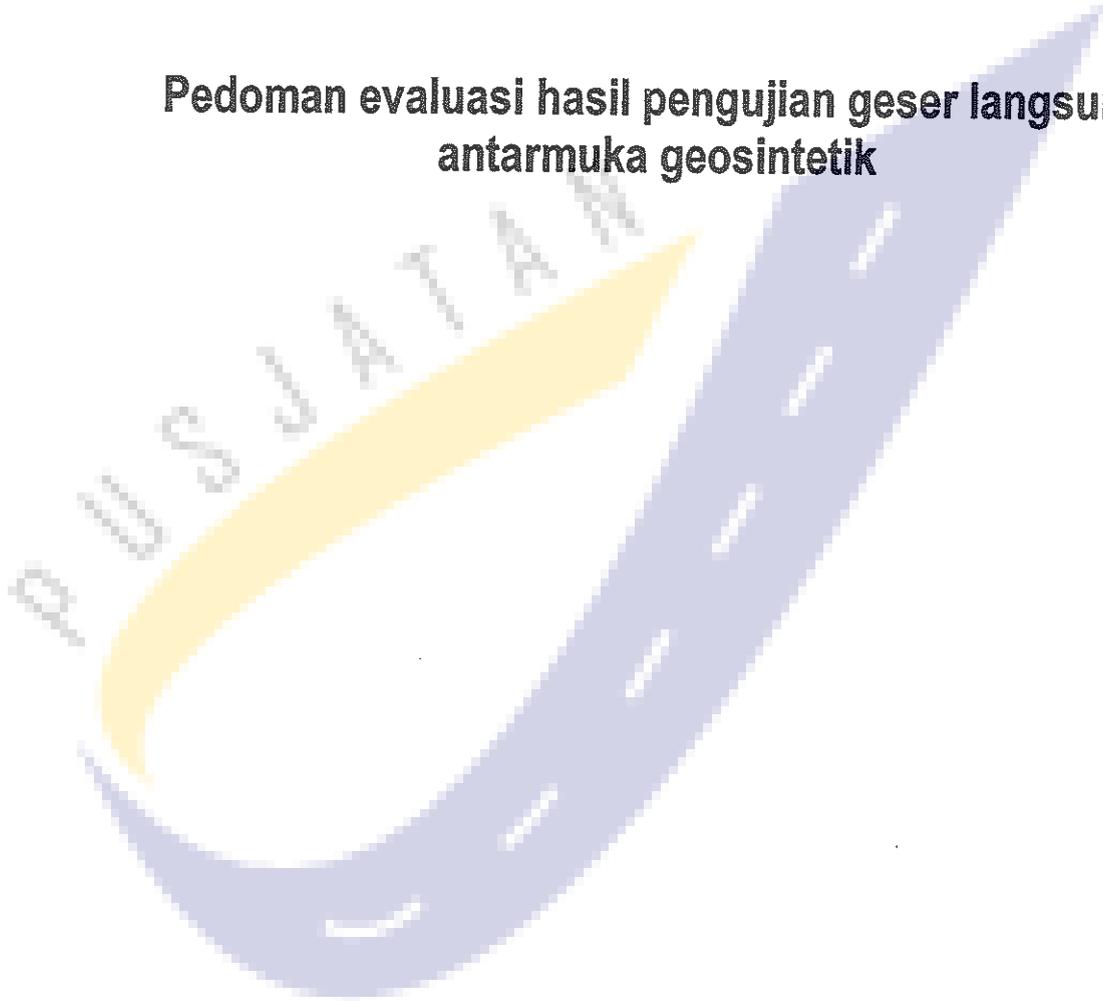


**Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum
Dan Perumahan Rakyat**

No. 35/SE/M/2015

tentang

**Pedoman evaluasi hasil pengujian geser langsung
antarmuka geosintetik**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT**



MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
REPUBLIK INDONESIA

Kepada Yth.:

Para Pejabat Eselon I di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

**SURAT EDARAN
NOMOR : 35/SE/M/2015**

TENTANG

**PEDOMAN EVALUASI HASIL PENGUJIAN GESER LANGSUNG
ANTARMUKA GEOSINTETIK**

A. Umum

Dalam rangka menentukan parameter-parameter kuat geser antarmuka yang akan digunakan dalam analisis stabilitas, perlu menetapkan Pedoman evaluasi hasil pengujian geser langsung antarmuka geosintetik dengan Surat Edaran Menteri.

B. Dasar Pembentukan

1. Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 86, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4655);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan antara Pemerintah, Pemerintahan Daerah Provinsi, Pemerintahan Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4737);
3. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2015 tentang Organisasi Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 8);
4. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015 tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 16);
5. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 121/P Tahun 2014 tentang Pembentukan Kementerian dan Pengangkatan Menteri Kabinet Kerja Periode Tahun 2014-2019;
6. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 08/PRT/M/2010 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pekerjaan Umum;

7. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 07/PRT/M/2012 tentang Penyelenggaraan Penelitian dan Pengembangan di Bidang Jalan;
8. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan.

C. Maksud dan Tujuan

Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai acuan bagi Pejabat Eselon I di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, perancang, perencana dan pelaksana dalam mengevaluasi hasil pengujian geser langsung antarmuka geosintetik. Tujuannya untuk menilai stabilitas material tanah yang bertumpu pada antarmuka.

D. Ruang Lingkup

Pedoman evaluasi hasil pengujian geser langsung antarmuka geosintetik memberikan pertimbangan-pertimbangan dalam melakukan evaluasi hasil pengujian geser langsung dengan menggunakan material geosintetik.

E. Penutup

Ketentuan lebih rinci mengenai pedoman ini tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Surat Edaran ini.

**Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 18 Mei 2015**

**MENTERI PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT,**



M. BASUKI HADIMULJONO

Tembusan disampaikan kepada Yth.:
Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

LAMPIRAN
SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT
NOMOR : 35/SE/M/2015

PEDOMAN

Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil

Evaluasi hasil pengujian geser langsung
antarmuka geosintetik



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT**

Daftar isi

| | |
|---|-----|
| Daftar isi | i |
| Prakata | ii |
| Pendahuluan | iii |
| 1 Ruang lingkup | 1 |
| 2 Acuan normatif | 1 |
| 3 Istilah dan definisi | 1 |
| 4 Ketentuan | 2 |
| 4.1 Umum | 2 |
| 4.2 Evaluasi selubung keruntuhan Mohr-Coulomb | 4 |
| 4.3 Evaluasi kurva geser terhadap perpindahan | 5 |
| 4.3.1 Moda keruntuhan | 5 |
| 4.3.2 Kualitas data hasil pengujian | 7 |
| 4.4 Pemeriksaan benda uji setelah pengujian | 7 |
| Gambar 1 - Kurva selubung keruntuhan Mohr dan representasi ekuivalen linear Mohr-Coulomb | 3 |
| Gambar 2 - Kurva geser terhadap perpindahan untuk material yang berperilaku getas dan material yang berperilaku daktil | 5 |
| Gambar 3 - Contoh kurva geser terhadap perpindahan untuk pengujian geser antarmuka GCL/tanah pada tegangan normal tinggi. | 6 |
| Gambar 4 - Pengaruh sistem penjepit benda uji pada pengukuran tegangan perpindahan untuk geser internal GCL <i>needle-punched</i> | 7 |

Prakata

Pedoman evaluasi hasil pengujian geser langsung antarmuka geosintetik yang menggunakan geosintetik mengacu pada ASTM D7702-13a, *Standard guide for considerations when evaluating direct shear results involving geosynthetics*.

Standar ini dipersiapkan oleh Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia Rekayasa Jalan dan Jembatan 91-01/S2 melalui Gugus Kerja Geoteknik Jalan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti pedoman standardisasi nasional (PSN) 08:2007 dan dibahas dalam forum rapat konsensus tanggal 28 Agustus 2014 di Bandung, dengan melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.



Pendahuluan

Kuat geser antarmuka tanah dengan geosintetik dan geosintetik dengan geosintetik merupakan parameter desain yang penting bagi banyak proyek teknik sipil, diantaranya bendungan yang menggunakan geosintetik, perkuatan lereng, dan penampungan air.

Pengujian geser langsung antarmuka geosintetik merupakan pengujian kinerja untuk mendapatkan parameter-parameter kuat geser antarmuka yaitu adhesi, c_a dan sudut geser antarmuka, δ . Seringkali, antarmuka geosintetik menjadi bidang lemah yang dapat menyebabkan terjadinya selip, kuat geser antarmuka diperlukan untuk menilai stabilitas material tanah yang bertumpu pada antarmuka ini. Untuk itu diperlukan pemahaman mengenai hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam melakukan evaluasi hasil pengujian geser langsung. Dengan demikian, diharapkan dapat membantu perencana dalam penentuan parameter-parameter yang akan digunakan dalam analisa stabilitas.

Pedoman ini dapat digunakan mengevaluasi hasil pengujian geser langsung antarmuka geosintetik untuk semua bidang ke-PU-an .

Evaluasi hasil pengujian geser langsung antarmuka geosintetik

1 Ruang lingkup

Pedoman ini memberikan pertimbangan-pertimbangan dalam melakukan evaluasi hasil pengujian geser langsung dengan menggunakan material geosintetik.

Hasil pengujian geser langsung tanah dan geosintetik serta geosintetik dan geosintetik yang diperoleh dari pengujian dengan metode uji ASTM D5321 atau ASTM D6243 dapat menggunakan pedoman ini.

Pemilihan nilai kuat geser puncak atau kuat geser pada perpindahan besar tidak dijelaskan dalam pedoman ini.

2 Acuan normatif

Dokumen referensi di bawah ini harus digunakan dan tidak dapat ditinggalkan untuk melaksanakan pedoman ini.

ASTM D653, *Terminology relating to soil, rock and contained fluids.*

ASTM D4439, *Terminology for geosynthetics.*

ASTM D5321, *Test methods for determining the coefficient of soil and geosynthetic or geosynthetic and geosynthetic friction by the direct shear method.*

ASTM D6243, *Test methods determining the internal and interface shear resistance of geosynthetic clay liner by the direct shear method.*

3 Istilah dan definisi

Definisi tanah serta batuan dalam standar ini mengacu pada ASTM D653, sedangkan definisi geosintetik mengacu pada ASTM D4439. Untuk tujuan penggunaan dalam pedoman ini, istilah dan definisi berikut digunakan.

3.1

adhesi, c_a

perpotongan dengan sumbu y dari selubung kuat geser Mohr-Coulomb. Komponen kuat geser dinyatakan sebagai c_a , dalam persamaan Coulomb yaitu $\tau = c_a + \sigma \tan \delta$

3.2

geosynthetic clay liner (GCL)

bahan penghalang aliran cairan yang berfungsi sebagai lapisan kedap air. Lembaran GCL terdiri dari lapisan lempung bentonit (atau material kedap air lainnya) yang disisipkan di antara dua geotekstil dan/atau dijepit geomembran

3.3

kuat geser

gaya geser pada bidang keruntuhan tertentu. Pada uji geser langsung, kuat geser selalu dinyatakan dalam hubungannya dengan tegangan normal yang bekerja pada bidang keruntuhan.

3.4

kuat geser puncak (*peak*)

nilai terbesar tahanan geser yang terjadi selama pengujian pada tegangan normal yang diberikan

3.5

kuat geser setelah-puncak (*post-peak*)

nilai minimum atau nilai pada kondisi konstan (*steady-state*) tahanan geser yang terjadi setelah kuat geser puncak terlampaui

3.6

selubung keruntuhan

garis linear pada kurva tegangan geser terhadap tegangan normal yang mewakili kombinasi tegangan geser dan tegangan normal yang mendefinisikan kriteria keruntuhan geser yang dipilih (contoh: pada saat puncak, setelah puncak atau residual). Selubung keruntuhan juga disebut sebagai selubung kuat geser

3.7

selubung kuat geser Mohr-Coulomb

garis linear pada kurva tegangan geser terhadap tegangan normal yang mewakili kombinasi tegangan geser dan tegangan normal yang mendefinisikan kriteria keruntuhan geser yang dipilih (contoh: pada saat puncak, setelah puncak atau residual) dinyatakan dengan persamaan berikut: $\tau = c_a + \sigma \tan(\delta)$

3.8

sudut geser Mohr-Coulomb, δ

sudut geser suatu material atau antara dua material, dinyatakan dalam satuan derajat. Sudut tersebut didefinisikan sebagai sudut antara selubung keruntuhan dengan garis horizontal sejajar sumbu x; komponen kuat geser diindikasikan sebagai δ , dalam persamaan Coulomb, $\tau = c + \sigma \tan(\delta)$

4 Ketentuan

4.1 Umum

Antarmuka geosintetik sering kali menjadi bidang lemah yang dapat menyebabkan terjadinya selip, kuat geser antarmuka diperlukan untuk menilai stabilitas material tanah yang bertumpu pada antarmuka ini. Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan pengujian geser pada setiap proyek menggunakan material yang mewakili kondisi lapangan pada tahap perencanaan akhir. Kuat geser antarmuka geosintetik diperoleh dari pengujian geser langsung yang mengacu pada metode uji ASTM D5321 (geosintetik) atau ASTM D6243 (*geosynthetic clay liner, GCL*).

Pedoman ini memberikan pertimbangan-pertimbangan ketika melakukan evaluasi data kuat geser. Kombinasi yang tidak terbatas dari tanah, geosintetik, hidrasi dan kondisi pembasahan, distribusi beban normal, kecepatan regangan, rangkai, tekanan pori, dan sebagainya akan selalu memerlukan evaluasi teknis secara individu oleh praktisi yang berkualitas.

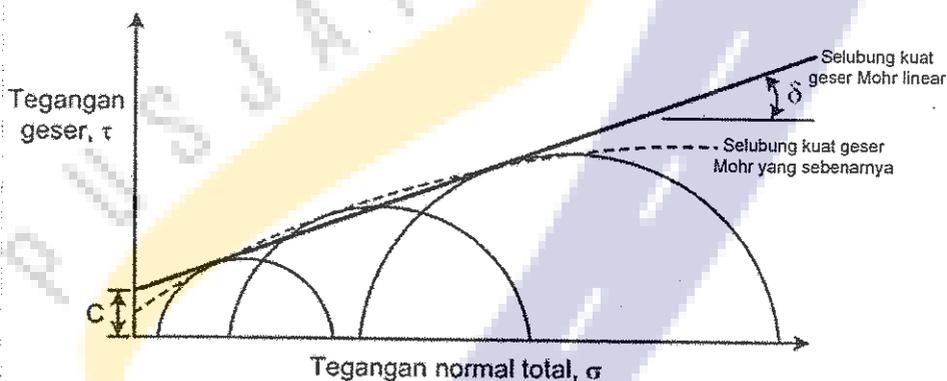
Secara garis besar, pengujian geser langsung dilakukan dengan menempatkan geosintetik dan tanah dalam kotak uji geser langsung. Suatu tegangan normal konstan yang mewakili kondisi tegangan lapangan diberikan pada benda uji. Gaya geser yang tegak lurus tegangan normal diberikan sehingga satu bagian kotak geser bergerak relatif terhadap kotak lainnya. Gaya geser dicatat sebagai fungsi perpindahan geser dari bagian kotak geser yang

bergerak. Pengujian dilakukan hingga perpindahan geser melebihi 75 mm atau mengacu pada suatu nilai tertentu yang ditetapkan oleh pengguna. Umumnya, nilai perpindahan sebesar 75 mm merupakan nilai batas atas dari kebanyakan alat uji geser langsung. Data hasil pengujian laboratorium digambarkan sebagai grafik hubungan antara gaya geser terhadap perpindahan geser. Gaya geser puncak dan gaya geser pada akhir pengujian diidentifikasi. Perpindahan geser terkait dengan gaya-gaya geser tersebut juga ditentukan.

Pengujian harus dilakukan dengan kecepatan perpindahan geser sedemikian sehingga memungkinkan tekanan air pori eksese dapat terdisipasi. Hal ini dimaksudkan agar pengujian dapat mewakili kondisi lapangan karena sistem drainase sudah umum digunakan dan juga karena kecepatan pembebanan di lapangan relatif lambat. ASTM D5321 dan ASTM D6243 memberikan rekomendasi kecepatan perpindahan geser tersebut.

Teori Mohr menjelaskan bahwa keruntuhan yang terjadi pada suatu material adalah akibat kombinasi tegangan geser dan tegangan normal dan bukan hanya terjadi akibat tegangan geser maksimum atau tegangan normal maksimum saja.

Jika suatu seri pengujian geser dengan variasi nilai tegangan normal dilakukan dan lingkaran tegangan yang berhubungan dengan keruntuhan digambarkan untuk setiap pengujian, minimal satu titik dari setiap lingkaran harus mewakili kombinasi tegangan normal dan tegangan geser yang berhubungan dengan keruntuhan. Semakin banyak pengujian, maka selubung keruntuhan menjadi semakin jelas (Gambar 1).



Gambar 1 - Kurva selubung keruntuhan Mohr dan representasi ekuivalen linear Mohr-Coulomb

Secara umum, selubung keruntuhan merupakan garis melengkung untuk hampir seluruh material. Pada permasalahan geoteknik umumnya, asumsikan tegangan geser pada bidang keruntuhan yang diperkirakan sebagai suatu fungsi linear dari tegangan normal total atau tegangan normal efektif yang berada dalam rentang tegangan normal yang dipilih, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Pendekatan linear ini dikenal sebagai selubung kuat geser Mohr-Coulomb. Untuk kasus tegangan total, selubung kuat geser Mohr-Coulomb dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\tau = c_a + \sigma \tan (\delta) \tag{1}$$

Keterangan:

- τ adalah tegangan geser;
- σ adalah tegangan normal;
- δ adalah sudut geser (derajat);
- c_a adalah adhesi.

Untuk tegangan efektif, selubung keruntuhan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\tau = c'_a + (\sigma - u) \tan \delta \quad (2)$$

atau

$$\tau = c'_a + \sigma' \tan \delta' \quad (3)$$

Keterangan:

- u adalah tekanan pori;
- σ' adalah tegangan normal efektif;
- δ' adalah sudut geser terdrainase (derajat);
- c'_a adalah adhesi.

Pengukuran tekanan pori umumnya tidak dilakukan dalam pengujian geser langsung di hampir semua laboratorium. Oleh karena itu, hasil pengujian kuat geser biasanya dinyatakan dalam tegangan geser total.

4.2 Evaluasi selubung keruntuhan Mohr-Coulomb

Parameter kekuatan Mohr-Coulomb, c_a dan δ , digunakan untuk menilai kestabilan lereng dengan geosintetik menggunakan metode keseimbangan batas. Walaupun metode uji ASTM D5321 dan ASTM D6243 mensyaratkan laboratorium pengujian menggambarkan garis lurus melalui data tegangan geser terhadap tegangan normal dan menentukan c_a dan δ , direkomendasikan bagi perencana melakukan evaluasi terhadap data tersebut untuk menentukan kesesuaian parameter-parameter kekuatan yang akan digunakan dalam analisis kestabilan lereng.

Parameter-parameter Mohr-Coulomb hanya menyatakan selubung kuat geser untuk rentang tegangan-tegangan normal yang diuji. Jika ekstrapolasi diperlukan, gunakan metode berikut:

- Ekstrapolasi selubung kekuatan geser terhadap beban normal yang lebih rendah dimulai dari hasil pengujian pada beban normal terendah kembali ke titik nol (0,0).
- Ekstrapolasi selubung kekuatan geser terhadap beban normal yang lebih tinggi dimulai dari hasil pengujian pada beban normal tertinggi dengan garis horizontal kuat geser konstan.
- Ekstrapolasi kuat geser lainnya dengan nilai kuat geser lebih besar dari nilai yang dihasilkan dari kedua metode di atas tidak dapat dipertanggungjawabkan atas hasil pengujian.

Pengujian geser langsung yang menggunakan geosintetik umumnya menunjukkan nilai perpotongan dengan sumbu y yang tidak nol (memiliki nilai adhesi, c_a). Untuk antarmuka geosintetik tidak direkomendasikan untuk mengabaikan nilai adhesi dalam perencanaan. Beberapa contoh geosintetik dan antarmuka geosintetik yang memperlihatkan adanya nilai adhesi, yaitu:

- Geomembran polietilen bertekstur dengan geotekstil atau tanah,
- Geomembran bertekstur halus dengan geosintetik lainnya atau tanah,
- Geokomposit drainase yaitu geotekstil yang diikat melalui pemanasan pada geonet,
- Kuat geser internal GCL dengan *needle-punched* yang memberikan perkuatan internal pada lapisan bentonit,
- Antarmuka tertentu dari geosintetik dengan tanah (misalnya tanah kohesif dengan geotekstil nirtenun) dengan gesekan antarmuka antara dua material cukup besar untuk memaksa bidang keruntuhan pada tanah.

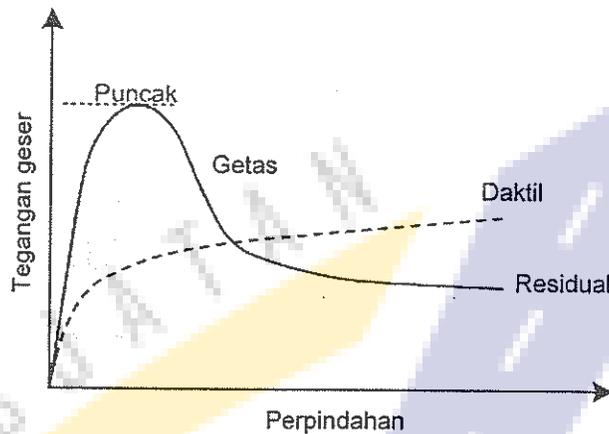
4.3 Evaluasi kurva geser terhadap perpindahan

Hasil pengujian harus memuat kurva gaya geser terhadap perpindahan untuk material-material yang diuji dan memuat identifikasi terhadap gaya geser puncak dan gaya geser pada akhir pengujian. Perencana disarankan untuk memeriksa kurva geser terhadap perpindahan untuk memperoleh pemahaman terhadap:

1. Moda keruntuhan yang terjadi, dan
2. Menilai kualitas data hasil pengujian.

4.3.1 Moda keruntuhan

Antarmuka tanah dengan geosintetik dapat menunjukkan dua tipe perilaku tegangan terhadap regangan, yaitu getas (*brittle*) dan daktil (*ductile*), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 - Kurva geser terhadap perpindahan untuk material yang berperilaku getas dan material yang berperilaku daktil

Material-material yang menunjukkan perilaku tegangan terhadap regangan yang getas akan memperlihatkan kuat geser puncak yang jelas pada perpindahan yang kecil, kemudian akan mengalami penurunan tahanan geser pada perpindahan yang lebih besar sampai kuat geser residual tercapai. Perilaku tegangan terhadap regangan getas, juga dikenal sebagai *strain-softening* atau pengurangan kekuatan setelah-puncak. Perilaku ini merupakan karakteristik lempung kaku, pasir padat, dan lempung kering yang dipadatkan pada kondisi kadar air optimum.

Beberapa mekanisme yang berkontribusi terhadap perilaku pengurangan kekuatan setelah-puncak pada tanah diantaranya adalah reorientasi partikel lempung pada bidang keruntuhan dan dilatasi tanah. Antarmuka geosintetik yang memperlihatkan perilaku geser terhadap perpindahan getas yaitu:

- Antarmuka geomembran bertekstur dengan geotekstil nirtenu, GCL, atau geokomposit drainase,
- GCL yang diperkuat,
- Antarmuka geosintetik dengan lempung kaku atau pasir padat yang bidang keruntuhannya dipaksa terjadi pada lapisan tanah.

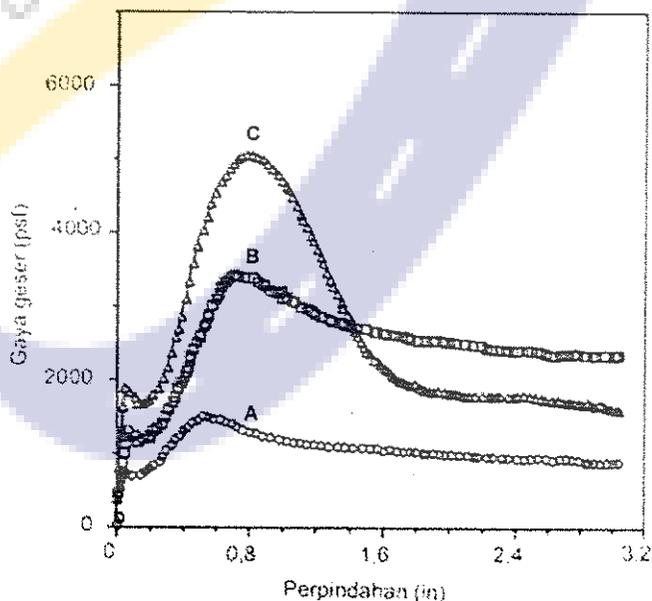
Sedangkan, material-material yang memperlihatkan perilaku daktil atau tidak getas, perilaku tegangan terhadap regangannya menunjukkan sedikit penurunan kekuatan dengan bertambahnya perpindahan setelah kondisi puncak. Perilaku daktil merupakan karakteristik hampir semua lempung lunak, pasir lepas, dan lempung basah yang dipadatkan pada kadar

air optimumnya. Antarmuka geosintetik yang memperlihatkan perilaku geser terhadap perpindahan daktil (*ductile*) yaitu:

- Antarmuka geomembran dengan permukaan halus dengan geosintetik lainnya atau tanah.
- Antarmuka geotekstil nirtunen dengan geotekstil lainnya, GCL, atau komposit drainase.
- Antarmuka geosintetik dengan lempung lunak atau pasir lepas yang bidang keruntuhnya dipaksa (termasuk pengujian tidak terdainase yang menggunakan tanah lempung) terjadi pada lapisan tanah.

Dengan memegang prinsip umum hubungan tersebut, disarankan penggunaan bentuk kurva geser terhadap perpindahan untuk mendapatkan indikasi mengenai moda keruntuhan yang mungkin terjadi.

Contoh, perhatikan Gambar 3 yang memperlihatkan suatu kurva hubungan geser terhadap perpindahan antara GCL terhidrasi yang diperkuat dan tanah yang diuji pada tegangan normal tinggi. Pada contoh ini, bentuk kurva geser terhadap perpindahan 1A dan 1B mengarah pada keruntuhan daktil, yang menandakan terjadinya selip antara geotekstil woven pada GCL dan tanah di bawahnya. Sebaliknya, kurva geser terhadap perpindahan 1C yang diperoleh pada tegangan normal tertinggi (958 kPa) memiliki puncak yang jelas diikuti dengan penurunan kekuatan yang tajam. Bentuk ini mengarah pada keruntuhan getas, misalnya terjadi putus dan/atau tercabutnya serat perkuatan *needle-punched* dalam GCL. Pemeriksaan terhadap contoh yang digeser memastikan bahwa keruntuhan internal parsial pada GCL terjadi selama pengujian 1C. Moda keruntuhan lainnya yang dapat terlihat dari kurva geser terhadap perpindahan, termasuk bergulirnya pasir lepas atau kerikit pada antarmuka (mengakibatkan tidak terlihatnya puncak yang jelas atau perilaku sisa) dan melekatnya geosintetik pada tanah (mengakibatkan terlihatnya puncak, tetapi terjadi perilaku sisa yang tidak seragam).



Keterangan:
C, Teg. normal= 20.000 psf
B, Teg. normal= 11.500 psf
A, Teg. normal= 3.000 psf

Gambar 3 - Contoh kurva geser terhadap perpindahan untuk pengujian geser antarmuka GCL/tanah pada tegangan normal tinggi.

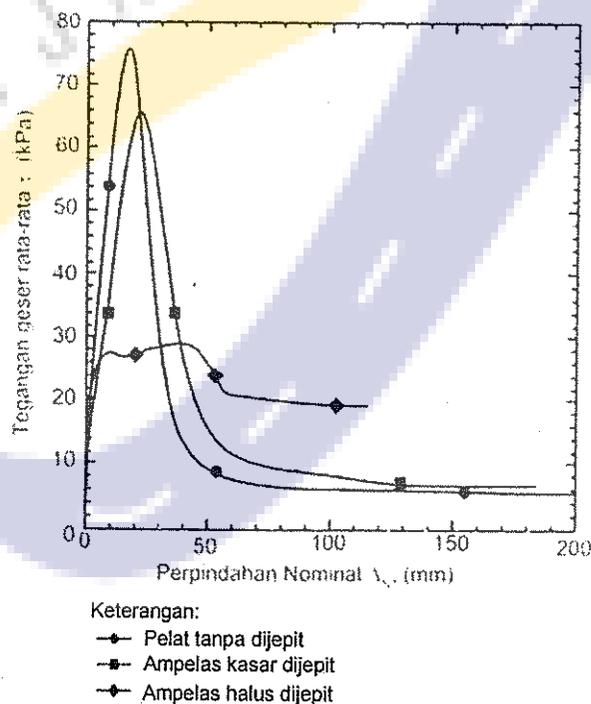
Tonjolan kecil pada kurva geser terhadap perpindahan pada perpindahan kecil, yaitu kurang dari 0,25 cm, seperti diperlihatkan pada Gambar 3, adalah hal umum yang dapat dilihat pada

hasil pengujian geser dan merupakan akibat terjadinya selip pada penyangga bawah atau atas pada awal penggeseran. Hal ini tidak menyebabkan pengujian harus diulang.

4.3.2 Kualitas data hasil pengujian

Kurva geser terhadap perpindahan dapat juga digunakan untuk menilai kualitas hasil pengujian geser. Hubungan geser terhadap perpindahan dengan kualitas yang baik harus menunjukkan kehalusan dan transisi menerus dari awal pembebanan hingga kuat geser puncak sampai kuat geser pada perpindahan besar. Terlihatnya dua puncak, ketidakmenerusan, dan *undulation* yang besar menunjukkan adanya masalah selama berlangsungnya penggeseran dan pengujian ulang harus dilakukan.

Kurva geser terhadap perpindahan dapat memberikan petunjuk adanya gelincir sepanjang permukaan yang dijepit selama pengujian berlangsung. Sebagai contoh, jika pengujian diharapkan menghasilkan suatu puncak yang jelas dan penurunan tajam setelah-puncak dan yang terjadi justru menunjukkan hal yang tidak biasa berupa puncak yang lebar atau pengurangan kekuatan setelah-puncak yang kecil, kemungkinan telah terjadi selip sepanjang permukaan benda uji yang dijepit selama penggeseran berlangsung. Seperti diperlihatkan pada Gambar 4, selip sepanjang permukaan yang dijepit dapat menyebabkan ketidakakuratan hasil pengujian, yaitu rendahnya nilai kuat geser puncak dan tingginya kuat geser pada perpindahan besar. Hal yang dianggap menjadi masalah pada kasus di atas dapat diverifikasi dengan memeriksa benda uji yang mengalami kegagalan pengujian, seperti dijelaskan pada Pasal 4.4.



Gambar 4 - Pengaruh sistem penjepit benda uji pada pengukuran tegangan perpindahan untuk geser internal GCL *needle-punched*

4.4 Pemeriksaan benda uji setelah pengujian

Pemeriksaan benda uji setelah pengujian direkomendasikan untuk dilakukan. Benda uji harus diangkat dan diperiksa secara cermat untuk mengidentifikasi permukaan yang mengalami keruntuhan dan sifat keruntuhan pada umumnya. Kadar air akhir harus

ditentukan setelah proses penggeseran selesai untuk pengujian yang menggunakan GCL atau tanah, guna menilai keseragaman hidrasi yang dicapai. Sebagai tambahan, perencana dapat meminta laboratorium pengujian untuk menyerahkan benda uji yang telah selesai diuji bersama-sama dengan data hasil pengujian untuk dilakukan evaluasi lebih detail. Berikut ini adalah beberapa indikasi moda keruntuhan:

- Abrasi atau gesekan (*polishing*) pada permukaan geomembran.
- Penggarukan atau robekan pada geotekstil nirtunen.
- Tanda bajakan pada tanah, yaitu geosintetik meninggalkan jejak bajakan pada tanah di salah satu bagian kotak geser.
- Keluarnya bentonit.
- Tanda-tanda keruntuhan internal GCL, termasuk tercabutnya serat atau putusya perkuatan GCL.
- Melekatnya geonet atau partikel tanah pada geomembran.
- Tanda-tanda keruntuhan tanah seperti adanya lapisan tanah yang tertahan pada permukaan geosintetik.
- Tanda-tanda keruntuhan internal drainase geokomposit seperti delaminasi serat dari geonet atau kerusakan tulangan geonet.

Hal-hal yang dapat menyebabkan hasil pengujian tidak dapat diterima dan pengujian harus diulang diantaranya adalah indikasi terjadinya elongasi atau sobek pada daerah penjepit, indikasi tegangan normal yang tidak terdistribusi merata, atau kerusakan benda uji pada bagian permukaan daerah yang tidak digeser.

**Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 18 Mei 2015**

**MENTERI PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT,**



M. BASUKI HADIMULJONO