

Pengkajian Penggunaan Cerucuk Bambu Untuk Stabilitas Tanah Lempung Lunak Pada Bangunan Embung Serbaguna

Assessment Of The Use Of Wooden Pile For Soft Clay Stability In Multipurpose Reservoir Building

Doean Althaf Dimitri Purnama¹, Noor Salim^{2*}, Arief Alihudien³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : doeanpurnama@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik* Koresponden Author
Email : salimkzt@gmail.com

³Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Email : ariefalihudien@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Pada tanah lempung lunak memiliki daya dukung batas yang sangat rendah oleh karena itu dibutuhkan perkuatan pada tanah dasar untuk dapat dibangunnya bangunan di atasnya seperti bangunan embung ini yang difungsikan sebagai tempat wisata. Dan perencanaan bangunan embung sendiri membutuhkan data-data yang diperlukan dan juga telah dicek keamanannya untuk stabilitasnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan cerucuk bambu pada tanah lempung lunak yang ada di kawasan gumukmas dan merencanakan bangunan embung serbaguna di atasnya. Metode yang digunakan adalah uji model di laboratorium dengan perkuatan variasi panjang dan jarak cerucuk bambu yang digunakan pada tanah lempung lunak dan juga merencanakan bangunan embung serbaguna dengan perhitungan analisa hidrologi dan cek kestabilan dinding embung. Untuk variasi cerucuk bambu yang dipakai dalam pengujian dilaboratorium mekanika tanah Universitas Muhammadiyah Jember yaitu, variasi diameter cerucuk bambu yang digunakan hanya satu variasi yakni 1cm. Variasi panjang cerucuk bambu ada tiga, yakni 10cm, 12cm, dan 14cm. Sedangkan variasi jarak antar cerucuk bambu ada tiga, yakni 5cm, 7cm, dan 9cm. Dari hasil pengujian didapatkan nilai daya dukung tanah batas (q_{ult}) tertinggi sebesar 1,1kg/cm² yaitu pada variasi panjang cerucuk bambu 14cm dan jarak antar cerucuk bambu 5cm.

Kata kunci: Bambu, Embung, Lempung, Tanah.

Abstract

Soft clay soil has a very low limit bearing capacity, therefore reinforcement is needed on the subgrade to be able to build buildings on it such as this reservoir building which functions as a tourist spot. And the planning of the reservoir building itself requires the necessary data and has also been checked for safety for stability. The purpose of this study was to determine how much influence the addition of bamboo culms on the soft clay soil in the Gumukmas area and to plan a multipurpose reservoir building on it. The method used is a model test in the laboratory by strengthening variations in the length and distance of bamboo culms used on soft clay soils and also planning a multipurpose reservoir building with hydrological analysis calculations and checking the stability of the reservoir walls. For variation of bamboo culms used in the soil mechanics laboratory testing at the University of Muhammadiyah Jember, namely variations in the diameter of bamboo culms used only one variation, namely 1cm, There is three variations in length of bamboo culms, namely 10cm, 12cm, and 14cm. Meanwhile variation in space of bamboo culms also has three variations, namely 5cm, 7cm and 9cm. From the test results, the highest limit soil bearing capacity (q_{ult}) was 1,1kg/cm², namely the variation in length of bamboo culms is 14cm and in distance of bamboo culms is 5cm.

Keyword: Bamboo, Clay, Reservoir, Soil.

1. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Permasalahan tanah lunak sering terjadi di dalam pekerjaan konstruksi, baik gedung, jalan, jembatan, atau bangunan air lainnya. Permasalahan akan terjadi sejak mulai tahap konstruksi, hingga tahap pemakaian bangunan tersebut. Bahkan tak jarang pada tahap mobilisasi peralatan konstruksi, permasalahan tanah lunak sudah mulai terjadi. Jika mengalami pembebanan, tanah lunak akan sangat mudah mengalami proses keruntuhan. Pada bangunan air termasuk embung sering kali ditemukan tanah yang memiliki daya dukung yang sangat kurang bagus, hal ini terlihat jelas pada bangunan air yang sering kali rusak karena tanah yang jelek tersebut. Tanah pada daerah lembab bahkan berair sering terklasifikasi kedalam tanah lempung lunak.

Cerucuk bambu merupakan jenis bagian bangunan yang merupakan produk kearifan lokal, yang sudah sering digunakan di dalam bangunan-bangunan urugan jalan, tanah dasar jalan, maupun di bawah fondasi bangunan gedung. Hingga saat ini, penggunaan cerucuk bambu baru didasarkan pada pengalaman empirik, belum dinyatakan dalam formulasi rumusan matematis berdasarkan hasil kajian eksperimental, sehingga keberadaannya belum dapat dimanfaatkan secara optimal. Untuk peningkatan efektifitas serta mengoptimalkan pemanfaatan cerucuk, maka perlu dilakukan penelusuran rumusan persamaan matematis yang secara mudah dapat digunakan di dalam praktik perencanaan fondasi, khususnya fondasi dangkal.

Embung merupakan bangunan air yang memiliki banyak fungsi yakni sebagai penampung sumber-sumber air seperti hujan, air dalam tanah, sungai, dan lain lain, sebagai tempat wisata, sebagai sarana kebutuhan air bagi masyarakat sekitar, dan sebagai cadangan air untuk lahan pertanian saat dibutuhkan.

Metode yang digunakan adalah uji model di laboratorium dengan dibebani di atas tanah lempung yang diperkuat cerucuk bambu dan diukur penurunannya sampai mengalami keruntuhan serta perencanaan embung

serbaguna menggunakan analisa hidrologi serta cek stabilitas tubuh embung. Dengan tujuan untuk mengetahui apakah variasi, panjang, dan jarak cerucuk dapat meningkatkan daya dukung tanah lempung lunak tanpa perkuatan terhadap tanah lempung lunak di sekitar kolam perikanan rakyat di daerah Gumukmas Kabupaten Jember.

b. Rumusan Masalah

1. Berapa besar daya dukung tanah tanpa cerucuk dan dengan cerucuk berdasarkan variasi paling optimal pada tanah lempung lunak?
2. Bagaimana pengaruh penambahan cerucuk bambu pada daya dukung tanah lempung lunak di kawasan kolam perikanan rakyat Gumukmas Jember?
3. Berapa besar air yang masuk dan keluar tiap harinya pada perencanaan embung serbaguna ?
4. Berapa dimensi embung serbaguna yang direncanakan?

c. Batasan Masalah

1. Topik yang dibahas hanya perbaikan daya dukung tanah lempung lunak dengan uji laboratorium menggunakan cerucuk bambu dan perencanaan embung serbaguna.
2. Variasi diameter cerucuk bambu yang digunakan hanya menggunakan 1 ukuran diameter yang sudah ditentukan.
3. Tidak membahas RAB.
4. Lingkup yang diamati atau penelitian hanya pada kawasan kolam perikanan rakyat Kecamatan Gumukmas Kabupaten Jember.

d. Maksud dan Tujuan

1. Untuk mengetahui besar daya dukung tanah tanpa cerucuk dan dengan cerucuk berdasarkan variasi paling optimal pada tanah lempung lunak.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan cerucuk bambu pada daya dukung tanah lempung lunak di

kawasan kolam perikanan rakyat Gumukmas Jember.

3. Untuk mengetahui volume air yang masuk dan keluar tiap harinya pada perencanaan embung serbaguna.
4. Untuk menentukan dimensi embung serbaguna yang direncanakan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

a. Perencanaan Embung

Embung adalah bangunan artifisial yang berfungsi untuk menampung dan menyimpan air dengan kapasitas volume kecil tertentu, lebih kecil dari kapasitas waduk/bendungan. Embung biasanya dibangun dengan membendung sungai kecil atau dapat dibangun di luar sungai.

b. Analisis Hidrologi

Didalam perhitungan analisis hidrologi ini berisikan data curah hujan harian, penentuan curah hujan rerata menggunakan metode *Polygon Thiessen* yang digunakan jika titik-titik pengamatan di dalam daerah tersebut tidak tersebar merata, analisa frekuensi yang bertujuan untuk menentukan besaran hujan/debit ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan, metode distribusi Log Pearson III, uji *Chi-Square* yang dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik yang dianalisis, uji *smirnov-kolmograf*.

c. Dimensi Embung dan Cek Kestabilan Tubuh Embung

Pada perencanaan dimensi embung dibutuhkan dimensi-dimensi tubuh embung yakni berupa :

- Penentuan elevasi puncak embung
- Panjang embung
- Lebar puncak embung
- Tinggi Embung

Cek kestabilan pada tubuh embung dihitung pada saat kondisi air normal dan banjir, beberapa macam cek kestabilan pada tubuh embung berupa :

- Cek kestabilan terhadap guling
- Cek kestabilan terhadap geser
- Cek kestabilan terhadap daya dukung tanah

d. Pengujian Stabilitas Tanah

Dalam pengujian tanah yang dilakukan di laboratorium Unmuh Jember, terdapat beberapa pengujian diantaranya :

- Uji kadar air tanah
- Uji berat jenis tanah
- Uji Konsistensi Tanah
- Uji Analisa Gradasi Tanah
- Uji Analisis Hidrometer
- Uji UCT(*Unconfined Compression Test*)

3. METODOLOGI

a. Lokasi Penelitian

Lokasi yang menjadi tempat penelitian ini adalah di Kecamatan Gumukmas, Kabupaten Jember, Jawa Timur terletak $7^{\circ}32'48.31''$ S dan $112^{\circ}28'36.15''$ T.

b. Perencanaan Embung

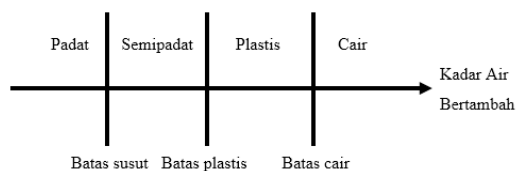
Perencanaan embung membutuhkan perhitungan dari analisis hidrologi, oleh karena ini dibutuhkan data curah hujan yang diambil pada 3 (tiga) stasiun hujan pada daerah Kabupaten Jember yaitu Stasiun Wonorejo, Stasiun Gumukmas (KT), Stasiun Bagorejo. Dan kemudian dapat dilakukan perhitungan analisis hidrologi berupa:

- Data hujan bulanan
- Data hujan tahunan
- Uji frekuensi
- Curah hujan harian maksimum
- Curah hujan rerata daerah maksimum
- Curah hujan rata-rata daerah menggunakan metode *polygon thiessen*
- Metode pemilihan analisa distribusi frekuensi data hujan
- Curah hujan rencana menggunakan metode *Log Pearson III*
- Uji *Chi-Square*
- Uji *Smirnov-Kolmograf*
- Kebutuhan air embung
- Perhitungan dimensi embung

c. Pengujian Tanah

Dalam penelitian pengkajian penggunaan cerucuk bambu untuk stabilitas tanah lempung lunak pada bangunan embung serbaguna dilakukan pengujian tanah di laboratorium mekanika tanah, tahapan awal pada pengujian tanah ini adalah:

- Uji kadar air tanah
 Pengujian ini dilakukan dengan pengambilan beberapa gram sampel tanah yang dimasukkan kedalam cawan kecil dan kemudian ditimbang untuk mengetahui beratnya pada saat basah dan saat kering.
- Uji berat jenis tanah
 Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan sampel tanah kering yang sudah dihaluskan dan kemudian menggunakan gelas piknometer untuk dilakukan pembakaran sesuai SNI dan tentunya di timbang basah dan keringnya.
- Uji konsistensi tanah
 Pengujian konsistensi tanah dilakukan dengan 3 macam uji, yaitu Batas Cair (*Liquid Limit, LL*), Batas Plastis (*Plastis Limit, PL*), Batas Susut (*Shrinkage Limit, SL*).



Gambar 1. Batas-batas atterberg.

Sumber: Buku Mekanika Tanah 1 Hary Christady Hardiyatmo

- Uji analisa gradasi tanah
 Pengujian klasifikasi tanah membutuhkan 500 gram sampel tanah yang sudah di oven atau dikeringkan.
- Uji Analisis Hidrometer
 Pengujian analisis hidrometer tanah dilakukan dengan menggunakan tanah yang sudah lolos ayakan 0,075mm (No.200) dan sudah diendapkan selama 24jam.

- Uji UCT(*Unconfined Compression Test*)

Pengujian unconfined compression test membutuhkan sampel tanah *remoulded* menggunakan alat ekstruder kecil dengan diameter sampel minimal 30mm dan rasio ketinggian 2 s.d 2,5 diameter sampel. Pengujian kuata tekan bebas dilakukan menggunakan alat unconfined atau alat *torvane*.

d. Uji Pemodelan

Didalam pengujian pemodelan ini menggunakan beban dari tanah yang dibentuk menyerupai tanggul dengan dimensi permukaan dasarnya (10 x 10) cm², beban tersebut diletakkan diatas permukaan tanah lempung yang ada di box uji dengan luas permukaan (26 x 20) cm². Faktor kalibrasi alat uji yang digunakan sebesar 2,2455 dimana nantinya akan mendapatkan besaran beban yang sebenarnya dalam satuan kilogram (Kg). Pembacaan hasil pengujian menggunakan dial gauge yang ada di alat uji yang bertujuan untuk mendapatkan nilai penurunan yang terjadi seiring dengan proses pembebanan. Adanya beberapa variasi cerucuk bambu untuk pengujian tanah lempung lunak, diantaranya variasi panjang dari cerucuk dan jarak antar cerucuk. Untuk variasi panjang cerucuk dimulai dari panjang 10cm, 12cm, dan 14cm. Untuk variasi jarak atau spasi antar cerucuk dimulai dari 5cm, 7cm, 9cm.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

a. Perencanaan Embung

Lokasi penelitian yang diambil sampel tanahnya berada di Gumukmas, Jember. Sehingga pengambilan data curah hujan yang dibutuhkan, dengan cara memilih stasiun hujan terdekat dari lokasi pengambilan sampel tanah. Data curah hujan yang diambil, ada 3 (tiga) stasiun hujan pada daerah Kabupaten Jember yaitu Stasiun Wonorejo, Stasiun Gumukmas (KT), Stasiun Bagorejo. Dari data curah hujan yang didapat merupakan data curah hujan harian dan kemudian dihitung juga untuk data hujan bulanan dan tahunan.

No	Tahun	STASIUN HUJAN (mm)		
		A	B	C
		R1	R2	R3
1	2011	1.801,00	2.500,00	1.696,00
2	2012	2.210,00	2.009,00	1.781,00
3	2013	1.351,90	1.803,90	1.877,70
4	2014	1.824,30	958,00	1.756,90
5	2015	1.231,00	1.204,00	939,00
6	2016	2.641,00	2.500,00	2.081,00
7	2017	2.080,20	2.009,00	1.627,00
8	2018	1.818,20	1.799,00	1.136,00
9	2019	1.086,00	958,00	524,00
10	2020	1.832,40	1.191,00	1.450,60
Rerata		1.787,60	1.693,19	1.486,92

Tabel 1. Perhitungan Data Hujan Tahunan Stasiun Hujan A, B dan C.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Uji Konsistensi

Perhitungan uji konsistensi pada data hujan ini diambil dari hasil data hujan tahunan pada masing-masing stasiun dengan menghitung kumulatif pada datanya. Dalam grafik ini diperlihatkan adanya peningkatan seiring dengan bertambahnya nilai dari curah hujan kumulatif baik dari stasiun yang diuji maupun stasiun sekitarnya.

No	Tahun	Stasiun A		Stasiun Sekitarnya	
		R1 (mm)	R1 _{Kom} (mm)	R2 (mm)	R2 _{Kom} (mm)
1	2011	1801,00	1801,00	5997,00	5997,00
2	2012	2210,00	4011,00	6000,00	11997,00
3	2013	1351,90	5362,90	5033,50	17030,50
4	2014	1824,30	7187,20	4539,20	21569,70
5	2015	1231,00	8418,20	3374,00	24943,70
6	2016	2641,00	11059,20	7222,00	32165,70
7	2017	2080,20	13139,40	5716,20	37881,90
8	2018	1818,20	14957,60	4753,20	42635,10
9	2019	1086,00	16043,60	2568,00	45203,10
10	2020	1832,40	17876,00	4474,00	49677,10

Tabel 2. Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Hujan A.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir



Gambar 2. Lengkung Massa Ganda Stasiun Hujan A.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Curah Hujan Rerata Bulanan

Perhitungan curah hujan rerata bulanan didapatkan dari data perhitungan hujan bulanan yang kali ini diambil untuk stasiun hujan gumukmas (KT).

Tahun	Curah Hujan Rerata Bulanan												Total
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	
2011	153,00	566,00	188,00	256,00	188,00	129,00	41,00	38,00	76,00	246,00	262,00	357,00	2500,00
2012	278,00	327,00	200,00	344,00	43,00	3,00	10,00	11,00	6,00	112,00	219,00	456,00	2009,00
2013	376,00	319,00	126,00	344,00	18,00	8,00	2,00	8,00	6,90	0,00	243,00	353,00	1803,90
2014	346,00	319,00	126,00	94,00	0,00	10,00	0,00	0,00	1,00	0,00	31,00	31,00	958,00
2015	123,00	389,00	154,00	152,00	55,00	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	88,00	236,00	1204,00
2016	153,00	566,00	188,00	256,00	188,00	129,00	41,00	38,00	76,00	246,00	262,00	357,00	2500,00
2017	278,00	327,00	200,00	344,00	43,00	3,00	10,00	11,00	6,00	112,00	219,00	456,00	2009,00
2018	376,00	319,00	126,00	344,00	18,00	8,00	2,00	8,00	2,00	0,00	243,00	353,00	1799,00
2019	346,00	319,00	126,00	94,00	0,00	10,00	0,00	0,00	1,00	0,00	31,00	31,00	958,00
2020	353,00	222,00	260,00	120,00	163,00	10,00	0,00	0,00	1,00	0,00	31,00	31,00	1191,00
Rerata	278,20	367,30	169,40	234,80	71,60	31,70	10,60	11,40	17,59	71,60	162,90	266,10	1693,19

Tabel 3. Perhitungan Curah Hujan Rerata Bulanan.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

No	Prob	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	9,1%	376,00	566,00	260,00	344,00	188,00	129,00	41,00	38,00	76,00	246,00	262,00	456,00
2	18,2%	376,00	566,00	200,00	344,00	188,00	129,00	41,00	38,00	76,00	246,00	262,00	456,00
3	27,3%	353,00	389,00	200,00	344,00	163,00	10,00	10,00	11,00	6,90	112,00	243,00	357,00
4	36,4%	346,00	327,00	188,00	344,00	55,00	10,00	10,00	11,00	6,00	112,00	243,00	357,00
5	45,5%	346,00	327,00	188,00	256,00	43,00	10,00	2,00	8,00	6,00	0,00	219,00	353,00
6	54,5%	278,00	319,00	154,00	256,00	43,00	8,00	2,00	8,00	2,00	0,00	219,00	353,00
7	63,6%	278,00	319,00	126,00	152,00	18,00	8,00	0,00	0,00	1,00	0,00	88,00	236,00
8	72,7%	153,00	319,00	126,00	120,00	18,00	7,00	0,00	0,00	1,00	0,00	31,00	31,00
9	81,8%	153,00	319,00	126,00	94,00	0,00	3,00	0,00	0,00	1,00	0,00	31,00	31,00
10	90,9%	123,00	222,00	126,00	94,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	31,00
R80		153,00	319,00	126,00	99,20	3,60	3,80	0,00	0,00	1,00	0,00	31,00	31,00
Reff 15 harian		1,73	3,99	1,42	1,16	0,04	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,36	0,35
Reff		3,45	7,98	2,85	2,31	0,08	0,09	0,00	0,00	0,02	0,00	0,72	0,70

Tabel 4. Perhitungan Curah Hujan Efektif.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

- Curah Hujan Harian Maksimum

Perhitungan curah hujan harian maksimum menggunakan data hujan harian pada masing-masing stasiun guna mendapatkan nilai maksimum atau terbesar (R1max).

No	Tahun	Curah Huj						
		Jan	Peb	Mar	April	Mei	Jun	Jun
1	2011	46	83	35	75	50	12	12
2	2012	62	87	63	68	39	28	28
3	2013	140	-	-	-	-	60	60
4	2014	88	28	50	46	38	48	48
5	2015	31	71	22	81	29	-	-
6	2016	49	146	65	75	68	51	51
7	2017	85	76	53	123	19	-	-
8	2018	49	85	85	123	10	9	9
9	2019	103	85	85	40	-	8	8
10	2020	69	35	82	52	62	13,5	13,5

Tabel 5. Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Hujan A.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

an Harian Maksimum (mm)						
Jul	Agust	Sept	Okt	Nop	Des	R1max (mm)
1	-	-	90	62	77	90
10	-	2	35	59	88	88
10	-	-	34	41	87	140
29	-	-	-	54	94	94
-	-	-	-	52	88	88
11	32	30	58	51	44	146
-	9	5	24	64	78	123
-	5	10	-	33	88	123
-	-	-	-	2	2	103
3,6	9,5	4,8	34,7	39	45,5	82

Tabel 6. Lanjutan Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Hujan A.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

- Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah Maksimum

Perhitungan curah hujan rerata daerah maksimum didapatkan dari data R1max dari masing-masing stasiun hujan yang ada pada perhitungan curah hujan harian sebelumnya.

No	Tahun	Stasiun Curah Hujan		
		(mm)		
		A	B	C
		R1	R2	R3
1	2011	90,0	125,0	78,0
2	2012	88,0	173,0	98,0
3	2013	140,0	97,0	98,2
4	2014	93,5	112,0	96,1
5	2015	88,0	88,0	65,0
6	2016	146,0	125,0	65,0
7	2017	123,0	173,0	92,0
8	2018	123,0	97,0	67,0
9	2019	103,0	112,0	65,0
10	2020	82,0	133,0	78,5

Tabel 7. Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah Maksimum.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

- Curah Hujan Rata-Rata Daerah Dengan Metode Polygon Thiessen

Perhitungan curah hujan rata-rata daerah ini menggunakan metode polygon thiessen dengan mengambil data dari 3 stasiun yang berdekatan yakni stasiun hujan Wonorejo, stasiun hujan Gumukmas (KT), stasiun hujan Bagorejo.

No	Tahun	Stasiun Curah Hujan (mm)			Curah Hujan Rata- Rata Daerah (mm)
		A	B	C	
		0,12	0,65	0,23	
1	2011	90,00	125,00	78,00	109,88
2	2012	88,00	173,00	98,00	145,42
3	2013	140,00	97,00	98,20	102,38
4	2014	93,50	112,00	96,10	106,10
5	2015	88,00	88,00	65,00	82,63
6	2016	146,00	125,00	65,00	113,49
7	2017	123,00	173,00	92,00	148,17
8	2018	123,00	97,00	67,00	93,09
9	2019	103,00	112,00	65,00	99,97
10	2020	82,00	133,00	78,50	114,23

Tabel 8. Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Daerah Dengan Metode Polygon Thiessen.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Metode Pemilihan Analisa Distribusi Frekuensi Data Hujan

No	Tahun	R _i	P	R _i -R	(R _i -R) ²	(R _i -R) ³	(R _i -R) ⁴
1	2011	109,88	9,09	-1,65	2,73	-4,52	7,48
2	2012	145,42	18,18	33,88	1147,98	38895,62	1317855,00
3	2013	102,38	27,27	-9,15	83,81	-767,27	7024,19
4	2014	106,10	36,36	-5,44	29,60	-161,03	876,09
5	2015	82,63	45,45	-28,90	835,34	-24143,01	697785,26
6	2016	113,49	54,55	1,96	3,83	7,49	14,66
7	2017	148,17	63,64	36,63	1342,07	49165,76	1801151,93
8	2018	93,09	72,73	-18,45	340,43	-6281,21	115893,04
9	2019	99,97	81,82	-11,57	133,85	-1548,51	17915,08
10	2020	114,23	90,91	2,70	7,28	19,64	53,01
Jumlah					3926,92	55182,98	3958575,74
Rerata		111,54					
St		20,89					
Cs		0,84					
Ck		0,20					
Cv		0,187					

Tabel 9. Perhitungan Metode Pemilihan Analisa Distribusi Frekuensi Data Hujan.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Dengan nilai Cs 0,84, tidak memenuhi syarat pada distribusi normal, log normal, dan gumble, sehingga distribusi yang dipilih adalah distribusi log pearson tipe III (tiga).

Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III

Pada perhitungan curah hujan rencana menggunakan metode distribusi log pearson III ini memasukkan data curah hujan rata-rata daerah (R) yang ada di perhitungan curah hujan rata-rata daerah menggunakan metode polygon thiessen.

No	Tahun	R (mm)	log R	log R - log R _r
1	2011	109,882	2,041	0,000
2	2012	145,418	2,163	0,122
3	2013	102,381	2,010	-0,031
4	2014	106,096	2,026	-0,015
5	2015	82,634	1,917	-0,124
6	2016	113,493	2,055	0,014
7	2017	148,170	2,171	0,130
8	2018	93,085	1,969	-0,072
9	2019	99,967	2,000	-0,041
10	2020	114,234	2,058	0,017
n	10			
jumlah			20,409	0,000
Rata-rata		Log R _r	2,041	

Tabel 10. Perhitungan Curah Hujan Rencana Menggunakan Metode Log Pearson III.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir.

(log R - log R _r) ²	(log R - log R _r) ³	Hasil Perhitungan	Ket
0,000	0,0000	Log R _r = 2,041	
0,015	0,0018	S = 0,079	
0,001	0,0000	Cs = 0,468	
0,000	0,0000	K(2) = -0,025	Tabel
0,015	-0,0019	K(5) = 0,833	Tabel
0,000	0,0000	K(10) = 1,297	Tabel
0,017	0,0022	K(25) = 1,802	Tabel
0,005	-0,0004	K(50) = 2,134	Tabel
0,002	-0,0001	K(100) = 2,438	Tabel
0,000	0,0000		
0,056	0,0016		

Tabel 11. Lanjutan Perhitungan Curah Hujan Rencana Menggunakan Metode Log Pearson III.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir.

Uji Chi-Square

Dengan menggunakan persamaan Log R_t = Log R_r + K.S didapat kan tabel sebaran peluang yang kemudian di lanjutkan untuk tabel perhitungan uji chi-square sebagai berikut.

X	O _j	E _j	O _j - E _j	(O _j -E _j) ² /E _j		
0	-	109,371	5	2	3	4,50
109,371	-	127,732	3	2	1	0,50
127,732	-	138,906	0	2	-2	2,00
	>	138,906	2	2	0	0,00
			10	8		7,00

Tabel 12. Perhitungan Uji Chi-Square.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Pada tabel 12 didapatkan nilai kritis untuk α = 5% dan α = 1% sebagai berikut :
 Untuk α = 5% , X² kritis = 7,815
 Untuk α = 1% , X² kritis = 11,345

Pada tabel 15 didapatkan nilai X^2 hit = 7,00. Dikarenakan nilai X^2 hit < X^2 kritis maka, distribusi uji chi-square memenuhi syarat.

- **Uji Smirnov-Kolmogorov**

No	Log Xi	m	P(x) = m/(n+1)%
1	2	3	4
1	1,917	10	0,909
2	1,969	9	0,818
3	2,000	8	0,727
4	2,010	7	0,636
5	2,026	6	0,545
6	2,041	5	0,455
7	2,055	4	0,364
8	2,058	3	0,273
9	2,163	2	0,182
10	2,171	1	0,091
Total 20,409			
Rerata 2,041			
S 0,079			

Tabel 13. Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov.

Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

P(x<)	K	P'(x)	P'(x<)	D(%)
5	6	7	8	9
0,091	-1,575	1,111	-0,111	0,202
0,182	-0,917	1,000	0,000	0,182
0,273	-0,522	0,889	0,111	0,162
0,364	-0,390	0,778	0,222	0,141
0,455	-0,193	0,667	0,333	0,121
0,545	0,000	0,556	0,444	0,101
0,636	0,179	0,444	0,556	0,081
0,727	0,215	0,333	0,667	0,061
0,818	1,550	0,222	0,778	0,040
0,909	1,654	0,111	0,889	0,020
n 10				
Dmax 0,20				
Cs 0,468				
Do (1%) 0,49				
Ck 2,021				
Do (5%) 0,41				

Tabel 14. Lanjutan Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov.

Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Pada tabel 13-14 perhitungan uji smirnov-kolmogorov didapatkan nilai kritis maksimum (Dmax) sebesar 0,20 dengan nilai Do (1%) sebesar 0,49 dan Do (5%) sebesar 0,41. Dari syarat-syarat $D_{max} < D_o$ (1%) dan

$D_{max} < D_o$ (5%), persamaan distribusi dapat diterima.

- **Perhitungan Kebutuhan Air dan Dimensi Embung**

Pada perhitungan kebutuhan air memerlukan data curah hujan rerata bulanan dan data klimatologi untuk perhitungan evapotranspirasi dan kemudian didapatkan besarnya kebutuhan air setiap bulannya dalam satuan mm/hari. Dan ditambahkan dengan adanya neraca air sehingga dapat diketahui besar air yang masuk kedalam embung dan besar air yang keluar dari embung sehingga didapatkan volume tampungan air pada embung per harinya Perhitungan dimensi embung dengan menentukan awalan sebagai berikut:

- A. Tinggi kenaikan permukaan air yang disebabkan oleh banjir abnormal (Δh)
- $Q_0 = 233,82 \text{ m}^3/\text{dt}$
 $Q = 116,91 \text{ m}^3/\text{dt}$
 $\alpha = 0,20$
 $h = 1,50 \text{ m}$
 $A = 0,012 \text{ km}^2$
 $T = 3 \text{ jam}$

$$\Delta h = \frac{2 \alpha Q_0}{3 Q} \frac{h}{1 + \frac{A x h}{Q x T}}$$

$\Delta h = 0,40 \text{ m.}$

- B. Tinggi ombak yang disebabkan oleh angin (Hw)
- $v = 20 \text{ m/dt}$
 Fetch eff = 109,43
 Didapatkan nilai Hw= 0,3 m.

- C. Tinggi ombak yang disebabkan oleh gempa (he)
- $e = 0,11$
 $\tau = 1,00 \text{ detik}$
 $\pi = 3,14$
 $H_0 = 6,00 \text{ m}$
 $g = 9,8 \text{ m/dt}^2$
 $h_e = \frac{e \cdot \tau}{\pi} \sqrt{g \cdot h_0}$
 $h_e = 0,262 \text{ m}$
 Tinggi puncak ombak = $h_e / 2$
 $= 0,131 \text{ m.}$

- D. Tinggi jagaan
 Tinggi jagaan alternatif 1 :
 $H_f \geq \Delta h + h_w + h_a + h_i$

$$H_f \geq 2,200$$

Tinggi jagaan alternatif 2 :

$$H_f \geq h_e/2 + h_a + h_i$$

$$H_f \geq 1,631$$

Tinggi jagaan alternatif 3

$$H_f \geq h_w + h_e/2 + h_a + h_i$$

$$H_f \geq 1,931$$

Maka ditentukan besar tinggi jagaan sebesar 2,00 m.

- E. Elevasi puncak embung
 Elevasi puncak embung = elevasi muka air banjir + tinggi jagaan

$$= 7,50 \text{ m} + 2 \text{ m}$$

$$= 9,50 \text{ m.}$$

- F. Tinggi embung
 Tinggi embung = elevasi puncak embung – elevasi dasar sungai

$$= 9,50 \text{ m} - 7,00 \text{ m}$$

$$= 2,50 \text{ m.}$$

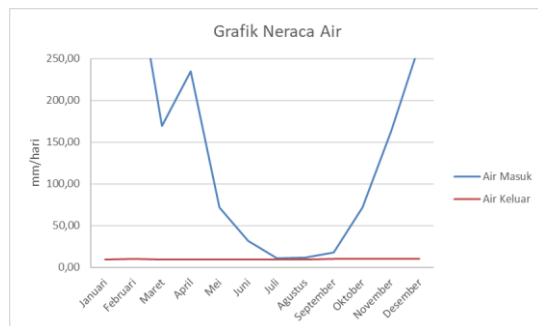
- G. Panjang embung
 Panjang embung ditentukan dari lebar sungai didaerah yang ditinjau sebesar 11m.

- H. Lebar puncak embung $= 3,6 \times (H^{1/3}) - 3$
 $= 1,886 \approx 1,9 \text{ m.}$

NERACA AIR (mm/hari)	Air masuk	=	Air Keluar
	$Q_i + Q_g + P + \Delta S$	=	$Q_o + S_q + E_o$
	141,10	=	13,13

Tabel 15. Perhitungan Neraca Air.

Sumber: Perhitungan Tugas Akhir



Gambar 3. Grafik Neraca Air.

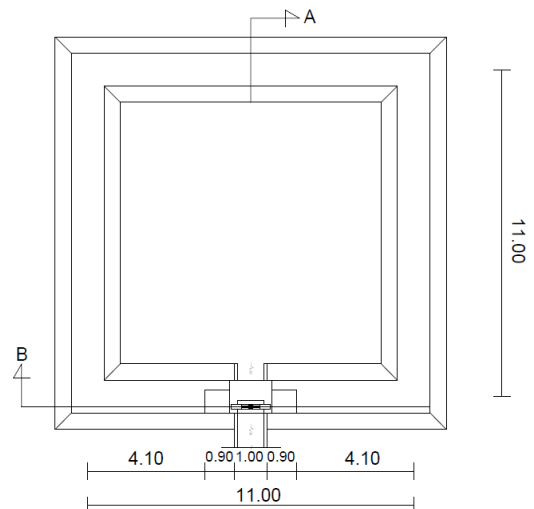
Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Bulan	Curah Hujan Rata-Rata	Luas Embung	Volume
	m/hari	m ²	m ³ /hari
Januari	0,278	121	33,662
Februari	0,367	121	44,443
Maret	0,169	121	20,497
April	0,235	121	28,411
Mei	0,072	121	8,664
Juni	0,032	121	3,836
Juli	0,011	121	1,283
Agustus	0,011	121	1,379
September	0,018	121	2,128
Oktober	0,072	121	8,664
November	0,163	121	19,711
Desember	0,266	121	32,198
Rata - Rata			17,073

Tabel 16. Perhitungan Volume Tampung Air.

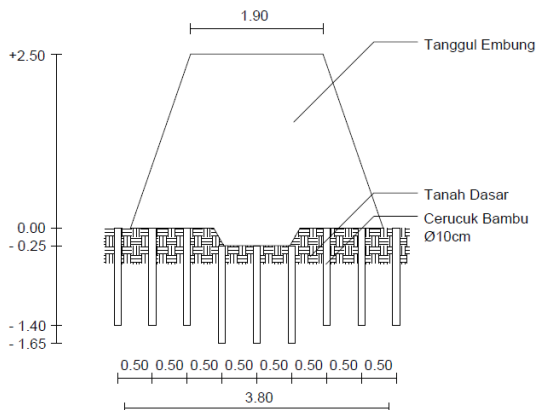
Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Dari perhitungan diatas dapat diketahui besar air yang masuk sebesar 141,10 mm/hari dan air yang keluar sebesar 13,13 mm/hari, adapun besar volume tampungan air yang didapat sebesar 17,073 m³/hari.

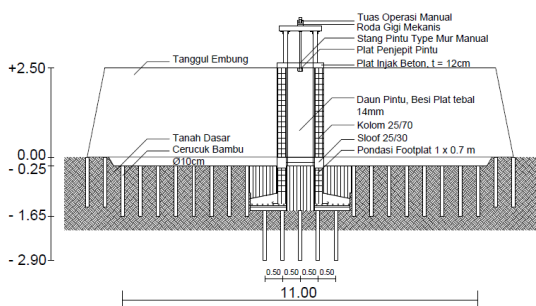


Gambar 4. Denah Embung Serbaguna.

Sumber: Hasil Desain Perhitungan TA



Gambar 5. Potongan A.
 Sumber: Hasil Desain Perhitungan TA



Gambar 6. Potongan B.
 Sumber: Hasil Desain Perhitungan TA

b. Pengujian Tanah Di Laboratorium

Berikut adalah tahap-tahap pelaksanaan pengujian tanah di laboratorium :

- Kadar Air Tanah

Pengujian kadar air pada tanah dilakukan dengan pengambilan beberapa gram sampel tanah yang dimasukkan kedalam cawan kecil dan kemudian ditimbang untuk mengetahui beratnya pada saat basah dan saat kering.

Kadar Air Tanah Asli	1	2	3
Cawan	14	14,2	14
Cawan + Tanah Basah	28,6	36,4	35
Cawan + Tanah Kering	24,4	30	29
Berat Air	4,20	6,40	6,00
Berat Tanah Kering	10,40	15,80	15,00
Kadar Air (ω)	40,38	40,51	40,00
Kadar Air Rata-rata	40,30		

Tabel 17. Hasil Pengujian Kadar Air Tanah

Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

- Uji Berat Jenis (Specific Gravity, GS)

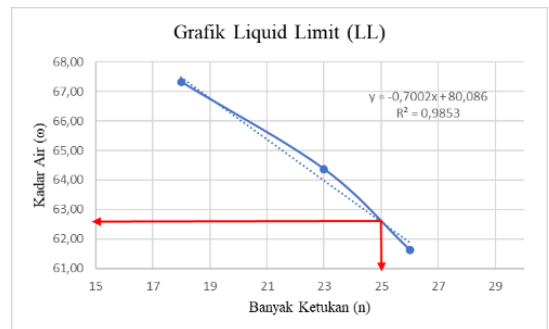
No Piknometer		1	2	3
Berat Piknometer (W10)	gr	135,00	176,00	157,00
Berat Piknometer + air (W11)	gr	632,20	671,60	647,20
Berat Piknometer + air + tanah (W12)	gr	691,60	728,00	704,60
Berat Cawan (W1)	gr	72,00	72,20	72,00
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	gr	652,20	674,40	664,60
Berat Cawan + Tanah Kering (W3)	gr	170,00	168,00	166,00
Berat Air (W8 = W2 - W3)	gr	482,20	506,40	498,60
Berat Tanah Kering (W13 = W9 = W3 - W1)	gr	98,00	95,80	94,00
Temperatur Campuran Tanah + air (T1°C)	°C	30,00		
GS (Pada 26°C) =	%	2,54	2,43	2,57
Corection Factor , a		0,997		
Gs (pada 30°C) = a*Gs(pada 26°C)		2,53	2,43	2,56
GS rata - rata		2,51		

Tabel 18. Perhitungan Berat Jenis Tanah (specific Gravity).

Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

- Uji Konsistensi Tanah

Sampel tanah yang diambil di sekitar kolam perikanan rakyat Kecamatan Gumukmas Kabupaten Jember diuji konsistensi tanah (*Liquid Limit, Plastis Limit, Shrinkage Limit*) di laboratorium mekanika tanah Universitas Muhammadiyah Jember.



Gambar 7. Liquid Limit (LL).

Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Plastis Limit (PL)					
Kondisi		Retak		Tidak Retak	
Kadar Air Plastis Limit		1	2	1	2
Cawan	gram	15	14,4	14,8	14
Cawan + Tanah Basah	gram	17,3	15,8	16,5	15,2
Cawan + Tanah Kering	gram	16,6	15,4	16	15,2
Berat Air	gram	0,70	0,40	0,50	0,60
Berat Tanah Kering	gram	1,60	1,00	1,20	1,20
Kadar Air (ω)	%	43,75	40,00	41,67	50,00
Kadar Air Rata-rata	%	41,88		45,83	
Kadar Air Rata-rata, PL	%	43,85			

Tabel 19. Perhitungan Kadar Air Tanah Plastis Limit (PL).

Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Shrinkage Limit (SL)			
Sample		1	2
Cawan Monel	gram	43,20	40,00
Cawan Monel + Tanah Basah	gram	84,60	82,40
Cawan Monel + Tanah Kering	gram	67,40	64,80
Berat Air	gram	17,20	17,60
Berat Tanah Kering	gram	24,20	24,80
Kadar Air (w)	%	71,07	70,97
Kadar Air Rata-rata	%	71,02	
Berat Air Raksa Terpakai	gram	494,40	505,40
Berat Air Raksa Terpindah	gram	394,00	411,40
Kadar Air Tanah Sampai Batas Kerut	%	30,51	27,87
Kadar Air Tanah Sampai Batas Kerut Rata-rata	%	29,19	
Batas Kerut (SL)	%	41,83	

Tabel 20. Perhitungan Shrinkage Limit (SL).
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Uji Analisa Gradasi Tanah

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir (35 % atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)						
	A-1			A-2			
	A-1a	A-1b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos)							
No. 10	≤ 50	---	---	---	---	---	---
No. 40	≤ 30	≤ 50	≥ 51	---	---	---	---
No. 200	≤ 15	≤ 25	≥ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40							
Batas Cair (LL)	---	---	---	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
Indek Plastisitas (PI)	≤ 6	---	NP	≤ 10	≥ 10	≤ 11	≥ 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

Keterangan : * Unnik A-7-5, PI ≤ LL – 30
 ** Unnik A-7-6, PI > LL – 30

Tabel 21. Klasifikasi Tanah Menurut Hasil Saringan.
 Sumber: Braja M Das

Tanah lanau - lempung (lebih dari 35 % dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6**
---	---	---	---
≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
≤ 40	≥ 40	≤ 40	≥ 41
≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Biasa sampai jelek			

Tabel 22. Lanjutan Klasifikasi Tanah Menurut Hasil Saringan.
 Sumber: Braja M Das

Uji Analisis Hidrometer

Pengujian analisis hidrometer tanah dilakukan dengan menggunakan tanah yang sudah lolos ayakan 0,075 mm (No.200) dan sudah diendapkan selama 24 jam.

Waktu	Start	R	Rcp	Butiran Halus	Persentase Butiran Halus	L	K	D	t
Menit	Jam	Data			%	cm		cm	
15"	12.25.15	30,5	28,0	56	58,01528	11,3	0,01312	0,08821	0,25
30"	12.25.30	30,5	28,0	56	58,01528	11,3	0,01312	0,06237	0,5
1'	12.25.00	30,5	28,0	56	58,01528	11,3	0,01312	0,0441	1
2'	12.27.00	30,5	28,0	56	58,01528	11,3	0,01312	0,03119	2
4'	12.29.00	30,0	27,5	55	56,97929	11,4	0,01312	0,02215	4
8'	12.33.00	28,0	25,5	51	52,83534	11,7	0,01312	0,01587	8
15'	12.40.00	26,0	23,5	47	48,69140	12	0,01312	0,01173	15
30'	12.55.00	24,5	22,0	44	45,58343	12,3	0,01312	0,0084	30
60'	13.25.00	23,0	20,5	41	42,47547	12,5	0,01312	0,00599	60
120'	14.25.00	21,0	18,5	37	38,33152	12,85	0,01312	0,00429	120
240'	16.25.00	19,0	16,5	33	34,18758	13,2	0,01312	0,00308	240
480'	20.25.00	18,0	15,5	31	32,11560	13,35	0,01312	0,00219	480
1440'	12.25.00	16,0	13,5	27	27,97165	13,65	0,01312	0,00128	1440
2880'	12.25.00	15,0	12,5	25	25,89968	13,8	0,01312	0,00091	2880

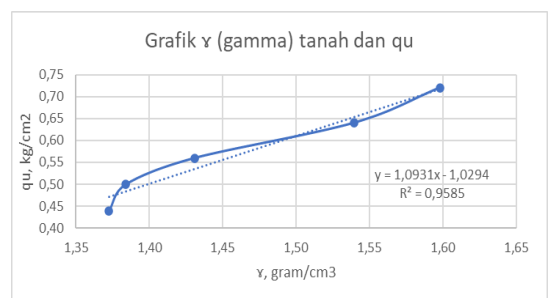
Tabel 23. Perhitungan Hidrometer.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Unconfines Compression Test (UCT)

Pengujian unconfined compression test membutuhkan sampel tanah *remoulded* menggunakan alat ekstruder kecil dengan diameter sampel minimal 30 mm dan rasio ketinggian 2 s.d 2,5 diameter sampel. Pengujian kuata tekan bebas dilakukan menggunakan alat unconfined atau alat torvane.

Nomor	Diameter		Berat W	Volume V	Gamm Tanah γ	Kuat Geser Su	Kuat Geser Undraindred Cu	Kuat Tekan Bebas qu
	D	t						
	cm	cm	gram	cm ³	gram/cm ³	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
1	4,70	10,00	238,00	173,41	1,37	0,22	0,22	0,44
2	4,70	10,00	240,00	173,41	1,38	0,25	0,25	0,50
3	4,70	9,70	240,70	168,20	1,43	0,28	0,28	0,56
4	4,70	9,50	253,60	164,74	1,54	0,32	0,32	0,64
5	4,70	9,40	260,50	163,00	1,60	0,36	0,36	0,72

Tabel 24. Perhitungan Kuat Tekan Bebas.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

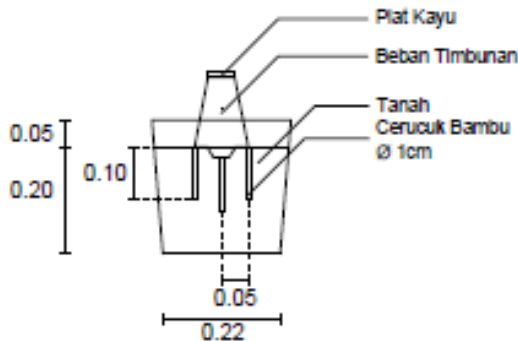


Gambar 8. Perbandingan Gamma Tanah dengan Kuat Tekan Bebas.
 Sumber: Perhitungan Tugas Besar

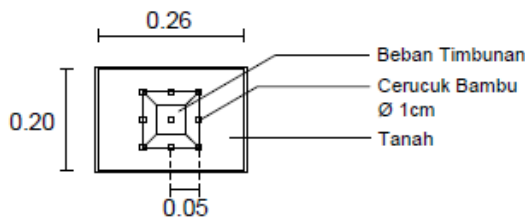
c. Uji Pemodelan

Didalam pengujian pemodelan ini menggunakan beban dari tanah yang dibentuk menyerupai tanggul dengan dimensi permukaan dasarnya (10 x 10) cm², beban

tersebut diletakkan diatas permukaan tanah lempung yang ada di box uji dengan luas permukaan (26 x 20) cm². Faktor kalibrasi alat uji yang digunakan sebesar 2,2455 dimana nantinya akan mendapatkan besaran beban yang sebenarnya dalam satuan kilogram (Kg).



Gambar 9. Desain Potongan Pengujian Kuat Tekan Bebas Menggunakan Cerucuk Bambu
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir



Gambar 10. Desain Tampak Atas Pengujian Kuat Tekan Bebas Menggunakan Cerucuk Bambu.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Waktu	Penurunan	Pembacaan arloji	Tanpa Perkuatan	Jarak / Spasi 5cm		
				P 10cm	P 12cm	P 14cm
0	0	0	0	0	0	0
0,25	0,0125	31,75	0,1	0,2	0,2	0,3
0,5	0,025	63,5	0,1	0,2	0,3	0,4
1	0,05	127	0,1	0,4	0,5	0,6
1,5	0,075	190,5	0,2	0,8	0,6	0,7
2	0,1	254	0,3	1	0,8	0,9
3	0,15	381	0,5	1,1	1,1	1,1
4	0,2	508	0,5	1,2	1,2	1,3
6	0,3	762	0,6	1,4	1,5	1,4
8	0,4	1016	0,6	1,6	1,6	1,6
10	0,5	1270	0,7	1,7	1,8	1,7

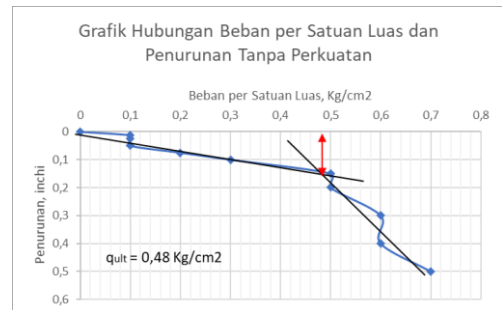
Tabel 25. Perhitungan Pembacaan Pengujian Kuat Tekan Bebas Menggunakan Cerucuk Bambu.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Jarak / Spasi 7cm			Jarak / Spasi 9cm		
P 10cm	P 12cm	P 14cm	P 10cm	P 12cm	P 14cm
0	0	0	0	0	0
0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,3
0,8	0,8	0,7	0,4	0,6	0,5
0,9	0,9	0,9	0,6	0,8	0,6
0,9	1	1,1	0,6	0,9	0,8
0,9	1	1,1	0,8	0,9	0,9
1	1,2	1,3	0,9	1	1
1	1,4	1,5	1	1,1	1,1
1,1	1,5	1,6	1,1	1,3	1,2

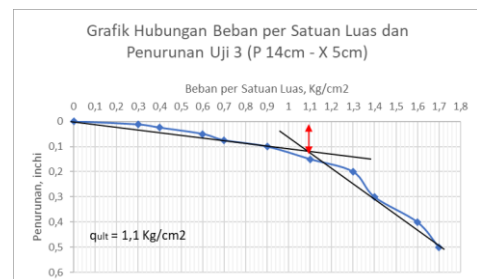
Tabel 26. Lanjutan Perhitungan Pembacaan Pengujian Kuat Tekan Bebas Menggunakan Cerucuk Bambu.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Faktor Kalibrasi	Nilai Setelah Kalibrasi					
	Jarak / Spasi 5cm			Jarak / Spasi 9cm		
lbf	P 10cm	P 12cm	P 14cm	P 10cm	P 12cm	P 14cm
0	0	0	0	0	0	0
31,938	6,388	6,388	9,581	3,194	3,194	6,388
31,938	6,388	9,581	12,775	6,388	6,388	3,194
31,938	12,775	15,969	19,163	15,969	15,969	12,775
31,938	25,550	19,163	22,357	25,550	22,357	12,775
31,938	31,938	25,550	28,744	28,744	28,744	19,163
31,938	35,132	35,132	35,132	28,744	31,938	35,132
31,938	38,326	38,326	41,519	28,744	31,938	35,132
31,938	44,713	47,907	44,713	31,938	38,326	41,519
31,938	51,101	51,101	51,101	31,938	44,713	47,907
31,938	54,295	57,488	54,295	35,132	47,907	51,101
31,938				41,519	51,101	57,488

Tabel 27. Lanjutan Perhitungan Pembacaan Pengujian Kuat Tekan Bebas Menggunakan Cerucuk Bambu.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir



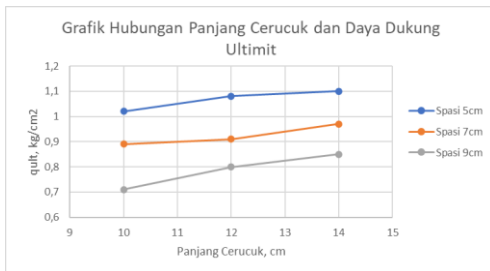
Gambar 11. Hubungan Beban per Satuan Luas dan Penurunan Uji Tanpa Perkuatan.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir



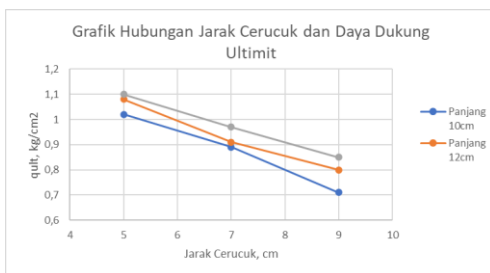
Gambar 12. Hubungan Beban per Satuan Luas dan Penurunan Uji Variasi Terkuat (P 14cm - X 5cm).
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Panjang Cerucuk cm	Jarak Cerucuk 5 cm		Jarak Cerucuk 7 cm		Jarak Cerucuk 9 cm	
	qult kg/cm ²	BCR %	qult kg/cm ²	BCR %	qult kg/cm ²	BCR %
10	1,02	2,13	0,89	1,85	0,71	1,48
12	1,08	2,25	0,91	1,90	0,8	1,67
14	1,1	2,29	0,97	2,02	0,85	1,77

Tabel 28. Perhitungan Nilai q ultimit dan rasio daya dukung (BCR).
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir



Gambar 13. Hubungan Panjang Cerucuk dan Daya Dukung Ultimit.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir



Gambar 14. Hubungan Jarak Cerucuk dan Daya Dukung Ultimit.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

d. Stabilitas Tubuh Embung

Dalam perencanaan tubuh embung perlu diketahui besarnya gaya-gaya yang berusaha mengangkat dan mendorong tubuh embung dari kedudukannya. Gaya-gaya yang perlu diperhitungkan dalam stabilitas tubuh embung sebagai berikut.

- Gaya Akibat Berat Embung (G)

Bagian	Luas Bagian	Berat Bagian
G	A	G = F x y
	m ²	ton
G1	1,188	2,613
G2	1,188	2,613
G3	4,750	10,450
G4	0,274	0,602
Jumlah (ΣG)		16,277

Tabel 29. Perhitungan Berat Tiap Bagian Tubuh Embung. Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Bagian	Berat Bagian ton	Jarak Titik Berat Terhadap Potongan m		Momen ton.m	
		Z (X)	Z (Y)	Mv = G . X	Mh = G . Y
G1	2,613	0,475	1,585	1,241	4,141
G2	2,613	3,325	1,585	8,687	4,141
G3	10,450	1,900	1,500	19,855	15,675
G4	0,602	1,900	0,125	1,144	0,075
Σ	16,277	-	-	30,927	24,032

Tabel 30. Perhitungan Gaya Akibat Berat Sendiri.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

- Gaya Akibat Gempa (K)

Bagian	Berat Bagian ton	Jarak Titik Berat Terhadap Potongan m	Momen ton.m
G1	0,327	1,585	0,518
G2	0,327	1,585	0,518
G3	1,306	1,500	1,959
G4	0,075	0,125	0,009
Σk	2,035	ΣMk	3,004

Tabel 31. Perhitungan Gaya Akibat Gempa.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

- Gaya Akibat Tekanan Lumpur (Ps)

Gaya	Besar Gaya ton	Jarak m	Momen ton.m
Psh	0,333	3,325	1,108
Psv	0,190	2,250	0,428

Tabel 32. Perhitungan Gaya Akibat Tekanan Lumpur.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

- Gaya Akibat Tekanan Air (Pw)

Gaya	Besar Gaya ton	Jarak m	Momen ton.m
Pwh	0,500	3,325	1,663
Pwv	0,190	2,250	0,428

Tabel 33. Perhitungan Gaya Tekanan Air Kondisi Normal.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Gaya	Besar Gaya ton	Jarak m	Momen ton.m
Wh1	0,500	0,380	0,190
Wh2	0,380	1,900	0,722
Wd	0,032	2,375	0,077
ΣWh	0,912	ΣMWh	0,989

Tabel 34. Perhitungan Gaya Tekanan Air Kondisi Banjir Secara Horizontal.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Gaya	Besar Gaya	Jarak	Momen
W	ton	m	ton.m
Wv1	0,410	2,850	1,169
Wv2	0,312	2,375	0,740
Wv3	0,903	1,900	1,715
ΣW_v	1,624	ΣM_{W_v}	3,623

Tabel 35. Perhitungan Gaya Tekanan Air Kondisi Banjir Secara Vertikal.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Gaya Akibat Tekanan Tanah (P)

Perhitungan gaya akibat tekanan tanah,

$$\begin{aligned} \gamma_{sub} &= \gamma_{sat} - \gamma_w \\ &= 1,176 - 1,000 \\ &= 0,176 \text{ Kg/m}^3 \\ K_a &= \tan^2 (45 - \theta/2) \\ &= \tan^2 (45 - 35/2) \\ &= 0,957 \\ K_p &= \tan^2 (45 + \theta/2) \\ &= \tan^2 (45 + 35/2) \\ &= 0,119 \\ P_a &= 1/2 \times K_a \times \gamma_{sub} \times h^2 \\ &= 1/2 \times 0,957 \times 0,716 \times 2^2 \\ &= 1,370 \text{ ton} \\ P_p &= 1/2 \times K_p \times \gamma_{sub} \times h^2 \\ &= 1/2 \times 0,119 \times 0,716 \times 2^2 \\ &= -0,170 \text{ ton} \end{aligned}$$

Cek Stabilitas Tubuh Embung

1. Daya Dukung Tanah

$$\begin{aligned} q_u &= a C N_c + \gamma t D N_q + \gamma t \beta N_y \\ &= 1,33 \times 0 \times 23,7 + 0,716 \times 0,25 \times 12,6 \\ &\quad + 0,716 \times 0,39 \times 10,1 \\ &= 5,077 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Jadi tegangan yang diijinkan,

$$\begin{aligned} \sigma_t &= q_u / \text{Faktor keamanan} \\ &= 5,077 / 3 \\ &= 2,539 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Kontrol Stabilitas Kondisi Air Normal

Gaya	Besar Gaya	Jarak	Momen
	ton	m	ton.m
Gempa (K)	2,035	1,476	3,004
Lumpur (Ps)	0,333	3,325	1,108
Air (Wh)	0,500	3,325	1,663
Tanah (Pa)	1,370	1,9	2,604
Tanah (Pp)	-0,170	0,95	-0,162
Jumlah	4,068	-	8,217

Tabel 36. Rekapitulasi Gaya-Gaya Horizontal Keadaan Air Normal.
 Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Gaya	Besar Gaya	Jarak	Momen
	ton	m	ton.m
Berat Embung(G)	16,277	1,900	30,927
Lumpur (Ps)	0,190	2,250	0,428
Air (Wv)	0,190	2,250	0,428
Jumlah	16,657	-	31,782

Tabel 37. Rekapitulasi Gaya-Gaya Vertikal Keadaan Air Normal.

Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

a. Stabilitas terhadap guling

$$\begin{aligned} F_g &= \Sigma Mt / \Sigma Mg \geq 1,5 \\ &= 31,872 / 8,217 \geq 1,5 \\ &= 3,868 \text{ ton.m} \geq 1,5 \dots \text{AMAN.} \end{aligned}$$

b. Stabilitas terhadap geser

$$\begin{aligned} F_s &= \Sigma V \times f / \Sigma H \geq 1,5 \\ &= 16,657 \times 0,7 / 4,068 \geq 1,5 \\ &= 2,866 \text{ ton.m} \geq 1,5 \dots \text{AMAN.} \end{aligned}$$

c. Stabilitas terhadap daya dukung tanah

$$\begin{aligned} \sigma &= (\Sigma V / B) \times (1 \pm 6e / B) < \sigma_t \\ &= (16,657 / 11) \times (1 - 6 \times 1,01 / 11) < 2,539 \\ &= 0,680 < 2,539 \dots \text{AMAN.} \end{aligned}$$

3. Perhitungan Kontrol Stabilitas Kondisi Air Banjir

Gaya	Besar Gaya	Jarak	Momen
	ton	m	ton.m
Gempa (K)	2,035	1,476	3,004
Lumpur (Ps)	0,333	3,325	1,108
Air (Wh)	0,912	2,231	2,036
Air Dinamis (Pd)	0,032	2,375	0,077
Tanah (Pa)	1,370	1,900	2,604
Tanah (Pp)	-0,170	0,950	-0,162
Jumlah	4,513	-	8,667

Tabel 38. Rekapitulasi Gaya-Gaya Horizontal Keadaan Air Banjir.

Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

Gaya	Besar Gaya	Jarak	Momen
	ton	m	ton.m
Berat Embung(G)	16,277	1,900	30,927
Lumpur (Ps)	0,190	2,250	0,428
Air (Wv)	1,624	1,084	1,760
Jumlah	18,091	-	33,115

Tabel 39. Rekapitulasi Gaya-Gaya Vertikal Keadaan Air Banjir.

Sumber: Perhitungan Tugas Akhir

a. Stabilitas terhadap guling

$$\begin{aligned} F_g &= \Sigma Mt / \Sigma Mg \geq 1,5 \\ &= 33,115 / 8,667 \geq 1,5 \\ &= 3,821 \text{ ton.m} \geq 1,5 \dots \text{AMAN.} \end{aligned}$$

b. Stabilitas terhadap geser

$$\begin{aligned} F_s &= \Sigma V \times f / \Sigma H \geq 1,5 \\ &= 18,091 \times 0,7 / 4,513 \geq 1,5 \\ &= 2,806 \text{ ton.m} \geq 1,5 \dots \text{AMAN.} \end{aligned}$$

c. Stabilitas terhadap daya dukung tanah

$$\begin{aligned}\sigma &= (\Sigma V / B) \times (1 \pm 6e / B) < \sigma_t \\ &= (18,091 / 11) \times (1 - 6 \times 1,01 / 11) < \\ &2,539 \\ &= 0,739 < 2,539 \dots \text{AMAN.}\end{aligned}$$

e. Hasil Analisis Penurunan Menggunakan PLAXIS 8.6

Analisis stabilitas konstruksi diperoleh dengan perhitungan angka keamanan berdasarkan metoda *phi-reduction* yang terdapat pada *calculation software PLAXIS*. Pada kasus ini didapatkan nilai *Safety Factor* (SF) sebesar 2,6.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

1. Besar nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) pada tanah tanpa perkuatan atau tanpa menggunakan cerucuk bambu adalah sebesar 0,48 kg/cm². Dengan perkuatan atau penambahan cerucuk bambu pada variasi paling optimum adalah variasi panjang 14cm dan jarak 5cm sebesar 1,1 kg/cm².
2. Adanya pengaruh meningkatnya (q_{ult}) pada tanah yang diuji seiring bertambah panjangnya cerucuk bambu yang digunakan dan adanya peningkatan nilai (q_{ult}) seiring berkurangnya nilai jarak atau spasi pada cerucuk bambu yang digunakan didalam tanah.
3. Debit air yang masuk kedalam embung sebesar 141,10 mm/hari dan debit air yang keluar dari embung sebesar 13,13 mm/hari yang mana cukup untuk menampung volume embung sebesar 242 m³.
4. Dimensi embung serbaguna yang direncanakan sebesar $p \times l \times t = 11 \times 11 \times 2,5$ m. Cek stabilitas tubuh embung pada saat kondisi air normal terhadap guling sebesar $3,868 \geq 1,5$ (AMAN), stabilitas terhadap geser sebesar $2,866 \geq 1,5$ (AMAN), stabilitas terhadap daya dukung tanah sebesar $0,680 < 2,539$ (AMAN). Stabilitas pada saat banjir terhadap guling sebesar $3,821 \geq 1,5$ (AMAN), stabilitas terhadap gaya geser

sebesar $2,806 \geq 1,5$ (AMAN), Stabilitas terhadap daya dukung tanah sebesar $0,739 < 2,539$ (AMAN).

b. Saran

Dalam penggunaan cerucuk bambu sebagai peningkatan daya dukung pada tanah sebaiknya perlu diperhatikan juga untuk kualitas bambu yang digunakan seperti umur bambu, keadaan fisik bambu, kandungan yang ada didalam bambu, kekuatan tekan bambu dalam keadaan horizontal dan vertikal serta perlu diadakan penelitian lebih lanjut agar hasil yang didapat lebih detail.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. 1989. *Sifat-Sifat Fisik dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*. SNI 3423:2008. Jakarta. Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Cara uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan di laboratorium*. SNI 1965:2008. Jakarta. Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. (2009). *Metode Uji Kuat Tekan-Bebas Tanah Kohesif (ASTM D 2166-00)*. RSNI 3638:20XX. Jakarta. Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Metode Uji Kuat Tekan-Bebas Tanah Kohesif*. SNI 3638:2012. Jakarta. Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar*. SNI ASTM C136:2012. Jakarta. Indonesia.
- Ferdian, A., Chandra, J. W., & Maudina, B. R. (2014). *Modul Unconfined Compression Test*. Depok: Universitas Indonesia.
- Hadinagoro, R. I. S. R., Purwanti, A., Herdiansah, Y., Wirmanto, D., & Erdiani, F. (2015). *Peningkatan Daya Dukung Fondasi Dengan Cerucuk Bambu*. Cimahi: Universitas Jenderal Achmad Yani.
- Hardiyanto, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.