



JCEBT

(Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>

Analisa Perancangan Dinding Turap pada Proyek Pembangunan Dermaga di Belawan International Container Terminal

Design Analysis of Sheet Piles at Project of Wharf Construction on Belawan International Container Terminal

*Fachriyan Chalid, Kamaluddin Lubis

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Medan Area, Indonesia

*Corresponding author: ponelglyph@gmail.com

Abstrak

Perencanaan dinding turap yang dilakukan pada proyek pembangunan dermaga di Belawan International Container Terminal ini adalah perencanaan dinding turap kantilever yang direkomendasikan untuk dinding dengan ketinggian sedang, dimana turap kantilever ini dipancangkan pada tanah berpasir. Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa perancangan dinding turap pada proyek pembangunan dermaga di Belawan International Container Terminal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui profil dimensi dinding turap yang digunakan untuk menahan masuknya air kedalam lubang galian dalam pembangunan dermaga di Belawan International Container Terminal. Metode yang digunakan yang digunakan pada perancangan dinding turap adalah metode perhitungan turap kantilever pada tanah berpasir yang didasarkan pada teori tekanan tanah Rankine. Berdasarkan hasil pembahasan perancangan dinding turap, maka dapat disimpulkan bahwa kedalaman pemancangan dinding turap (Daktual) adalah 9,7 m dan dengan hasil section modulus sebesar 2197,77 cm³ tiap lebar dinding turap (m), maka profil turap baja yang bisa digunakan adalah Profil U tipe FSP-IV dengan panjang 18 m yang berukuran W = 400 mm, h = 170 mm, t = 15,5 mm. Tipe ini dipilih karena memiliki momen lawan sebesar 2270 cm³ tiap lebar dinding turap (m) yang berarti lebih besar dari hasil momen lawan yang telah direncanakan, sehingga dapat menahan momen yang telah direncanakan.

Kata Kunci : Dinding turap; turap kantilever; kedalaman pemancangan; profil turap

Abstract

Planning of sheet pile wall undertaken on a dock construction project at Belawan International Container Terminal is cantilever wall that recommended for medium-height walls, where the cantilever wall is fixed on sandy soil. The purpose of this study is to analyze the design of sheet pile wall on a dock construction project at Belawan International Container Terminal. The purpose of this research is to find out the dimension wall profile of plaster used to withstand water entry into the excavation pit in dock construction at Belawan International Container Terminal. The method used in the design of plaster walls is a cantilever wall calculation method on sandy soils based on the Rankine soil pressure theory. Based on the result of the discussion of sheet pile wall design, it can be concluded that the depth of sheet pile wall (Daktual) is 9.7 m with the modulus section of 2197,77 cm³ per width of sheet pile wall (m), the steel sheet pile profile that can be used is Profile U type FSP-IV with a length of 18 m, with the size W = 400 mm, h = 170 mm, t = 15.5 mm. This type is chosen because it has an opponent moment of 2270 cm³ per width of the sheet pile wall (m) which means greater than the result of a planned opponent moment, so it can withstand the moment that has been planned.

Keywords : Sheet pile wall; cantilever wall; depth of embedment; steel sheet pile profile

How to Cite: Chalid, F, Kamaluddin, L. Analisa Perancangan Dinding Turap (Sheet Piles) pada Proyek Pembangunan Dermaga di Belawan International Container Terminal, *JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)*. 2 (2):September 2018: 50-59

PENDAHULUAN

Dinding turap (*sheet piles*) merupakan dinding yang dibuat memakai tiang pancang khusus yang terbuat dari baja, tiang ini dibentuk agar dapat dipancang dalam deretan dan sekaligus setiap tiang dihubungkan dengan tiang di sampingnya. Dengan demikian, deretan tiang ini merupakan dinding yang hampir tidak dapat dilalui oleh air di dalam tanah (Wesley, 2012).

Perencanaan dinding turap yang dilakukan pada proyek pembangunan dermaga di Belawan International Container Terminal ini adalah perencanaan dinding turap kantilever yang merupakan dinding yang berdiri bebas (*free standing*). Turap ini direkomendasikan untuk dinding dengan ketinggian sedang, dimana turap kantilever ini dipancang pada tanah berpasir.

Dinding-dinding turap pada umumnya bergantung kepada tahanan pasif tanah untuk mempertahankan keseimbangan. Persoalan dengan turap adalah untuk menentukan kedalaman turap yang harus dipancang supaya stabil dan ekonomis (Smith, 1992).

Untuk memperoleh kestabilan turap, perlu diadakan perhitungan secara tepat mengenai dimensi turap sebelum turap dipasang (Surendro, 2015). Dalam perencanaan dinding turap juga perlu diperhatikan aspek geoteknik mengenai perencanaan konstruksi dinding turap tersebut untuk menjaga kestabilan tanah dan mencegah keruntuhan konstruksi akibat tekanan tanah. Karena itu sangat penting untuk merencanakan dinding turap dengan baik untuk keamanan dan kestabilannya demi mencegah hal-hal yang merugikan.

Terdapat banyak faktor yang menentukan dalam perencanaan dinding turap ini seperti berat jenis tanah kondisi lapangan dan kondisi kering, nilai kohesi tanah, sudut geser tanah, dan data lainnya

dari hasil pengujian tanah di laboratorium. Hal inilah yang melatarbelakangi penulis untuk mengangkat judul mengenai perencanaan dinding turap sebagai skripsi sesuai kebutuhan konstruksi, dengan kondisi tanah yang berpasir dan dengan ketinggian rencana dinding turap 8 m diatas garis galian, serta menggunakan jenis dinding turap kantilever.

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa perancangan dinding turap (*sheet pile walls*) pada proyek pembangunan dermaga di Belawan International Container Terminal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui profil dimensi dinding turap yang digunakan untuk menahan masuknya air kedalam lubang galian dalam pembangunan dermaga di Belawan International Container Terminal.

Adapun rumusan masalah yang digunakan pada tugas akhir ini adalah data tanah yang ditinjau adalah tanah berpasir hasil dari laboratorium mekanika tanah, jenis dinding turap yang direncanakan adalah dinding turap kantilever, dan ketinggian rencana dinding turap yang akan digunakan dalam perancangan adalah 8 m diatas garis galian.

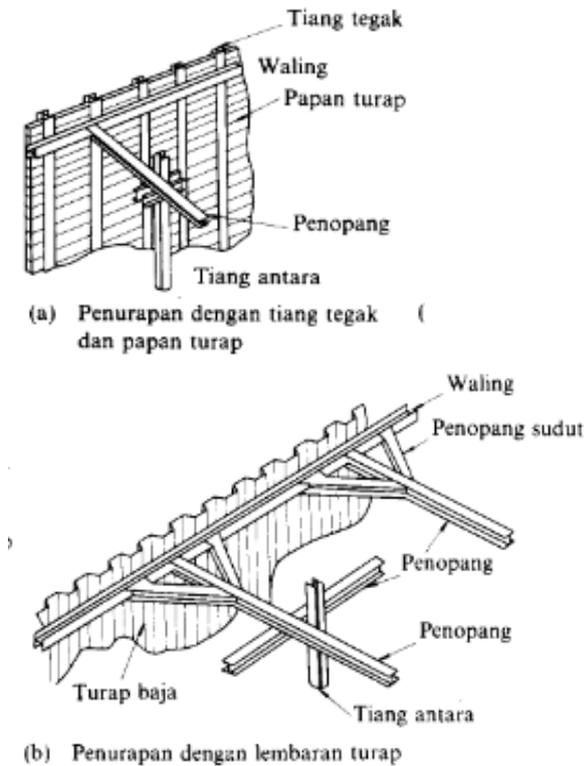
Dinding Turap (*Sheet Piles*)

Menurut (Nakazawa, 2000), turap adalah konstruksi yang dapat menahan tekanan tanah di sekelilingnya, mencegah terjadinya kelongsoran, dan biasanya terdiri dari dinding turap dan penyangganya seperti pada Gambar 1.

Menurut (Simatupang, 2008), tiang-tiang turap (*sheet piles*) sering digunakan untuk membangun sebuah dinding yang berfungsi sebagai penahan tanah, yang bisa berupa konstruksi berskala besar maupun kecil. Sebagai contoh dapat dilihat pada konstruksi dinding turap (*sheet pile walls*) yang mengarah ke pantai yang dapat berupa sebuah dermaga atau sebuah fasilitas dok kapal. Dinding turap, oleh karena fungsinya sebagai penahan tanah, maka konstruksi ini digolongkan juga

sebagai jenis lain dari dinding penahan tanah (*retaining walls*).

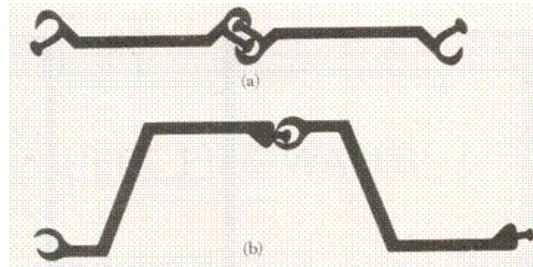
Perbedaan mendasar antara dinding turap dan dinding penahan tanah terletak pada keuntungan penggunaan dinding turap pada kondisi tidak diperlukannya pengeringan air (*dewatering*).



Gambar 1. Contoh Penurapan

Turap Baja

Tiang turap baja di USA adalah sekitar 10 - 13 mm tebal. Penampang tiang turap yang berasal dari Eropa bisa lebih tipis tetapi lebih lebar. Penampang tiang bisa berbentuk Z, lengkung dalam (*deep arch*), lengkung rendah (*low arch*), atau sayap lurus (*straight web*). Sambungan pada tiang turap dibentuk seperti jempol-telunjuk atau bola-keranjang untuk hubungan yang ketat untuk menahan air. Gambar 2(a) memperlihatkan diagram skematik untuk hubungan sambungan jempol-telunjuk untuk penampang sayap lurus. Sedangkan tipe sambungan bola-keranjang untuk penampang Z diberikan pada gambar 2(b).



Gambar 2. Hubungan Tiang Turap: (a) Jenis Jempol-Telunjuk (b) Jenis Bola-Keranjang

Menurut (Bowles, 1999), tiang turap baja sangat baik digunakan karena daya tahannya terhadap tegangan yang tinggi selama penyorongan ke dalam tanah yang keras dan mudah menambah panjang tiang pancang, baik dengan pengelasan atau dengan pemasangan baut. Tiang ini juga relatif ringan dan dapat digunakan kembali (penggunaan yang berulang-ulang). Oleh karena itu turap baja sering dipakai untuk pemakaian sementara. Turap sementara dipakai ketika dilakukan penggalian, misalnya dalam pembuatan gorong-gorong. Setelah gorong-gorong berada pada kedudukan yang direncanakan, turap dicabut dan penggalian ditimbun kembali. Konstruksi sementara sering juga dipakai pada bendungan elak (*cofferdam*). Bendungan elak ini dibangun untuk melaksanakan proses dewatering selama konstruksi berlangsung.

Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan sifat-sifat penampang tiang turap baja. Tegangan lentur rencana yang diijinkan untuk tiang turap baja diberikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Tegangan Ijin Penampang Tiang Baja

Jenis baja	Tegangan ijin (MN/m ²)
ASTM A-328	170 (≈ 25000 lb/in. ²)
ASTM A-572	210 (≈ 30000 lb/in. ²)
ASTM A-690	210 (≈ 30000 lb/in. ²)

Sumber: Modul Jenis Turap Kantilever,

Tabel 2. Sifat-Sifat Penampang Tiang Baja Profil Bentuk U

PROFIL BENTUK U

JIS.

Profil	Ukuran			Luas penampang		Titik berat		Berat		Momen inersia		Jari-jari inersia		Momen lawan	
	W	h	t	per-profil	per-lebar	C	per-profil	per-lebar	per-profil	per-lebar	per-profil	per-lebar	per-profil	per-lebar	
	mm	mm	mm	cm ²	cm ² /m	cm	kg/m	kg/m	cm ⁴	cm ⁴ /m	cm	cm	cm ³	cm ³ /m	
	in	in	in	in ²	in ² /ft	in	lbs/ft	lbs/ft	in ⁴	in ⁴ /ft	in	in	in ³	in ³ /ft	
YSP-I	400	75	8.0	46,49	116,21	1,15	1,44	2,64	36,5	91,2	429	3,820	3,04	66,4	509
YSP-U5	400	80	7,6	45,21	113,01	1,17	1,47	2,78	35,5	88,8	454	4,220	3,17	64,7	527
FSP-1A	400	85	8,0	45,21	113,01	1,21	1,51	3,45	33,5	88,8	598	4,500	3,64	88,0	529
YSP-II	400	100	10,5	61,18	153,01	1,24	1,55	3,62	48,0	120	986	8,690	4,01	121	869
FSP-II	400	100	10,5	61,18	153,01	1,33	1,66	4,04	48,0	120	1,240	8,740	4,50	152	874
YSP-III	400	125	13,0	76,42	191,01	1,33	1,66	4,72	60,0	150	1,920	16,400	5,01	196	1,310
FSP-III	400	125	13,0	76,42	191,01	1,44	1,80	4,90	60,0	150	2,220	16,800	5,39	223	1,340
YSP-IV	400	150	15,5	96,99	242,51	1,47	1,84	5,85	76,1	190	3,690	31,900	6,15	311	2,060
FSP-IV	400	150	15,5	96,99	242,51	1,61	2,01	6,45	76,1	190	4,670	38,600	6,94	362	2,270
YSP-U23	400	175	14,7	84,21	213,51	1,56	1,94	6,51	74,0	185	4,380	39,400	6,81	330	2,250
FSP-IVA	400	185	16,1	94,21	235,11	1,57	1,96	7,45	74,0	185	5,300	41,600	7,50	400	2,250
YSP-V	420	175	22,0	134,03	319,01	1,59	1,99	6,15	105	250	5,950	55,200	6,67	433	3,150
FSP-VL	500	200	24,3	153,82	376,01	1,75	2,19	6,94	105	250	7,960	65,000	7,71	520	3,150
FSP-VIL	500	225	27,6	153,03	396,01	1,83	2,29	8,09	120	240	11,400	65,000	8,63	680	3,820

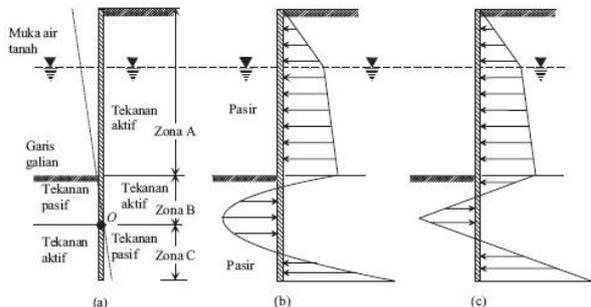
Sumber: Buku Teknik Sipil, KH V. Sunggono, 1995

Turap Kantilever

Menurut (Craig, 1987), dinding turap kantilever hanya dipakai bila tanah yang akan ditahan tidak terlalu tinggi. Pada pasir dan kerikil, turap kantilever mungkin dipakai sebagai struktur permanen, namun pada umumnya dimanfaatkan untuk penyangga sementara. Stabilitas dinding turap kantilever ini seluruhnya diakibatkan oleh tekanan pasif yang timbul di bawah permukaan tanah yang lebih rendah. Cara keruntuhannya berupa suatu rotasi terhadap titik O di dekat ujung bawah dinding. Akibatnya, tekanan pasif di depan dinding bekerja di atas titik O dan tekanan pasif di belakang dinding bekerja di bawah titik O, sehingga hal ini melengkapi momen jepit yang terjadi seperti yang terlihat pada Gambar 3(a). Pada dinding ini, turap berperilaku seperti sebuah balok lebar kantilever di atas garis galian.

Prinsip dasar untuk menghitung distribusi tekanan tanah lateral tiang turap kantilever dapat dijelaskan dengan bantuan Gambar 3, yang menunjukkan perilaku leleh dinding kantilever yang tertanam pada lapisan pasir di bawah garis galian. Dinding berputar pada titik O. Oleh karena adanya tekanan hidrostatik pada masing-masing sisi dinding, maka tekanan ini akan saling menghilangkan, dengan demikian yang diperhitungkan hanya tekanan tanah lateral efektif saja.

Pada Zona A, tekanan lateral hanyalah tekanan tanah aktif saja yang berasal dari tanah sebelah di atas garis galian. Sementara pada Zona B, oleh karena pelenturan dinding di daerah ini, maka bekerja tekanan tanah lateral aktif dari bagian tanah sebelah atas garis galian dan tekanan tanah pasif di bawah garis galian di sebelah air. Kondisi pada Zona B ini akan berkebalikan dengan Zona C, yaitu di bawah titik rotasi O. Distribusi tekanan tanah bersih ditunjukkan pada Gambar 3(b), namun untuk penyederhanaan biasanya Gambar 3(c) akan digunakan dalam perencanaan.



Gambar 3. Tiang Turap Kantilever Tertanam pada Pasir

Pada bagian berikut akan diberikan sejumlah formula matematis untuk analisis dinding turap kantilever. Namun perlu diperhatikan bahwa analisis ini berlaku untuk konstruksi yang sebelahnyanya menghadap air. Dan permukaan air biasanya akan berfluktuasi sebagai akibat pasang surut, oleh karena itu harus hati-hati dalam menentukan pengaruh air pada diagram tekanan bersih.

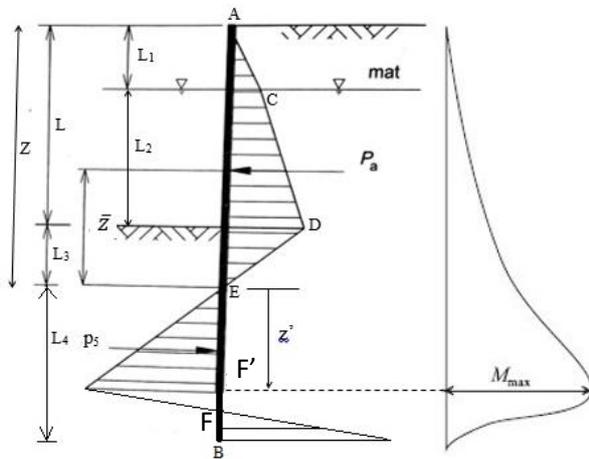
Turap Kantilever pada Pasir

Untuk mengembangkan hubungan untuk kedalaman penanaman tiang turap

yang dibutuhkan di dalam tanah granular perhatikanlah Gambar 4. Tanah yang akan ditahan oleh dinding turap, berada di atas garis galian, adalah juga tanah granular. Permukaan air tanah berada pada kedalaman L_1 dari puncak tiang. Ambillah sudut gesek pasir sebagai ϕ . Intensitas tekanan aktif pada kedalaman L_1 dapat dinyatakan sebagai,

$$p_1 = 0,5 \gamma K_a L_1^2 \quad (1)$$

dimana, K_a adalah koefisien tekanan tanah aktif Rankine ($\tan^2(45 - \phi/2)$) dan γ adalah berat isi tanah diatas muka air.

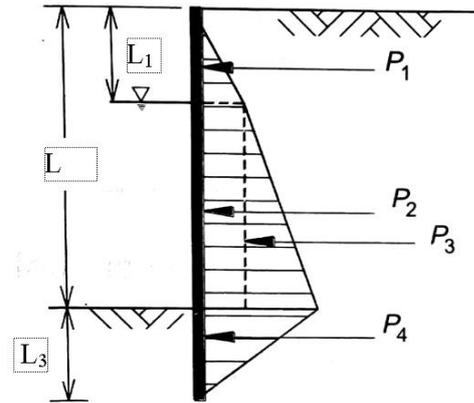


Gambar 4. Tiang Turap Kantilever Tertanam pada Pasir, Variasi Diagram Tekanan Bersih dan Variasi Momen

Dengan cara yang sama, tekanan aktif pada kedalaman L_1+L_2 (yaitu pada kedalaman muka galian) adalah sama dengan

$$p_2 = \gamma L_1 K_a (L - L_1) \quad (2)$$

$$p_3 = 0,5 \gamma' K_a (L - L_1)^2 \quad (3)$$



Gambar 5. Tekanan Tanah Aktif pada Turap

Perlu dicatat bahwa pada kedalaman garis galian, tekanan hidrostatik dari kedua arah dinding adalah sama dan oleh karena itu akan saling menghilangkan. Untuk menentukan tekanan tanah bersih di bawah garis galian hingga pada titik rotasi O , seperti ditunjukkan pada Gambar 3(a) sebelumnya, haruslah dipertimbangkan bahwa tekanan pasif bekerja dari sebelah kiri (sebelah air) ke arah sebelah kanan (sebelah tanah) dan juga tekanan aktif bekerja dari sebelah kanan ke sebelah kiri dinding. Maka tekanan lateral bersih dapat ditentukan sebagai,

$$\begin{aligned} p &= p_a - p_p \\ &= (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a - \gamma' \\ &\quad (z - L_1 - L_2) (K_p - K_a) \\ &= p_2 - \gamma' (z - L) (K_p - K_a) \end{aligned} \quad (4)$$

dimana $L = L_1 + L_2$.

Tekanan bersih p menjadi sama dengan nol pada kedalaman L_3 di bawah garis galian;

$$\begin{aligned} p_2 - \gamma' (z - L) (K_p - K_a) &= 0 \text{ atau} \\ (z - L) &= L_3 = \frac{p_2}{\gamma' (K_p - K_a)} \end{aligned} \quad (5)$$

Setelah didapat nilai L_3 dari persamaan (5), maka dapat ditentukan nilai p_4 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut,

$$p_4 = 0,5 (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a L_3 \quad (6)$$

Pada dasar tiang turap, tekanan pasif (pp) bekerja dari kanan ke kiri, dan tekanan aktif bekerja dari kiri ke kanan, sehingga,

$$p_p = (\gamma L_2 + \gamma' L_2 + \gamma' D) K_p \quad (7)$$

pada kedalaman yang sama

$$p_a = \gamma' D K_a \quad (8)$$

Maka, tekanan lateral bersih pada dasar turap adalah sama dengan,

$$p_5 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_p + \gamma' L_3 (K_p - K_a) \quad (9)$$

Dimana

$$D = L_3 + L_4 \quad (10)$$

Dengan menggunakan sebuah persamaan berderajat 4 maka akan diperoleh L4 dengan cara coba-coba.

$$L_4^4 + A_1 L_4^3 - A_2 L_4^2 - A_3 L_4 - A_4 = 0 \quad (11)$$

dimana,

$$A_1 = \frac{p_5}{\gamma' (K_p - K_a)} \quad (12)$$

$$A_2 = \frac{8p}{\gamma' (K_p - K_a)} \quad (13)$$

$$A_3 = \frac{6P[2\bar{z}\gamma' (K_p - K_a) + p_5]}{\gamma'^2 (K_p - K_a)^2} \quad (14)$$

$$A_4 = \frac{P(6\bar{z}\gamma' p_5 + 4P)}{\gamma'^2 (K_p - K_a)^2} \quad (15)$$

Prosedur menentukan diagram tekanan, berdasarkan teori yang diberikan sebelumnya, berikut ini adalah prosedur langkah demi langkah untuk menentukan diagram tekanan yang dibutuhkan untuk mendapatkan kedalaman tiang turap kantilever pada tanah-tanah granular.

Hitung K_a dan K_p

Hitung p_1 (pers. 1), p_2 (pers. 2), dan p_3 (pers. 3), dengan catatan L_1 dan L_2 sudah diketahui

Hitung L_3 (pers. 5)

Hitung p_4 (pers. 6)

Hitung P, dengan menjumlahkan nilai $p_1, p_2, p_3,$ dan p_4 .

Hitung \bar{z} (yaitu pusat tekanan untuk luasan ACDE) dengan mengambil momen di E

Hitung p_5 (pers. 9)

Hitung $A_1, A_2, A_3,$ dan A_4 (pers. 12 - pers. 15)

Selesaikan pers. 11 dengan cara coba-coba untuk mendapatkan nilai L_4

Menentukan kedalaman teoritis (pers. 10) penetrasi tiang turap sebagai $L_3 + L_4$. Kedalaman aktual penetrasi tiang turap dapat ditentukan dengan menaikkan besaran kedalaman teoritis sebesar 20 - 30 %.

Menghitung momen lentur maksimum, variasi diagram momen untuk dinding turap kantilever diperlihatkan pada Gambar 4. Momen maksimum akan terjadi antara titik E dan F. Untuk menentukan momen maksimum M_{max} per satuan panjang dinding, maka terlebih dahulu harus ditentukan sebuah titik dimana gaya geser (gaya lintang) sama dengan nol. Dengan memakai suatu acuan jarak baru z' (dengan titik asal pada E) untuk gaya geser sama dengan nol berlaku,

$$P = \frac{1}{2} (z')^2 (K_p - K_a) \gamma' \quad (16)$$

$$z' = \sqrt{\frac{2P}{(K_p - K_a) \gamma'}}$$

Sekali titik dimana gaya geser sama dengan nol dapat ditentukan F' pada Gambar 4, maka besarnya momen maksimum dapat diperoleh dari pers. (17) sebagai berikut,

$$M_{max} = P(\bar{z} + z') - \left[\frac{1}{2} \gamma' z'^2 (K_p - K_a) \right] \left[\frac{1}{3} z' \right] \quad (17)$$

Ukuran profil tiang turap yang dibutuhkan kemudian dapat dibuat dengan mengacu kepada tegangan lentur izin bahan yang digunakan, atau

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{all}} \quad (18)$$

dimana,

S = modulus penampang (*section modulus*) tiang turap yang dibutuhkan per satuan panjang struktur.

σ_{all} = tegangan lentur ijin tiang turap.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitaian dilakukan pada Proyek Reklamasi, The Development of Port Belawan-Phase 1, Dermaga Belawan International Container Terminal.

Waktu penelitian direncanakan berlangsung selama 3 bulan, terhitung dari bulan Mei sampai Juli 2017.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan teori dan rumus Rankine mengenai tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif dari beberapa modul mengenai turap kantilever. Data-data yang diperoleh dari hasil laboratorium akan diambil untuk dijadikan bahan dalam menganalisis data.

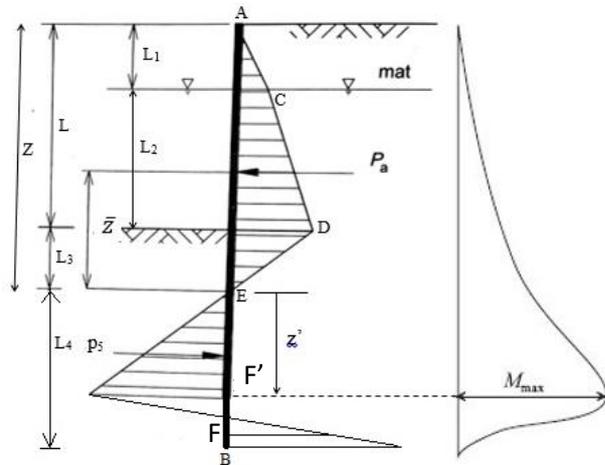
Untuk memudahkan perhitungan dan untuk kelengkapan kajian pustaka maka analisis data dilakukan menggunakan AutoCad, Microsoft Word, Microsoft Excel, serta beberapa Literatur dari buku mekanika tanah.

Pengumpulan data di lapangan harus dilakukan dengan cara seteliti mungkin agar diperoleh data akurat dan memenuhi. Data yang dibutuhkan untuk proses perhitungan akan langsung diminta kepada pihak Kontraktor atau Konsultan yang mengerjakan proyek. Ada beberapa data yang akan dikumpulkan untuk kebutuhan skripsi ini. Diantaranya adalah data hasil laboratorium mekanika tanah dan data hasil *boring* di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam mendesain turap, data tanah yang harus diketahui adalah nilai berat volume (γ), nilai kohesi (C), dan nilai sudut geser (ϕ), dan kondisi

tanah timbunan yang berada di belakang dinding kantilever.



Gambar 6. Perencanaan Turap

Dalam Gambar 6 telah diketahui kondisi tanah timbunan yang berada di belakang dinding turap adalah tanah berpasir (nilai $C = 0$) dan data tanah yang diperlukan dalam perhitungan dinding turap kantilever pada tanah berpasir ini pun telah diketahui sebagaimana dijelaskan di bawah ini,

$L_1 = 1,25 \text{ m}$	$C = 0$
$L_2 = 6,75 \text{ m}$	$\phi' = 35^\circ$
$\gamma = 13,2 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_{sat} = 15 \text{ kN/m}^3$
$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$	$\gamma = 9,81 \text{ kN/m}^3$
$= 15 - 9,81$	
$= 5,19 \text{ kN/m}^3$	

Berdasarkan data-data di atas, maka dapat dihitung gaya yang bekerja pada turap yang terdiri dari koefisien tekanan tanah aktif dan pasif, perhitungan tegangan aktif pada tanah, sehingga dapat dihitung kedalaman dan profil dinding turap.

$$\frac{\tan^2(45 - \phi'/2)}{\tan^2(45 + \phi'/2)} \quad \begin{matrix} 0, \\ a \\ 3, \\ p \end{matrix}$$

maka, $K_p - K_a = 3,69 - 0,27 = 3,42$

p_1	$0,5 \gamma K_a L_1^2$	$2,$
(kN/m)		784

p_2 (kN/m)	$\gamma L_1 K_a (L - L_1)$	3 0,071
p_3 (kN/m)	$0,5 \gamma' K_a (L - L_1)^2$	3 1,923
p_4 (kN/m)	$0,5 (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a L_3$	5, 426

dimana,

$$L_3 = \frac{(\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a}{\gamma' (K_p - K_a)}$$

$$L_3 = \frac{13,92}{(5,19 \times 3,42)}$$

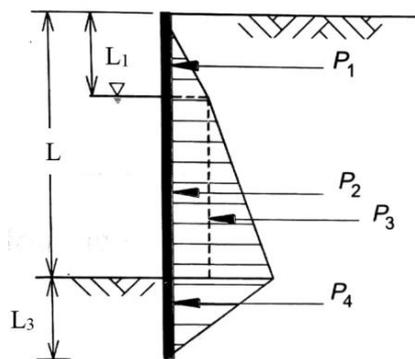
$$L_3 = 0,78 \text{ m}$$

Berdasarkan Gambar 7, dapat dilihat bahwa tekanan tanah aktif merupakan hasil penjumlahan semua tegangan tanah aktif, dimana L_3 sama dengan a pada gambar diatas dan H adalah penjumlahan L_1 dan L_2 , sehingga nilainya dapat diperoleh melalui perhitungan di bawah ini,

$$P = p_1 + p_2 + p_3 + p_4$$

$$P = 2,784 + 30,071 + 31,923 + 5,426$$

$$P = 70,204 \text{ kN/m}$$



Gambar 7. Tekanan Tanah Aktif pada Turap.

$$\bar{z} = \frac{p_1 \left(L_1 + L_2 + \frac{L_3}{3} \right) + p_2 \left(L_3 + \frac{L_2}{2} \right)}{P} + \frac{p_3 \left(L_3 + \frac{L_2}{3} \right) + p_4 \left(L_3 \times \frac{2}{3} \right)}{P}$$

$$\bar{z} = \frac{22,996 + 124,945 + 96,727 + 2,821}{70,204}$$

$$\bar{z} = 3,525 \text{ m}$$

$$p_5 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_p + \gamma' L_3 (K_p - K_a)$$

$$p_5 = ((13,2 \times 1,25) + (5,19 \times 6,75)) 3,69 + (5,19 \times 0,78 (3,42))$$

$$p_5 = 204 \text{ kN/m}^2$$

	$\frac{P_5}{\gamma' (K_p - K_a)}$	1 1,5
	$\frac{8P}{\gamma' (K_p - K_a)}$	3 1,6
	$\frac{6P(2\bar{z}\gamma' (K_p - K_a) + p_5)}{\gamma'^2 (K_p - K_a)^2}$	4 40,05
	$\frac{P(6\bar{z}p_5 + 4P)}{\gamma'^2 (K_p - K_a)^2}$	1 024

maka,

$$L_4^4 + A_1 L_4^3 - A_2 L_4^2 - A_3 L_4 - A_4 = 0$$

Dengan cara coba-coba diperoleh nilai L_4 adalah 6,6555 m

$$L_5 = \frac{p_3 L_4 - 2P}{p_3 + p_4}$$

$$L_5 = \frac{(31,923 \times 6,6555) - (2 \times 70,204)}{31,923 + 5,426}$$

$$L_5 = 1,93 \text{ m}$$

Maka, kedalaman teoritis (D_{teoritis}) dapat diperoleh dengan menjumlahkan nilai L_3 dan L_4 . Kedalaman actual (D_{aktual}) diperoleh dengan mengasumsikan nilainya 1,3 kali D_{teoritis} .

$$D_{\text{teoritis}} = L_3 + L_4$$

$$D_{\text{teoritis}} = 0,78 + 6,6555$$

$$D_{\text{teoritis}} = 7,4355 \text{ m}$$

$$D_{\text{aktual}} = 1,3D_{\text{teoritis}}$$

$$D_{\text{aktual}} = 1,3 \times 7,4355$$

$$D_{\text{aktual}} = 9,66615 \cong 9,7 \text{ m}$$

Sehingga, total panjang dinding turap adalah:

$$L_1 + L_2 + D_{\text{aktual}} = 1,25 + 6,75 + 9,7$$

$$= 17,7 \cong 18 \text{ m}$$

Untuk menentukan momen maksimum (M_{max}) per satuan panjang dinding, maka terlebih dahulu harus ditentukan nilai z' (dengan titik asal E) yang merupakan suatu acuan untuk gaya geser sama dengan nol.

$$z' = \sqrt{\frac{2P}{(K_p - K_a)\gamma'}}$$

$$z' = \sqrt{\frac{2 \times 70,204}{5,19(3,69 - 0,27)}}$$

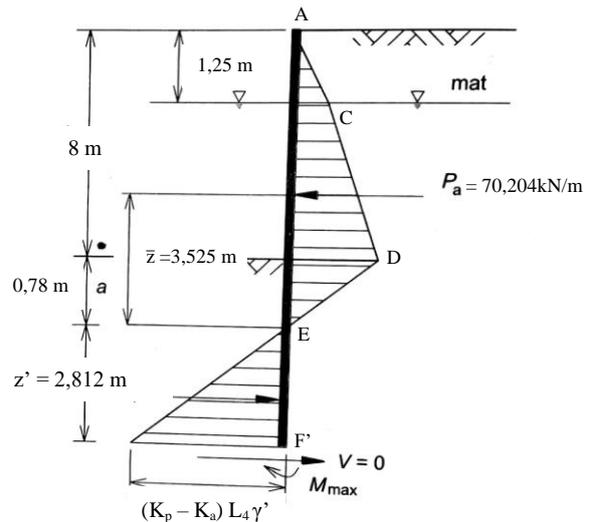
$$z' = 2,812 \text{ m}$$

Momen maksimum akan terjadi di antara titik E dan F' dan nilai M_{max} diperoleh pada gaya lintang sama dengan nol. Dari $\Sigma M_{F'} = 0$ diperoleh persamaan berikut,

$$M_{\text{max}} = P \left(\bar{z} + \frac{2}{3}z' \right)$$

$$M_{\text{max}} = 70,204 (3,525 + 1,875)$$

$$M_{\text{max}} = 379,102 \text{ kNm}$$

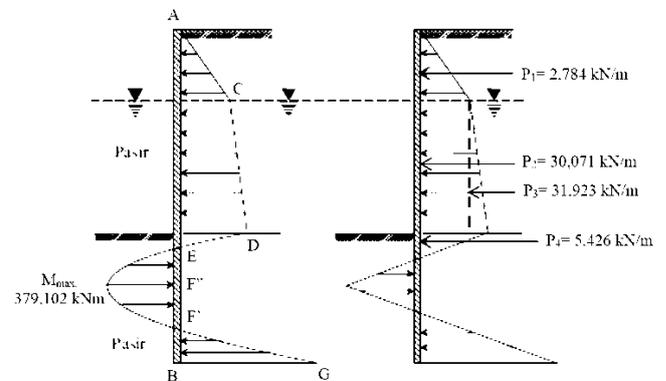


Gambar 8. Gaya-Gaya pada Turap di atas Titik dengan Gaya Lintang Nol

dengan mengambil nilai $\sigma_{\text{all}} = 172,5 \text{ MPa} = 172500 \text{ kN/m}^2$, maka didapat nilai section modulus (S) dengan persamaan berikut,

$$S = \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_{\text{all}}} = \frac{379,102}{172500}$$

$$= 0,002197692754 \text{ m}^3 \cong 2197,77 \text{ cm}^3$$



Gambar 9. Diagram Momen dan Tekanan Tanah pada Tiang Turap Kantilever dalam Pasir

dengan hasil section modulus sebesar $2197,77 \text{ cm}^3$ tiap lebar dinding turap (m), maka berdasarkan Tabel 2, profil turap baja yang bisa digunakan adalah Profil U tipe FSP-IV dengan panjang 18 m yang berukuran $W = 400 \text{ mm}$, $h = 170 \text{ mm}$, $t = 15,5 \text{ mm}$, dan momen lawan sebesar 2270 cm^3 tiap lebar dinding turap (m).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan perancangan dinding turap, maka dapat disimpulkan bahwa kedalaman pemancangan dinding turap (D_{aktual}) adalah 9,7 m dan dengan hasil section modulus sebesar $2197,77 \text{ cm}^3$ tiap lebar dinding turap (m), maka profil turap baja yang bisa digunakan adalah Profil U tipe FSP-IV dengan panjang 18 m yang berukuran $W = 400 \text{ mm}$, $h = 170 \text{ mm}$, $t = 15,5 \text{ mm}$. Tipe ini dipilih karena memiliki momen lawan sebesar 2270 cm^3 tiap lebar dinding turap (m) yang berarti lebih besar dari hasil momen lawan yang telah direncanakan, sehingga dapat menahan momen yang telah direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E., (1999), *Analisis dan Desain Pondasi Jilid II*, Erlangga, Jakarta.
- Craig, R. F. dan Soepandji, Budi Susilo, (1987), *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., (2017), *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., (2015), *Analisis dan Perancangan Fondasi II*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- KH, V. Sunggono, (1995), *Buku Teknik Sipil*, Nova, Bandung.
- Nakazawa, Kazuto dan Sosrodarsono, Suyono, (2000), *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Simatupang, Pintor Tua, (2008), *Modul Jenis Turap Kantilever*, Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Smith, M. J. dan Madyayanti, Elly, (1992), *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Surendro, Bambang, (2015), *Rekayasa Fondasi (Teori dan Penyelesaian Soal)*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Wesley, Laurence D., (2012), *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*, Andi, Yogyakarta.
- Juli.