

EVALUASI PENANGANAN KELONGSORAN PADA RUAS JALAN MAJENANG-WANAREJA (CILACAP) DAN PENANGANANNYA DENGAN GEOTEKSTIL

Qunik Wiqoyah* Sri Mulyani Retno Wulan**

ABSTRACT

There have been significant number of road damages due to soil base instability, and this problem should be solved immediately because road (highway) is an important transportation infrastructure. One of alternative solution for this problem is using geotextile as strengthening material. According to direct visual inspection, soil is consisted of red clay soil which has high plasticity and shrinkage. This research took place at Majenang – Wanareja Road (KM 89 +100 – KM 89 +600). The research method for Wanareja soil was using direct survey at KM 89 +150 and taking soil sample, and then doing some laboratory experiment at Civil Engineering Laboratory Faculty of Engineering UMS. The laboratory experiment was done to find and analyse the soil physics and mechanic characteristic including soil cohesivity, the angle of soil shear, and the CBR value. After finding the soil characteristic, woven geotextile was designed. The result of soil characteristic test was data required in calculation, i.e., flatten load = 26,148 ton/m; saturated soil specific gravity for filled-soil = 1,6794 ton/m³, the angle of inner shear = 29,637°, and soil cohesivity = 1,813 ton/m²; whereas for base soil, saturated soil specific gravity = 1,5061 ton/m³, the angle of inner shear = 25,106°, and soil cohesivity = 2,044 ton/m². The final result of this analysis was that the use of woven geotextile WG – 350 with $\sigma_{ult} = 11,072 \text{ ton/m}^2$ is feasible to be used as strengthening material, because it can detain moment with safety factor ($SF = 3,153 > 1,5$); can detain shear with safety factor ($SF = 2,405 > 1,5$); and can detain soil strength compression with safety factor ($SF = 3,097 > 2,0$).

Key words : kerusakan jalan, geotekstil woven, karakteristik tanah

PENDAHULUAN

Pembangunan di Indonesia berkembang sangat pesat, hal ini diikuti dengan meningkatnya sektor ekonomi, oleh karena itu jalan sebagai prasarana transportasi harus diperhatikan. Namun demikian untuk mewujudkan transportasi darat yang aman, nyaman, hemat waktu dalam perjalanan dan konstruksi yang awet, haruslah memerlukan perencanaan, penataan dan pemeliharaan yang handal, mulai dari pengetahuan tanah dasar (*subgrade*) sampai material konstruksi jalan.

Sepanjang jalan Majenang – Wanareja Kabupaten Cilacap yang menghubungkan Propinsi Jawa Tengah dan Propinsi Jawa Barat di jalur Selatan menghadapi masalah stabilitas dan penurunan, juga memiliki potensi mengalami kerusakan pada permukaan jalan dengan terjadinya kelongsoran pada badan jalan dan lereng jalan.

Sifat-sifat fisik lapisan tanah dasar harus diketahui dengan baik, karena dengan mengetahui sifat-sifat tanah dasar akan mengetahui :

1. Pemilihan konstruksi yang paling aman dan ekonomis.

2. Sistem pelaksanaan yang baik, sehingga dapat mendekati syarat-syarat pokok konstruksi jalan.

3. Cara pemeliharaan secara intensif dan terus menerus terutama pada musim hujan.

Umumnya ada beberapa persoalan yang menyangkut tanah dasar (*subgrade*) antara lain :

1. Perubahan bentuk tetap (*deformasi permanent*) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.

2. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.

3. Kuat dukung tanah yang tidak merata dan sulit ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya.

Bila tanah dasar (*subgrade*) tidak memenuhi kekuatan untuk memikul beban kendaraan yang lewat maka jalan tersebut akan mengalami penurunan dan apabila badan jalan merupakan tanah timbunan maka akan terjadi kelongsoran.

* Qunik Wiqoyah, staf pengajar jurusan Teknik Sipil - Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Jl. A. Yani No.1 Tromol Pos 1, Pabelan Kartasura Surakarta 57102. E-mail : qw.ftums@yahoo.com

** Sri Mulyani Retno Wulan, alumnus teknik sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Akibatnya, permukaan jalan tersebut mengalami perubahan bergelombang besar, hingga rusak sama sekali.

Tekstur tanah adalah keadaan permukaan tanah yang bersangkutan. Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada di dalam tanah. Tanah dibagi dalam beberapa kelompok : kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*). Umumnya tanah asli merupakan campuran dari butir-butir yang mempunyai ukuran yang berbeda – beda (Das,1995).

Istilah pasir, lempung, lanau, atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas yang telah ditentukan, akan tetapi istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat-sifat yang khusus. Sebagai contoh, lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedang pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis.

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran lebih dari satu macam ukuran partikelnya. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja, akan tetapi dapat bercampur dengan butir-butiran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik (Hardiyatmo, 1992).

Sifat Fisis Tanah

1. Kadar air (*Water content*)

Kadar air (*w*) adalah perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki.

Kadar air dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \quad (1)$$

dengan : *w* : kadar air (%).

W_w : berat air (gram).

W_s : berat butiran padat (gram).

2. *Specific gravity*

Specific gravity suatu bahan diidentifikasi sebagai berbandingan antara berat isi butir tanah (γ_s) dengan berat isi air (γ_w).

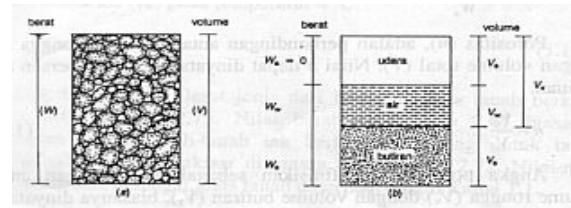
Berat jenis dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (2)$$

dengan : G_s : *specific gravity*.

γ_s : berat volume butiran padat (gram/cm³).

γ_w : berat volume air (gram/cm³).



Gambar 1 Diagram Fase Tanah (Sumber Hardiyatmo, 2002)

3. Berat volume butiran (V_s)

Berat volume butiran adalah perbandingan antara berat butiran padat dengan perkalian berat spesifik butiran padat dan berat volume air.

Berat volume butiran dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \cdot \gamma_w} \quad (3)$$

dengan : V_s : volume butiran (cm³).

W_s : berat butiran padat (gram).

G_s : grantas khusus.

γ_w : berat volume air (gram/cm³).

4. Berat volume tanah

Berat volume tanah atau dapat juga disebut kerapatan tanah (*bulk density*) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat tanah seluruhnya dengan isi tanah seluruhnya.

Berat volume tanah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (4)$$

dengan : γ : berat volume tanah (gram/cm³).

W : berat tanah (gram).

V : volume tanah (cm³).

Kerapatan kering (*dry density*) merupakan keadaan khusus dari kerapatan menyeluruh (*bulk density*) dengan menganggap air dihilangkan dari tanah.

Kerapatan kering dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \quad (5)$$

dengan : γ_d : kerapatan kering (gram/cm³).

W_s : berat butiran padat (gram).

V : volume tanah (cm³).

5. *Atterberg Limits*

Suatu contoh tanah berbutir halus (lempung/lanau) yang berkadar air tinggi, apabila tanah ini dibiarkan kering lagi (kadar airnya mengecil), maka akan mengalami beberapa keadaan tertentu dari keadaan cair sampai keadaan padat.

Berdasarkan kadar airnya, tanah digolongkan menjadi tiga kondisi ; yaitu kondisi cair, plastis atau semi padat dan padat (*solid*). Keadaan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :

1. Batas cair (*Liquid limit*)

Batas cair (LL), didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis.

2. Batas plastis (*Plastic limit*)

Batas plastis (PL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi plastis, yaitu persentasi kadar air pada saat tanah digulung dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak.

Batas plastis dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$PI = LL - PL \quad (9)$$

dengan : PI : indeks plastisitas (*plasticity index*) dalam %.

LL : batas cair (*liquid limit*) dalam %.

PL : batas plastis (*plastic limit*) dalam %.

3. Batas susut (*Shrinkage limits*)

Batas susut (SL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah.

Batas susut dinyatakan sebagai berikut :

$$SL = \left[\frac{(m_1 - m_2)}{m_2} \right] - \left[\frac{(V_1 - V_2)\gamma_w}{m_2} \right] \times 100\% \quad (10)$$

dengan : m_1 : berat tanah basah dalam cawan (gram).

m_2 : berat tanah kering oven (gram) .

V_1 : volume tanah basah dalam cawan (cm^3).

V_2 : volume tanah kering oven (cm^3) .

γ_w : berat jenis air (gram / cm^3).

Klasifikasi Tanah

Penentuan sifat-sifat tanah banyak dijumpai dalam masalah teknis yang berhubungan dengan tanah. Hasil dari penyelidikan sifat-sifat ini kemudian dapat digunakan untuk mengevaluasi masalah-masalah tertentu, tetapi perancangan yang harus berhati-hati dalam penerapan karena penyelesaian masalah, seperti: penurunan bangunan, kecepatan aliran air, dan stabilitas tanah yang miring, didasarkan pada klasifikasi tanah yang sering menimbulkan masalah yang berarti (Hardiyatmo, 2002).

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam

kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya (Das, 1995).

Terdapat dua sistem klasifikasi yang sering digunakan, yaitu :

1. Sistem klasifikasi *USCS (Unified Soil Classification System)*

Pada sistem ini tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan Nomer 200, dan tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan Nomer 200. Selanjutnya, tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan subkelompok.

2. Sistem klasifikasi *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)*.

Sistem klasifikasi *AASHTO* berguna untuk menentukan kualitas tanah untuk perencanaan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*. Sistem ini terutama ditujukan untuk maksud-maksud dalam lingkup tersebut.

Sistem klasifikasi *AASHTO* membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan adalah analisis saringan dan batas-batas *Atterberg*.

Indeks kelompok (*group index*) (GI) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan persamaan :

$$GI = (F-35)[0,2 + 0,005 (LL-40)] + 0,01 (F-15)(PI-10) \dots\dots\dots(6)$$

dengan :

GI = indeks kelompok (*group index*).

F = persen butiran lolos saringan No.200 (0,075 mm)(%).

LL = batas cair (%).

PI = indeks plastisitas (%).

Pemadatan Tanah (*Soil Compaction*)

Pemadatan dengan beban dinamis, proses bertambahnya berat volume kering tanah sebagai akibat pemadatan partikel yang diikuti oleh pengurangan volume air tetap tidak berubah. Jika tanah di lapangan membutuhkan perbaikan guna mendukung bangunan di atasnya, maka tanah akan digunakan sebagai bahan timbunan, maka pemadatan sering dilakukan (Hardiyatmo, 2002).

Tujuan dari pemadatan antara lain adalah :

1. Memperkuat kuat geser tanah.

2. Mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas).
3. Mengurangi permeabilitas.
4. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air.

Maksud tersebut dapat tercapai dengan pemilihan tanah bahan timbunan, cara pemadatan, pemilihan mesin pemadat, dan jumlah lintasan yang sesuai. Tingkat kepadatan diukur dari nilai berat volume keringnya (γ_d).

Tanah lempung yang dipadatkan dengan cara yang benar akan dapat memberikan kuat geser tinggi. Stabilitas terhadap sifat kembang-susut tergantung dari jenis kandungan mineralnya. (Hardiyatmo, 2002).

Kekuatan Geser Tanah

Salah satu cara untuk mengetahui kuat geser tanah di lakukan percobaan geser langsung (*Direct Shear Test*) yang mempunyai tujuan untuk mengetahui gaya geser dengan tegangan geser langsung, sudut geser dalam dan kohesi tanah.

Data-data hasil pembacaan arloji pengukuran horisontal, dapat digunakan untuk mengetahui gaya geser dan tegangan geser sebagai berikut :

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (11)$$

dengan : τ = tegangan geser (kg/cm^2)

P = gaya geser yaitu pembacaan arloji geser x faktor kalibrasi cincin penguji (kg).

A = luas penampang contoh tanah (cm^2).

Nilai kalibrasi dari cincin penguji adalah 0,636 kg/cm^2 sedangkan luas sampel setelah disesuaikan luas dari cincin didapat sebesar 32,17 cm^2 .

Tegangan normal diperoleh dari pemberian beban normal dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad (12)$$

dengan : σ = tegangan normal (kg/cm^2)

N = beban normal (kg)

A = luas penampang contoh tanah (cm^2)

Kekuatan geser tanah (τ) tanpa memperhitungkan tekanan air pori tanah dinyatakan dalam tekanan tanah total.

(Coulumb 1773 dalam Bowles, 1989) mendefinisikan hubungan fungsi antara tegangan normal (σ) dengan tegangan geser (τ) sebagai berikut :

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (13)$$

dengan : τ : kekuatan geser tanah (kg/cm^2).

σ : tegangan normal tanah (kg/cm^2).

c : kohesi tanah (kg/cm^2).

ϕ : sudut geser dalam ($^\circ$).

Nilai c dan ϕ didapatkan diantaranya dengan pengujian geser langsung (*Direct Shear Test*) di Laboratorium Mekanika Tanah.

CBR (*California Bearing Ratio*)

Pemeriksaan *CBR* dimaksudkan untuk menentukan nilai kuat dukung tanah dan batuan jika dipadatkan di laboratorium pada kadar air optimum terhadap berbagai macam derajat kepadatan dengan metode *standard Proctor*. Pemadatan biasanya untuk mengevaluasi tanah *subgrade*, material *subbase*, dan *base* yang mengandung hanya sedikit material yang tertahan pada saringan $\frac{3}{4}$ ".

Kekuatan tanah dasar tentu banyak tergantung kepada kadar airnya. Makin tinggi kadar air semakin kecil nilai *CBR*. Hal ini tidak berarti tanah dasar dipadatkan dengan kadar air rendah agar mendapatkan nilai *CBR* tinggi, karena kadar air tidak akan tahan konstan pada nilai rendah (Wesley, 1997).

CBR merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standard load*) dan dinyatakan dalam persentase.

Lebih jelas lagi dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$C.B.R = \frac{P_T}{P_S} \times 100\% \quad (14)$$

dengan : P_T = beban percobaan (*test load*).

P_S = beban standar (*standard load*).

Harga *CBR* adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan beban standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai *CBR* sebesar 100% dalam memikul beban lalulintas.

Geosintetik

Geosintetik sendiri secara umum dibedakan berdasarkan sifat bahan yaitu bahan lulus air (*permeable*) dikenal sebagai geotekstil dan bahan bersifat kedap air (*impermeable*) dikenal sebagai geomembran.

Sifat bahan yang lulus air ini digunakan untuk membedakan / untuk membantu di dalam mengelompokkan peran serta fungsi bahan tersebut. Bentuk bahan berupa lembaran yang merupakan anyaman, nir – anyaman / rajutan dari kumpulan benang sintesis.

Bahan dasar geosintetik merupakan hasil polimerisasi dari industri-industri kimia / minyak bumi (Suryolelono, 1988) dengan sifat-sifat yang tahan terhadap senyawa-senyawa kimia, pelapukan, keausan, sinar ultra violet dan mikro organisme. Polimer utama yang digunakan untuk pembuatan geosintetik adalah *Polyester* (PS), *Polyamide* (PM), *Polypropylene* (PP) dan *Polyethylene* (PE).

Geosintetik yang ada terdiri dari berbagai jenis dan diklasifikasikan dalam beberapa bentuk, berdasarkan *International Geosynthetic Society* (IGS) adalah sebagai berikut :

- Geotextile* : bahan lulus air dari anyaman atau nir – anyaman benang (serat-serat) sintetik yang digunakan dalam pekerjaan-pekerjaan tanah.
- Geosynthetic* : geotekstil, geomembran dan semua produk yang berhubungan, dihasilkan olah industri-industri geotekstil dan geomembran.
- Geoweb* : sebenarnya merupakan geogrid yang disusun memebentuk sel-sel (istilah Amerika)
- Geogrid* : produk yang berhubungan dengan geotekstil yang lubang-lubang berbentuk segi empat (*geotextile grid*) atau lubang-lubang berbentuk bujur sangkar (*geotextile net*).
- Geospacer* : merupakan bahan sintetis yang ditempatkan di antara dua bahan sintetis lain yang bersifat kedap air atau lulus air dan digunakan pada konstruksi drain.
- Geofabric* : semua produk geosintetik tipe lembaran atau tipe net.
- Geoproduct* : berarti geosintetik, semua produk geotekstil yang berasal dari serta-serat asli, geospacer dan batang-batang angker.
- Geocompseite* : kombinasi dua atau lebih dari geoproduct.

Geosintetik digunakan secara luas dibidang teknik sipil, geoteknik, lingkungan, pertanian, sehingga bentuk maupun tipe geosintetik mengalami perkembangan sesuai kebutuhan. Umumnya pemakaian bahan geosintetik terutama untuk penanggulangan masalah-masalah erosi, sebagai pemisah dua material yang berbeda gradasinya, sebagai bahan filter, perkuatan tanah dasar pondasi pada pekerjaan timbunan, perkuatan pada dinding penahan tanah dan sebagai bahan kedap air.(Suryolelono, 2000).

Geotekstil

Geotekstil adalah kelompok bahan geosintetik yang mudah meloloskan air. Geotekstil sebenarnya merupakan bahan, baik yang berasal dari serat-serat asli (jute, kertas filter, papan kayu, bambu) maupun serat-serat sintetis (*fiber*) yang banyak berhubungan

dengan pekerjaan-pekerjaan tanah. Awalnya pemanfaatan geotekstil, banyak bahan dengan serat asli dimanfaatkan, seperti *jute* digunakan dalam pekerjaan-pekerjaan percepatan konsolidasi, untuk mengganti pasir sebagai bahan drainase (*vertical sand drain*) yang banyak dilakukan di India, atau dilakukan di Belanda dengan menggunakan kertas filter (Suryolelono, 2000).

Perkuatan tanah lunak pada awalnya menggunakan papan-papan kayu atau anyaman bambu yang ditempatkan di atas tanah lunak (jaman Romawi kuno dan di Kalimantan). Hanya saja, bahan-bahan ini merupakan bahan organis, sehingga mudah lapuk dan umur konstruksi tidak dapat dipertanggungjawabkan, kecuali untuk bahan kayu / bambu, bila berada dalam air terus menerus akan bersifat permanen. Geotekstil dari bahan serat-serat sintetis, sekarang ini mengalami perkembangan yang pesat sesuai dengan pekerjaan-pekerjaan yang memerlukannya.(Suryolelono, 2000).

Tipe geotekstil dapat dikelompokkan berdasarkan cara pembuatannya di pabrik-pabrik yang menghasilkan bahan tersebut. Awalnya dibedakan menjadi dua kelompok besar yaitu anyaman dan nir-anyam. Sesuai dengan perkembangan di dalam pembuatan bahan tersebut, berbagai bentuk geotekstil dan modifikasinya yang dihasilkan oleh industri geotekstil seperti bentuk *grid*, *mat*, rajutan dan lain-lain (Suryolelono, 2000).

Penanganan Kelongsoran dengan Stabilitas Lereng.

Widiyanto (1993) menyimpulkan bahwa penanggulangan kelongsoran *subgrade* jalan raya dengan stabilitas lereng memberikan angka keamanan yang kecil, memberikan indikasi bahwa badan jalan dalam keadaan labil, oleh karena itu perlu dilakukan peningkatan stabilitas lereng. Hal ini dapat dilakukan dengan memperbaiki sifat fisis tanah maupun dengan membangun dinding penahan yang disertai dengan sistem drainase di bawah permukaan jalan yang baik.

Penanggulangan Longsoran dengan Geosintetik

Hasil penelitian Mekarsari (2000) menyimpulkan bahwa penaggulangan longsoran dengan bahan geosintetik pada ruas jalan sebagai perkuatan timbunan jalan, yaitu:

1. Penggunaan geotekstil sebagai separator
 - a. Ekonomis yaitu dapat menghemat material urugan.
 - b. Mempunyai kekuatan terhadap tarik yang sangat tinggi sehingga mampu menahan

- pergerakkan tanah dasar yang mengembang dan menyusut.
- c. Dapat mencegah bercampurnya agregat pilihan dan lapisan tanah dasar sehingga kekuatan struktur jalan lebih terjamin.
2. Penggunaan geotekstil sebagai perkuatan / tulangan
Dapat dimanfaatkan sebagai perkuatan lereng pada jalan sementara dan permanen.
 3. Penggunaan geomembran pada bahu jalan
 - a. Mencegah perubahan kadar air pada tanah dasar karena geomembran mempunyai sifat kedap air, tahan pelapukan terhadap zat kimia tanah dan organisme pembusukan dalam tanah, sehingga mempunyai tahanan kekuatan terhadap tarik, sobek, coblos yang cukup tinggi.
 - b. Dapat mencegah kelongsoran karena mempunyai tahanan tarik yang tinggi dan kedap air.
 4. Dasar teori kelongsoran
Kemungkinan terjadinya kelongsoran setiap macam lereng selalu ada, pada kedalaman yang lebih besar permukaan galian tidak dapat menahan pada bagian dasarnya.
 5. Penggunaan geotekstil sebagai pengganti bahan filter alami
Geotekstil *woven* yang dipasang di atas tanah dasar lunak jenuh air pada konstruksi jalan dan pekerjaan tanah harus menampilkan fungsi yang tepat pada kasus yang dihadapi, perkuatan dan filtrasi.
 6. Penggunaan beban merata yang bekerja di jalan

Penentuan beban yang bekerja di jalan berdasarkan klasifikasi lebar jalan dan beban jalan sendiri. Berdasarkan lebar jalan dapat ditentukan beban muatan sumbu yang maksimum dalam Tabel 5. dan Tabel 6. berikut ini.

Tabel 5. Lebar Jalan (DPU Bina Marga, Perencanaan Geometrik Jalan luar Kota, 1990)

	Kelas 1 & Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3 & Kelas 3	Kelas 4 & Kelas 4	Kelas 5 & Kelas 5
Lebar Jalan (m)	3,50	3,25	3,00	2,75	4,50 (1- jalur)

Tabel 6. Perencanaan Beban yang Bekerja (DPU Bina Marga, Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Klasifikasi		Muatan Sumbu Terberat MST (Ton)
Fungsi	Kelas	
Arteri	I	> 10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	

7. Analisis stabilitas untuk perkuatan tanah.

7.a. Analisis stabilitas internal

- 1). Dihitung tebal lapis perkuatan tanah, dengan rumus :

$$S_v = \frac{T_a}{\sigma_h \cdot SF} \quad (15)$$

dengan : S_v : tebal lapis perkuatan tanah (m).

T_a : kuat tarik yang diijinkan dari bahan perkuatan (kN/m).

σ_h : tekanan horisontal tanah pada kedalaman yang ditinjau (kN/m²).

SF: angka aman yang digunakan 1,3 – 1,5.

- 2). Dihitung panjang geotekstil di belakang bidang longsor dengan persamaan sebagai berikut :

$$L_e = \frac{1 S_v \cdot \sigma_h \cdot SF}{\beta \cdot 2(c + \sigma_v \cdot tg \varphi)} \quad (16)$$

dengan : L_e : panjang geotekstil di belakang bidang longsor (m).

S_v : tebal lapisan perkuatan tanah (m).

σ_h : tekanan tanah horisontal.

SF : angka aman yang digunakan 1,3-1,5.

c : kohesi tanah (kN/m²).

σ_v : tekanan vertikal (kN/m²).

φ : sudut gesek internal tanah (...).

β : (0,67 – 0,75).

- 3) Dihitung panjang geotekstil di depan bidang longsor, dengan rumus :

$$L_R = (H - Z) \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (17)$$

dengan : L_R : panjang geotekstil di depan longsor (m).

H : kedalaman lapisan geotekstil (m).

φ : sudut gesek internal tanah (...).

Z : kedalaman perlapisan geotekstil (m).

- 4) Dihitung panjang total geotekstil bidang longsor, dengan rumus :

$$L = L_R + L_e \quad (18)$$

dengan : L : panjang total geotekstil bidang longsor (m).

L_R : panjang geotekstil di depan bidang longsor (m).

L_e : panjang geotekstil di belakang bidang longsor (m).

5) Dihitung panjang *overlap* bahan perkuatan, dengan rumus :

$$L_0 = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{\beta} \cdot \frac{S_v \cdot \sigma_h \cdot SF}{c + \sigma_v \cdot \text{tg } \varphi} \quad (19)$$

dengan : L_0 panjang *overlap* bahan perkuatan (m).

S_v : tebal lapisan perkuatan (m).

σ_h : tekanan horisontal (kN/m^3).

σ : tekanan vertikal (kN/m^3).

SF : angka aman yang digunakan 1,3-1,5.

c : kohesi tanah (kN/m^2).

φ : sudut gesek internal tanah (...°).

β : (0,67 - 0,75)

3.b. Analisis stabilitas eksternal

1) Dihitung stabilitas terhadap momen dengan rumus:

$$SF = \frac{\sum M_p}{\sum M_A} \quad (20)$$

dengan : SF : angka aman (1,3-1,5).

$\sum M_p$: jumlah momen pasif (kN/m).

$\sum M_A$: jumlah momen aktif (kN/m).

2) Dihitung stabilitas terhadap geser dengan rumus :

$$SF = \frac{F}{\sum E_A} \quad (21)$$

dengan : F : gaya yang melawan (kN).

SF : angka aman (1,3 - 1,5).

$\sum E_A$: jumlah gaya geser (kN).

3) Dihitung stabilitas terhadap kuat dukung tanah dengan rumus :

$$\sigma_{ult} = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (22)$$

dengan : σ_{ult} : kuat dukung tanah (kN/m^2).

c : kohesi tanah di bawah pondasi (kN/m^2).

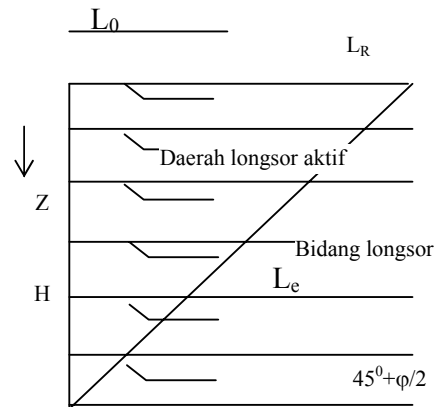
q : beban (kN/m^2).

γ : berat isi tanah (kN/m^3).

B : lebar pondasi (m).

N_c, N_q, N_γ : koefisien-koefisien kuat dukung yang merupakan fungsi dari sudut geser dalam dari tanah. (Nilai-nilai faktor kuat dukung Terzaghi)

Diagram analisis stabilitas untuk perkuatan tanah dengan geotekstil dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. Analisis stabilitas untuk perkuatan dengan geotekstil (Sumber Suryolelono, 2000)

dengan : L_0 : panjang *overlap* (m).

L_R : panjang geotekstil di depan bidang longsor (m).

L_e : panjang geotekstil di belakang bidang longsor (m).

H : kedalaman lapisan geotekstil yang digunakan (m).

Z : tebal perlapis geotekstil yang digunakan (m).

φ : sudut gesek internal tanah (...°).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan pengambilan tanah di Wanareja, Cilacap (KM 89+150 dari Cilacap). Selanjutnya dilakukan pengeringan dan penyaringan tanah lolos No. 4 dan setelah itu dilakukan uji sifat fisis tanah meliputi: kadar air, *Atterberg limit, standard Proctor*. Hasil uji *standard Proctor* dengan kadar optimum digunakan untuk pembuatan sampel pengujian *California Bearing Ratio (CBR)* dan *direct Shear*. Selanjutnya dilakukan analisis sifat fisis dan mekanis tanah, yang selanjutnya digunakan untuk merencanakan perkuatan tanah dengan geotekstil, dan diampilah suatu kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisis tanah

Hasil uji sifat fisis tanah meliputi : *sgravity*, kadar air (%), dan berat volume tanah dan batas konsistensi dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Nilai *specific gravity*, kadar air dan berat volume tanah jenuh

Kedalaman (m)	<i>Specific gravity</i>	Kadar air (%)	Berat volume tanah jenuh (gr/cm ³)
-1,00	2,5124	15,697	1,6794
-2,00	2,4637	17,541	1,6642
-3,00	2,4074	23,075	1,5961

Tabel 7. Nilai batas konsistensi tanah Wanareja.

Percobaan	Kedalaman -1,00 m (%)	Kedalaman -2,00 m (%)	Kedalaman -3,00 m (%)
LL	63,000	73,000	79,500
PL	52,900	62,530	59,800
SL	29,870	29,875	25,000
IP	10,100	10,470	19,700

Klasifikasi tanah.

Berdasarkan nilai batas konsistensi dan % lolos saringan No 200, maka menurut klasifikasi *USCS (Unified Soil Classification System)* maka jenis tanah adalah MH atau OH, sedangkan menurut *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)*. Tanah tersebut termasuk dalam kelompok A-7-6 tanah berlempung dengan penilaian tanah dasar sedang sampai buruk.

Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Pengujian geser dilakukan terhadap benda uji pada kadar air optimum dan kadar air untuk γ *dry* maksimum. Nilai kohesi dan sudut gesek dalam tanah dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai sudut gesek dan kohesi tanah Wanareja (KM 89+150)

Kedalaman (m)	Kohesi tanah (c) (kg/cm ²)	Sudut gesek (θ) (°)
-1,00	0,171	30,529
-2,00	0,191	29,017
-3,00	0,204	25,106

CBR (California Bearing Ratio)

Uji *CBR* yang dilakukan adalah *CBR soaked* dengan kadar air optimum pada kedalaman -1,00m, karena secara visual tanah sama dengan kedalaman -0,5m; -0,75m; dan -1,00m. Tahap awal pada percobaan *soaked California Bearing Ratio* adalah

perendaman sampel yang telah dipadatkan, tujuannya untuk mengetahui persentase pengembangan tanah yang terjadi.

Setelah mengalami perendaman kurang lebih empat hari, guna mengetahui persentase pengembangan, sampel tanah dipenetrasi untuk mengetahui nilai *CBR*nya. Hasil penetrasi dalam penelitian menunjukkan bahwa pada kedalaman -0,50m masuk dalam kriteria umum batas *CBR* yaitu >5,0% sedangkan kedalaman -0,75m dan kedalaman -1,00m

tidak masuk dalam kriteria umum batas nilai *CBR*. Nilai pengembangan dan *CBR* dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai *CBR* dan pengembangan

Kedalaman (m)	Nilai <i>CBR</i> (%)	Pengembangan (%)
-0,50	5,222	129,115
-0,75	3,644	60,979
-1,00	2,550	322,643

Hasil uji tanah asli baik hasil uji sifat fisis maupun mekanis, dapat disimpulkan bahwa tanah dasar tidak baik apabila digunakan sebagai landasan jalan raya. Oleh karena itu diperlukan perbaikan pada tanah tersebut. Perbaikan yang dilakukan yaitu dengan menggunakan geotekstil.

Penanganan Kelongsoran dengan Geotekstil *Woven*.

Salah satu penanganan kelongsoran pada jalan raya adalah dengan menggunakan geotekstil sebagai bahan perkuatan. Penanganan kelongsoran dengan geotekstil merupakan upaya menstabilkan tanah dasar tersebut.

Kedalaman tanah yang diperkuat dengan geotekstil adalah 2,0 m. Jenis geotekstil yang digunakan *woven* tipe WG 350. Nilai kohesi dan sudut gesek dalam tanah yang digunakan dalam perencanaan adalah data hasil uji laboratorium, sedangkan besarnya nilai beban merata total (q) hasil perhitungan adalah sebesar 26,148 ton/m. Setelah ditinjau terhadap stabilitas gaya – gaya internal didapatkan panjang geotekstil yang digunakan, seperti terlihat pada Tabel 10.

Selain ditinjau terhadap gaya internal juga ditinjau terhadap stabilitas gaya – gaya eksternal yang terdiri dari stabilitas terhadap momen, gaya geser dan kuat dukung tanah dasar.

Tabel 10. Analisis panjang geotekstil yang dibutuhkan

Lapis No	Kedalaman (Z) (m)	Jarak antar lapis (S_v) (m)	Panjang geotekstil di depan bidang longsor (L_R) (m)	Lmin (m)	Panjang geotekstil di belakang bidang longsor L_e (m)	Ltotal (m)	Dipakai L (m)
9	0,2	0,2	1,047	1	0,963	2,010	5
8	0,4	0,2	0,931	1	0,890	1,821	5
7	0,6	0,2	0,814	1	0,829	1,643	5
6	0,8	0,2	0,698	1	0,777	1,475	5
5	1,0	0,2	0,582	1	0,732	1,314	5
4	1,2	0,2	0,465	1	0,693	1,158	5
3	1,4	0,2	0,349	1	0,659	1,008	5
2	1,6	0,2	0,233	1	0,629	0,862	5
1	1,8	0,2	0,116	1	0,602	0,718	5
0	2,0	0,2	0,000	1	0,577	0,577	5

1. Stabilitas terhadap momen

Hasil perhitungan momen terhadap gaya aktif dan pasif adalah $\sum M_p = 41,985$ t.m dan $\sum M_A = 13,316$ t.m, sehingga didapatkan nilai SF terhadap momen sebagai berikut :

$$SF = \frac{\sum M_p}{\sum M_A} = \frac{41,985}{13,316} = 3,153 > 1,5 \quad \text{OK}$$

dengan :

$\sum M_p$ = momen akibat gaya pasif total (ton.m)

$\sum M_A$ = momen akibat gaya aktif total (ton.m)

2. Tinjauan stabilitas terhadap geser.

Hasil perhitungan didapatkan gaya geser : $\sum E_A = 13,693$ ton, sedangkan gaya yang melawan : $F = F_1 + F_2 = 12,663 + 320,268 = 32,931$ ton, maka didapatkan nilai SF terhadap gaya geser sebagai berikut :

$$SF = \frac{F}{\sum E_A} = \frac{32,931}{13,693} = 2,405 > 1,5 \quad \text{OK}$$

F_1 : gaya akibat lebar perkuatan = 5m.

F_2 : gaya akibat tanah selebar = 5,6m (lebar jalan dalam penelitian).

3. Stabilitas terhadap kuat dukung tanah.

Konstruksi langsung menumpang di atas permukaan tanah $D = 0$, sehingga didapatkan nilai kuat dukung ultimit sebagai berikut :

$$\sigma_{ult} = c.N_c + q.N_q + 0,5.\gamma.B.N\gamma$$

$$= 2,044 \times 25,357 + 0 + 0,5 \times 1,5961 \times 5 \times 9,912$$

$$= 91,381 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{terjadi} = H.\gamma + q$$

$$= 2 \times 1,6794 + 26,148$$

$$= 29,507 \text{ ton/m}^2$$

$$SF = \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{terjadi}} = \frac{91,381}{29,507} = 3,097 > 2,0 \quad \text{OK}$$

KESIMPULAN

- Hasil uji penelitian tanah dasar menunjukkan bahwa tanah Wanareja berjenis lempung sehingga tidak baik untuk pembangunan jalan raya, dimana dapat terjadi kelongsoran. Penanganan kelongsoran dengan geotekstil merupakan upaya menstabilkan tanah dasar tersebut.
- Besarnya momen akibat gaya pasif ($\sum M_p$) = 41,985 ton.m > momen akibat gaya aktif ($\sum M_A$) = 13,316 ton.m, dengan SF = 3,153 > 1,5
- Nilai gaya geser (F) = 32,931 ton > gaya yang melawan ($\sum E_A$) = 13,693 ton, dengan SF = 2,405 > 1,5.
- Besarnya kuat dukung tanah (σ_{ult}) = 91,381 ton/m² > $\sigma_{terjadi}$ = 29,507 ton/m², dengan SF = 3,097 > 2,0.
- Berdasarkan perhitungan terhadap stabilitas momen, stabilitas geser dan stabilitas kuat dukung tanah sebagaimana yang tercantum di atas maka Geotekstil woven tipe WG 350 layak digunakan sebagai perkuatan pada ruas jalan Majenang – Wanareja Cilacap.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim, 2000, *Geosynthetic's Specialist Design – Supply – Install*, PT. Geoworks Indonesia.
- Ananto.L. dan Pramudiyato.P.H, 2003, *Identifikasi Tanah Cepu (Penelitian Tanah di Kec. Randublatung pada Km. 25+600 Cepu dan Duplang pada Km. 33+200)*.
- Zulianti.R.W, 2003, *Analisa Tingginya Tingkat Kecelakaan Pada Ruas Jalan Surakarta-Purwodadi Ditinjau Dari Aspek Geometrik Jalan*.
- Bowles, E. Joseph,1983, *Analisa dan Desain Pondasi*, Jilid I , Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Bowles, E. Joseph , 1992, *Engineering Properties of Soil and Their Measurement Fourth Edition*, International Edition.
- Bowles, E. Joseph,1986, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das Braja M. dan Mochar N.E,1989, *Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik* , Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C, 1992, *Mekanika Tanah I*, P.T. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Hardiyatmo, H. C. 1996, *Teknik Pondasi I*, P.T. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C, 2002, *Mekanika Tanah I, Edisi-3*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Mekarsari.S.E, 2000, *Evaluasi Penanggulangan Longsoran pada Ruas Jalan Wirosari – Cepu (STA 02+362 – STA 03+350)*
- R.F. Craig dan Susilo, Budi, 1989, *Mekanika Tanah* , Edisi keempat, Erlangga, Jakarta.
- Sasatrodarsono, Suyono, dan Nakazawa Kazuto,1984, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi* , PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Smith, M.J. dan Madyayant, Elly, 1984, *Mekanika Tanah, Sari Pedoman Godwin*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Suryolelono, K. Basah, 2000, *Geosintetik Geoteknik*, Penerbit Nafiri, Yogyakarta.
- Widiyanto.A,1993,*Evaluasi Kelongsoran Subgrade Jalan Raya Ruas Jalur Purwodadi-Semarang KM SMG 47±650 – KM SMG 48±700*.
- Wesley, L.D.,1997, *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Ilmu, Jakarta.
- Widodo. S, 1998, *Analisa Struktur Jembatan*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.