

PENGGUNAAN SERBUK ARANG TEMPURUNG KELAPA DITINJAU TERHADAP NILAI PERMEABILITAS TANAH SEBAGAI INTI BENDUNG (STUDI KASUS BENDUNGAN GONDANG KARANGANYAR, JAWA TENGAH)

oleh :

Gita Puspa Artiani

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik PLN Jakarta

Email :gitapuspa@sttpln.ac.id.

Indah Handayasari

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik PLN Jakarta

Email :indah.handayasari@sttpln.ac.id

Abstrak : Arang tempurung kelapa diketahui memiliki sifat mereduksi indeks plastis tanah dan mengurangi pengembangan tanah khususnya untuk penggunaan tanah lempung. Tanah lempung sering digunakan sebagai lapisan kedap air pada bendungan urugan, hal ini dikarenakan lempung memiliki permeabilitas yang sangat kecil karena penggunaannya sebagai inti tubuh bendungan, maka perlu kiranya diperbaiki sifat mekanisnya. Salah satu sifat mekanis yang perlu diperbaiki adalah dengan memperkecil permeabilitas dan meningkatkan kuat geser lempung dengan melakukan pengujian triaksial dan permeabilitas pada tanah lempung yang dicampur dengan serbuk arang tempurung kelapa. Persentase variasi campuran arang tempurung kelapa yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15%. Dari persentase variasi yang digunakan dapat mengetahui perubahan sifat fisik tanah sebelum dan sesudah dicampurkan serbuk arang tempurung kelapa dan mengetahui persentase optimum terhadap campuran tanah lempung dan serbuk arang tempurung kelapa. Dengan penambahan serbuk arang tempurung kelapa didapat hasil persentase optimum 15% pada kuat geser sebesar 45, 1707 kg/cm². Dan persentase penurunan optimum 10% pada permeabilitas sebesar 9, 21x10⁻⁶.

Kata kunci: Serbuk arang tempurung kelapa, campuran, tanah lempung, persentase optimum, permeabilitas rembesan.

Abstract : Clay soils are often used as a waterproof coating on the dam, because the clay has very little permeability because of its use as the core of the dam's body, it is necessary to improve its mechanical properties. One of the mechanical properties that need to be corrected is to reduce permeability and increase the shear strength of clay by conducting triaxial and permeability tests on clay soil mixed with coconut shell charcoal powder. Coconut shell charcoal has the property of reducing the plastic index of soil and reducing soil development. The percentage variation in the mixture of coconut shell charcoal used is 0%, 5%, 10%, 15%. From the percentage variation used can determine changes in soil physical properties before and after mixing coconut shell charcoal powder and find out the optimum percentage of a mixture of clay soil and coconut shell charcoal powder. With the addition of coconut shell charcoal powder, an optimum percentage of 15% was obtained at a shear strength of 45, 1707 kg / cm². And the optimum reduction percentage of 10% in permeability is 9, 21x10⁻⁶.

Keywords: clay soil, coconut shell charcoal powder, mixture, optimum percentage, seepage permeability.

Pendahuluan

Pertambahan manusia yang terus menerus meningkat sangat membutuhkan pembangunan seiring dengan peningkatan kebutuhan kehidupan. Salah satu yang menjadi kebutuhan pokok dalam kehidupan masyarakat adalah air, hal ini mengakibatkan terus meningkatnya pembangunan-pembangunan dalam bidang bangunan keairan. Salah satu bangunan yang dibangun dalam skala besar diantaranya adalah bendungan.

Bendungan merupakan salah satu bangunan hidrolik yang bertujuan untuk mendukung kesejahteraan masyarakat di bidang pertanian, sumber daya air, energi, perikanan dan pariwisata. Untuk itu struktur dari sebuah bendungan haruslah memiliki kekuatan yang baik dan aman bagi masyarakat di sekitar bendungan itu. Saat ini bendungan-bendungan yang telah dibangun terdiri dari dua macam, yaitu bendungan urugan dan bendungan beton.

Salah satu permasalahan pada bendungan urugan adalah terdapatnya rembesan-rembesan yang melalui inti bendungan urugan. Rembesan tersebut memiliki nilai tersendiri setiap detiknya, apabila setiap detiknya mengalami peningkatan atau semakin besar maka dapat dipastikan akan terjadi kerusakan yang cukup besar dan yang paling membahayakan adalah keruntuhan tubuh bendungan, seperti yang pernah terjadi pada bendungan situ gantung Tanggerang yang jebol pada tahun 2009 dikarenakan besarnya debit rembesan pada inti bendungan dan kuat geser tanah menurun sehingga pada saat debit maksimal menyebabkan inti bendungan-bendungan tidak dapat menahan air sehingga terjadi keruntuhan.

Untuk mengatasi rembesan yang berlebihan pada inti bendungan dapat dilakukan dengan menambahkan suatu bahan

tambahan pada inti bendungan tersebut agar dapat menstabilkan rembesan yang terjadi. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Bambang Eko Widiyanto, 2014), Pengaruh Penambahan kapur pada inti bendungan terhadap debit rembesan terjadi peningkatan pada rembesan, dikarenakan kapur apabila bercampur dengan mineral pada tanah lempung akan mengikat satu sama lain sehingga terjadi gumpalan - gumpalan pada tanah. Unsur silika + alumina + tanah lempung akan membentuk suatu gel sebagai bahan ikat yang di sebut dengan proses pozzolonisasi (Ninik Ariyani), maka pemilihan bahan arang tempurung kelapa pada penelitian ini dikarenakan unsur kimia di dalam arang tidak terdapat alumina, sehingga akan mereduksi indeks plastis tanah dan mengurangi pengembangan tanah karena penyerapan air berkurang. Arang tempurung kelapa yang digunakan nantinya akan dihaluskan dengan cara penumbukan menjadi serbuk yang halus agar nantinya dapat menyatu dengan tanah lempung dengan lebih maksimal. Adapun variasi penambahan serbuk arang masing-masing yang digunakan adalah 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat kering tanah lempung. Dari hasil penelitian diharapkan penambahan serbuk arang dapat mengurangi permeabilitas rembesan pada inti bendungan tersebut. Adapun lokasi pengambilan sampel tanah diambil di Bendungan gondang karanganyar, lokasi tersebut dipilih mengingat adanya rencana pembuatan bendungan di daerah tersebut yang ditargetkan oleh Presiden dalam upaya ketahanan pangan dan pengendalian banjir.

Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam pembuatan sampel variasi optimal campuran persentase serbuk arang tempurung kelapa

terhadap tanah lempung dalam upaya memperkecil nilai permeabilitas rembesan pada inti bendungan dengan memanfaatkan limbah tempurung kelapa yang dijadikan serbuk arang adalah metode eksperimental, sehingga diperlukannya suatu perencanaan pelaksanaan yang sistematis mulai dari awal sampai selesai agar diperoleh hasil yang optimal dan sesuai dengan tujuan pekerjaan. Tahapan penelitian meliputi :

Tahap Awal

1. Penentuan lokasi pengambilan sampel tanah
Sampel tanah yang diambil adalah tanah lempung yang berasal dari daerah Gondang Karanganyar provinsi Jawa Tengah, dikarenakan pada lokasi tersebut sedang berlangsung proses pembuatan waduk/bendungan dalam upaya ketahanan pangan dan pengendalian banjir.
2. Pengambilan sampel tanah.
Sampel tanah yang diambil termasuk dalam kategori sampel tanah terganggu (*disturbed sample*). Sampel tanah lempung tersebut merupakan data primer, yaitu data utama pada penelitian yang akan dilakukan.
3. Persiapan Alat dan Pengujian Material
Persiapan peralatan yang akan digunakan dan pengujian material utama pembuatan yang akan dilaksanakan pada Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Sipil STT-PLN.

Tahap Pelaksanaan

1. Pengujian karakteristik tanah
Pada tahap ini dilakukan pengujian sampel tanah lempung dan tanah lempung dengan campuran serbuk arang tempurung kelapa untuk analisis pengujian kadar air (*water content*), pengujian berat jenis (*specific gravity*),

pengujian batas-batas konsistensi (*attemberg test*), pengujian kuat geser (*triaxial test*) dan pengujian permeabilitas (*permeability test*). Persentase variasi campuran arang tempurung kelapa yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15%.

2. Pengolahan dan analisis data
Setelah semua pengujian selesai dilakukan serta data yang dibutuhkan sudah didapatkan, maka data tersebut akan diolah dan dianalisa.
3. Pengambilan kesimpulan
Setelah semua data selesai diolah dan dianalisa, barulah bisa diambil kesimpulan.

Analisa Dan Pembahasan

Kebutuhan benda uji

Jumlah sampel yang di perlukan 95 sampel
Berat tanah lempung diperlukan:

- Berat jenis (*specific gravity*) : 150 gr
 - Batas – batas attemberg (*attemberg test*) : 2500 gr
 - Permeabilitas (*permeability test*) : 15000 gr
 - Kuat geser (*triaxial test*) : 45000 gr
- Total : 62650 gr**

Berat kadar arang tempurung kelapa diperlukan :

- Berat jenis (*specific gravity*) : 15 gr
 - Batas – batas attemberg (*attemberg test*) : 250 gr
 - Permeabilitas (*permeability test*) : 1500 gr
 - Kuat geser (*triaxial test*) : 4500 gr
- Total : 6265 gr**



Gambar 1. Material Tanah dan Tempurung kelapa
(Sumber :DokumentasiPenelitian, 2018).

Hasil Pengujian nilai kadar air

Hasil uji nilai kadar air berdasarkan variasi persentase penambahan serbuk arang tempurung kelapa dapat dilihat pada tabel 1. adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai kadar air (w)

No	Variasi campuran	Nilai kadar air (%)
1	Tanah lempung + 0 % serbuk arang tempurung kelapa	26,2538
2	Tanah lempung + 5 % serbuk arang tempurung kelapa	26,8370
3	Tanah lempung + 10 % serbuk arang tempurung kelapa	28,7770
4	Tanah lempung + 15 % serbuk arang tempurung kelapa	28,1854
5	Tanah lempung + 20 % serbuk arang tempurung kelapa	28,7618

Sumber : Hasil pengujian laboratorium.

Berdasarkan tabel 1. nilai kadar air mengalami peningkatan disetiap variasinya, namun yang paling maksimal adah pada variasi persentase campuran serbuk arang tempurung kelapa 10 %.

Hasil Pengujian Berat Jeni (specific gravity (Gs))

Hasil uji *specific gravity* (Gs) berdasarkan variasi campuran persentase penambahan serbuk arang dapat dilihat pada tabel 2. sebagai berikut :

Tabel 2. Nilai *Specific gravity* (Gs)

No	Variasi campuran	Nilai specific gravity (Gs)
1	Tanah lempung + 0 % serbuk arang tempurung kelapa	2,5111
2	Tanah lempung + 5 % serbuk arang tempurung kelapa	2,6039
3	Tanah lempung + 10 % serbuk arang tempurung kelapa	2,6759
4	Tanah lempung + 15 % serbuk arang tempurung kelapa	2,7488
5	Tanah lempung + 20 % serbuk arang tempurung kelapa	2,5653

Sumber : Hasil pengujian laboratorium.

Berdasarkan tabel 2. nilai berat jenis tanah pada pengujian berat jenis (*specific gravity*) memenuhi persyaratan yaitu $\geq 2,5$, nilai berat jenis yang paling tinggi adalah pada kadar penambahan 15 % yaitu 2,7488 %.

Batas konsistensi tanah (atterberg test)

Pada pengujian batas - batas *atterberg* dilakukan dua jenis pengujian yaitu pengujian batas cair (*liquid limit*) dan pengujian batas plastis (*plastic limit*). Pengujian *atterberg* ini didasarkan pada ASTM D - 4318 - 00.

1. Batas cair (*liquid limit*)

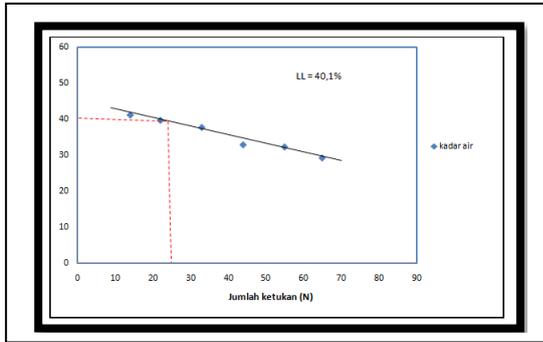
Perhitungan untuk pengujian batas cair mengambil data tanah lempung yang dicampur dengan 0% serbuk arang tempurung kelapa sebanyak 6 buah sampel, yaitu pada ketukan 65, 55, 44, 33, 22, 14. Dari ke-6 pengujian tersebut akan menghasilkan grafik koordinat dimana kadar air sebagai ordinatnya dan jumlah ketukan sebagai absisnya. Kemudian dari titik yang dihasilkan akan ditarik garis

lurus kemudian pada N = 25 akan ditarik garis lurus keatas dan akan didapat nilai liquid limit. N=25 merupakan titik koordinat antara ketukan dan kadar air.

2. Batas plastis

Pengujian batas plastis didapat dari ketukan ke-2 pengujian batas cair, kemudian diambil 3 sampel untuk kadar air. Dari ketiga sampel tersebut yang dapat dirata – rata hanya sampel 1 dan 2, dikarenakan sampel 3 memiliki hasil yang sangat mencolok. Jadi nilai kadar air rata – rata adalah sebagai berikut:

$$\text{Kadar air rata-rata } (\bar{w}) = \frac{32,9780 \% + 33,9894 \%}{2} = 33,4837\%.$$



Gambar 1. Grafik Nilai liquid limit (Sumber : Hasil pengujian laboratorium)

Dari pengujian batas cari dan batas plastis, indek plastisitas tanah mengalami penurunan di setiap pengujiannya. Dikarenakan penambahan serbuk arang yang semakin banyak dapat mengurangi plastisitas tanah, dan nilai yang paling maksimal terdapat pada variasi campuran serbuk arang tempurung kelapa 0% sebesar 6,6163%.

Kuat geser (triaxial test)

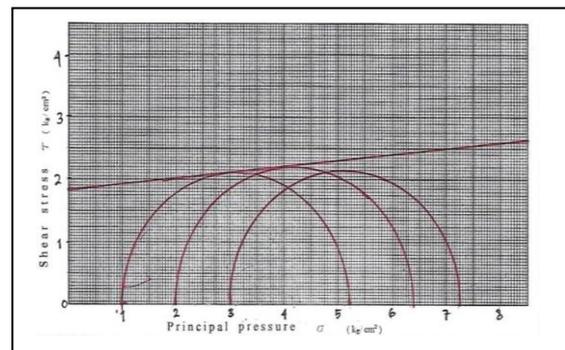
Pada pengujian triaxial ini menggunakan tipe *Unconsolidated Undrained* (UU) yaitu pengujian yang memberikan tegangan pada sampel tanah yang diuji dan air di dalam alat uji tidak diperbolehkan keluar, sehingga

tekanan air pori tidak sama dengan nol. Pengujian ini didasarkan pada ASTM D 2850 - 03a. Perhitungan untuk *triaxial test* mengambil data tanah lempung yang dicampur dengan 0% serbuk arang tempurung kelapa sebanyak 3 buah sampel. Dari tabel pengujian sampel yang terdapat pada tabel 3. akan didapatkan nilai tegangan normal yang nantinya akan dibuat grafik lingkaran mohr guna menentukan nilai kuat geser pada sampel tanah uji, seperti pada gambar 2.

Tabel 3. Nilai kuat geser (τ)

No	Variasi campuran	Nilai kuat geser (kg/cm ²)
1	Tanah lempung + 0 % serbuk arang tempurung kelapa	9,7696
2	Tanah lempung + 5 % serbuk arang tempurung kelapa	37,3579
3	Tanah lempung + 10 % serbuk arang tempurung kelapa	44,6951
4	Tanah lempung + 15 % serbuk arang tempurung kelapa	45,1707
5	Tanah lempung + 20 % serbuk arang tempurung kelapa	34,1210

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



Gambar 2. Grafik Lingkaran Mohr (Sumber : Hasil pengujian laboratorium.)

Pada pengujian triaksial nilai kuat geser mengalami peningkatan pada setiap penambahan kadar serbuk arang yaitu paling tinggi pada kadar 15 % sebesar 45,1707 kg/cm². Dan pada penambahan kadar 20 % mengalami penurunan nilai kuat geser yaitu 34,1210 kg/cm², karena pada saat

pengujian sampel tanah yang ketiga tanah tersebut mengalami keruntuhan lebih cepat dengan tekanan lateral 3 kg/cm² pada alat yang digunakan.

Permeabilitas (*permeability test*)

Pengujian permeabilitas berdasarkan pedoman pada ASTM D – 2434. Perhitungan untuk pengujian nilai permeabilitas mengambil data tanah lempung yang dicampur dengan 0% serbuk arang tempurung kelapa sebanyak 1 sampel. Pada pengujian permeabilitas nilai permeabilitas tanah mengalami penurunan dan yang paling maksimal pada saat penambahan 10 % yaitu 0,921x10⁻⁵ cm/detik. Dan pada saat kadar penambahan 20 % penyerapan air pada sampel tersebut mengalami peningkatan sehingga nilai permeabilitas tidak memenuhi syarat yaitu 1,54x10⁻⁴ cm/detik. Hasil uji permeabilitas (*permeability test*) berdasarkan variasi persentase penambahan serbuk arang tempurung kelapa dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai permeabilitas (k)

No	Variasi campuran	Nilai permeabilitas (cm/detik)
1	Tanah lempung + 0 % serbuk arang tempurung kelapa	1,46x10 ⁻⁵
2	Tanah lempung + 5 % serbuk arang tempurung kelapa	1,13x10 ⁻⁵
3	Tanah lempung + 10 % serbuk arang tempurung kelapa	0,921x10 ⁻⁵
4	Tanah lempung + 15 % serbuk arang tempurung kelapa	2,74x10 ⁻⁵
5	Tanah lempung + 20 % serbuk arang tempurung kelapa	1,54x10 ⁻⁴

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan perhitungan data yang dilakukan , maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Berdasarkan hasil uji sifat fisik tanah lempung memiliki kadar air (*water content*) 26, 2538%, Berat jenis (*specific gravity*) 2,5111, Konsistensi tanah (*atterberg test*) 6, 6163%, Kuat geser (*triaxial test*) 9, 7696 kg/cm² dan Permeabilitas tanah (*permeability test*) 1,45x10⁻⁵ cm/detik.
2. Dari presentase variasi serbuk arang tempurung kelapa di dapat nilai presentase optimum penambahan serbuk arang tempurung kelapa adalah pada tanah dengan campuran 10% untuk Kadar air (*water content*) sebesar 28, 7770%, 15% untuk Berat jenis (*specific gravity*) sebesar 2, 7488, 0% untuk Konsistensi tanah (*atterberg test*) sebesar 6, 6163%, 15% untuk Kuat geser (*triaxial test*) sebesar 45, 1707 kg/cm² dan 10% untuk Permeabilitas tanah (*permeability test*) sebesar 0,921x10⁻⁵ cm/ detik.
3. Presentasi optimum penambahan serbuk arang untuk memperkecil nilai permeabiitas terdapat pada variasi campuran 10% dengan nilai 0,921x10⁻⁵ cm/detik.

Daftar Pustaka

Asiyanto.(2003). *Metode Konstruksi Bendungan*. Jakarta: UI-Press
 Bambang,Eko,Widyanto., Rakhmat,Yusuf., Herwan,Dermawa. (2014). *Pengaruh Penambahan Kapur Pada Inti Bendungan Terhadap Debit Rembesan*. Jakarta : Universitas Pendidikan Indonesia.

- Das, Braja, M.(1998). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid-1*,Erlangga. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. *Panduan Perencanaan Bendungan Urugan Volume III (Desain Pondasi Dan Tubuh Bendungan)*. Jakarta: Direktorat Jendral Pengairan
- Maro'ah, Siti. (2011) .*Kajian Laju Infiltrasi Dan Permeabilitas Tanah Pada Beberapa Model Tanaman*. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Djarwanti. Noegroho (2008).*Komparasi koefisien permeabilitas (k) pada tanah kohesif*.Surakarta :UNS
- Santosa, Budi., Suprpto, Heri., Suryadi. (1998). *Mekanika Tanah Lanjutan*. Jakarta : Gunadarma
- Soedibyo.(1993). *Teknik Bendungan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Suprpto. (2003). *Pengaruh Penambahan Abu Layang Pada Inti Bendungan Terhadap Besarnya Debit Rembesan*.Semarang: Undip.
- Suyono S. dan Kensaku, T. (1981). *Bendungan Tipe Urugan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

