

PEMANFAATAN SERAT SERABUT KELAPA SEBAGAI BAHAN PERBAIKAN TANAH LEMPUNG

Anto Budi Listyawan¹, Anang Pambudi²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A Yani Tromol Pos I Pabelan Surakarta, Jawa Tengah

*Email: Anto.Budi@ums.ac.id

Abstrak

Tanah lempung dengan plastisitas tinggi memerlukan penanganan sebelum struktur dibangun di atasnya, agar tidak terjadi keruntuhan pondasi akibat penurunan yang melampaui batas maksimum. Tanah lempung yang diambil dari daerah Kedung Banteng memiliki berat jenis (GS) = 2,682 dan indeks plasatisitas tanah (PI) = 36,698%. Tanah tersebut termasuk ke dalam kelompok CH (USCS) dan A-7-5 (AASHTO) sehingga termasuk tanah lempung dengan plastisitas tinggi dan memiliki kualitas buruk sebagai subgrade. Penelitian ini dilakukan untuk memperbaiki sifat fisis dan sifat mekanis tanah lempung Kedung Banteng dengan bahan tambah serat serabut kelapa dengan variasi 1%, 2% dan 3%. Hasil pengujian menunjukkan, semakin besar presentase serat serabut kelapa, kadar air dan batas plastis semakin naik, sedangkan berat jenis, batas cair, batas susut, indeks plastisitas serta persen lolos saringan No. 200 menurun. Dengan ditambah serat serabut kelapa, klasifikasi tanah berubah menjadi CL untuk system USCS, dan terjadi kenaikan berat volume tanah kering. Daya dukung tanah juga mengalami kenaikan dengan uji CBR dengan variasi jumlah tumbukan 10, 35, 65 kali.

Kata Kunci : Lempung, Plastisita, Perbaikan Tanah, Serat Serabut Kelapa, Subgrade

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur yang sekarang ini sedang gencar di Indonesia menimbulkan beberapa tantangan dalam desain maupun pelaksanaannya. Desain konstruksi tidak hanya focus pada upper structure, tetapi juga sub structure. Pondasi sebagai sub structure menjadi bagian yang tidak bias ditinggalkan perannya dalam mendukung hasil desain konstruksi yang handal dan bias dipertanggung jawabkan. Pondasi akan selalu berhubungan dengan tanah dasar (subgrade) sebagai lokasi beban diteruskan. Tanah dasar harus memiliki persyaratan teknis, yaitu mampu menahan beban di atasnya dan tidak mengalami keruntuhan. Tanah terdiri dari beberapa mineral, endapan-endapan, bahan organik, yang tidak padat yang merupakan satu dari siklus pelapukan batuan. Struktur tanah memiliki rongga yang berisi air dan atau udara dan pertikel padat dengan bentuk permukaan dan pola susunan yang berbeda-beda (Bowles, 1991). Craig 1994 mengatakan bahwa jenis tanah, karakteristik dan sifat-sifat tanah dipengaruhi oleh kondisi geografis dimana tanah tersebut berada. Tanah yang buruk adalah tanah yang sangat lebek ketika basah karena tergenang air hujan, dan menyusut dengan sangat signifikan ketika berada pada musim kemarau (Hardiyatmo, 2002). Menurut Das (1995), tanah bisa dibagi menjadi 3 jenis, yaitu tanah pasir, tanah lanau, dan tanah lempung. Tanah pasir memiliki pori-pori yang besar sehingga cenderung bersifat lepas. Tanah lanau dan lempung memiliki ukuran butir yang kecil, bersifat kohesif dan cenderung mengembang jika dalam kondisi basah.

Tanah lempung dengan plastisitas tinggi tidak direkomendasikan menjadi material subgrade. Karenanya perlu dilakukan perbaikan, baik dengan cara mekanis maupun dengan cara kimiawi. Perbaikan tanah sering dilakukan dengan mencampur tanah lempung dengan material lain yang diharapkan akan bereaksi dengan mineral tanah lempung sehingga butiran tanah lempung menjadi lebih besar dan mengurangi sifat plastisnya. Material tambahan yang sering dipakai antara lain: kapur, semen, fly ash, abu sekam padi, juga material yang berserat (Murhandani, 2015). Tujuan dari perbaikan tanah adalah untuk memperbaiki sifat-sifat fisis serta meningkatkan daya dukung tanah, sehingga bisa digunakan sebagai subgrade atau tanah dasar suatu bangunan (Cahyanti, 2014).

Hisyam (2013) melakukan penelitian berjudul Pemanfaatan serat karung plastik untuk perkuatan tanah dengan tujuan mengetahui daya dukung tanah dengan menambahkan serat serabut plastik dengan ukuran serat 0,5 cm, 1 cm, 2 cm, dengan prosentase serat 0; 0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 dari berat kering tanah lempung. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kuat geser tanah terbesar diperoleh

pada ukuran serat 0,5 cm dengan kadar serat 2%. Kustriana (2017) melakukan penelitian stabilisasi tanah lempung di Desa Nambuhan, Purwodadi, Grobogan dengan ditambah material mill. Prosentase mill yang dipakai adalah 3%, 6%, 9% dan 12% dengan perawatan 0 dan 4 hari. Penggunaan mill ternyata tidak mampu memperbaiki sifat fisis dan sifat mekanis terutama daya dukung tanah lempung di desa Nambuhan, Kecamatan Purwodadi, Kabupaten Grobogan.

Penelitian ini dilakukan berdasarkan pengamatan struktur jalan di daerah Kedung Banteng, Nguter, Kabupaten Wonogiri yang banyak mengalami kerusakan, ditandai banyaknya jalan yang bergelombang, yang menjadi identifikasi awal bahwa subgrade mengalami kembang susut yang tinggi. Tanah di lokasi termasuk jenis tanah lempung yang kurang baik untuk dasar struktur bangunan karena mempunyai plastisitas tinggi, oleh sebab itu perlu dilakukan perbaikan tanah untuk memperbaiki sifat fisis dan mekanisnya. Penelitian ini dilakukan dengan mencampur serat serabut kelapa dengan tanah lempung di daerah Nguter, Wonogiri dengan prosentase yang bervariasi untuk mendapatkan sifat fisis dan sifat mekanis yang lebih baik

Tanah lempung

Tanah lempung merupakan jenis tanah berbutir halus dengan diameter kurang dari 0,002 mm yang terdiri dari beberapa unsur seperti silikon, oksigen, dan aluminium yang banyak dijumpai di seluruh wilayah Indonesia. Sebagai bahan konstruksi bangunan seperti subgrade jalan, tanah lempung harus terhindar dari sifat-sifat plastis yang menyebabkan kembang susut yang tidak terkendali yang diakibatkan oleh dominannya kandungan mineral tanah lempung yang bernama montmorillonite (Hardiyatmo, 2007).

Tanah lempung cenderung akan menggumpal dengan keras ketika berada dalam kondisi kering, butiran akan saling melekat karena adanya kohesi yang tinggi. Saat terkena air tanah lempung akan mengalami proses pengembangan yang signifikan. Sehingga banyak dijumpai struktur jalan di atasnya mengalami kerusakan karena perbedaan volume yang sangat besar ketika mengembang dan menyusut. Dari segi mineral (bukan ukurannya), yang disebut tanah lempung (dan mineral lempung) ialah yang mempunyai partikel-partikel tertentu yang “menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air” (Grim, dalam DAS 1995).

Serabut kelapa

Buah kelapa merupakan bagian dari pohon kelapa yang banyak terdapat di negara-negara tropis di seluruh dunia. Salah satu bagian dari buah kelapa adalah kulit selimut yang berserat yang disebut serabut kelapa, yang sering dipakai sebagai bahan kerajinan rumah tangga dan juga sebagai bahan bakar. Serabut kelapa kaya akan serat yang belum banyak digunakan dalam bidang konstruksi. Masyarakat tradisional banyak menggunakan serabut kelapa yang diolah menjadi tali dan bahan rumah tangga lainnya. Nilai ekonomis serabut kelapa sangat baik karena merupakan bahan limbah yang bisa didapatkan dalam volume yang besar dengan harga yang murah. Serabut kelapa jika diurai akan menghasilkan serat sabut (*cocofibre*). Namun produk inti dari serabut adalah serat serabut. Pemanfaatan sabut kelapa digunakan untuk campuran tanah sebagai pengikat kekuatan butiran terhadap uji CBR.

Pengujian CBR (California Bearing Ratio)

Metode pengujian ini dikembangkan oleh *California state Highway Department* sebagai cara untuk melakukan assessment daya dukung tanah. Data hasil uji CBR akan digunakan sebagai data dalam desain lapisan perkerasan jalan Wesley (1997). *Subgrade* atau tanah dasar yang digunakan sebagai pondasi jalan raya bisa diambil dari tanah asli di lokasi atau juga dari sumber lain yang ditimbun di lokasi proyek. Tanah timbunan harus dipadatkan di lapangan sampai mencapai paling tidak 95% kepadatan maksimum hasil uji proctor di laboratorium. Pengujian CBR bisa dilakukan di lapangan atau di laboratorium. Pengujian CBR di laboratorium bisa dilakukan dengan metode rendaman (*Soaked laboratory CBR/ soaked design CBR*) dan CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked laboratory CBR/ unsoaked design CBR*). CBR yang direndam sebagai model yang mendekati kondisi di lapangan ketika tanah dasar tergenang air, sehingga kuat dukung akan berada pada nilai terendah.

Penelitian ini menggunakan CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked laboratory CBR/ unsoaked design CBR*) dengan stabilisasi serat sabut kelapa. Terdapat dua macam perhitungan nilai CBR :

Penetrasi 0,1” :

$$\text{CBR (\%)} = \frac{P1}{3 \times 1000} \times 100\% \quad (1)$$

Penetrasi 0,2” :

$$\text{CBR (\%)} = \frac{P2}{3 \times 1500} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan : P1 = Tekanan pada penetrasi 0,1 inchi (%)
P2 = Tekanan pada penetrasi 0,2 inchi (%)

METODE

Sampel tanah yang diambil dari lokasi penelitian berupa tanah lempung kering udara dengan kondisi terganggu (*disturbed*) yang di ambil dengan alat manual pada kedalaman ± 30 cm dari muka tanah di Desa Kedungbanteng, kecamatan Nguter, Kabupaten Wonogiri. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Serat serabut kelapa tua yang diambil dari industri kelapa di Pasar Kartasura. Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu :

Tahap pertama, berupa melakukan kompilasi literature yang mempunyai kesamaan topik dengan memperhatikan aspek novelty, kemudian dilanjutkan persiapan bahan utama berupa tanah lempung dari Nguter, Kabupaten Wonogiri dan serat serabut kelapa yang diambil dari industri kelapa yang berada di pasar kartasura, serta persiapan alat-alat pengujian di laboratorium. Tanah lempung kondisi kering udara diayak dan lolos saringan No.4. Serat serabut kelapa sebelum dilakukan pengujian diangin-anginkan terlebih dahulu agar mendapatkan hasil kering udara.

Tahap kedua, dilakukan pengujian sifat fisis tanah asli dan tanah yang bercampur serat serabut kelapa dengan presentase campuran 0%, 1%, 2%, 3% dengan ukuran ± 1 cm, yang meliputi: uji kadar air, berat jenis, batas-batas *atteberg*, dan analisa ukuran butiran. Selanjutnya melakukan uji sifat mekanis tanah asli dan tanah yang bercampur serat serabut kelapa dengan presentase campuran 1% ,2%, 3% dari berat sempel tanah. Uji mekanis berupa pemadatan denga *standard proctor* untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan maksimum yang digunakan untuk pedoman uji mekanis selanjutnya yaitu pembuatan benda uji CBR.

Tahap ketiga, pengujian CBR, dengan membuat benda uji tanah asli dan tanah campuran lempung dengan serat serabut kelapa dengan presentase 1%, 2%, 3%. Tanah asli dan campuran dipadatkan dengan 3 variasi tumbukan, yaitu 10 tumbukan, 35 tumbukan, 65 tumbukan. Setelah benda uji selesai dipadatkan, maka pengujian CBR bisa dilakukan.

Tahap keempat, berupa pengolahan data dan analisis hasil serta pembahasan. Kemudian kesimpulan bisa didapatkan setelah pembahasan diselesaikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Sifat Fisis Tanah Asli

Berdasarkan Tabel 1 didapat parameter sifat fisis tanah sebagai berikut: kadar air = 15.945%, *specific grafity* (Gs) = 2.682, batas cair (LL) = 53%, batas plastis (PL) = 18.302%, batas susut (SL) = 17.926%, indeks plastisitas (PI) = 34.698%. Maka tanah di daerah Desa Kedung Banteng, Kecamatan Nguter, Kabupaten Wonogiri dikategorikan sebagai tanah lempung dengan plastisitas tinggi.

Tabel 1. Hasil uji sifat fisis tanah asli

| No | Jenis Pengujian | Nilai |
|----|-----------------------|--------|
| 1 | Kadar Air (%) | 11,723 |
| 2 | Berat Jenis (Gs) | 2,682 |
| 3 | Batas Cair (%) | 55,0 |
| 4 | Batas Plastis (%) | 18,302 |
| 5 | Batas Susut (%) | 17,926 |
| 6 | Indeks Plastis (%) | 36,698 |
| 7 | Lolos Saringan No.200 | 81,00 |
| 8 | Indeks Kelompok | 0 |
| 9 | AASHTO | A-7-5 |
| 10 | USCS | CH |

Sifat Fisis Tanah Campuran**Tabel 2. Hasil uji sifat fisis tanah campuran**

| No | Jenis Pengujian | 0% | 1% | 2% | 3% |
|----|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Kadar Air (%) | 11,723 | 12,110 | 12,410 | 12,717 |
| 2 | Berat Jenis (Gs) | 2,682 | 2,391 | 2,298 | 2,036 |
| 3 | Batas Cair (%) | 55,0 | 43,00 | 41,00 | 40,00 |
| 4 | Batas Plastis (%) | 18,302 | 20,063 | 22,964 | 25,799 |
| 5 | Batas Susut (%) | 17,926 | 16,651 | 12,084 | 11,496 |
| 6 | Indeks Plastis (%) | 36,698 | 22,937 | 18,036 | 14,201 |
| 7 | Lolos Saringan No.200 | 81,00 | 63,00 | 62,00 | 60,00 |
| 8 | Indeks Kelompok | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | AASHTO | A-7-5 | A-7-5 | A-7-5 | A-7-5 |
| 10 | USCS | CH | CL | CL | CL |

Tanah lempung dalam kondisi kering udara diuji kadar air tanahnya. Kemudian tanah asli dioven selama 24 jam sebelum dilakukan pengujian. Berdasarkan nilai kadar air tanah asli sebesar 11,723% dan mengalami kenaikan seiring bertambahnya presentase. Hal ini menunjukkan bahwa serat serabut kelapa mempunyai sifat menyerap air. Sehingga kadar airnya naik seiring bertambahnya presentase serat kelapa dan dimungkinkan semakin banyak presentase serat serabut kelapa memungkinkan menyerap air lebih banyak. Dari hasil pengujian didapat (*specific gravity*) berat jenis tanah asli sebesar 2,682 merupakan berat jenis tertinggi. Seiring bertambahnya presentase serat serabut kelapa, berat jenis tanah campuran cenderung turun. Nilai berat jenis terendah sebesar 2,036 pada presentase campuran serat serabut kelapa 3%. Hal ini terjadi karena serat serabut kelapa memiliki nilai berat jenis yang lebih kecil dari berat jenis tanah asli. Sehingga berdampak pada berat jenis tanah asli yang berkurang seiring bertambahnya presentase campuran.

Dari hasil pengujian batas cair (LL) cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya presentase serat serabut kelapa. Batas cair (LL) terbesar terjadi pada tanah asli sebesar 55%, sedangkan penurunan terkecilnya berada pada penambahan serat serabut kelapa 3% yaitu sebesar 40%. Batas cair mengalami penurunan dikarenakan sebagian besar tanah terikat pada serat serabut kelapa yang mengakibatkan tanah lebih menyatu dan tidak mudah begeser. Bertambahnya presentase serat serabut kelapa berakibat menurunnya nilai batas cair tanah lempung. Pengujian batas plastis (PL) pada tanah asli sebesar 18,302%. Berdasarkan hasil pengujian tanah campuran nilai batas plastis mengalami kenaikan seiring bertambahnya presentase serat serabut kelapa. Nilai batas plastis terbesar terdapat pada tanah campuran 3% yaitu sebesar 25,799%. Hal ini dikarenakan penambahan serat serabut kelapa mengakibatkan butiran tanah semakin tidak melekat atau cenderung bersifat lepas. Jadi semakin bertambah presentase serat serabut kelapa, batas plastis mengalami penurunan. Hasil pengujian nilai

batas susut tanah asli sebesar 17,926%, dengan seiring bertambahnya presentase serat serabut kelapa nilai batas susut menjadi menurun. Batas susut terbesar berada pada tanah asli yaitu sebesar 17,926% dan nilai batas susut terkecil terjadi pada tanah campuran 3% yaitu sebesar 11,496%. Penurunan batas susut dikarenakan ketika tanah dan serat serabut kelapa bercampur dengan air maka akan memperkecil luas spesifik butiran-butiran tersebut, sehingga tidak akan berpengaruh oleh perubahan kadar air.

Nilai indeks plastisitas didapatkan dari selisih antara batas plastis dengan batas cair. Penambahan presentase serat serabut kelapa dengan tanah asli menyebabkan nilai batas cair mengalami penurunan dan batas plastis mengalami kenaikan. Sehingga berpengaruh pada indeks plastisitas (PI) yang semakin menurun. Jika indeks plastisitas mengalami penurunan maka mengurangi potensi terjadinya pengembangan terhadap tanah. Berdasarkan hasil nilai PI pada tanah asli sebesar 36,698% yang merupakan nilai PI terbesar. Nilai PI terkecil terjadi pada penambahan presentase serat serabut kelapa 3% yaitu sebesar 14,201%.

Fraksi tanah yang lolos saringan No. 200 pada tanah asli mengalami penurunan, yang semula 81% menjadi 60% seiring penambahan presentase serat serabut kelapa 3%. Hal ini terjadi karena proses pencampuran tanah dengan serat serabut kelapa menjadikan serat serabut kelapa tidak lolos saringan No. 200. Tanah asli diklasifikasikan sebagai tanah lempung dengan plastisitas tinggi (CH) menurut sistem USCS. Sedangkan tanah asli setelah dicampur serta serat serabut kelapa 1%, 2%, 3% dikategorikan sebagai tanah dengan symbol CL dengan deskripsi tanah lempung plastisitas rendah. Berarti dengan system USCS, penambahan serta serat serabut kelapa memperbaiki klasifikasi tanah. Menurut system AASHTO, tanah asli bisa diklasifikasikan sebagai tanah lempung sebagai material subgrade yang buruk dengan symbol A-7-5. Dengan system klasifikasi yang sama, tanah campuran tidak mengubah symbol tanahnya.

Sifat Mekanis

Uji Pemadatan (Standard Proctor)

Tabel 4. Hasil uji standard proctor pada tanah asli dan campuran

| No. | Pengujian(Standard Proctor) | Presentase Campuran Serat Serabut Kelapa | | | |
|-----|---------------------------------------|--|------|------|------|
| | | 0% | 1% | 2% | 3% |
| 1 | Wopt (%) | 25 | 26 | 28 | 28 |
| 2 | γ_{dmax} (gr/cm ³) | 1,28 | 1,32 | 1,33 | 1,33 |

Tabel 4 menunjukkan bahwa pada saat penambahan presentase serat serabut kelapa 1% yaitu sebesar 26% mengalami kenaikan seiring bertambahnya presentase serat serabut kelapa hingga penambahan serat serabut kelapa 3% yaitu sebesar 28%. Kadar air optimum tanah asli sebesar 25%. Hal ini disebabkan karena serat serabut kelapa memiliki sifat menyerap air, sehingga semakin banyak campuran serat serabut kelapa maka nilai kadar airnya akan semakin turun. Seiring bertambahnya persentase serat serabut kelapa menyebabkan meningkatnya berat volume kering. Berat volume kering tanah asli sebesar 1,28 gr/cm³ dan pada penambahan persentase serat serabut kelapa 3% sebesar 1,33 gr/cm³.

Uji CBR (California Bearing Ratio)

Tabel 5 menunjukkan bahwa tanah asli dan tanah campuran serat serabut kelapa semakin banyak tumbukan nilai CBR semakin naik dikarenakan tanah semakin padat. Nilai CBR tanah asli kurang dari 3% berarti termasuk tanah jelek dan harus dilakukan pemadatan kembali untuk mendapatkan nilai CBR yang bagus. Sedangkan tanah dengan campuran serat serabut kelapa nilai CBRnya 5% - 15% berarti kekuatan tanahnya bagus dan tidak diperlukan lagi pemadatan normal kecuali untuk lalu lintas berat.

Tabel 5. Hasil pengujian CBR *Unsoaked* pada tanah asli dan campuran

| Banyaknya Tumbukan | Presentase Campuran | Kode Sampel | Nilai CBR (%) |
|--------------------|---------------------|-------------|---------------|
| 10 kali tumbukan | 0% | 0A | 1,9 |
| | 1% | 1A | 8,4 |
| | 2% | 2A | 10 |
| | 3% | 3A | 12 |
| 35 kali tumbukan | 0% | 0A | 2 |
| | 1% | 1A | 9,6 |
| | 2% | 2A | 11,3 |
| | 3% | 3A | 13,8 |
| 65 kali tumbukan | 0% | 0A | 3 |
| | 1% | 1A | 11,1 |
| | 2% | 2A | 12,6 |
| | 3% | 3A | 14,2 |

KESIMPULAN

Berdasarkan data pengujian dan pengamatan yang dilakukan dilaboratorium disimpulkan sebagai berikut :

1. Dengan sistem USCS tanah asli diklasifikasikan sebagai kelompok CH. Tanah campuran serat serabut kelapa 1%, 2%, 3% dengan klasifikasi CL, memiliki kadar air dan batas plastis yang semakin naik dan untuk berat jenis (*specific gravity*), batas cair, batas susut, indeks plastis serta lolos saringan 200 dengan semakin bertambahnya presentase serat serabut kelapa semakin menurun. Tanah asli dan campuran dikategorikan kelompok A-7-5 dengan menggunakan system AASHTO.
2. Pengujian pemadatan tanah menggunakan *standard proctor* dengan campuran serat serabut kelapa 0%, 1%, 2%, 3%. menunjukkan semakin banyak presentase serat serabut kelapa nilai kadar air optimum dan berat volume tanah kering akan semakin naik. Berat volume kering tanah maksimum dan kadar air optimum tertinggi terdapat pada tanah dengan campuran serat serabut kelapa tua 3%. Hal tersebut dikarenakan serat serabut kelapa mempunyai sifat menyerap air sehingga nilai kadar air yang campuran serat serabut kelapanya 0% termasuk paling rendah.
3. Berdasarkan hasil pengujian CBR tanah asli dan tanah campuran serat serabut kelapa 1%, 2%, 3% dan diberikan tumbukan setiap penambahan serat serabut kelapa sebesar 10, 35, 65 tumbukan. hasil yang didapat semakin banyak tumbukan nilai CBR akan semakin naik di sebabkan karena tanah semakin padat. Nilai CBR tanah asli kurang dari 3% berarti termasuk tanah jelek dan harus dilakukan pemadatan kembali untuk mendapatkan nilai CBR yang bagus. Sedangkan tanah dengan campuran serat serabut kelapa nilai CBRnya 5% - 15% berarti kekuatan tanahnya bagus dan tidak diperlukan lagi pemadatan normal kecuali untuk lalu lintas berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles J.E.,1991, Sifat-Sifat Fisis Tanah dan Geoteknik Tanah, Erlangga, Jakarta.
- Craig, R.F. 1994. Mekanika Tanah edisi keempat, Erlangga, Jakarta.
- Das,B.M, 1995, Principles of Geoteknik Engineering, PWS Publisher, Boston.
- Hairulla, Paresa J, Cahyanti A,T,W. 2014. Pemanfaatan Limbah beton Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Ekspansif Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Guna Perkuatan Jalan Lingkungan di Kampung Distrik Sota Perbatasan Republik Indonesia-Papua New Guinea. Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha, Vol.3, No.3, ISSN.2089-6697.
- Hardiyatmo, H.C..2002, Mekanika Tanah I, Gadjah Mada University Pers, Yogyakarta.
- Hardiyatmo,H.C.,2007. Mekanika Tanah II, Gadjah Mada University Pers. Yogyakarta.

- Murhandani,U.W.,2015, Stabilisasi Kapur Terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung dengan Perawatan 3 Hari”, (Studi Khusus Subgrade Jalan Raya Tanon, Sragen), Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Mukarromah, Kustriana, 2017, Pemanfaatan Mill Sebagai Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai CBR Tanah Lempung Desa Nmbunan, Purwodadi, Grobogan, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rasuma, Wahyu Tri Nurvianto (2017), Pemanfaatan Limbah Beton Guna Meningkatkan Daya Dukung Tanah Lempung Daerah Sukodono, Kabupaten Sragen, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Soedarmo,G.D., 1997, Mekanika Tanah 2, Kanisius, Yogyakarta.
- Sudjianto, 2007, Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Garam Dapur, Jurnal Teknik Sipil, Vol.8 No. 1:53-63.
- Wesley, L, D., 2012. Mekanika Tanah (untuk tanah endapan dan residu), Andi, Yogyakarta.
- Wiqoyah,Q., 2007, Pengaruh Tras Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Lempung, Jurnal Teknik Sipil, Vol 7 No.2 :147-153