaan berbeda dengan mata bor *bucket* dan *cleaning*. Dan pengeboran dengan mata bor *auger* dilakukan sampai kedalam yang ditentukan, jika mata bor *auger* tidak mampu membawa bongkahan tanah yang berada didalam tanah yang berada dalam lubang maka mata bor diganti dengan mata bor *bucket*.
- ii. Pemasangan *casing* pada lubang bor untuk mencegah kelongsoran pada lubang bor. Pemasangan *casing* dilakukan bersamaan dengan penggantian mata bor dari *auger* ke mata bor *bucket*.

- iii. Setelah *casing* terpasang pada lubang bor, pengeboran di lanjutkan menggunakan mata bor *bucket* untuk mengeluarkan tanah/lumpur di dalam lubang bor.
- iv. Proses pengeboran dengan mata bor *cleaning* dilakukan apabila lubang bor sudah di pasang pipa tremi dan tulangan dan siap untuk di cor.
- h. Pemasangan tulangan *bored pile* dan pipa tremi dilakukan menggunakan *crane* untuk mengangkat tulangan *bored pile* lalu dimasukkan ke dalam lubang *bored*. Setelah itu pipa tremi di letakkan di atas tulangan.
- i. Pengecoran pondasi *bored pile* dilakukan harus segera dilakukan setelah tulangan dan pipa tremi selesai dipasang, guna menghindari kemungkinan terjadinya kelongsoran pada dinding lubang bor. Oleh karena itu pemesanan *ready mix concrete* harus dapat diperkirakan waktunya dengan waktu pengecoran. Proses pengecoran dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :
 - i. Pipa tremie dinaikkan setinggi 25-50 cm di atas dasar lubang bor, air dalam pipa tremi dibiarkan dulu stabil, kemudian dimasukkan bola karet yang diameternya sama dengan diameter dalam pipa tremi , yang berfungsi untuk menekan air campur lumpur ke dasar lubang sewaktu beton dituang pertama sekali, sehingga beton tidak bercampur dengan lumpur.
 - ii. Pada awal pengecoran, penuangan dilakukan lebih cepat, hal ini dilakukan supaya bola karet dapat benar-benar menekan air bercampur lumpur di dalam pipa tremi, setelah itu penuangan distabilkan sehingga beton tidak tumpah dari corong.
 - iii. Jika beton dalam corong penuh, pipa tremi dapat digerakkan naik turun dengan syarat pipa tremi yang tertanam dalam beton minimal 1 meter pada saat pipa tremi dinaikkan. Jika

pipa tremi yang tertanam dalam beton terlalu panjang, hal ini dapat memperlambat proses syarat bahwa pipa tremi yang masih tertanam dalam beton minimal 1 meter.

- iv. Proses pengecoran dilakukan dengan mengandalkan gaya gravitasi bumi (gerak jatuh bebas), posisi pipa tremi harus berada pada pusat lubang bor, sehingga tidak merusak tulangan atau tidak menyebabkan tulangan terangkat pada saat pipa tremi digerakkan naik turun.
- v. Pengecoran dihentikan 0,5-1 meter diatas batas beton bersih, sehingga kualitas beton pada batas beton bersih benar-benar terjamin (bebas dari lumpur).
- vi. Setelah pengecoran selesai dilakukan, pipa tremi diangkat dan dibuka, serta dibersihkan. Batas pengecoran diukur dengan meteran kedalaman.

2.2.3 Metoda Perhitungan Pondasi *Bore Pile*

a. Kapasitas Daya Dukung

Daya dukung tiang pada pembangunan dinding penahan tanah GI Betung dihitung berdasarkan data N – SPT menggunakan metode *Reese & Wright*.

$$C_u = N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10 \quad (2.26)$$

N_{spt} = rata – rata N_{spt} dari 10D – 4D di bawah ujung tiang

Untuk tanah kohesif :

$$Q_b = 9 \times C_u \times A_b \quad (2.27)$$

$$Q_s = \alpha \times C_u \times \text{Perimeter} \times L_i \quad (2.28)$$

Untuk tanah non kohesif :

$$Q_b = \frac{40}{2} \times N_{spt \text{ rata-rata}} \times \frac{L_i}{D} \leq \frac{400}{3} \times N_{spt \text{ rata-rata}} \quad (2.29)$$

$$Q_s = 2 \times N_{spt} \times \text{Perimeter} \times L_i \quad (2.30)$$

Menurut Reese & Wright (1977), koefisien α untuk *bore pile* adalah 0,55.

Dimana :

- Q_b = Daya dukung ujung tiang (T)
- Q_s = Daya dukung selimut tiang (T)
- A_b = Luas penampang (m^2)
- P = Keliling penampang tiang (m)

b. Efisiensi kelompok tiang

Berikut adalah metode *Converse-Labarre Formula* yang digunakan dalam perhitungan :

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \cdot n} \right] \quad (2.31)$$

Dimana :

- E_g = Efisiensi kelompok tiang
- m = Jumlah baris tiang
- n = Jumlah tiang dalam satu baris
- θ = $\tan^{-1} \frac{d}{s}$ dalam derajat
- s = jarak ke pusat tiang
- d = diameter tiang

c. Kapasitas ijin kelompok tiang

Kapasitas ijin kelompok tiang menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_g = E_g \times n \times Q_u \quad (2.32)$$

Dimana:

- Q_g = Kapasitas ijin kelompok tiang
- E_g = Efisiensi kelompok tiang
- n = Jumlah tiang
- Q_u = Daya dukung ijin

2.3 Pengelolaan Proyek

2.3.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) adalah dokumen yang berisikan nama proyek berikut penjelasannya berupa jenis, besar dan lokasinya, serta tata cara pelaksanaan, syarat – syarat pekerjaan, syarat mutu pekerjaan dan keterangan – keterangan lain yang hanya dapat dijelaskan dalam bentuk tulisan. RKS menjadi syarat yang harus

dipenuhi oleh penyedia jasa atau rekanan, sehingga dapat dimasukkan ke dalam Standar Dokumen Pengadaan (SDP). RKS penting untuk di *review* dan dipahami seawal mungkin oleh pihak penyedia, demi kelancaran pelaksanaan proyek. Hal ini untuk menghindari terjadi RKS tidak *applicable* terhadap kondisi aktual di lapangan. Semua pihak wajib melakukan *review* dokumen RKS demi pelaksanaan proyek yang baik dan lancar. Syarat-Syarat yang disampaikan dalam dokumen RKS sebagai berikut :

a. Syarat Umum

Syarat Umum adalah persyaratan umum pekerjaan yang meliputi hal-hal umum seperti administrasi pelaksanaan pekerjaan; antara lain menguraikan tentang jenis pekerjaan, peraturan-peraturan atau kode kegiatan yang akan digunakan, lokasi, dan waktu pelaksanaan, yang meliputi :

i. Syarat Umum

Berisikan sejumlah informasi yang meliputi keterangan mengenai pihak – pihak yang terlibat dalam pekerjaan, yaitu pemberi tugas, konsultan, perencana, konsultan pengawas, dan penyedia jasa. Termasuk di dalamnya dijelaskan mengenai hak dan kewajiban dari setiap pihak tersebut.

ii. Syarat Administrasi, meliputi :

- Administrasi Keuangan mencakup harga penawaran termasuk didalamnya biaya pelelangan, ketentuan apabila terjadi pekerjaan tambah kurang, besarnya jaminan penawaran dan jaminan pelaksanaan (*tender bond, performance bond*), ketentuan denda yang disebabkan karena keterlambatan, kelalaian pekerjaan, pemutusan kontrak dan pengaturan syarat-syarat pembayaran kepada penyedia jasa, resiko akibat kenaikan harga upah dan bahan.

- Administrasi Teknis memuat hal-hal sebagai berikut: ketentuan apabila terjadi perselisihan beserta cara-cara penyelesaiannya, syarat-syarat penawaran, tata cara pelaksanaan *tender*, kelengkapan surat penawaran, ketentuan penyampaian dokumen penawaran, syarat peserta *tender* dan sanksi atau denda apabila terjadi pelanggaran. Hal lain yang dijelaskan adalah peraturan penyelenggaraan, misalnya pembuatan laporan kemajuan pekerjaan (*progress*), penyerahan pekerjaan dan pembuatan *schedule*.

b. Syarat Teknis

Berisikan mengenai rincian syarat teknis setiap bagian *item* pekerjaan yang akan dilaksanakan dimulai dari pekerjaan persiapan sampai *finishing* dengan menguraikan poin – poin berikut ini:

- i. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan.
- ii. Jenis dan mutu bahan yang digunakan.

c. Syarat Khusus

Berupa penjelasan lengkap atas persyaratan khusus bagi pekerjaan yang memerlukan perhatian khusus terhadap pelaksanaan konstruksinya; antara lain menguraikan penjelasan syarat teknis, uraian teknis pekerjaan (beton, pondasi, bekisting, pasangan, instalasi ME, dan air bersih).

2.3.2 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada, dan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan – pekerjaan yang ada dalam suatu proyek.

2.3.3 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya – biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan – pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari harga satuan ini agar kita dapat mengetahui harga – harga satuan dari tiap – tiap pekerjaan yang ada. Dari harga – harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Dalam manajemen proyek analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

2.3.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya – biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Tujuan dari penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai besarnya biaya pelaksanaan atau penyelesaian. Prosedur dalam penyusunan rencana anggaran biaya yaitu :

- a. Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinu.
- b. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
- c. Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran.
- d. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
- e. Membuat rekapitulasi data – data.

2.3.5 Rencana Pengendalian Pelaksanaan

a. *Network Planning* (NWP)

Menurut Soetomo Kajatmo (1977: 26): “*Network planning* merupakan sebuah alat manajemen yang memungkinkan dapat lebih luas dan lengkapnya perencanaan dan pengawasan suatu proyek”. Adapun definisi proyek itu sendiri adalah suatu rangkaian kegiatan – kegiatan (aktivitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapatkan tujuan tertentu.

Network planning adalah salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek yang produknya adalah informasi mengenai kegiatan - kegiatan yang ada dalam *network* diagram proyek yang bersangkutan (Tubagus Haedar Ali, 1995). Keuntungan penggunaan *network planning* dalam tata pelaksanaan proyek, yaitu:

- i. Merencanakan *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- ii. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga men-*detail* dari proyek.
- iii. Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu) dan alternatif – alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
- iv. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur – jalur kritis (*Critical Path*) saja yang perlu konsentrasi pengawas ketat.

b. *Barchart*

Barchart merupakan deskripsi grafis atas sekumpulan tugas – tugas atau aktivitas yang ditandai awal dan akhirnya. Suatu aktivitas adalah suatu tugas berkontribusi pada keseluruhan penyelesaian akhir proyek.

c. Kurva “S”

Kurva “S” adalah suatu grafik hubungan antara waktu pelaksanaan proyek dengan nilai akumulasi progres pelaksanaan proyek mulai dari awal hingga proyek selesai. Kurva “S” sudah jamak bagi pelaku proyek. Umumnya proyek menggunakan kurva “S” dalam perencanaan dan *monitoring schedule* pelaksanaan proyek, baik pemerintah maupun swasta.

Dalam pelaksanaan suatu proyek, suatu ketika dapat menyimpang dari rencana, maka pengawasan dan pengendalian proyek sangat diperlukan agar kejadian – kejadian yang menghambat tercapainya tujuan proyek dapat segera diselesaikan dengan baik. Hal ini dapat diketahui dengan memperhatikan kurva “S” karena secara grafik kurva “S” menyajikan beberapa ukuran kemajuan kumulatif pada suatu sumbu tegak, terhadap waktu pada sumbu mendatar. Kurva “S” ini digambarkan pada suatu diagram yang menunjukkan jadwal pelaksanaan pekerjaan.

Perbandingan kurva “S” rencana dengan kurva pelaksanaan memungkinkan dapat diketahuinya kemajuan pelaksanaan proyek. Kemungkinan yang terjadi dari hasil perbandingan kurva “S” aktual dengan kurva “S” rencana adalah sebagai berikut:

- i. Kurva “S” aktual berada dibawah kurva “S” rencana, ini berarti pelaksanaan pekerjaan mengalami keterlambatan.
- ii. Kurva “S” aktual berimpit dengan kurva “S” rencana, ini berarti pelaksanaan pekerjaan tepat sesuai dengan pekerjaan.
- iii. Kurva “S” aktual berada diatas kurva “S” rencana, ini berarti pelaksanaan pekerjaan lebih cepat dari rencana