

PENGARUH PENAMBAHAN *BOTTOM ASH* TERHADAP TANAH *CLAY* UNTUK MENAIKAN KUAT TEKAN BEBAS

*(Analysis and Factors Affecting Worker Productivity in Reinforced Concrete Column Work Block 1
in the Construction of Duta Mall Palangka Raya)*

Miming Virganinda Burako¹

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Palangka Raya

Jln.R. T. A. Milono Km. 8,5/ Jln. J.P. Djandan Palangka Raya

Email : miming.virganinda26@gmail.com

Deky Surianto S²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Palangka Raya

Jln.R. T. A. Milono Km. 8,5/ Jln. J.P. Djandan Palangka Raya

Abstract : Soil is a material that is very influential in planning the construction of buildings, roads and bridges. So in construction design it is necessary to pay attention to the nature and bearing capacity of the soil where the construction will be built. One type of clay soil, which can also be called clay soil, often causes problems. This type of clay soil is also found in the Palangka Raya City area, with low soil bearing capacity and causing damage to road structures and buildings, so a way to improve this type of soil is needed, one of which is stabilization. Bottom Ash is a coarse, granular and non-combustible by-product collected from the bottom of a furnace that burns coal to produce steam, producing electrical power. It can be used as a construction filler, aggregate for concrete and masonry blocks, as a substitute for sand for traction on highways. In this research, we will look at the efficiency of the Bottom Ash mixture to obtain the unconfined compressive strength value. This type of research is the development of experimental research, where this research is carried out in this research laboratory through several stages of testing, namely: Sieve Analysis, soil specific gravity test, Atterberg limit test (Liquid Limit and Plastic Limit tests) to obtain the Plasticity Index. Standard soil compaction test using the Proctor Test to obtain optimum water content and optimum density. Unconfined compressive strength test to obtain the unconfined compressive strength value. From the sieve analysis test, specific gravity, atterbeg limit and CBR value, including clay soil which requires improvement in the mechanical properties of the soil with the addition of additive materials. Free compressive strength of soil mixture with the addition of Buttom Ash carried out in the PT laboratory. Karya Halim Sampoerna, Palangka Raya, from samples that have been tested for Buttom Ash and clay, namely with a mixture of 0%, 6%, 8%, 10%, in the 0% mixture the average compressive strength value is 53.44 kg/cm², the 6% mixture has an average of 63.71 kg/cm², the 8% mixture has an average of 94.54 kg/cm², the largest compressive strength value is produced when in soil conditions with 10% bottom ash with an average compressive strength value of 121.26 kg/cm², due to the nature of bottom ash which can absorb water and the mixing of the soil causes the soil sample to be tested to become stiff.

Keywords: Clay Soil, Bottom Ash, Free Compressive Strength, Stabilization, Density

Abstrak : Tanah merupakan salah satu material yang sangat berpengaruh dalam merencanakan konstruksi bangunan, jalan serta jembatan. Sehingga dalam perancangan konstruksi perlu memperhatikan sifat serta daya dukung tanah dimana konstruksi itu akan di bangun. Salah satunya jenis tanah *clay* dimana bisa juga disebut tanah lempung yang seringkali menimbulkan problematika. Jenis tanah tanah *clay* ini juga terdapat di daerah Kota Palangka Raya, dengan daya dukung tanah yang rendah dan mengakibatkan kerusakan pada struktur jalan dan juga bangunan, sehingga perlu cara untuk memperbaiki jenis tanah ini salah satunya dengan stabilisasi. *Bottom Ash* atau Abu dasar yang merupakan produk sampingan yang kasar, berbutir, dan tidak mudah terbakar yang dikumpulkan dari bagian bawah tungku yang membakar batu bara untuk

menghasilkan uap, produksi tenaga listrik, bisa di manfaatkan sebagai bahan pengisi konstruksi, agregat untuk beton dan blok pasangan bata, pengganti pasir untuk traksi di jalan raya. Pada penelitian ini, akan melihat efisiensi kadar campuran Abu Dasar (*Bottom Ash*) untuk mendapatkan nilai kuat tekan bebas.

Jenis penelitian ini adalah pengembangan penelitian eksperimen, dimana penelitian ini dilakukan di Laboratorium penelitian ini melalui beberapa tahap pengujian yang dilakukan yaitu: Analisa Saringan, uji berat jenis tanah, Uji batas atterberg (uji *Liquid Limit* dan *Plastis Limit*) untuk mendapatkan Indeks Plastisitas. Uji pemadatan tanah standar dengan menggunakan Proctor Test untuk mendapatkan kadar air optimum dan kepadatan optimum. Uji Kuat tekan bebas (*unconfined*) untuk mendapatkan nilai kuat tekan bebas. Dari pengujian Analisa saringan, berat jenis, batas atterbeg dan nilai CBR, termasuk tanah lempung yang memerlukan perbaikan sifat mekanis tanah dengan penambahan bahan additive. Kuat tekan bebas campuran tanah dengan penambahan *Buttom Ash* yang dilakukan di laboratorium PT. Karya Halim Sampoerna, Palangka Raya, dari sampel yang telah diujikan *Buttom Ash* dan tanah *clay* yakni dengan campuran 0%, 6%, 8%, 10%, pada campuran 0% nilai kuat tekan rata-rata sebesar 53,44 kg/cm², campuran 6% rata-rata sebesar 63,71 kg/cm², campuran 8% rata-rata sebesar 94,54 kg/cm², Nilai kuat tekan terbesar dihasilkan pada saat berada dikondisi tanah dengan *bottom ash* 10% dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 121,26 kg/cm², dikarenakan sifat *bottom ash* yang dapat menyerap air dan pencampuran tanah menyebabkan sampel tanah yang akan diuji menjadi kaku.

Kata Kunci : Tanah *Clay*, *Bottom Ash*, Kuat Tekan Bebas, Stabilisasi, Kepadatan.

I. PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu material yang sangat berpengaruh dalam merencanakan konstruksi bangunan, jalan serta jembatan. Sehingga dalam perancangan konstruksi perlu memperhatikan sifat serta daya dukung tanah dimana konstruksi itu akan di bangun, karena kekuatan suatu struktur secara langsung akan dipengaruhi oleh kemampuan tanah dasar dalam menerima dan meneruskan beban yang bekerja. Akan tetapi seperti kita ketahui, tidak semua tanah memiliki sifat dan daya dukung yang baik, karena pada setiap daerah mempunyai jenis tanah yang berbeda. Indonesia memiliki beragam jenis tanah dengan karakteristik berbeda. Salah satunya jenis tanah *clay* dimana bisa juga disebut tanah lempung yang seringkali menimbulkan problematika pada bangunan maupun jalan dan jembatan karena daya dukung nya yang rendah. Jenis tanah tanah *clay* ini juga terdapat di daerah Kota Palangka Raya, dengan daya dukung tanah yang rendah dan mengakibatkan kerusakan pada struktur jalan dan juga bangunan, sehingga perlu cara untuk memperbaiki jenis tanah ini salah satunya dengan stabilisasi.

Bottom Ash atau Abu dasar yang merupakan produk sampingan yang kasar, berbutir, dan tidak mudah terbakar yang dikumpulkan dari bagian bawah tungku yang membakar batu bara untuk menghasilkan uap, produksi tenaga listrik, atau keduanya. *Bottom Ash* lebih kasar dari pada abu terbang, dengan ukuran butiran mulai dari pasir halus hingga kerikil halus. *Bottom Ash* masih bisa di manfaatkan atau digunakan sebagai bahan pengisi konstruksi butiran pada sirap atap aspal, agregat untuk beton dan blok pasangan bata, pengganti pasir untuk traksi di jalan raya.

Pada penelitian ini, akan melihat efisiensi kadar campuran Abu dasar (*Bottom Ash*) untuk mendapatkan variasi yang sesuai untuk perbaikan nilai kuat tekan bebas. Pemilihan penggunaan *Bottom Ash* didasarkan atas ketersediaan *Bottom Ash* yang cukup melimpah dari pembakaran batu bara. *Bottom Ash* kurang diperhatikan untuk penelitian-penelitian dibandingkan dengan Abu terbang (*fly ash*) yang sering digunakan dalam teknologi bahan. Usaha stabilisasi dengan menggunakan *Bottom Ash*

diharapkan dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas tanah (q_u) tanah *clay* atau tanah lempung tersebut. Penelitian ini juga digunakan sebagai usaha untuk mengetahui seberapa besar pengaruh *Bottom Ash* terhadap stabilisasi tanah *clay* atau lempung yang berasal dari daerah Kota Palangka Raya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah Lempung

Tanah yang memiliki partikel-partikel mineral tertentu yang dapat menghasilkan sifat plastis pada tanah apabila tanah tersebut dilakukan pencampuran dengan air, maka tanah tersebut disebut dengan tanah lempung. Tanah lempung merupakan butiran yang sangat kecil dan memiliki sifat kohesi dan plastisitas. Sifat kohesi berarti butiran-butirannya saling menempel, sedangkan sifat plastisitas berarti sifat yang memungkinkan tanah dapat berubah bentuk tanpa mengubah volume dan tidak menyebabkan retak atau pecah. Menurut Hardiyatmo (1999) sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah ukuran butir halus kurang dari 0,002 mm, Permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, Kadar kembang susut yang tinggi, Proses konsolidasi lambat. Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja, akan tetapi dapat bercampur butir-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik.

Bottom Ash (Abu Dasar)

Bottom ash adalah material hasil sisa pembakaran batu bara yang tidak sempurna yang memiliki partikel menyerupai pasir dengan karakteristik fisik berwarna abu-abu gelap, berbentuk butiran berporos sehingga dianggap mampu mengurangi penggunaan pasir, (Lubis dan Karolina, 2017). Pembakaran batu bara di dalam boiler akan menghasilkan limbah berupa debu (*ash*). Menurut ukurannya limbah debu di bagi menjadi dua yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). *Bottom ash* adalah limbah abu yang ukurannya lebih besar dari pada *fly ash*, sehingga *bottom ash* akan jatuh pada dasar tungku pembakaran (boiler). Beberapa kandungan kimia yang ada pada *Bottom*

Ash seperti Si, Al, Ti, Ca, dan Fe memiliki peranan dalam mengikat partikel-partikel negatif yang ada pada permukaan tanah. Batubara sebagai bahan bakar banyak digunakan di PLTU. Kecenderungan dewasa ini dengan naiknya harga minyak diesel industri, maka banyak perusahaan yang beralih menggunakan batubara sebagai bahan bakar dalam menghasilkan *steam* (uap). Sisa hasil pembakaran dengan batu bara menghasilkan abu yang disebut dengan *fly ash* dan *bottom ash* (5-10%). Persentase abu (*fly ash* dan *bottom ash*) yang dihasilkan adalah *fly ash* (80-90%) dan *bottom ash* 10-20%).

Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser (Hardiyatmo, 2002). Pekerjaan ini umumnya dilakukan dengan mencampur tanah dengan jenis tanah lain sehingga gradasi yang diinginkan bisa didapatkan. Selain itu, pencampuran tanah juga dapat dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan buatan pabrik agar sifat-sifat teknis dari tanah bisa lebih baik.

Cara stabilisasi tanah terdapat dua cara pokok yaitu :

1. Perbaiki tanah dengan bahan tambah atau kimiawi (*chemical stabilization*). Yaitu stabilisasi yang menggabungkan unsur benda satu dengan benda lainnya yang bertujuan untuk mendapatkan unsur yang baru. Ada beberapa cara dalam stabilisasi kimia ini antara lain :
pencampuran dengan kapur,
pencampuran dengan garam,
pencampuran dengan semen,
pencampuran dengan aspal dan masih banyak upaya pencampuran dengan bahan kimia lainnya.
2. Perbaiki tanah mekanis (*Mechanical stabilization*) Terdapat dua cara yaitu :
 - a. Stabilisasi dengan cara mencampur secara langsung antara tanah yang jelek dengan tanah yang lebih baik, dengan tujuan kembang susut tanah

berkurang.

- b. Memadatkan tanah dasar sehingga didapatkan susunan struktur matrik tanah yang lebih kokoh untuk mengurangi kembang susut tanah

Uji Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compressive Strength Test*)

Uji Kuat Tekan Bebas Uji tekan bebas atau dikenal juga dengan istilah *Unconfined Compressive Strength* (UCS) merupakan uji kekuatan pada tanah dalam kondisi bebas. Kuat tekan bebas (q_u) adalah nilai beban aksial persatuan luas pada saat diuji mengalami keruntuhan atau ketika regangan mencapai kurang lebih 15%. Percobaan *unconfined* terutama dilakukan pada tanah lempung (*clay*) atau lanau (*silt*). Pengujian tanah ini hanya cocok digunakan untuk jenis tanah lempung jenuh, yang mana pada proses pembebanan yang berangsur-angsur, air tidak memiliki kesempatan untuk mengalir keluar dari tanah tersebut.

Salah satu pengujian yang digunakan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah adalah uji tekan bebas. Kuat tekan bebas adalah besarnya beban aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 20 %. Percobaan kuat tekan bebas di laboratorium dilakukan pada sampel tanah asli maupun campuran. Pengujian ini banyak dilakukan dan cocok untuk jenis tanah lempung jenuh karena pembebanan yang cepat sehingga air tidak sempat mengalir ke luar benda uji. Tekanan aksial yang diterapkan di atas benda uji berangsur-angsur ditambah hingga benda uji mengalami keruntuhan. (hidayat, 2018) Uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Strength*) ini mengukur seberapa kuat tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya. Uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Strength*) merupakan cara yang dilakukan di laboratorium untuk menghitung kekuatan geser tanah. Uji kuat ini mengukur seberapa kuat tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya juga mengukur regangan tanah akibat tekanan tersebut. Uji tekan bebas ini dilakukan pada contoh tanah asli dan contoh tanah tidak asli lalu diukur kemampuannya masing-

masing contoh terhadap kuat tekan bebas. Uji kuat tekan bebas tanah digunakan untuk menentukan kuat tekan bebas tanah yang mempunyai kohesi, baik tanah *undisturbed*, ataupun tanah *compacted*. Pengujian UCS memiliki beberapa kelebihan yaitu pelaksanaannya yang simpel dan sampel yang dibutuhkan tidak banyak.

Nilai q_u merupakan nilai tegangan aksial maksimum yang dapat ditahan benda uji silindris sebelum mengalami keruntuhan geser. Setiap material apabila dikenai beban akan mengalami perubahan bentuk. Standar pengujian *Unconfined Compressive Strength* terdapat pada SNI 3638:2012. Pengujian UCS adalah pengujian di dalam laboratorium untuk menghitung kekuatan geser tanah. Uji ini mengukur seberapa kuat tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya juga mengukur regangan tanah akibat tekanan tersebut.

III. METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada struktur pekerjaan kolom beton bertulang Blok 1 pada pembangunan Duta Mall Jl. RTA Milono km 5 kota Palangka Raya. Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan selama bulan Juni 2024.

Tahapan Penelitian Tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

- 1) Pengambilan sampel tanah lempung di Jalan Karanggen, Palangka Raya dan limbah Bottom Ash dari PLTU Pulang Pisau yang akan digunakan sebagai bahan penelitian di Laboratorium Jalan Raya PT. Karya Halim Sampoerna.
- 2) Kemudian pengujian fisik dan mekanis tanah asli meliputi :
 - a) Pengujian fisik : Analisa saringan, Berat jenis, uji attherberg dan uji proctor.
 - b) Pengujian mekanis (daya dukung) : Kompaksi/pemadatan dan Kuat Tekan Bebas. Pengujian mekanis (daya dukung) tanah lempung dengan

penambahan limbah *Bottom ash* sebesar 0%, 6%, 8%, 10% meliputi : Pengujian kompaksi/pemadatan, Uji Kuat Tekan Bebas

Tahapan pengujian dalam penelitian ini menggunakan metode pengujian di Laboratorium Pengujian bahan tanah berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 berdasarkan surat edaran Dirjen Bina Marga. Pengujian bahan dengan kriteria pengujian sebagai berikut :

1. Uji Analisa Saringan (SNI 03-1968-1990).
2. Uji Berat Jenis (SNI 1964 : 2008).
3. Uji Batas Atterbeg (SNI 1966 dan 1967-2008)
 - A. Batas Cair (LL)
 - B. Batas plastis (PL)
4. Uji CBR Laboratorium (SNI 1744 : 2012)
5. Uji Proctor Standar (*Compaction Test*) SNI 1742:2008
6. Uji Kuat Tekan Bebas (SNI 3638:2012)
 1. Alat yang dipergunakan yaitu :
 - a. Mesin penekan tanah.
 - b. Arloji pembacaan regangan
 - c. Timbangan dengan ketelitian 0.10 gram.
 - d. Alat pengukur diameter, tinggi dan sebagainya.
 2. Benda Uji

Pemeriksaan tekan bebas dapat dilakukan pada benda uji tanah asli atau contoh benda uji tanah padat buatan. Tanah padat buatan berbentuk silinder dengan tinggi 15 cm Diameter minimum benda uji adalah 7 cm. Benda uji dibuat sama dengan prosedur pemadatan proctor, namun benda uji sudah di sudah di campur dimasukan dalam cetakan silinder besi sebanyak masing-masing 3 sampel, dengan kadar air optimum hasil dari uji pemadatan proctor.

3. Cara Kerja
 1. Tempatkan benda uji pada alat tekan,

berdiri vertical dan sentris pada dasar alat.

2. Atur alat tekan, sehingga plat dasar menyentuh benda uji
3. Atur arloji ukur pada cincin beban dan arloji pengukur regangan pada pembacaan
4. Hentikan pembebanan apabila tampak beban yang bekerja telah mengalami penurunan.

Hitungan :

- a. Regangan aksial pada pembebanan yang dibaca
- b. Luas penampang benda uji dengan koreksi akibat pemendekan
- c. Tekanan aksial yang bekerja pada benda uji pada setiap pembebanan
- d. Gambar grafik antara hubungan regangan dan tekanan yang bekerja
- e. Kuat tekan bebas, yaitu nilai atau harga maksimum tekanan yang terjadi
- f. Nilai dari kuat tekan bebas tanah (UCT) yang disimbolkan dengan q_u pada pengujian laboratorium didapat dari pembacaan proving ring dial yang paling maksimum dengan menggunakan rumus :

$$q_u = \frac{k \times R}{A}$$

di mana :

- q_u = kuat tekan bebas
- k = nilai kalibrasi proving ring
- R = pembacaan maksimum
- A = luas penampang contoh tanah pada saat pembacaan

Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas (SNI 3638:2012)

Pada penelitian ini sampel yang di uji adalah tanah lempung yang dicampur dengan *bottom ash* dengan persentase campuran sebesar 0%, 6%, 8% dan 10%. Perhitungan kuat tekan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Clay + % Bottom ash

Lokasi : LAB. AMP. PT. KARYA HALIM SAMPOERNA
 Deskripsi : Bottom Ash Ex. PLTU Pulang Pisau + Tanah Clay Ex. Jl. Karanggan, Palangka Raya
 Sampel : Bottom Ahs 0% + Tanah clay

No. Sampel	Tanggal Uji	Tinggi Sampel	Diameter Sampel	Berat Sampel	Luas Permukaan	Bacaan Arloji	Kalibrasi Proving Ring	Beban	Kuat Tekan
		mm	mm	g	mm ²	lb	kg	kg	Kg/cm ²
1	3 Januari 2025	140	70	939,7	3.850	9	23,74	213,65	55,49
2	3 Januari 2025	140	70	984,9	3.850	8	23,74	189,91	49,33
3	3 Januari 2025	140	70	985,3	3.850	9	23,74	213,65	55,49
Rata-Rata									53,44

Sampel : Bottom Ahs 6% + Tanah clay

No. Sampel	Tanggal Uji	Tinggi Sampel	Diameter Sampel	Berat Sampel	Luas Permukaan	Bacaan Arloji	Kalibrasi Proving Ring	Beban	Kuat Tekan
		mm	mm	g	mm ²	lb	kg	(Lbf)	(Kg/cm ²)
1	3 Januari 2025	140	70	995,6	3.850	10	23,74	237,39	61,66
2	3 Januari 2025	140	70	998,7	3.850	11	23,74	261,13	67,83
3	3 Januari 2025	140	70	996,6	3.850	10	23,74	237,39	61,66
Rata-Rata									63,71

Sampel : Bottom Ahs 8% + Tanah clay

No. Sampel	Tanggal Uji	Tinggi Sampel	Diameter Sampel	Berat Sampel	Luas Permukaan	Bacaan Arloji	Kalibrasi Proving Ring	Beban	Kuat Tekan
		mm	mm	g	mm ²	lb	kg	(Lbf)	(Kg/cm ²)
1	3 Januari 2025	140	70	998,9	3.850	14	23,74	332,34	86,32
2	3 Januari 2025	140	70	996,9	3.850	16	23,74	379,82	98,65
3	3 Januari 2025	140	70	995,7	3.850	16	23,74	379,82	98,65
Rata-Rata									94,54

Sampel : Bottom Ahs 10% + Tanah clay

No. Sampel	Tanggal Uji	Tinggi Sampel	Diameter Sampel	Berat Sampel	Luas Permukaan	Bacaan Arloji	Kalibrasi Proving Ring	Beban	Kuat Tekan
		mm	mm	g	mm ²	lb	kg	kg	(Kg/cm ²)
1	3 Januari 2025	140	70	986,6	3.847	19	23,74	450,97	117,24
2	3 Januari 2025	140	70	988,0	3.850	20	23,74	474,78	123,32
3	3 Januari 2025	140	70	996,0	3.850	20	23,74	474,78	123,32
Rata-Rata									121,29

catatan :
 Proving ring = 52,228 lb
 1 devisi = 0,454 kg

Sumber : Hasil Pengujian

IV. PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat disampaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dari pengujian Analisa saringan, berat jenis, batas atterbeg dan nilai CBR, material tanah dari Jalan Karanggan, Kota Palangka Raya termasuk tanah lempung yang memerlukan perbaikan sifat mekanis tanah dengan penambahan bahan additive.
2. Kuat tekan bebas campuran tanah dengan penambahan *Bottom Ash* yang dilakukan di laboratorium PT. KARYA HALIM

SAMPOERNA, Palangka Raya, dari sampel yang telah diujikan dengan *Bottom Ash* dan tanah *clay* yakni dengan campuran 0%, 6%, 8% dan 10% , menghasilkan nilai kuat tekan masing-masing campuran 0% nilai kuat tekan sebesar rata-rata 53,44 kg/cm², pada campuran 6% nilai kuat tekan rata-rata sebesar 63,71 kg/cm², campuran 8% nilai kuat tekan rata-rata sebesar 94,54 kg/cm², Nilai kuat tekan terbesar dihasilkan pada saat berada dikondisi tanah dengan campuran *bottom ash* 10% yang menghasilkan nilai rata-rata sebesar 121,29 kg/cm², dikarenakan sifat *bottom ash* yang dapat menyerap air dan pencampuran tanah menyebabkan sampel tanah yang akan diuji menjadi kaku. Dengan adanya stabilisasi tanah lempung nilai kepadatan tanah cenderung meningkat dari tanah aslinya, ini dikarenakan semakin meningkatnya persentase penambahan campuran *bottom ash* maka akan menyebabkan nilai kuat tekan bebas semakin bertambah.

Saran

Saran-saran yang dapat dikemukakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Hasil penelian ini bisa diaplikatifkan di lapangan untuk menimbunan bahu jalan sebagai alernatif pengganti agregat S.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi jumlah tumbukan berbeda atau pemadatan dengan metode Modified Proctor, variasi waktu pengujian dan pada campuran yang berbeda untuk mengetahui perbedaan Nilai kuat tekan bebas dan nilai CBR pada campuran *bottom ash* dalam meningkatkan daya dukung tanah sehingga diperoleh hasil yang terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

Amanda S P., 2017, *Analisis Produktivitas Pekerjaan Struktur Balok, Kolom, Dan Plat Lantai Pada Proyek Pembangunan Dyokara Service Apartemen Medan*, Politeknik Negeri Medan.

Andreas A., 2019, *Analisis Produktivitas Pekerjaan Dengan Menggunakan Pemodelan Webcylone Pada Pekerjaan Pemasangan Balok Separator Lift*, Universitas Pancasila.

Andrew D , Benaya A S, Sentosa L, Yusuf D E., 2016, *Evaluasi Produktivitas Kerja Struktur Kolom, Balok, Dan Plat Di Proyek Tunjangan Plaza 6*, Universitas Kristen Petra.
<https://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/4258>

Aprilian, T. 2010. *Analisis Produktifitas Tenaga Kerja Pada Pekerjaan Struktur Rangka Atap Baja Studi Kasus Proyek Pembangunan Rumah Sakit Dr. Moewardi, Surakarta Jawa Tengah* (Tugas Akhir) : Program Studi Teknik Sipil (S1), Universitas Sebelas Maret.

Ervianto W., 2004, *Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*, Andi, Yogyakarta.

Dipohusodo I, 1995, *Manajemen Proyek & Konstruksi, Jilid I dan II.*, Badan Penerbit Kanisius., Yogyakarta.

Lubis F, Muslim I, Zainuri Z.,, 2019, *Analisis Produktivitas Tenaga Kerja Pada Pekerjaan Dinding Façade*, Universitas Lancang Kuning

Megasari, S. W, Yanti, G., & Zainuri, Z. (2015). *Analisis Produktivitas Tukang Keramik*. SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil.

Nazir M., 1983, *Metode Penelitian*, Ghalia Indonesia, Jakarta.

Norjana N, Ria, Zulfiati., 2020, *Analisa Produktivitas Tenaga Kerja terhadap Pekerjaan Kolom Dan Balok Beton Bertulang*, Universitas Batanghari.

Oglesby Dkk., 1989, *Productivity Improvement in Contruction*, McGraw-Hill Book Company, New York.