

PEDOMAN

Konstruksi dan Bangunan

**Penanganan tanah ekspansif dengan geomembran
sebagai penghalang kelembaban vertikal**



Daftar Isi

Daftar isi	i
Prakata	iii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	2
3.1 tanah ekspansif	2
3.2 zona aktif	2
3.3 geomembran	2
3.4 penyusutan (<i>shrinkage</i>)	2
3.5 pengembangan (<i>swelling</i>)	2
3.6 penghalang kelembaban vertikal (<i>vertikal moisture barrier</i>)	2
4 Prinsip-prinsip	2
5 Persyaratan-persyaratan material geomembran	3
5.1 Umum	3
5.2 Persyaratan fisik	3
5.3 Persyaratan pengujian	4
5.4 Persyaratan pengepakan (<i>packaging</i>)	4
5.5 Pemberian etiket dan label	4
6 Konstruksi dan penempatan geomembran	4
6.1 Persyaratan konstruksi	4
6.2 Peralatan	5
6.3 Persiapan tanah dasar (<i>subgrade</i>)	5
6.4 Penempatan sistem penghalang kelembaban vertikal	5
6.4.1 Letak geomembran	5
6.4.2 Dimensi parit (<i>trench</i>)	6
6.4.3 Material pengisi parit	6
6.4.4 Kondisi instalasi	7
6.4.5 Sambungan (<i>seam</i>)	7
6.5 Penempatan dan pemadatan agregat	7
Lampiran A Tanah Ekspansif (normatif)	9
A.1 Terminologi dan sifat-sifat	9
A.2 Zona aktif	9
A.3 Identifikasi dan klasifikasi	9
A.3.1 Tingkat keaktifan (<i>Activity</i>)	11
A.3.2 Potensi pengembangan (<i>swelling potential</i>)	11
Lampiran B Standar-standar Pengujian Geosintetik menurut American Society for Testing and Materials (ASTM)	13
B.1 Sifat-sifat daya tahan	13
B.2 Geomembran	13
B.3 Sifat-sifat mekanik	14

B.4 Permeabilitas dan filtrasi	14
B.5 Terminologi	15
B.6 Geosynthetic Clay Liners	15
Lampiran C Daftar nama dan lembaga (informatif)	16
Bibliografi	17

Daftar Gambar

Gambar 1 Konstruksi komposit geomembran	3
Gambar 2 Penampang tipikal sistem penghalang kelembaban vertikal	5
Gambar 3 Kontrol infiltrasi lateral pada lapis pondasi jalan	6
Gambar 4 Denah detil parit pemasangan geomembran	7

Daftar Tabel

Tabel 1 Persyaratan minimum sifat-sifat geomembran	3
--	---

Prakata

Pedoman Penanganan Tanah Ekspansif dengan Geomembran sebagai Penghalang Kelembaban Vertikal dipersiapkan oleh Panitia Teknik Standardisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan, melalui Gugus Kerja Bidang Geoteknik Jalan pada Sub Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi. Pedoman ini diprakarsai oleh Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Konsep pedoman ini didasarkan pada hasil litbang dan dibuat dengan maksud memberikar panduan kepada perəkayasa di dalam menerapkan geomembran sebagai kontrol perilaku tanah ekspansif pada konstruksi jalan.

Pedoman ini disusun mengikuti Pedoman BSN No. 8 tahun 2000 dan dibahas forum konsensus sesuai ketentuan Pedoman BSN No. 9 tahun 2000. Penyebutan produk dalam pedoman ini bukan merupakan suatu anjuran atau pengakuan.

Penanganan tanah ekspansif dengan geomembran sebagai penghalang kelembaban vertikal

1 Ruang lingkup

Pedoman ini memberikan panduan untuk menerapkan geomembran sebagai suatu metode untuk mengontrol perilaku tanah ekspansif pada konstruksi jalan. Pedoman ini membahas mengenai spesifikasi material dan metode instalasi yang diperlukan dalam penerapan geomembran sebagai penghalang kelembaban vertikal (*vertical moisture barrier*). Pada lampiran, pedoman ini menguraikan secara ringkas mengenai perilaku dan cara mengidentifikasi tanah ekspansif.

Aspek-aspek desain dan instalasi yang dibahas di sini mengacu pada keadaan dan kebiasaan-kebiasaan yang berlaku di Indonesia.

2 Acuan normatif

SNI 03-3423-1994, *Metode pengujian analisis ukuran butir tanah dengan alat hidrometer*

SNI 03-1965-1990, *Metode pengujian kadar air tanah*

SNI 03-1964-1990, *Metode pengujian berat jenis tanah*

SNI 03-1967-1990, *Metode pengujian batas cair dengan alat casagrande*

SNI 03-1966-1990, *Metode pengujian batas plastis*

SNI 03-3422-1994, *Metode pengujian batas susut tanah*

SNI 03-2832-1992, *Metode pengujian untuk mendapatkan kepadatan tanah maksimum dengan kadar air maksimum*

Pd. M-29-1998-03, *Metode pengujian untuk menentukan tanah ekspansif*

TxDOT DMS-6210, *Vertical moisture barrier*

ASTM D 5199-99, *Standard test method for measuring nominal thickness of geotextiles and geomembranes*

ASTM D 4632-91 (1996), *Standard test method for grab breaking load and elongation of geotextiles*

ASTM D 4833-00, *Standard test method for index puncture resistance of geotextiles, geomembranes, and related products*

ASTM D 4533-91 (1996), *Standard test method for trapezoid tearing strength of geotextiles*

ASTM D 4491-99a, *Standard test methods for water permeability of geotextiles by permittivity*

ASTM D 4546, *Test methods for one-dimensional swell or settlement potential of cohesive soils*

ASTM D 4354, *Sampling of geosynthetics for testing*

3 Istilah dan definisi

3.1

tanah ekspansif

tanah atau batuan kelepungan yang mengalami perubahan volume yang besar sebagai respon langsung terhadap perubahan kadar air

3.2

zona aktif

kedalaman tanah ekspansif yang dipengaruhi oleh fluktuasi kadar air akibat perubahan musim

3.3

geomembran

penghalang yang terbuat dari membran sintetik yang bersifat kedap air yang digunakan bersamaan dengan material yang berkaitan dengan rekayasa geoteknik untuk mengontrol migrasi fluida pada suatu struktur, sistem ataupun proyek buatan manusia

3.4

penyusutan (*shrinkage*)

pengecilan volume yang terjadi pada tanah ekspansif apabila kadar air tanah berkurang hingga mencapai lebih kecil dari nilai batas susutnya

3.5

pengembangan (*swelling*)

pembesaran volume tanah ekspansif akibat bertambahnya kadar air. Potensi pembesaran volume tergantung dari peningkatan kadar air, indeks plastisitas, gradasi dan tekanan overburden

3.6

penghalang kelembaban vertikal (*vertical moisture barrier*)

suatu cara penanganan tanah ekspansif dengan menghalangi migrasi lateral kelembaban air menggunakan geomembran sehingga variasi kadar air akibat perubahan musim dapat dihindari atau diminimalkan

4 Prinsip-prinsip

Penggunaan geomembran sebagai penghalang kelembaban vertikal pada konstruksi jalan yang diketahui berada pada daerah tanah ekspansif bertujuan untuk mengontrol migrasi lateral air ke dan dari tanah di bawah perkerasan, sehingga dapat mencegah pengembangan tanah dasar selama musim hujan dan penyusutan selama musim kering. Tujuan akhir dari aplikasi ini adalah terciptanya kondisi kadar air yang relatif konstan dan seragam pada tanah yang termasuk zona aktif di bawah struktur perkerasan.

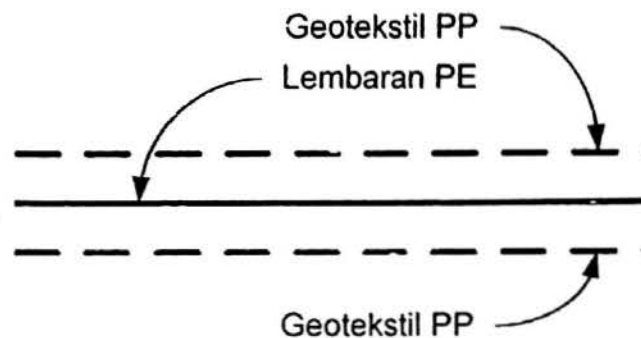
5 Persyaratan-persyaratan material geomembran

5.1 Umum

Suatu penghalang kelembaban (*moisture barrier*) harus terdiri dari material geomembran bersifat kedap air dengan konstruksi komposit berupa bahan polyethylene yang berada di antara dua lembar teranyam (*woven*) atau tak teranyam (*nonwoven*) polypropylene atau bahan polyester (lihat Gambar 1). Geomembran harus lembam terhadap bahan kimia dan hidrokarbon dan harus tahan terhadap lumut, akar, sinar ultra violet, serangga dan binatang pengerat.

5.2 Persyaratan fisik

Geomembran harus memenuhi persyaratan nilai-nilai gulungan rata-rata minimum (*minimum average roll values*) untuk sifat-sifat yang perlihatkan pada Tabel 1 di bawah ini.



Gambar 1 Konstruksi komposit geomembran

Tabel 1 Persyaratan minimum sifat-sifat geomembran

Sifat	Persyaratan	Metoda Pengujian
Lebar, m (feet)	2,74 (9)	-
Tebal, mm (mils)	0,36 (14)	ASTM D5199
Grab tensile strength, kN (lbs.), pada saat putus atau perpanjangan 100% (tergantung mana yang terjadi lebih dulu)	756,16 (170)	ASTM D4632
Grab elongation saat putus, %	20	ASTM D4632
Kuat tusuk, kN (lbs.)	311,36 (70)	ASTM D4833
Kuat pecah, kPa (psi.)	1722,5 (250)	ASTM D3786
Sobekan trapezoid, kN (lbs.)	177,92 (40)	ASTM D4533
Permittivity	0 max	ASTM D4491

Nilai gulungan rata-rata minimum geomembran menyatakan hasil uji rata-rata dari suatu bagian geomembran pada arah yang terlemah yang diambil menurut ASTM D 4354 dan pengujiannya berdasarkan metoda uji di atas.

Contoh-contoh Geomembran harus diambil untuk diuji, tetapi contoh tidak boleh diambil dari ujung gulungan sejarak 1,52 m (5 feet) dari ujung tersebut. Panjang minimum contoh geomembran adalah 0,91 m (3 feet) dengan lebar gulungan penuh. Minimum satu sampel diambil untuk masing-masing bagian. Banyaknya contoh yang diambil tergantung pada perekayasa yang ditunjuk.

Kontraktor harus mengajukan contoh geomembran yang akan digunakan, yang dipilih berdasarkan persyaratan sifat-sifat material sebagaimana yang telah dibahas terdahulu, sebelum diaplikasikan di lapangan. Maksimal 3 buah produk geomembran dievaluasi dan diuji oleh pemberi tugas. Masing-masing kontraktor diharuskan menyertakan informasi produk dan sertifikat analisis.

5.3 Persyaratan pengujian

Uji laboratorium untuk memenuhi persyaratan-persyaratan di atas belum tercakup dalam Standar Nasional Indonesia (SNI), sehingga harus mengacu pada standar-standar yang dikeluarkan oleh ASTM (*American Society for Testing and Materials*), PGI (*PVC Geomembrane Institute*) dan GRI (*Geosynthetic Research Institute*). Standar-standar yang digunakan untuk pengujian geosintetik menurut ASTM di mana geomembran termasuk di dalamnya dapat dilihat pada Lampiran B.

5.4 Persyaratan pengepakan (*packaging*)

Persyaratan pengepakan terdiri dari hal-hal berikut:

- a. material geomembran dipak dalam gulungan-gulungan dengan panjang dan lebar seperti yang telah ditentukan dalam rencana, sebagaimana yang diatur oleh perekayasa, atau seperti yang tercantum di dalam perintah pembelian yang diberikan oleh pemberi kerja;
- b. penyerahan material sebagai satu potongan per gulungan;
- c. penggabungan potongan-potongan material pada gulungan tidak diijinkan;
- d. gulung material geomembran (dengan ukuran yang sama) ke dalam bentuk silinder yang sesuai untuk mempermudah penanganan dan pembukaan gulungan;
- e. bungkus masing-masing gulungan bahan ke dalam kontainer yang sesuai untuk melindungi bahan tersebut dari kerusakan akibat sinar ultraviolet dan kelembaban selama penyimpanan dan penanganan.

5.5 Pemberian etiket dan label

Tandai masing-masing gulungan dengan etiket atau label yang dilekatkan dengan aman di luar gulungan pada salah satu ujung gulungan. Etiket atau label tersebut harus mencantumkan hal-hal berikut:

- a. nomor gulungan yang unik, dinyatakan secara berurutan;
- b. nomor tempat atau nomor kendali dari pabrik, jika ada;
- c. nama pabrik pembuat;
- d. nama merek produk;
- e. nomor katalog bahan dari pabrik, jika ada;
- f. lebar gulungan dalam meter;
- g. panjang gulungan dalam meter.

6 Konstruksi dan penempatan geomembran

6.1 Persyaratan konstruksi

Geomembran harus dipasang sesuai dengan rencana. persyaratan-persyaratan pada pedoman ini serta rekomendasi dan persyaratan pemasangan yang dikeluarkan oleh pihak pabrik.

6.2 Peralatan

Peralatan untuk menempatkan geomembran, baik secara mekanik maupun manual, harus mampu menangani keseluruhan gulungan geomembran dan dapat membaringkan geomembran tanpa menimbulkan kerutan dan lipatan pada posisi yang sudah ditentukan. Peralatan yang digunakan harus sesuai dengan rekomendasi pihak pabrik atau persetujuan pihak perencana.

6.3 Persiapan tanah dasar (*subgrade*)

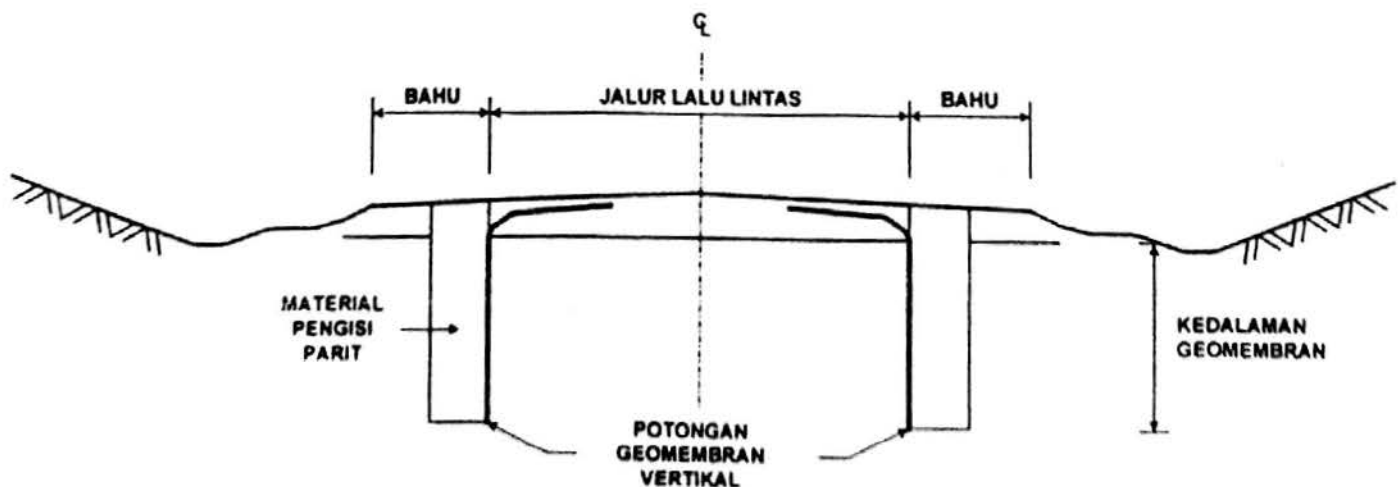
Hal-hal berikut harus dipenuhi berkaitan dengan persiapan tanah dasar :

- tanah dasar harus dipersiapkan berdasarkan spesifikasi proyek. Tanah dasar geomembran harus seragam dan bebas dari benda-benda tajam dan tak beraturan yang dapat merusak geomembran sebelum pemasangannya;
- pemasang geomembran dan perwakilan pemilik harus memeriksa permukaan yang akan ditutup geomembran pada tiap hari kerja sebelum menempatkan geomembran untuk menguji kesesuaiannya;
- pihak pemasang geomembran dan perwakilan pemilik proyek harus menyediakan persetujuan tertulis harian untuk permukaan yang akan ditutup pada pelaksanaan kerja hari itu. Permukaan geomembran harus dipelihara dengan hati-hati untuk memastikan kesesuaian tanah dasarnya.
- seluruh tanah dasar yang rusak akibat peralatan konstruksi dan dianggap tidak sesuai harus diperbaiki sebelum penempatan geomembran. Semua perbaikan harus disetujui oleh perwakilan pemilik. Tanggungjawab perbaikan dan pemeliharaan tanah dasar harus ditetapkan di dalam pertemuan prakonstruksi.

6.4 Penempatan sistem penghalang kelembaban vertikal

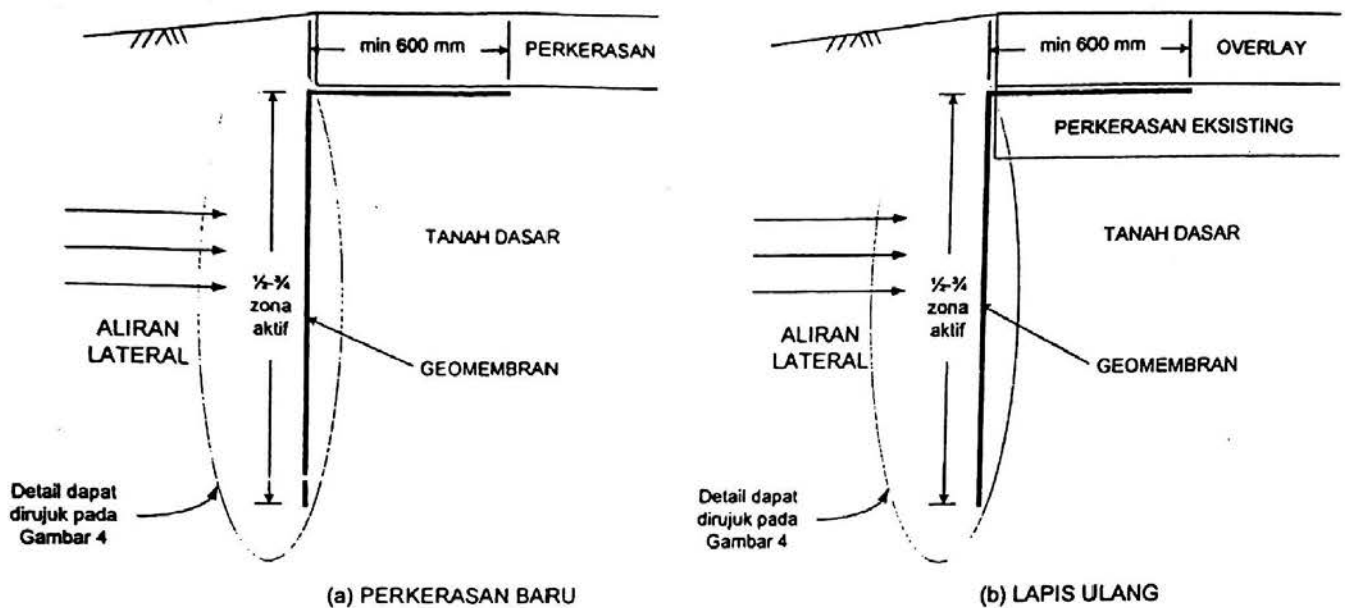
6.4.1 Letak geomembran

Penempatan tipikal suatu sistem penghalang kelembaban vertikal pada konstruksi jalan baru maupun jalan lama diperlihatkan pada Gambar 2. Kedalaman geomembran disyaratkan antara $\frac{1}{2}$ sampai dengan $\frac{3}{4}$ dari kedalaman zona aktif. Tingkat kedalaman geomembran harus diperhitungkan dalam penentuan tebal perkerasan. Apabila secara praktis pelaksanaan kedalaman yang dibutuhkan sulit tercapai maka kekurangan kedalaman vertikal dapat dikompensasikan ke arah horizontal (ke arah luar perkerasan) dengan kesetaraan lebar geomembran arah horizontal 2 kali kebutuhan kedalaman geomembran yang kurang dihitung dari tepi perkerasan.



Gambar 2 Penampang tipikal sistem penghalang kelembaban vertikal

Panjang horizontal geomembran yang terletak di bawah perkerasan jalan baru atau antara lapis perkerasan jalan lama dan lapis ulang adalah minimum 600 mm, dengan batasan tidak perlu diperpanjang sampai dengan keseluruhan lebar perkerasan. Detil letak geomembran pada suatu sistem penghalang kelembaban vertikal diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Kontrol infiltrasi lateral pada lapis fondasi jalan

Geomembran yang terulur sampai permukaan horizontal lapisan tanah dasar harus ditahan dengan kayu, paku atau metoda lain yang disetujui oleh perekayasa untuk menjamin geomembran berada pada tempatnya selama penimbunan berlangsung.

6.4.2 Dimensi parit (*trench*)

Pada lokasi yang membutuhkan penempatan geomembran, parit digali terlebih dahulu sampai mencapai dimensi minimum seperti yang diperlihatkan Gambar 4. Material geomembran harus diletakan pada dinding sebelah dalam parit sampai dengan dasar parit. Parit harus segera ditimbun dan dipadatkan segera setelah geomembran terpasang pada tempatnya.

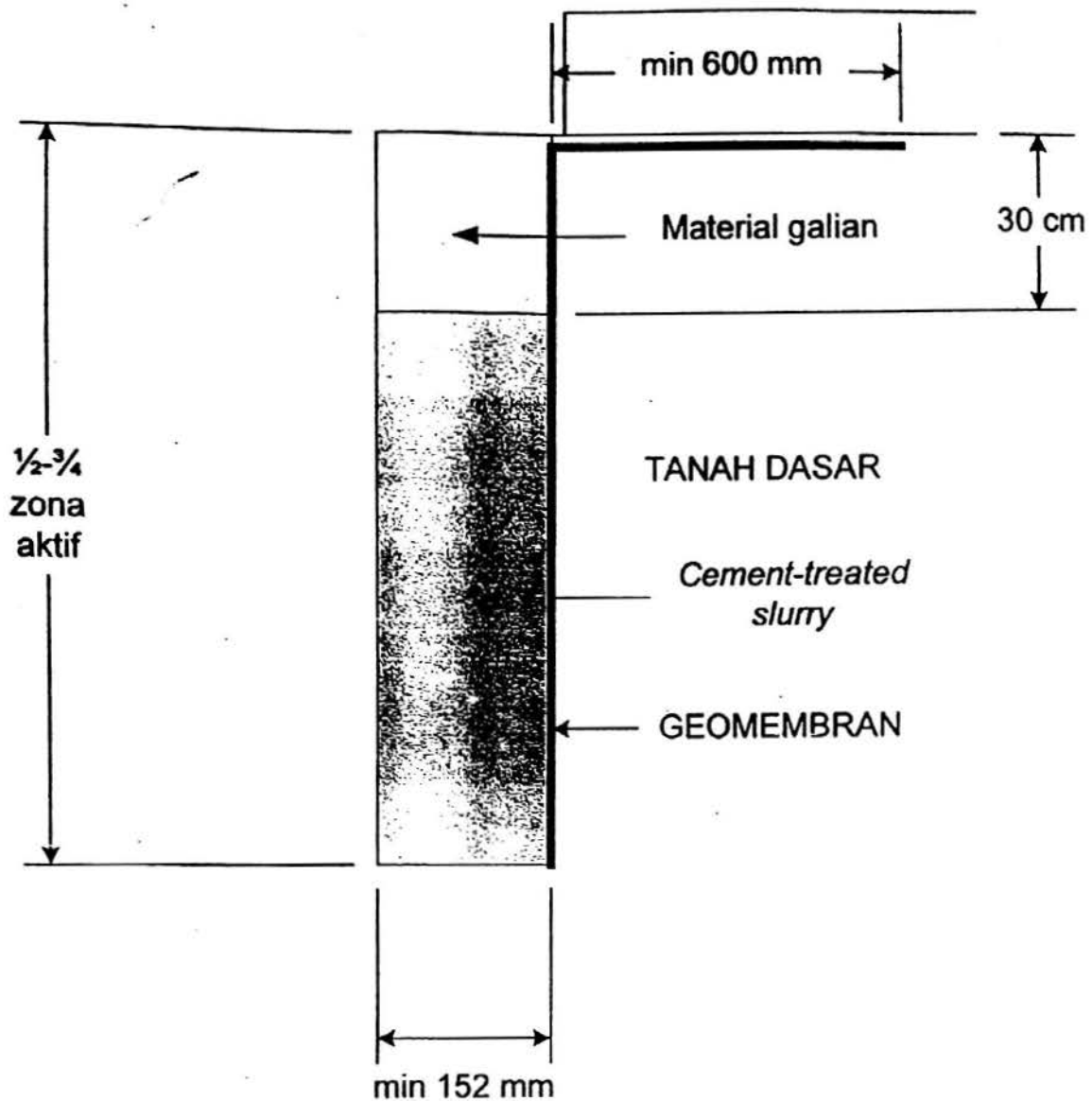
6.4.3 Material pengisi parit

Material pengisi parit terdiri atas:

- campuran semen (*cement-treated slurry*) yang terdiri atas pasir bergradasi medium, kandungan semen rendah, proporsi abu terbang yang tinggi dan air;
- material galian (material yang digali untuk membentuk parit).

Segara setelah penempatan geomembran, parit vertikal tersebut diisi oleh campuran semen (*cement-treated slurry*), hingga 30 cm dari permukaan parit. Penimbunan di atas campuran semen tidak boleh dilakukan sebelum usia campuran mencapai 24 jam. Sisa kedalaman parit sebesar 30 cm ini kemudian ditimbun lagi dengan material galian yang telah diproses hingga memiliki kadar air optimum $\pm 2\%$. Timbunan ini dipadatkan sampai mencapai kepadatan maksimum 95% (SNI 03-2832-1992).

Apabila campuran semen tidak tersedia maka material galian dapat digunakan sebagai material pengisi keseluruhan parit. Material pengisi berupa pasir harus dihindarkan karena akan bisa menimbulkan kubangan air pada parit.



Gambar 4 Denah detil parit pemasangan geomembran

6.4.4 Kondisi instalasi

Geomembran tidak boleh dipasang pada saat kondisi cuaca, yang tidak memungkinkan di mana terjadi hujan lebat atau cuaca/udara yang sangat panas. Pemasangan geomembran termasuk penyambungan/penjahitan (*seaming*) harus dilakukan pada suhu antara 4 °C (40 °F) sampai dengan 40 °C (104 °F). Instalasi juga tidak boleh dilakukan pada saat udara sangat lembab dan angin bertiup sangat kencang.

6.4.5 Sambungan (*seam*)

Sambungan berupa *overlap* harus setidaknya selebar 61 cm (24 inci). Geomembran yang terentang dari parit vertikal sampai tanah dasar harus juga di-*overlap* minimum 61 cm (24 inci). Sambungan berupa jahitan tidak diperkenankan kecuali jika sambungan tersebut dilakukan di pabrik dan telah terbukti kedap air.

6.5 Penempatan dan pepadatan agregat

Yang dimaksud dengan agregat di sini adalah material yang merupakan bagian dari lapisan perkerasan jalan. Material agregat ditempatkan dengan menuangkan agregat secara *back dumping* sedemikian rupa sehingga tidak merusak geomembran. Material agregat dengan ketebalan minimum 20 cm (8 inci) harus dihamparkan pada geomembran dalam arah yang konstan.

Lalu lintas maupun peralatan konstruksi tidak diperbolehkan melewati geomembran secara langsung, kecuali bila disetujui perekayasa atau dalam keadaan darurat. Semua peralatan tidak boleh dibiarkan berada di atas lokasi geomembran pada jangka waktu yang lama. Tumpukan agregat dapat dipergunakan untuk menahan geomembran pada tempatnya pada saat penghamparan.

Pembebanan tanah dasar yang berlebihan harus dihindari dengan menggunakan peralatan penghampar dan penuang (*dumping*) yang memberikan tekanan kecil pada tanah. Jika alur sedalam 5 cm (2 inci) atau lebih muncul pada agregat, kontraktor harus menggunakan peralatan yang lebih ringan agar memberikan tekanan yang lebih kecil. Alur yang muncul selama penghamparan dan pemadatan agregat harus ditimbun dengan agregat tambahan sehingga ketebalan agregat dapat dipertahankan. Peralatan konstruksi tidak diperbolehkan berputar atau berhenti tiba-tiba di atas agregat yang berada di atas geomembran. Lapis agregat harus dipadatkan hingga kepadatannya tidak kurang dari 95% dari kepadatan maksimum.

Material dasar agregat tidak boleh dicampur atau diproses di atas geomembran. Agregat harus dicampur pada areal penimbunan atau lokasi lain sebagaimana disetujui perekayasa. Kontaminasi dan pemisahan agregat sebelum atau selama penempatan harus diminimalisasi.

Setiap kerusakan yang terjadi selama penempatan agregat perlu segera diperbaiki. Agregat harus dipindahkan dari areal yang rusak agar dapat dilakukan penambalan geomembran dengan cara menutup area yang rusak 91 cm (3 feet) lebih pada semua sisi, dilanjutkan dengan penempatan kembali agregat.

Lampiran A

(normatif)

Tanah Ekspansif

A.1 Terminologi dan sifat-sifat

Istilah tanah ekspansif digunakan untuk tanah atau batuan lempungan yang mengalami perubahan volume yang besar sebagai respon langsung terhadap perubahan kadar air. Tanah ekspansif memiliki kecenderungan untuk mengembang apabila kadar air pada tanah bertambah dan sebaliknya akan menyusut apabila kadar air berkurang. Meskipun potensi pengembangan (*expansion potential*) dipengaruhi oleh berbagai faktor (struktur tanah dan fabrik, kondisi lingkungan dan lain-lain), mineral lempung merupakan faktor utama yang menentukan perilaku tersebut. Tanah yang mengandung kaolinit berplastisitas rendah akan cenderung memperlihatkan potensi kembang-susut yang lebih kecil dibandingkan tanah yang mengandung monmorilonit berplastisitas tinggi.

Perubahan musim dari hujan ke kemarau dan sebaliknya akan menimbulkan siklus basah-kering. Pada periode kering, bagian tanah di sekitar permukaan akan mengalami pengeringan yang intensif sehingga timbul retakan-retakan akibat proses desikasi (*desiccation*). Selama masa presipitasi yang besar, air akan masuk ke dalam retakan-retakan tersebut yang mengakibatkan tanah akan mengembang. Proses yang berlawanan akan terjadi selama masa kering yaitu tanah akan menyusut. Siklus pengembangan-penyusutan seperti ini bisa merusak performa perkerasan, pelat di atas tanah dan dinding penahan tanah.

A.2 Zona aktif

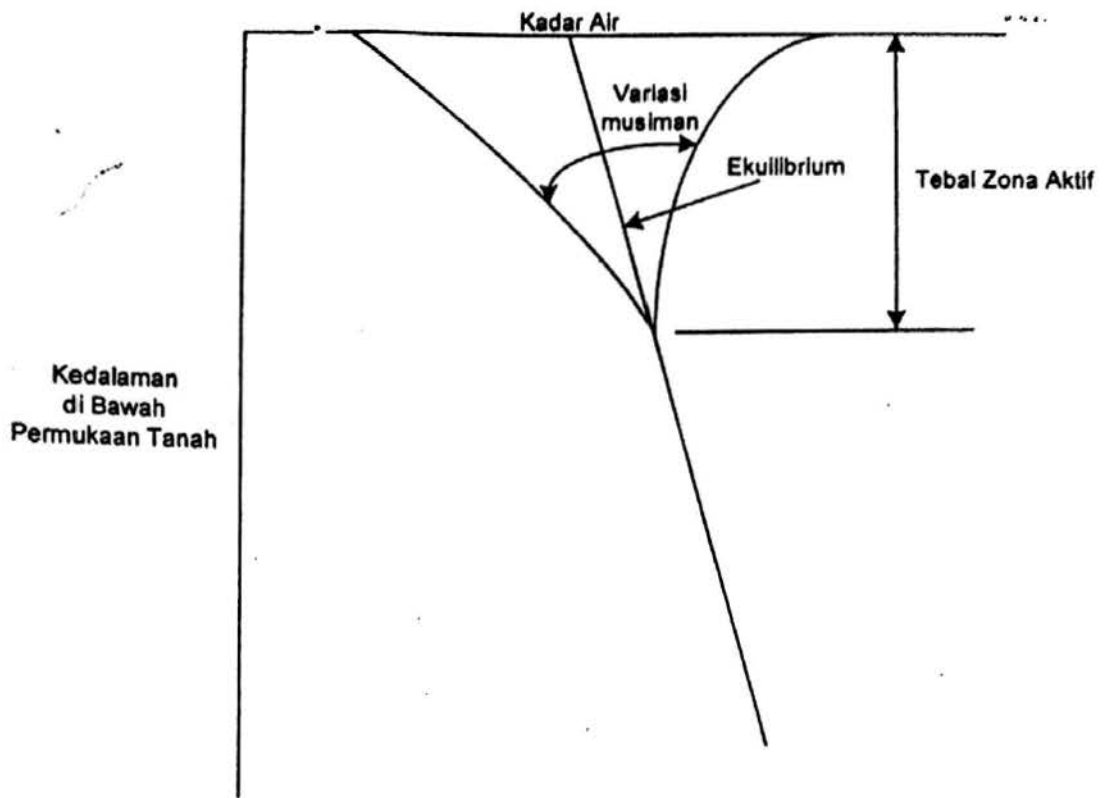
Kedalaman tanah ekspansif yang dipengaruhi oleh fluktuasi kadar air akibat perubahan musim disebut sebagai zona aktif. Zona aktif dapat ditentukan dengan 2 cara:

- memetakan (*plotting*) nilai kadar air terhadap kedalaman dari contoh tanah yang diambil selama musim basah dan kering (lihat Gambar A.1). Posisi di mana kadar air tidak lagi mengalami fluktuasi adalah batasan kedalaman zona aktif;
- memetakan nilai indeks likuiditas ($w-PL/PI$) atau w/PI terhadap kedalaman (lihat Gambar A.2). Posisi di mana nilai indeks likuiditas ($w-PL/PI$) atau w/PI relatif konstan menentukan kedalaman zona aktif.

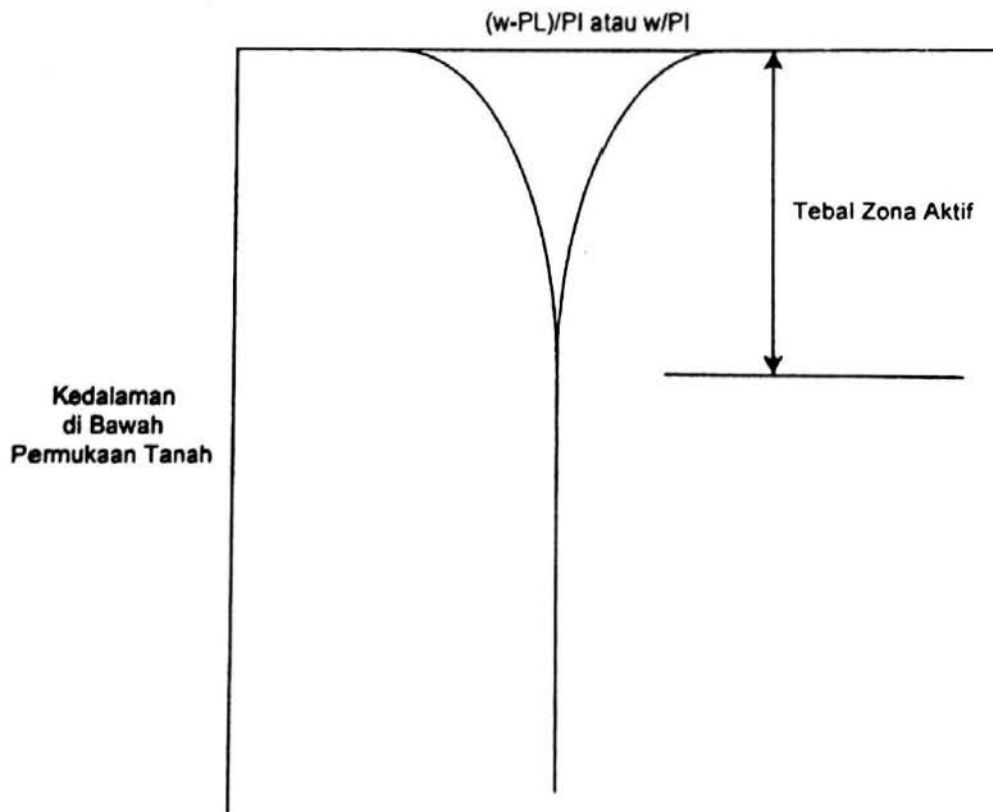
A.3 Identifikasi dan klasifikasi

Identifikasi dan klasifikasi tanah ekspansif secara empiris dilakukan dengan menggunakan parameter-parameter hasil dari uji indeks. Uji-uji indeks yang diperlukan adalah kadar air (SNI 03-1965-1990), batas cair (SNI 03-1967-1990), batas plastis (SNI 03-1966-1990), batas susut (SNI 03-3422-1994) dan analisis hidrometer (SNI 03-3423-1994). Pada umumnya, tanah dengan indeks plastisitas (PI) kurang dari 15 persen tidak akan memperlihatkan perilaku pengembangan. Untuk tanah dengan PI lebih besar dari 15 persen, kandungan kadar lempung harus dievaluasi di samping nilai-nilai batas Atterberg. Identifikasi dengan uji yang sederhana ini menggunakan alat yang rutin dipakai di laboratorium sehingga bisa dilakukan di banyak tempat dan cepat.

Identifikasi dan klasifikasi kualitatif tanah ekspansif secara sederhana dapat dilakukan dengan menghitung nilai tingkat keaktifan (*activity*) dan potensi pengembangan (*swelling potential*) berdasarkan nilai-nilai batas Atterberg dan/atau persentase kandungan lempung. Pengujian potensi kembang (ASTM D 4546) dianjurkan di samping uji-uji indeks apabila fasilitas tersedia.



Gambar A.1 Metode penentuan zona aktif dari fluktuasi kadar air musiman



Gambar A.2 Metode penentuan zona aktif dari indeks likuiditas atau w/PI

A.3.1 Tingkat keaktifan (*Activity*)

Tingkat keaktifan A_c suatu tanah dapat ditentukan dengan:

$$\text{Tingkat keaktifan} = \frac{\text{Indeks plastisitas (PI)}}{\%CF} \quad (\text{A.1})$$

dengan pengertian CF adalah fraksi lempung berdasarkan persentase partikel dengan diameter ekuivalen $<0,002$ mm yang didapat dari tes hidrometer (SNI-03-3423-1994). Nilai CF harus dikurangi sebesar 5% apabila nilainya kurang dari 40%. Tingkat keaktifan lempung kemudian didapat dengan kriteria:

Tabel A.1 Tingkat-tingkat keaktifan lempung

A_c	Tingkat keaktifan
$<0,75$	Tidak aktif
0,75-1,25	Normal
$>1,25$	Aktif

Tingkat keaktifan berkaitan dengan kandungan mineral yang dimiliki suatu tanah. Tanah yang tergolong aktif akan memiliki kandungan monmorilonit yang dominan sehingga tanah tersebut dapat dikategorikan sebagai tanah ekspansif.

A.3.2 Potensi pengembangan (*swelling potential*)

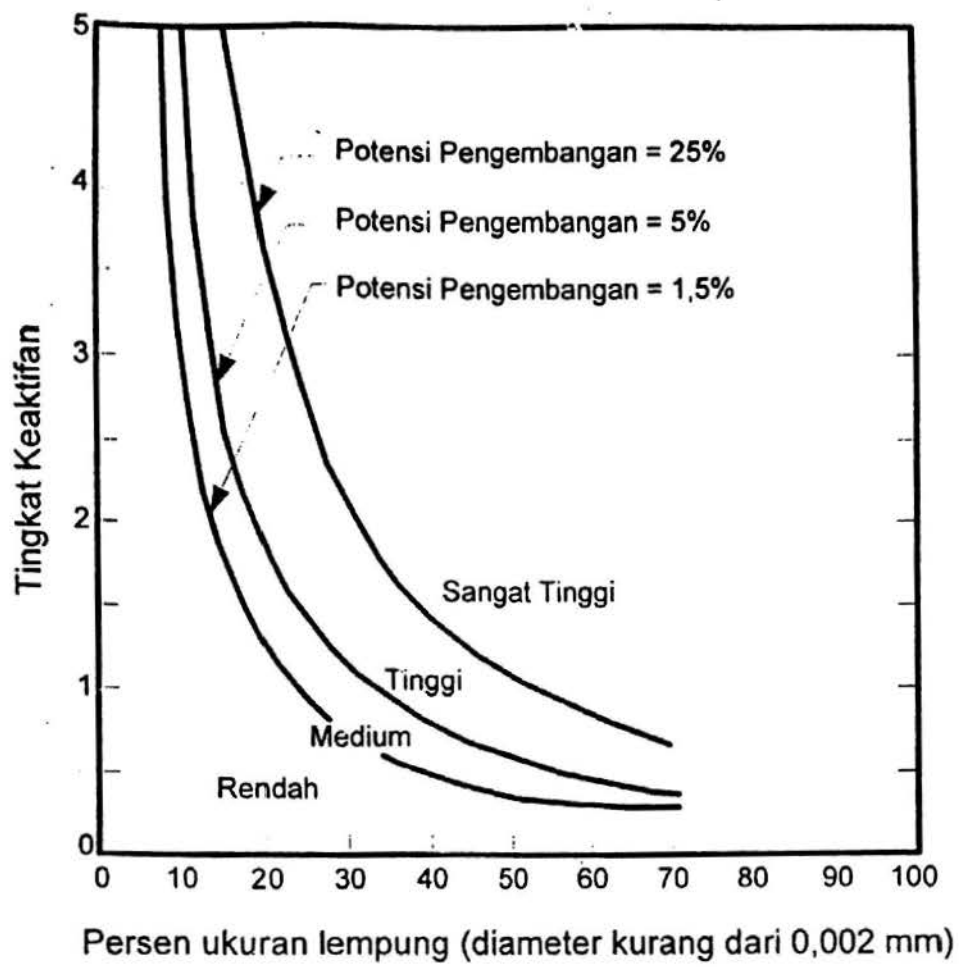
Studi literatur terhadap penentuan potensi pengembangan secara empiris menghasilkan banyak kriteria. Pada pedoman ini hanya tiga kriteria saja yang ditampilkan untuk dipakai yaitu yang dikeluarkan oleh Seed *et al.* (1962), BRE (*Building Research Establishment*) dan Holtz, Dakshanamurthy dan Raman (1973). Gambar A.3 di bawah ini memperlihatkan potensi pengembangan suatu tanah remasan (*remolded soil*) dikaitkan dengan tingkat keaktifan dan fraksi lempung berdasarkan kriteria Seed *et al.* (1962). Kriteria potensi pengembangan dan/atau penyusutan yang diterbitkan oleh BRE (*Building Research Establishment*) menggunakan nilai-nilai persentase partikel lempung dan indeks plastisitas (lihat Tabel A.2). Holtz, Dakshanamurthy dan Rahman (1973) mengklasifikasi potensi pengembangan (lihat Tabel A.3) sebagai fungsi dari indeks plastisitas, batas cair, dan batas susut. Ketiga kriteria tersebut sebaiknya digunakan secara bersamaan untuk menambah keyakinan di dalam menentukan potensi pengembangan tanah ekspansif secara empiris.

Tabel A.2 Potensi pengembangan menurut Building Research Establishment BRE (1980)

PI (%)	$\%<2 \mu\text{m}$	Potensi Pengembangan
>35	>95	Sangat tinggi
22-35	60-95	Tinggi
18-22	30-60	Moderat
<18	<30	Rendah

Tabel A.3 Potensi pengembangan menurut Holtz, Dakshanamurthy dan Raman (1973)

PI (%)	SL (%)	LL (%)	Potensi Pengembangan
<18	>15	20-35	Rendah
15-25	10-15	35-50	Moderat
25-35	7-12	50-70	Tinggi



Gambar A.3 Klasifikasi potensi pengembangan (Seed *et al.*, 1962)

Lampiran B

(informatif)

Standar-standar Pengujian Geosintetik menurut American Society for Testing and Materials (ASTM)

B.1 Sifat-sifat daya tahan

Specification for:

D 4886 Abrasion Resistance of Geotextile (Sand Paper/Sliding Block Method)

D 4355 Deterioration of Geotextiles from Exposure to Ultraviolet Light and Water (Xenon-Arc Type Apparatus)

D 4594 Effects of Temperature on Stability of Geotextiles

D 5322 Immersion Procedures for Evaluating the Chemical Resistance of Geosynthetics to Liquids

Test Methods for:

D 1987 Biological Clogging of Geotextile of soil/Geotextile Filters

D 5397 Stress Crack Resistance of Polyolefin Geomembranes Using Notched Constant Tensile Load Test, Evaluation of

D 5262 Unconfined Tension Creep Behavior of Geosynthetics, Evaluating the

D 5596 Microscopic Evaluation of the Dispersion of Carbon Black in Polyolefin Geosynthetics

D 5885 Oxidative Induction Time of Polyolefin Geosynthetics by High Pressure Differential Scanning Calorimetry

Practice for:

D 5496 In Situ Immersion Testing of Geosynthetics

D 5721 Air-Oven Aging of Polyolefin Geomembranes

D 5747 Test to Evaluate the Chemical Resistance of Geomembranes to Liquids

Guide for:

D 4873 Identification, Storage, and Handling of Geotextiles

D 5819 Selecting Test Method for Experimental Evaluation of Geosynthetic Durability

B.2 Geomembran

Specification for:

D 3083 Flexible Poly(Vinyl Chloride) Plastic Sheeting for Pond, Canal, and Reservoir Lining

D 4885 Performance Strength of Geomembranes by the Wide Strip Tensile Method, Determining

D 3020 Polyethylene and Ethylene Copolymer Plastic Sheeting for Pond, Canal and Reservoir Lining

Practice for:

D 5323 2% Secant Modulus for Polyethylene Geomembranes, Determination of

D 4545 Integrity of Factory Seams Used in Joining Manufactured Flexible Sheet Geomembranes, Determining

D 4437 Integrity of Field Seams Used in Joining Flexible Polymeric Sheet Geomembranes, Determining

D 5641 Geomembranes Seams Evaluations by Vacuum Chamber

D 5820 Pressurized Air Channel Evaluation of Dual Seamed Geomembranes

Test Method for:

D 5494 Pyramid Puncture Resistance of Unprotected and Protected Geomembranes, Determination of

D 5514 Large Scale Hydrostatic Puncture Testing of Geosynthetics

D 5617 Multi-Axial Tension Test for Geosynthetics

D 5884 Determining the Tearing Strength of Internally Reinforced Geomembranes

B.3 Sifat-sifat mekanik

Specification for:

D 4632 Breaking Load and Elongation of Geotextiles (Grab Method)

D 4833 Index Puncture Resistance of Geotextiles, Geomembranes, and Related Products

D 4884 Seam Strength of Sewn Geotextiles

D 4595 Tensile Properties of Geotextiles by the Wide Strip Method

D 4533 Trapezoid Tearing Strength of Geotextiles

Practice for:

D 4354 Sampling of Geosynthetics for Testing

D 4759 Specification Conformance of Geosynthetic, Determining

D 5818 Obtaining Samples of Geosynthetics from a Test Section for Assessment of Installation Damage

Test Method for:

D 5261 Measuring Mass Per unit Area of Geotextiles

Guide for:

D 5886 Selection of Test Methods to Determine the Rate of Fluid Permeation Through Geomembranes for Specific Applications

B.4 Permeabilitas dan filtrasi

Test Method for:

D 4751 Apparent Opening Size of a Geotextile, Determining

D 5321 Determining the Coefficient of Soil and Geosynthetic or Geosynthetic and Geosynthetic Friction by the Direct Shear Method

D 4716 Constant Head Hydraulic Transmissivity (In-Plane Flow) of Geotextile and Geotextile Related Products

D 5141 Filtering Efficiency and Flow Rate of a Geotextile for Silt Fence Application Using Site Specifications, Determine

D 5199 Measuring Nominal Thickness of Geotextiles and Geomembranes

D 5101 Measuring the Soil-Geotextile System Clogging Potential (By the Gradient Ratio)

D 5493 Permittivity of Geotextile Under Load

D 4491 Water Permeability of Geotextiles by Permittivity Method

D 5567 Hydraulic Conductivity Ratio (HCR) Testing of Soil/Geotextile Systems

B.5 Terminologi

D 4439 Geosynthetics

B.6 Geosynthetic Clay Liners

Test method for:

D 5887 Measurement of Index Flux Through Saturated Geosynthetic Clay Liner Specimens Using Flexible Wall Permeameter

D 5890 Swell Index of Clay Mineral Component of Geosynthetic Clay Liners

D 5891 Fluid Loss of Clay Component of Geosynthetic Clay Liners

Practice for:

D 5889 Quality Control of Geosynthetic Clay Liners

Guide for:

D 5888 Storage and Handling of Geosynthetic Clay Liners

**Lampiran C
(informatif)**

Daftar nama dan lembaga

1) Pemrakarsa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kimpraswil

2) Penyusun

Nama	Instansi
Dr. Ir. Hedy Rahadian, MSc.	Pusat Litbang Prasarana Transportasi
Ir. Budi Satriyo, MT	Pusat Litbang Prasarana Transportasi

Bibliografi

- Chen, F.H. (1983) *Foundations on Expansive Soils*, Development in Geotechnical Engineering 12, Elsevier Science Publishing Company.
- Djedid, A., Bekkouche, A. dan Aissa Mamoune, S.M. (2001) Identification and Prediction of the Swelling Behaviour of Some Soils from the Tiemcen region of Algeria, *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussees*, 233, July-August, Ref. 4375, hal. 69-77.
- Evans, R.P., Holden, J.C. dan McManus, K.J. (1996) Application of a new vertical moisture barrier construction method for highway pavements, *Road & Transport Research*, 5(3), hal. 4-12.
- Holtz, R.D., Christopher, B.R. dan Berg, R.R. (1998) Geosynthetic Design and Construction Guidelines, *Pub. No. FHWA HI-95-038*, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington D.C., USA.
- Mitchell, J.K. (1993) *Fundamentals of Soil Behavior*, John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Moshe Livneh, Ilan Ishal (1988) Israeli Experience with Runway Pavements on Expansive Clays, *Proc. 6th Int. Conf. on Expansive Soils*, 1-4 December 1987, New Delhi, India, hal. 247-252, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Nelson, J.D. dan Miller, D. J. (1992) *Expansive Soils: Problems & Practice in Foundation & Pavement Engineering*, John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Ramaswamy, S.D. dan Aziz, M.A. (1988) Membrane Encapsulation to Control Swelling of Subgrades for Pavements, *Proc. 6th Int. Conf. on Expansive Soils*, 1-4 December 1987, New Delhi, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Sabatini, P.J., Bachus, R.C., Mayne, P.W., Schneider, J.A. dan Zettler, T.E. (2002) Geotechnical Engineering Circular No. 5: Evaluation of soil and rock properties. *Report No. FHWA-IF-02-034*, FHWA.
- Snethen, R.D., Townsend, F.C., Johnson, L.D., Patrick, D.M. dan Vedros, P.J. (1975) A review of engineering experiences with expansive soils in highway subgrades, *Report No. FHWA-RD-75-48*, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington D.C., USA.
- Steinberg, M. L. (1998) *Geomembranes and the Control of Expansive Soils in Construction*, McGraw-Hill Inc., New York.
- Steinberg, M.L. (1980) Deep vertical moisture seals, *Proc. 4th Int. Conf. on Expansive Soils*, 16-18 June 1980, Denver, Colorado, hal. 383-399, American Society of Civil Engineers, New York.