

DESAIN BREAKWATER DENGAN MENGGUNAKAN PERKUATAN TANAH SISTEM MATRAS CERUCUK BAMBU

Afif Darmawan¹ dan Hendriyawan²

Program Studi Teknik Kelautan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha 10, Bandung, 40123

¹Afifdarmawan95@gmail.com ²Hendriyawan_nln@yahoo.com

Kata kunci : *breakwater*, matras cerucuk bambu, perkuatan tanah, Plaxis, stabilitas tanah.

ABSTRAK

Bangunan pelindung pantai (*breakwater*) merupakan salah satu infrastruktur yang dibuat untuk melindungi suatu daerah atau fasilitas dari ancaman gelombang. Dalam perancangannya, perlu dipastikan bahwa kriteria stabilitas tanah terpenuhi agar terhindar dari kerusakan struktur. Salah satu alternatif yang terbukti efektif dalam meningkatkan stabilitas tanah yaitu perkuatan tanah sistem matras cerucuk bambu. Matras cerucuk bambu merupakan salah satu alternatif solusi yang relatif murah dibandingkan material lain seperti baja, beton, dsb. Terutama jika lapisan tanah lunak didasar struktur cukup tebal. Selain itu, material bambu memiliki ketahanan yang tinggi saat berada di bawah permukaan air. Dalam penulisan ini akan dilakukan desain struktur *breakwater* pada lokasi tinjau dan desain perkuatan tanah struktur dengan sistem matras cerucuk bambu.

Dalam analisis stabilitas tanah, digunakan perangkat lunak Plaxis. Plaxis merupakan perangkat lunak yang dikembangkan secara khusus untuk analisis deformasi dan stabilitas dalam rekayasa geoteknik. Dalam desain, Plaxis digunakan untuk mengetahui kebutuhan perkuatan tanah dasar dari struktur *breakwater* serta untuk mendesain perkuatan tanah sistem matras cerucuk bambu untuk memenuhi kriteria angka aman.

TEORI DAN METODOLOGI

Untuk dapat mencapai tujuan dari studi ini, dilakukan studi literatur yang relevan dan pengumpulan data serta pengolahan data-data terkait. Data-data yang digunakan meliputi data tanah, data angin, data pasang surut. Data tanah terdiri dari data hasil uji *boring log* dan hasil uji laboratorium. Melalui data tanah tersebut dapat diketahui parameter-parameter tanah yang akan digunakan dalam analisis stabilitas tanah. Untuk mengolah data angin digunakan teori *hindcasting* pada *Shore Protection Manual* untuk mendapatkan parameter gelombang (tinggi dan perioda gelombang signifikan). Data gelombang hasil *hindcasting* terlebih dahulu dilakukan analisis distribusi dan analisis harga ekstrim sehingga diperoleh tinggi dan perioda gelombang rencana dilokasi studi. Data pasang surut diolah dengan menggunakan program ERGTIDE, sehingga diperoleh elevasi penting pasang surut di lokasi tinjau. Hasil pengolahan data angin dan data pasang surut berupa parameter gelombang rencana dan elevasi penting pasang surut kemudian digunakan untuk mendesain dimensi struktur bangunan pemecah gelombang (*breakwater*).

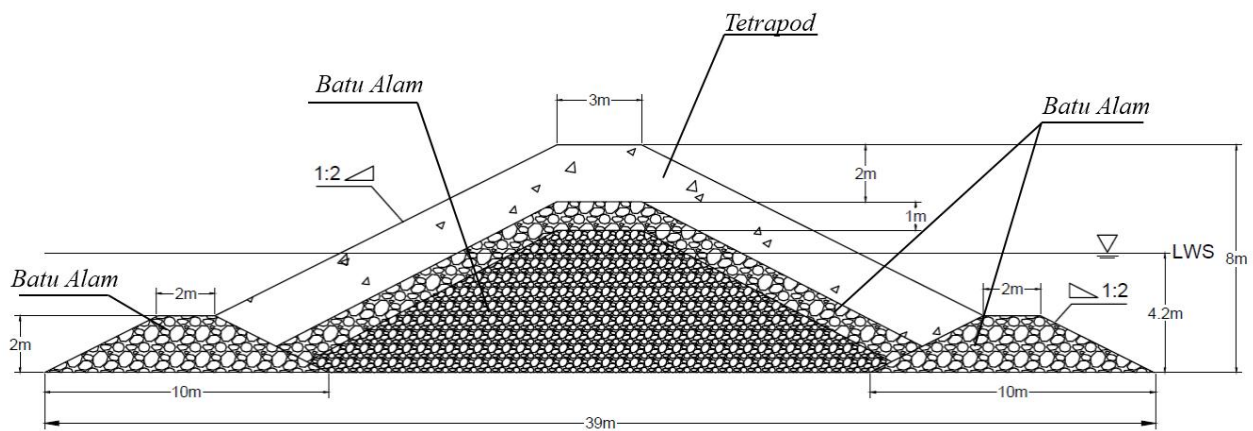
Setelah diperoleh dimensi dari struktur bangunan pemecah gelombang kemudian dilakukan analisis stabilitas tanah untuk mengetahui apakah tanah asli dilokasi tersebut mampu memenuhi kriteria stabilitas saat memikul beban struktur *breakwater*. Analisis stabilitas tanah dilakukan dengan menggunakan pemodelan perangkat lunak Plaxis. Angka aman yang menjadi kriteria desain ialah sebesar 1.5, yaitu angka aman yang direkomendasikan oleh Braja M. Das dalam bukunya yang berjudul *Principle of Geotechnical Engineering*. Jika tanah asli tidak memenuhi kriteria stabilitas ataupun mengalami keruntuhan (*soil body collapse*) maka dilakukan desain perkuatan tanah dasar struktur *breakwater* dengan sistem matras cerucuk bambu.

HASIL DAN ANALISIS

Dari perhitungan dimensi struktur *breakwater* diperoleh hasil sebagai berikut

- Elevasi puncak *breakwater* : +3.8 m (LWS)
- Berat butir lapis lindung : 1.9 ton
- Lebar puncak *breakwater* : 3 m
- Tebal lapis lindung : 2 m
- Berat butir lapisan *filter* : 187 kg
- Tebal lapisan *filter* : 1 m
- Tebal toe protection : 2 m
- Lebar toe protection : 2 m
- Berat butir toe protection : 389 kg

Gambar 1 menunjukkan potongan melintang dari struktur *breakwater*



Gambar 1 Penampang melintang struktur *breakwater*

Data dimensi struktur *breakwater* tersebut akan digunakan sebagai input geometri pemodelan pada perangkat lunak Plaxis. Selain geometri struktur *breakwater*, pada perangkat lunak Plaxis dibuat geometri lapisan-lapisan tanah. Input parameter pada Plaxis ditunjukkan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1 Input Parameter lapisan tanah

Parameter	Satuan	Nilai					
		<i>Silt 1</i>	<i>Silt 2</i>	<i>Silt 3</i>	<i>Silt 4</i>	<i>Silt 5</i>	<i>Sand</i>
Model Material	-	<i>Mohr-Coulomb</i>					
Tipe Material	-	<i>Undrained</i>					<i>Drained</i>
γ_{unsat}	kN/m ²	14	14.8	17	17	18	22
γ_{sat}	kN/m ²	16	15.5	17.9	19	21	23
k_x	m/day	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	1
k_y	m/day	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	1
E_{ref}	kN/m ²	2100	3000	3300	6000	8100	19800
ν	-	0.3	0.35	0.35	0.34	0.35	0.4
c	kN/m ²	6.7	26.7	33.3	93.3	140	-
ϕ	degree	-	-	-	-	-	48

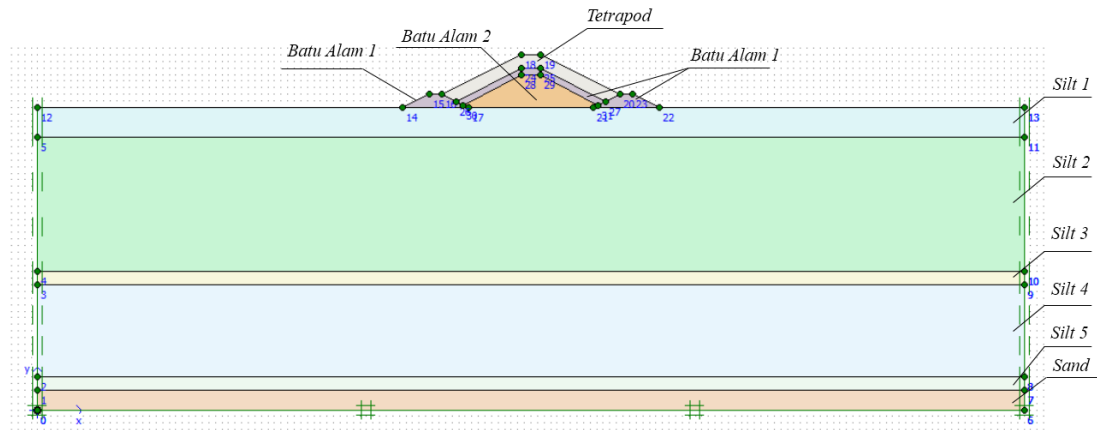
Tabel 2 Input Parameter Struktur *Breakwater*

Parameter	Satuan	Nilai		
		<i>Tetrapod</i>	<i>Batu Alam 1</i>	<i>Batu Alam 2</i>
Model Material	-	<i>Mohr-Coulomb</i>		
Tipe Material	-	<i>Drained</i>		
γ_{unsat}	kN/m ²	23	20	17.28
γ_{sat}	kN/m ²	23	20	18
E_{ref}	kN/m ²	2.40E+04	4.10E+04	2.75E+04
ν	-	0.15	0.1	0.35
c	kN/m ²	365	250	60
ϕ	degree	35	40	40

Setelah diperoleh input parameter pemodelan pada perangkat lunak Plaxis kemudian dilakukan kalkulasi pemodelan. Pada pemodelan diterapkan 2 tipe kalkulasi pada Plaxis yaitu *plastic* dan *phi-c reduction*. Tipe kalkulasi *plastic* dipilih untuk analisis

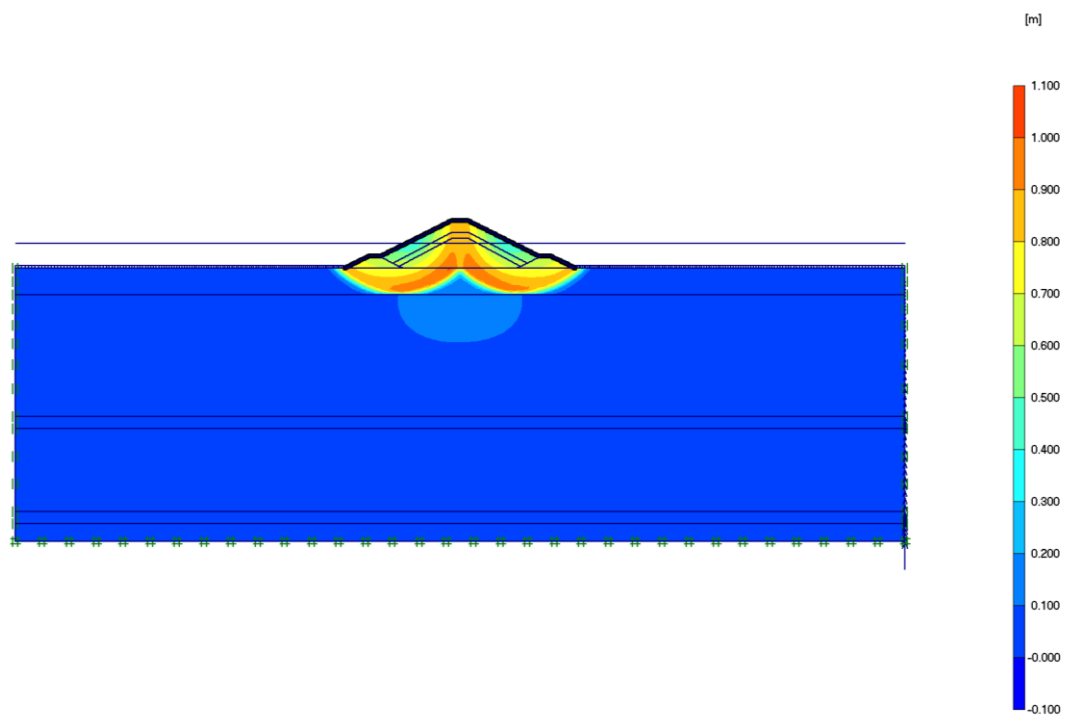
deformasi elastis-plastis pada pemodelan, sedangkan tipe kalkulasi *phi-c reduction* dipilih untuk mengetahui nilai angka aman.

Pemodelan pertama yang dilakukan yaitu pemodelan struktur *breakwater* tanpa perkuatan tanah untuk mengetahui stabilitas tanah saat memikul beban struktur *breakwater*. **Gambar 2** menunjukkan lapisan aktif pemodelan.



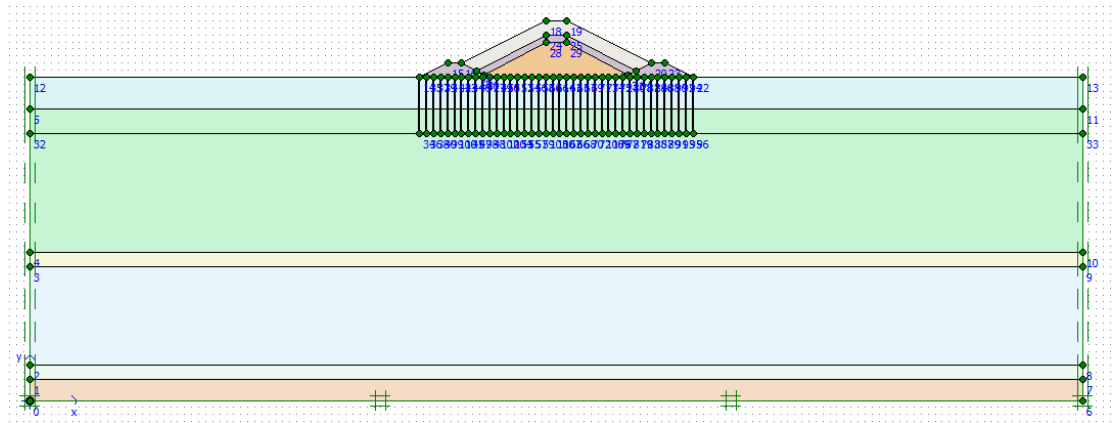
Gambar 2 Lapisan aktif pemodelan (tanpa perkuatan tanah)

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa lapisan tanah mengalami kegagalan (keterangan kalkulasi menunjukkan *soil body collapse*) atau lapisan tanah runtuh pada kalkulasi Plaxis. **Gambar 3** menunjukkan *total displacement* pemodelan (*soil body collapse*)



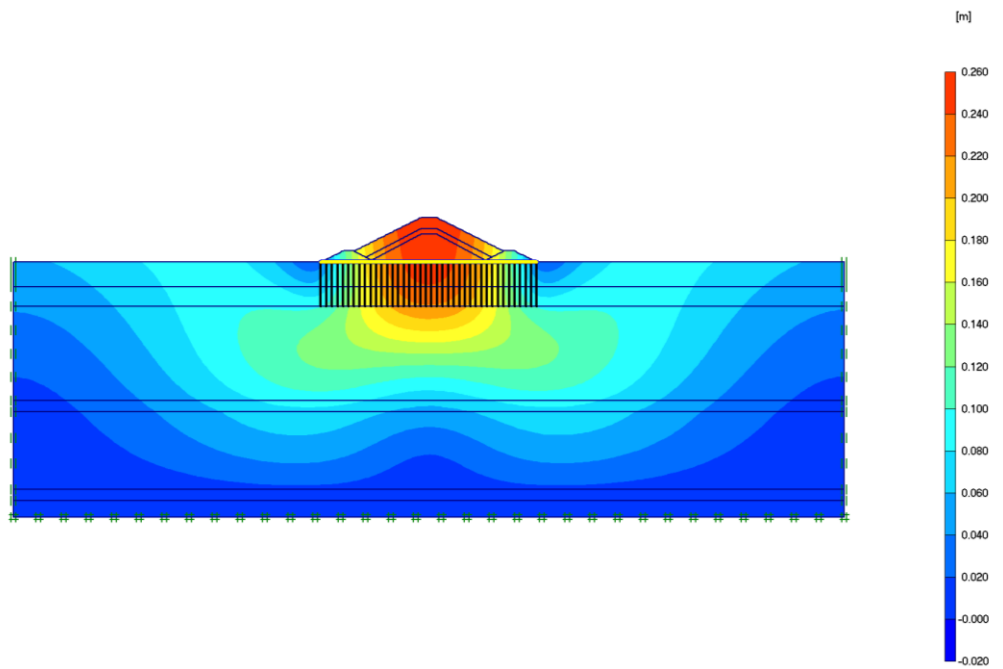
Gambar 3 *total displacement* pemodelan (*soil boy collapse*)

Dari hasil pemodelan tersebut dapat disimpulkan bahwa lapisan tanah memerlukan sistem perkuatan tanah dan kemudian dilakukan pemodelan perkuatan tanah sistem matras cerucuk bambu. Perkuatan tanah didesain dengan 7 lapis matras bambu dan cerucuk 3 bambu dengan kedalaman pemasangan sebesar 8m dan jarak antar cerucuk sebesar 1 m. Lapisan aktif pemodelan strktur *breakwater* dengan perkuatan tanah ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4 Lapisan aktif pemodelan matras cerucuk bambu

Hasil pemodelan menunjukkan deformasi elastis maksimum sebesar 0.255 m dan angka aman sebesar 2.4. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *breakwater* dengan perkuatan matras cerucuk bambu telah memenuhi kriteria desain karena angka aman yang diperoleh melebihi angka aman yang disyaratkan ($SF > 1.5$). **Gambar 5** menunjukkan *total displacement* pada pemodelan dengan perkuatan matras cerucuk bambu.



Gambar 5 *Total displacement* pemodelan (SF=2.4)

Setelah diperoleh desain perkuatan tanah yang memenuhi kriteria stabilitas, dilakukan perhitungan penurunan lapisan tanah yang terjadi. Perhitungan penurunan lapisan ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Perhitungan Penurunan Lapisan Tanah

No	Jenis Tanah	Range Kedalaman	γ (kN/m)	γ' (kN/m)	C_c	e_o	σ_o (kN/m)	$\Delta\sigma'$ (kN/m)	S_i (m)
1	Silt 1	0-4.5	16	6	0.4	1.6	13.5	26.34	0.33
2	Silt 2	4.5-25	15.5	5.5	0.96	2.047	83.375	66.53	1.65
3	Silt 3	25-27	17.9	7.9	0.54	1.034	147.65	61.99	0.08
4	Silt 4	27-41	19	9	0.3	1.047	218.55	51.98	0.19
5	Silt 5	41-43	21	11	0.31	1.3	292.55	42.84	0.02
Total Konsolidasi									2.26

Dari hasil perhitungan, diperoleh total penurunan lapisan tanah sebesar 2.26 m. Sehingga total konsolidasi dan deformasi elastis yang terjadi ialah sebesar 2.515 m.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan perhitungan, pemodelan, serta analisis yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Hasil perhitungan desain dimensi struktur *breakwater* ialah sebagai berikut:
 - Elevasi puncak *breakwater* : +3.8 m (LWS)
 - Berat butir lapis lindung : 1.9 ton
 - Lebar puncak *breakwater* : 3 m
 - Tebal lapis lindung : 2 m
 - Berat butir lapisan *filter* : 187 kg
 - Tebal lapisan filter : 1 m
 - Tebal toe protection : 2 m
 - Lebar toe protection : 2 m
 - Berat butir toe protection : 389 kg
2. Dari hasil pemodelan dapat disimpulkan bahwa lapisan tanah di dasar struktur *breakwater* memerlukan perkuatan tanah karena lapisan tanah mengalami keruntuhan saat diterapkan langsung beban struktur *breakwater*.
3. Jenis perkuatan tanah yang diterapkan ialah matras cerucuk bambu yang terdiri dari 7 lapis matras bambu dan cerucuk yang terdiri dari 3 bambu pada setiap klaster. Cerucuk bambu dipasang dengan kedalaman 8 m dengan jarak pemasangan 1 m (dari titik pusat klaster bambu). Dari hasil pemodelan perkuatan tanah dapat disimpulkan bahwa matras cerucuk bambu mampu meningkatkan daya dukung tanah dan diperoleh angka aman sebesar 2.4.
4. Melalui perhitungan penurunan tanah dan total deformasi elastis pada pemodelan, diperoleh total penurunan yang terjadi sebesar 2.515 m.

Adapun saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Dibutuhkan data yang akurat dan lengkap agar analisis yang dilakukan mendekati dengan kondisi nyata di lapangan. Pada studi ini terdapat ketidak-akuratan pada data, seperti hilangnya beberapa data pengamatan angin dan hasil uji triaksial UU tanah yang tidak akurat.
2. Karena waktu konsolidasi yang lama, maka dapat diaplikasikan PVD untuk mempercepat waktu konsolidasi lapisan tanah. PVD dapat mempercepat proses konsolidasi dengan memperpendek jalur drainase lapisan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. 1997. *Foundation Analysis and Design*. Singapore: McGraw-Hill Companies.
- Buddhima Indraratna, C. R. 2010. *Soft Soils Improved by Prefabricated Vertical Drains : Performance and Prediction*.
- Das, B. M. 2010. *Principles of Geotechnical Engineering 7th Edition*. Stamford: Cengage Learning.
- Das, B. M. 2011. *Principles of Foundation Engineering 7th Edition*. Stamford: Cengage Learning.
- Hardiyatmo, H. C. 1996. *Teknik Fondasi 1*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. 2008. *Teknik Fondasi II*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Indraratna, B., Chu, J., & Hudson, J. A. 2005. *Ground Improvement Case Histories*. San Diego: Elsevier.
- Triatmodjo, B. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- US Army Corps of Engineers. 1984. *Shore Portection Manual Volume I*. Washington, DC.
- US Army Corps of Engineers. 1984. *Shore Protection Manual Volume II*. Washington, DC.
- US Army Corps of Engineers. 1994. *Design of Sheet Pile Walls*. Washington, DC.