

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sheet pile adalah sebuah struktur yang didesain dan dibangun untuk menahan gaya lateral (horizontal) tanah. Tekanan tanah lateral di belakang dinding penahan tanah bergantung kepada sudut geser dalam tanah dan kohesi (gaya tarik menarik antar partikel tanah). Sheet pile merupakan konstruksi yang dapat mencegah terjadinya kelongsoran pada tanah timbunan. Dibutuhkan sebuah perencanaan sheet pile wall yang stabil dari segi kekuatan untuk menopang besarnya gaya guling, gaya geser dan daya dukung tanah. Karena dimensinya yang relatif tipis, sheet pile dapat lebih menghemat lahan pada proyek. Salah satu perencanaan sheet pile pada pekerjaan proyek yaitu dengan membuat kombinasi sheet pile (combined wall). Dalam perencanaan sheet pile pengecekan keamanan stabilitas harus ditekankan karena keamanan struktur merupakan hal yang harus diprioritaskan.

Pemilihan alternatif penggunaan konstruksi sheet pile dengan combined wall didasarkan pada kekuatan, biaya dan proses pemasangan yang mudah, terutama pada lokasi yang berhubungan dengan air. Apabila konstruksi combined wall ini digunakan sebagai konstruksi dinding penahan pada lokasi yang berhubungan dengan air proses pelaksanaannya tidak terhambat oleh perubahan muka air tanah, khususnya untuk mencapai kedalaman turap yang akan dipancang.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang disajikan, maka rumusan masalah yang akan dikaji adalah:

1. Bagaimana nilai kekuatan combined wall akibat beban dan tegangan yang terjadi terhadap sheet pile?
2. Bagaimana perbandingan efektivitas combined wall HZ System dengan Tubular Pile ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisa nilai kekuatan dilihat dari Safety factor perencanaan dan deformasi antara Combiwall HZ System dengan Combiwall Tubular Pile akibat beban tegangan yang mempengaruhi kekuatan sheet pile.
2. Untuk mengetahui perbandingan kekuatan antara Combiwall HZ System dengan Combiwall Tubular Pile akibat beban yang mempengaruhi kekuatan sheet pile sehingga didapatkan Combined Pile yang efektif.

### 1.4 Batasan Masalah

Dengan keterbatasan yang dimiliki dan mempertimbangkan luasnya faktor-faktor yang berpengaruh, maka dalam studi kasus ini digunakan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Hasil analisis yang diperoleh difokuskan pada struktur Sheet Pile dan Tanah
2. Dalam pembahasan tugas akhir tidak meninjau Anggaran biaya.
3. Dalam Pembebanan yaitu akibat tekanan hidrostatis, tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif dari 2 jenis tanah yaitu pasir dan tanah lempung.
4. Pembebanan akibat gaya gempa tidak diperhitungkan

### 1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil perbandingan combined wall HZ system dengan Combined wall tubular pile maka diharapkan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan informasi perbandingan untuk perencanaan sehingga didapatkan jenis combined wall yang efektif. Serta diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan acuan bagi penelitian selanjutnya.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas tahapan yang di lakukan dalam studi ini, di dalam penulisan tugas akhir ini dikelompokan ke dalam 5 (lima) bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

### BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan studi kasus, manfaat studi kasus dan sistematika penulisan.

### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini meliputi pengambilan teori dari beberapa sumber bacaan dan narasumber yang mendukung analisa permasalahan yang berkaitan dengan tugas akhir ini.

### BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang penjabaran dan langkah langkah yang akan dilakukan. Cara memperoleh data-data yang relevan dengan studi kasus yang berisikan objek , alat-alat , tahapan dan kebutuhan data.

### BAB 4 ANALISA DATA

Bab ini membahas tentang proses pengolahan data, penyajian data dan hasil data.

### BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan logis berdasarkan analisa data, temuan dan bukti yang disajikan sebelumnya yang menjadi dasar untuk menyusun suatu saran sebagai suatu usulan.

## BAB II TINJAUAN

### PUSTAKA

#### 2.1 Turap/ Sheet Pile

##### 2.1.1 Pengertian Turap/ Sheet Pile

(Sri Respati, 1995) dalam (Melinda & Jainta, 2015) menjelaskan bahwa turap adalah konstruksi yang dapat menahan tekanan tanah di sekelilingnya, mencegah terjadinya kelongsoran dan biasanya terdiri dari dinding turap dan penyangganya. Konstruksi dinding turap terdiri dari beberapa lembaran turap yang dipancangkan ke dalam tanah, serta membentuk formasi dinding menerus vertikal yang berguna untuk menahan timbunan tanah atau tanah yang berlereng. Turap terdiri dari bagian-bagian yang dibuat terlebih dahulu (prefabricated) atau dicetak terlebih dahulu (pre-cast).

##### 2.1.2 Fungsi Turap/ Sheet Pile

Menurut (Melinda & Jainta, 2015), turap berfungsi sebagai berikut:

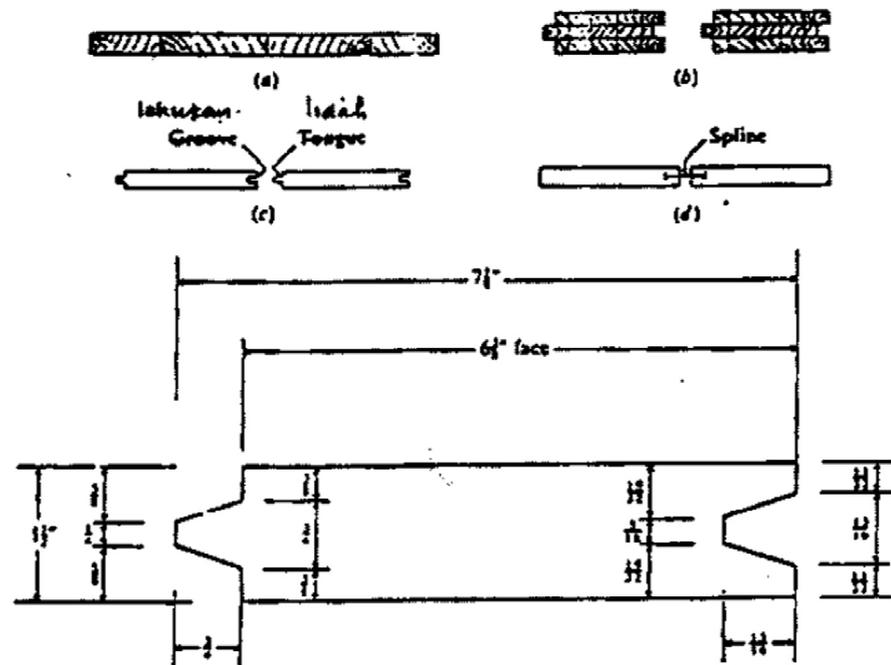
1. Struktur penahan tanah, misalnya pada tebing jalan raya atau tebing sungai
2. Struktur penahan tanah pada galian
3. Struktur penahan tanah yang berlereng atau curam agar tanah tersebut tidak longsor
4. Konstruksi bangunan yang ringan, saat kondisi tanah kurang mampu untuk mendukung dinding penahan tanah

##### 2.1.3 Macam – Macam Turap/ Sheet Pile

Macam – macam turap/ sheet pile dibedakan berdasarkan bahan yang digunakan yaitu kayu, beton, dan baja (Farid Fahlevi, 2019).

### 2.1.3.1 Turap/ Sheet Pile Kayu

Sheet pile kayu digunakan untuk dinding penahan tanah yang tidak begitu tinggi. Karena tidak kuat menahan beban-beban lateral yang besar. Sheet pile kayu ini tidak cocok digunakan pada tanah yang berkerikil karena sheet pile cenderung retak bila dipancang. Bila sheet pile kayu digunakan untuk bangunan permanen yang berada diatas muka air, maka perlu diberikan lapisan pelindung agar tidak mudah lapuk. Sheet pile kayu banyak digunakan pada pekerjaan-pekerjaan sementara, misalnya untuk penahan tebing galian.



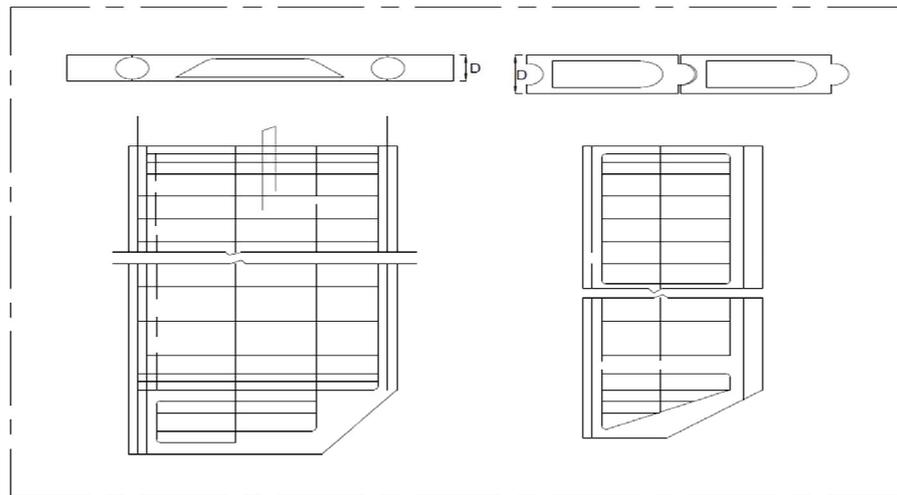
Gambar 2. 1 Turap Kayu

### 2.1.3.2 Turap/ Sheet Pile Beton

Sheet pile beton yakni balok-balok beton yg sudah dicetak sebelum dipasang dgn wujud tertentu. Balok-balok sheet pile dibuat tukar mengkait satu sama lain. Jalan berlawanan balok, melainkan di desain berterima menyangga beban-beban yg bakal bekerja bagi saat pengangkatannya.

Sheet pile beton ini rata rata difungsikan buat konstruksi berat yg didesain bersama tulangan bagi menyangga angkutan permanen sesudah konstruksi dan

tambah pada menasihati tegangan yg dihasilkan sewaktu konstruksi. Penampang tiang-tiang ini yaitu kurang lebih 500-800 mili meter lebar dan tebal 150-120 mili meter. penghabisan bawah plester rata-rata dibentuk memuncak buat menggampangkan pemancangan.

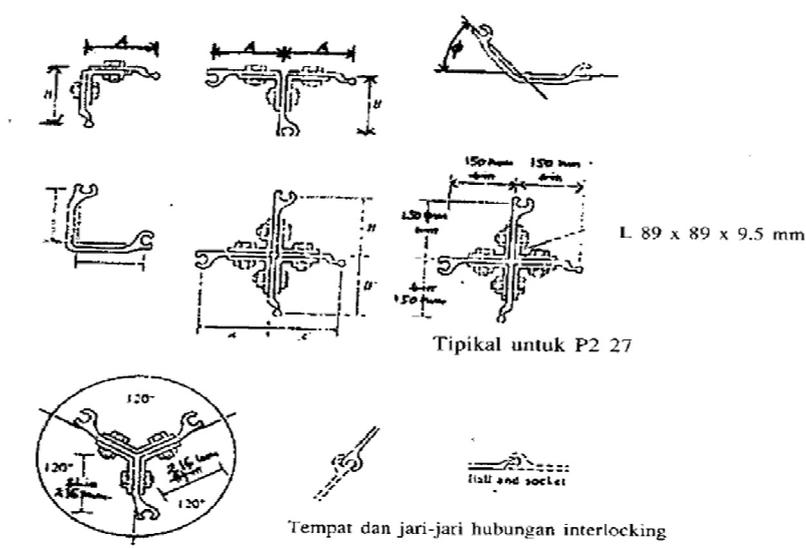


Gambar 2. 2 Turap Beton

#### 2.1.3.3 Turap/ Sheet Pile Baja

Sheet pile baja sangat umum digunakan, baik digunakan untuk bangunan permanen maupun sementara, karena lebih menguntungkan dan mudah penanganannya. Keuntungan-keuntungannya antara lain:

1. Kuat menahan gaya-gaya benturan pada saat pemancangan.
2. Bahan turap relatif tidak begitu berat.
3. Dapat digunakan berulang-ulang.
4. Mempunyai keawetan yang tinggi.



Gambar 2. 3 Turap baja

2.2 Parameter Tanah

Dalam mendesain bangunan geoteknik, diperlukan data tanah yang dapat menunjukkan kondisi tanah di lapangan. Data yang diperlukan dapat berupa data pengujian di laboratorium dan data hasil pengujian di lapangan. Pengambilan sampel tanah dan pengujian laboratorium tidak dilakukan pada seluruh lokasi melainkan di tempat-tempat yang memungkinkan dianggap mewakili lokasi sebenarnya.

2.2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data Sondir

Data tekanan conus ( $q_c$ ) dan hambatan pekat ( $f_s$ ) yang didapatkan dari hasil pengujian sondir dapat digunakan untuk menentukan jenis tanah seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Dari Data Sondir (Sumber: (Das, 1993))

Hasil sondir		Klasifikasi
qc	Fs	
6	0,15-0,40	Humus ,lempung sangat lunak
6.0-10.0	0,2	Pasir kelanauan lepas, pasir sangat lepas
	0,20-0,60	Lempung lembek ,Lempung kelanauan lembek
10.00-30.00	0,1	kerikil lepas
	0,10-0,40	Pasir lepas
	0,40-0,80	Lempung atau lempung kelanauan
	0,80-2,00	Lempung agak kenyal
30-60	1,5	Pasir kelanaun ,pasir agak padat
	1,0-3,0	Lempung atau lempung kelanauan kenyal
60-150	1	kerikil kepasiran lepas
	1,0-3,0	Pasir Padat ,pasir kelanauan atau lempung padat dan lempung kelanauan
	3	lempung kerikil kenyal
150-300	1,0-2,0	Pasir padat ,pasir kekerikilan ,pasir kasar ,pasir kelanauan sangat padat

### 2.2.2 Berat Isi

Berat volume atau berat isi ( $\gamma$ ) merupakan berat tanah persatuan volume, maka:  $\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i)}{\sum_{i=1}^n (t_i)}$  (Pers 2.1)

Korelasi untuk menentukan berat jenis tanah ( $\gamma$ ) dan berat jenis tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) pada tanah kohesif dan non kohesif dapat dilihat pada tabe

Tabel 2.2 Korelasi berat jenis tanah ( $\gamma$ ) untuk tanah non kohesif dan kohesif  
(Sumber: (Whitman, 1962) dalam (Farid Fahlevi, 2019))

N	Cohesion soil				
	0-10	11-30	31-50	>50	
Unit weight $\gamma$ , KN/m <sup>3</sup>	12-16	14-18	16-20	18-23	
Angle of Friction, $\Phi$	25-32	28-36	30-40	>35	
State	Loose	Medium	Dense	Very dense	
N	Cohesive				
	>4	4-6	6-15	16-25	>25
Unit weight $\gamma$ , KN/m <sup>3</sup>	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
qu, kPa	<25	20-50	30-60	40-200	>100
State	Very soft	soft	medium	stiff	hard

### 2.2.3 Modulus Young

Nilai modulus young menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini bisa didapatkan dari Triaxial Test.

Dengan menggunakan data sondir, booring dan grafik triaksial dapat digunakan untuk mencari besarnya nilai elastisitas tanah. Nilai yang dibutuhkan adalah nilai qc atau cone resistance. Yaitu dengan menggunakan rumus

$$E = 2.qc \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 3.qc \text{ (untuk pasir)}$$

$$E = 2. \text{ Sampai } 8.qc \text{ (untuk lempung)}$$

Nilai yang dibutuhkan adalah nilai N. Modulus elastisitas didekati dengan menggunakan

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

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

Tabel 2.3 Korelasi berat jenis tanah ( $\gamma$ ) untuk tanah non kohesif dan kohesif  
(Sumber: (Whitman, 1962) dalam (Farid Fahlevi, 2019))

Macam tanah	E (kg/cm <sup>2</sup> )
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
Pasir dan Kerikil	
Padat	800-2000
Tidak Padat	500-1400
Lanau	20-200
Loess	150-600
Cadas	1400-14000

#### 2.2.4 Poisson Ratio

Nilai poisson ratio ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan pemuaian lateral. Nilai poisson ratio dapat ditentukan berdasar jenis tanah seperti yang terlihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai Perkiraan Angka Poisson Tanah (Sumber: (Bowles, 1997)  
dalam (Farid Fahlevi, 2019))

Macam Tanah	V (angka poisson Rasio )
Lempung Jenuh	0,40 - 0,50
Lempung Tak Jenuh	0,10 - 0,30
Lempung Berpasir	0,20 - 0,30
Lanau	0,30 - 0,35
Pasir Padat	0,20 - 0,40
Pasir Kasar	0,15
Pasir Halus	0,25
Batu	0,10 - 0,40
Loess	0,10 - 0,30

### 2.2.5 Sudut Geser Dalam

Kekuatan geser dalam mempunyai 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 didapatkan dari pengukuran engineering properties tanah dengan Direct Shear Test. Hubungan antara sudut geser dalam dan jenis tanah ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2 5 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam Dengan Jenis Tanah

(Sumber: (Farid Fahlevi, 2019))

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )
Kerikil Kepasiran	35° - 40°
Kerikil Kepasiran	35° - 40°
Pasir padat	35° - 40°
Pasir lepas	30°
Lempung Kelanauan	25°-30°
Lempung Kelanauan	20°-25°

### 2.2.6 Kohesi

Kohesi merupakan gaya tarik menarik 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. Deformasi ini terjadi akibat kombinasi keadaan kritis pada tegangan normal dan tegangan geser yang tidak sesuai dengan faktor aman dari yang direncanakan. Nilai ini didapat dari pengujian Direct Shear Test. Nilai kohesi secara empiris dapat ditentukan dari data sondir ( $q_c$ ) yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kohesi (c)} = q_c / 20 \dots\dots\dots(\text{Pers 2.2})$$

### 2.3 Stabilitas Lereng

Lereng adalah suatu bidang di permukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Lereng dapat terbentuk secara alami dan dapat juga dibuat oleh manusia. Jika suatu

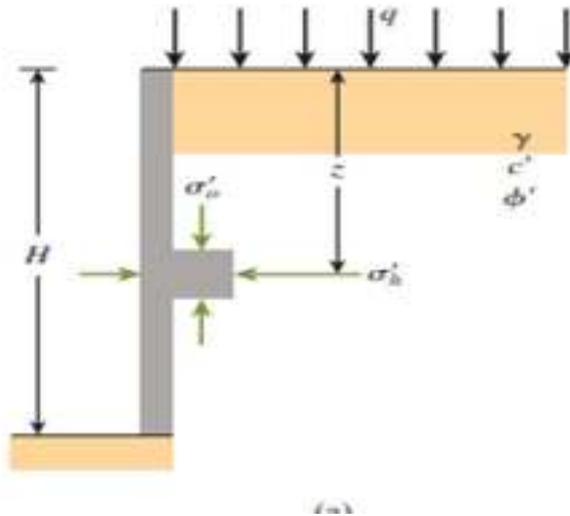
tempat terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggiannya, maka akan ada gaya – gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah. Gaya yang mendorong tersebut berupa gaya berat dan gaya tiris/muatan dimana gaya-gaya inilah yang menyebabkan kelongsoran. Selain itu, terdapat pula gaya-gaya dalam tanah yang bekerja menahan/melawan sehingga kedudukan tanah tersebut tetap stabil. Gaya penahan ini berupa gaya gesekan/geseran, lekatan (dari kohesi) dan kekuatan geser tanah. Curah hujan yang turun akan mempengaruhi kondisi air tanah. Tanah yang kandungan airnya meningkat akan meningkatkan massanya dan mengurangi kepadatan dan kekompakannya (Elviani, 2020).

Secara kuantitatif menilai stabilitas lereng, dicari parameter FoS yang dikenal sebagai Factor of Safety yaitu merupakan rasio antara gaya penahan dengan gaya pendorongnya. Gaya penahan adalah kekuatan pada material yang menghambat terjadinya longsor. Gaya penahan ini terkait dengan karakteristik fisis dari batuan dan tanah yaitu kohesi dan koefisien gesek. Sedangkan pada gaya pendorong yang paling besar berpengaruh adalah gaya gravitasi, yaitu gravitasi yang searah dengan lereng dan mengarah keluar dari lereng (Blasio, 2011) dalam (Elviani, 2020)

#### 2.4 Tekanan Tanah Lateral

Konstruksi penahan tanah seperti dinding penahan, dinding bangunan bawah tanah (basement), dan turap baja, pada umumnya digunakan dalam teknik pondasi, konstruksi penahan tanah tersebut biasanya digunakan untuk menahan massa tanah dengan talud vertikal. Agar dapat merencanakan konstruksi penahan tanah dengan benar, maka perlu mengetahui gaya horizontal yang bekerja antara konstruksi penahan dan massa tanah yang ditahan

### 2.4.1 Tekanan Tanah dalam keadaan diam



Gambar 2.4 Tekanan tanah dalam keadaan diam ( At Rest )

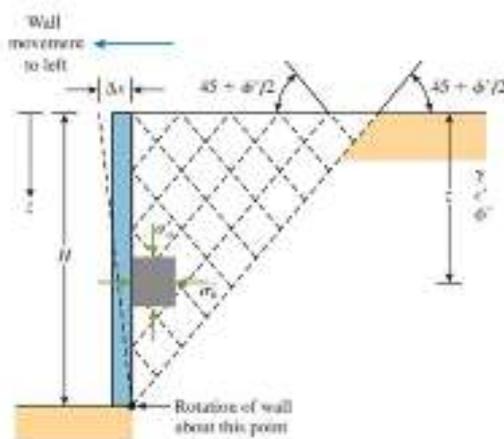
Dinding AB dalam keadaan diam ,bila dinding tidak bergerak ke salah satu arah baik ke kanan maupun ke kiri dari posisi awal , maka massa tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan elastic (elastic equilibrium ).Rasio tekanan arah horizontal dan tekanan arah vertikal dinamakan “koefisien tanah dalam keadaan diam (coefficient of earth pressuren at rest ) ,  $K_o$ ” , atau

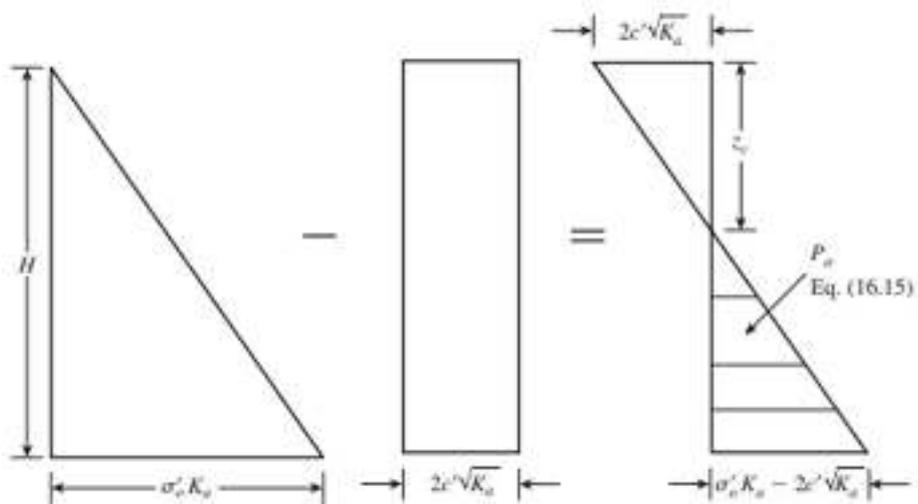
$$K_o = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_v} \quad (2.3)$$

Untuk tanah berbutir , koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam dapat diwakili oleh hubungan empiris yanag diperkenalkan oleh jaky (1944)

$$K_o = 1 - \sin \phi \quad (2.4)$$

### 2.4.2 Tekanan Tanah Aktif Menurut Rankine



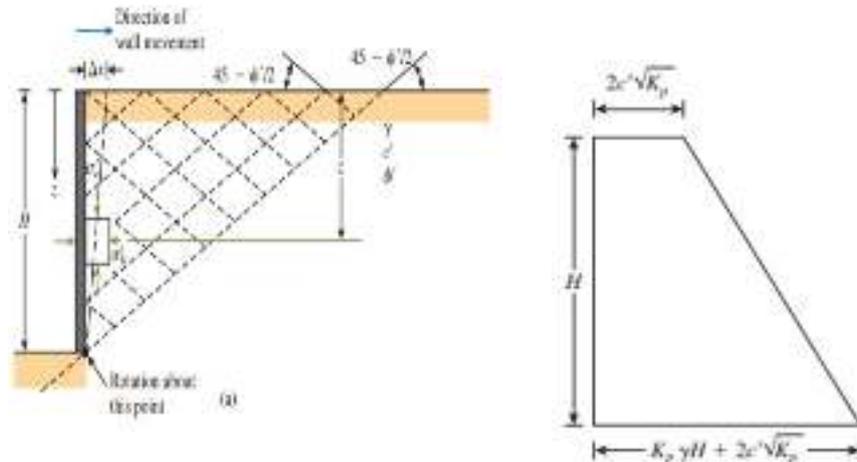


Gambar 2. 5 Tekanan tanah aktif menurut Rankine

Menurut Rankine (1897) dalam Hardiyatmo (2010) koefisien tanah aktif (coefficient of active earth pressure ) atau  $K_a$  .Dalam persamaan umum yaitu pada persamaan 2.1

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.5)$$

#### 2.4.3 Tekanan Tanah Pasif Menurut Rankine



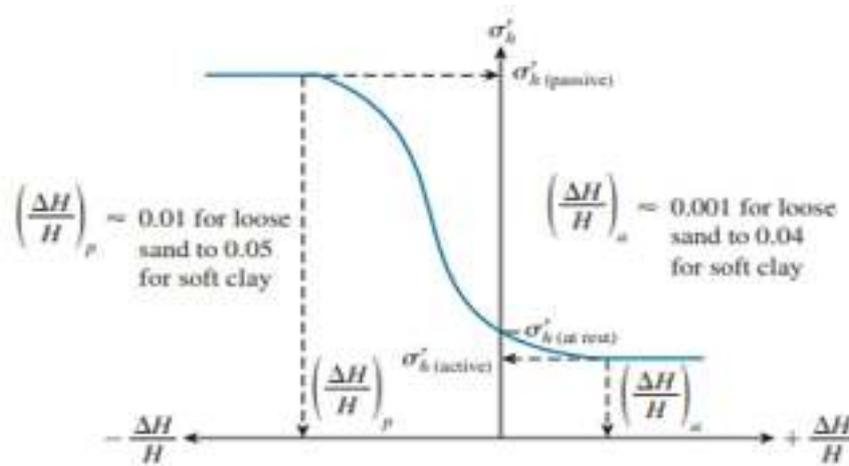
Gambar 2. 6 Tekanan tanah pasif menurut Rankine

Koefisien tekanan tanah pasif (coefficient of passive earth pressure ) atau  $K_p$  dalam persamaan umum 2.6

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.6)$$

## 2.5 Diagram dan Distribusi Tekanan Tanah Lateral

### 2.5.1 Urugan di Belakang Dinding ( Backfill )



Gambar 2. 7 Variasi besarnya tekanan tanah ke samping Dengan kemiringan tembok

Dengan kondisi aktif (menurut Rankine ) ,Tekanan tanah aktif yang bekerja pada tembok penahan di segala kedalaman yaitu dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_a = K_a \gamma z \quad (\text{catatan : } c = 0) \quad (2.7)$$

$\sigma_a$  bertambah secara linear dengan bertambahnya kedalaman ,dan besarnya  $\sigma_a$  di dasar tembok penahan adalah

$$\sigma_a = K_a \gamma H \quad (2.8)$$

Gaya total  $P_a$  ,per satuan lebar dinding penahan tanah sama dengan luas diagram tekanan tanah .

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H \quad (2.9)$$

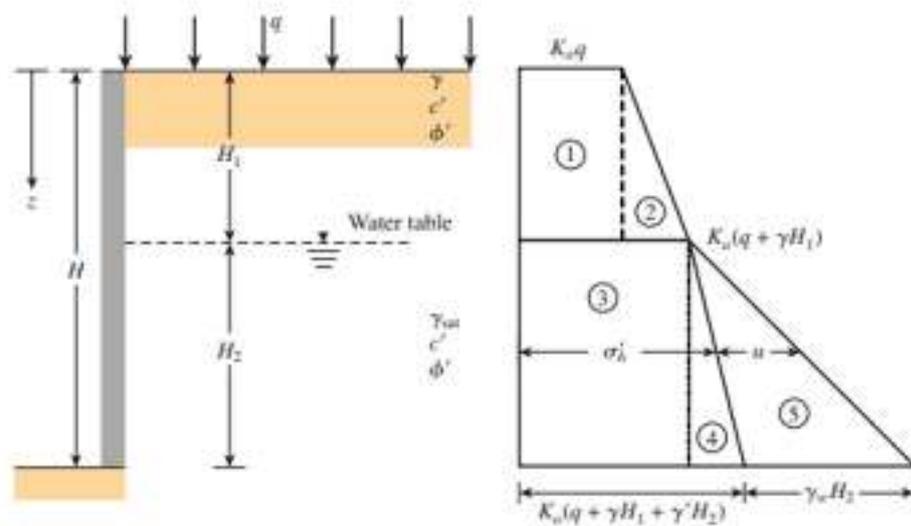
Kondisi pasif : Distribusi tekanan tanah horizontal yang bekerja pada dinding penahan setinggi H untuk kondisi pasif (menurut Rankine ) dengan persamaan

$$\sigma_p = K_a \gamma H \quad (2.10)$$

Gaya total, per satuan lebar tembok

$$P_p = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 \quad (2.11)$$

### 2.5.2 Urugan di Belakang DPT (Backfill) (C = 0) Terendam Air Sebagian dan Diberi Beban Surcharge



Gambar 2. 8 Distribusi tekanan tanah aktif dengan urugan tanah tak berkohesi (  $c = 0$  ) yang terendam air sebagian dan diberi beban luar (Surcharge)

Kondisi aktif : Suatu dinding penahan tanah mempunyai ketinggian  $H$  dengan urugan ( backfill ) terdiri dari tanah tak berkohesi .Permukaan air tanah terletak pada kedalaman  $H_1$  dibawah permukaan tanah ,dan urugan dibelakang tembok dibebani sebesar  $q$  per satuan luas .

$$\sigma_a = K_a \sigma'_v \quad (2.12)$$

Pada kedalaman  $z = 0$

$$\sigma_v = \sigma'_v = q$$

$$\sigma = \sigma'_a = K_a \cdot z \quad (2.13)$$

Pada kedalaman  $z = H_1$

$$\sigma_v = \sigma'_v = (q + \gamma H_1)$$

$$\sigma_a = \sigma'_a = K_a \cdot (q + \gamma H_1) \quad (2.14)$$

Pada kedalaman  $z = H$

$$\sigma_v' = (q + \gamma H_1 + \gamma' H_2)$$

$$\sigma_a' = K_a \cdot (q + \gamma H_1 + \gamma' H_2) \quad (2.15)$$

Dengan :

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w \quad (2.16)$$

Gaya aktif total per satuan lebar dinding penahan tanah merupakan luasan dari diagram tekanan total .

$$P_a = K_a \cdot qH + \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma H_1^2 + K_a \gamma H_1 H_2 + \frac{1}{2} (K_a \cdot \gamma' + \gamma_w) H_2^2 \quad (2.17)$$

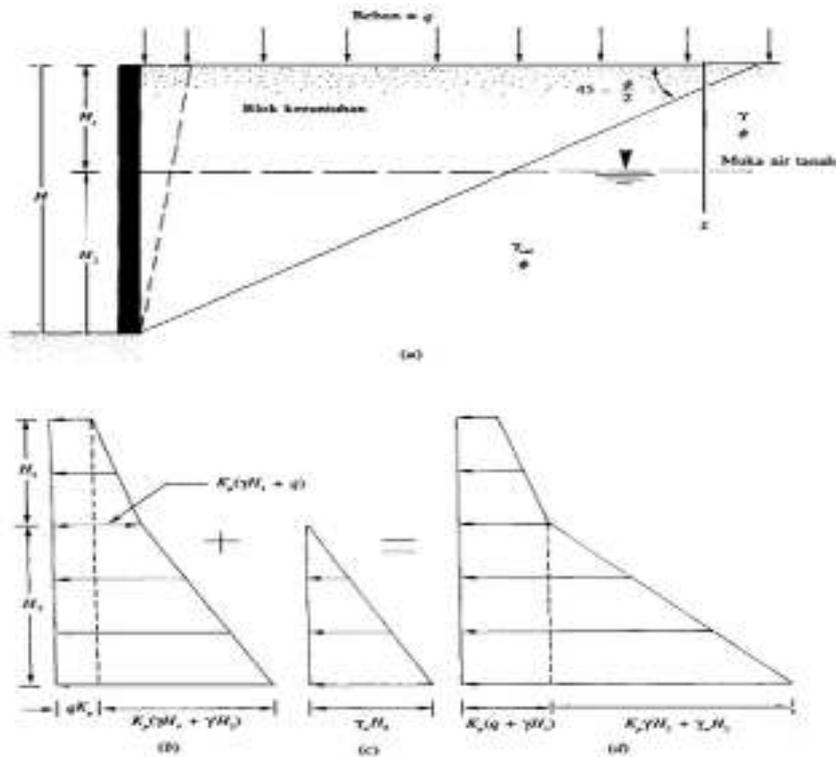
Kondisi pasif : Tekanan pasif efektif (menurut Rankine ) yang bekerja pada tembok penahan di segala kedalaman diberikan dengan persamaan:

$$\sigma_p' = K_p \sigma_v' \quad (2.18)$$

Gaya pasif total per satuan lebar dinding penahan tanah merupakan luas dari diagram tekanan total

$$P_p = K_p \cdot qH + \frac{1}{2} K_p \cdot \gamma H_1^2 + K_p \gamma H_1 H_2 + \frac{1}{2} (K_p \cdot \gamma' + \gamma_w) H_2^2 \quad (2.19)$$

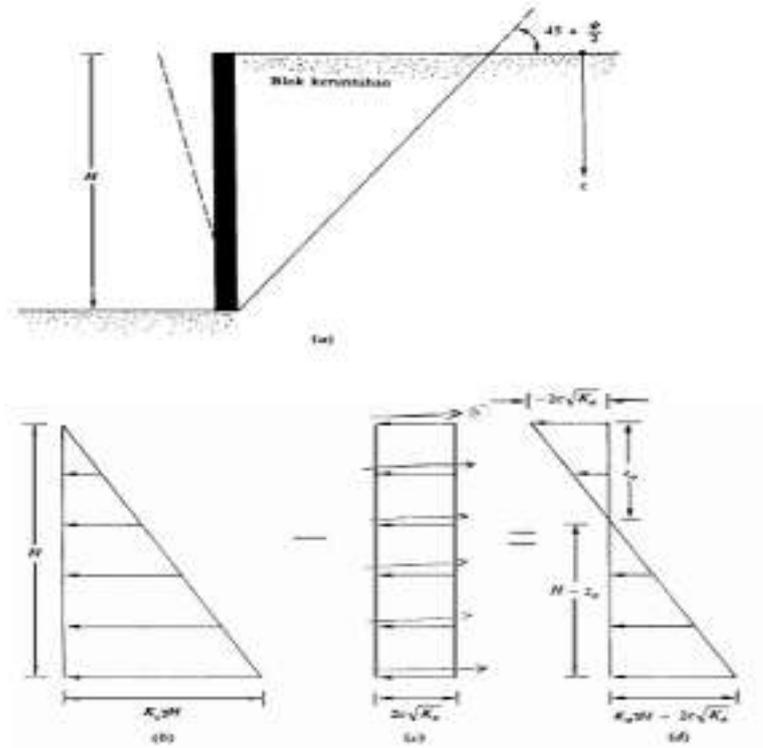
2.5.3 Urugan di Belakang Dinding (backfill ) Tanah Berkohesi ( $C \neq 0$ ) Terendam Air Sebagian dan Diberi Beban Surchage



Gambar 2. 9 Distribusi tekanan tanah pasif pada DPT dengan urugan Tanah tak berkohesi ( $c=0$ ) yang terendam air sebagian dan Diberi beban luar (surcharge)

Kondisi aktif : Tekanan tanah aktif yang bekerja pada tembok di segala kedalaman diberikan dengan persamaan :

$$\sigma_a = K_a \gamma z - 2c \sqrt{\dots} \quad (2.20)$$



Gambar 2. 10 Distribusi tekanan tanah aktif (Menurut Rankine) pada tembok dengan urugan tanah yang berkohesi

Karena pengaruh kohesi,  $\sigma_a$  pada bagian atas dinding penahan tanah menjadi negatif. Kedalaman  $z_0$  menyebabkan tekanan arah horizontal sama dengan Nol, dicari dengan menggunakan persamaan :

$$K_a \gamma z_0 - 2c \sqrt{K_a} = 0 \quad (2.21)$$

Untuk kondisi undrained (air pori tidak sempat mengalir keluar) – yaitu,  $\phi = 0$ ,  $K_a = \tan^2(45) = 1$  dan  $c = c_u$  (kohesi dalam keadaan undrained). Gaya aktif total per satuan lebar dinding penahan tanah yaitu luasan dari diagram tekanan total

$$P_a = \frac{1}{2} (K_a \gamma H^2 - 2c \sqrt{K_a} H) \quad (2.22)$$

Pada saat  $\phi = 0$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 - 2c_u H \quad (2.23)$$

Kondisi Pasif : Suatu dinding penahan tanah dengan urugan di belakangnya (Gambar 2.7a). Tekanan tanah pasif menurut Rankine pada kedalaman  $z$  yaitu dengan persamaan

$$\sigma_a = K_a \gamma z - 2c \sqrt{K_a} \quad (2.24)$$

Gaya per satuan lebar dinding penahan tanah yaitu luasan dari diagram tekanan:

$$P_p = \frac{1}{2} K_p \gamma H^2 - 2c_u \quad (2.25)$$

Pada saat  $\phi = 0$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 - 2c_u H \quad (2.26)$$

## 2.6 Moment Inersia

Moment Inersia adalah ukuran kelembaman suatu benda untuk berotasi terhadap porosnya. Sesuai dengan Steel Sheet Piling Catalogue 2008, Perhitungan moment inersia pada combiwall dapat dilakukan dengan persamaan berikut :

$$I_{sys/m} = \frac{I_{king\ pile} + I_{ssp}}{b_{sys}} \quad (2.27)$$

$I_{sys/m}$  [ $cm^4/m$ ] : Moment inersia combined wall

$I_{king\ pile}$  [ $cm^4$ ] : Moment Inersia Pile Utama

$I_{ssp}$  [ $cm^4$ ] : Moment Inersia Sheet Pile perantara

$b_{sys}$  [m] : Lebar Gabungan

## 2.7 Pasang Surut

Pasang surut adalah Fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu akibat adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bukan terhadap massa air laut di bumi. Pasang surut merupakan salah satu bentuk dari gelombang dengan periode gelombang panjang 3 jam hingga 1 hari (Triatmodjo, 2003). Pasang surut memiliki komponen seperti komponen gelombang. Komponen pasang surut identik dengan komponen gelombang, pasang surut memiliki tinggi pasang surut yang merupakan jarak vertikal antara air tertinggi (puncak pasang) dan air terendah (puncak surut) yang berurutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air rata ke posisi sama berikutnya (Triatmodjo, 2003). Variasi muka air laut menimbulkan arus yang disebut arus pasang surut. titik balik (slack)

adalah dimana arus berbalik antara arus pasang dan arus surut .Titik balik kini terjadi pada saat muka air tertinggi dan muka air terendah .Pada saat tersebut kecepatan arus adalah Nol (Triatmodjo,2003).Sedangkan kecepatan arus maksimal saat elevasi rerata menuju pasang atau menuju surut .

Pada dasarnya, bentuk pasang surut di berbagai daerah tidaklah sama. Berikut adalah penjelasan tipe-tipe pasang surut :

- a) Pasang surut tunggal (diurnal tide)  
Pasang surut ini terjadi satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.
  - b) Pasang surut harian ganda (semidiurnal tide)  
Pasang surut ini terjadi dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit.
  - c) Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (mixed tide prevailing diurnal) Pasang surut yang dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.
  - d) Pasang surut campuran condong ke harian ganda (mixed tide prevailing semidiurnal) Pada tipe pasang surut ini dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda
- Karakteristik pasang surut juga dapat ditentukan dari nilai Formzahl :

$$F = \frac{T_{(s)} \cdot (s)}{T_{(d)} \cdot (d)} \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana :

$F < 0,25$  = semi diurnal

$0,25 < F < 1,50$  = campur dominan semi diurnal

$1,5 < F < 3,00$  = campur dominan diurnal

$F > 3,00$  = diurnal

Triatmodjo (1999) menjelaskan, apabila elevasi ketinggian muka air ketika terjadi pasang surut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut, sehingga dapat digunakan sebagai pedoman dalam perencanaan bangunan pantai. Beberapa elevasi ketinggian muka air ketika pasang surut antara lain:

- a) Muka air laut tinggi (high water level (HWL)), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- b) Muka air rendah (low water Level (LWL)), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
- c) Muka air tinggi rerata (mean high water level (MHWL)), adalah rerata dari muka air tinggi.
- d) Muka air rendah rerata (mean low water level (MLWL)), adalah rerata dari muka air rendah.
- e) Muka air laut rerata (mean sea level (MSL)), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi elevasi di daratan.
- f) Muka air tertinggi (highest high water level (HHWL)), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- g) Air rendah terendah (lowest low water level (LLWL)), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

Beberapa definisi elevasi muka air tersebut banyak digunakan dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan. Misalnya MHWL atau HHWL digunakan untuk menentukan elevasi puncak pemecah gelombang, dermaga, dan sebagainya.

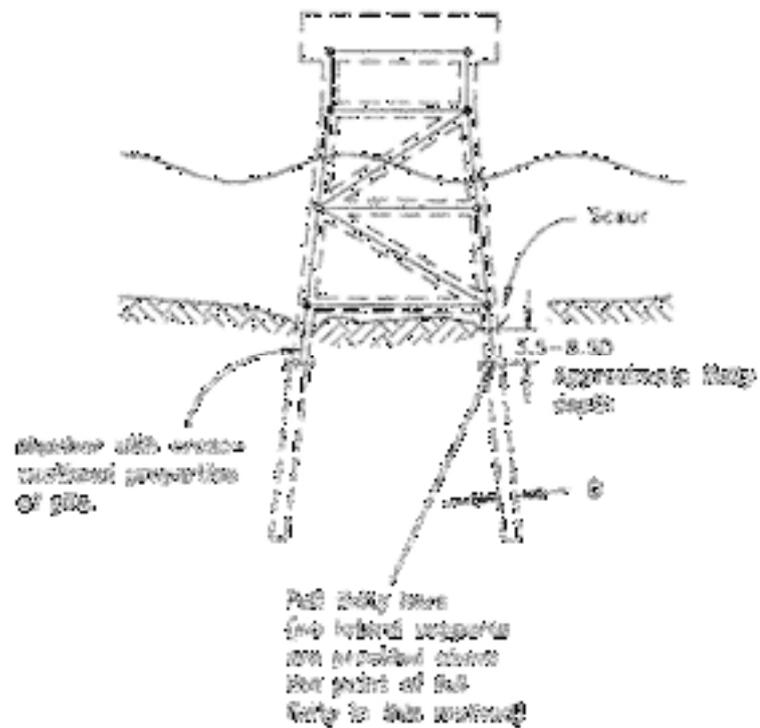
## 2.8 Perletakan Jepit

Perletakan titik jepit untuk menurut Marine yaitu dengan perkiraan kasar kedalaman jepit penuh tiang yaitu :

$$3D - 4,5D \quad \text{Tanah lempung padat (keras)} \quad (2.29)$$

$$7D - 8,5D \quad \text{Lumpur yang sangat lembut} \quad (2.30)$$

$$6D \quad \text{Perhitungan Umum} \quad (2.31)$$



Gambar 2. 11 Pemodelan titik jepit

## 2.9 Deformasi Tiang

### 2.9.1 Metode Tomlinson

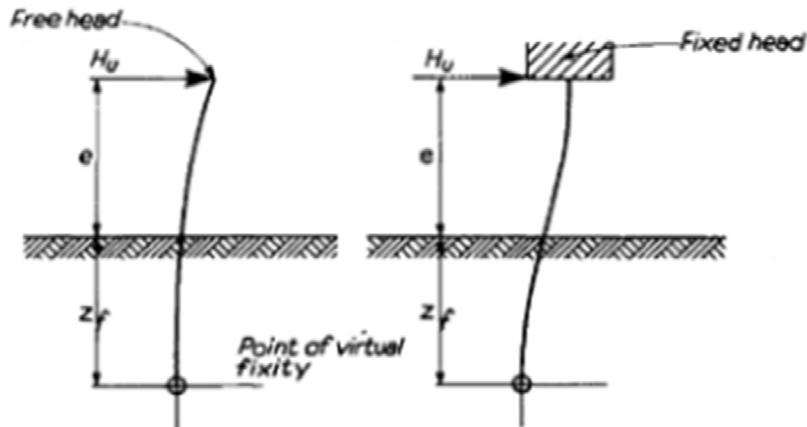
Perhitungan deformasi yaitu akibat gaya lateral dan tiang dianggap sebagai struktu kantilever yang dijepit pada kedalaman  $Z_f$ . Defleksi lateral tiang bebas yaitu sebagai berikut :

Deformasi pada ujung kepala tiang dianggap jepit bebas :

$$y = \frac{P L^3}{6 E I} \quad (2.32)$$

Deformasi pada ujung kepala tiang dianggap jepit tetap :

$$y = \frac{P L^3}{8 E I} \quad (2.33)$$



Gambar 2. 12 Pemodelan titik jepit

### 2.10 Deformasi Iizin

Toleransi defleksi/deformasi dinding sangat tergantung pada kepadatan lingkungan sekitar .dengan demikian tidak ada suatu nilai defleksi yang berlaku secara umum.Jika lingkungan sekitar tidak mensyaratkan defleksi maksimum yang ketat,defleksi maksimum 0,5% H harus dianggap sebagai batas toleransi defleksi dinding (SNI 8460:2017)

### 2.11 Penelitian Tedahulu

Nama	Judul	Hasil
Fachriyan Chalid Kamaluddin Lubis	Analisi Perancangan Dinding Turap Pada Proyek Pembangunan Dermaga di Belawan International Container Terminal .	Berdasarkan hasil pembahasan perancangan dinding turap,maka dapat disimpulkan bahwa kedalaman pemancnagan dinding turap (Dactual ) adalah 9,7 m dan dengan hasil section modulus sebesar 2197,77 cm <sup>3</sup> tiap lebar dinding turap (m) ,maka profil turap baja yang bisa digunakan adalah profil U tipe FSP – IV

		<p>dengan panjang 18 m yang berukuran <math>w = 400 \text{ mm}</math>, <math>h = 170 \text{ mm}</math>, <math>t = 15,5 \text{ mm}</math>. Tipe ini dipilih karena memiliki moment lawan sebesar <math>2270 \text{ cm}^3</math> tiap lebar dinding turap (m) yang berarti lebih besar dari hasil moment lawan yang telah direncanakan, sehingga dapat menahan moment yang telah direncanakan</p>
Marbono Widya Diputra	<p>Perencanaan turap / Retaining Wall pembangunan Jalan Tol Gempol – Pandaan STA 6 + 518 s/d 6 + 575</p>	<p>Dari kedua kondisi tanah yang berbeda didapatkan perkuatan dengan dimensi dan kedalaman turap yang berbeda. pada kondisi tanah behaving like sand dimensi dan kedalaman tiang lebih besar bila dibandingkan dengan analisa tersebut disimpulkan bahwa perkuatan yang digunakan adalah dengan menggunakan kondisi tanah behaving like sand karena kondisinya yang paling kritis.</p> <p>Dari dua alternatif dan material perkuatan turap dalam kondisi behaving like sand, dipilih alternatif paling ekonomis yaitu perkuatan turap berangkur menggunakan material bored pile</p> <p>Dengan biaya Rp .5.167.807.297,00.</p>

<p>Aryoseto Ade Lukmanto</p>	<p>Perancangan Dinding Tanah Pelindung Reklamasi Kabupaten Karta ,Kalimantan Timur.</p> <p>Penahan Sebagai Daerah di kutai Negara</p>	<p>Sheet pile yang digunakan dalam kasus ini adalah sheet pile beton dengan panjang 6-12 m ,lebar 50 cm ,dan mempunyai moment lentur maksimum sebesar 4,05 ton .Kedalaman penetrasi sheet pile sebesar 4,1 m .dari hasil running PLAXIS menunjukkan bahwa desain telah aman , ditunjukkan dengan nilai safety factor yang melebihi batas minimum sebesar 2,0419 .</p> <p>Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan apabila dilakukan realisasi desain adalah sebesar Rp 8.412.320.520,00.</p>
------------------------------	---	--

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Data proyek yang dibahas dalam tugas akhir ini antara lain

- Peta

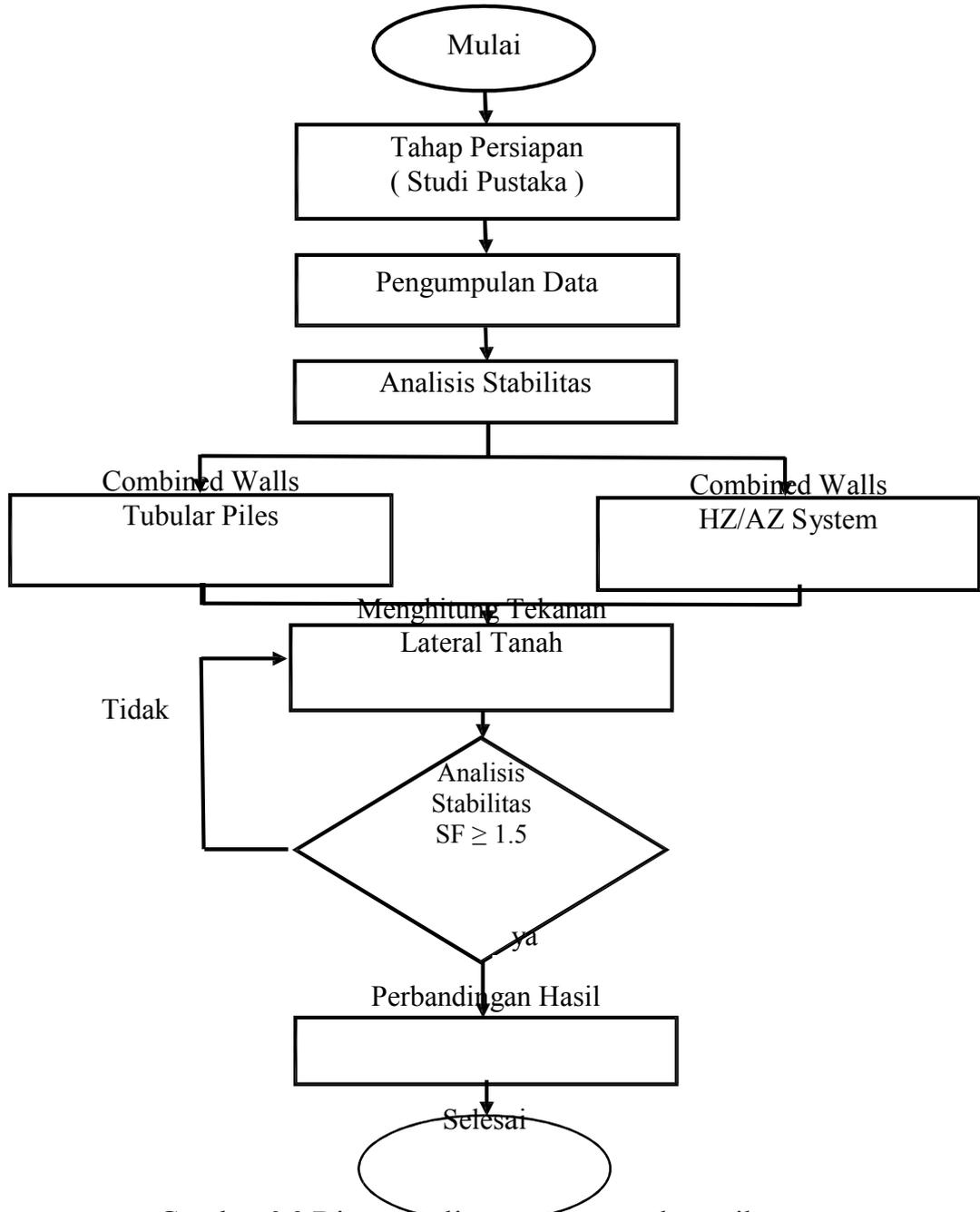


Gambar 3 1 Lokasi Penelitian

- Nama : Pekerjaan Pemasangan sheet Pile di fase I Belawan
- Alamat : Pelabuhan belawan, Medan, Sumatera Utara
- Pemilik : PT Pelabuhan Indonesia I (Pesero)
- Kontraktor : PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk
- Konsultan : PT. Artya Swascipta Rekayasa
- Lingkup Pekerjaan : - Pekerjaan Pendahuluan
  - Pekerjaan Sheet Pile di Perbatasan Fase 1 dan Dermaga Eksisting (Sistem Combiwall)
  - Pekerjaan Sheet Pile di belakang rencana Dermaga (Sistem SPSP)
  - Pekerjaan Dredging
  - Pekerjaan Concert Matras

### 3.2 Metodologi Penelitian

Metodologi perencanaan sheet pile diperlukan agar dalam perancangan dapat dilakukan secara urut dan runtut. Berikut ini metodologi perencanaan sheet pile yang berada di pelabuhan belawan :



Gambar 3 2 Diagram alir perencanaan sheet pile

### 3.3 Metode Perhitungan

#### 3.3.1 Studi literatur

Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan studi literatur. Hal ini bertujuan untuk memahami dasar teori dan Penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penyelesaian masalah

#### 3.3.2 Pengumpulan Data Awal

Data awal yang digunakan dalam penulisan tugas akhir merupakan data Sekunder yang diperoleh dari hasil penelitian dan pengukuran yang ada. Data tersebut adalah sebagai berikut

1. Data Gambar Rencana
2. Data Struktur (Sheet Pile)
3. Tinggi Muka Air ( Pasang/Surut)
4. Data Pengerukan
5. Dokumentasi Pengukuran

#### 3.3.3 Perhitungan beban

Perhitungan beban sebagaimana dimaksud untuk mengetahui beban-beban apa saja yang mengenai sheet pile. Beban-beban tersebut diantaranya adalah beban Tekanan Hidrostatik serta beban tanah aktif dan tanah pasif.

#### 3.3.4 Perhitungan Sheet Pile

Setelah mengetahui besaran beban-beban yang mengenai Sheet Pile. Selanjutnya yaitu menghitung atau merencanakan sheet pile yang akan digunakan. Mulai dari menghitung kedalaman pemancangan, Penentuan tipe sheet pile yang akan digunakan serta Deformasi Izin yang akan terjadi untuk mengetahui keamanan struktur sheet pile. Selain itu juga diperhitungkan kekuatan sambungan pengelasan sheet pile

### 3.3.5 Tumpuan Jepit

Tumpuan dianggap berada pada fixity point ( $Z_f$ ) atau dapat dianggap bahwa tiang pancang berada dalam keadaan tejepit penuh . Kedalaman titik jepit virtual diperoleh dengan menganggap bahwa 3D dibawah seabed masih bergoyang/terganggu. Maka tiang sudah terjepit penuh diperkirakan yaitu pada kedalaman 6D dari seabed.

### 3.3.6 Menghitung Deformasi

Setelah menentukan letak titik jepit,selanjutnya menentukan deformasi pada sheet pile.Perhitungan deformasi dimaksud untuk mengetahui kekuatan struktur terhadap deformasi izin yang telah disepakati sebelumnya.Dari letak titik jepit akan diperoleh deformasi yang bervariasi dan diperoleh tipe sheet pile yang lebih efektif.

### 3.3.7 Analisa Hasil dan Pembahasan

Setelah tahap perhitungan diatas dilakukan,kemudian dari hasil tersebut akan dianalisa perilaku teknis dari beberapa tipe sheet pile.Perilaku teknis dari sheet pile ini meliputi Peletakan titik jepit, moment, deformasi serta tegangan yang bekerja pada struktur.Sehingga dari hasil analisa tersebut dapat diperoleh pemilihan tipe sheet pile yang lebih efektif dengan cara membandingkan letak titik jepit dan defleksi Horizontal tiang pancang .

### 3.3.8 Analisa Hasil dan Pembahasan

Dari analisa hasil penelitian kemudian akan ditarik kesimpulan yang diharapkan dapat menjawab tujuan dari penelitian.Selanjutnya akan diberikan saran untuk peneliti selanjutnya maupun pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan