

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH ARANG BRIKET DAN KAPUR TERHADAP KUAT GESER DAN CBR TANAH PASIR

Candra Dara Kurniawan¹, dan Akhmad Marzuko²

¹Mahasiswa Pogram Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: candradk09@gmail.com

²Staf Pengajar Pogram Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: amarzuko@yahoo.com

Abstract : *Indonesia is an archipelago state has the longest coastline number two in the world with long 99.093 km. This time the development of constructions not only is centered on the middle of city, but also on the coastal, for examples the construction of national roads, airports, shophouse, tourist sites, and others. Nature of sand soil that is not dense and very loose is certainly not suitable for construction because can result in shear failure and soil collapse, then improvement is needed or often called soil stabilization. This research is determine the classification of Glagah Beach sand soil based on physical properties according to USCS and determine the effect of addition charcoal briquettes waste and limestone towards shear strength of sand soil and CBR. Sand soil of this research was stabilized using 1%, 3%, and 5% charcoal briquettes waste also 2% limestone. The test is done by direct shear test with 1, 3, and 7 days curing time, as well as CBR testing soaked and unsoaked conditions are carried out only on certain sample variations at the highest cohesion value when direct shear tested. The highest increase in shear strength parameters and CBR with the addition of charcoal briquettes waste occurred at the original soil sample variation + 5% charcoal briquettes waste with a cohesion value was 0,388 kg/cm², shear angle value obtained was 50,698 °, CBR soaked value was 8,68%, and CBR unsoaked value was 11,84%. The highest increase in shear strength parameters and CBR with the addition of charcoal briquettes waste and limestone occurred at the original soil sample variation + 5% charcoal briquettes waste + 2% lime stone with a cohesion value was 0,712 kg/cm², shear angle value obtained was 51,893 °, CBR soaked value was 10,17%, and CBR unsoaked value was 12,31% by curing for 7 days.*

Keywords: *Sand Soil, Shear Strength, CBR, Charcoal Briquettes Waste, Limestone.*

1. PENDAHULUAN

Tanah pasir merupakan tanah yang mempunyai ikatan antar butiran yang mendekati nol serta ukuran butiran yang seragam. Sifat tanah pasir yang tidak padat dan sangat lepas tentu tidak sesuai untuk dilakukan pembangunan konstruksi karena dapat mengakibatkan keruntuhan geser, dan penurunan tanah, maka sangat diperlukan

perbaikan atau stabilisasi tanah. Penelitian ini akan memanfaatkan limbah arang briket yang masih padat lalu dihancurkan menjadi butiran-butiran kemudian dicampur dengan kapur sebagai bahan stabilisasi. Kandungan perekat alami yang terdapat dalam serbuk gergaji kayu yaitu lignin dan kemudian dicampur dengan kapur yang merupakan senyawa

kimia sehingga dapat dikategorikan dalam stabilisasi kimia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah pasir termasuk dalam golongan tanah berbutir kasar. Begitu panjang garis pantai Indonesia maka berbanding lurus dengan panjang tanah pasir. Telah banyak penelitian atau perencanaan yang dilakukan terhadap stabilisasi tanah pasir. Tinjauan pustaka berisi penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan digunakan sebagai referensi.

Diana dkk (2011) melakukan penelitian tentang optimasi kadar aspal pada stabilisasi tanah pasir menggunakan aspal dengan uji CBR. Tanah pasir yang digunakan berasal dari Pantai Glagah, Kulon Progo. Bahan stabilisasi dalam penelitian ini adalah aspal dingin jenis SC₆₀₋₇₀ (*Slow Curing*). Hasil pengujian pemadatan, dengan bertambahnya kadar aspal, berat volume kering maksimum (MDD) tanah cenderung semakin meningkat, artinya tanah semakin padat. Hasil pengujian CBR diketahui bahwa penambahan kadar aspal sampai 2% menyebabkan CBR tanah meningkat dari 8% menjadi 20% (peningkatan sebesar 150%). Selanjutnya penambahan kadar aspal 3% sampai 5% cenderung menurunkan nilai CBR. Hal ini disebabkan karena campuran tanah aspal menjadi bersifat lebih plastis. Semakin banyak aspal dapat menyebabkan hilangnya kekuatan tanah akibat efek pelumasan partikel oleh aspal sehingga ikatan (*interlocking*) antara partikel menjadi terhambat.

Wibowo (2009) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan bentonit dan kapur pada tanah pasir terhadap parameter kuat geser tanah. Stabilisasi tanah pasir yang digunakan berasal dari Sungai Progo. Data pengujian tanah asli

adalah sebagai berikut: kadar air tanah (w) 35,04%, berat volume tanah (γ) 1,82 gr/cm³, dan berat jenis tanah (G_s) 2,67. Dari hasil uji geser langsung didapat nilai sudut geser dalam kohesi tertinggi pada campuran 2% dengan lama pemeraman selama satu hari yaitu sebesar 37,4° dan 0,155kg/cm². Hasil ini meningkat cukup signifikan dibanding tanpa campuran yang memiliki kohesi 0,01kg/cm² dan sudut geser dalam 26,8°. Febrianti (2009) melakukan penelitian tentang stabilisasi tanah pasir dengan menggunakan aspal cair RC₆₀₋₇₀ terhadap kuat geser tanah. Pada uji Triaksial Tipe UU dengan aspal cair RC₆₀₋₇₀ pada persentase campuran 2%, 4%, 6% nilai tertinggi pada persentase campuran 6% dan lama pemeraman 7 hari yaitu $\tau = 2,318$ kg/cm² atau naik sebesar 160,16%. Sedangkan pada pengujian Geser Langsung tanah pasir dicampur aspal cair RC₆₀₋₇₀ nilai kuat geser tertinggi pada prosentase campuran 6% dan lama pemeraman 7 hari yaitu $\tau = 1,072$ kg/cm² dan naik 97,06%.

Donal (2010) melakukan penelitian tentang studi pengaruh penambahan tanah lempung pada tanah pasir pantai terhadap kuat geser tanah. Penambahan campuran tanah lempung sebesar 2%, 5%, 10%, 20%, dan 50%. Berdasarkan klasifikasi AASHTO termasuk kedalam golongan tanah A-3. Berdasarkan sistem *Unified* maka tanah pasir Pantai Padang digolongkan kedalam kelompok SP. Bertambahnya kadar lempung pada tanah asli menyebabkan peningkatan pada berat isi kering tanah. Tetapi terjadi penurunan pada penambahan lempung sebesar 50%. Kepadatan maksimum sebesar 1,74 kg/cm² didapat pada penambahan kadar lempung sebesar 20%. Semakin padat massa tanah maka semakin besar sudut gesernya, dan

sebaliknya semakin lepas massa tanah maka sudut geser semakin mengecil. Semakin besar penambahan kadar lempung maka kohesi tanah semakin meningkat, sementara sudut geser akan menjadi semakin menurun.

3. LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Tanah merupakan produk samping deposit akibat pelapukan batuan kerak bumi (*rock crust*) dan/atau batuan yang tersingkap dalam matriks tanah, oleh karena bahan tanah yang belum berkonsolidasi ini merupakan bagian yang paling luas dari permukaan bumi, baik di darat maupun di laut, danau-danau, dan daerah-daerah lain yang ditutupi air (Bowles, 1986).

3.2 Tanah Pasir

Pasir (*sand*) merupakan partikel berukuran 4,75 mm sampai 0,075mm. Pasir termasuk dalam tanah berbutir kasar dan sering disebut tanah granular atau tanah tidak berkohesi. Pada beberapa keadaan, pasir hanya terdiri atas butiran-butiran yang seukuran, sehingga disebut pasir seragam (Wesley, 2017).

3.3 Pengujian Kepadatan Tanah (Proktor Standar)

Pada kadar air yang lebih tinggi, kepadatan akan mencapai nilai terbesar kemudian menurun. Ini terjadi karena pori-pori tanah menjadi penuh air yang tidak dapat dikeluarkan dengan proses pemadatan (Wesley, 2017). Kadar air optimum didapatkan dari minimal lima kali percobaan proktor, dengan menambahkan air secara bervariasi pada tanah asli, kemudian diambil titik puncaknya sebelum grafiknya menurun. Pengujian proktor standar menunjukkan

hubungan antara kepadatan kering dan kadar air yang didapat dari persamaan:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} \quad (1)$$

dengan:

w = kadar air (%), γ_d = berat volume tanah kering (gram/cm³), dan γ = berat volume tanah basah (gram/cm³).

3.4 Pengujian Geser Langsung

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan maka akan ditahan oleh:

1. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tekanan normal pada bidang gesernya.
2. Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser (Hardiyatmo, 2012).

3.5 Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan dengan bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan tertentu. Pengujian CBR mempunyai prinsip yaitu dengan menembus sampel tanah dengan kepadatan tertentu dalam suatu tabung (*mould*) dengan menggunakan alat penekan standar. Alat penekan atau penetrasi yang digunakan adalah sebuah piston dengan kecepatan penetrasi 1,27 mm/menit.

3.6 Limbah Arang Briket Serbuk Gergaji Kayu

Arang briket serbuk kayu merupakan bahan bakar padat energi alternatif terbarukan sebagai pengganti bahan

bakar fosil yang terbuat dari serbuk gergaji kayu yang dikeringkan, lalu dipadatkan sehingga membentuk sebuah pola dan kemudian dilakukan pembakaran hingga menjadi arang. Dalam pembuatan arang briket ada dua jenis yaitu menggunakan bahan perekat dan tanpa bahan perekat. Pada penelitian ini arang briket serbuk kayu yang digunakan adalah jenis tanpa bahan perekat. Dalam pembuatan arang briket tanpa bahan perekat hanya mengandalkan perekat alami yang terkandung dalam serbuk gergaji kayu yaitu lignin.

3.7 Kapur

Sejak dulu sebelum ditemukannya semen, kapur telah digunakan sebagai bahan material yang berfungsi sebagai bahan pengikat dasar. Bahan utama penyusun semen merupakan olahan kapur yang telah mengalami proses pembakaran pada suhu tertentu. Kapur saat ini sering digunakan dalam stabilisasi tanah, pembuatan dinding, bahan plaster bangunan, dan sebagainya.

3.8 Stabilisasi Tanah

Tanah harus distabilisasikan apabila suatu tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat mudah tertekan atau sangat lepas (Bowles, 1986). Salah satu zat penyusun serbuk gergaji kayu yaitu lignin. Fungsi lignin didalam kayu yaitu seperti lem atau semen karena molekul dasar lignin yang berupa fenil propan. Fenil propan memiliki derajat polimerisasi tinggi, struktur kimiawi bercabang-cabang dan berbentuk polimer tiga dimensi sehingga mampu mengikat sel-sel hingga menjadi satu kesatuan untuk meningkatkan serat dan menambah kekuatan kayu. Persentase kandungan lignin dalam kayu berbeda-beda tergantung jenis kayunya (Audina,

2015). Novari (1994) dalam Magno (2013), pemisahan lignin yaitu dengan mengubahnya menjadi turunan-turunan lignin yang berasal dari limbah lignin sehingga lignin dapat digunakan untuk bahan baku industri perekat, plastis, pupuk atau untuk menghasilkan bahan kimia lain yang berguna seperti karbon, asam aksilat, dan sebagainya.

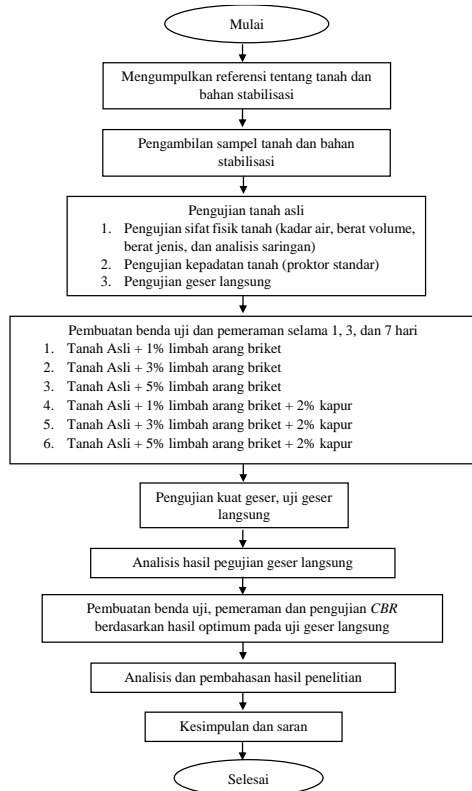
4. METODE PENELITIAN

Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tanah pasir yang berasal dari Pantai Glagah, Kulon Progo atau lokasi sekitar pembangunan New Yogyakarta International Airport. Pada pengujian geser langsung dan CBR sampel benda uji terdiri dari beberapa variasi campuran yang bertujuan untuk mengetahui nilai parameter kuat geser dan nilai CBR pada variasi sampel pada nilai kohesi tertinggi saat uji geser langsung. Variasi proporsi limbah arang briket yang digunakan sebesar 1%, 3%, dan 5% sedangkan untuk kapur sebesar 2% dengan lama pemeraman 1, 3, dan 7 hari. Variasi sampel benda uji dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Variasi sampel benda uji

Tipe	Variasi Sampel
1	Tanah Asli
2	Tanah Asli + 1% limbah arang briket
3	Tanah Asli + 3% limbah arang briket
4	Tanah Asli + 5% limbah arang briket
5	Tanah Asli + 1% limbah arang briket + 2% kapur
6	Tanah Asli + 3% limbah arang briket + 2% kapur
7	Tanah Asli + 5% limbah arang briket + 2% kapur

Pada penelitian ini bagan alir dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

5. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengujian Karakteristik Tanah Asli

Rekapitulasi pengujian karakteristik sifat fisik tanah asli dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Rekapitulasi hasil pengujian

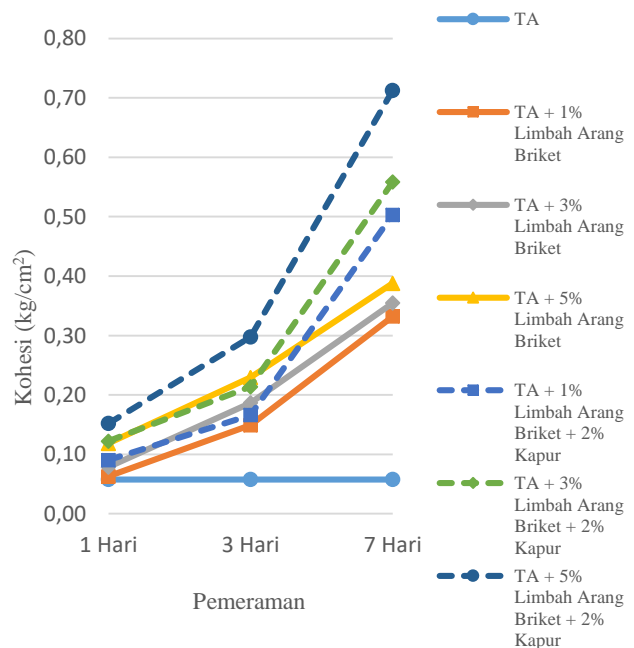
Pengujian	Hasil Pengujian
Kadar Air	3,106 %
Berat Volume	1,906 gram/cm ³
Berat Jenis	3,540
Analisis Saringan	Lolos # 200: 0,327% Kerikil: 0% Pasir: 99,673% Lempung dan lanau: 0,327%
Proktor Standar	w _{opt} : 14,075% γ _d : 2,077 gram/cm ³

5.2 Pengujian Geser Langsung

Hasil pengujian geser langsung pada penambahan bahan stabilisasi berupa limbah arang briket dan kapur terhadap nilai kohesi dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 2 berikut ini.

Tabel 3 Hasil pengujian geser langsung pada sampel tanah asli terhadap nilai kohesi

Variasi	kohesi kg/cm ²		
	Pemeraman (hari)		
	1	3	7
TA	0,058	0,058	0,058
TA + 1% Limbah Arang Briket	0,063	0,149	0,332
TA + 3% Limbah Arang Briket	0,078	0,187	0,355
TA + 5% Limbah Arang Briket	0,118	0,229	0,388
TA + 1% Limbah Arang Briket + 2% Kapur	0,090	0,166	0,503
TA + 3% Limbah Arang Briket + 2% Kapur	0,122	0,214	0,558
TA + 5% Limbah Arang Briket + 2% Kapur	0,152	0,297	0,712

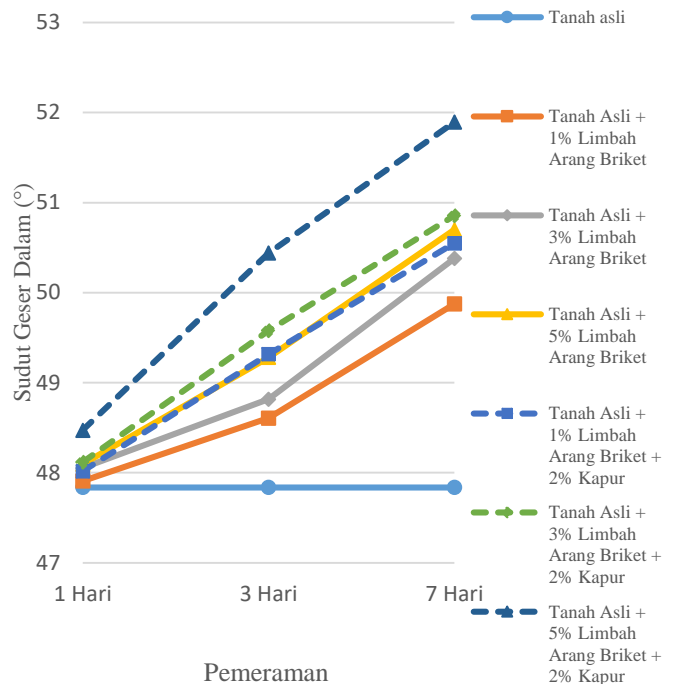


Gambar 2 Grafik pengaruh pemeraman pada variasi sampel terhadap nilai kohesi pengujian geser langsung

Berdasarkan Gambar 3 diatas setiap penambahan limbah arang briket dan kapur memberikan dampak kenaikan pada nilai kohesi. Nilai kohesi tertinggi dengan bahan tambah hanya limbah arang briket terjadi pada variasi sampel tanah asli + 5% limbah arang briket dengan lama pemeraman 7 hari, kohesi tanah asli yang semula 0,058 kg/cm² naik 668,96% menjadi 0,388 kg/cm² dan dengan tambahan limbah arang briket serta 2% kapur terjadi peningkatan pada variasi tanah asli + 5% limbah arang briket + 2% kapur dengan lama pemeraman 7 hari, kenaikan kohesi dari tanah asli sebesar 1227,59% menjadi 0,712 kg/cm². Peningkatan yang terjadi pada setiap pengujian tersebut menunjukkan bahwa terjadi reaksi antara tanah asli dengan bahan stabilisasi yaitu limbah arang briket dan kapur sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan nilai kohesi pada tanah pasir. Hasil pengujian geser langsung pada penambahan bahan stabilisasi berupa limbah arang briket dan kapur terhadap nilai kohesi dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 3 berikut ini.

Tabel 4 Hasil pengujian geser langsung pada sampel tanah asli terhadap nilai sudut geser dalam

Variasi	Sudut Geser Dalam		
	°		
	Pemeraman (hari)		
	1	3	7
TA	47,837	47,837	47,837
TA + 1% Limbah Arang Briket	47,908	48,606	49,874
TA + 3% Limbah Arang Briket	48,052	48,817	50,380
TA + 5% Limbah Arang Briket	48,094	49,280	50,698
TA + 1% Limbah Arang Briket + 2% Kapur	48,017	49,316	50,547
TA + 3% Limbah Arang Briket + 2% Kapur	48,118	49,579	50,855
TA + 5% Limbah Arang Briket + 2% Kapur	48,471	50,440	51,893



Gambar 3. Grafik pengaruh pemeraman pada variasi sampel terhadap nilai sudut geser dalam pada pengujian geser langsung

Berdasarkan Gambar 5.14 dan Gambar 5.15 diatas setiap penambahan limbah arang briket dan kapur memberikan dampak peningkatan nilai sudut geser dalam pada semua variasi sampel. Peningkatan terbesar nilai sudut geser dalam dengan penambahan hanya limbah arang briket terjadi pada sampel tanah asli + 5% limbah arang briket dengan pemeraman selama 7 hari yaitu menjadi 50,698° dari 47,837° pada tanah asli. Kenaikan terbesar nilai sudut geser dalam terjadi pada sampel tanah asli + 5% limbah arang briket + 2% kapur dengan pemeraman selama 7 hari yaitu menjadi 51,893° dari 47,873° pada tanah asli.

Peningkatan yang terjadi pada nilai kohesi dan sudut geser dalam setiap sampel pengujian tersebut menunjukkan bahwa terjadi reaksi antara tanah asli dengan bahan stabilisasi yaitu limbah arang briket dan kapur sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan parameter kuat geser pada tanah pasir.

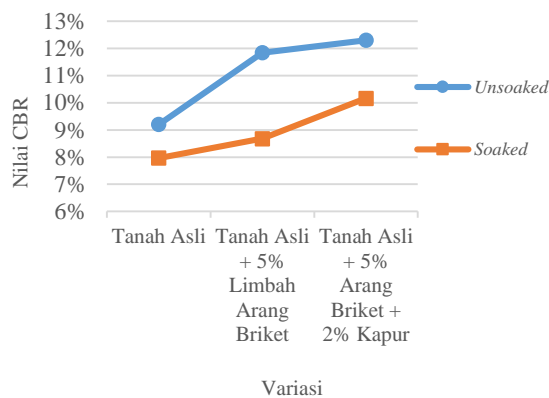
5.3 Pengujian (*California Bearing Ratio*) CBR

Pengujian CBR dilakukan hanya pada sampel tanah asli dan sampel tanah yang telah distabilisasi yang memiliki kohesi paling tinggi pada bahan tambah limbah arang briket dan limbah arang briket + kapur saat pengujian kuat

geser tanah langsung. Sampel tanah stabilisasi yang digunakan adalah tanah asli + 5% limbah arang briket dan tanah asli + 5% limbah arang briket + 2% kapur dengan masa pemeraman selama 7 hari. Pengujian CBR dilakukan dengan tidak direndam (*unsoaked*) dan dengan direndam (*soaked*) selama 4 hari. Rekapitulasi hasil pengujian CBR dengan lama pemeraman 7 hari pada tanah asli dan tanah asli dengan penambahan bahan stabilisasi berupa limbah arang briket + kapur dapat dilihat pada Tabel 5 dan grafik pengaruh bahan stabilisasi terhadap nilai CBR baik *unsoaked* maupun *soaked* dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.

Tabel 5 Hasil rekapitulasi nilai CBR

Sampel Pengujian	Nilai CBR	
	<i>Unsoaked</i>	<i>Soaked</i>
Tanah Asli	9,21%	7,97%
Tanah Asli + 5% Limbah Arang Briket	11,84%	8,68%
Tanah Asli + 5% Arang Briket + 2% Kapur	12,31%	10,17%



Gambar 4 Grafik pengaruh Variasi Sampel Terhadap Nilai CBR

Berdasarkan grafik diatas limbah arang briket serta kapur dapat menambah nilai CBR baik *unsoaked* maupun *soaked*, hal ini disebabkan terjadinya suatu reaksi antara tanah pasir dengan bahan stabilisasi.

6. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Sampel tanah asli yang berasal dari Pantai Glagah, Kecamatan Temon,

Kabupaten Kulon Progo berdasarkan klasifikasi USCS diketahui termasuk dalam kategori SP, yaitu pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.

2. Pengujian kuat geser langsung tanah asli memiliki hasil nilai kohesi 0,058 kg/cm², mengalami peningkatan sebesar 668,96% menjadi 0,388 kg/cm² pada variasi sampel tanah asli + 5% limbah arang briket dengan lama pemeraman 7 hari dan meningkat lagi sebesar 1227,59% menjadi 0,712 kg/cm² pada variasi tanah asli + 5% limbah arang briket + 2% kapur. Nilai sudut geser dalam tanah asli didapat 47,837°, peningkatan nilai sudut geser dalam terbesar pada variasi sampel tanah asli + 5% limbah arang briket + 2% kapur dengan pemeraman selama 7 hari yaitu menjadi 51,893°, sedangkan peningkatan pada variasi penambahan hanya dengan limbah arang briket terjadi pada variasi tanah asli + 5% limbah arang briket yaitu sebesar 50,698°. Berdasarkan hasil uji geser langsung maka dilakukan uji CBR yang hanya dilakukan pada variasi bahan tanah asli + 5% limbah arang briket dan tanah asli + 5% limbah arang briket + 2% kapur dengan pemeraman selama 7 hari. Hasil pengujian CBR *soaked* didapat nilai CBR tanah asli sebesar 7,97%, tanah asli + 5% limbah arang briket sebesar 8,68%, dan tanah asli + 5% limbah arang briket + 2% kapur yaitu 10,17%. Hasil pengujian CBR *unsoaked* didapat nilai CBR tanah asli sebesar 9,21%, tanah asli + 5% limbah arang briket sebesar 11,84%, dan variasi tanah asli + 5% limbah arang briket + 2% kapur didapat nilai 12,31%.

6.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian Tugas Akhir sebagai berikut ini.

1. Penelitian selanjutnya dapat menjadikan limbah arang briket sebagai variabel tetap dan kapur menjadi variabel bebas.
2. Penelitian selanjutnya dapat melakukan penelitian dengan jenis tanah yang

berbeda dan persentase bahan stabilisasi yang sama.

3. Apabila peneliti selanjutnya ingin melakukan penelitian yang sama dapat mencoba waktu pemeraman yang lebih lama dan variasi bahan stabilisasi lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Audina, Gebrina Rizki. 2015. Pembuatan Pulp Dari Serabut Kelapa Muda menggunakan Metode Organosolv. *Tugas Akhir*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang
- Bowles, Joseph E. 1986. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Erlangga. Jakarta.
- Diana, dkk. 2011. Optimasi Kadar Aspal pada Stabilisasi Tanah Pasir Menggunakan Aspal dengan Uji CBR. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*. Vol. 14 No. 2:127-132. Yogyakarta.
- Donal, R. dkk. 2010. Studi Pengaruh Penambahan Tanah Lempung pada Tanah Pasir Pantai terhadap Kekuatan Geser Tanah. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol. 6 No. 1: 11-22. Padang.
- Febrianti, Lidia. 2009. Stabilisasi Tanah Pasir dengan Menggunakan Aspal Cair RC60-70 terhadap Kuat Geser Tanah. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2012. *Mekanika Tanah 1*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Magno, Julbino. 2013. Analisa Kandungan Kimia Lignin pada Kayu Akasia (Acacia Mangium). *Tugas Akhir*. Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Samarinda.
- Wesley, L.D. 2017. *Mekanika Tanah*. Andi Publisher. Yogyakarta
- Wibowo, Wahyu. 2009. Pengaruh Penambahan Bentonit dan Kapur pada Tanah Pasir terhadap Parameter Kuat Geser Tanah. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.