

Perhitungan Daya Dukung Fondasi Pada Dinding Penahan Tanah Sungai Wai Malua Desa Wakal

Vernandi Tangmau¹, Glen Boyke Rehatta², Sjafrudin Latar³

¹Politeknik Negeri Ambon, Maluku, Indonesia

^{2,3}Politeknik Negeri Ambon, Maluku, Indonesia
vernanditangmau@gmail.com

Abstract: *Soil retaining wall (DPT) is a construction building that functions as a slope stabilizer that has the possibility of landslides. One of the areas that often experiences landslides is the central Maluku road in Wahatu hamlet, Wakal village. The factor that causes landslides is due to the increase in volume caused by high rainfall which makes the widening of the river flow which results in landslides that seep to the roadside. The planning made is only based on the instincts and work experience of the contractors and plus the pile foundation used only uses the nani wood pile foundation so that the strength and durability of the wooden pile foundation must be calculated so that we can find out whether the plan is safe or not. The results of this study stated that the carrying capacity per pole = 0.784739 kg with a total carrying capacity, the number of poles 12 pieces x 0, 784739 kg = 9.417 kg / 9.5 tons and the total weight of the beronjong is 97.5 tons. From the calculation results can be concluded the weight of gabions > the total carrying capacity of wooden piles, then from the weight difference is 9.5 tons – 97.5 is 88 tons.*

Keywords: *Soil Retaining Wall (DPT), Foundation, Nani Wooden Pole*

Abstrak: Dinding penahan tanah (DPT) adalah suatu bangunan konstruksi yang berfungsi sebagai penyetabil lereng yang memiliki kemungkinan untuk terjadinya longsor. Daerah yang sering mengalami kelongsoran salah satunya adalah jalur jalan Maluku tengah di dusun Wahatu desa wakal. faktor yang menyebabkan terjadinya longsor dikarenakan meningkatnya volume yang diakibatkan dari curah hujan yang tinggi dimana membuat melebarnya aliran sungai yang mengakibatkan terjadinya longsor yang merembes sampai ke bahu jalan. Perencanaan yang dibuat hanya berdasarkan insting dan pengalaman kerja para kontraktor dan ditambah fondasi tiang yang digunakan hanya menggunakan fondasi tiang kayu nani sehingga kekuatan dan ketahanan fondasi tiang kayu tersebut harus di hitung agar kita bisa mengetahui apakah aman atau tidaknya perencanaan yang di bangun tersebut. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa daya dukung per tiang = 0,784739 kg dengan total daya dukung, Jumlah tiang 12 buah x 0, 784739 kg = 9,417 kg / 9,5 ton dan total berat beronjong ialah 97,5 ton. dari hasil perhitungan dapat di simpulkan berat bronjong > total daya dukung tiang pancang kayu, maka dari untuk selisih berat ialah 9,5 ton – 97,5 adalah 88 ton.

Kata Kunci: Dinding Penahan Tanah (DPT), Fondasi, Tiang Kayu nani

Pendahuluan

Jalan merupakan prasarana yang sangat penting guna menjamin lancarnya proses sarana transportasi yang menghubungkan antara daerah satu dengan daerah yang lain dalam melakukan kegiatan sosial dan ekonomi. Tidak jarang jalan yang menghubungkan antara daerah tersebut terganggu atau terputus diakibatkan oleh kondisi alam yang dilalui seperti jalan yang melewati daerah pegunungan. Jalan yang melalui daerah pegunungan banyak melalui banyak lereng.

Dinding penahan tanah (DPT) adalah suatu bangunan konstruksi yang berfungsi sebagai

penyetabil lereng yang memiliki kemungkinan untuk terjadinya longsor. DPT digunakan untuk menahan gaya-gaya yang ada pada lereng. Daerah yang sering mengalami kelongsoran salah satunya adalah jalur jalan Maluku tengah di dusun Wahatu desa wakal. faktor yang menyebabkan terjadinya longsor dikarenakan meningkatnya volume yang diakibatkan dari curah hujan yang tinggi dimana membuat mlebarnya aliran sungai yang mengakibatkan terjadinya longsor yang merembes sampai ke bahu jalan. Jalan tersebut merupakan akses utama masyarakat ke kawasan kota Ambon sehingga perlunya sebuah penanganan cepat terhadap masalah tersebut. maka dari itu dalam perencanaan penanggulangan terhadap terjadinya longsor yang membuat terputusnya jalan akses tersebut. dibuatlah dinding penahan dari bronjong yang berfondasikan kayu nani.

Tetapi dalam penanganan tersebut tidak ada perencanaan yang di buat seperti perhitungan dan data tanah yang diperlukan dalam merencanakan dinding penahan tanah tersebut. perencanaan yang dibuat hanya berdasarkan insting dan pengalaman kerja para kontraktor dan ditambah fondasi tiang yang digunakan hanya menggunakan fondasi tiang kayu nani sehingga kekuatan dan ketahanan fondasi tiang kayu tersebut harus di hitung agar kita bisa mengetahui apakah aman atau tidaknya perencanaan yang di bangun tersebut Untuk itu penulis mencoba mengangkat judul " Perhitungan daya dukung fondasi pada dinding penahan tanah sungai wai malua desa wakal "

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif di mana data yang diperoleh akan diolah dengan perhitungan matematika dalam perangkat lunak Microsoft Excel. Selain itu, dilakukan analisis daya dukung fondasi menggunakan teknik pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari lokasi penelitian, sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber yang relevan.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Tanah Disekitar Dinding Penahan Sungai Wai Malua Desa Wakal

Untuk mengetahui karakteristik tanah disekitar dinding penahan sungai Wai Malua Desa Wakal, dilakukan pengujian laboratorium. Terdapat 7 pengujian, yang mana meliputi :

1. Kadar Air
2. Berat Isi
3. Berat Jenis
4. Aterber Limit
5. Analisa Ukuran Butiran Tanah
6. Pemadatan
7. Geser langsung

Sehingga dari pengujian yang dilakukan ini, diperoleh hasil sebagai berikut :

Kadar Air

Berdasarkan pada hasil pengujian Kadar Air rata-rata pada sampel tanah asli adalah sebesar 30.69%, yang mana presentase tersebut masuk pada rana jenis tanah pasir berlempung dengan kadar air terletak diantara syarat nilainya yaitu 20 - 60%. Data hasil penelitian pada laboratorium dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Pemeriksaan Kadar Air

Uraian		Cawan 1	Cawan 2
Berat cawan + tanah basah (gr)	W1	15.15	16.26
Berat cawan + tanah kering (gr)	W2	14.48	15.44
Berat air (gr)	W1-W2	0.67	0.82
Berat cawan (gr)	W3	12.4	12.63
Berat tanah kering (gr)	W2-W3	2.08	2.81
Kadar air (%)	$(W1-W2)/(W2-W3)*100$	32.21153846	29.18149466
kadar air rata-rata (%)	$(C1+C2+)/2$	30.69651656	

(SNI 1965:2008)

Bobot Isi

Berdasarkan pada hasil pengujian Berat Isi, nilai awal berat volume tanah dalam keadaan basah sebesar 1,70 gr/cm³ dan mengalami penurunan setelah dimasukan kedalam oven $\pm$ 24 jam sehingga mengalami perubahan kadar air, yang mana didapat berat volume tanah kering sebesar 1,69 gr/cm³. Dalam hal ini, berat volume atau isi hanya dapat berubah dengan berubahnya angka pori dan kadar air dari massa tanah, serta tergantung dari berat jenisnya, derajat kejenuhan, dan juga porositas dari tanah tersebut. Data hasil penelitian pada laboratorium dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Pengujian Berat Isi Tanah

Berat ring	W1	gr	62.37
Berat ring + tanah basah	W2	gr	165.15
Berat tanah basah	$W = W2 - W1$	gr	102.78
Volume ring	V	cm ³	60.41
Berat volume tanah basah	$\gamma_b = W/V$	gr/cm ³	1.701
Berat ring + tanah kering	W3	gr	130.97
Berat tanah kering	$WS = W3 - W1$	gr	68.6
Berat air	$WW = W - WS$	gr	34.18
Kadar air	$w = WW/WS*100\%$	%	0.50
Berat volume tanah kering	$\gamma_d = \gamma_b / (1 + (w/100))$	gr/cm ³	1.693
Hasil pengujian GS	Gs	-	2.69
Volume tanah kering	$VS = WS/GS$	cm ³	25.50
Volume pori	$VV = V - VS$	cm ³	34.90
Derajat kejenuhan	$VW = WW/\gamma_w$	cm ³	34.18
	$S_r = VW/VV*100\%$	%	97.93
Prositas	$n = VV/V*100\%$	%	57.78

Angka pori (SNI 03-3637-1994)	$e = VV/VS$	-	1.37
----------------------------------	-------------	---	------

Gs	2.69		2.69	-	2.69	-
gama b (W/V)	1.909	gr/cm ³	18.72	Kn/m ³	1.91	t/m ³
gama d (WS/V)	0.02	gr/cm ³	0.24	Kn/m ³	0.02	t/m ³
gama sat (WS+WW/V)	0.064	gr/cm ³	0.63	Kn/m ³	0.06	t/m ³
gama efektif $\gamma_w^*(Gs - 1)/1 + e$	1.69	gr/cm ³	16.57	Kn/m ³	1.69	t/m ³
gama w	10	Kn/m ³	10	Kn/m ³	1	t/m ³
gama	22	Kn/m ³	22	Kn/m ³	2.2	t/m ³
e	1.33	-	1.33	-	1.33	-
c	0.8	-	0.8	-	0.8	-
ϕ	45	°	45	°	45	°
gama s (WS/VS)	0.017289201	gr/cm ³	0.17	Kn/m ³	0.0172892	t/m ³

Berat Jenis

Berdasarkan hasil pengujian nilai Berat Jenis (Gs) tanah tersebut sebesar 2,58 yang mana masuk pada rana jenis tanah lempung, diantara syarat nilainya yaitu 2,58 – 2,65. Data hasil penelitian pada laboratorium dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Pengujian Berat Jenis

No piknometer 50 ml		1	2
Berat piknometer + tanah (gr)	W2	52.32	53.73
Berat piknometer (gr)	W1	42.32	43.73
Berat tanah (gr)	$Wt = W2 - W1$	10	10
Temperatur (°C)	°C	28	28
Faktor koreksi (K)	K	0.998	0.998
Berat piknometer + tanah + air (gr)	W3	98.61	99.52
Berat piknometer + air (gr)	Wa	92.51	93.75
$W4 = Wa * K$		92.32498	93.5625
$W5 = Wt + W4$ (gr)		102.32498	103.5625
Isi tanah (cm ³)	$W5 - W3$	3.71498	4.0425
Berat jenis (Gs)	$Wt / (W5 - W3)$	2.691804532	2.473716759
Rata-rata	$(P1 + P2) / 2$	2.582760646	

(SNI 1964:2008)

Atterberg limit (Liquid Limit dan Plastis Limtit)

Dari hasil pengujian Atterberg Limit, diketahui nilai batas cair (LL) sebesar 48,82% dan batas plastis (PL) yang diperoleh pada pengujian batasplastis yaitu sebesar 20,94%. Sehingga nilai indeks plastis (IP) dapat dicari.

$$IP = LL - PL$$

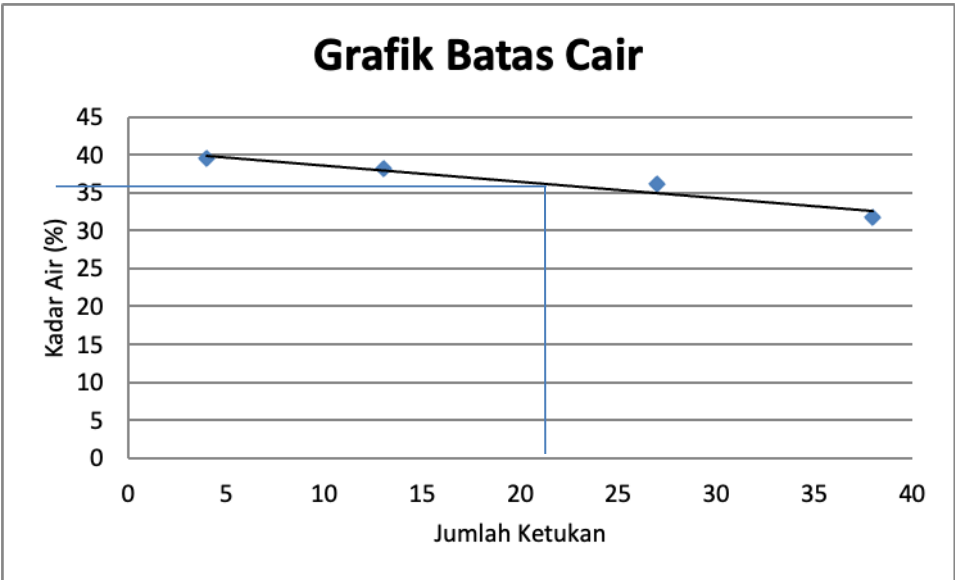
= 36,36% - 18,21%
= 18,21%

Berdasarkan hasil perhitungan dari batas cair (LL) dan batas plastis (PL), didapatkan nilai indeks plastis (IP) sebesar 27,88%. Tanah tersebut tergolong lempung dengan sifat plastis yang tinggi, yakni > 17% Data hasil penelitian pada laboratorium dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Pengujian Batas Cair (LL)

Sampel	Satuan	1	2	3	4
		(0-10)	(11-20)	(21-30)	(31-40)
Jumlah ketukan		4	13	27	38
Berat cawan + tanah basah	gr	20.69	19.73	19.81	18.85
Berat cawan + tanah kering	gr	18.2	17.71	17.8	17.27
Berat air	gr	2.49	2.02	2.01	1.58
Berat cawan	gr	11.89	12.41	12.23	12.3
Berat tanah kering	gr	6.31	5.3	5.57	4.97
Kadar air	%	39.461173	38.11320755	36.08617594	31.79074447
kadar air rata-rata	%	36.36282517			

(SNI 1967:2008 – Cara A)



Gambar 1. Grafik Batas Cair

Nilai LL = 36,36%

Tabel 5. Pengujian Batas Plastis (PL)

Sampel	Satuan	1	2	3
Berat cawan + tanah basah	gr	12.79	12.55	12.95
Berat cawan + tanah kering	gr	12.72	12.49	12.89
Berat air	gr	0.07	0.06	0.06

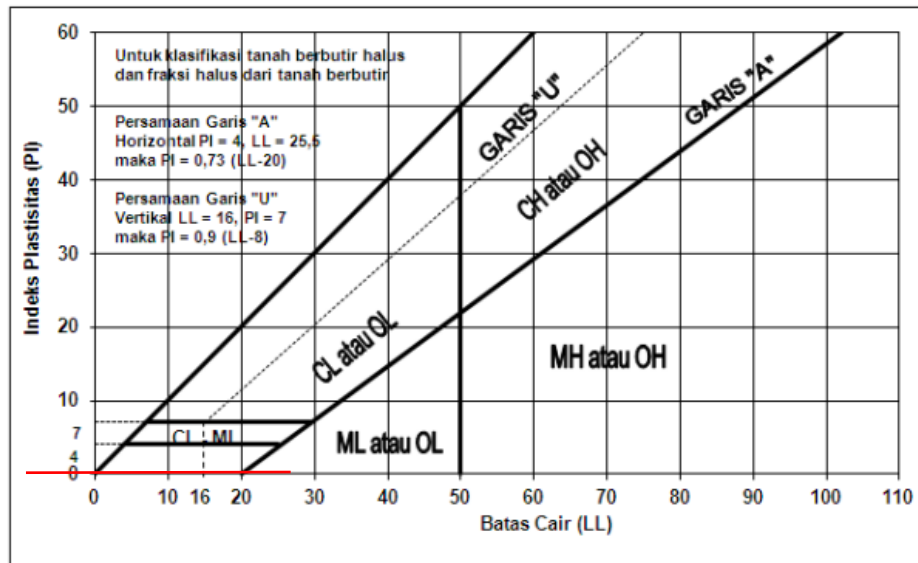
Berat cawan	gr	12.57	11.81	12.54
Berat tanah kering	gr	0.15	0.68	0.35
Kadar air	%	46.66667	8.823529412	17.14285714
kadar air rata-rata	%	18.15826331		

(SNI 1966:2008)

Nilai PL = 18,15%

Sehingga PI = LL – PL

PI = 36,36 – 18,15 = 18,21%



Gambar 2. Diagram Plastisitas Casagrande, SNI 6371:2015

Berdasarkan pengujian Atterberg Limit, dengan LL 36,36% dan PL 18,15% didapat indeks plastisitas atau IP 18,21%.

Analisa ukuran butiran tanah

Dari hasil pengujian yang dilakukan, maka dapat dihitung nilai gradasi (C_c) dan (C_u) dengan rumus sebagai berikut :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0,38}{0,089} = 4,26$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \frac{(0,31)^2}{(0,38)(0,089)} = 2,84$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, dikatakan bahwa tanah bergradasi baik jika mempunyai koefisien gradasi $1 < C_c < 3$ dengan $C_u >$

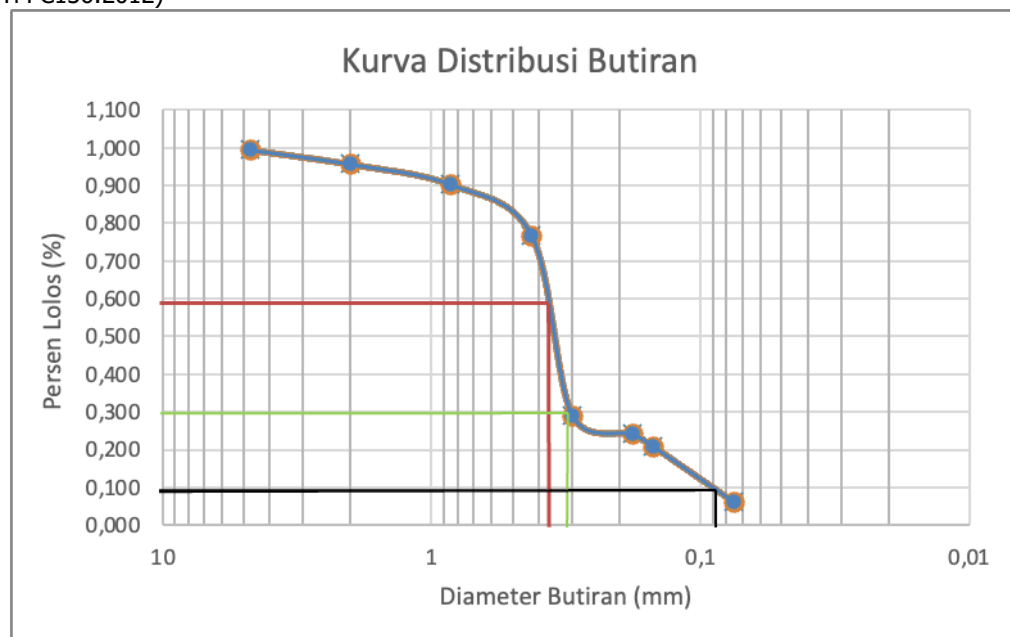
4 untuk kerikil dan $C_u > 6$ untuk pasir. Data hasil penelitian pada laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.1.5

Tabel 6. Pengujian Analisis Saringan

No Saringan	Berat	Berat	Berat	Kumulatif	Persentase	Persentase
-------------	-------	-------	-------	-----------	------------	------------

inci	Mm	Saringan	Saringan + Tanah	Material Tertahan	Tertahan	Tertahan	Lolos
4	4.75	412.48	447.74	35.26	5.49	0.0055	0.995
10	2	531.74	569.88	38.14	43.63	0.044	0.9564
20	0.85	411.79	465.38	53.59	97.22	0.097	0.9027
40	0.425	411.23	545.52	134.29	231.51	0.2316	0.7684
50	0.3	401.43	877.87	476.44	707.95	0.708	0.2918
80	0.18	405.88	454.76	48.88	756.83	0.757	0.24291
100	0.15	381.98	415.69	33.71	790.54	0.791	0.20918
200	0.075	398.07	545.47	147.4	937.94	0.9383	0.062
Pan		451.87	513.58	61.71	999.65	1	0

(SNI ASTM C136:2012)



Gambar 3. Kurva Distribusi Butiran

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1,3}{0,08} = 16,25$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \frac{(1,2)^2}{(1,3)(0,08)} = 13,84$$

Berdasarkan nilai koefisien gradasi (C_c) tanah termasuk bergradasi baik.
Tanah bergradasi baik bila persyaratan koefisien gradasi terpenuhi, ($1 < C_c < 3$)

Pemadatan Tanah

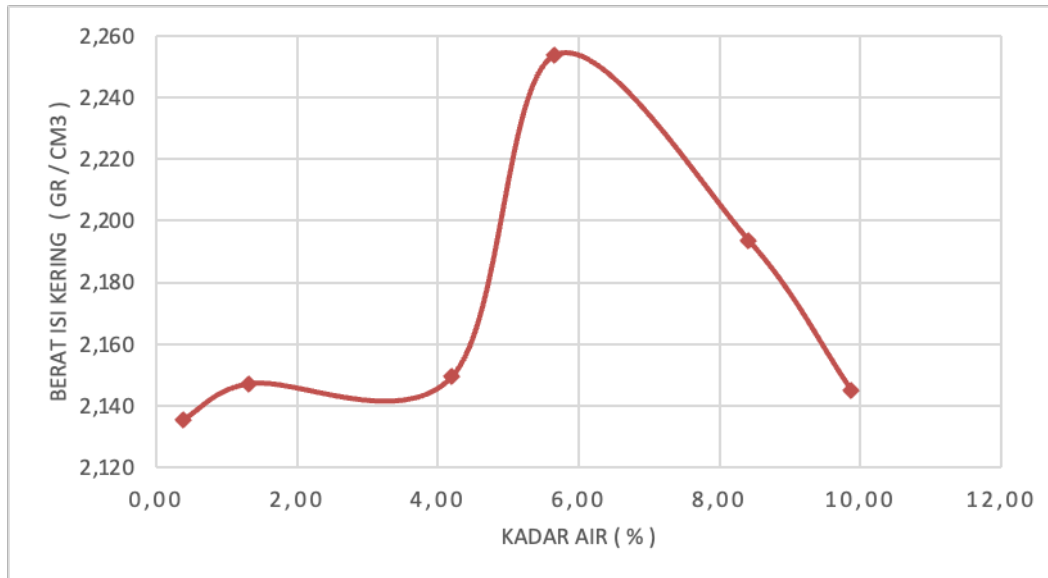
Berdasarkan hasil pengujian, diketahui berat volume kering maksimum (*gd maximum*) sampel tanah yang diuji adalah 1,49 gr/cm³ dan kadar air optimum (*W optimum*) adalah 7,65%. Data hasil penelitian pada laboratorium dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7. Pengujian Kepadatan Tanah

Cawan	1	2	3	4	5	6
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	17.14	20.31	18.53	17.74	18.28	21.01
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	17.12	20.21	18.3	17.43	17.83	20.23
Berat air (gr)	0.02	0.1	0.23	0.31	0.45	0.78
Berat Cawan (gr)	11.74	12.62	12.81	11.95	12.48	12.32
Berat Tanah Kering (gr)	5.38	7.59	5.49	5.48	5.35	7.91
Kadar Air (%)	0.37	1.32	4.19	5.66	8.41	9.86

Penambahan Kadar air (%)	a	0	50	100	150	200	250
Berat Mold + Tanah Basah (gr)	b	5470	5500	5560	5693	5690	5670
Berat Mold (gr)	c	3460	3460	3460	3460	3460	3460
Berat Tanah Basah (gr)	$W = b - c$	2010	2040	2100	2233	2230	2210
Volume Tanah Basah $V - (\text{cm}^3)$	V	937.76	937.76	937.76	937.76	937.76	937.76
Berat Isi - $\gamma (\text{gr/cm}^3)$	(W/V)	2.14	2.18	2.24	2.38	2.38	2.36
Kadar Air - $\omega (\%)$	ω	0.37	1.32	4.19	5.66	8.41	9.86
Berat Isi Kering $\gamma_d (\text{gr} / \text{cm}^3)$	$\gamma / (1 + (\omega/100))$	2.135	2.147	2.149	2.254	2.193	2.145
Berat Tanah Kering - $W_s (\text{gr})$	$\gamma_d \times V$	2002.56	2013.47	2015.56	2113.44	2056.98	2011.63
Volume Butir Tanah - $V_s (\text{cm}^3)$	W_s / G_s	776.18	780.42	781.22	819.16	797.28	779.70
Volume Pori - $V_v (\text{cm}^3)$	$V - V_s$	161.58	157.35	156.54	118.60	140.48	158.06
Angka Pori - e	V_v / V_s	0.21	0.20	0.20	0.14	0.18	0.20
Porositas - n	V_v / V	0.17	0.17	0.17	0.13	0.15	0.17
ZAVC (kg/m^3)	$G_s / ((1 + \omega/100) * G_s)$	2.58	2.54	2.43	2.37	2.28	2.23

(SNI 1742:2008 – Cara A)



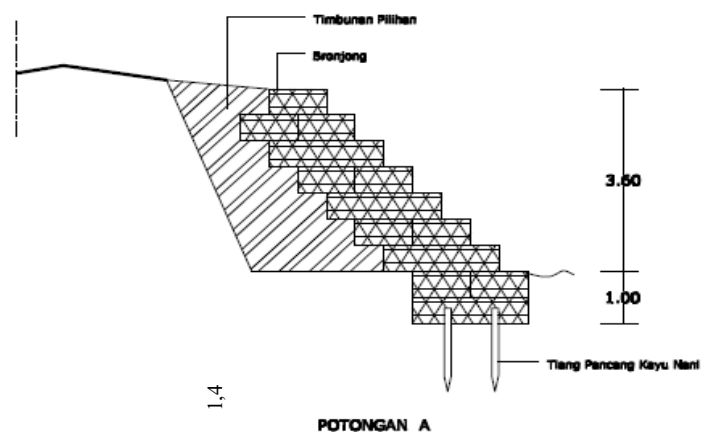
Penelitian pendahuluan terhadap tanah lempung berpasir adalah campuran tanah liat atau lempung dengan tanah berpasir. bertekstur halus dan gembur, drainasenya kurang baik sebab pada tanah gembur terdapat ruang pori-pori yang dapat diisi oleh air tanah dan udara, sehingga tanah memiliki daya pegang atau daya simpan air yang tinggi.

Dari hasil pengujian diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil pengujian Laboratorium

Satuan	Nilai
Cu	1.0368000
IP	27,88%
PL	20,94%
LL	48,42%
KOHESI (C)	5 kPa
Berat isi γ	1,15 gr/Cm
Sudut geser ϕ	30°
Optimum (W)	7,65%

Analisa Cerucuk Kayu Pada Dinding Penahan Tanah



Dari gambar diatas diperoleh data-data sebagai berikut:

- a) Cerucuk kayu, panjang 1,4 m dan diameter 5 cm
- b) Pada kedalaman 2,4 m.

Persamaan daya dukung terhadap dinding penahan tanah dengan metode cerucuk kayu adalah sebagai berikut:

$$Q_b = A_h \times q_c$$

$$Q_s = A_s \times 0,012 \times q_c$$

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{sf}$$

Dengan :

maka:			
Q _b	= 30 x 3,14 x 5 ²	Q _s	= 3,14 x 5 x (2 + 1.4) x 0,012 x 30
	= 2335 kg		= 19,217 kg
	= 2,335Ton		= 0,019217Ton

Q_b = Daya dukung ujung (kg)

Q_s = Daya dukung kulit (kg)

A_h = Luas penampang (cm²)

A_s = Luas selimut (cm²)

q_c = Tekanan rata-rata konus (kg/cm²)

SF = Safety Factor (3)

Q _{ult} = 2335kg + 19,217 kg	Q _{all} = 2354,217/3
= 2354,217kg	= 784,739 kg
= 2,35 ton	= 0,784739 Ton

Menghitung volume bronjong

- Bronjong 2 x 1 x 0,5 , Jumlah bronjong 13 buah (arah vertikal)
- Panjang bronjong rangkaian 10 = 10 / 2 = 5 buah (arah horisontoal)
- Jumlah total bronjong 13 x 5 = 65 buah
- Volume 1 buah beronjong = 2 x 1 x 0,5 = 1 m³
- Volume total = 1 m³ x 65 = 65 m³

Menghitung berat isi bronjong

- Berat isi batu belah, bulat, gunung 1500 kg/m³
- Berat total = 65 x 1500 = 97500 kg

Sehingga diperoleh berat batu untuk bronjong panjang 10 m sebesar 97500 kg / 9,75 ton.

Daya dukung tiang pancang kayu jati

Diketahui:

Daya dukung per tiang = 0,784739 kg

Total daya dukung, Jumlah tiang 12 buah $\times 0,784739 \text{ kg} = 9,417 \text{ kg} / 9,5 \text{ ton}$

Total berat bronjong ialah 9,75 ton.

Dari hasil perhitungan di dapat berat bronjong $>$ total daya dukung tiang pancang kayu, maka dari untuk selisih berat ialah $9,5 \text{ ton} - 9,75$ adalah 0,15 ton.

Kesimpulan

Melalui penelitian yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan, tebing yang longsor pada lokasi tersebut memiliki tinggi 5 meter maka direncanakan dalam penelitian ini untuk mendesain dinding penahan tanah tipe kantilever dengan menggunakan Metode Rankin dan berpacu pada SNI 8460 : 2017 dengan tinggi keseluruhan 4,5 meter dan lebar telapak 3,15 meter dan dari hasil analisa perhitungan desain dinding penahan dengan menggunakan data propertis tanah, didapatkan besarnya faktor keamanan (SF) dengan nilai , yaitu untuk gaya guling sebesar 2,164 (Aman), gaya geser sebesar 1,728 (Aman), stabilitas terhadap daya dukung ultimate sebesar 473,383 (Aman)
2. Diketahui daya dukung per tiang = 0,784739 kg dengan total daya dukung, Jumlah tiang 12 buah $\times 0,784739 \text{ kg} = 9,417 \text{ kg} / 9,5 \text{ ton}$ dan total berat bronjong ialah 9,75 ton. dari hasil perhitungan dapat di simpulkan berat bronjong $>$ total daya dukung tiang pancang kayu, maka dari untuk selisih berat ialah $9,5 \text{ ton} - 9,75$ adalah 0,15 ton.

Referensi

- Arik Triarso dan Bagus Dwipurwanto (2021). Analisis stabilitas pada proyek pasangan bronjong untuk tanggul pantai area permukiman kenjeran. Surabaya: Universitas wararaja.
- Badan Standar Nasional (2017): Standar Nasional Indonesia (SNI) - 8460-2017- Persyaratan-Perancangan- Geoteknik.
- Bowles, J. E. 1989. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknik Tanah (Mekanika Tanah).Erlangga: Jakarta.
- Hardiyanto H.C., (2019)., Mekanika Tanah 1. Yogyakarta: Gadjah Mada Universitypress.
- Hardiyatmo, Christady. (2018), Mekanika Tanah II Edisi 3. Yogyakarta : Gadjah Mada Universitypress.
- Sofyan, Muhandi dan Ferry fatnanta (2020). Analisa kapasitas daya dukung cerocok kayu tunggal dan kelompok skala lapangan. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Widoyoko, Eko Putro. 2014. Teknik penyusunan instrumen penelitian. Yogyakarta : Pustaka Pelajar
- Zainal Abidin Gaffar (2005). Perkuatan dengan cerucuk galam di atas tanah lunak. Banjarmasin: Unilam.
- Das Braja M (1993), Mekanika Tanah (Prinsi-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2, Jakarta : Erlangga

Hardiyatmo, H.C (2010), Analisis dan Perancangan Fondasi 1, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press

Hardiyatmo, H.C (2010), Analisis dan Perancangan Fondasi 2, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press