

PERBANDINGAN NILAI DAYA DUKUNG TANAH DASAR BADAN JALAN YANG DISTABILISASI SEMEN DAN ABU SEKAM PADI

Ratna Yuniarti

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram
Jl. Majapahit 62 Mataram 83125 Lombok NTB Telp. 0370 636126
e-mail: ratna_yuniarti@yahoo.com

I Gusti Ayu Suarini

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram

Ismawati

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram

Abstract

Strength and durability of road pavement depend on engineering properties of subgrade. However, soils used as subgrade may not satisfy the required quality. Expansive clayey soils can pose problems and cause pavement failure. A research about characteristic of soil stabilized with cement and rice husk ash was conducted to overcome these problems. This paper intends to compare bearing capacity of soft subgrade soil stabilized with cement and rice husk ash. The effectiveness of cement and rice husk ash in improving the engineering properties of soil can be directly compared since the sample of soil was collected from the same location and treated with the same treatment. By adding cement and rice husk ash, the bearing capacity of clayey soil increased significantly. For soil stabilized with cement, the soaked CBR was higher than that of the unsoaked. Opposite phenomenon occurred in soil stabilized with rice husk ash, as its bearing capacity reduced after soaking in the water. Therefore moisture change during design life of road pavement should be anticipated such as using appropriate drainage system.

Key words : CBR, cement, rice husk ash, subgrade.

PENDAHULUAN

Jalan raya memegang peranan yang sangat penting untuk memperlancar arus barang, jasa dan mempercepat komunikasi antar wilayah. Agar jalan raya dapat berfungsi sesuai dengan harapan, perlu diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi fungsi pelayanan konstruksi tersebut, antara lain sifat tanah dasar dimana perkerasan jalan diletakkan di atasnya.

Kondisi tanah di lapangan tidak selalu sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan. Ada kalanya tanah dasar badan jalan merupakan tanah lempung ekspansif yang mempunyai sifat kembang susut yang sangat tinggi akibat perubahan kadar airnya. Hal ini disebabkan partikel tanah lempung ekspansif didominasi oleh butiran halus serta mengandung mineral lempung yang mudah menyerap air. Tanah lempung ekspansif merupakan tanah dasar yang kurang baik dalam mendukung konstruksi di atasnya karena berpotensi mengalami kegagalan misalnya retak-retak, bergelombang, amblas, dan sebagainya.

Menurut Sukirman (1995), tanah dasar adalah lapisan tanah setebal 50 – 100 cm di atas mana akan diletakkan lapis pondasi bawah konstruksi jalan raya. Fungsi tanah dasar adalah menerima

tekanan akibat beban lalu lintas yang ada di atasnya sehingga tanah dasar harus mempunyai kapasitas dukung yang optimal agar mampu menerima gaya akibat beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan atau kerusakan yang berarti.

Tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan bahan tambah (*additive*). Apabila tanah dasar merupakan tanah lempung yang mempunyai daya dukung yang rendah akan menyebabkan ketidakstabilan jalan tersebut.

Tanah lempung adalah agregat mineral kristalin berbentuk serpih berukuran mikroskopis dan semi mikroskopis. Tanah lempung termasuk dalam klasifikasi tanah berbutir halus dengan ukuran butiran lebih kecil dari 0,002 mm. Lempung mempunyai ciri khas dan sifat-sifat koloid seperti plastisitas, kohesi, dan kemampuan mengabsorpsi pada kisaran air yang besar. Kohesi adalah sifat bahan yang bagian-bagiannya melekat satu sama lain sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu berubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk

aslinya, dan tanpa terjadi retak-retak atau pecah (Wesley, 1977).

Menurut Chen (1975) mineral lempung terdiri dari 3 komponen utama yaitu *montmorillonite*, *illite*, dan *kaolinite*. Diantara ketiga mineral ini, *montmorillonite* adalah mineral paling halus sehingga mempunyai permukaan paling besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah banyak, sehingga sangat mudah mengembang dan menimbulkan permasalahan.

Usaha-usaha untuk memperbaiki sifat kembang susut pada tanah lempung ekspansif dilakukan antara lain dengan metode stabilisasi tanah. Stabilisasi ini dapat dilakukan dengan mencampurkan tanah dengan bahan-bahan lain untuk memperbaiki sifat tanah itu sendiri. Pada proses stabilisasi tanah, dilakukan pencampuran antara tanah dengan semen, kapur, abu terbang dan lain-lain kemudian ditambahkan dengan air lalu dipadatkan.

Semen yang bercampur dengan tanah mengakibatkan terjadinya proses pertukaran kation alkali (Na^+ dan K^+) dari tanah digantikan oleh kation dari semen sehingga ukuran butiran lempung bertambah besar (*flokulasi*). Selain proses flokulasi yang terjadi dalam stabilisasi tanah, terjadi pula proses pozzolan, proses hidrasi, dan proses sementasi. Proses pozzolan terjadi antara kalsium hidroksida dari tanah bereaksi dengan silikat (SiO_2) dan aluminat (Al_2O_3) dari semen membentuk material pengikat yang terdiri dari kalsium silikat atau aluminat silikat. Reaksi dari ion Ca^{2+} dengan silikat dan aluminat dari permukaan partikel lempung membentuk pasta semen (*hydrated gel*) sehingga mengikat partikel-partikel tanah. Proses sementasi dapat juga terjadi karena sifat semen bila bercampur dengan air yang sesuai akan menjadi pozzolan / sementasi. Dampak dari perbaikan sifat tanah ini tidak hanya membantu proses pelaksanaan pekerjaan konstruksi, tetapi juga memberikan dampak positif terhadap kinerja struktur perkerasan.

Bahan lain yang dapat dipakai pada proses stabilisasi adalah abu sekam padi. Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung dimungkinkan karena material ini banyak mengandung unsur silikat (SiO_2) dan aluminat (Al_2O_3), sehingga dikategorikan sebagai pozzolan. Menurut penelitian Muntohar dan Hantoro (2000), penambahan kapur dan abu sekam padi pada tanah lempung ternyata dapat mengurangi kemampuan mengembangnya tanah lempung ekspansif. Indeks plastisitas akan

berkurang dari 41,2% menjadi 0,96% jika ditambahkan campuran kapur dan abu sekam padi (*Lime and Rice Husk Ash*) sebanyak 12 - 12,5%. Potensi pengembangan juga berkurang dari 19,23% menjadi 0,019%. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa penambahan LRHA pada tanah lempung dapat menurunkan indeks plastisitas dan potensi pengembangan, sehingga dapat memperbaiki karakteristik tanah lempung.

Nilai daya dukung tanah untuk perencanaan konstruksi perkerasan jalan raya dapat ditentukan antara lain dengan metode *California Bearing Ratio* (CBR). Nilai CBR adalah bilangan perbandingan antara tekanan yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston berpenampang bulat seluas 3 inch² (19,35 cm²) dengan kecepatan penetrasi 0,05 inch / menit terhadap tekanan yang diperlukan untuk menembus suatu bahan standar tertentu. Nilai CBR dinyatakan dalam persen.

Nilai CBR merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam perhitungan struktur perkerasan jalan raya. Semakin besar nilai CBR, semakin besar pula daya dukung tanah dasar sehingga untuk beban lalu lintas yang sama akan membutuhkan ketebalan perkerasan yang lebih tipis. Ditinjau dari sisi finansial, pengurangan ketebalan perkerasan akan berdampak pada penghematan biaya konstruksi jalan.

Studi ini bertujuan untuk membandingkan nilai daya dukung tanah dasar badan jalan yang distabilisasi dengan semen dan abu sekam padi. Dipilihnya abu sekam padi karena bahan ini mengandung bahan pozzolan yaitu silikat dalam jumlah yang banyak serta merupakan limbah pertanian yang mudah didapatkan di Pulau Lombok. Dengan menggunakan bahan stabilisasi yang lebih optimum dalam meningkatkan daya dukung tanah dasar, diharapkan potensi kegagalan konstruksi jalan akan dapat dikurangi.

METODE

Sampel tanah yang dipakai untuk melakukan studi ini diambil dari desa Tanak Awu Kecamatan Penujak Kabupaten Lombok Tengah, sedangkan semen yang digunakan adalah semen dengan merk dagang Tiga Roda. Penambahan semen dan abu sekam padi yang dikaji pada penelitian ini adalah sebesar 10% terhadap berat tanah. Efektifitas bahan-bahan *additive* tadi dalam memperbaiki sifat tanah dasar dapat langsung dibandingkan karena sampel tanah yang digunakan berasal dari lokasi yang sama dan mendapatkan perlakuan yang sama pula misalnya

metode pemadatan, waktu pemeraman, waktu perawatan, dan sebagainya.

Penelitian yang dilakukan terdiri dari pengujian sifat-sifat fisik dan mekanis tanah yang meliputi gradasi, berat jenis, batas cair, batas plastis, kadar air optimum dan tingkat kepadatan maksimum. Pengujian CBR laboratorium dilakukan pada sampel tanah tanpa rendaman dan dengan rendaman.

Pengujian gradasi sesuai dengan prosedur AASHTO T-27-82 (*American Association of State Highway and Transportation Officials*, 1982). Adapun pengujian berat jenis mengikuti prosedur AASHTO T-100-74 atau ASTM D-854-5 (*American Society for Testing and Materials*, 1991). Pengujian batas cair mengikuti prosedur AASHTO T-89-81 dan pengujian batas plastis mengikuti prosedur AASHTO T-90-81. Percobaan pemadatan dilakukan berdasarkan prosedur AASHTO T-180-74, sedangkan pengujian CBR mengikuti prosedur ASTM D 1883-87.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Tanah Sebelum Distabilisasi

Berdasarkan pengamatan secara visual, tanah lempung Tanak Awu memiliki warna kehitaman pada saat basah sedangkan pada saat kering berwarna abu-abu kehitaman. Dari hasil pemeriksaan kadar air, sampel tanah memiliki kadar air awal = 49,87%. Berdasarkan hasil uji *specific gravity*, diketahui bahwa berat jenis tanah sebesar 2,70. Pengujian batas-batas Atterberg menunjukkan bahwa sampel tanah memiliki batas cair (*Liquid Limit*) = 129,40% dan batas plastis (*Plastic Limit*) = 45,3%. Batas cair yang lebih besar dari 100% merupakan salah satu ciri umum yang dimiliki oleh jenis tanah lempung ekspansif. Indeks plastisitas (*Plasticity Index*) = 84,1% diperoleh dari selisih antara batas cair dan batas plastis. Nilai $PI > 17\%$ termasuk kategori plastisitas tinggi, umumnya dimiliki oleh tanah lempung yang bersifat kohesif (Hardiyatmo, 1992).

Pengujian distribusi ukuran butiran dilakukan untuk mengetahui klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butirnya. Dari hasil pengujian ini, diperoleh butiran pasir = 15,17%, lempung = 42,57%, lanau = 42,26% sehingga butiran yang lolos dari saringan nomor 200 adalah sebesar 84,83%. Hal ini menunjukkan bahwa prosentase butiran halus sangat dominan. Menurut *Unified Soil Classification System*, tanah ini termasuk dalam kelas CH yaitu lempung tak organik

dengan plastisitas tinggi, sedangkan menurut AASHTO tanah ini termasuk dalam tipe tanah berlempung dengan penilaian sedang sampai buruk. Hal ini dikarenakan butiran sampel tanah lolos saringan nomor 200 $> 35\%$, $LL > 41\%$ dan memiliki $PI > 11\%$.

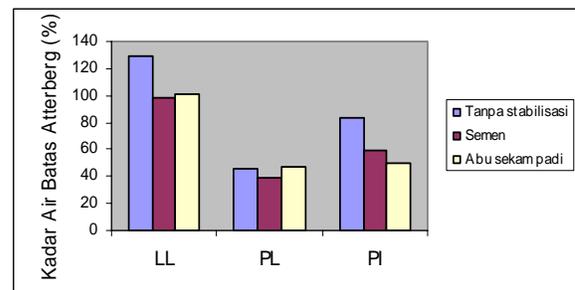
Dari hasil uji pemadatan dengan pemadatan Proctor standar diperoleh nilai berat volume kering maksimum $\gamma_{d\text{maks}}$ sebesar 1,165 gr/cm^3 dan kadar air optimum sebesar 37,5%. Parameter kepadatan ini yang digunakan untuk membuat sampel tanah yang diujikan nilai daya dukungnya.

Untuk menguji besarnya nilai daya dukung tanah, sampel diperam selama 24 jam dan dilakukan perawatan (*curing*) selama 3 hari. Pengujian CBR dilakukan 2 macam yaitu tanpa rendaman (*unsoaked*) dan dengan rendaman (*soaked*). Perendaman dilakukan selama 4 hari untuk mengantisipasi kemungkinan terburuk yang dapat terjadi pada konstruksi jalan yaitu perkerasan jalan tersebut terendam air selama 4 hari berturut-turut.

Berdasarkan pengujian CBR, diperoleh nilai CBR tanpa rendaman sebesar 5,94% (atas) dan 6,23% (bawah). Adapun CBR dengan rendaman, diperoleh nilai 2,77% (bawah) dan 3,55% (atas). Penetrasi yang dilakukan pada bagian bawah mould menghasilkan nilai CBR yang lebih besar dari bagian atasnya karena pemadatan dilakukan sebanyak 3 lapis dan bagian bawah mould menerima tumbukan yang lebih sering sehingga kondisinya lebih padat.

Pengaruh Stabilisasi Semen dan Abu Sekam Padi Terhadap Batas Konsistensi

Walaupun batas-batas konsistensi tidak secara langsung memberi angka-angka yang dapat dipakai dalam perhitungan, tetapi batas-batas Atterberg dapat memberikan gambaran akan sifat-sifat tanah yang bersangkutan. Pengaruh penambahan semen dan abu sekam padi terhadap sifat-sifat tanah lempung Tanak Awu disajikan pada Gambar 1.



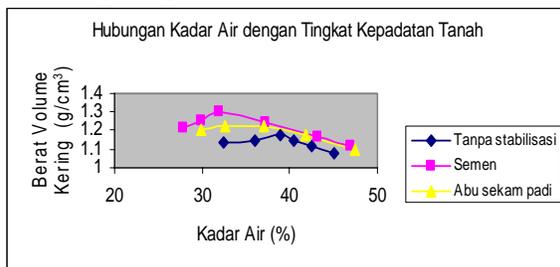
Gambar 1. Pengaruh Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi Terhadap Batas Konsistensi

Berdasarkan Gambar 1, diketahui bahwa pemberian semen dan abu sekam padi telah menurunkan nilai PI tanah Tanak Awu dari 84,1% menjadi 59,41% dan 50,18%. Penurunan nilai PI tersebut dapat mengurangi potensi pengembangan dan penyusutan dari tanah yang bersangkutan. Hal ini disebabkan terutama oleh proses hidrasi dari semen yang ditambahkan ke tanah. Proses ini memperkuat ikatan antara partikel-partikel tanah, sehingga terbentuk butiran yang lebih keras dan stabil. Terisinya pori-pori tanah memperkecil terjadinya rembesan pada campuran tanah-semen tersebut yang berdampak pada berkurangnya potensi kembang susut. Di samping reaksi sementasi, pertukaran kation pada partikel-partikel lempung membuat ukuran partikel menjadi bertambah besar dan mengurangi plastisitas tanah yang bersangkutan.

Phenomena yang sama juga terjadi pada pencampuran tanah dengan abu sekam padi. Silika dan alumina dari abu sekam padi bercampur dengan air membentuk pasta yang mengikat partikel lempung dan menutupi pori-pori tanah. Rongga-rongga pori yang dikelilingi bahan sementasi yang lebih sulit ditembus air akan membuat campuran tanah-abu sekam padi lebih tahan terhadap penyerapan air sehingga menurunkan sifat plastisitasnya.

Pengaruh Stabilisasi Semen dan Abu Sekam Padi Terhadap Kepadatan Tanah

Tingkat kepadatan tanah diukur dari berat volume keringnya. Semakin besar berat volume kering, semakin kecil angka pori dan lebih tinggi derajat kepadatannya. Pengaruh penambahan semen dan abu sekam padi terhadap kepadatan tanah Tanak Awu disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi Terhadap Kepadatan Tanah

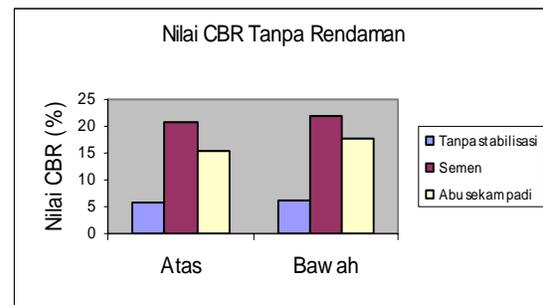
Gambar 2 menunjukkan bahwa pemberian semen dan abu sekam padi sebagai bahan campuran dapat meningkatkan berat volume kering tanah dan menurunkan kadar air optimum. Hal ini

disebabkan semen dan abu sekam padi mengisi rongga pori tanah, yang pada kondisi tanah asli, rongga pori tersebut terisi oleh air dan udara. Akibat adanya semen dan abu sekam padi dalam rongga pori tanah ini, prosentase air yang dikandung tanah menjadi berkurang. Peningkatan jumlah partikel padat pada tanah berdampak pada peningkatan berat volume keringnya dibandingkan pada kondisi tanah asli.

Berdasarkan Gambar 2, penambahan semen dan abu sekam padi telah meningkatkan berat volume tanah kering maksimum ($\gamma_{d_{maks}}$) masing-masing menjadi 1,282 g/cm³ dan 1,232 g/cm³. Kepadatan tanah Tanak Awu yang dicampurkan dengan semen lebih besar daripada tanah yang dicampurkan dengan abu sekam padi. Hal ini disebabkan oleh berat butiran semen lebih besar dari berat butiran abu sekam padi pada volume yang sama.

Pengaruh Stabilisasi Semen dan Abu Sekam Padi Terhadap Daya Dukung Tanah

Besarnya daya dukung tanah disajikan pada Gambar 3 berikut:



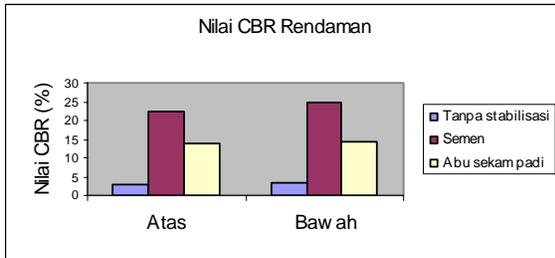
Gambar 3. Pengaruh Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi Terhadap Nilai CBR Tanpa Rendaman

Penambahan semen dan abu sekam padi telah meningkatkan nilai daya dukung tanah Tanak Awu secara signifikan. Reaksi sementasi yang terjadi pada campuran tanah-semen membentuk butiran baru yang lebih keras sehingga lebih kuat menahan beban yang diberikan. Di samping itu, terisinya rongga pori tanah menyebabkan sifat saling mengunci (*inter locking*) antara butir-butirnya semakin besar sehingga menghasilkan stabilitas yang lebih tinggi.

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, terlihat bahwa nilai daya dukung tanah mempunyai keterkaitan yang erat dengan tingkat kepadatannya. Campuran tanah-semen dengan berat volume kering maksimum 1,282 g/cm³ menghasilkan nilai CBR sebesar 20,83% (atas) dan 21,83% (bawah). Adapun stabilisasi tanah

dengan abu sekam padi yang mempunyai berat volume kering maksimum $1,232 \text{ g/cm}^3$ menghasilkan nilai CBR sebesar 15,29% (atas) dan 17,83% (bawah). Dengan demikian, semakin besar kepadatan, semakin tinggi daya dukung tanah dalam menahan beban.

Berikut disajikan pengaruh penambahan semen dan abu sekam padi terhadap nilai CBR rendaman.



Gambar 4. Pengaruh Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi Terhadap Nilai CBR Rendaman

Gambar 4 memperlihatkan bahwa nilai CBR tanah asli yang direndam lebih kecil dari nilai CBR tanah asli tanpa rendaman. Pada saat perendaman, mula-mula air hanya mengisi rongga pori, tetapi lama kelamaan, ukuran butiran tanah menjadi mengembang mencapai maksimum pada saat jenuh air. Pada saat ini, ikatan antara butir-butir tanah menjadi lemah sehingga daya dukungnya menjadi menurun.

Kondisi yang berbeda terjadi pada tanah yang distabilisasi dengan semen. Sebagaimana yang disebutkan sebelumnya, pencampuran tanah dengan semen dan air membentuk *hydrated gel* yang mengikat butiran. Proses tersebut memakan waktu beberapa hari, karena setelah perawatan (*curing time*) selama 3 hari, perendaman dalam air justru membantu proses hidrasi tadi. Hal ini mengakibatkan campuran tanah-semen menjadi semakin kuat yang kemudian meningkatkan nilai CBRnya.

Berbeda dengan campuran tanah-semen, nilai CBR pada tanah yang distabilisasi abu sekam padi setelah direndam selama 4 hari lebih kecil dari nilai CBR tanpa rendaman. Perendaman dalam air memperlemah ikatan antar butir tanah dan antar butir tanah dengan abu sekam padi. Pengembangan yang terjadi pada kondisi jenuh air membuat campuran tanah-abu sekam padi tidak sepadat semula yang berdampak pada menurunnya nilai daya dukung tanah.

Berdasarkan studi ini, diketahui bahwa tanah dasar badan jalan yang sering terendam air tidak cocok distabilisasi dengan abu sekam padi. Untuk mengantisipasi hal ini, perlu dilakukan upaya untuk mempertahankan kadar air sesuai dengan kadar air optimum, misalnya membuat lapis permukaan yang kedap air, memilih material bahu jalan yang cepat mengalirkan air, membuat ukuran drainase yang sesuai dengan intensitas curah hujan, dan sebagainya.

SIMPULAN

Menurut USCS, tanah Tanak Awu termasuk dalam kelas CH yaitu lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, sedangkan menurut AASHTO tanah ini termasuk tanah berlempung dengan penilaian sedang sampai buruk. Dengan batas cair yang lebih besar dari 100%, tanah Tanak Awu dapat dikategorikan sebagai lempung ekspansif.

Penambahan semen dan abu sekam padi telah meningkatkan nilai daya dukung tanah secara signifikan. Daya dukung tanah lempung yang distabilisasi semen setelah direndam dalam air lebih besar daripada nilai CBR tanpa rendaman. Hal yang sebaliknya terjadi pada tanah yang distabilisasi abu sekam padi, yaitu nilai CBR mengalami penurunan setelah sampel terendam dalam air.

Pemberian semen dan abu sekam padi telah menurunkan nilai indeks plastisitas tanah dari 84,1% menjadi 59,41% dan 50,18%. Penurunan nilai PI tersebut dapat mengurangi potensi pengembangan dan penyusutan tanah.

Dari hasil uji pemadatan dengan Proctor standar diperoleh nilai $\gamma_{d_{maks}} = 1,165 \text{ gr/cm}^3$ dan kadar air optimum sebesar 37,5%. Penambahan semen dan abu sekam padi yang mengisi rongga pori tanah telah meningkatkan $\gamma_{d_{maks}}$ masing-masing menjadi $1,282 \text{ g/cm}^3$ dan $1,232 \text{ g/cm}^3$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Ir. I Dewa Alit Karyawan, MT dan Bapak Agung Prabowo, ST. MT., atas saran-saran yang telah diberikan.

REFERENSI

American Association of State Highway and Transportation Officials, 1982, "AASHTO Material", Part I, Specification, Washington D.C.

American Society for Testing and Materials, 1991, "Annual Book of ASTM Standards", Sec. 4, Vol. 04.08. Philadelphia.

Chen, F. H., 1975, "Foundations on Expansive Soils", Elsevier Scientific Publishing Company, New York.

Hardiyatmo, H.C., 1992, "Mekanika Tanah I", Gajah Mada Universitas Press, Yogyakarta.

Muntohar, A.S. dan Hantoro, G., 2000, "Influence of Rice Husk Ash and Lime on Engineering

Properties of Clayey Subgrade", *Journal Paper, The Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, Volume 5.

Sukirman, S., 1995, "Perkerasan Lentur Jalan Raya", Penerbit Nova, Bandung.

Wesley L. D., 1977, "Mekanika Tanah", Penerbit Badan Pekerjaan Umum, Jakarta.