Jurnal PHH/*FPR Journal*
Vol. 1 No. 2 (1984) pp. 11 — 22

STABILISASI TANAH LIAT DENGAN KAPUR PADA KONSTRUKSI BADAN JALAN HUTAN DI PULAU LAUT

(Lime stabilization of clay soils in forest road subgrade construction in Pulau Laut)

Oleh/*by*

Rahardjo S. Suparto & S. Sutopo

Summary

Subgrade construction is an important part in forest road building. Subgrade soils with a high clay content could not be used satisfactorily as forest road construction material unless it is treated to increase its stability. The improvement of the physical characteristics of clay soils related to subgrade construction can be achieved by mixing lime of certain proportion into the soil. The purpose of this investigation is to determine the amount of lime required for subgrade stabili zation which have high clay content in Pulau Laut, South Kalimantan
The investigation reveals the following :

1. The efective amount of lime stabilization of soils is 7 percent of the dry weight of the soil, resulting in the following physical properties :
- *Bearing capacity is 167 kg/cm2 at air dry condition,*
- *Percent of swell is 2.3,*
- *Plasticity index is 25.5, and*
- *pH is 9.00.*

2. Stabilization with 7 percent lime is most effective for use in forest road subgrade containing about 66% clay.

1. PENDAHULUAN

Jalan hutan merupakan prasarana yang penting untuk melayani pengangkutan di areal pengusahaan hutan. Fungsi utamanya adalah untuk pengangkutan hasil hutan khususnya kayu, dari areal tebangan ke tempat-tempat penimbunan, pengolahan atau pemasaran.

Prasarana jalan dikatakan baik apabila fungsinya dapat dipertahankan dalam berbagai keadaan cuaca tanpa biaya yang berlebihan. Hal ini akan dapat dicapai apabila antara kekuatan badan jalan dan lapisan pengerasan ada korelasi yang baik. Dalam perancangannya kedua komponen tersebut saling menentukan berdasarkan nilai California Bearing Ratio (CBR) (HENNES & EKSE, 1969).

Tanah adalah bahan utama untuk konstruksi jalan, khususnya badan jalan. Bahan ini merupakan susunan partikel yang tidak sama dan biasanya proporsi masing masing partikel dipakai sebagai dasar klasifikasi jenisnya. Tiap tiap jenis tanah mempunyai sifat yang berbeda baik sifat fisis, mekanis maupun kimia, yang akan menentukan daya dukung konstruksi jalan.

Konstruksi badan jalan sangat ditentukan oleh sifat fisis tanah penyusunnya. Jenis tanah yang banyak mengandung butir halus seperti tanah liat, kurang menguntungkan untuk bahan konstruksi jalan. Jenis tanah yang mempunyai kandungan liat yang sangat tinggi tidak dapat digunakan sebagai bahan konstruksi jalan hutan (RIHKO HAARLAA, 1980), karena sifatnya tidak stabil. Apabila kering menjadi keras berbongkah, tetapi apabila basah mengembang dan pada kadar air jenuh berubah menjadi lumpur tanpa daya dukung sama sekali.

Pengusahaan hutan di Indonesia berkembang cukup pesat sejak tahun 1967, dan pada tahun 1980 mencapai ± 50 juta ha. Jaringan jalan yang sudah ada pada tahun 1977 tercatat 20.000 km (SILITONGA, 1978). Namun tidak semua jalan yang ada dapat berfungsi dengan baik, terutama pada musim penghujan, karena memang sebagian tidak diperkeras dengan kondisi tanah dan cuaca yang kurang menguntungkan.

Seperti pada areal hutan tropis basah pada umumnya, hutan tropis di Indonesia tanahnya sebagian besar berupa tanah liat dan iklimnya bercurah hujan cukup tinggi. Hal ini kurang disadari oleh banyak pengusaha hutan, sehingga pada musim hujan transportasi kayu terhambat.

Untuk memecahkan masalah sifat-sifat fisis tanah liat yang kurang menguntungkan sebagai bahan konstruksi, AHUJA & BIRDI (1975) memberikan satu metode stabilisasi dengan kapur, karena kapur membantu mengurangi penyusutan dan pengembangan tanah liat. SUPARTO (1971) mengemukakan bahwa metode ini sebenarnya telah lama digunakan di negara-negara Amerika dan Eropa misalnya Amerika Serikat, Austria dan bahkan di Asia sendiri misalnya di Cina.

Unsur unsur butir halus (pozzolan) yang terdapat pada tanah liat membentuk partikel-partikel yang keras apabila bereaksi dengan hidroksil dari kapur. Terbentuknya partikel yang baru akan merubah struktur tanah serta meningkatkan gaya gesek antar partikel, sehingga daya dukung tanah secara keseluruhan menjadi lebih besar. Hal ini yang menyebabkan efektifnya kapur sebagai bahan stabilisasi tanah liat pada beberapa konstruksi seperti pondasi untuk lapangan parkir, landasan pesawat terbang, badan jalan dan lain sebagainya.

Dalam penelitian ini dicoba menerapkan kapur untuk stabilisasi tanah liat pada konstruksi jalan hutan di Indonesia. Tujuannya adalah untuk menetapkan kadar kapur yang optimal untuk konstruksi badan jalan, yang diharapkan bermanfaat bagi para pengusaha atau pengelola-pengelola kawasan hutan umumnya dalam upaya membuat jalan hutan yang berhasil guna dan berdaya guna. Hal ini diharapkan dapat membantu memecahkan masalah transportasi hasil hutan terutama di daerah luar Jawa khususnya di daerah-daerah yang tanahnya banyak mengandung liat.

II. METODE PENELITIAN

A. *Pendekatan*

Penggunaan kapur sebagai bahan stabilisasi, banyaknya ditentukan berdasarkan kandungan butir halus yang ada dalam tanah. PUNMIA (1975) mengemukakan bahwa untuk tanah yang berbutir kasar diperlukan 2 sampai 8% kapur terhadap berat tanah, sedangkan untuk jenis tanah yang mempunyai sifat plastis banyaknya kapur yang diperlukan sekitar 5 sampai 10%. ZUBE dan GATES (1966) secara tegas menyatakan bahwa untuk stabilisasi badan jalan tanah liat, banyaknya kapur berkisar antara 3 sampai 8% terhadap berat tanah.

PUNMIA (1975) mengemukakan bahwa kapur sebagai bahan stabilisasi dapat digunakan secara tersendiri, atau dicampur dengan bahan lain misalnya semen, bitumen atau abu. Untuk menetapkan banyaknya kapur secara tersendiri dilakukan pendekatan melalui analisis laboratorium dan efektivitasnya diketahui melalui uji pakai di lapangan. Dengan demikian masalahnya dapat disederhanakan sebagai berikut:

1. Berapakah proporsi kapur yang sesuai untuk bahan stabilisasi tanah liat pada konstruksi badan jalan hutan di Indonesia.
2. Apakah penggunaan kapur sebagai bahan stabilisasi badan jalan hutan cukup efektif di daerah-daerah operasi kehutanan di Indonesia.

Dalam skala laboratorium dicoba 7 tingkat kadar kapur yaitu 0%, 4%, 7%, 10%, 13%, 16% dan 19% dari berat tanah kering tanur. Untuk memilih komposisi yang paling baik dilakukan pengamatan terhadap sifat fisis campuran khususnya daya dukung, plastisitas, derajat keasaman (pH) dan pengembangan karena absorpsi air.

Hasil analisis laboratorium diterapkan di lapangan untuk menguji efektivitas penggunaan kapur ini. Dalam pengujian ini prosedur pencampuran yang telah diterapkan di laboratorium diulang di lapangan dalam skala yang lebih besar, dan membiarkan pembebanan yang sesungguhnya. Di dalam uji pakai ini penilaian didasarkan pada respons berupa penurunan permukaan jalan, yang kemudian secara statistik di analisis melalui uji beda antara dua nilai rata-rata.

B. *Bahan alat dan prosedur penelitian*

1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas dua kelompok, yaitu bahan-bahan untuk penelitian laboratorium dan bahan-bahan yang digunakan dalam uji pakai di lapangan.

Bahan-bahan yang digunakan dalam percobaan laboratorium adalah :

a. kapur (kapur bangunan),
b. contoh tanah liat dengan komposisi 3,8% pasir 30,1% debu dan 66,1% liat,
c. air,
d. kertas pH.

Bahan-bahan yang digunakan di dalam uji pakai di lapangan adalah :

a. kapur (kapur bangunan),
b. tanah liat dalam badan jalan,
c. air,
d. pasir,

e. batu kerikil, dan
f. bahan bahan penunjang seperti semen portland, besi beton, kantong dan terpal plastik.

2. Alat alat penelitian

Seperti halnya dengan bahan alat-alat penelitian terdiri atas dua kelompok, yaitu untuk analisis laboratorium dan uji pakai di lapangan.
Alat-alat untuk percobaan laboratorium adalah :

a. alat penumbuk tanah,
b. saringan tanah,
c. cetakan tanah (mould),
d. tanur pengering (oven),
e. neraca,
f. dongkrak 'extruder',
g. 1 unit alat Atterberg,
h. 1 unit alat untuk penetapan pengembangan (Dial indicator),
i. pocket penetrometer,
j. 1 unit alat untuk penetapan pH tanah,
k. alat uji kekerasan bahan merk Amsler,
l. Schuifmaat.

Alat-alat yang digunakan untuk uji pakai di lapangan meliputi:

a. alat-alat penggali tanah,
b. alat pemadat tanah (dibuat dari beton cor) ukuran 20 cm x 20 cm, berat 42 kg,
c. neraca,
d. cone penetrometer,
e. speedy moisture tester,
f. alat pengukur tinggi permukaan jalan (waterpas),
g. pita ukur,
h. alat-alat bantu lain.

3. Prosedur penelitian laboratorium

a. Contoh tanah

Contoh tanah untuk percobaan laboratorium adalah tanah badan jalan di lokasi penelitian uji pakai. Contoh tanah dijemur sampai kering udara, kemudian ditumbuk dan diayak dengan ayakan 4,76 mm.

b. Pembuatan contoh uji

Spesimen dibuat mengikuti tahapan sebagai beri kut :

1). Penentuan kadar air tanah

Contoh tanah ditimbang kemudian dikeringkan dalam tanur pengering pada suhu 110°C selama 24 jam. Contoh tanah dihitung kadar airnya berdasarkan kering tanur.

2). Pencampuran kapur

Campuran kapur dibuat dengan 7 tingkat kadar kapur, yaitu 0%, 4%, 7%, 10%, 13%, 16% dan 19%. Persentase kapur dihitung terhadap berat tanah kering tanur sebagai berikut

$$B_k = \frac{P\,B_t\,(100 + KA_k)}{100\,(100 + KA_t)} \qquad (1)$$

di mana : B_k = berat kapur (gram),
P = proporsi kapur yang ditentukan (%),
B_t = berat tanah (gram),
KA_k = kadar air kapur (%),
KA_t = kadar air tanah (%).

3). Penetapan banyaknya penambahan air

Untuk memperoleh hasil pemadatan yang baik ditetapkan kadar air optimum pada saat pemadatan. Dari hasil penelitian yang terdahulu diketahui bahwa kadar air yang baik untuk proses pemadatan adalah 50%. Kadar air optimum ini digunakan sebagai dasar untuk perhitungan banyaknya penambahan air pada bahan campuran dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$B_a = \frac{KA_c\,(100B_t + 100B_k + KA_k.B_t + KA_t.B_k)}{(100 + KA_t)\,(100 + KA_k)} - \frac{(KA_k.KA_t.B_t + KA_k.KA_t.B_k + 100KA_t.B_t + 100KA_k B_k)}{(100 + KA_t)\,(100 + KA_k)} \qquad (2)$$

di mana :

B_a = berat penambahan air (gram atau dikonversikan kepada volume dalam cc dengan asumsi B.J air = 1),
B_k = berat kapur (gram),
B_t = berat tanah (gram),
KA_c = kadar air optimum bahan campuran (%),
KA_k = kadar air kapur (%),
KA_t = kadar air tanah (%)

4). Pemadatan bahan contoh uji

Bahan contoh uji dipadatkan dalam 3 tahap lapisan dengan pemadat baku seberat 1,7 kg. Setiap tahap lapisan merupakan tanah campuran sebanyak 100 cm3 yang dipadatkan dengan lima kali pukulan dalam cetakan. Contoh uji tersebut dikeluarkan dari cetakan dengan extruder, kemudian diukur daya dukungnya dengan pocket penetrometer pada

bagian atas dan bawah. Panjang contoh uji diukur dengan schuifmaat sebagai dasar menetapkan pengembangan.

c. Pemeraman

Untuk memberikan kesempatan reaksi antara kapur dan liat, contoh uji diperam dalam kantong kedap udara selama 7 hari. Sesudah diperam contoh uji dianginkan hingga mencapai kering udara, dengan cara menimbangnya setiap hari sampai dicapai berat yang tetap. Contoh uji yang kering udara ini diukur daya dukungnya dengan mesin penguji Amsler untuk menentukan tingkat perlakuan yang terbaik.

d. Perendaman

Pengujian stabilitas contoh uji dilakukan dengan cara merendamnya di dalam air. Absorpsi air oleh tanah mengubah struktur tanah karena pengembangan. Perubahan sifat fisis tanah akibat perendaman diukur pada arah memanjang. Sebelum direndam contoh uji dimasukkan ke dalam tabung yang terbuka kedua ujungnya. Tiga contoh uji replikasi direndam sekaligus dalam bak perendam. Perubahan panjang contoh uji akibat pengembangan diukur dengan dial indicator setiap 24 jam.

e. Penetapan indeks plastisitas

Sifat plastis tanah campuran ditetapkan dengan alat Atterberg berdasarkan contoh uji yang telah mengalami perendaman. Dari penetapan ini diperoleh nilai indeks plastisitas, sebagai salah satu kriterium untuk menentukan sifat fisis tanah yang baik untuk konstruksi.

f. Penentuan pH tanah

Untuk mengetahui perubahan sifat kimiawi tanah akibat penambahan kapur, dilakukan penetapan derajat keasaman dengan kertas lakmoes terhadap contoh tanah yang dilarutkan dalam air dengan alat pengaduk listrik.

4. Prosedur Pengujian di Lapangan

Pengujian di lapangan dilakukan di sebuah jalan hutan yang biasa dilalui truk angkutan kayu.

a. Penggalian untuk badan jalan

Penggalian badan jalan dilakukan pada petak-petak uji yang berukuran 2 m x 1 m x 0 4 m melintang jalan. Petak petak uji badan jalan diatur berselang-seling antara petak dengan kapur dan petak tanpa kapur. Di antara tiap petak ditinggal kan jalur selebar 2 meter. Tanah hasil galian dihancurkan dan ditimbun di tepi lubang petak uji yang bersangkutan.

b. Pencampuran kapur

Sebelum pencampuran, kadar air tanah dan kapur diukur dengan alat speedy moisture tester. Banyaknya kapur yang diperlukan dihitung dengan rumus (1) Kapur ditimbang dan dicampurkan dengan tanah jalan secara serentak untuk semua petak uji dengan garpu.

c. Pemadatan dan pengukuran

Pemadatan badan jalan dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama terhadap lapisan setebal 15 cm, dan tahap kedua terhadap lapisan 30 cm. Setiap lapisan dipadatkan dengan alat pemadat lima pukulan. Setelah dipadatkan badan jalan diukur daya dukungnya dengan alat cone penetrometer kemudian diperam selama lima hari, dan diukur kembali.

d. Konstruksi lapisan pengerasan

Setelah diperam daya dukung badan jalan diukur kembali dengan cone penetrometer untuk menentukan tebal lapisan pengerasan. Lapisan pengerasan ini sekaligus merupakan lapisan aus, terbuat dari campuran yang terdiri atas batu kerikil diameter satu inch dan bahan pengikat (30% pasir dan 70% tanah liat). Proporsi antara bahan pengikat dan batu kerikil adalah 1 : 1 berdasarkan volume. Campuran bahan-bahan pengerasan ini ditebarkan di atas permukaan badan jalan dalam petak-petak dan dipadatkan dengan alat pemadat yang sama seperti pada pemadatan badan jalan.

e. Pengukuran stabilitas badan jalan

Stabilitas badan jalan merupakan indikator efektivitas kapur sebagai bahan stabilisasi badan jalan. Stabilitas ini dapat ditetapkan secara kuantitatif dengan mengukur penurunan permukaan jalan. Posisi vertikal permukaan jalan diukur sampai ketelitian 1 mm dengan waterpas terhadap sejumlah titik acuan tetap berupa besi beton yang ditanam dalam beton cor di tepi jalan di samping petak uji.

Titik nol permukaan diukur langsung setelah pemadatan selesai. Setelah jalan percobaan dilalui kendaraan, penurunan diukur secara berkala. Intensitas lalu lintas diketahui melalui pengamatan langsung setiap hari selama 7 hari dan dari data sekunder yang diperoleh di lokasi penelitian.

C. Data hasil pengamatan

Data hasil pengamatan meliputi :

1. Data laboratorium
   a. daya dukung tanah setelah pemadatan,
   b. derajat keasaman tanah dan tanah kapur,
   c. indeks plastisitas tanah dan tanah kapur,
   d. pengembangan contoh uji tanah dan tanah kapur,
   e. daya dukung tanah dan tanah kapur setelah kering udara.

2. Data percobaan lapangan
   a. daya dukung tanah setelah pemadatan dan setelah pemeraman,
   b. penurunan permukaan badan jalan.

Jadi reaksi pozzolanik yang terjadi antara liat dan kapur, dimana kapur bereaksi dengan silika dan alumina dalam tanah, merupakan proses perekatan yang pada hakekatnya seperti yang terjadi pada semen portland.

III. PEMBAHASAN HASIL PENGAMATAN

Data hasil pengamatan dan perhitungan statistik disajikan pada Lampiran 1 s/d 5.

A. Percobaan laboratorium

Percobaan laboratorium pada dasarnya merupakan konfirmasi atas hasil penelitian yang terdahulu mengenai hal yang sama. Dalam percobaan ini prosesnya dilanjutkan sampai contoh uji mencapai kering udara. Di samping itu tanah yang dipakai untuk contoh uji diambil dari lokasi uji lapangan.

Dari hasil penelitian terdahulu telah diambil kesimpulan bahwa penambahan kapur terbaik adalah 7% (SUPARTO & SUTOPO, 1983). Pada pencampuran tanah dengan kapur, terjadi reaksi pertukaran gugus hidroksil yang menghasilkan satu seri mineral baru yang dikenal sebagai hidrat silikat kapur. Mineral ini mirip dengan mineral yang dihasilkan dari hidratasi semen portland, dan berfungsi sebagai bahan perekat antara butir-butir tanah

Proses tersebut berlangsung sangat lambat dan memerlukan waktu yang cukup lama dan mungkin baru selesai setelah ± 4 minggu. Data daya dukung setelah waktu tersebut digunakan sebagai dasar untuk meyakinkan hasil analisis percobaan terdahulu

1. Daya dukung

Hasil pengujian daya dukung tanah kapur setelah pemeraman 4 minggu menunjukkan bahwa campuran terbaik adalah 7% kapur (lihat LAMPIRAN 1). Pada campuran ini daya dukung mencapai 167 kg/cm^2, sedangkan pada kadar kapur yang lebih rendah dan lebih tinggi daya dukungnya lebih rendah. Hal ini disebabkan karena pada campuran kapur yang lebih rendah dari 7% gugus hidroksil tidak cukup tersedia, sehingga bahan liat bebas relatif banyak dan berpengaruh negatif terhadap daya dukung tanah kapur. Pada kadar kapur yang lebih tinggi dari 7% tersisa kapur bebas yang mengakibatkan tanah kapur menjadi rapuh, yang dengan sendirinya menurunkan daya dukung. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kadar kapur yang paling efektif secara laboratoris adalah 7%.

2. Pengembangan

Pengembangan tanah akibat perendaman ditentukan oleh daya absorpsi air. Pada tanah liat tanpa kapur pengembangan dapat mencapai 2 kali volume kering. Pada perendaman ini semua contoh uji berawal dari kadar air yang sama, yaitu pada kondisi kering udara. Hasil yang diperoleh menunjukkan persentase pengembangan yang besar pada tingkat pemberian kapur yang rendah. Pada tingkat pemberian kapur 4% pengembangan mencapai 5,3% dan pada tingkat 7% pengembangan menurun secara drastis menjadi 2,3%. Pada tingkat pemberian kapur 10% pengembangan menunjukkan kenaikan 2,7% (LAMPIRAN 2). Hal ini menunjukkan adanya perubahan keseimbangan reaksi antara kapur dan liat. Perubahan keseimbangan ini nampak jelas pada tingkat pemberian kapur yang lebih tinggi dan diikuti pengembangan makin kecil. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa juga ditinjau dari segi pengembangan tingkat pemberian kapur, 7% adalah yang paling efektif. Pengembangan yang makin rendah pada tingkat pemberian kapur yang makin tinggi menunjukkan adanya kapur bebas berupa endapan yang sifatnya tidak dipengaruhi oleh air bahkan cenderung menyusut.

3. Indeks plastisitas dan derajat keasaman

Indeks plastisitas dan derajat keasaman tanah kapur merupakan dua faktor penunjang untuk membantu menentukan kadar kapur yang efektif. Untuk jenis tanah yang mempunyai kandungan butir halus seperti dalam percobaan, yaitu 3,8%

pasir, 30,1% debu dan 66,1% liat ternyata pada campuran terbaik mempunyai pH = 9 dan indeks plastisitas PI = 25,5 (lihat LAMPIRAN 3). Nilai ini berubah untuk jenis tanah yang berbeda sesuai dengan kandungan liat yang jauh berbeda dari tanah liat dalam percobaan ini.

B. *Uji lapangan*

Uji lapangan merupakan penerapan hasil penelitian laboratoris untuk mengetahui efektivitas campuran 7% kapur dalam keadaan yang sebenarnya.

1. Penurunan permukaan jalan

Hasil analisis statistik terhadap data pengamatan mengenai penurunan badan jalan menunjukkan bahwa penggunaan kadar kapur 7% ternyata cukup efektif untuk stabilisasi badan jalan tanah liat Hal ini didasarkan pada uji beda antara dua nilai rata-rata penurunan permukaan badan jalan (LAMPIRAN 4). Dari analisis statistik dapat diambil kesimpulan bahwa stabilisasi badan jalan tanah liat dengan kapur adalah efektif.

2. Daya dukung badan jalan

Efektivitas penggunaan kapur juga dinilai berdasarkan daya dukung badan jalan. Hasil perhitungan statistik terhadap kenaikan daya dukung badan jalan (LAMPIRAN 5) menunjukkan bahwa penggunaan kapur sangat efektif. Hal ini didasarkan kepada uji beda dua nilai rata rata daya dukung badan jalan yang menunjukkan bahwa stabilisasi badan jalan tanah liat dengan kapur menghasilkan daya dukung yang nyata lebih tinggi. Analisis ini memberikan nilai t_{hitung} = 14,667 lebih besar dibandingkan dengan t_{tabel} = 3,169 pada tingkat kepercayaan 99% dengan derajad bebas 10.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan hasil pengamatan dan analisis statistik dapat ditarik kesimpulan yang berlaku untuk tanah dengan kandungan liat sekitar 66% sebagai berikut.

A. *Percobaan laboratoris*

1. Campuran kapur tanah terbaik adalah pada kadar kapur 7%. Pada kadar tersebut contoh uji yang telah kering udara mencapai daya dukung 167 Kg/cm^2.
2. Ditinjau dari segi pengembangan campuran kapur tanah dengan kadar kapur 7% adalah efektif. Pada konsentrasi tersebut diduga tercapai keseimbangan reaksi antara kapur dengan unsur unsur liat menghasilkan pengembangan 2,3%.
3. Campuran tanah dengan kadar kapur 7% mempunyai pH = 9 dan indeks plastisitas = 25,5.

B. *Percobaan lapangan*

1. Dilihat dari penurunan permukaan badan jalan, penggunaan campuran 7% kapur untuk konstruksi badan jalan adalah cukup efektif diterapkan di daerah Luar Jawa, khususnya untuk kondisi tanah yang mirip dengan yang di P. Laut Kalimantan Selatan. Penurunan permukaan setelah dilalui truk angkutan mencapai rata-rata 0,38 cm dan berkisar antara 0,10 cm sampai dengan 0,60 cm.
2. Ditinjau dari daya dukung badan jalan campuran kapur 7% adalah sangat efektif. Setelah masa pemeraman 5 hari diperoleh kenaikan daya dukung rata-rata sebesar 10,2 kg/cm^2, berkisar antara 9,7 kg/cm^2 sampai 10,7 kg/cm^2, atau rata-rata 53% berkisar antara 50% sampai 55,6%.
3. Daya dukung badan jalan tanah liat yang distabilisasi dengan kapur setelah pemeraman selama 5 hari mencapai rata-rata 29,6 kg/cm^2, berkisar antara 29,1 kg/cm^2 sampai 30,1 kg/cm^2.

SARAN

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh disarankan agar kesulitan akibat sifat keteknikan tanah liat yang kurang menguntungkan pada konstruksi badan jalan hutan, diatasi dengan stabilisasi kapur 7%.

DAFTAR PUSTAKA

Ahuja, T.D. and Birdi G.S. (1975). Road Railway and Bridge. Oxford and IBH Publishing Co. Ltd. New Delhi, India, 1975.

Hennes and Ekse, (1969). Fudamental of Transportation Engineering. McGraw Hill Book Company New York.

Silitonga, J.A.M. (1978). Pengawasan Pemerintah Terhadap Pembuatan Jalan Hutan Catatan lengkap Seminar Pembuatan Jalan Hutan, Lembaga Penelitian Hasil Hutan Bogor.

Punmia, B.C. 1975. Soil Mechanics and Foundations Standard Book House New Delhi, India.

Rahardjo S. Suparto dan S. Sutopo, (1983). Perbaikan Sifat Keteknikan Tanah dengan Kapur untuk Stabilisasi Badan Jalan. Laporan No. 165 Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.

Ronald E. Walpole and Raymond H. Myers, (1972). Probability And Statistics for Engineer and Sciencentists. Macmillian Publishing Co. Inc. New York.

Scott and Schoustra, (1968), Soil Mechanic and Engineering McGraw-Hill Inc. New Delhi, India.

Suparto R.S, (1971), Lime Stabilization of Clays and Lateritic Soils. A paper prepared in completion of CETC 599 Civil Engineering Department University of Washington, Seattle August 20, 1971.

Rihko Haarlaa (1980). Effect of Soils on The Strength of Forest Roads. Planning of Forest Roads and Log Transportation in Africa National Board of Vocational Education Forestry Training Programme for Developing Countries Finland 1980. Helsinki, Finland.

Zube, Ernest and Clyde Gates, (1966), California's Experience With Lime Treatment in Road Construction. California Highways and Public Works Magazine.

Lampiran 1. Uji laboratoris daya dukung contoh uji tanah liat dengan campuran kapur.
Appendix 1. Laboratory test for bearing capacity of clay soil mixture specimen mixed with lime.

% Kapur % *(lime)* %	Daya dukung *(Bearing capacity)*, kg/cm^2		
	Sebelum diperam *Before curing*	Setelah diperam *After curing*	Pada keadaan kering udara *At air dry condition*
0	0,800	1,074	150,00
4	0,947	1,200	119,00
7	1,613	2 380	167,00
10	1,652	3,741	119,50
13	1,861	4,360	101,00
16	2,802	4,520	106,00
19	1,170	4,141	124,00

Lampiran 2. Pengembangan contoh uji campuran tanah liat — kapur setelah perendaman
Appendix 2 Swell of clay soil-lime mixture specimen after soaking.

% Kapur *% lime*	Pembacaan dial indikator *Dial indicator reading* Awal *Initial*	Akhir *Final*	Pengembangan *(Swell)* *(inch)*	Panjang contoh uji *Length of specimen* *(inch)*	Pengembangan rata rata *Average swell* (%)
	(X 0,001 inch)				
	5,33	7,67	0,1540	3,7401	
0					5,08
	3,12	5,38	0,2260	3,7401	
	1,97	3,71	0,1740	2,8169	
4					5,32
	4,35	5,58	0,1230	2,7464	
	6,71	7,50	0,0790	3,3169	
7					2,28
	6,29	7,00	0,0710	3,2283	
	4,35	5,78	0,1430	3,3370	
10					2,68
	5,80	6,16	0,0370	3,3961	
	5,95	5,95	0,0000	3,4000	
13					0,26
	7,17	7,35	0,0180	3,4000	
	4,15	4,39	0,0240	3,3606	
16					0,69
	5,87	6,10	0,0230	3,4157	
	3,75	3,88	0,0139	3,2185	
19					0,22
	4,47	4,48	0,0010	3,2905	

Lampiran 3. Indeks plastisitas dan pH campuran tanah liat-kapur.

Appendix 3. Plasticity index and pH of clay soil-lime mixtures.

Kapur *(lime)* *(%)*	Indeks plastisitas *(Plasticity Index)*	pH
0	40,43	6,0
4	34,66	8,0
7	25,55	9,0
10	24,00	10,0
13	15,00	11,0
16	17,77	11,0
19	21,15	12,0

Lampiran 4. Penurunan (cm)+) badan jalan yang tidak distabilkan dan yang distabilkan dengan kapur 7%
Appendix 4. Settlement (cm)+) of clay soil subgrade, unstabilized and stabilized with 7% lime.

Tanpa stabilisasi *(Without stabilization)*			Distabilisasikan *Stabilized*		
Ketinggian sebelum penggunaan *Height before use*	Ketinggian sesudah penggunaan *Height after use*	Penurunan *Settlement*	Ketinggian sebelum penggunaan *Height before use*	Ketinggian sesudah penggunaan *Height after use*	Penurunan *Settlement*
41,00	40,10	0,90	35,50	35,50	0,00
41,60	41,10	0,50	38,70	38,20	0,50
31,80	31,20	0,60	32,70	32,50	0,20
36,00	35,40	0,60	35,60	35,60	0,00
28,10	27,30	0,80	26,20	25,30	0,90
29,80	29,20	0,60	27,90	27,30	0,60
27,20	25,40	1,80	27,70	27,10	0,60
28,80	26,10	2,70	27,60	27,20	0,40
22,60	22,10	0,50	17,40	17,20	0,20
23,10	22,60	0,50	18,60	18,50	0,10
10,10	9,50	0,60	4,10	3,50	0,60
11,20	10,50	0,70	5,50	5,00	0,50
Jumlah *Total*		10,80			4,60
Rata-rata *Mean*		0,90			0,383
Simpangan baku *Standard deviation*		0,67			0,237

+) Diukur dari titik acuan mati pada tanggal 23 Mei 1983 (sebelum penggunaan) dan tanggal 28 Mei 1983 (setelah penggunaan) *Measured from refference point on May 23, 1983 (before use) and on May 28, 1983 (after use)*

Lampiran 5. Kenaikan daya dukung badan jalan tanah liat yang tidak distabilkan dan yang distabilkan dengan kapur 7%, setelah diperam 5 hari.

Appendix 5. Increase of bearing capacity of clay soil subgrade, unstabilized and stabilized with 7% lime, after 5 days.

Daya dukung badan jalan (kg/cm2) *(Bearing capacity)*					
Tanpa stabilisasi *Unstabilized*			Distabilisasi *Stabilized*		
Sebelum di peram *Before curing*	Sesudah di peram *After curing*	Kenaikan *Increase*	Sebelum di peram *Before curing*	Sesudah di peram *After curing*	Kenaikan *Increase*
17,00	21,00	4,00	18,50	28,30	9,80
17,00	21,00	4,00	19,00	29,10	10,10
17,50	23,00	4,50	18,50	28,30	9,80
19,00	25,00	6,00	20,00	30,60	10,60
20,00	25,00	5,00	21,00	32,10	11,10
20,00	25,00	5,00	19,10	29,10	10,10
Jumlah *Total*		28,50			61,50
Rata-rata *Mean*		4,75			10,25
Simpangan baku *Standard deviation*		0,76			0,51