

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perencanaan Talud Bronjong

Perencanaan talud pada embung memanjang menggunakan bronjong. Bronjong adalah kawat yang dianyam dengan lubang segi enam, sebagai wadah batu yang berfungsi untuk tanggul penahan longsor. Langkah perencanaan yang dilakukan adalah, menguji stabilitas dari rencana urugan tanah dari bahaya longsor. Metode yang digunakan adalah metode irisan (*method of Slice*) yang dikemukakan oleh Fellenius yang digunakan untuk analisis pada saat kolam kosong.

3.1.1. Metode *Fellenius*

Analisis stabilitas lereng *Fellenius* menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada isi kanan kiri dari sembarang irisan mempunyai resultante nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Dengan anggapan bahwa keseimbangan arah vertikal dan gaya-gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori. Dari rencana urugan tanah dihitung faktor aman hitungan, kemudian dibandingkan dengan faktor aman minimum, yaitu 2. Cara menghitung faktor aman ditunjukkan dalam persamaan:

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} ca_1 + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \tan \phi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \dots\dots\dots (3-1)$$

Keterangan:

SF = faktor aman = 2

c = kohesi tanah (kN/m^2)

ϕ = sudut geser dalam tanah

a_i = panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-i (m)

W_i = berat irisan tanah ke-i (kN)

u_i = tekanan air pori pada irisan ke-i (kN/m^2)

θ_i = sudut yang dibentuk antara pusat irisan dengan garis horisontal tegak lurus pusat irisan

F hitungan > 2 , kesimpulan yang diperoleh adalah urugan tanah aman terhadap bahaya longsor.

3.2 Gaya yang Bekerja pada Bangunan

Gaya-gaya yang bekerja yang akan berdampak terhadap kestabilan bangunan, antara lain tekanan air (E_h), berat bangunan (W_b), energi aktif (E_a), dan energi pasif (E_p).

Dalam perencanaan bangunan apapun, untuk mengetahui aman atau tidaknya suatu bangunan yang telah direncanakan, maka perlu pengecekan terhadap kestabilan. Yang perlu dilakukan dalam pengecekan adalah, memperhitungkan faktor-faktor penyebab ketidakstabilan bangunan. Dalam perencanaan embung ini, terdapat empat penyebab runtuhnya bangunan, yaitu guling, geser, piping, dan daya dukung tanah.

3.2.1 Gaya vertikal yang bekerja pada bangunan

Gaya vertikal yang bekerja pada bangunan terdiri dari Gaya berat bangunan (W_b). Rumus ditunjukkan pada persamaan:

1. Gaya berat bangunan (Wb)

$$Wb = \text{volume bangunan} \times \gamma \text{ material} \dots\dots\dots (3-2)$$

Keterangan:

$$\gamma \text{ material pasangan batu pecah} = \pm 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma \text{ material pasangan batu belah} = \pm 2,2 \text{ ton/ m}^3$$

3.2.2 Gaya horizontal yang bekerja pada bangunan

Gaya horisontal yang bekerja pada bangunan terdiri dari gaya berat tekanan air (Eh), energi aktif (Ea), dan energi pasif (Ep). Rumus ditunjukkan pada persamaan:

1. Energi tekanan air (Eh)

$$Eh = 0,5 \times h \times \gamma_w \times h \dots\dots\dots (3-3)$$

Keterangan:

h = ketinggian muka air dari dasar (m)

2. Koefisien tanah aktif (ka)

$$ka = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \dots\dots\dots (3-4)$$

3. Koefisien tanah pasif (kp)

$$kp = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \dots\dots\dots (3-5)$$

3.3 Analisis Stabilitas Bangunan Air

3.3.1 Stabilitas terhadap guling

Agar bangunan aman terhadap guling, maka jumlah semua momen penahan bekerja pada embung harus lebih besar dari jumlah momen guling yang bekerja. Stabilitas terhadap guling adalah sebagai berikut:

$$\frac{\sum M_p}{\sum M_g} > SF \dots\dots\dots (3-6)$$

Keterangan:

M_p = Momen penahan guling (kNm)

M_g = Momen penyebab guling (kNm)

SF = angka aman (1,5).

3.3.2 Stabilitas terhadap geser

Dalam pemeriksaan kestabilan terhadap geser, harus dihitung terlebih dahulu gaya-gaya horisontal dan gaya-gaya vertikal yang bekerja pada bangunan. Gaya-gaya tersebut antara lain: tekanan aktif sebagai gaya pendorong, sedangkan tekanan pasif dan gaya berat bangunan itu sendiri sebagai gaya penahan. Setelah gaya-gaya yang bekerja didapatkan, selanjutnya menghitung momen akibat gaya yang bekerja. Pemeriksaan geser dilakukan saat ada aliran maupun tidak terdapat aliran.

$$\frac{\sum W \tan \theta + \sum E_p + E_h + A.c}{\sum E_a} \geq SF \dots\dots\dots (3-7)$$

Keterangan:

$\sum W$ = Total berat sendiri, (Kg)

$\sum E_p$ = Total Energi pasif, (kN)

ΣEa = Total Energi aktif, (kN)

E_h = Tekanan air, (kN)

C = Kohesi (Kg/m^2)

A = luas penampang alas (m^2)

3.3.3 Stabilitas terhadap daya dukung tanah

1. Daya dukung tanah ijin dihitung dengan menggunakan rumus Terzaghi

$$\bar{\sigma}_{ult} = \alpha c N_c + \gamma_1 z N_q + \beta \gamma_2 B N_\gamma \dots\dots\dots (3-8)$$

Keterangan:

$\bar{\sigma}_{ult}$ = daya dukung ultimate (kN/m^2)

c = kohesi, tegangan kohesi (kN/m^2) N_c , N_q , N_γ adalah faktor-faktor daya dukung tidak berdimensi, ditunjukkan pada tabel 3.1.

g = berat volume tanah (kN/m^3)

B = jarak telapak fondasi (m)

α dan β adalah faktor tak berdimensi, ditunjukkan pada tabel 3.2.

z = kedalaman pondasi di bawah permukaan (m)

Tabel 3.1. Nilai N_c , N_q , dan N_γ

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

sumber: Hardiyatmo, 2007

Tabel 3.2. Bentuk telapak fondasi

Bentuk	A	B
β Jalur/ strip	1,0	0,5
Bujur sangkar	1,3	0,4
Segi empat (B x H)	$1,09 + 0,21 B/L$	0,4

Bentuk	A	B
Lingkaran (diameter = B)	1,3	0,3

sumber: Hardiyatmo, 2007

2. Besarnya daya dukung izin dapat dihitung menggunakan persamaan

$$\bar{\sigma}_n = \frac{\bar{\sigma}_{ult}}{SF} + z + \gamma_b \dots \dots \dots (3-9)$$

Keterangan:

$\bar{\sigma}_n$ = daya dukung tanah nominal, (kN/m²)

$\bar{\sigma}_{ult}$ = daya dukung ultimate, (kN/m²)

SF = faktor keamanan (SF = 3)

γ = berat volume tanah, (kN/m³)

z = kedalaman pondasi di bawah permukaan, (m)

3. Tegangan yang bekerja akibat pondasi ($\bar{\sigma}_{bekerja}$)

$$\bar{\sigma}_{bekerja} = \frac{\Sigma V}{A} + \frac{M_y \times x}{I_y} + \frac{M_x \times y}{I_x} \dots \dots \dots (3-10)$$

Keterangan:

I_y = momen inersia pada sumbu y (m⁴)

4. Momen inersia (I)

$$I_y = \frac{1}{12} B \times L^3 \dots \dots \dots (3-11)$$

Kombinasi pembebanan yang bekerja pada bangunan, ditunjukkan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Kombinasi Pembebanan (PUBI 1982)

No	Kombinasi pembebanan	Kenaikan tegangan izin
1	M+H+K+T+Thn	0%
2	M+H+K+T+Thn+G	20%
3	M+H+K+T+Thb	20%
4	M+H+K+T+Thb+G	50%
5	M+H+K+T+Thb+Ss	30%

Keterangan:

M = beban mati

H = beban hidup

K = beban kejut

T = beban tanah

Thn = tekanan air normal

Thb = tekanan air banjir

- G = beban gempa
 Ss = pembebanan sementara selama pelaksanaan

3.3.4 Stabilitas terhadap erosi bawah tanah (*piping*)

Erosi bawah tanah (*piping*) sangat berbahaya, hal ini dapat mengakibatkan keruntuhan bangunan akibat naiknya dasar galian atau rekahnya pangkal hilir bangunan. Teori yang dapat digunakan untuk menghitung pengaman terhadap rembesan adalah Teori angka rembesan Lane. Dalam teori ini angka rembesan Lane, diandaikan bahwa bidang horizontal memiliki daya tahan terhadap aliran (rembesan) tiga kali lebih lemah dibandingkan dengan bidang vertikal.

$$CL = \frac{\Sigma L_V + \frac{1}{3}\Sigma L_H}{H} \dots\dots\dots (3-12)$$

Keterangan:

- CL : angka rembesan Lane, ditunjukkan pada tabel 3.4.
 ΣL_V : jumlah panjang vertikal (m)
 ΣL_H : jumlah panjang horizontal (m)
 H : beda tinggi muka air (m)

Embung harus memenuhi syarat CL perhitungan pada saat terdapat aliran ataupun tidak terdapat aliran, yaitu dengan harga lebih kecil daripada CL dari tabel 3.4.

Tabel 3.4. Harga-harga minimum angka rembesan Lane (CL)

Pasir sangat halus atau lanau	8,5
Pasir halus	7,0
Pasir sedang	6,0
Pasir kasar	5,0
Kerikil halus	4,0
Kerikil sedang	3,5
Kerikil dasar termasuk berangka	3,0
Bongkah dengan sedikit berangkal dan kerikil	2,5
Lempung lunak	3,0
Lempung sedang	2,0
Lempung keras	1,8
Lempung sangat keras	1,6

sumber: Kimpraswil, KP-06, 2002