

PEMAHAMAN SIFAT- SIFAT GEOTEKSTIL DALAM REKAYASA GEOTEKNIK PADA BANGUNAN SIPIL

Fathurrozi ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banjarmasin

Ringkasan

Kata kain (fabric) dan geotekstil (geotextile) dapat saling tertukar. Umumnya kain dari bahan polymer yang dipakai untuk aplikasi proyek pembangunan ini sering disebut geotekstil. Karena tipe geotekstil yang sangat banyak, maka aplikasi harus mempertimbangkan fungsi dari material ini terhadap macam struktur yang akan dirancang. lima sifat polymer sebagai bahan dasar material geosintetik meliputi: sifat fisik, sifat mekanik, sifat hidrolis, sifat ketahanan, dan sifat degradasi. Dalam tulisan ini akan membahas pemahaman sifat-sifat geotekstil dalam rekayasa geoteknik pada bangunan sipil.

Kata Kunci : Sifat-sifat Geotekstil, Rekayasa Geoteknik

1. PENDAHULUAN

Geotekstil adalah material lembaran yang dibuat dari bahan tekstil polymeric, bersifat lolos air, yang dapat berbentuk bahan nir-anyam (*non woven*), rajutan atau anyaman (*woven*) yang digunakan dalam kontak dengan tanah / batu dan atau material geoteknik yang lain di dalam aplikasi teknik sipil.

Geotekstil umumnya dibuat dari polymer polypropylene (beberapa dibuat dari polyester atau polyethylene), yang dibuat dalam bentuk fiber-fiber, atau benang-benang, dan akhirnya dipakai untuk membuat lembaran kain anyam (*woven*) atau nir-anyam (*non, woven*). Ketika kain tekstil ini diletakkan di dalam tanah, maka disebut geotekstil.

2. SIFAT-SIFAT FISIK

Sifat-sifat fisik dari geotekstil terdiri dari massa per satuan luas (berat), berat jenis, kekakuan dan tebalnya.

Massa Per Satuan Luas

Massa per satuan luas (berat) dari geosintetik dinyatakan dalam satuan gram per meter persegi (g/m^2). Geotekstil yang massa per satuan luasnya ringan digunakan sebagai pemisah, sedangkan yang lebih berat, biasanya tipe anyam, digunakan sebagai perkuatan/tulangan. Geotekstil nir-anyam yang massa per satuan luasnya besar umumnya berfungsi sebagai filter. Prosedur pengujian dilakukan dengan mengacu pada ASTM D5261.

Berat Jenis (Specific Gravity)

Berat jenis didefinisikan sebagai rasio berat volume bahan tanpa rongga terhadap berat volume air (destilasi tanpa udara) pada su-

hu $4^{\circ}C$. Berat jenis fiber-fiber bahan geotekstil adalah berat jenis dari polymer pengisinya (ASTM D792 atau D1505). Beberapa nilai tipikal berat jenis bahan polymer yang dipakai untuk geotekstil dan bahan lain sebagai pembandingan, yaitu (Koerner, 2005): Polyester = 1,22 sampai 1,38; Polyethylene = 0,96~0,90; Polypropylene = 0,91; Polyvinyl chloride = 1,69; Nylon = 1,14~1,05; Kapas (*cotton*) = 1,55; Polyvinyl chloride = 1,69; Baja = 7,87; Tanah/batuan = 2,9~2,4; Kaca = 1,55.

Kadar air (kelembaban) hanya berpengaruh kecil pada kekuatan geotekstil, hanya polyolefins (polypropylene dan polyethylene) mempunyai berat jenis lebih ringan dari air (berat jenis polypropylene = 0,91 dan polyethylene = 0,96 - 0,90). Polyester menyerap air paling sedikit, dan mempunyai temperatur leleh yang sangat tinggi, yaitu sekitar $163^{\circ} \sim 288^{\circ}C$.

Polyester mempunyai berat jenis lebih besar 1. Bahan-bahan yang mempunyai berat jenis < 1, akan mengapung bila berada di dalam air.

Kekakuan (Stiffness)

Dalam geosintetik, terdapat istilah kekakuan (*stiffness*) atau kelenturan (*flexibility*) yang dibedakan dengan istilah modulus. Modulus adalah kemiringan bagian awal dari kurva tegangan-regangan, sedang kekakuan geotekstil menyatakan ukuran interaksi antara berat geotekstil dan kekakuannya, yaitu ketika geotekstil melengkung oleh akibat beratnya sendiri. Sifat kekakuan ini penting, karena menunjukkan kemampuannya dalam menyesuaikan diri dengan permukaan tanah saat digelar. Jika geotekstil diletakkan pada tanah lunak, maka geotekstil dengan kekakuan yang

tinggi lebih dikehendaki. Prosedur uji kekakuan geotekstil tercantum dalam standar ASTM D1388.

Tebal

Tebal geotekstil adalah jarak antara bagian atas dan bagian bawah geotekstil, dan diukur di bawah tekanan tertentu. Prosedur pengujian untuk pengukuran tebal geotekstil tercantum dalam ASTM D5199. Untuk pengukuran tebal, besarnya tekanan pada geotekstil diperhatikan. Tekanan standar untuk mengukur tebal geotekstil adalah 2 kPa. Pengukuran tebal ini dilakukan dengan ketelitian 0,025 mm. Dalam praktek, kisaran tebal geotekstil, secara tipikal, adalah antara 0,25 mm ~ 3,5 mm (Koerner, 2005).

3. SIFAT-SIFAT MEKANIK

Sifat-sifat mekanik geotekstil terdiri dari kuat tarik dan kuat tarik serobot, kuat tarik terkekang, kemudahmampatan, kuat pelipit/jahitan, kuat lelah, kuat tumbuk, kuat jebol dan perilaku gesekan.

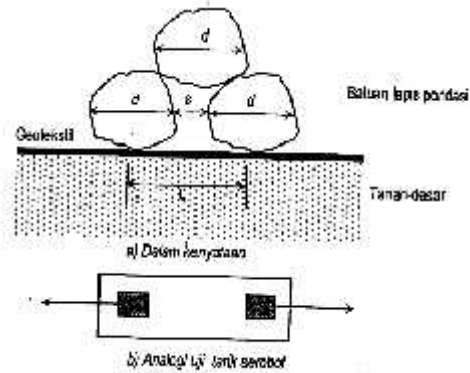
Kuat Tarik (Tensile Strength)

Bergantung pada penggunaannya, geotekstil harus mampu mendukung beban dan/atau mengalami deformasi. Beban akan menyebabkan deformasi, dan deformasi ini akan memobilisasi kuat tarik geotekstil. Kuat tarik geotekstil merupakan sifat penting yang diperlukan.

Berbagai macam kuat tarik geotekstil yang digunakan bergantung pada fungsi utama yang dituju, yaitu untuk perkuatan, pemisah, drainase atau filtrasi. Nilai kuat tarik dapat diperoleh dari uji tarik yang dilakukan sampai geotekstil mengalami kegagalan. Kuat tarik geotekstil searah dengan arah mesin pembuat (*machine direction* atau *warp*), umumnya lebih besar dari arah melintang mesin pembuatnya (*cross machine direction* atau *weft*). Prosedur uji kuat tarik melebar (*wide-width test*) geotekstil tercantum dalam ASTM D4595.

Kuat Tarik Serobot (Grab Tensile Strength)

Geotekstil, bila digunakan sebagai pemisah, salah satu gaya tarik yang bekerja adalah tarikan searah bidangnya. Dalam pekerjaan jalan, posisi geotekstil biasanya terjepit di antara agregat batuan lapis pondasi dan tanah dasar di bawahnya. Tegangan tarik searah bidang, terjadi bila agregat bagian atas yang dalam kontak dengan geotekstil dipaksa bergerak menyamping. Kondisi ini analog dengan gaya tarik akibat serobot (*grab*). Gambar 1 mengilustrasikan analogi gaya tarik pada geotekstil yang terjadi pada uji tarik serobot (*grab tensile test*) yang diberikan oleh Koerner (2005).



Gambar 1 Geotekstil mengalami tegangan tarik ketika beban bekerja di permukaan lapis pondasi (Koerner, 2005).

Bila diasumsikan $s = d/2$, dengan, d adalah diameter butiran, nilai regangan maksimum dapat dinyatakan oleh: $\epsilon = \Delta l/l_0 = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$

$$= \frac{\{d + 2(d/2)\} - 3(d/2)}{3(d/2)} \times 100\% = 33\%$$

Regangan geotekstil terjadi sebelum batuan mengalami penggelinciran, seperti pada kasus geotekstil nir-anyam. Nilai $s = 33\%$ diberikan oleh Koerner (2005) hanya berupa nilai hipotetikal. Untuk geotekstil anyam, nilai regangan 33% menjadi terlalu besar.

Gaya tarik yang termobilisasi dalam geotekstil atau kuat tarik serobot oleh akibat tekanan batuan adalah (Giroud, 1981 dalam Hardiyatmo, H.C, 2008):

$$T = p' (d_v)^2 [f(\epsilon)] \tag{1 a}$$

$$f(\epsilon) = \frac{1}{4} \left(\frac{2y}{b} + \frac{b}{2y} \right) \tag{1 b}$$

Prosedur uji tarik serobot (*grab tensile test*) tercantum dalam ASTM D4632.

Kuat Tarik Terkekang

Kuat tarik terkekang adalah kekuatan geotekstil dalam menahan tarik apabila material tersebut terkekang di dalam tanah di ke dua permukaannya. Uji tarik terkekang yang diusulkan oleh McGown et al. (1982) dalam Hardiyatmo, H.C, (2008), dengan menggunakan geotekstil yang berukuran 200 mm x 100 mm yang dijepit kuat-kuat di antara dua penjepit.

Kemudahmampatan

Geotekstil, umumnya mempunyai kompresibilitas rendah, terutama untuk geotekstil nir-anyam tipe *needle punched*. Semakin tinggi tegangan normal yang bekerja pada permukaan geotekstil, maka tebalnya semakin berkurang.

Kemudahmampatan (*compressibility*) atau kompresibilitas geotekstil menyatakan perubahan tebalnya yang diakibatkan oleh tegangan normal yang bekerja pada bidang permukaan geotekstil.

Perhatian pada kompresibilitas geotekstil ini sangat penting bila geotekstil digunakan untuk mengalirkan air searah dengan bidangnya (transmisivitas). Hal ini, karena bila geotekstil semakin tertekan, maka kemampuan mengalirkan air searah bidang atau transmisivitasnya semakin kecil.

Kekuatan Pelipit/Jahitan

Geotekstil umumnya dikemas dalam gulungan yang panjangnya terbatas. Oleh karena itu, dalam aplikasinya di lapangan geotekstil sering harus disambung. Di lapangan, penyambungan lembaran geotekstil satu dengan yang lain sering dilakukan dengan mempelipit atau membuatnya overlap. Penyambungan dengan *overlap* lebih sederhana, tapi banyak material yang terbuang. Lagipula, bila penyambungan dengan *overlap* ini tidak dilakukan dengan hati-hati maka hasilnya tidak efektif. Bila penyambungan dilakukan dengan cara *overlap*, biasanya dibutuhkan panjang overlap minimum 0,5 m, dan lebih baik lagi 1 m (khususnya bila pekerjaan di dalam air).

Tipe penyambungan mana saja yang digunakan, harus menjamin kekuatan jangka panjangnya, yaitu kekuatan geotekstil harus sama atau mendekati sama dengan kekuatan geotekstil yang utuh:

Efisiensi pelipit/jahitan dinyatakan oleh persamaan:

$$E(\%) = \frac{T_{(seam)}}{T_{(geotekstil)}} \times 100 \quad (2)$$

dengan, *E* = efisiensi pelipit jahitan (%), *T_(Seam)* = kuat pelipit/jahitan (*seam strength*) dan *T_(geotekstil)* = kuat tarik geotekstil

Kuat Lelah (Fatigue Strength)

Kuat lelah didefinisikan sebagai kemampuan geotekstil untuk menahan beban berulang (siklik) sebelum mengalami kegagalan. Di laboratorium, uji beban siklik ini dilakukan sampai benda uji mengalami kegagalan. Benda uji ditarik dan ditegangkan memanjang dengan kecepatan konstan pada panjang yang telah ditentukan, dan kemudian beban dilepas sampai nol. Dari pengujian ini, dapat diperoleh modulus siklik yang terlihat setelah beberapa kali siklus pembebanan dikerjakan. Dari pengujian ini, diperoleh jumlah siklus beban yang mengakibatkan kegagalan geotekstil, serta nilai tegangannya.

Kuat Sobek (Tear strength)

Geotekstil anyam maupun nir anyam, dapat sobek oleh akibat gaya luar yang menyebabkan satu atau beberapa persilangan benang-benang atau anyaman geotekstil rusak, baik satu atau dua arah. Hal ini dapat terjadi ketika pelaksanaan di lapangan.

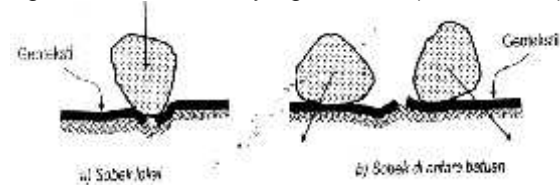
Terdapat 3 macam uji kuat sobek yang umum digunakan, yaitu uji trapezoidal (ASTM D2263), lidah (*tongue*) (ASTM D751), dan Elmendorf (ASTM D1424).

Kuat Tumbuk (Impact Strength)

Jatuhnya benda-benda lancip atau bergerigi pada permukaan geotekstil, dapat menyebabkan geotekstil rusak atau berlubang. Risiko kerusakan geotekstil akibat kejatuhan benda-benda lancip atau bergerigi (batuan) bergantung pada: 1) Berat dan bentuk batuan yang jatuh. 2) Tinggi jatuh. 3) Type dan kekuatan geotekstil. 4) Macam, tingkat kepadatan dan kejenuhan tanah bawah.

Kuat tarik geotekstil terlampaui akibat jatuhnya batuan. Hal ini dapat terjadi akibat batu yang jatuh menembus geotekstil, atau geotekstil berlubang oleh batuan yang tertumbuk oleh batuan lain (Gambar 2a).

Kuat tarik geotekstil di antara batuan terlampaui oleh akibat gaya tarik yang bekerja pada geotekstil di antara batuan. Hal ini mengakibatkan sobeknya geotekstil (Gambar 2b).



Gambar 2. Pengaruh jatuhnya batuan pada geotekstil (Berendsen, 1996).

Umumnya, jatuhnya kelompok batuan lebih merusakkan geotekstil daripada jatuhnya batuan tunggal, dan bila batuan semakin bersudut, maka krusakan geotekstil lebih parah. Geotekstil anyam lebih tahan terhadap tumbukan batuan daripada geotekstil nir-anyam. Namun, pola kerusakan geotekstil nir-anyam lebih lokal dibandingkan dengan geotekstil anyam.

Pemadatan tanah juga merupakan pengaruh sekunder yang dapat merusakkan geotekstil.

Lawson (1986) dalam Hardiyatmo, H.C, (2008) mengembangkan formula untuk mengestimasi besarnya berat satuan geotekstil sebagai fungsi dari diameter batuan dan tinggi jatuhnya sebagai berikut:

$$m_a > C_s D_{85} \sqrt{H} \quad (3)$$

dengan, m_a = massa per satuan luas geotekstil (kg/m^2), H = tinggi jatuh batuan (m), D_{85} = karakteristik diameter batuan (m), C_s = faktor kerusakan untuk cara penghamparan batuan

- $C_s = 1,20$: tidak ada kerusakan
- $C_s = 0,75$: 10% area rusak

Nilai C_s tersebut didasarkan pada pengamatan prototip. Persamaan (3) masih memerlukan perbaikan yang didasarkan pada prinsip-prinsip energi konservasi (Pilarczyk, 2000) dalam Hardiyatmo, H.C, (2008). Koerner (2005) memberikan cara pendekatan untuk menghitung energi jatuh batuan yang tingginya 0,5 sampai 5 m:

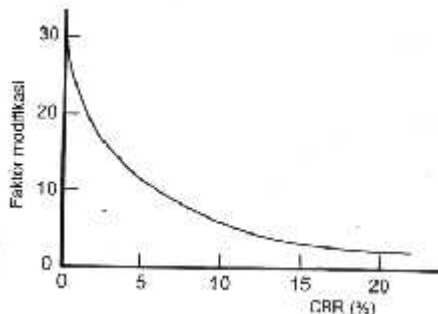
$$E = mgh = (V \times \rho)gh = (V \times \rho_w G_s)gh$$

$$= \frac{\pi (d_a / 1000)^2 \cdot 1000 \text{ kg}}{6} (2,6)(9,81)h$$

Energi yang timbul:
 $E = 13,35 \times 10^{-6} d_a^3 h$ (Joule) (4)

dengan, E = energi yang ditimbulkan (Joule) , g = gravitasi (m^2/det), m = massa benda jatuh (kg), h = tinggi jatuh (m), Y = volume benda (m), p = kerapatan benda (kg/m^3), G_s = berat jenis benda (tanpa satuan), d_a = diameter rata-rata benda yang dijatuhkan (mm).

Dalam Persamaan (4), geotekstil dianggap terletak pada permukaan yang tidak mengalami deformasi. Jika tanah di bawah geotekstil, oleh akibat tumbukan berdefonnasi, maka sebagian besar dari energi kejut akan dapat diserap oleh geotekstil. Oleh karena itu, faktor modifikasi perlu diberikan dalam Persamaan (4). Faktor modifikasi sebagai fungsi dari CBR ditunjukkan dalam Gambar 3. Dalam gambar ini, faktor modifikasi digunakan untuk menentukan energi yang timbul akibat obyek yang jatuh pada geotekstil sebagai fungsi dari ketahanan tanah yang dikarakteristikan oleh CBR tak terendam (Koerner, 2005).



Gambar 3. Faktor modifikasi untuk menentukan energi yang timbul akibat obyek yang jatuh pada geotekstil (Koerner, 2005).

Prosedur uji tumbuk tercantum dalam ASTM D256 dan ASTM A370. Dalam pengujian, geotekstil diklem kuat-kuat di atas silinder kosong semacam alat CBR. Kerucut dijatuhkan dari ketinggian tertentu di atas geotekstil. Kuat

tumbuk (*impact strength*) dikaitkan dengan besarnya penetrasi kerucut ke dalam geotekstil.

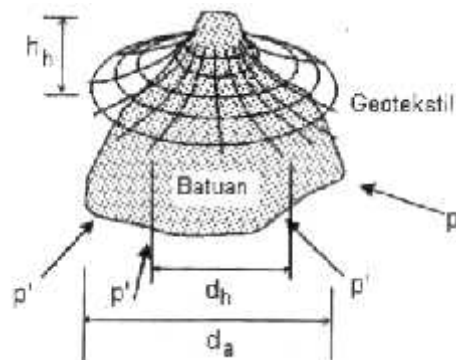
Kuat Tusuk (Puncture Strength)

Geotekstil akan mengalami tusukan akibat batu-batu pecah yang runcing, tonggak kayu, akar-akaran dan lain-lain ketika dihamparkan di lapangan. Disamping gaya dinamik yang berupa jatuhnya atau tumbukan material, geotekstil juga mengalami gaya tusuk.

Tahanan geotekstil terhadap tusukan diskekan dalam Gambar 4 (Koerner, 2005). Gaya vertikal yang bekerja pada geotekstil yang secara perlahan-lahan mengencang di sekitar material runcing adalah sebagai berikut:

$$F = P'da^2 S_1 S_2 S_3 \tag{5}$$

- dengan,
- F = gaya tusuk vertikal yang harus ditahan (kN)
- d_a = diameter rata-rata agregat batuan atau obyek lain (m)
- p' = tekanan pada geotekstil (kira-kira 100% tekanan ban pada permukaan tanah untuk lapis penutup yang tipis (mm).
- S_1 = faktor tonjolan dari obyek yang meruncing
- S_2 = faktor skala untuk menyesuaikan dengan hasil uji tusuk menurut ASTM D4833 yang menggunakan obyek berdiameter 8 mm terhadap obyek yang nyata di lapangan.
- S_3 = faktor bentuk untuk menyesuaikan alat tusuk datar dari ASTM D4833 terhadap bentuk dari obyek nyatanya.

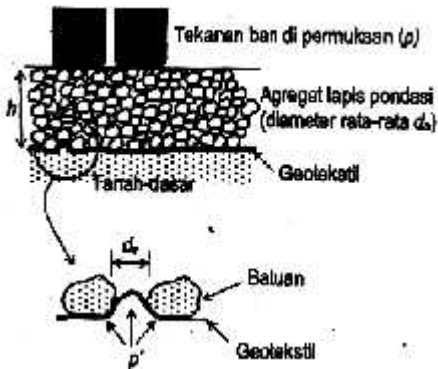


Gambar 4. Ketahanan terhadap tusukan (Koerner, 2005)

Prosedur uji tusuk tercantum dalam ASTM D4833.

Kuat Jebol (Burst Strength)

Geotekstil yang diletakkan di permukaan tanah atau material lainnya $v_k; m$ mencembung bila ditekan oleh batuan di sekitarnya (Gambar 5).



Gambar 5. Geotekstil mengalami tegangan keatas akibat tekanan ban (Koerner, 2005)

Gerakan batuan ke bawah ini dapat disebabkan oleh beban lalu lintas yang diteruskan ke batuan, lewat geotekstil, lalu menekan tanah-dasar. Tanah yang tertekan ini kemudian menekan geotekstil ke atas dan masuk dalam rongga pori batuan. Uji jebol atau sering disebut uji, jebol Mullen (*mullen burst*), tercantum dalam ASTM D3786.

Giroud (1981) dalam Hardiyatmo, H.C (2008) menyarankan persamaan untuk menentukan kekuatan geotekstil yang dibutuhkan untuk menahan jebolnya material ini, sebagai berikut:

$$T = 0,5p'd_v [f(\varepsilon)] \quad (6)$$

$$f(\varepsilon) = \frac{1}{4} \left(\frac{2y}{b} + \frac{b}{2y} \right)$$

dengan, T = kekuatan geotekstil yang dibutuhkan (kN), p' = tegangan pada geotekstil, yang sedikit lebih kecil, p = (tekanan ban di permukaan tanah) (kN/m), d_v = diameter rongga pori maksimum = 0,33 d_a (m), f(ε) = fungsi regangan geotekstil yang terdeformasi, b = lebar bukaan atau rongga batuan (m), y = deformasi ke dalam bukaan atau rongga batuan.

Untuk kondisi pengujian di laboratorium, Persamaan (6) dapat diubah menjadi:

$$T_u = 0,5 P_t d_t [f(\varepsilon)] \quad (7)$$

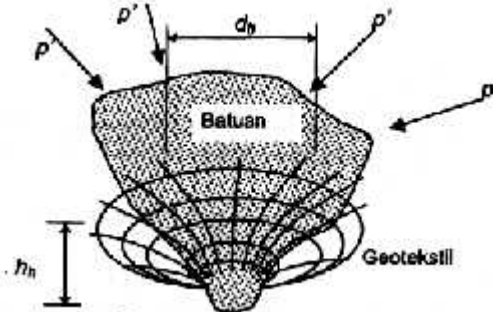
Dari Persamaan-persamaan (6) dan (7), dapat ditentukan faktor aman terhadap jebol:

$$SF = \frac{T_{u}}{T} = \frac{P_t d_t}{RF (P' d_p)} \quad (8)$$

dengan, SF = faktor aman, T_u = kekuatan ultimit geotekstil. (kN), P_t = tekanan yang menjebolkan geotekstil (kN/m²), d_t = diameter alat penjebol (= 30 mm), RF = faktor reduksi kumulatif.

Cara pendekatan yang lain untuk mengestimasi besarnya gaya yang menjebolkan geotekstil, seperti cara yang dipakai oleh Polyfelt

(1994) dalam Hardiyatmo, H.C, (2008), adalah dengan meninjau gaya-gaya yang analog dengan gaya bekerja pada geotekstil seperti pada Gambar 5. Hanya, kondisi pembebanannya dibalik, yaitu batuan menjebol geotekstil, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Mekanisme gaya-gaya yang membuat geotekstil jebol (Polyfelt, 1994).

Gaya tekan vertikal pada geotekstil (pengkatan secara berangsurangsur di sekitar batuan), dapat dinyatakan oleh persamaan:

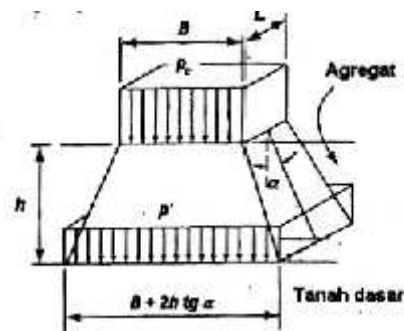
$$F = \pi d_h h_h p' \quad (9)$$

dengan, F = gaya yang akan menjebolkan geotekstil (kN), d_h = diameter rata-rata lubang pada geotekstil (m), h_h = tinggi penyebaran (= d_h) (m), p' = tekanan vertikal pada geotekstil (kN/m²), Gaya vertikal (F) ditahan oleh tegangan radial dalam geotekstil pada hidang kontakannya. Tekanan vertikal dapat ditentukan dengan menggunakan penyebaran tekanan (2H : 1 V atau α = ± 26°) dari Giroud dan Noiray (1981) pada dalam Hardiyatmo, H.C, (2008) Gambar 7.

Tekanan ban (p') pada kedalaman h dari permukaan:

$$p' = \frac{P}{2(B+2h \operatorname{tg} \alpha)(L+2h \operatorname{tg} \alpha)} \quad (10)$$

dengan, P = beban gandar = p_c x BL (kN) p_c = tekanan ban (kN/m), h = tebal lapis agregat, batuan (m), α = sudut penyebar beban terhadap vertikal (derajat), L = panjang bidang kontak (m), B = lebar bidang kontak (m)



Gambar 7. Penyebaran beban kendaraan (dari Giroud dan Noiray, 1981).

Beban gandar (P) disebarakan mengikuti pe-nyebaran tekanan yang bersudut a terhadap vertikal. Bidang kontak ekivalen tekanan ban di atas permukaan jalan, adalah B x L

Untuk lalu lintas jalan raya:

$$B = \sqrt{\frac{P}{p_c}}, \text{ dengan } L = 0,707B. \quad (11a)$$

Untuk kendaraan berat dengan roda lebar dan ganda:

$$B = \sqrt{\frac{P\sqrt{2}}{p_c}}, \text{ dengan } L = 0,5B. \quad (11b)$$

dengan P = beban gandar di permukaan (kN) dan p_c = tekanan ban dengan - nilai tipikal untuk kendaraan proyek 620 kPa (Giroud dan Noiray, 1981 pada Hardiyatmo, H.C, 2008).

Nilai kuat jebol yang diukur di laboratorium tidak selalu cocok dengan kondisi pembebanan di lapangan, kecuali jika diameter (d_h) sama dengan diameter alat penusuk di laboratorium (d_t). Karena itu, hitungan gaya yang bekerja harus dikonversikan ke nilai kuat jebol geotekstil dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{F_d}{a_h} = \frac{F_t}{a_t} \quad (12)$$

dengan F_d = gaya vertikal yang menjebolkan geotekstil di lapangan, F = gaya yang menjebolkan geotekstil dari uji laboratorium. Ketahanan geotekstil terhadap gaya jebol juga bergantung pada bentuk agregat batuan. Werner dan Resl (1986) dalam Hardiyatmo, H.C, (2008) menyarankan faktor bentuk (S_f) untuk:

$$\text{Agregat bersudut tajam, } S_f = 2 \sim 3 \quad (13a)$$

$$\text{Agregat bulat, } S_f = 0,8 \sim 1 \quad (13b)$$

Kuat jebol geotekstil yang dibutuhkan di lapangan, dinyatakan oleh persamaan:

$$F = S_f \times S_t \cdot \pi d_h d_t p' \quad (14)$$

dengan, F = kuat jebol geotekstil yang dibutuhkan (N), S_f = faktor aman, d_h = diameter agregat batuan rata-rata (= d_a) (m), d_t = diameter alat penusuk (*plunger*) di laboratorium diambil sama dengan 50 mm (menurut BS69 06/DIN 4307) (m), S_t = faktor bentuk batuan agregat [Pers. (13)].

Perilaku Gesekan

Gesekan antara tanah dengan geotekstil dibutuhkan untuk mengetahui perilaku gesekan geotekstil. Uji geser langsung umumnya digunakan untuk, menentukan perilaku tersebut. Dalam ASTM D3080. Pengujian dilakukan dengan meletakkan geotekstil pada kedudukan tetap di setengah bagian benda uji, dan sebagian lainnya diisi tanah. Untuk memperoleh parameter kuat geser, pengujian dilakukan 3 kali dengan memvariasikan tegangan normal.

Penggambaran diagram hubungan tegangan geser terhadap tegangan normal akan diperoleh nilai adhesi dan sudut gesek antara tanah-geotekstil. Nilai efisiensi untuk menyatakan bagian dari parameter kuat geser yang termobilisasi, dinyatakan oleh persamaan:

$$E_c = \frac{c_a}{c} \times 100 \quad (15a)$$

$$E_\varphi = \frac{\tau_{gs}}{\tau_{gp}} \times 100 \quad (15b)$$

Dengan, E_c = efisiensi kohesi, E = efisiensi sudut gesek, c_a = adhesi geotekstil (kN/m²), c = kohesi tanah (kN/m²), = sudut gesek tanah terhadap geotekstil (derajat), = sudut gesek dalam tanah (derajat),

Hasil uji geser langsung yang dilakukan oleh Martin et al. (1984) dalam Hardiyatmo, H.C, (2008) ditunjukkan dalam Tabel 1. Uji geser langsung dengan kotak uji ini sering digunakan pada geonet, geogrid, geokomposit dengan ukuran partikel tanahnya yang besar-besar.

Tabel 1 Sudut gesek antara tariah-geotekstil dan efisiensi (nilai dalam kurung) (Martinet al., 1984)

Type geotekstil	Casamas: pabrik	Pasir beton φ = 30°	Pasir apak bundar φ = 20°	Pasir berianan φ = 25°
Woven, slit film	500K	26° (77%)	24° (84%)	23° (87%)
Nonwoven, Melt-bonded	340L	26° (84%)	.	.
Nonwoven, Needle-punched	3200	30° (100%)	26° (97%)	25° (96%)

(2.13a)

Tahanan Cabut (Pullout Resistance)

Dalam fungsinya sebagai tulangan, geotekstil menyediakan tahanan anker atau tahanan cabut (*pullout resistance*). Pengujian di laboratorium disebut uji cabut (*pullout test*). Geotekstil dijepit di antara tanah pada kepadatan tertentu, dan kemudian dicabut perlahan-lahan hingga rncapai kegagalan. Tahanan cabut akan bergantung pada besarnya tegangan normal yang diaplikasikan.

4. SIFAT-SIFAT HIDROLIK

Sifat-sifat hidrolik geotekstil yatig penting adalah terdiri dari porositas, persen area bukaan, ukuran bukaan nampak, permitivitas, transmisivitas, dan penahan tanah.

Porositas

Porositas geotekstil didefinisikan sebagai rasio volume rongga terhadap volume total. Porositas (n) menyatakan kemampuan air untuk mengalir lewat geotekstil dan dinyatakan oleh persamaan:

$$n = 1 - \frac{m}{\rho t} \quad (16)$$

dengan, n = porositas, m = massa per satuan luas, ρ = kerapatan geotekstil secara keseluruhan, t = tebal geotekstil

Porositas beberapa geotekstil sangat sensitif terhadap perubahan tebalnya. Perubahan tebal ini, misalnya akibat pengaruh gaya normal yang bekerja.

Persen Area Terbuka (Percent Open Area, POA)

Persen area terbuka (*Percent Open Area, POA*), adalah sifat yang terkait dengan geotekstil anyam (*woven geotekstil*). POA adalah perbandingan area terbuka total (ruang rongga di antara fiber yang berdekatan) terhadap luas benda uji total. Untuk mengetahui nilai POA, maka dilakukan dengan memproyeksikan sinar lampu menembus geotekstil ke dalam layar karton. Sinar-sinar yang tembus dihitung luasnya, lalu dibandingkan luas total geotekstil pada layar. Pengujian ini tidak cocok digunakan untuk geotekstil nir-anyam, karena tumpang tindihnya bayangan benang-benang fiber menahan sinar yang diproyeksikan ke layar. Geotekstil *monofilament* mempunyai POA antara 0 sampai 36% (Koerner, 2005).

Ukuran Bukaan Nampak (Apparent Opening Size, AOS)

Ukuran bukaan nampak (*Apparent Opening Size, AOS*) atau ukuran bukaan ekuivalen (*Equivalent Opening Size, EOS*) menyatakan material yang tinggal pada saringan standar Amerika dari ukuran tertentu. Nilai ini diberikan sebagai ukuran bukaan saringan ekuivalen dalam milimeter. Pengujian untuk pengukuran AOS ini telah dilakukan oleh U.S. Army Corp of Engineer untuk mengevaluasi geotekstil anyam (*woven geotextile*).

Terdapat banyak pendekatan terkait dengan penahan butiran tanah oleh aliran, dan hampir seluruhnya menggunakan karakteristik ukuran buliran dan membandingkannya dengan ukuran O_{95} dari geotekstil yang nilainya diperoleh dari uji AOS (*Apparent Opening Size*) atau EOS (*Equivalent Opening Size*) di laboratorium. AOS dan EOS didefinisikan sebagai nomer saringan standar Amerika yang mempunyai lubang (pori-pori) yang paling mendekati dengan lubang yang dipunyai oleh geotekstil. Prosedur pengujian tercantum dalam ASTM D 4751.

5. SIFAT-SIFAT KETAHANAN (ENDURANCE PROPERTIES)

Selama masa pelaksanaan dan masa layanan, geotekstil banyak mengalami gangguan-gangguan yang mengganggu kinerja jangka

panjangnya. Untuk ini, maka perlu ditinjau gangguan-gangguan yang dapat mempengaruhi sifat-sifat geotekstil tersebut.

Kerusakan Saat Pemasangan

Prosedur pelaksanaan yang buruk dapat menyebabkan geotekstil sobek, jebol atau terurai dan sebagainya. Untuk hal ini, geotekstil harus tahan dalam menahan tegangan-tegangan yang terjadi saat pemasangannya.

Dalam beberapa hal, tegangan-tegangan yang timbul saat pemasangan geotekstil dapat lebih menentukan dibandingkan dengan tegangan rancangan yang diperkirakan. Karena itu, dalam penggunaan geosintetik, pengaruh kerusakan akibat gangguan lalu-lintas alat kerja, maupun aksi-aksi merusak yang lain harus diperhitungkan. Kerusakan geosintetik ini dapat mengakibatkan hilangnya sebagian atau keseluruhan dari kekuatan atau bocornya geosintetik.

Sifat-sifat mekanik yang perlu diperhatikan untuk mengantisipasi adanya kerusakan saat pemasangan ini adalah: a)Kuat tarik serobot (*grab tensile strength*); b)Kuat tusuk (*puncture strength*); c)Kuat jebol (*burst strength*); d)Kuat sobek (*tear strength*); e)Kuat tarik melebar (*wide-width strength*), ke arah memanjang (*warp*) dan melintang (*weft*).

Reduksi kekuatan akibat pengaruh buruk saat pelaksanaan ini, dapat dikompensasikan dengan menggunakan faktor aman antara 1 ~ 3 (Koerner, 2005).

Relaksasi

Relaksasi adalah fenomena yang terjadi ketika material tidak mengalami deformasi, tapi tegangan material tereduksi. Uji relaksasi geotekstil relatif sulit dan memerlukan waktu lama.

Abrasi

Abrasi geotekstil didefinisikan sebagai terlepasnya bagian-bagian dari geotekstil akibat gosokan dari permukaan lain. Banyak variabel yang harus dipertimbangkan dalam uji abrasi. Hasil uji abrasi adalah persentase kehilangan berat dari tipe pengujian tertentu yang dipilih, oleh akibat pengaruh dan kondisi tertentu. Dalam ASTM D1175, terdapat enam macam uji tahanan abrasi, yaitu: Uji diafragma dipompa (*inflated diaphragm*), Uji kelenturan dan abrasi (*flexing and abrasion*), Uji goyang silinder (*oscillatory cylinder*), Uji landasan putar (*rotary platform*), Uji abrasi seragam (*uniform abrasion*), *Impeller tumble test*.

Sumbatan Jangka Panjang

Suatu hal yang halus diperhatikan bila geotekstil digunakan untuk filter adalah kemampuan mengalirkan air pada kondisi jangka pan-

jang. Hal ini, karena dengan berjalannya waktu, geotekstil dapat mengalami penyumbatan. Uji laboratorium untuk masalah penyumbatan jangka panjang ini dapat dilakukan dengan mengambil contoh tanah di lapangan dan meletakkannya di atas geotekstil yang dijepit oleh alat uji berbentuk silinder. Pengujian dilakukan pada tinggi energi konstan selama waktu tertentu.

Rayapan (Creep)

Rayapan adalah bertambah panjangnya material geosintetik pada beban konstan. Karena polymer merupakan bahan yang mudah sekali mengalami rayapan, maka sifat ini perlu dievaluasi.

Rayapan terjadi pada geosintetik oleh akibat re-orientasi ikatan molekuler. Bergantung pada lamanya waktu dan tipe material, rayapan yang terjadi bisa mencapai 150% dari deformasi awalnya. Geosintetik dari tipe polypropylene dan polyethelene merupakan material yang sensitif terhadap rayapan, yaitu mudah meregang. Karena itu, jika beban sangat tinggi dan terjadi pada periode jangka panjang, maka geosintetik dari polyamide dan polyester lebih cocok. Bagian terbesar dari perpanjangan total geosintetik (yaitu bagian terpenting dari deformasi struktur), terjadi ketika pembangunan sedang berjalan).

Perilaku rayapan dari geosintetik, yang dinyatakan dalam kegagalan regangan sebagai fungsi waktu, ditunjukkan dalam Gambar 8 (Pilarczyk, 2000 dalam Hardiyatmo, H.C, (2008). Dari gambar tersebut terlihat bahwa bahan geosintetik dari polyester lebih cocok digunakan sebagai tulangan.

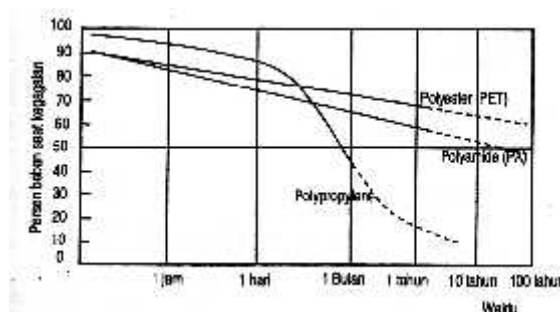
Terkait dengan rayapan, dua hal penting harus diperhatikan, yaitu (filarczyk, 2000 dalam Hardiyatmo, H.C, (2008):

- 1) Geotekstil dapat meregang pada beban tetap yang permanen, sampai suatu saat geotekstilnya putus atau robek.
- 2) Dalam kondisi yang sama, material yang satu dapat lebih meregang daripada material yang lain bersama dengan berjalannya waktu.

Karakteristik rayapan dari geosintetik ini menentukan kecocokan penggunaan dan tegangan maksimum dari geosintetik yang akan digunakan untuk tulangan. Kekuatan dan kekakuan yang tinggi harus dipunyai oleh geosintetik yang dipakai sebagai tulangan. Selain itu, kekuatan dan kekakuan juga harus terjaga selama waktu material tersebut difungsikan. Karena itu, terkait dengan kelakuan jangka panjang, tipe dari material dasar dan rayapan harus diperhatikan.

Material dasar yang kekuatan dan kekakuan paling tinggi adalah polyester. Tabel 2 menunjukkan persentase yang diijinkan dari kuat tarik

geosintetik akibat rayapan selama 2, 10 dan 100 tahun (Pilarczyk, 2000 pada Hardiyatmo, H.C, (2008).



Gambar 8 Peilaku rayapan benang-benang geosintetik: kegagalan regangan sebagai fungsi waktu (Pilarczyk, 2000).

Tabel 2 Persentase yang diijinkan dari kuat tarik geosintetik akibat rayapan selama 2, 10 dan 100 tahun (Pilarczyk, 2000)

Material dasar	Kuat tarik (N/m ²)	Modulus elastis, J (N/mm ²)	Persentase ijin dari kuat tarik geosintetik akibat rayapan yang terjadi selama:		
			2 tahun	10 tahun	100 tahun
PET	800-1200	12000-18000	70	65	50
PP	400-600	2000- 5000	<20	0	0
PE	80-600	200- 6000	<20	0	0
PA	700 - 900	3000 -4000	60	55	40
PVC	20-50	10-100	0	0	0

Faktor reduksi kekuatan untuk menentukan kuat tarik yang dibutuhkan bila geosinterik polyester digunakan sebagai tulangan, diperlihatkan dalam Tabel 3. (Pilarcyk, 2000 dalam Hardiyatmo, H.C, 2008). Penurunan kekuatan akibat rayapan dalam waktu 100 tahun untuk polyester adalah sekitar 2, sedang penurunan kekuatan akibat kerusakan mekanikal dan serangan bahan kimia bergantung pada penyimpanan, cara pelaksanaan, dan pengangkutan, nilainya antara 10~90% dari kuat tariknya. Jika dikerjakan dengan seksama, faktor reduksi sekitar 1,1 diijinkan. Hidrolisis mengakibatkan faktor reduksi 5%, dan jika sekitar ada pelipit terjadi dalam arah regangan, maka faktor reduksi kuat tariknya 25% (Pilarczyk, 2000 pada Hardiyatmo, H.C, (2008).

Umumnya, sensitifitas rayapan dipengaruhi oleh tingkat tegangan yang bekerja dan tipe polymernya.

Tabel 3 Faktor reduksi guna menentukan kuat tarik yang dibutuhkan bila geosintetik polyester digunakan sebagai tulangan (Pilarczyk, 2000)

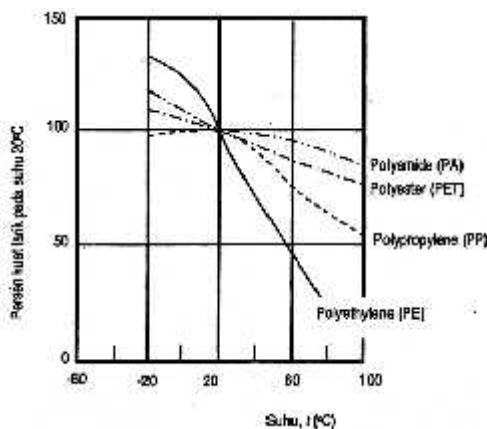
Macam beban	Regangan tita		Faktor reduksi
	Beberapa kuat tarik (%)	dalam persentase regangan saat kegagalan	
Rayasan setelah 120 tahun	50	50	2
Mekanika dan kimia	10-90	90-10	1,10-0,0
Hidrolisis	0075	95	1,05
Peapit	25-50	75-50	1,33-2,0

6. SIFAT-SIFAT DEGRADASI

Temperatur

Temperatur mempunyai pengaruh besar terhadap sifat-sifat kekuatan geosintetik, hal ini ditunjukkan dalam Gambar 9. Bila temperatur naik, maka ke kuat geosintetik turun. Kenampakan ini semakin jelas terutama bila material dasarnya Polyethylene. Pada bahan ini, bila temperatur naik dari awalnya 20°C menjadi 80°C, kuat tariknya bisa berkurang menjadi hanya awalnya tinggal 25% dari ketika suhunya 20°C. Regangan ijin dalam geosintetik juga berkurang oleh adanya pengaruh dari penuaan, serangan bahan kimia, kerusakan mekanikal dan hidrolisis (Pilarczyk, 2000 dalam Hardiyatmo, H.C, (2008).

Perhatian harus diberikan jika meletakkan geotekstil pada kondisi temperatur sangat tinggi, seperti contohnya ketika meletakkan aspal panas atau sambungan pengisi pada pekerjaan rehabilitasi jalan raya. Selain itu, geotekstil jangan disimpan dalam tempat dengan temperatur tinggi. Hal ini, karena temperatur yang tinggi menurunkan kekuatan geotekstil. Bahan polypropylene akan cair pada temperatur 165°C dan polyester pada 250°C. Oleh sebab itu, temperatur yang sangat tinggi harus dihindari.



Gambar 9. Pengaruh suhu terhadap kuat tarik geosintetik (Pilarczyk, 2000).

Proses Penuaan (Ageing)

Kenaikan temperatur dan radiasi ultra violet berakibat buruk pada geosintetik, yaitu geosintetik menjadi getas dan tahanan mekanisnya berkurang. Fenomena pengurangan kekuatan oleh akibat hal-hal tersebut, disebut penuaan. Untuk mengurangi sensitifitas terhadap penuaan ini, maka dalam proses produksi geosintetik ditambahkan bahan anti-oksidasi yang berupa karbon hitam dan penstabil ultra violet. Beberapa bahan penstabil mempunyai pengaruh buruk pada sifat-sifat mekanik geosintetik.

Terkait dengan proses penuaan geosintetik, maka dalam penggunaan geosintetik harus diperhatikan (Pilarczyk, 2000 dalam Hardiyatmo, H.C, 2008):

- 1) Temperatur yang terjadi saat pelaksanaan dan waktu dalam kondisi terbuka dengan udara luar.
- 2) Lama waktu saat geosintetik berhubungan dengan sinar matahari, serta intensitasnya.
- 3) Kemungkinan larut atau menjadi cairnya bahan anti oksidasi dan bahan penstabil ultra violet dalam geosintetik, yang dapat mengakibatkan polusi tanah bawah.
- 4) Kemungkinan adanya kandungan metal di sekitar geosintetik yang dapat beraksi sebagai katalisator dalam proses penuaan.

Sinar Ultra violet

Geotekstil sangat mudah mengalami degradasi bila terletak di udara terbuka. Hal ini, karena sinar ultra violet dapat menyebabkan degradasi dari bahan-bahan material organik, termasuk geosintetik yang terbuat dari bahan polymer. Degradasi menyebabkan geotekstil berkurang baik kuat tarik maupun sifat mulurnya (*elongation*). Semakin lama terbuka terhadap sinar ultra violet dari sinar matahari, semakin berkurang kinerjanya.

Banyak pengamatan menyarankan bahwa geotekstil harus dilindungi dari pengaruh sinar ultra violet yang berkepanjangan. Untuk mengantisipasi pengaruh merugikan dari sinar ultra violet, maka selama proses pembuatan geosintetik, perlu ditambahkan bahan anti oksidasi dan penstabil ultra violet. Bahan anti oksidasi ini adalah bahan karbon- hitam. Beberapa bahan penstabil, termasuk karbon hitam, mempunyai pengaruh negatif pada sifatsifat mekanikal geosintetik.

Proses Hidrolisis

Beberapa geosintetik seperti nylon (polyamide), dan sebagian dari polyester sensitif terhadap hidrolisis dalam kondisi basah (yaitu bereaksi dengan air). Hidrolisis ini dapat menyebabkan degradasi lewat reaksi dalam benang-benang geotekstil atau reaksi fiber internal atau

eksternal. Geosintetik yang dibuat terutama dari resin polyester menjadi rusak bila dicelup dalam cairan yang mempunyai pH sangat tinggi (pH > 10) atau sangat rendah (pH < 3) (Koerner, 2005).

Degradasi Biologikal dan Kimia

Akibat pengaruh bahan kimia dan mikro-organisme di dalam tanah, kekuatan dari geotekstil anyam dan kededapan geomembran dapat menurun. Contohnya, material yang dibuat dari polyester sangat berisiko bila kondisi lingkungan mempunyai sifat alkali tinggi. Polypropylene dapat diserang oleh jamur, yang berakibat benang-benang atau fibernya menjadi terpisah-pisah, sehingga dapat mengurangi kinerjanya.

Oksidasi

Semua tipe polymer bereaksi dengan oksigen dan menyebabkan degradasi. Polymer yang sangat mudah bereaksi dengan oksigen ini terutama polyolefin (polypropylene dan polyethylene). Jika temperatur semakin tinggi, maka kecepatan degradasi akibat oksidasi juga semakin tinggi. Hal ini, sesuai dengan berjalannya waktu akan mempengaruhi sifat-sifat kuat tarik, kemuluran dan modulus dari geotekstil.

Faktor Reduksi dan Nilai-nilai Ijin

Dalam setiap uji sifat-sifat geotekstil, umumnya dihasilkan nilai-nilai kuat tarik dan modulusnya, Nilai-nilai ini, lalu dibagi dengan faktor reduksi untuk memperoleh nilai-nilai yang akan digunakan dalam perancangan. Jadi, nilai-nilai hasil pengujian di laboratorium harus diubah dulu ke dalam nilai sifat-sifat ijin sebagai berikut:

$$sifat_{(ijin)} = sifat_{(uji)} \frac{1}{RF_1 \times RF_2 \times RF_3 \times \dots} \quad (17)$$

dengan,

$sifat_{(ijin)}$ = nilai ijin yang digunakan dalam perancangan

$sifat_{(uji)}$ = nilai sifat dalam pengujian geotekstil yang memodelkan secara parsial dari kelakuan di tempat (in-situ)

RF_1, RF_2, RF_3, \dots = faktor-faktor reduksi.

Faktor-faktor reduksi ini biasanya > 1, dan memperhatikan faktor-faktor seperti: Kerusakan saat pemasangan; Terbambatnya aliran akibat tertekuk; Rayapan yang menyebabkan relaksasi; Degradasi biologis; Penyumbatan tanah dan biologi; Degradasi akibat proses kimia; Penyumbatan oleh endapan kimia

Faktor-faktor tersebut biasanya sulit dimodelkan di laboratorium, selama itu pengujian juga mahal (Koerner, 1990 dalam Hardiyatmo, H.C., (2008). Sifat-sifat mekanik meliputi ta-

hanan geotekstil terhadap beban yang bekerja dan/atau kondisi pemasangan.

Faktor Reduksi dan Nilai Ijin untuk Perkuatan

Dalam aplikasi geotekstil yang didasarkan pada fungsi pemisah dan perkuatan, sifat-sifat geotekstil yang diperoleh dari uji laboratorium umumnya merupakan nilai maksimumnya dari kondisi yang sangat ideal. Nilai-nilai hasil uji laboratorium ini tidak secara langsung digunakan dalam perancangan, namun diperlukan nilai reduksi yang mempertimbangkan kondisi lapangan, ketidak-tentuan hasil pengujian dan metoda perancangannya.

Terdapat dua cara pendekatan sebagai berikut:

1. Digunakan faktor aman sangat tinggi pada akhir penyelesaian suatu masalah.
2. Digunakan faktor reduksi dari nilai hasil uji laboratorium untuk membuat nilai hasil laboratorium tersebut ke suatu nilai ijin tertentu.

Pendekatan alternatif (2) tersebut, dilakukan dengan memberikan faktor-faktor reduksi. Alternatif (2) lebih banyak digunakan dalam menentukan sifat-sifat ijin dari geotekstil untuk perancangan. Nilai kekuatan geotekstil yang dipakai akan berupa nilai yang sudah memperhatikan faktor-faktor gangguan yang mungkin terjadi, baik saat pemasangan maupun kondisi jangka panjangnya. Nilai-nilai ini bergantung pada kondisi spesifik lapangan.

Tabe1 4. Faktor reduksi kekuatan yang digunakan dalam Persamaan (2.18) (Koerner, 2005)

Aplikasi	Kecelakaan saat pemasangan (RF ₁) ^a	Faktor reduksi		Degradasi akibat kimia dan biologikal (RF ₃)
		Rayapan (RF ₂) ^b		
Pemisah	1,1-2,5	1,5-2,5	1,0-1,5	
Barikade	1,1-2,0	1,5-2,5	1,0-1,5	1,0-2,0
Jalan tanpa perkuatan	1,1-2,0	1,5-2,5	1,0-1,5	1,0-1,5
Dinding pondasi	1,1-2,0	2,0-4,0	1,0-1,5	1,0-1,5
Terbambat	1,1-2,0	2,0-3,5	1,0-1,5	1,0-1,5
Penyumbatan pondasi	1,1-2,0	2,0-4,0	1,0-1,5	1,0-1,5
Stabilitas lereng	1,1-1,5	2,0-3,0	1,0-1,5	1,0-1,5
Lapisan tambahan aspal (overlay)	1,1-1,5	1,0-2,0	1,0-1,5	1,0-1,5
Talan rel (baterai pemisah)	1,1-1,5	1,0-1,5	1,5-2,0	1,0-1,5
Bekas tang Dekabel	1,1-1,5	1,5-3,0	1,0-1,5	1,0-1,5
Pagar beton (wall/fence)	1,1-1,5	1,5-2,5	1,0-1,5	1,0-1,5

* Nilai kisaran terendah menunjukkan umur layanan pendek dan/atau situasi di mana deformasi rayapan tidak begitu mempengaruhi kinerja struktur.

Tabel 4 menunjukkan faktor reduksi kekuatan yang disarankan oleh Koerner (2005), dengan nilai kuat tarik ijin yang dinyatakan oleh:

$$T_u = T_{u0} \left[\frac{1}{RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_D} \right] \quad (18)$$

dengan, T_a = kuat tarik ijin, T_u = kuat tarik ultimit, RF_{FD} = faktor reduksi akibat kerusakan saat pemasangan (≥ 1), RF_{CR} = faktor reduksi oleh pengaruh rayapan saat masa layanan struktur (≥ 1), RF_D = faktor reduksi degradasi terhadap pengaruh serangan kimia dan biologi (≥ 1).

Dalam Persamaan (18) faktor reduksi yang dilibatkan dapat ditambahkan, seperti misalnya pengaruh pelipit/jahitan dan lain-lain.

Faktor Reduksi untuk Filtrasi dan Drainase

Seperti halnya dalam aplikasi geotekstil sebagai pemisah maupun perkuatan, aplikasi geotekstil untuk filtrasi dan drainase juga memerlukan faktor-faktor reduksi yang memperhatikan kondisi spesifik dari lokasi pekerjaan. Koerner (2005), menyarankan persamaan debit ijin (q_a) :

$$q_a = q_u \left[\frac{1}{RF_{SCB} \times RF_{CB} \times RF_{IN} \times RF_{CC} \times RF_{BC}} \right] \quad (19a)$$

dengan, q_a = debit ijin, q_u = debit ultimit, RF_{sca} = faktor reduksi akibat sumbatan dan *blinding* (≥ 1), RF_{cR} = faktor reduksi akibat rayapan dari rongga pori (≥ 1), RF_N = faktor reduksi akibat intrusi material di sekitar yang mengisi rongga pori geotekstil (≥ 1), RF_{cc} = faktor reduksi akibat sumbatan bahan kimia (≥ 1), RF_{bc} = faktor reduksi akibat sumbatan biologikal (≥ 1).

Analog untuk permissivitas geotekstil, permissivitas ijin (E_a) dinyatakan oleh:

$$E_a = E_u \left(\frac{1}{RF_{SCB} \times RF_{CB} \times RF_{IN} \times RF_{CC} \times RF_{BC}} \right) \quad (19b)$$

dengan E_u = permissivitas ultimit geotekstil yang diperoleh dari hasil uji laboratorium.

Faktor reduksi yang disarankan oleh Koerner (2005) ditunjukkan dalam Tabel 5. Faktor reduksi yang digunakan dalam Persamaan (19) bisa lebih besar lagi, bila terdapat masalah khusus di lapangan, contohnya seperti terutupnya permukaan geotekstil akibat rrap atau blok-blok beton.

Tabel 5. Faktor reduksi yang digunakan dalam Persamaan (2.19) (Koerner, 2005)

Aplikasi	Kisaran faktor reduksi				
	E_{scs}^*	E_{ca}	RF_{ig}	E_{cc}^{**}	RF_{bc}
Filtrasi di lereng perkebunan	2,0-4,0	1,5-2,0	1,7-1,7	1,0-1,2	1,0-1,3
Filtrasi drainase bawah	2,0-1,0	1,0-1,5	1,7-1,7	1,2-1,5	1,0-4*
Filtrasi pengontrol erosi	2,0-1,0	1,0-1,5	1,7-1,7	1,0-1,2	2,0-4,0
Filtrasi saluran tanah	2,0-1,0	1,5-2,0	1,7-1,7	1,2-1,5	2,0-3*
Drainase gravitasi	2,0-4,0	2,0-3,0	1,7-1,7	1,2-1,5	1,3-1,5
Drainase ber-tiraman	2,0-4,0	2,0-3,0	1,7-1,7	1,1-1,3	1,1-1,3

*Jika bahan cip-rap atau blok beton menutup permukaan geotekstil, gunakan nilai tertinggi, atau faktor reduksinya diabaikan.

**Nilainya bisa lebih besar, khususnya bila air tanah yang mengandung alkali tinggi.

*Nilainya bisa lebih besar untuk taluditas dan atau sisan musson gamma lebih besar 5000 mg/l.

7. PENUTUP

Kesimpulan

- Lima sifat polymer sebagai bahan dasar material geosintetik meliputi: sifat fisik, Sifat mekanik, Sifat hidrolisik, Sifat ketahanan, dan Sifat degradasi
- Kadar air (kelembaban) hanya berpengaruh kecil pada kekuatan geotekstil, dan hanya polyolefins (polypropylene dan polyethylene) mempunyai berat jenis lebih ringan dari air
- Hidrolisis ini dapat menyebabkan degradasi lewat reaksi dalam benang-benang geotekstil atau reaksi fiber internal atau eksternal
- Kenaikan temperatur dan radiasi ultra violet berakibat buruk pada geosintetik, yaitu geosintetik menjadi getas dan tahanan mekanisnya berkurang
- Geotekstil dapat meregang pada beban tetap yang permanen, sampai suatu saat geotekstilnya putus atau robek.
- Reduksi kekuatan akibat pengaruh buruk saat pelaksanaan ini, dapat dikompensasikan dengan menggunakan faktor aman antara 1-3 (Koerner, 2005).
- Dalam kondisi yang sama, material yang satu dapat lebih meregang daripada material yang lain bersama dengan berjalannya waktu.
- Akibat pengaruh bahan kimia dan mikro-organisme di dalam tanah, kekuatan dari geotekstil anyam dan kekedapan geomembran dapat menurun.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H.C, (2008), *Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya Perencanaan dan Aplikasi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Koerner, R.M., (2005), *Designing with Geosynthetics*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Suhendra, Andryan,.(2009), Permasalahan dan Penanggulangan dengan Material Geosintetik, *Seminar Aplikasi penggunaan Geosintetik untuk Pembangunan Jalan pada Tanah Lunak, Penaganan Longsor dan Pemeliharaan*, 15 Agustus 2009, Dinas Pekerjaan Umum, Palangkaraya.