

PENGARUH PENAMBAHAN ABU BATU TERHADAP TINGKAT KEPADATAN TANAH LEMPUNG

Iman Hidayat¹, Asep Muhibin²

Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala Bandung

Abstrak

Tanah lempung lunak merupakan tanah kohesif yang daya dukungnya rendah dan kepekaan terhadap perubahan kadar air cukup tinggi. Tanah lunak yang dapat menimbulkan masalah dan menyebabkan kegagalan perkerasan jalan. Karakteristik tanah lunak yang distabilisasikan dengan abu batu dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi penggunaan abu batu yang efektif dalam meningkatkan daya dukung tanah lempung lunak pada daerah penelitian. Penelitian ini dilaksanakan dengan pengambilan sampel dari rencan pembangunan jalan Gardu-Bunisari Kabupaten Purwakarta. Pengujian ini termasuk kedalam pengujian skala laboratorium untuk menentukan sifat fisik dan mekanik tanah lempung lunak. Uji skala laboratorium telah dilaksanakan pada berbagai variasi campuran tanah dengan komposisi abu batu 3%, 6%, dan 9%. Berdasarkan hasil uji lapangan pada tanah asli dengan alat DCP diperoleh nilai CBR tanah asli rata-rata sebesar 2,35%. Hasil pengujian laboratorium campuran tanah asli dengan penambahan material abu batu yang paling efektif adalah 9%, dengan waktu perendaman selama 4 hari, dimana nilai CBR 95% yang diperoleh sebesar 17,8 % dan nilai CBR 100% yang diperoleh sebesar 19.52 %. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa penggunaan stabilisasi kimia abu batu dapat meningkatkan daya dukung tanah lempung lunak.

Kata kunci: stabilitas tanah, campuran abu batu, nilai CBR, kepadatan tanah.

Abstrack

Soft clay is a cohesive soil with low bearing capacity and high sensitivity to changes in water content. Soft soil that can cause problems and cause pavement failure. Soft soil characteristics stabilized with rock ash were carried out to overcome this problem. The purpose of this study was to determine the composition of the use of rock ash which is effective in increasing the bearing capacity of the soft clay soil in the study area. This research was carried out by taking samples from the Gardu-Bunisari road construction plan, Purwakarta Regency. This test is included in laboratory scale testing to determine the physical and mechanical propertie of soft clay. Laboratory scale tests have been carried out on various variations of soil 2 mixtures with rock ash compositions of 3%, 6%, and 9%. Based on the results offield tests on native soils with DCP tools, the average CBR value of native soils is 2.35%. The results of laboratory testing of the original soil mixture with the addition of rock ash material were the most effective 9%, with an immersion time of 4 days, where the 95% CBR value obtained was 17.8% and the 100% CBR value obtained was 19.52 %. Therefore, it can be concluded that the use of chemical stabilization of rock ash can increase the bearing capacity of soft clay soils

Keywords: soil stability, rock ash mixture, CBR value, soil density

1. PENDAHULUAN

Tanah lempung atau tanah yang mudah mengalami kembang susut banyak dijumpai di Indonesia. Tanah ekspansif (expansive soil) adalah istilah yang digunakan pada tanah yang mempunyai potensi pengembangan atau penyusutan yang tinggi oleh pengaruh perubahan kadar air. Tanah ekspansif akan menyusut bila kadar air berkurang, dan sebaliknya akan mengembang bila kadar air bertambah. Di alam umumnya tanah yang mempunyai potensi mengembang, juga mempunyai potensi menyusut oleh perubahan kadar air tersebut (Hardiyatmo, H.C., 2018).

Dalam beberapa kasus, tidak semua tanah dasar memiliki daya dukung yang bagus atau dengan kata lain nilai CBRnya rendah. Jika tanah asli tidak memenuhi syarat daya dukung, maka harus dilakukan penggantian tanah, perbaikan atau stabilisasi tanah.

Stabilisasi tanah adalah upaya rekayasa untuk memperbaiki mutu tanah yang tidak baik dan meningkatkan mutu dari tanah yang sebelumnya sudah tergolong baik. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan menambahkan suatu bahan pencampur (additiver) tertentu pada suatu tanah. Salah satunya adalah dengan menggunakan abu batu (quarry dust) sebagai bahan stabilisasi.

Abu batu (quarry dust) merupakan bahan non plastis dari hasil dari pemecahan batu mesin stone crusher dengan ukuran 0 mm - 5 mm. Umumnya abu batu (quarry dust) dipakai sebagai bahan pengisi/filler pada lapis pondasi atas.

1.1. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang digunakan dalam penulisan ini adalah:

- Termasuk kedalam golongan manakah jenis tanah asli yang diambil dari rencana trase jalan Gardu - Bunisari dengan pengujian laboratorium.
- Berapa besar nilai kepadatan tanah asli dengan jenis pengujian lapangan DCP (Dynamic Cone Penetrometer).
- Berapa besar nilai CBR (California Bearing Ratio) tanah asli yang telah ditambahkan menggunakan bahan pencampur abu batu dengan pengujian laboratorium.

1.2. Tinjauan Pustaka

Tanah Lempung (Hardiyatmo, H.C., 2018) Tanah lempung ekspansif atau tanah yang mudah mengalami kembang susut banyak dijumpai di Indonesia. Tanah ekspansif (expansive soil) adalah istilah yang digunakan pada tanah yang mempunyai potensi pengembangan atau penyusutan yang tinggi oleh pengaruh perubahan kadar air. Tanah ekspansif akan menyusut bila kadar air berkurang, dan sebaliknya akan mengembang bila kadar air bertambah. Di alam umumnya tanah yang mempunyai potensi mengembang, juga mempunyai potensi menyusut oleh perubahan kadar air tersebut.

Klasifikasi Tanah sistem Unified Soil Classification System/USCS Sistem klasifikasi tanah Unified Soil Classification System (USCS) yang diperkenalkan oleh Cassagrande pada tahun 1942 yang disempurnakan tahun 1952. Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu:

- Tanah berbutir kasar (coarse grained soil) Tanah berbutir kasar (coarse grained soil), yaitu tanah kerikil dan pasir kurang dari 50%

berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. Huruf G adalah untuk kerikil (gravel) atau tanah berkerikil dan S adalah untuk pasir (sand) atau tanah berpasir. Tanah berbutir kasar ditandai dengan symbol kelompok seperti GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM dan SC. Jika persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 adalah antara 5% sampai 12%, symbol ganda seperti GW-GM, GP-GM, GW-GC, GP-GC, SW-SM, SW-SC, SP-SM dan SP-SC diperlukan. Klasifikasi tanah berbutir halus dengan symbol ML, CL, OL, MH, CH dan OH diperoleh dengan cara menggambar batas cair dan indeks plastisitas tanah yang bersangkutan pada bagian plastisitas (Cassagrande, 1948).

- Tanah berbutir halus (fine grained soil) Tanah berbutir halus (fine grained soil), yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (silt) anorganik, C untuk lempung (clay) anorganik dan O untuk lanau organik dan lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (peat), muck dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi. Simbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah W =well graded (tanah dengan gradasi baik) P = poorly graded (tanah dengan gradasi buruk) L = low plasticity (plastisitas rendah) (LL <50) H high plasticity (plastisitas tinggi) (LL > 50).
- Klasifikasi American Association of State Highway and Transportation Official /AASHTO Sistem klasifikasi

ini dikembangkan pada tahun 1929 sebagai Public Road Administration Classification System. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan dan saat ini yang berlaku adalah yang diajukan oleh Committee on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board dalam tahun 1945 (ASTM Standar No. D-3282, AASHTO metode M145). Sistem klasifikasi AASHTO yang dipakai saat ini diberikan pada (Hardiyatmo, 2018) Batas cair (LL), didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Persentase kadar air dibutuhkan untuk menutup celah sepanjang 12.7 mm pada dasar cawan, sesudah 25 kali pukulan didefinisikan sebagai batas cair tanah tersebut. Alat uji batas cair berupa cawan Cassagrande dan grooving tool. Batas plastis (PL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air di mana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung. (Hardiyatmo, 2018). Batas susut (SL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semipadat dan padat, yaitu persentase kadar air di mana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanahnya. Indeks plastisitas (PI) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Indeks plastisitas dapat menunjukkan sifat keplastisitasan tanah tersebut. Apabila tanah memiliki interval kadar air daerah plastis yang kecil, maka tanah tersebut disebut tanah kurus, sedangkan apabila suatu tanah

memiliki interval kadar air daerah plastis yang besar disebut tanah gemuk. Indeks Plastisitas (PI) dapat diketahui dengan menghitung selisih antara batas cair dengan batas plastis dari tanah tersebut.

- Pengujian Kepadatan Lapangan dengan DCP (Dinamic Cone Penetrometer) Smith and Pratt (1983) uji awal perhitungan nilai korelasi DCP dan CBR menggunakan Persamaan TTRL (1990) untuk penggunaan konus 60° dan Persamaan Pada penelitian ini dilakukan pengujian CBR (California Bearing Ratio) di lapangan menggunakan alat DCP (Dynamic Cone Penetrometer). Pengujian ini dilakukan untuk menentukan nilai CBR dari tanah yang akan ditingkatkan nilai kepadatan dan nilai CBR dengan campuran abu batu. Nilai CBR dari hasil pengujian dengan DCP di lapangan ini akan menjadi pembanding dengan nilai CBR hasil pengujian laboratorium.
- Pengujian Kepadatan dengan CBR di Laboratorium Kekokohan suatu lapisan tanah baik tanah asli maupun tanah yang sudah dipadatkan ditentukan dengan pengujian California Bearing Ratio (CBR). Pengujian CBR dapat dilakukan dengan pengujian dilapangan ataupun di laboratorium. Besarnya beban yang dapat ditahan tanah adalah dengan memasukkan penumbuk berbentuk silinder, dengan luas penampang 3 inch² serta kecepatan penekanan 0,05 inch per menit, sedalam 0,1 inch atau 0,2 inch dengan pembebanan sebesar 3000 lbs (sekitar 1350 kg) untuk penetrasi 0,1 inch dan 4500 lbs (sekitar 2025 kg) untuk penetrasi 0,2 inch. Ada dua macam pengujian CBR di laboratorium, yaitu pengujian CBR

kering (unsoaked) dan CBR basah (soaked). Pengujian CBR soaked bertujuan untuk memposisikan tanah pada kondisi terburuk, seperti tergenang air atau banjir. CBR merupakan salah satu parameter dari kekuatan suatu tanah dasar, tanah akan mempunyai kekuatan yang tinggi jika nilai dari CBR tinggi atau lebih dari 7. Nilai CBR ditetapkan dari perbandingan antara kondisi tanah di lapangan dengan kondisi tanah di California.

- Hipotesis pada penelitian ini berdasarkan permasalahan pada kondisi rencana trase jalan Gaedu-Bunisari yang berada pada tanah dasar lempung, diperlukan upaya stabiliasi/pemadatan tanah dengan mencampur abu batu baik secara kimiawi maupun secara fisik yang dapat menaikkan nilai CBR > 6% (sesuai standar nilai minimal nilai kepadatan untuk tanah subgrade pada badan jalan).

2. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan metode secara eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang Kabupaten Purwakarta dan Laboratorium PT. Geocipta Bangun Optima Bandung. Obyek penelitian ini adalah pengujian Atterberg Limit (batas cair, batas plastis dan indek plastisitas) dan kepadatan tanah untuk menentukan kadar air optimum yang selanjutnya digunakan sebagai acuan penambahan air pada pengujian CBR laboratorium dengan direndam dengan variasi substitusi abu batu 0%, 3%, 6 dan 9%. Perendaman setiap variasi benda uji dilakukan selama 4 hari atau 96 jam.

Baru setelah itu dilakukan pengujian CBR dengan alat CBR. Pelaksanaan 8 pengujian dilakukan sesuai dengan standar-standar yang ada yaitu :

- SNI-1965-2008, Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium, Badan Standardisasi Nasional.
- SNI-1743-2008, Cara Uji Kepadatan Berat untuk Tanah, Badan Standardisasi Nasional.
- SNI-1964-2008, Cara Uji Berat Jenis Tanah, Badan Standardisasi Nasional.
- SNI-1744-2012, Metode Uji CBR Laboratorium, Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 3423:2008, Analisa Ukuran Butiran, Badan Standardisasi Nasional.

Objek Penelitian

Dalam hal penelitian yang dilaksanakan penulis menggunakan objek denah dari hasil pengujian tanah galian kedalaman (test pit) yang diambil pada rencana trase pada STA.0+250, STA.0+350 dan STA.0+450, dalam rencana akses pembangunan jalan Gardu-Bunisari Kabupaten Purwakarta.

Populasi dan sampel penelitian Populasi yang ditentukan dalam penelitian ini adalah akses jalan Gardu-Bunisari sepanjang 500 meter. Jarak pengambilan setiap sampel yang akan diteliti yaitu setiap 100 sampai 500 meter per satu sampel. Syarat jarak minimal yang ditetapkan untuk pengujian CBR adalah per 100 meter dan maksimal per 500 meter.

Sampel dalam penelitian ini yaitu tanah lempung yang diambil pada tiga titik galian (test pit) dengan kedalaman 50 cm-100 cm pada rencana trase jalan Gardu-Bunisari dan sampel abu batu

yang diambil dari sisa limbah PT. Bumi Cikeupeul Abadi Kabupaten Purwakarta.

Sampel tanah lempung dan abu batu tersebut digunakan untuk pengujian analisis saringan, batas-batas konsistensi pemandatan standar (standard proctor) dan CBR tanpa rendaman. Pengambilan sampel tanah terganggu (disturb) cukup dimasukkan kedalam karung. Pengambilan sampel tanah tersebut sesuai dengan kebutuhan tanah yaitu sebanyak 50 kg, yang digunakan untuk percobaan sebanyak 1 sampel pemandatan dan CBR masing-masing sampel memerlukan tanah kurang lebih 15 kg tanah kering.

Variabel Penelitian

- Variabel Terikat

Variabel terikat (dependent variable) adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2013). Variabel Terikat dalam penelitian ini adalah nilai CBR, nilai Atterberg, nilai Grafik kolerasi daya dukung tanah.

- Variabel Bebas

Variabel bebas (independent variable) adalah merupakan variable yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat) (Sugiyono, 2013). Variabel bebas pada penelitian ini adalah jenis tanah lunak yang distabilisasi dengan bahan abu batu artinya variabel ini mempengaruhi dari variabel terikat.

Bagan Alir Penelitian

Alir penelitian atau urutan penelitian ini meliputi kegiatan Studi 9 literatur, Survey lokasi rencana, Pengambilan sampel di lapangan, Pengujian CBR lapangan dengan metode DCP ,

Pengujian tanah di laboratorium bertujuan menghasilkan data Index Properties dan Engineering Properties, Penentuan komposisi penambahan abu batu 3%,6% dan 9%, Pelaksanaan pengujian Atterberg Limit , Pemadatan dan Uji CBR pada tanah asli dan abu batu, Hasil pengujian nilai kepadatan dan nilai CBR, Selisih nilai CBR tanah asli dan tanah asli yang telah ditambahkan abu batu pada kadar persentase 3%,6% dan 9%, disajikan dalam bentuk bagan alir penelitian, yaitu pada Gambar 3.1 di bawah ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian CBR lapangan dengan DCP Berdasarkan hasil pengujian lapangan dengan menggunakan DCP (Dynamic Cone Penetrometer) didapatkan nilai kepadatan tanah asli yaitu di Stationing 0+250 nilai CBR sebesar 3.63 %, di Stationing 0+350 nilai CBR sebesar 3.55 % dan pada Stationing 0+450 nilai CBR sebesar 3.50 % , ratarata sebesar 3.55%, serta dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 di bawah ini. Gambar.1 Hasil Pengujian DCP Lapangan Tanah Asli Sta.0+250 10 Gambar.4.2 Hasil Pengujian DCP Lapangan Tanah Asli Sta.0+350 Gambar 4.3 Hasil Pengujian DCP Lapangan Tanah Asli Sta.0+450 Berdasarkan hasil pengujian di atas, maka nilai kepadatan tanah asli atau dilapangan dapat dikategorikan kedalam tanah dengan daya dukung yang rendah karena kurang dari 6%.

Hasil Pengujian Laboratorium

Atterberg Limit (Batas Cair,Plastis dan Indek Plastisitas) Hasil uji Atterberg Limit yaitu perhitungan pengujian tanah asli. Perhitungan batas plastis sama

dengan batas cair, sedangkan nilai PI(Plasticity Index) didapat dari LL(Liquid Limit) –PL(Plasticity Liquid) dapat ditunjukan pada Gambar 4.4 di bawah ini. Gambar 4.4 Hasil Uji Atterberg Limit Tanah Asli 11. Perhitungan uji Atterberg limit tanah asli dengan campuran campuran abu batu tipe I pada persentase 3%, 6%, dan 9% bisa ditunjukan pada Tabel 4.1 dibawah ini.

No	Kadar Abu Batu (%)	LL (%)
1	80	33 47
2	381	33 48
3	683	34 49
4	985	35 50

Tabel 4.1 Hasil pengujian Atterberg tanah asli+ campuran abu batu tipe I Pengaruh penambahan abu batu tipe I terhadap nilai indeks plastisitas (IP) dapat dilihat pada Gambar 1.5 di bawah ini. Gambar 4.5 Pengaruh Penambahan Abu Batu Tipe 1 Terhadap Nilai Indeks Plastisitas (IP)

Hasil Pengujian CBR Laboratorium Pengujian ini dilakukan dengan memadatkan benda uji stabilisasi ke dalam mould tertentu dengan kadar air optimum. Kadar air optimum didapatkan terlebih dahulu menggunakan pengujian pemandatan. Pemandatan yang dilakukan adalah pemandatan standar (standard proctor). Hasil dari pengujian pemandatan yaitu kadar air optimum (OMC) dan kepadatan maksimum (MDD), akan digunakan sebagai desain dalam perancangan dalam pengujian CBR. Kegunaan hasil pengujian ini dapat diterapkan untuk menghitung tebal lapisan perkerasan diatasnya. Hasil pengujian CBR tanah lempung dengan campuran abu batu tipe I dapat ditunjukan pada Gambar 4.6, 4.7 dan

4.8 di bawah ini. Gambar 4.6 Grafik Hasil Uji CBR tanah asli+ abu batu 3%
47 48 49 50 20 25 30 35 40 45 50 55 60
Abu batu 0%
Abu batu 3%
Abu batu 6%
Abu batu 9%
INDEKS PLASTISITAS
KADAR CAMPURAN ABU BATU

Indeks Plastisitas

Reaksi yang terjadi pada campuran tanah dan abu batu membentuk butiran baru yang lebih keras sehingga lebih kuat menahan beban yang diberikan.

Penambahan abu batu telah meningkatkan nilai daya dukung tanah pada perendaman (soaked) selama 4 hari secara signifikan, yang dapat ditampilkan pada Gambar 4.9. di bawah ini. Gambar 4.9. Grafik Pengaruh Penambahan Abu Batu Tipe I Terhadap Nilai CBR dengan Perendaman 4 Hari. Abu batu yang bercampur dengan tanah mengakibatkan terjadinya proses pertukaran kation alkali (Na^+ dan K^+) dari tanah digantikan oleh kation dari abu batu sehingga ukuran butiran lempung bertambah besar (flokulasi). Selain itu proses flokulasi yang terjadi dalam stabilisasi tanah, terjadi pula proses pozzolan, dan proses hidrasi. Proses pozzolan terjadi antara kalsium hidroksida dari tanah bereaksi dengan silikat (SiO_2) dan aluminat (AlO_3) dari abu batu membentuk material pengikat yang terdiri dari kalsium silikat atau 13 aluminat silikat. Reaksi dari ion Ca^{2+} dengan silikat dan aluminat dari permukaan partikel lempung membentuk pasta abu batu sehingga mengikat partikel-partikel tanah lempung. Mekanisme terjadinya pengikatan dan pengerasan (setting and hardening) yaitu ketika air bercampur dengan C_3A membentuk 3CaO

$+\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ yang bersifat kaku dan berbentuk gel. Perbandingan kenaikan nilai CBR dapat ditunjukkan pada Gambar 4.10 di bawah ini. Gambar 4.10. Kenaikan nilai CBR tanah asli + campuran abu batu 3%, 6%, 9%

4. KESIMPULAN dan Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan di laboratorium dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Berdasarkan Diagram Plastisitas Tanah Berbutir Halus USCS menunjukkan satu titik pertemuan pengeplotan di bawah garis A, yang mana titik temu ini menjelaskan jenis tanah yang diuji. Dengan merujuk pada hasil di atas maka tanah berbutir halus ruas Jalan Gardu-Bunisari yang diuji termasuk kedalam kelompok CH-MH, yaitu tanah lempung lanau dengan plastisitas sedang sampai tinggi dengan nilai Indeks Plastisitas sebesar 47 % (plastisitas tinggi) sedangkan menurut AASHTO dan propertis tanah, dimana persentase lolos saringan No.200 lebih besar dari 35%, sehingga dapat disimpulkan secara umum tanah masuk kelompok lanau-lempung. Dengan diketahuinya nilai batas cair (LL) lebih besar dari 41%, dan harga indeks Plastisitas (PI) lebih besar dari 11% tetapi lebih kecil dari pada harga batas cair (LL) dikurangi 30, maka tanah termasuk golongan A-7-5.
- Berdasarkan hasil pengujian lapangan dengan menggunakan DCP(Dynamic Cone Penetrometer) didapatkan nilai kepadatan tanah asli yaitu di Stationing 0+250 nilai CBR sebesar 3.63 %, di Stationing 0+350 nilai CBR sebesar 3.55 % dan pada

- Stationing 0+450 nilai CBR sebesar 3.50 %. Maka nilai kepadatan tanah asli atau di lapangan dapat dikategorikan kedalam tanah dengan daya dukung yang rendah karena kurang dari 6%.
- Nilai CBR tanah asli hasil pengujian laboratorium pada kondisi CBR 95% sebesar 5.2% dan kondisi CBR 100% sebesar 7.2%. Nilai CBR tanah asli yang ditambahkan campuran abu batu pada kondisi CBR 95% yaitu:
 - ✓ Kadar abu batu 3% nilai CBR sebesar 12.15%, peningkatan nilai CBR sebesar 6.95%. 14
 - ✓ Kadar abu batu 6% nilai CBR sebesar 14.70%, peningkatan nilai CBR sebesar 9.5%.
 - ✓ Kadar abu batu 9% nilai CBR sebesar 17.80%, peningkatan nilai CBR sebesar 12.6%. Sedangkan untuk nilai CBR tanah asli yang ditambahkan campuran abu batu pada kondisi CBR 100% yaitu:
 - ✓ Kadar abu batu 3% nilai CBR sebesar 14.10 % peningkatan nilai CBR sebesar 6.9%.
 - ✓ Kadar abu batu 6% nilai CBR sebesar 16.63 % peningkatan nilai CBR sebesar 9.43%.
 - ✓ Kadar abu batu 9% nilai CBR sebesar 19.52 % peningkatan nilai CBR sebesar 12.32%.
- Hasil pengujian laboratorium nilai CBR semakin naik seiring dengan penambahan kadar persentase abu batu. Penambahan abu batu telah teruji secara laboratorium dapat meningkatkan nilai daya dukung tanah asli secara signifikan diberbagai kadar persentase campuran material abu batu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adwiyah Asyifa, Syafi'ul Umam (Mei 2016) Pengaruh Substitusi Abu Batu (Quarry Dust) Pada Nilai CBR Laboratorium Untuk Stabilitas Subgrade Timbunan. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika Vol. 19, No. 1, 75-79, Mei 2016. Retrieved from <https://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/view/File/1830/2336>.
- [2] Agung Widhi Kurniawan dan Zarah Puspitaningtyas (2016) Metode Penelitian Kuantitatif. Penerbit Pandiva Buku, Yogyakarta.
- [3] Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). Peta Penyebaran Tanah Lunak di Indonesia. (edisi 2019) Jakarta.
- [4] Badan Standarisasi Nasional. (2012). Metode Pengujian CBR Laboratorium (SNI 1744:2012). Jakarta
- [5] Braja M. Das. (2011). Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid1.
- [6] Badan Standarisasi Nasional. (2008). Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah (SNI 3423:2008). Jakarta
- [7] Badan Standarisasi Nasional. (2008). Cara Uji Berat Jenis Tanah (SNI 1964:2008). Jakarta
- [8] Badan Standarisasi Nasional (2008). Cara Uji Kepadatan Berat Untuk Tanah (SNI 1743:2008). Jakarta
- [9] Badan Standarisasi Nasional (2008). Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah (SNI 1967:2008). Jakarta
- [10] Badan Standarisasi Nasional (2008). Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah (SNI 1966:2008). Jakarta
- [11] Gogot Setyobudi (2011). Pengujian Tanah di Laboratorium. Penerbit

- Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. (2013). Stabilisasi
- [12] Tanah Untuk Perkerasan Jalan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [13] Hardiyatmo, H. (2018). Mekanika Tanah I. 5th Ed. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [14] Hardiyatmo, H. C. (2018). Mekanika Tanah II Edisi ke-6. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- [15] Imam Trianggoro Saputro, Oktavianus Klau Bria, Magdafenta Simanjuntak (2020). Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Material Abu Batu Quarry . Jurnal Karkasa Vol. 6 No. 1 2020, e-ISSN: 2721-9534.Retrieved from <https://jurnal.poltekstpaul.ac.id/index.php/jkar/article/view/213/139>
- [16] Sugiyono. (2013). Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan =R&D. Penerbit Alfabeta. Bandung.
- [17] Sugiyono. (2014). Penelitian Komparatif. Penerbit Alfabeta. Bandung.
- [18] Terzaghi, K. P. (1996). Soil Mechanics in Engineering Pratice Third Edition. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- [19] Wesley. (2018). Mekanika Tanah. Pekerjaan Umum.