

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

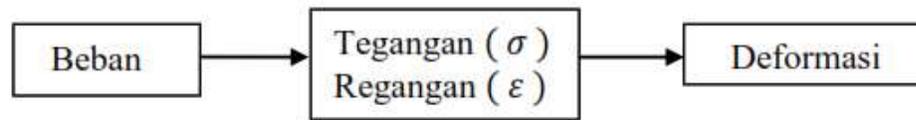
2.1 Tanah

Tanah adalah suatu benda alam yang terdapat dipermukaan kulit bumi, yang tersusun dari bahan-bahan mineral sebagai hasil pelapukan batuan, dan bahan-bahan organik sebagai hasil pelapukan sisa-sisa tumbuhan dan hewan, yang merupakan medium atau tempat tumbuhnya tanaman dengan sifat-sifat tertentu, yang terjadi akibat dari pengaruh kombinasi faktor-faktor iklim, bahan induk, jasad hidup, bentuk wilayah dan lamanya waktu pembentukan (Yuliprianto, 2010). Bahan penyusun tanah tersusun atas empat komponen, yaitu bahan padat mineral, bahan padat organik, air, dan udara. Bahan padat mineral terdiri atas bibir batuan dan mineral primer, lapukan batuan dan mineral, serta mineral sekunder. Bahan padat organik terdiri atas sisa dan rombakan jasad, terutama tumbuhan, zat bumi, dan jasad hidup penghuni tanah, termasuk akar tumbuhan hidup (Darusman, 2006). Air mengandung berbagai zat terlarut sehingga disebut juga larutan tanah. Secara umum bahan padatan menyusun sekitar 50% bahan tanah, dan 50% lagi berupa cairan dan gas. Bahan padatan terbagi menjadi sekitar 45% bahan mineral dan 5% bahan organik. Bahan cairan (air) dan gas (udara) secara bersama-sama dan bergantian mengisi pori-pori tanah, masing-masing dengan kisaran 20-30% (Darusman, 2006).

2.2 Dasar-Dasar Perkuatan Tanah

1. Konsep Tegangan Regangan

Salah satu fungsi yang terpenting dalam studi Mekanika Tanah adalah perkiraan mengenai besarnya ‘tegangan’ akibat suatu beban atau pembebanan yang akan menghasilkan deformasi yang berlebihan disebut ‘Tegangan Runtuh’, dapat dilihat pada Gambar 2.1 (Purwanto, 2012).



Gambar 2. 1 Tegangan dan Regangan
(Sumber : Purwanto 2012)

2. Masa Tanah

Tanah merupakan material berbutir halus, keruntuhan yang terjadi terutama disebabkan oleh terguling dan tergelincirnya butiran-butiran dan bukan karena oleh tarikan atau tekanan antar butir-butir tanah. Oleh karena itu sifat keruntuhan:

- a. Tegangan yang perlu ditinjau adalah Tegangan Geser, sedangkan tanah atau kekuatan yang ditinjau adalah Kuat Geser.
- b. “Keruntuhan” adalah suatu perubahan keadaan dalam struktur tanah yang disertai dengan “deformasi” pada zona tegangan sampai deformasi itu berhenti. Deformasi total yang dihasilkan:
 - 1) Deformasi akibat tegangan-tegangan sampai saat tanah tersebut menjadi runtuh.
 - 2) Deformasi yang terjadi sesudah keruntuhan. Kekuatan tanah sudah runtuh disebut “Kekuatan sisa” (*Residual Strength*).

2.3 Parameter Tanah

1. Modulus Young

Nilai modulus young menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini bisa didapat dari triaxial test. Umumnya modulus elastisitas (E) ditentukan dari uji triaksial kondisi *undrained*, dan nilai E ditentukan dari pendekatan kemiringan kurva tegangan-regangan yang diambil pada setengah dari beban ultimit aksial. Angka *poisson* (ν) dapat dihitung dari pengukuran regangan kompresi aksial dan regangan lateral selama uji triaksial. Nilai Modulus elastisitas (E_s) secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah dan data sondir seperti terlihat pada Tabel 2.1 dan 2.2.

Untuk tanah granuler seperti pasir, modulus elastisitas dapat ditentukan dari uji triaksial. Nilai modulus elastisitas (E) telah diketahui proposional dengan $(\sigma_0)^n$, dengan σ_0 adalah tekanan kekang hidrostatik dan nilai n mendekati 0,5. Nilai-nilai

modulus elastisitas (E) dan angka *poisson* (ν) perkiraan untuk berbagai macam tanah.

Dengan menggunakan data sondir, boring dan grafik triaksial dapat digunakan untuk mencari besarnya nilai elastisitas tanah. Nilai yang dibutuhkan adalah nilai q_c atau *cone resistance*. Yaitu dengan menggunakan rumus seperti dalam persamaan

$$E = 2 q_c \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots(2.1)$$

$$E = 3 q_c \text{ kg/cm}^2 \text{ (untuk pasir)} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$E = 2 q_c - 8 q_c \text{ kg/cm}^2 \text{ (untuk lempung)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Nilai yang dibutuhkan adalah nilai N . Modulus elastisitas didekati dengan menggunakan rumus seperti dalam persamaan

$$E = 6 (N+5) \text{ k/ft}^2 \text{ (untuk pasir berlempung)} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$E = 10 (N+15) \text{ k/ft}^2 \text{ (untuk pasir)} \dots\dots\dots(2.5)$$

Hubungan antara modulus elastisitas tanah dengan q_c dari berbagai macam jenis dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Hubungan Antara E_s dan q_c

Jenis Tanah	CPT (kg/cm^2)
Pasir terkonsolidasi normal	$E_s = (2 - 4) q_c$
Pasir over consolidation	$E_s = (6 - 30) q_c$
Pasir berlempung	$E_s = (3 - 6) q_c$
Pasir berlanau	$E_s = (1 - 2) q_c$
Lempung lunak	$E_s = (3 - 8) q_c$

Sumber: Hardiyatmo (2010)

Nilai modulus *young* menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan utama antara tahanan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini bisa didapatkan dari *triaxial test*. Nilai modulus elastisitas (E_s) secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah dan data sondir seperti terlihat pada table 2.2 berikut.

Tabel 2. 2 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah

Jenis Tanah	E (Kg/cm ²)
LEMPUNG	
· Sangat lunak	3 – 30
· Lunak	20 – 40
· Sedang	45- 90
· Berpasir	300-425
PASIR	
· Berlanau	50-200
· Tidak padat	100-250
· Padat	500-1000
PASIRDAN KERIKIL	
· Padat	800-2000
· Tidak padat	500-1400
LANAU	20-200
LOSES	150-600
CADAS	1400-14000

Sumber: Bowles (1997)

2. Poisson Ratio

Nilai poisson ratio ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan permukaan lateral. Nilai poisson ratio dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti yang terlihat pada table 2.3.

Tabel 2. 3 Hubungan Antara Jenis Tanah dan Poisson

Jenis Tanah	<i>Poisson Ratio</i>
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	0,1-1
Batuan	0,1-0,4
Umum dipakai untuk tanah	0,3-0,4

Sumber : M.Das (1995)

3. Kohesi

Kohesi merupakan gaya tarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan

ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah.

4. Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah diperlukan untuk menghitung daya dukung tanah (*bearing capacity*), tegangan tanah terhadap dinding penahan (*earth pressure*) dan kestabilan lereng. Kekuatan geser tanah dalam Tugas Akhir ini menggunakan 2 (dua) analisis yaitu *Direct Shear Test* dan *Triaxial Test*. Kekuatan geser tanah terdiri dari dua parameter yaitu:

- bagian yang bersifat kohesi C yang tergantung dari jenisnya, dan
- bagian yang mempunyai sifat gesekan/frictional (σ) yang bekerja pada bidang geser.

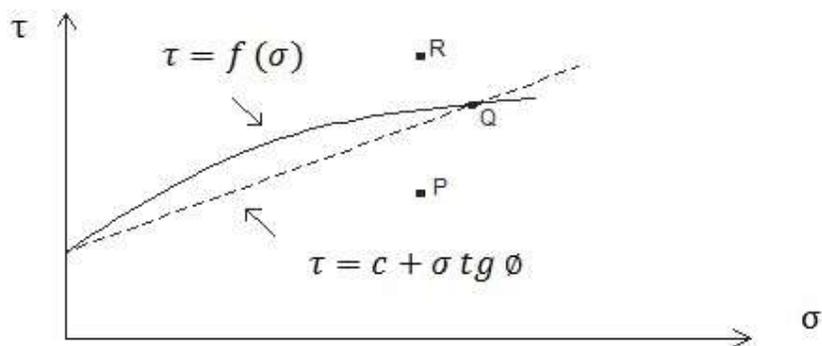
Parameter kuat geser tanah yaitu sudut gesek dalam (θ) dan kohesi tanah (c) dapat diperoleh dengan uji geser langsung. Menurut Coulomb (1776) dalam Hardiyatmo (2010), kuat geser tanah didefinisikan seperti pada Persamaan 2.6.

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \emptyset \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

- τ = kuat geser tanah (kN/m^2),
- σ = Tegangan total pada bidang geser (kN/m^2),
- c = Kohesi tanah (kN/m^2), dan
- \emptyset = Sudut geser dalam tanah (derajat)

Pengertian mengenai keruntuhan suatu bahan dapat digambarkan seperti tampak pada Gambar 3.2.



Gambar 2. 2 Kriteria Kegagalan Mohr dan Coulomb
(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Jika tegangan-tegangan baru mencapai titik P, keruntuhan tanah akibat geser tidak terjadi. Keruntuhan geser akan terjadi, jika tegangan-tegangan

mencapai titik Q yang terletak pada garis selubung kegagalan (*failure envelope*). Kedudukan tegangan yang digambarkan oleh titik R tidak akan pernah terjadi, karena sebelum tegangan yang terjadi mencapai titik R bahan sudah mengalami keruntuhan. Tegangan-tegangan efektif yang terjadi dalam tanah sangat dipengaruhi oleh tekanan air pori. Terzhagi (1925) dalam Hardiyatmo (2010), mengubah persamaan Coulomb dalam bentuk tegangan efektif seperti pada Persamaan 2.7.

$$\tau = c' + \sigma' \operatorname{tg} \phi' \dots\dots\dots(2.7)$$

keterangan:

- c' = kohesi tanah efektif (kN/m²),
- ϕ' = sudut gesek dalam tanah efektif (derajat),
- σ' = tegangan normal efektif (kN/m²), dan
- u = tekanan air pori (kN/m²)

Kekuatan geser dalam memiliki variabel kohesi dan sudut geser dalam. Sudut geser dalam bersamaan dengan kohesi menentukan ketahanan tanah akibat tegangan yang bekerja berupa tekanan lateral tanah. Nilai ini juga didapat dari pengukuran *engineering properties* tanah berupa Triaxial Test dan Direct Shear Test. Untuk lebih jelasnya ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 2. 4 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam
Kerikil kepasiran	35 – 40
Kerikil kerakal	35 – 40
Pasir padat	35 – 40
Pasir lepas	30
Lempung	25 – 30
Lempung	20 – 25

Sumber : Das (1994)

2.4 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral sebuah parameter perencanaan (design parameter) yang paling penting didalam sejumlah persoalan teknik pondasi. Tekanan tanah

dalam istilah yang sangat luas adalah tekanan atau gaya resultan yang dihasilkan oleh tanah terhadap struktur atau yang bekerja dekat permukaan atau oleh suatu massa tanah.

Tekanan tanah timbul selama pergeseran tanah (*soil displacement*) atau selama peregangan tetapi sebelum tanah tersebut mengalami keruntuhan. Agar dapat merencanakan konstruksi penahan tanah dengan benar, maka kita perlu mengetahui gaya horisontal yang bekerja antara konstruksi penahan dan massa tanah yang ditahan. Gaya horizontal disebabkan oleh tekanan tanah arah horizontal (lateral). Analisa dan penentuan tekanan tanah lateral sangat penting dalam mendesain dinding penahan tanah. Besar dan distribusi tekanan lateral yang bekerja pada struktur dinding penahan tanah atau pondasi tergantung pada regangan relatif tanah dibelakang struktur.

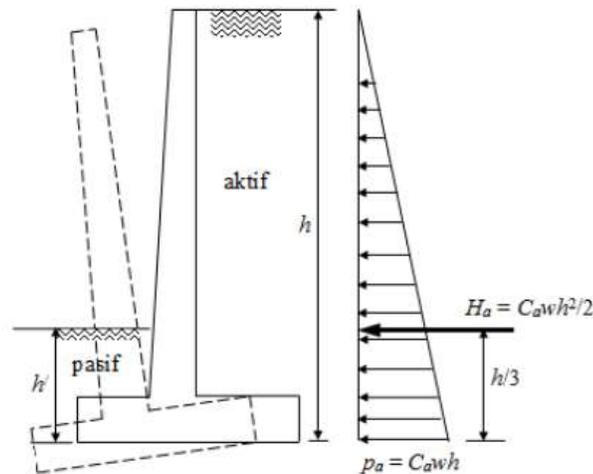
Timbunan tanah yang berada di belakang dinding penahan tanah akan mendorong dinding ke depan menjauhi timbunan. Jika struktur ini merupakan *abutmen* pada jembatan, maka dampaknya sangat berbahaya sekali untuk struktur di atasnya. Jika dorongan dari tanah lateral tersebut lebih besar dari tahanannya maka abutmen tersebut akan patah, struktur yang ada di atasnya (contohnya adalah girder pada jembatan) bisa runtuh. Hal ini merupakan beban dalam arah lateral yang harus diperhatikan pada saat mendesain dinding penahan tanah itu. Pada waktu analisis perhitungan, umumnya besarnya tekanan tanah dan gaya-gaya diambil untuk suatu unit panjang potongan (pias) selebar satu meter. Distribusi tegangan tanah lateral akibat berat sendiri tanah biasanya berbentuk segitiga (hidrostatik), dengan nilai maksimum pada dasar dinding penahan tanah. Terdapat hal-hal mendasar yang berkaitan dengan tekanan tanah lateral pada dinding penahan tanah, dimana pada umumnya dinding berada di dalam keadaan di bawah ini :

1. Kondisi tekanan tanah aktif
2. Kondisi tekanan tanah pasif

2.4.1 Tekanan Tanah Aktif

Menurut Hardiyatmo (2003) tekanan tanah aktif adalah tekanan yang terjadi pada dinding penahan yang mengalami keluluhan atau bergerak ke arah luar dari tanah urugan di belakangnya, sehingga menyebabkan tanah urug akan

bergeraklongsor ke bawah dan menekan dinding penahannya, sedangkan nilai banding tekanan horisontal dan tekanan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif atau K_a . Nilai tekanan aktif lebih kecil dari nilai tekanan saatdiam. Gerakan dinding tanah menjauhi tanah urugan menghilangkan pertahanan dibelakang dinding. Jadi tekanan tanah aktif adalah gaya yang cenderung mengurangikeseimbangan dinding penahan tanahnya seperti gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2. 3 Diagram Tekanan Tanah Aktif

(Sumber : Hardiyatmo, 2003)

Nilai tekanan tanah aktif untuk tanah lateral dihitung dengan menggunakan teori Rankine yang dibagi menjadi nilai tekanan tanah aktif untuk tanah datar dan nilai tekanan tanah aktif untuk tanah miring. Untuk menghitung nilai koefisien tanah datar dan tanah miring pada tanah aktif digunakan rumus seperti dibawah ini. Nilai K_a untuk tanah datar dinyatakan dalam Persamaan 2.1 sebagai berikut

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

- φ = Sudut geser tanah ($^\circ$)
- K_a = Koefisien tanah aktif

1. Menghitung tekanan tanah aktif untuk tanah non kohesif

Nilai P_a untuk tanah non kohesif dinyatakan dalam persamaan 2.2

adalah sebagai berikut

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot Ka \dots \dots \dots (2.2)$$

2. Menghitung tekanan tanah aktif untuk tanah kohesif

Nilai Pa untuk tanah kohesif dinyatakan dalam Persamaan 2.3 berikut ini.

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot Ka - 2c\sqrt{Ka} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

Pa = Tekanan tanah aktif (KN/m)

γ = Berat isi tanah (KN/m³)

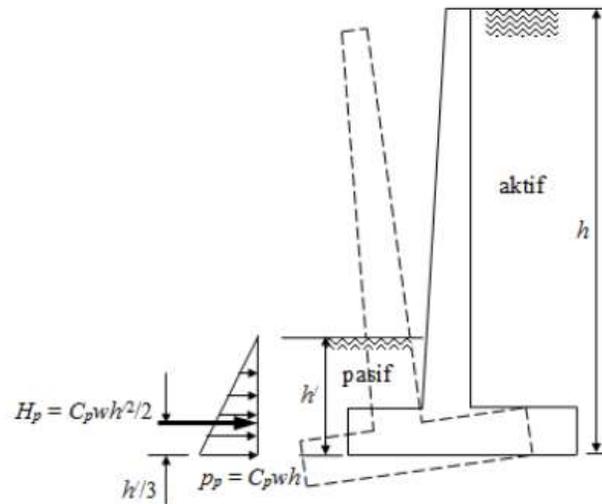
H = Tinggi dinding (m)

c = Kohesi (KN/m²)

Ka = Koefisien tanah aktif

2.4.2 Tekanan Tanah Pasif

Menurut Hardiyatmo (2003), tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang terjadi saat gaya mendorong dinding penahan tanah ke arah tanah urugannya, sedangkan nilai banding tekan horisontal dan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif atau k_p . nilai tekanan pasif lebih besar dari nilai tekanan tanah saat diam dan nilai tekanan aktif. Tekanan tanah pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah pada gerakan struktur penahan terhadap tanah urugannya, yaitu tanah harus menahan gerakan dinding penahan tanah sebelum mengalami keruntuhan seperti gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2. 4 Diagram Tekanan Tanah Pasif

(Sumber : Hardiyatmo, 2003)

Untuk nilai tekanan tanah pasif untuk tanah lateral dihitung dengan cara yang sama pada tekanan tanah aktif menggunakan teori Rankine yang dibagi menjadi nilai tekanan tanah pasif untuk tanah datar dan nilai tekanan tanah pasif untuk tanah miring. Prosedur perhitungannya digunakan metode Rankine seperti rumus 2.4 dibawah ini.

Nilai Kp untuk tanah datar dinyatakan dalam Persamaan 2.4 sebagai berikut

$$Kp = \frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} = \tan^2.(45^\circ + \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

ϕ = Sudut geser tanah ($^\circ$)

Kp = Koefisien tana aktif

Perhitungan untuk tekanan tanah pasif dihitung menggunakan persamaan dibawah ini

1. Menghitung tekanan tanah pasif untuk tanah non kohesif

Nilai Pp untuk tanah non kohesif dinyatakan dalam persamaan 2.5 berikut ini

$$Pp = \frac{1}{2}\gamma.H^2.Kp\dots\dots\dots(2.5)$$

2. Menghitung tekanan tanah pasif untuk tanah kohesif

Nilai P_a untuk tanah kohesif dinyatakan dalam Persamaan 2.6 berikut ini

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_p + 2c \sqrt{K_p} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

- P_p = Tekanan tanah pasif (KN/m)
- γ = Berat isi tanah (KN/m³)
- H = Tinggi dinding (m)
- C = Kohesi (KN/m²)
- K_p = Koefisien tanah pasif

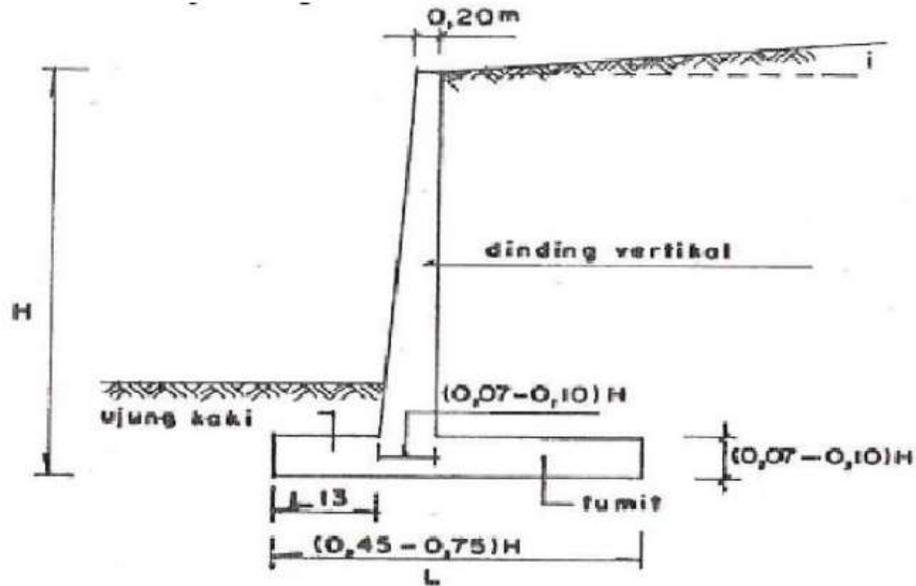
2.5 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah berfungsi untuk menyokong tanah serta mencegahnya dari bahaya kelongsoran. Baik akibat beban air hujan, berat tanah itu sendiri maupun akibat beban yang bekerja di atasnya. Dinding penahan tanah didesain dan dibangun untuk menahan tekanan lateral (*horizontal*) tanah. Ketika terdapat perubahan dalam elevasi tanah.

Faktor penting dalam mendesain dan membangun dinding penahan tanah adalah mengusahakan agar dinding penahan tanah tidak bergerak ataupun tanahnya longsor akibat gaya gravitasi. Tekanan tanah lateral di belakan dinding penahan tanah bergantung kepada sudut geser dalam tanah (ϕ) dan kohesi (c). Tekanan lateral meningkat dari atas sampai ke bagian paling bawah pada dinding penahan tanah. Jika tidak direncanakan dengan baik, tekanan tanah akan mendorong dinding penahan tanah sehingga menyebabkan kegagalan konstruksi serta kelongsoran.

2.5.1 Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever

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. Cantilever walls memanfaatkan struktur kantilever dalam menahan tekanan lateral tanah untuk dapat menciptakan kestabilan pada dinding tersebut. Dinding penahan tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 5 Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever

(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Analisa stabilitas eksternal dinding penahan tanah tipe kantilever ditinjau terhadap beberapa hal sebagai berikut:

1. Stabilitas terhadap gaya guling

Stabilitas terhadap gaya guling merupakan stabilitas yang ditinjau berdasarkan kondisi tanah yang teguling yang diakibatkan oleh tekanan tanah lateral dari tanah utug di belakang dinding penahan tanah. Untuk contoh keadaan guling yang kemungkinan terjadi dapat dilihat di gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2. 6 Stabilitas Terhadap Gaya Guling

(Sumber : Das, 2007)

Nilai kestabilan struktur terhadap kemungkinan terguling dihitung dengan persamaan 2.7 berikut

$$FS_{guling} = \frac{\Sigma M_w}{\Sigma M_{guling}} = \frac{W \cdot b_1}{\Sigma P_{ah} \cdot h_1 + \Sigma P_{av} \cdot B} \geq 2 \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

ΣM_w = jumlah momen melawan guling (kNm)

ΣM_{gl} = jumlah momen yang menahan guling (kNm)

W = berat tanah + berat sendiri dinding penahan (kN)

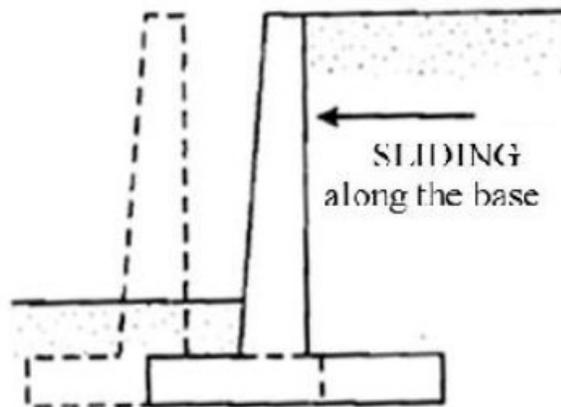
B = lebar kaki dinding penahan (kN)

ΣP_{ah} = jumlah gaya horizontal (kN)

ΣP_{av} = jumlah gaya vertical (kN)

2. Stabiliitas terhadap gaya geser

Stabilitas terhadap geser yaitu perbandingan gaya - gaya yang menahan dan mendorong dinding penahan tanah. Untuk contoh keadaan geser yang kemungkinan terjadi dapat dilihat di gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2. 7 Stabilitas Terhadap Gaya Geser

(Sumber : Das, 2007)

Nilai Kestabilan struktur terhadap kemungkinan bergeser dihitung dengan Persamaan berikut.

$$FS_{geser} = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_{ah}} \geq 1,5 \dots \dots \dots (2.8)$$

Untuk tanah granular ($c=0$)

$$\Sigma R_h = W \cdot F$$

$$= W \cdot \tan \delta h \text{ dengan } \delta h \leq \phi \dots \dots \dots (2.9)$$

Untuk tanah kohesif ($\phi = 0$)

$$\sum R_h = C_a \cdot B \dots \dots \dots (2.10)$$

Untuk tanah $c = \phi$ ($\phi > 0$ dan $c = 0$)

$$\sum R_h = C_a \cdot B + W \cdot \tan \delta h \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan :

$\sum R_h$ = Tahanan dinding penahan tanah terhadap geser

W = Berat total dinding penahan dan tanah diatas pelat pondasi

δh = Sudut geser antara tanah dan dasar pondasi

C = Kohesi tanah dasar

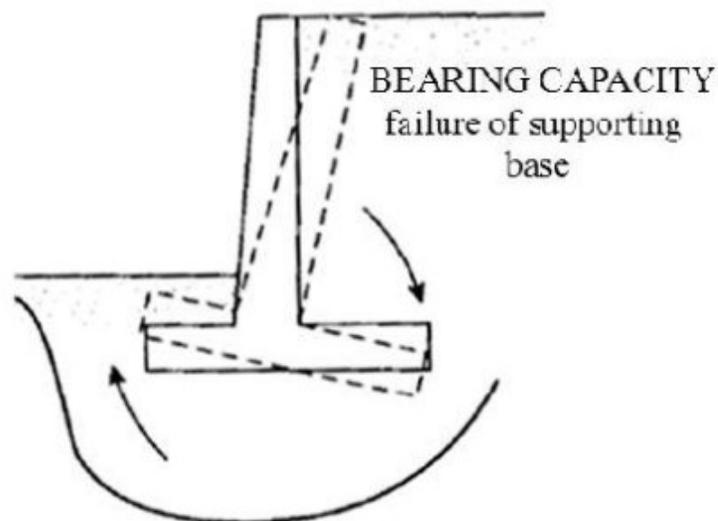
B = Lebar kaki dinding penahan (m)

$\sum P_{ah}$ = Jumlah gaya horizontal

F = $\tan \delta b$ = koefisien gesek antara tanah dasar dan dasar pondasi

3. Stabilitas terhadap keruntuhan daya dukung tanah

Persamaan kapasitas daya dukung untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah antara lain adalah menggunakan persamaan Hansen dan Vesic yang digunakan untuk menghitung beban miring dan eksentris. Untuk contoh keadaan keruntuhan daya dukung tanah yang kemungkinan terjadi dapat dilihat di Gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2. 8 Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah

(Sumber : Das,2007)

Nilai kapasitas dukung ultimit dihitung dengan menggunakan persamaan Vesic (1975) untuk beban miring dan eksentris seperti rumus dibawah ini.

$$qu = dc \cdot ic \cdot C \cdot Nc + dq \cdot iq \cdot Df \cdot \gamma \cdot Nq + d\gamma \cdot iy \cdot 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N\gamma \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan :

- dc,dq,d γ = factor kedalaman
- ic,iq,i γ = factor kemiringan beban
- B = lebar kaki dinding penahan
- γ = berat volume tanah (kN/m³)
- Nc,Nq,N γ = factor kapasitas dukung Hansen dan Vesic

2.5.2 *Sheet Pile Wall*

Jenis ini merupakan struktur yang fleksibel apabila dipakai di daerah pelabuhan atau di tempat yang mempunyai tanah jelek untuk jangka waktu sementara ataupun lama (permanen). Material yang dipakai adalah *timber*, beton *pre-cast*, dan baja. *Timber* cocok dipakai sebagai dinding sementara tiang penyangga untuk dinding kantilever dengan ketinggian sampai 3m. Beton *pre-cast* cukup sering dipakai untuk struktur permanen cukup berat. Sedangkan baja telah banyak dipakai, khususnya untuk kantilever dan dinding penahan jenis *tied-back*, dengan berbagai pilihan penampang, kapasitas tekuk yang kuat, dan dapat digunakan lagi untuk pekerjaan sementara. *Anchored* atau dinding *tied-back* dipakai untuk penggunaan yang luas dan berbagai aplikasi di tanah yang berbeda-beda.



Gambar 2. 9 Steel Sheet Pile Wall
(www.designingbuildings.co.uk)



Gambar 2. 10 Pre-Cast Concrete Sheet Pile Wall
(archiexpo.com/prod/chapsl/product-59361-1102839.html)

2.5.3 *Gabion Wall*

Gabion adalah kumpulan kubus yang terbuat dari *galvanized steel mesh*, atau *moven strip*, atau *plastic mesh* (hasil anyaman) dan diisi dengan pecahan batu

atau *cobbles*, untuk menghasilkan dinding penahan tanah yang mempunyai saluran drainase bebas.



Gambar 2. 11 Gabion Wall
(pass4dumps.cos)

2.6 *Plaxis Professional*

Plaxis adalah sebuah paket program yang disusun berdasarkan metode elemen hingga yang telah dikembangkan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas dalam bidang Geoteknik (Plaxis,2012).

Pemodelan geometri dalam Program Plaxis 8.6 menggunakan tiga buah komponen utama yaitu titik, garis dan klaster. Apabila model geometri telah terbentuk, maka suatu model elemen hingga dapat secara otomatis dibentuk dengan komposisi dari klaster-klaster dan garis-garis yang membentuk model geometri tersebut. Komponen penyusun sebuah jaring elemen hingga dapat dibedakan menjadi 3 (tiga), yaitu :

1. Elemen

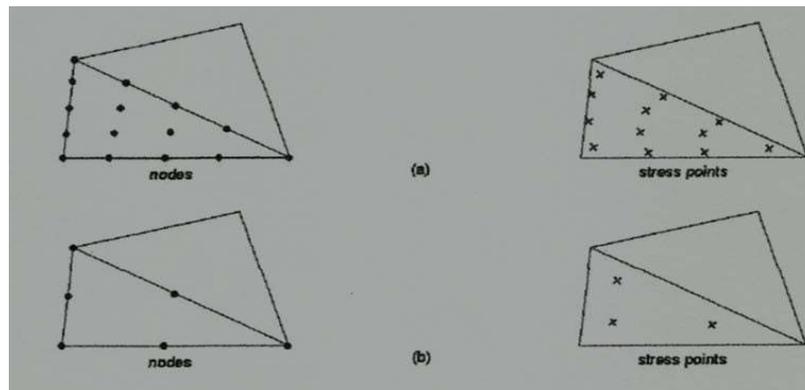
Sebuah pilihan dapat diambil antara elemen dengan 15 buah titik nodal dan elemen dengan 6 buah titik nodal. Elemen 15 titik nodal sangat berguna untuk menghasilkan perhitungan tegangan dan beban runtuh yang akurat. Selain itu, elemen dengan 6 titik nodal dapat dipilih untuk melakukan proses perhitungan yang singkat

2. Titik Nodal

Sebuah elemen dengan 15 titik nodal akan terdiri dari 15 titik nodal dan sebuah elemen segitiga dengan 6 titik nodal. Penyebaran titiktitik nodal dalam suatu elemen baik pada elemen 15 titik nodal maupun pada elemen 6 titik nodal ditunjukkan pada Gambar 2.21

3. Titik tegangan

Sebuah elemen 15 titik nodal memiliki 12 buah titik tegangan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.21-a sedangkan elemen 6 titik nodal memiliki 3 buah titik tegangan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.21.



Gambar 2. 12 Titik Nodal dan Titik Tegangan

(Sumber : Braja M. Das)

Di dalam program Plaxis ada beberapa jenis pemodelan tanah beberapa diantaranya adalah model *Soft Soil*, dan *Mohr-Coulomb*.

1. Model Tanah *Mohr-Coulomb*

Pemodelan *Mohr-Coulomb* mengasumsikan bahwa perilaku tanah bersifat plastis sempurna (*linear elastic perfectl plastic model*), dengan menetapkan suatu nilai tegangan batas dimana pada titik tersebut tegangan tidak lagi dipengaruhi oleh regangan. *Input* parameter meliputi 5 (lima) buah parameter yaitu :

- Modulus young (E), rasio poisson (ν) yang memodelkan keelastisitasan tanah.
- Kohesi (c), sudut geser (ϕ) memodelkan perilaku plastis dari tanah.

- Sudut dilatasi (ψ) memodelkan perilaku dilatasi tanah.

Pada pemodelan *Mohr-Coulomb* umumnya dianggap bahwa nilai E konstan untuk suatu kedalaman pada suatu jenis tanah, namun jika diinginkan adanya peningkatan nilai E perkedalaman tertentu disediakan *input* tambahan dalam Program Plaxis 8.6. Untuk setiap lapisan yang memperkirakan rata-rata kekakuan yang konstan sehingga perhitungan relatif lebih cepat dan dapat diperoleh deformasinya. Selain 5 (lima) parameter di atas, kondisi tanah awal memiliki peran penting dalam masalah deformasi tanah. Nilai rasio Poisson (ν) dalam pemodelan *Mohr-Coulomb*. Secara umum nilai ν bervariasi dari 0,3 sampai 0,4 namun untuk kasus-kasus penggalian (*unloading*) nilai ν yang lebih kecil masih realistis.

Nilai kohesi c dan sudut geser ϕ diperoleh dari uji geser Triaxial, atau diperoleh dari hubungan empiris berdasarkan data uji lapangan. Sementara sudut dilatasi (ψ) digunakan untuk memodelkan regangan volumetrik plastik yang bernilai positif. Pada tanah lempung (NC), umumnya tidak terjadi dilatasi ($\psi = 0$), sementara pada tanah pasir dilatasi tergantung dari kerapatan dan sudut geser (ϕ) dimana $\psi = \phi - 30^\circ$. Jika $\phi < 30^\circ$ maka $\psi = 0$. Sudut dilatasi (ψ) bernilai negatif hanya bersifat realistis jika diaplikasikan pada pasir lepas.

2. Model Tanah Lunak (*Soft – Soil*)

Seperti pada pemodelan *Mohr-Coulomb*, batas kekuatan tanah dimodelkan dengan parameter kohesi (c), sudut geser dalam tanah (ϕ), dan sudut dilatasi (ψ). Sedangkan untuk kekakuan tanah dimodelkan menggunakan parameter λ^* dan k^* , yang merupakan parameter kekakuan yang didapatkan dari uji Triaksial maupun Oedometer.

Model *Soft Soil* ini dapat memodelkan hal-hal sebagai berikut :

- Kekakuan yang berubah bersama dengan tegangan (*stress dependent stiffness*)
- Membedakan pembebanan primer (*primary loading*) terhadap *unloading-reloading*
- Mengingat tegangan pra-konsolidasi.

1. Model *Linear Elastic* (LE)

Model *Elastis Linier* didasarkan pada hukum Hooke tentang elastisitas isotropik, yaitu modulus young dan poisson ratio. Meskipun model *Linear Elastic* tidak cocok untuk memodelkan tanah, model ini dapat digunakan untuk memodelkan volume kaku di tanah, seperti dinding beton, atau formasi batuan yang utuh.

2. Model *Hardening Soil* (HS)

Model *Hardening Soil* merupakan suatu model tingkat lanjut untuk memodelkan perilaku tanah. Model *Hardening Soil* dibedakan antara dua buah jenis, yaitu *Hardening* geser dan *Hardening* kompresi. *Hardening* geser digunakan untuk memodelkan regangan yang tidak dapat kembali seperti semula akibat tegangan deviator. *Hardening* kompresi digunakan untuk memodelkan regangan plastis yang tidak dapat kembali seperti semula akibat kompresi primer pada pembebanan satu arah dan pembebanan isotropis.

Seperti pada model *Mohr-Coulmb*, kondisi tegangan batas dideskripsikan oleh sudut geser (ϕ), kohesi (c), dan sudut dilatansi (ψ). Berbeda dengan model *Mohr-Coulomb*, model *Hardening Soil* mengikutsertakan modulus kekakuan yang bergantung pada tegangan. Hal ini berarti bahwa kekakuan akan semakin meningkat terhadap tegangan.

3. Model *Hardening Soil with Small-Strain Stiffness* (HS *small*)

Model pengerasan tanah dengan kekakuan regangan kecil merupakan modifikasi dari model pengerasan tanah di atas yang menjelaskan peningkatan kekakuan tanah pada galur kecil. Pada tingkat regangan rendah, sebagian besar tanah memiliki kekakuan yang lebih tinggi daripada pada tingkat regangan teknik, dan kekakuan ini bervariasi secara non-linear dengan regangan. Perilaku ini dijelaskan dalam model *HSsmall* menggunakan parameter regangan-sejarah tambahan dan dua parameter material tambahan, yaitu G_0^{ref} dan $\gamma_{0,7}$. G_0^{ref} adalah modulus geser regangan kecil dan $\gamma_{0,7}$ adalah level regangan di mana modulus geser telah berkurang hingga sekitar 70% dari modulus geser regangan kecil. fitur canggih model *HSsmall* paling jelas dalam kondisi beban kerja. Di sini, model memberikan perpindahan yang lebih andal daripada model HS. Ketika digunakan

dalam aplikasi dinamis, model *Hardening Soil* dengan kekakuan regangan kecil juga memperkenalkan redaman material histeretik.

4. Model *Soft Soil Creep* (SSC)

Model *Soft Soil Creep* merupakan jenis model yang ditujukan khusus untuk menganalisis rangkakan (*creep*) dan relaksasi tegangan. Kompresi sekunder sangat dominan pada jenis tanah lunak, yaitu lempung yang terkonsolidasi normal, tanah lanau serta gambut. Model ini telah mengikutsertakan efek dari konsolidasi berlebih.

5. Model *Jointed Rock* (JR)

Model *Jointed Rock* atau model batuan kekar adalah sebuah model elastis-plastis anisotropis sempurna, yang dikembangkan secara khusus untuk memodelkan perilaku dari lapisan batuan yang mempunyai asumsi batuan merupakan suatu kesatuan stratifikasi dan arah-arah kekar (*fault*) tertentu.

6. Model *Modified Cam-Clay* (MCC)

Model *Cam-Clay* yang dimodifikasi adalah model yang terkenal dari literatur pemodelan tanah internasional; lihat misalnya Muir Wood (1990). Hal ini dimaksudkan terutama untuk pemodelan tanah tipe lempung yang hampir secara normal terkonsolidasi. Model ini telah ditambahkan ke Plaxis untuk memungkinkan perbandingan dengan kode lain.

Selain itu, dalam memodelkan elemen tanah pada program *Plaxis* dapat dilakukan dalam dua kondisi, antara lain:

1. Kondisi *Drained*

Kondisi *drained* merupakan kondisi untuk tanah yang memiliki permeabilitas besar seperti tanah pasir, tanah yang mengalami pembebanan sangat lambat, serta untuk menstimulasikan perilaku tanah dalam jangka panjang. Kondisi *drained* pada program *Plaxis* digunakan untuk mengatur tidak adanya kenaikan tekanan air pori (*pore water pressure*) pada material tanah.

2. Kondisi *Undrained*

Kondisi *undrained* merupakan kondisi untuk tanah yang memiliki permeabilitas kecil seperti tanah lempung sehingga diberikan *excess pore water pressure* tidak langsung terdisipasi atau teralirkan. Kondisi *undrained* pada

program Plaxis digunakan untuk mengatur timbulnya kenaikan tekanan air pori berlebih (*excess pore water pressure*) pada material tanah.

Parameter-parameter yang digunakan pada Program Plaxis 8.6 :

1. Tanah

Model tanah yang dipilih yaitu model *Mohr-Coulomb*, dimana perilaku tanah dianggap elastis dengan parameter yang dibutuhkan yaitu :

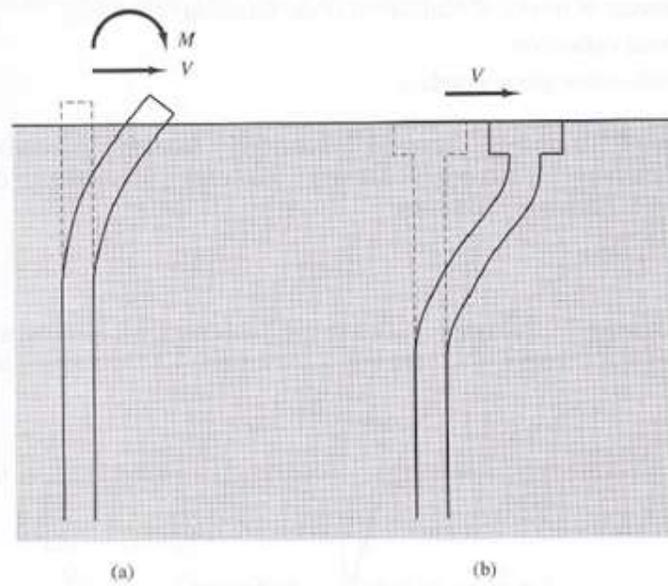
- a. Modulus elastisitas, E (*stiffness modulus*)
- b. *Poisson's ratio* (ν) diambil 0,2 – 0,4
- c. Sudut geser dalam (ϕ) didapat dari hasil pengujian laboratorium
- d. Kohesi (c) di dapat dari hasil pengujian laboratorium
- e. Sudut dilantansi (ψ) diasumsikan sama dengan nol
- f. Berat isi tanah γ (kN/m³) didapat dari hasil pengujian laboratorium.

2.7 Pondasi Tiang

Pondasi tiang harus dirancang dengan memperhitungkan beban-beban lateral atau horizontal jika tiang dipancang vertikal dan dirancang untuk mendukung beban horizontal yang cukup besar, seperti beban angin, tekanan tanah lateral, beban gelombang air, benturan kapal dan lain-lain.

Gaya lateral yang terjadi pada tiang bergantung pada kekakuan atau tipe tiang, macam tanah, penanaman ujung tiang ke dalam pelat penutup kepala tiang, sifat gaya-gaya dan defleksi. Jika gaya lateral yang harus didukung tiang sangat besar, maka dapat digunakan tiang miring.

Rahardjo (2005) menyebutkan dalam menganalisis, kondisi kepala tiang dibedakan menjadi kondisi kepala tiang bebas (*free head*) dan kepala tiang terjepit (*fixed head*). Kondisi kepala tiang bebas (*free head*) berarti bagian atas tiang bisa dengan bebas bergerak ke arah samping (*move laterally*) dan berputar (*rotate*) ketika ada gaya geser dan/atau momen, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.19a. Sedangkan kondisi kepala tiang terjepit (*fixed head*), bagian atas tiang boleh bergerak ke arah samping (*move laterally*), tetapi tidak diperbolehkan untuk mengalami rotasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.19b. (Coduto, 2011).

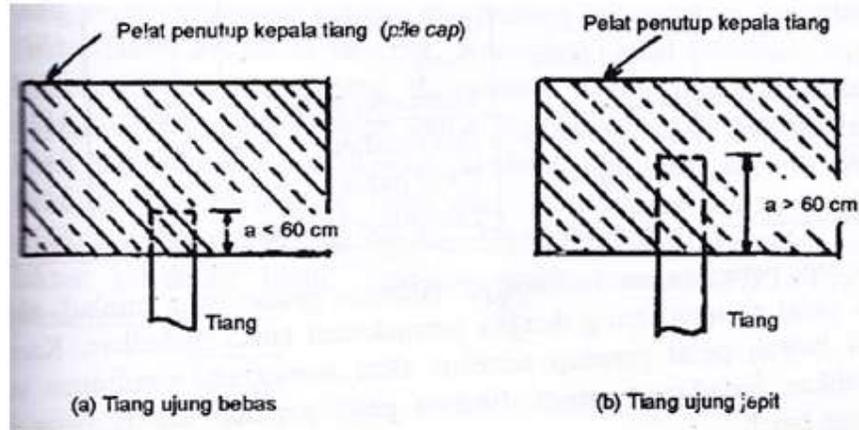


Gambar 2. 13 Tipe Koneksi antara Tiang Dengan Struktur: (a) Free Head;
 (b) Fixed Head
 (Coduto, 2001)

Hardiyatmo (2006) membagi tiang menjadi dua jenis, yaitu :

1. Tiang ujung jepit (fixed end pile)
2. Tiang ujung bebas (free end pile).

Tiang ujung jepit (fixed end pile) adalah tiang yang ujung atasnya terjepit (tertanam) dalam pelat penutup kepala tiang paling sedikit sedalam 60 cm, seperti pada Gambar 2.20a. Tiang ujung bebas (free end pile) adalah tiang yang bagian atasnya tidak terjepit atau terjepit ke dalam pelat penutup kepala tiang tetapi kurang dari 60 cm, ditunjukkan pada Gambar 2.20b. (McNulty, 1956 dalam Hardiyatmo, 2006).



Gambar 2. 14 Definisi Tiang Ujung Jepit dan Ujung Bebas

(McNulty, 1956 dalam Hardiyatmo, 2006)

Beban lateral yang diijinkan pada pondasi tiang diperoleh berdasarkan salah satu dari dua kriteria berikut:

1. Beban lateral ijin ditentukan dengan membagi beban ultimit dengan suatu faktor keamanan.
2. Beban lateral ditentukan berdasarkan defleksi maksimum yang diijinkan. (Rahardjo, 2005).

Perpindahan lateral ijin pada bangunan gedung adalah 6 mm, sedang untuk bangunan-bangunan yang lain sejenis menara transmisi 12 mm atau sedikit lebih besar.