

Konsep Desain Geosynthetics Untuk Konstruksi Jalan *(Geosynthetics Design Concept for Road Construction)*

Gouw Tjie-Liong

Ir. M.Eng (AIT), Certified Geotechnical Consultant (G2 –HATTI)

Email: geotech@cbn.net.id

ABSTRAK: Dalam dua decade terakhir ini, teknologi geosintetik telah banyak diterapkan di Indonesia. Teknologi ini digunakan untuk mengatasi permasalahan konstruksi geoteknik pada tanah-tanah yang bermasalah (difficult soil), diantaranya diterapkan untuk: dinding penahan tanah, stabilisasi lereng, perkuatan timbunan (embankment), perkuatan pondasi, filtrasi, drainase, pelapis kedap air dan lain sebagainya. Namun demikian, terlepas dari penerapan teknologi geosintetik yang meluas itu, tidak banyak dijumpai artikel berbahasa Indonesia yang membahas tentang konsep perencanaan geosintetik tersebut. Sesuai dengan tema seminar "Penerapan Geosintetik Pada Konstruksi Jalan di Indonesia" ini, penulis mencoba membahas tentang konsep perencanaan geosintetik terutama dalam kaitannya dengan perkuatan konstruksi jalan.

Kata Kunci: tanah lunak geosintetik, perkuatan jalan,

ABSTRACT: *Ever since the introduction of Geosynthetics in Indonesia in the mid 1980s, it has been widely accepted as one of the alternatives to solve problematic soils. It has been implemented for earth retaining walls, slope stabilization, road embankments, foundation soils, road construction, filtration, drainage, lining, etc. However, not much design guideline, especially in Indonesian language, is available. In conjunction with the seminar on Road Construction in Indonesia with Special Reference to the Role of Geosynthetics, this paper tries to discuss A Design Concept on The Application of Geosynthetics for Road Construction.*

Keywords: soft soil, geosynthetics, road construction

1. PENDAHULUAN

Di dalam dunia struktur kita mengenal material beton yg dapat menerima beban tekan dan material baja yang dapat menerima beban tarik. Kombinasi kedua material tersebut menghasilkan material beton bertulang yang dapat memikul gaya tekan dan gaya tarik dengan baik.

Di dalam dunia geoteknik kita juga mengenal konsep serupa. Kita mengetahui bahwa material tanah, sesuai dengan karakteristik kepadatannya masing-masing, dapat menerima beban kompresi dengan cukup baik. Namun, terlepas dari tingkat kepadatannya, material tanah sangat lemah dalam memikul gaya tarik. Tidak selamanya konstruksi geoteknik hanya memikul gaya tekan, bahkan hampir selalu dijumpai gaya-gaya tarik yang perlu dipikul. Untuk itu diperlukan sesuatu bahan yang dapat ditanamkan ke dalam tanah untuk memikul gaya tarik. Secara tradisional kita juga menggunakan pembesian untuk memikul gaya tarik tersebut, diantaranya dengan menggunakan jangkar tanah dan/atau soil nailing, tidak jarang juga digunakan material kayu dan bambu untuk memikul gaya tarik yang timbul dalam konstruksi jalan atau timbunan.

Pada awal tahun 1980an dikembangkan teknologi geotekstil, suatu material yang terbuat dari bahan polymer/polyester dan dirajut seperti layaknya pembuatan tekstil; karena digunakan untuk konstruksi di dalam tanah disebut dengan nama geotekstil. Pada awalnya bahan ini hanya digunakan untuk filtrasi dan separasi yaitu sebagai pengganti bahan granular (pasir dan

kerikil), namun kemudian geotekstil yang dapat memikul gaya tarik dengan cukup baik ini dicoba untuk digunakan sebagai perkuatan dalam konstruksi jalan dan konstruksi-konstruksi geoteknik lainnya.

Ternyata kemudian, kombinasi antara material tanah (yang baik dalam memikul gaya tekan tapi lemah dalam gaya tarik) dengan material geotekstil (yang baik dalam memikul gaya tarik tapi lemah dalam memikul gaya tekan) ini berhasil dengan baik. Teknologi ini kemudian berkembang dengan pesat. Timbullah material konstruksi sejenis dengan segala variannya yang dikenal dengan nama: geotekstil, geogrid, geonet, geomembran, geopipe, geofoam, geokomposit, dll, yang fungsinya terutama sebagai: filtrasi, separasi, drainase, pelapis kedap air dan perkuatan. Semua bahan itu kemudian dikenal dengan nama: Geosintetik.

Teknologi geosintetik ini kini merupakan salah satu alternatif solusi dalam dunia geoteknik, diantaranya untuk: perkuatan dinding penahan tanah, stabilisasi lereng, perkuatan badan jalan, pondasi, penahan erosi, penahan abrasi pantai, dll.

Sesuai dengan tema seminar "Penerapan Geosintetik Pada Konstruksi Jalan di Indonesia" ini, makalah ini hanya akan membahas tentang konsep perencanaan dan hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan geosintetik untuk pembuatan jalan, terutama dalam fungsi geosintetik sebagai perkuatan.

2. KONSEP PERENCANAAN

Di dalam konstruksi jalan, ketebalan badan jalan (lapisan base dan subbase) pada dasarnya ditentukan oleh besarnya beban kendaraan yang harus dipikul dan kekuatan tanah dasar (subgrade) dari jalan.

Berdasarkan konsep sebaran beban, beban roda dipermukaan jalan disebarkan oleh badan jalan (lapisan base dan sub-base) ke tanah dasar (subgrade), dan tekanan yang terjadi di permukaan tanah dasar (subgrade) adalah sbb:

$$p_s = \frac{p_w \cdot B \cdot L}{(B + 2h \tan \alpha)(L + 2h \tan \alpha)} \quad (1)$$

dengan:

- p_w = tekanan roda di permukaan perkerasan
- p_s = tekanan roda (beban) di permukaan subgrade
- B, L = lebar dan panjang bidang kontak roda
- h = ketebalan lapisan base dan sub-base
- α = sudut sebaran beban (antara $30^\circ - 45^\circ$)
- P = beban roda = $p_w \cdot B \cdot L$

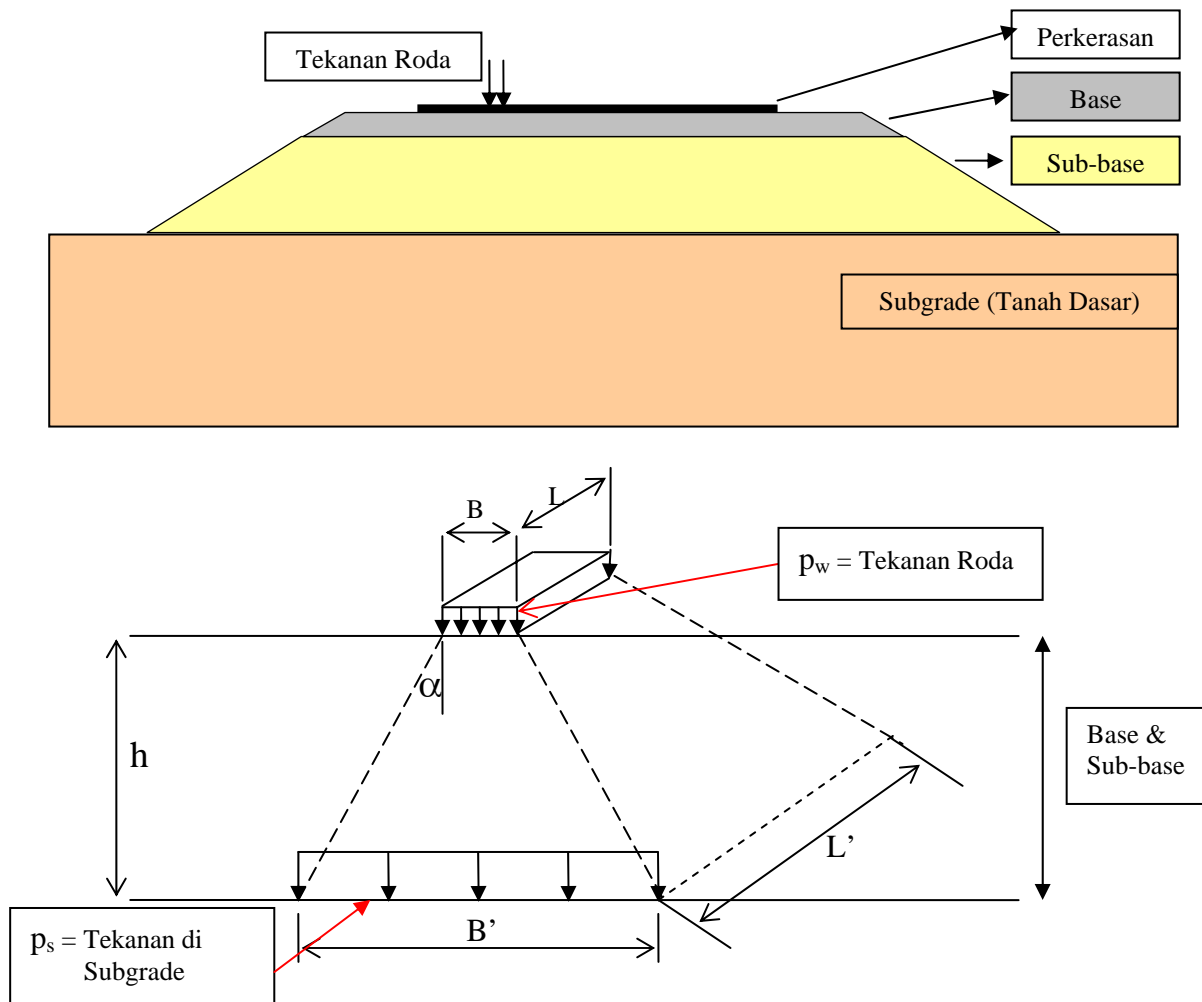
Beban total yang bekerja di permukaan subgrade adalah kombinasi dari beban mati berupa, berat konstruksi jalan plus beban hidup yang timbul dari tekanan ban, dengan demikian beban total yang bekerja dipermukaan subgrade adalah:

$$p = p_s + \gamma h \quad (2)$$

dengan:

- p = beban konstruksi jalan plus tekanan roda di permukaan subgrade
- γ = berat isi (*unit weight*) konstruksi jalan
- h = ketinggian konstruksi jalan

catatan: bilamana berat isi base dan sub-base berbeda, maka tentunya formula (2) diatas harus disesuaikan dengan mengambil berat isi dan ketinggian masing-masing lapisan untuk menghitung berat sendiri konstruksi jalan.



Gambar 1 - Sebaran Beban Melalui Badan Jalan ke Tanah Dasar

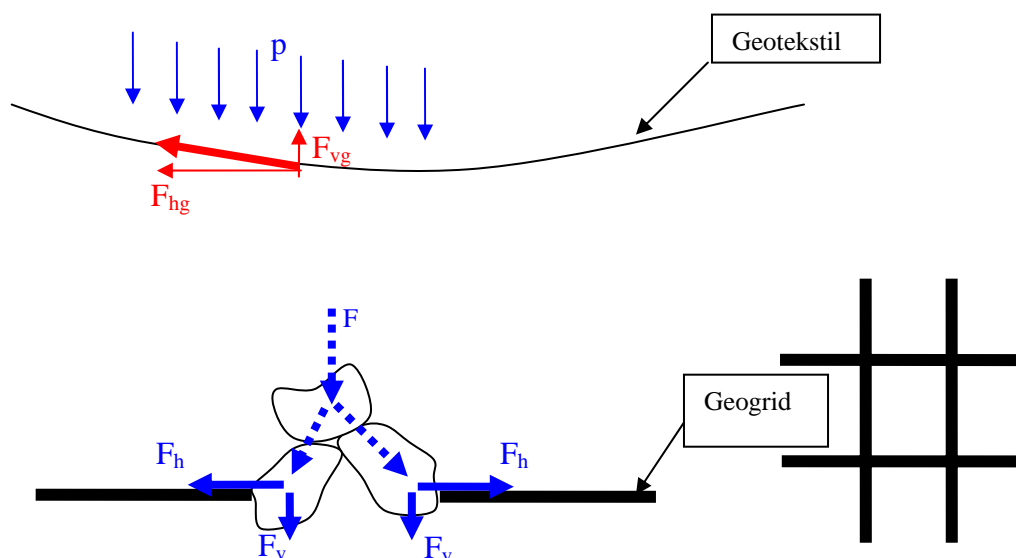
Beban p di permukaan subgrade ini harus didukung dengan daya dukung dari subgrade. Bila tanah subgrade berupa tanah lempung dan lanau lunak, maka dalam kondisi undrained, daya dukung ijin subgrade adalah sbb:

$$q_{ijin} = \frac{5.14S_u}{F_k} + \gamma h \quad (3)$$

- dengan:
- q_{ijin} = daya dukung ijin subgrade
 - S_u = kohesi undrained tanah (lempung)
 - F_k = faktor keamanan daya dukung tanah (biasanya diambil sebesar 2 atau 3)

Untuk konstruksi jalan tanpa menggunakan geosintetik, ketinggian konstruksi jalan (lapisan base dan subbase) dapat dihitung dengan menyamakan persamaan (2) dengan (3).

Konstruksi jalan yang melalui tanah lunak umumnya memerlukan ketebalan lapisan base dan subbase yang cukup besar. Sedangkan kita juga tahu bahwa semakin tinggi lapisan konstruksi jalan semakin besar pula beban yang harus dipikul lapisan subgrade. Permasalahannya, daya dukung tanah lunak sering kali sangat kecil dan tidak memadai. Dan kalau dipaksakan maka konstruksi jalan umumnya tidaklah baik, kedalaman alur (*rut depth*) yang terbentuk sangat besar dan jalan menjadi mudah rusak. Sebelum teknologi geosintetik ditemukan, untuk mengatasi permasalahan ini, alternatif yang dimiliki adalah menggali tanah subgrade dan menggantikannya dengan tanah yang lebih baik, atau melakukan perbaikan tanah, misalnya dengan teknologi *soil-cement* atau dengan mencampur tanah subgrade dengan batu kapur, dll. Setelah geosintetik ditemukan dan diterapkan di lapangan ternyata bahwa geosintetik ini sangat menolong dalam mengurangi ketebalan lapisan konstruksi jalan. Bagaimana cara kerja geosintetik yang umumnya digelar antara lapisan sub-base dengan lapisan subgrade ini?



Gambar 2 - Mekanisme Kerja Perkuatan Geotekstil dan Geogrid

Gambar 2 menunjukkan mekanisme kerja perkuatan geosintetik yang digelar di antara lapisan sub-base dan subgrade. Ada perbedaan mekanisme kerja antara geotekstil dan geogrid.

2.1 Perkuatan dengan Geotekstil

Untuk geotekstil (yang berbentuk lembaran), beban kerja menimbulkan deformasi pada geotekstil. Deformasi ini menyebabkan geotekstil tertarik dan reaksi berupa gaya tarik pada geotekstil. Komponen vertikal dari gaya tarik geotekstil, F_{vg} , ini pada gilirannya mengeliminasi sebagian beban yang bekerja, dengan demikian gaya yang harus dipikul subgrade menjadi lebih kecil dan ketebalan konstruksi jalan dapat dikurangi. Mekanisme kerja pada perkuatan dengan geotekstil ini dikenal dengan nama efek kurva (*curvature effect*) atau juga dikenal dengan nama efek membran. Tanpa analisa dengan menggunakan metoda elemen hingga sangat sulit untuk memperkirakan besarnya deformasi yang terjadi pada geotekstil dan otomatis sulit untuk memperkirakan besarnya gaya F_{vg} . Salah satu literatur (Koerner, 2005) merekomendasikan pendekatan sebagai berikut:

$$F_{vg} = \frac{E\varepsilon}{a\sqrt{1 + \left(\frac{a}{2S}\right)^2}} \quad (4)$$

dengan: F_{vg} = daya dukung geotekstil (komponen gaya vertikal geotekstil)
 E = modulus kekakuan (*stiffness*) geotekstil
 ε = regangan geotekstil
 S = penurunan dibawah roda (kedalaman alur roda / *rut depth*)
 $a = 0.5 B'$ = faktor geometrik (lihat Gambar 1) = $a = \frac{B + 2h \tan \alpha}{2}$

Ketebalan lapisan base dan sub-base dengan menggunakan perkuatan geotekstil ini kemudian dihitung dengan menyamakan persamaan² di atas sebagai berikut:

$$q_{ijin} = p - F_{vg} \text{ persamaan (3) = (2) - (4)} \quad (5)$$

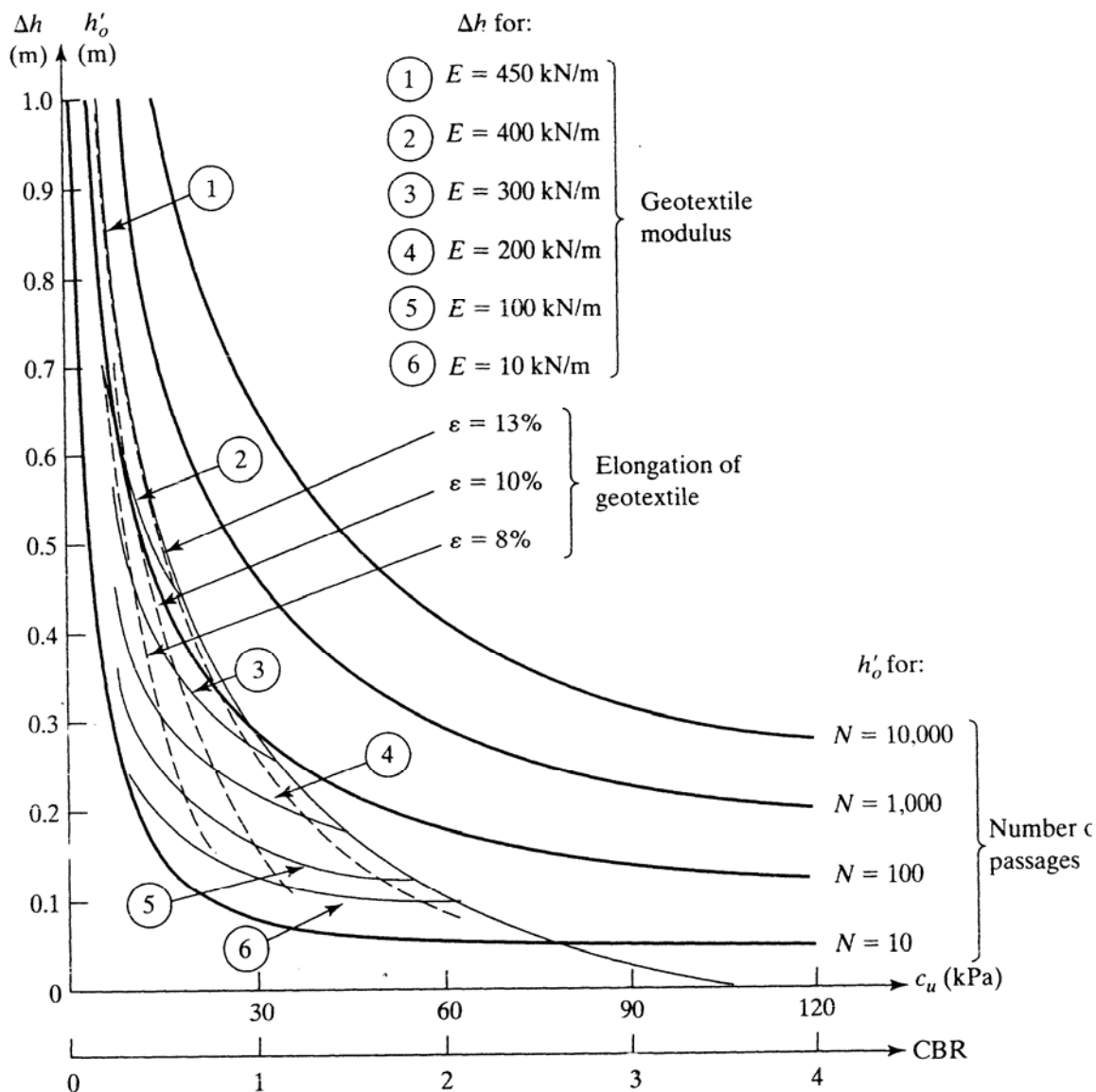
$$\frac{5.14S_u}{F_k} = \frac{p_w \cdot B \cdot L}{(B + 2h \tan \alpha)(L + 2h \tan \alpha)} - \frac{E\varepsilon}{a\sqrt{1 + \left(\frac{a}{2S}\right)^2}} \quad (6)$$

Berdasarkan rumus-rumus di atas Giroud dan Noiray, membuat desain chart seperti diperlihatkan dalam Gambar 3 di bawah ini. Arti notasi yang digunakan dalam desain chart dalam Gambar 3 tersebut adalah:

h_o' = ketebalan lapisan aggregate (lapisan base dan sub-base) bila tanpa perkuatan geotekstil
 Δh = ketebalan lapisan aggregate (lapisan base dan sub-base) yang bisa dihemat bila digunakan geotekstil
 $c_u = S_u$ = Kuat geser undrained subgrade
 CBR = Nilai CBR (California Bearing Ratio) subgrade
 E = Modulus kekakuan geotekstil
 ε = Regangan Geotekstil
 N = jumlah lintasan kendaraan

Contoh penggunaan desain chart:

- Desain jalan untuk 10.000 lintasan, beban gandar 80 kN, kedalaman alur (*rut depth*) 30cm, tekanan angin roda 480kPa, subgrade berupa tanah lunak dengan nilai CBR =1; modulus kekakuan geotekstil 100 kN/m. Tentukan ketebalan lapisan aggregate (base dan sub-base) yang diperlukan.
- Gunakan desain chart pada Gambar 3:
 - Dari CBR = 1, $N = 10.000$ lintasan, didapatkan $h_o' = 67$ cm
 - Dari CBR = 1, $E = 100$ kN/m, didapatkan $\Delta h = 17$ cm
 - Maka ketebalan lapisan aggregate yang diperlukan adalah: $h = h_o' - \Delta h = 67 - 17 = 50$ cm
 - Terlihat bahwa ada penghematan ketebalan aggregate sebesar $17/67 = 25\%$

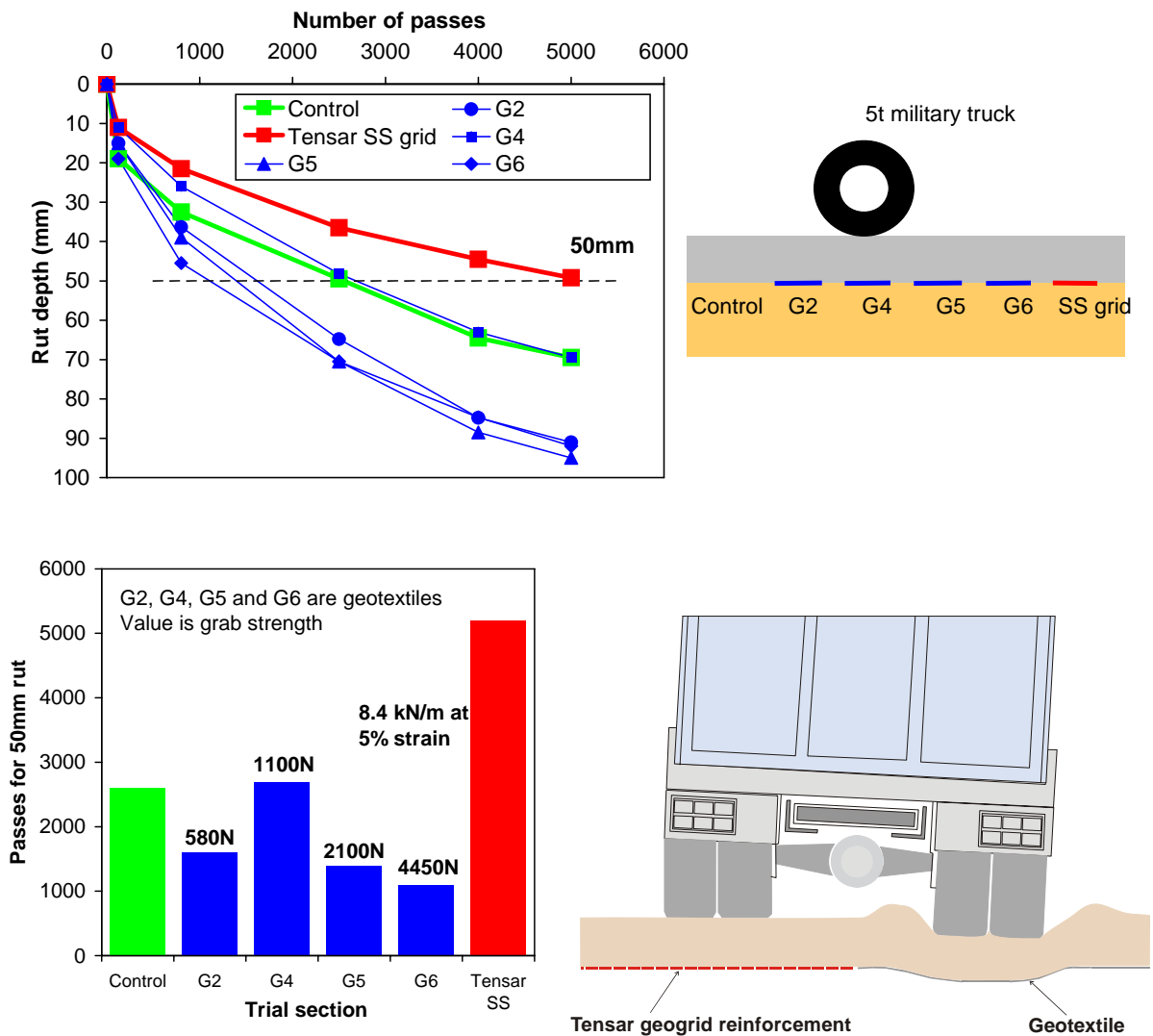


Gambar 3 – Desain Chart untuk Konstruksi Jalan dengan Perkuatan Geotextile
 (untuk beban gandar = 80 kN; tekanan angin roda = 480kPa; kedalaman alur = 0.3m)

2.2 Perkuatan dengan Geogrid

Mekanisme kerja geogrid sebagai perkuatan jalan berbeda dengan cara kerja geotekstil. Geogrid yang berbentuk lembaran seperti jaring – jaring bekerja lebih kurang dengan cara seperti ditunjukkan dalam Gambar 2. Gaya yang bekerja diterima lapisan aggregate. Lapisan aggregate yang menerima gaya ini akan berdeformasi, terdorong ke arah vertikal dan lateral. Pergerakan lateral aggregate yang terjebak dalam jaring-jaring geogrid tertahan oleh kekuatan jaring-jaring geogrid tersebut. Mekanisme ini dikenal dengan nama *confinement effect*. Disamping *confinement effect* tersebut juga ada efek membrane sebagaimana pada geotekstil. Persisnya mekanisme kerja perkuatan geogrid ini amat kompleks dan sulit dikuantifikasi secara matematis. Karena itu, hingga saat ini desain perkuatan jalan dengan geogrid ini pada umumnya didasarkan atas percobaan laboratorium ataupun percobaan lapangan.

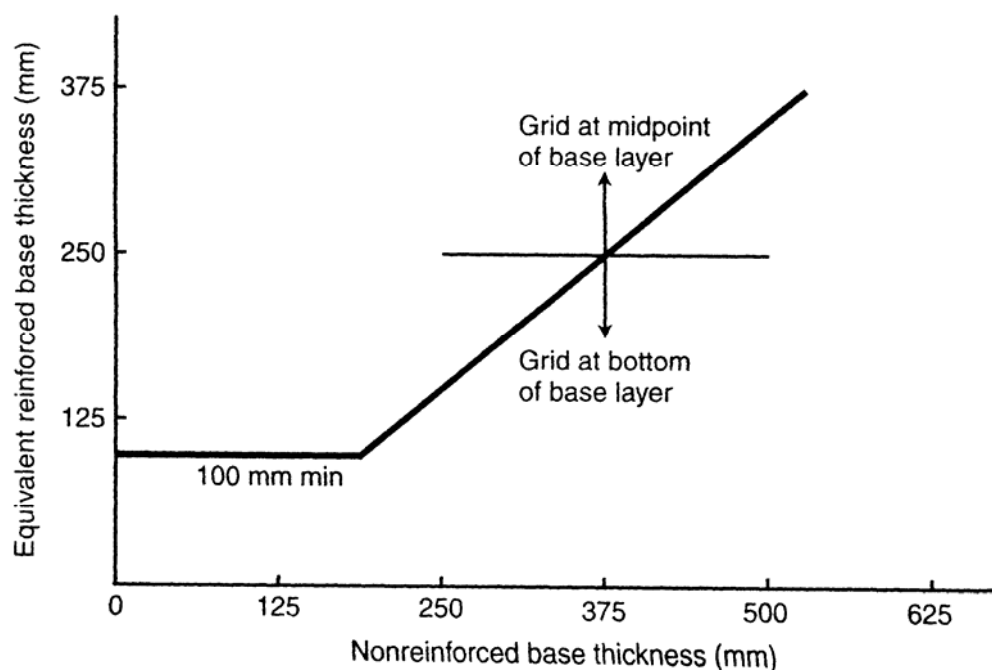
Gambar 4 di bawah ini menunjukkan salah satu percobaan yang dilakukan di lapangan. Percobaan pada umumnya dilakukan dengan memasang geogrid diantara lapisan sub-base dan lapisan subgrage. Berdasarkan percobaan seperti ini dapat dioptimalkan berapa ketebalan lapisan base dan sub-base jalan untuk perkuatan dengan geogrid tertentu.



Gambar 4 – Contoh Pengujian Perkuatan Geogrid di Lapangan (Sumber: Tensar International)

Berdasarkan percobaan seperti diatas, dapat diturunkan desain chart seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 5 di bawah ini.

Untuk menggunakan desain chart diatas, tentukan dahulu ketebalan lapisan aggregate (base dan sub-base) bila tidak ada perkuatan Geogrid. Dalam hal ini gunakan rumus-rumus pada persamaan (1), (2) dan (3). Berdasarkan ketebalan tanpa perkuatan ini (*non reinforced base thickness*), gunakan desain chart diatas untuk menentukan ketebalan lapisan aggregate bila digunakan lapisan geogrid (*equivalent reinforced base thickness*). Perlu diingatkan disini bahwa desain chart seperti Gambar 5 ini di atas didasarkan atas percobaan dengan menggunakan geogrid tertentu, jadi tidak dapat diaplikasikan begitu saja untuk geogrid jenis lain.



Gambar 5 – Contoh Desain Chart untuk Perkuatan dengan Geogrid HDPE (Carroll et al, 1989)

3. PENUTUP

Dengan segala keterbatasan yang ada, tulisan diatas mencoba membahas tentang latar belakang teori perkuatan konstruksi jalan pada tanah lunak dengan menggunakan perkuatan geosintetik.

Pada perkuatan dengan geotekstil, teori yang ada dapat dikatakan cukup memadai. Namun, hingga saat ini, sepanjang pengetahuan penulis, belum ada desain chart yang baku yang bisa diterapkan untuk segala jenis geogrid. Pada umumnya desain chart yang ada masih bersifat empiris dan/atau berdasarkan percobaan di laboratorium ataupun di lapangan.

Sebagai kata akhir, karena keterbatasan teori-teori dan desain chart yang ada, dalam desain perkuatan jalan dengan menggunakan geosintetik dianjurkan untuk meminta advis dari tenaga ahli geoteknik dan juga tenaga ahli dari supplier geosintetik yang akan dipakai.

DAFTAR PUSTAKA

Barksdale R.D., Brown F.S. and Chan F. (1989), *Potential Benefits of Geosynthetics in Flexible Pavement Systems*, Report 315, Transportation Research Board, Washington DC, USA.

Carroll R.G. Jr, Walls J.G. and Haas R. (1987), *Granular Base Reinforcement of Flexible Pavements Using Geogrids*, Proc.of the Geosynthetics '87 Conference, IFAI, 1987, pp. 46-57.

Giroud J.P. and Noiray L. (1981), *Design of Geotextile Reinforced unpaved Roads*, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, vol. 107, no. GT9, September 1981, pp. 1233-1254.

Koerner R.M. (2005), *Designing With Geosynthetics, 5th Edition*, Pearson Prentice Hall, New Jersey, USA

Richardson H.H. et al (1988), *Soil Mechanics in Engineering Practice*, Report 1188, Transportation Research Board, Washington DC, USA.

Tensar International, *The Properties and Performance of Tensar Biaxial Geogrids*.