

J U R N A L

TEKNIK SIPIL

Volume 7 Nomor 2 Desember 2006

Analisis Struktur Portal Baja dengan Hubungan Rigid Berdasarkan Metode Analisis Struktur Lanjut (*Advanced Analysis Method*)

Haryono Deradjat dan Djoni Simanta

Durabilitas Campuran Beraspal Semi Lentur

Muhammad Karami

Life Cycle Cost Rumah Tinggal

Agus Santosa Sudjono

Mekanisme Keruntuhan Lereng Tegak dan Teknik Perkuatannya dengan Geotekstil

Agus Setyo Muntohar

Penerapan Teknologi Pratekan pada Balok Kayu dengan Tendon dari Bambu

Abdul Rochman

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

J. Tek. Sipil	Vol. 7	No. 2	Hlm. 85-169	Bandung Desember 2006	ISSN 1411-5360
---------------	--------	-------	-------------	--------------------------	-------------------

J U R N A L
TEKNIK SIPIL

Volume 7 Nomor 2 Desember 2006

- Penyunting Pelaksana : **Bambang Suryoatmono** (Ketua)
A. Anton Soekiman (Anggota)
Aloysius Tjan (Anggota)
Paulus P. Rahardjo (Anggota)
Salahudin Gozali (Anggota)
Wimpy Santosa (Anggota)
- Penelaah Ahli : **Adang Surahman**
(Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung)
Suryo Hapsoro
(Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada)
Peter F. Kaming
(Jurusan Teknik Sipil, Universitas Atmajaya, Yogyakarta)
Chaidir Makarim
(Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara)
Soerjono Soerjokoesoemo
(Institut Pertanian Bogor, Darmaga)
- Tata Usaha : **Yohanes Agus Juhari**
David Christianto
- Alamat Redaksi/Penerbit : **Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan**
Jln. Ciumbuleuit No. 94 Bandung 40141
Tlp. (022) 2033691 Faks. (022) 2033692
E-mail: jts@home.unpar.ac.id
Situs Web: <http://library.unpar.ac.id>
- Terbit pada bulan-bulan : **Juni dan Desember**

Pelindung: **Rektor Universitas Katolik Parahyangan**

Penanggung jawab: **Dekan Fakultas Teknik dan Ketua Jurusan Teknik Sipil**

Jurnal Teknik Sipil adalah Majalah Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan yang diterbitkan dua kali dalam setahun. Di samping sebagai wadah komunikasi ilmiah, penerbitan Jurnal Teknik Sipil juga bertujuan untuk menyebarkan hasil-hasil penelitian yang berkaitan dengan teknik sipil. Jurnal Teknik Sipil adalah Jurnal TERAKREDITASI berdasarkan Keputusan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 49/DIKTI/Kep/2003 tanggal 9 Desember 2003.

MEKANISME KERUNTUHAN LERENG TEGAK DAN TEKNIK PERKUATANNYA DENGAN GEOTEKSTIL

Agus Setyo Muntohar

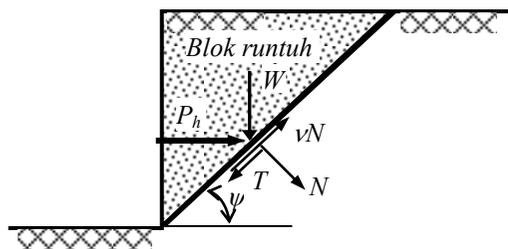
ABSTRAK

Peningkatan tegangan pada lereng termasuk tekanan air pori akan menurunkan stabilitas lereng yang menyebabkan keruntuhan. Pada naskah ini disajikan hasil penelitian uji model keruntuhan terhadap lereng tegak (steep-slope) dan teknik penanganannya dengan perkuatan geotekstil. Model lereng berupa tanah asli yang diletakkan di dalam kerangka model berukuran 120 cm panjang \times 70 cm tinggi \times 10 cm lebar. Untuk mencapai keruntuhan, tambahan tekanan tanah aktif dilakukan dengan meningkatkan tekanan air pori tanah dengan cara pemberian air yang dimasukkan ke tanah melalui pipa-pipa berlubang. Geotekstil yang digunakan berupa geotekstil tipe anyaman dan nir-anyaman. Hasil pengujian model menunjukkan bahwa tekanan tanah lateral tanah hasil uji model adalah sebesar 0,73 dari tekanan lateral menurut teori Rankine, $P_{h \text{ model}} = 0,73 P_{h \text{ Rankine}}$. Keruntuhan lereng terjadi dalam empat fase, yang diawali dengan terjadinya retak awal pada permukaan tanah hingga terjadi perambatan retak (crack propagation) yang lebih luas. Perkuatan lereng menggunakan geotekstil tipe anyaman memberikan kestabilan lereng yang lebih baik dibandingkan dengan tipe nir-anyaman.

Kata-kata kunci : keruntuhan lereng, tekanan lateral, perkuatan geotekstil, tekanan air pori.

PENDAHULUAN

Tanah mempunyai peranan yang sangat penting pada suatu pekerjaan konstruksi bangunan seperti pada lereng. Faktor keamanan atau stabilitas suatu lereng atau talud merupakan salah satu faktor yang harus dipertimbangkan pada lereng atau talud tersebut. Jika lereng masih dalam kondisi aman atau stabil berarti lereng tidak akan mudah longsor, tetapi sebaliknya jika lereng terganggu oleh gaya internal atau eksternal maka lereng mudah longsor. Pada tanah-tanah yang bersifat lunak kelongsoran akan sangat mudah terjadi akibat keruntuhan lereng. Penyebab terjadinya kelongsoran lereng juga dapat disebabkan beberapa hal. Perubahan tinggi suatu tebing secara alami karena erosi juga akan merubah stabilitas suatu lereng, semakin tinggi lereng akan semakin besar longsohnya. Peningkatan beban permukaan akan meningkatkan tegangan dalam tanah termasuk meningkatnya tekanan air pori, hal ini akan menurunkan stabilitas lereng. Perubahan kadar air, baik karena air hujan maupun resapan air dari tempat lain dalam tanah, akan segera meningkatkan kadar air dan menurunkan kekuatan geser dalam lapisan tanah. Adanya aliran air dalam tanah menyebabkan bidang kontak antarbutir akan melemah karena air dapat menurunkan tingkat kelekatan butir, sehingga menyebabkan kenaikan tekanan lateral oleh air (air yang mengisi retakan akan mendorong tanah ke arah lateral). Pengaruh aliran air atau rembesan menjadi faktor sangat penting dalam stabilitas lereng.



Gambar 1 Konsep dasar pengembangan tekanan tanah aktif (Bowles, 1984).

Salah satu aplikasi konstruksi perkuatan tanah tersebut adalah pada lereng. Erosi juga sangat mempengaruhi kelongsoran pada permukaan lereng karena adanya *infiltrasi* pada permukaan lereng tersebut yang lama-kelamaan akan terjadi longsor kemudian diikuti keruntuhan, namun ternyata geosintetik juga dapat melindungi lereng dari erosi. Salah satu jenis geosintetik adalah geotekstil yang

begitu banyak manfaat dari penggunaan geotekstil tersebut sehingga diharapkan hal ini dapat mempermudah pekerjaan proyek konstruksi (Elias & Christopher, 1996). Dalam penelitian ini dilakukan untuk mengkaji mekanisme pola keruntuhan pada perkuatan lereng yang berkaitan dengan peningkatan tekanan air tanah. Analisis tekanan tanah lateral ditinjau pada kondisi keseimbangan plastis, yaitu saat massa tanah pada kondisi tepat akan runtuh yang secara konsep dapat dinyatakan dalam persamaan (1) dan dijelaskan dalam Gambar 1.

$$P_h' = W (\tan \psi - \tan \phi) \quad (1)$$

dengan, P_h' adalah gaya lateral tanah per unit panjang, W merupakan berat blok tanah yang runtuh per unit panjang, $\tan \psi$ dan $\tan \phi$ masing-masing adalah tangen sudut runtuh dan tangen sudut gesek internal tanah.

Oleh Rankine, persamaan 1 diinterpretasikan menjadi :

$$P_a' = 0,5 \sigma_a' . H \quad (2)$$

dengan,

σ_a' = tekanan tanah aktif = $\gamma H K_a$

H = tinggi tanah,

P_a' = gaya lateral tanah aktif,

H = tinggi lereng,

γ = berat volume tanah,

K_a = koefisien tekanan tanah aktif = $\tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$.

DESAIN PENELITIAN

Bahan Yang Digunakan

Tanah

Dalam penelitian ini menggunakan benda uji merupakan campuran dari tanah lempung dan pasir dengan perbandingan campuran 70% : 30%. Campuran tanah ini memiliki nilai berat jenis, $G_s = 2,81$. Berdasarkan hasil uji distribusi ukuran butir tanah diketahui bahwa fraksi halus (lolos saringan ASTM #200) sebesar 52%

dan fraksi kasarnya sebesar 48% dengan kandungan fraksi lempung sebesar 17%. Tanah ini mempunyai nilai batas cair $LL = 41\%$, nilai batas plastis $PL = 26\%$, dan indeks plastisitas $PI = 15\%$. Menurut AASHTO, karena tanah ini memiliki $PL < 30\%$ maka dapat dikategorikan sebagai tanah lanau-lempung yang memiliki indeks kelompok (*group index*), $GI = 4$, dengan simbol A-7-6(4). Sedangkan menurut USCS dikelompokkan dalam simbol **CL** yang berarti tanah termasuk tanah lempung dengan sifat plastis rendah karena $LL < 50\%$. Berikut ini grafik hasil pengujian analisis saringan dan pengendapan. Sedangkan dari data analisis saringan untuk pasir, diketahui bahwa nilai $C_u < 6$ dan $C_c < 1$. Menurut USCS maka pasir ini termasuk dalam kelompok pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus yang bersimbol **SP**. Gambar 1 menunjukkan gradasi ukuran butir dari tanah dan pasir yang digunakan.

Geotekstil

Geotekstil yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua tipe yaitu *woven* (anyaman) dan *nir-woven* (nir-anyaman). Untuk jenis anyaman menggunakan tipe *Hate-Reinfox 385250 XT* yang mempunyai kuat tarik ijin sebesar 53 kN/m, sedangkan jenis nir-anyaman menggunakan tipe *Polyfelt Geotextiles TS50* dengan kuat tarik ijin sebesar 15 kN/m. Dalam penelitian ini digunakan dua jenis geotekstil tersebut untuk membandingkan pola keruntuhan lereng yang diperkuat oleh kedua tipe geotekstil tersebut.

Model Semi 3-Dimensi (Semi 3-D)

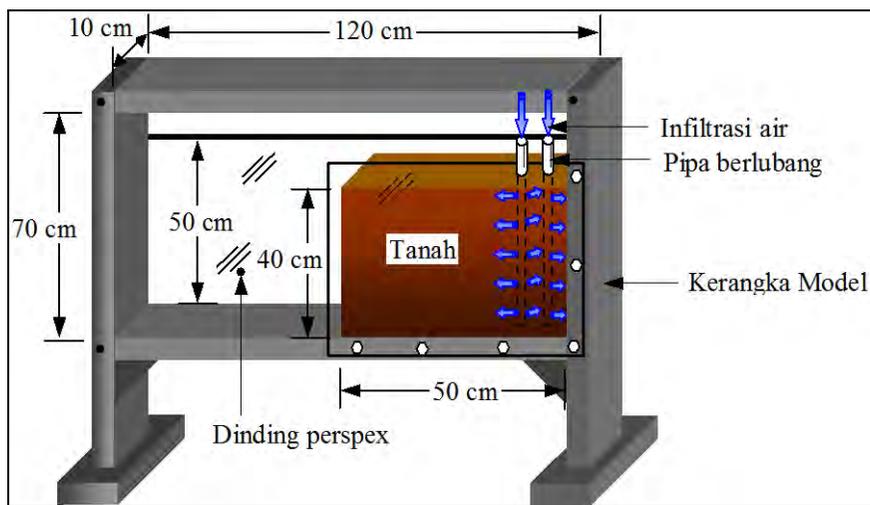
Model semi 3-Dimensi dibuat berbentuk rangka dengan ukuran 120 cm panjang \times 70 cm tinggi \times 10 cm lebar. Pada bagian sisi depan dan belakang diberi dinding dari *acrilyc glass* dengan tebal 5 mm. Bahan lereng tegak (*steep-slope*) menggunakan tanah yang memiliki derajat kepadatan tertentu (sesuai dengan kepadatan rencana). Pada bagian permukaan tanah ditanamkan pipa-pipa berlubang yang berfungsi untuk memberikan tekanan air pori dibelakang tanah atau tekanan tanah aktif (*lateral active pressure*). Gambar 2 memberikan diagram dari model-semi 3D yang digunakan dalam penelitian.

Prosedur Uji Model

Model lereng tegak dibuat dengan memadatkan sejumlah masa tanah di dalam rangka mode 2-D hingga mencapai ketinggian yang diinginkan yaitu $H = 40$ cm. Pemadatan dilakukan pada kondisi kadar air optimum untuk masing-masing kepadatan. Untuk mencapai keruntuhan, tambahan tekanan aktif diberikan dengan

cara meningkatkan tekanan air pori dalam tanah di belakang lereng melalui pemberian air yang dimasukkan lewat pipa-pipa berlubang. Pemberian tekanan air diteruskan hingga tanah mengalami keruntuhan. Selanjutnya bagian blok tanah yang runtuh ditimbang dan diuji kadar airnya. Kadar air tanah pada bagian tanah yang tidak runtuh juga diuji. Pola keruntuhan selanjutnya digambarkan sesuai dengan perpindahan tanah pada titik-titik grid yang dibuat pada rangka model 2-D. Untuk lereng yang diperkuat dengan geotekstil, geotekstil dipasang dalam 2 lapisan dengan panjang geotekstil (L_e) disesuaikan dengan pola keruntuhan lereng.

Untuk menentukan nilai kohesi dan sudut gesek internal tanah (ϕ) yang diuji dilakukan pengujian geser langsung (*direct shear test*). Sudut gesek antara tanah – geotekstil (δ) ditentukan juga dengan uji geser langsung dengan cara menempatkan geotekstil pada separoh tebal benda uji.



Gambar 2 Diagram model semi-3D untuk pengujian keruntuhan lereng.

Analisis Data

Secara umum hasil uji model keruntuhan lereng tegak memberikan data tentang koordinat perpindahan titik-titik terhadap titik awalnya (sebelum keruntuhan). Untuk mengkaji tentang pola keruntuhan ini dibuat suatu grafik atau gambar sketsa garis-garis keruntuhan untuk masing-masing model. Keandalan hasil uji model terhadap teori Rankine di uji dengan analisis korelasi antara tekanan tanah

lateral hasil uji model (P_h model) dan tekanan tanah menurut teori Rankine (P_h Rankine). Untuk lereng yang diperkuat dengan geotekstil, analisis perbandingan dilakukan terhadap panjang blok runtuh pada bagian atas lereng (L_f) untuk masing-masing geotekstil tipe *anyaman* dan *nir-anyaman*.

PEMBAHASAN

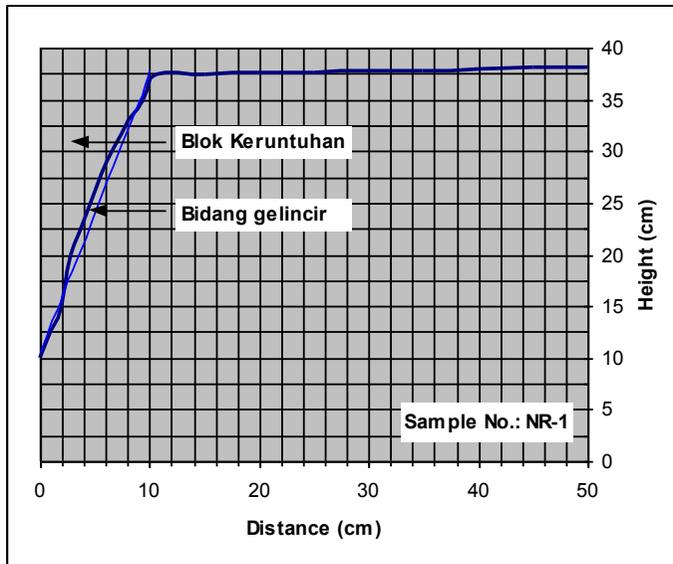
Mekanisme Pola Keruntuhan Lereng Tegak Tanpa Perkuatan

Pola keruntuhan lereng tegak yang memiliki kepadatan berbeda-beda digambarkan dalam Gambar 3. Berdasarkan pola keruntuhan yang terjadi tampak bahwa sudut keruntuhan yang terjadi lebih besar dari 45° . Berdasarkan teori tekanan tanah menurut *Coulomb*, menganggap bahwa bidang longsor adalah rata dengan sudut keruntuhan $\theta = 45 + (\phi/2)$.

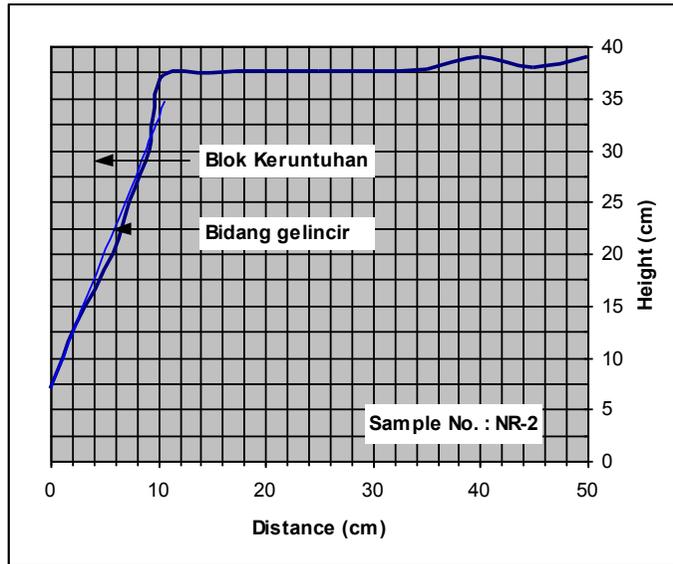
Dari beberapa hasil uji keruntuhan ini dapat terlihat bahwa bentuk keruntuhan yang terjadi pada satu benda uji dengan benda uji yang lain berbeda. Namun, mempunyai mekanisme keruntuhan yang sama seperti dijelaskan dalam Gambar 4. Berdasarkan gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa keretakan (*crack*) tanah terjadi pada permukaannya terlebih dahulu (Fase I), kemudian akibat adanya rembesan air dalam tanah akan menyebabkan terbentuknya aliran air pada bagian lereng tersebut (Fase II), genangan air yang terjadi pada permukaan tanah merupakan akibat dari tekanan air yang naik dari dalam tanah yang akan menimbulkan erosi di permukaan tanah tersebut. Selanjutnya keretakan itu semakin lama akan semakin memanjang di sepanjang permukaan tanah dan membuat garis keruntuhan pada lereng (Fase III) hingga akhirnya akan terjadi keruntuhan secara tiba-tiba dan membentuk blok runtuh sendiri (Fase IV). Shang-Lin & Yu-Ku (2002) juga mensimulasikan bahwa perambatan retak (*crack propagation*) terjadi sebelum terjadinya keruntuhan.

Menurut Soedarmo dan Purnomo (1993), perubahan kadar air akibat adanya resapan air yang masuk ke dalam tanah akan segera meningkatkan kadar air dan menurunkan kekuatan geser dalam tanah. Aliran air dalam tanah akan mempercepat terjadinya keruntuhan lereng karena air dapat menurunkan tingkat kelekatan butiran tanah. Semakin bertambah air yang masuk ke dalam pori-pori tanah maupun yang menggenangi di permukaan tanah akan mempercepat terjadinya keruntuhan tanah (Hardiyatmo, 2003). Ohsuka & Yoshifumi (2001) menyebutkan bahwa peningkatan tekanan air pori menyebabkan terjadinya deformasi menjadi sangat cepat hingga mencapai keruntuhan. Meningkatnya

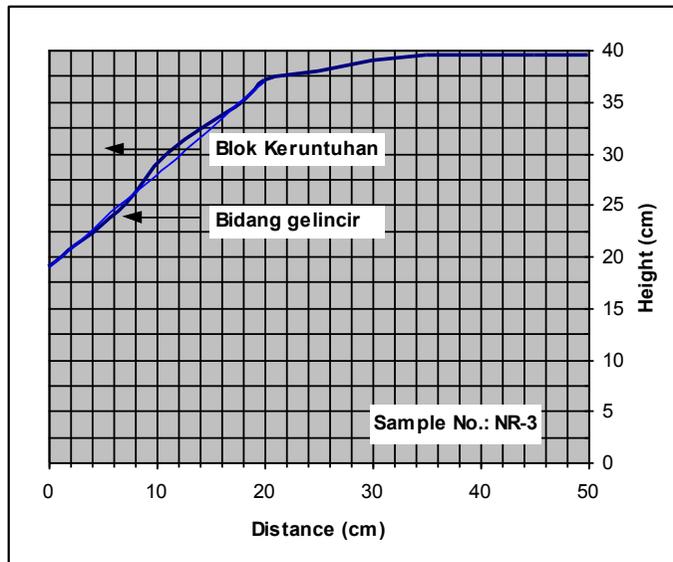
tekanan air pori adalah salah satu penyebab utama keruntuhan lereng. Air yang mengalir dan mengisi retakan akan mendorong tanah ke arah lateral (Hardiyatmo, 2003). Secara umum, kekuatan gesek tanah akan berkurang apabila mempunyai kadar air yang tinggi atau dalam kondisi yang sangat jenuh air (*saturated*). Peningkatan kadar air tanah hingga mencapai keruntuhan ditunjukkan dalam Gambar 5.



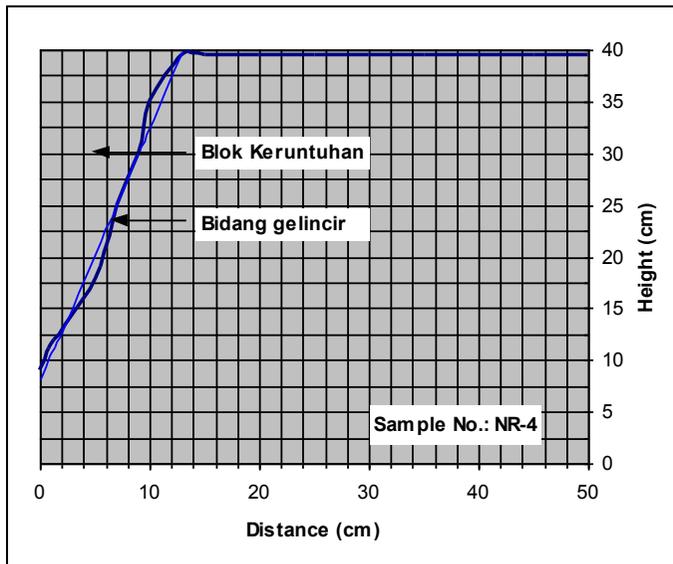
(a) $\gamma_{di} = 21 \text{ kN/m}^3$



(b) $\gamma_{di} = 19,5 \text{ kN/m}^3$

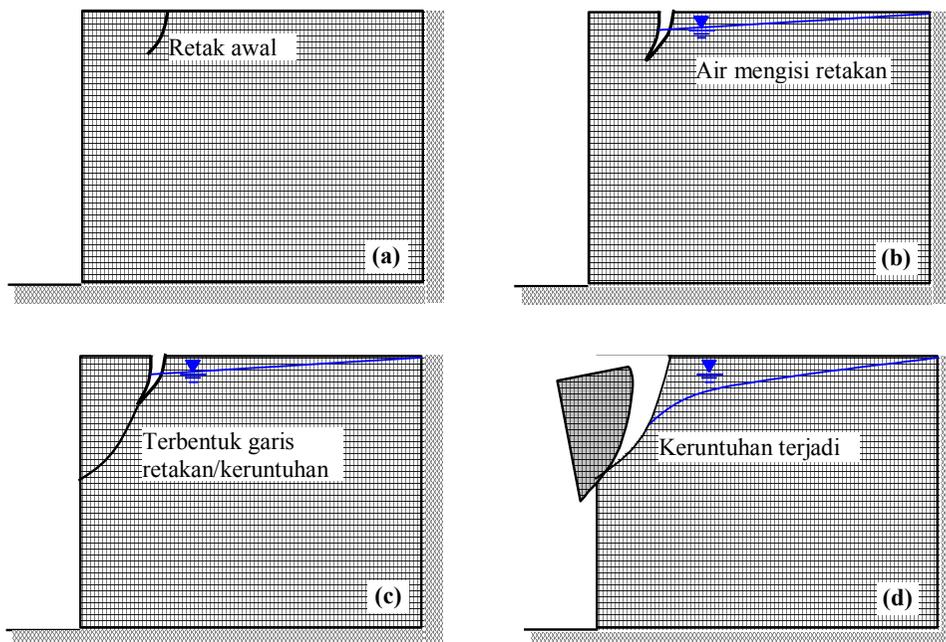


(c) $\gamma_{di} = 17,6 \text{ kN/m}^3$

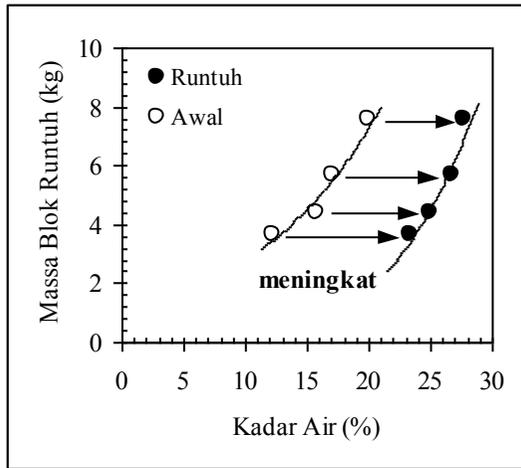


(d) $\gamma_{di} = 24,5 \text{ kN/m}^3$

Gambar 3 Pola keruntuhan benda uji tanpa perkuatan geotekstil.

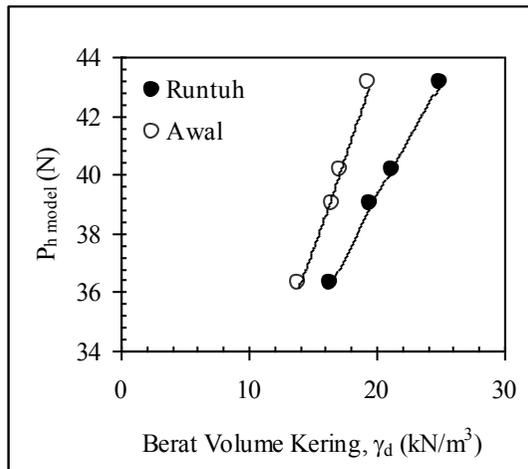


Gambar 4 Tahapan keruntuhan lereng akibat infiltrasi air (a) Tahap I: Retak awal, (b) Tahap II : Infiltrasi air, (c) Tahap III: Retak merambat, (d) Tahap IV : Keruntuhan.



Gambar 5 Hubungan antara peningkatan kadar air tanah dan blok keruntuhan.

Derajat kepadatan tanah juga akan mempengaruhi keruntuhan lereng. Semakin padat suatu tanah maka pori-pori tanah akan semakin kecil sehingga memperkecil permeabilitas tanah. Oleh karena itu, air memerlukan waktu yang sangat lama untuk dapat meresap ke dalam tanah. Dengan demikian lereng tersebut akan mengalami keruntuhan dalam waktu yang cukup lama dan memerlukan kadar air yang lebih besar untuk menaikkan tekanan air pori. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Hubungan antara kepadatan (berat volume kering) dan tekanan tanah lateral ($P_{h \text{ model}}$).

Keruntuhan yang terjadi pada lereng pada umumnya hanya sebagian dari tinggi benda uji keseluruhan, sedangkan yang runtuh hampir secara keseluruhan sangat kecil jumlahnya. Namun jika dikaitkan dengan tekanan lateral, semakin besar sudut runtuhnya maka tekanan lateral yang menahan lereng agar tidak terjadi runtuh juga semakin besar. Demikian juga dengan sudut geser yang menyebabkan pergeseran tanah sehingga keruntuhan lereng dapat terjadi, semakin besar sudut gesernya maka gaya yang berusaha untuk menahan lereng supaya tidak runtuh juga semakin besar. Data perubahan kadar air dan tekanan tanah lateral dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

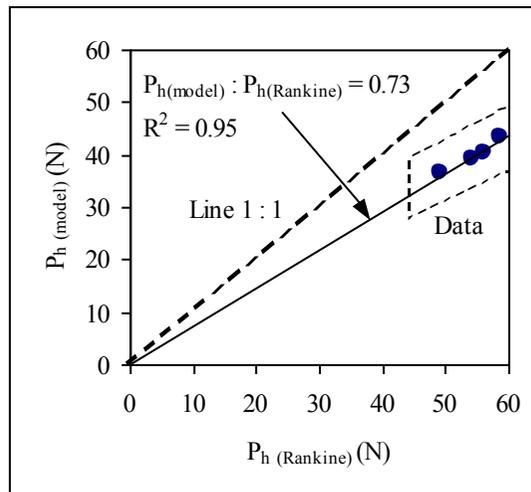
Tabel 1 Nilai hasil pengujian pada enam sample.

Sampel No.	Kepadatan awal γ_d (kN/m ³)	Kadar Air (%)		Sudut Runtuh	Sudut Gesek Internal	Kohesi c (kPa)	Berat Blok Runtuh W (kg)	Tekanan Lateral, P_h (N)	
		Awal	Runtuh	ψ	ϕ			Model	Rankine
NR-1	21,2	16	25	68°	25°	2,48	4,38	40	56
NR-2	19,5	12	23	69°	22°	5,21	3,67	39	54
NR-3	16,5	20	28	42°	16°	6,61	7,58	36	49
NR-4	24,9	17	27	66°	28°	2,29	5,68	43	59
WV	16,7	17	25	73°	31°*	0,76	1,48	13	---
NW	16,7	17	24	62°	33°*	3,52	2,68	14	---

Keterangan: * Sudut gesek antara tanah – geotekstil

Besarnya berat tanah yang runtuh sangat dipengaruhi oleh besarnya tekanan tanah aktif yang terjadi pada tanah tersebut. Gaya ini akan menyebabkan terjadinya perubahan letak tanah atau terjadi pergeseran kedudukan tanah yang mempengaruhi pada tegangan geser yang terjadi pada bidang vertikal dan horisontal pada lapisan tanah. Menurut Soedarmo dan Purnomo (1993), jika tanah dibebani akan mengakibatkan tegangan geser. Apabila tegangan geser mencapai harga batas tertentu, maka tanah cenderung akan runtuh dengan sendirinya dan tekanan lateral yang melawan (P_h) sudah tidak dibutuhkan dalam kondisi tanah seperti ini. Bagian tanah yang runtuh disebabkan karena meningkatnya tekanan air pori yang akan memperbesar tekanan lateral tanah. Besarnya tekanan lateral ini merupakan fungsi dari bagian tanah yang runtuh yang dipengaruhi oleh sudut runtuh dan sudut gesek internal. Tekanan tanah lateral yang dirumuskan pada persamaan (1) oleh Rankine dirumuskan menjadi persamaan (2), oleh karena itu besarnya tekanan tanah lateral dalam persamaan (1) dan tekanan tanah aktif dalam persamaan (2) adalah mempunyai maksud yang sama. Mengacu pada analisis

korelasi antara tekanan lateral tanah uji model ($P_{h \text{ model}}$) dan teori Rankine ($P_{h \text{ Rankine}}$) didapatkan hubungan 0,73. Artinya bahwa tekanan tanah lateral yang terjadi pada uji model adalah 73% dari teori Rankine ($P_{h \text{ model}} = 0,72 \cdot P_{h \text{ Rankine}}$). Berdasarkan nilai korelasi, $R^2 = 0,95$; maka hubungan antara uji model dan teori Rankine adalah sangat kuat seperti diberikan dalam Gambar 7.

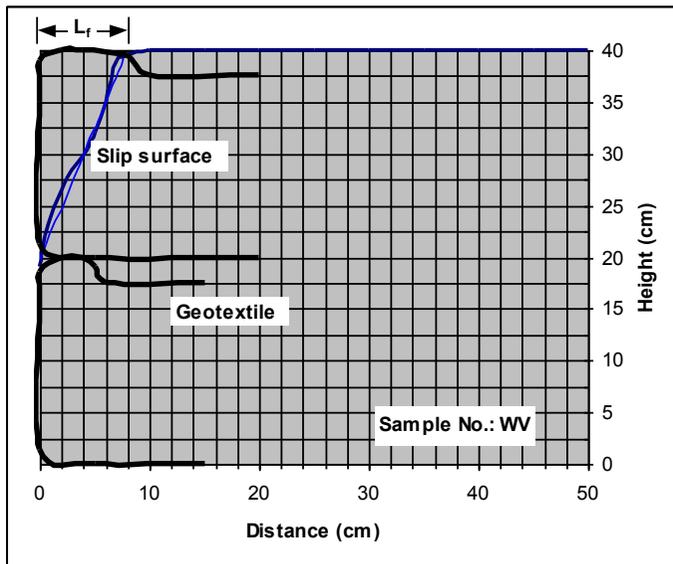


Gambar 7 Hubungan antara tekanan tanah hasil uji model ($P_{h \text{ model}}$) dan teori Rankine ($P_{h \text{ Rankine}}$).

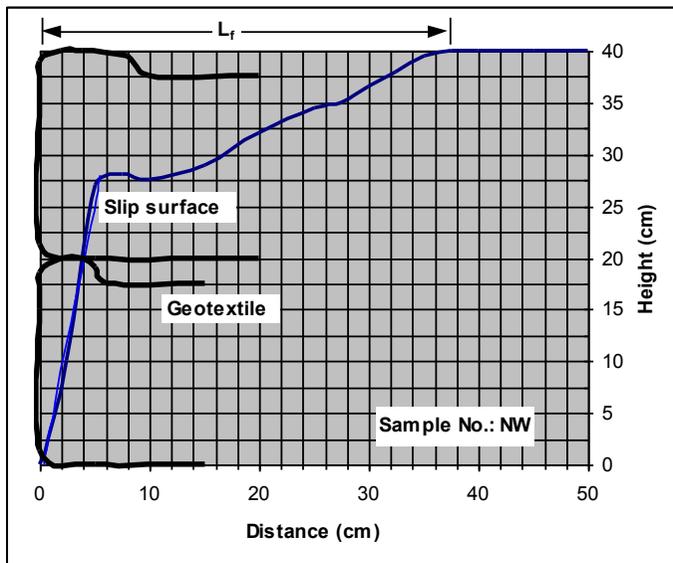
Keruntuhan Lereng Tegak dengan Perkuatan Geotekstil

Pada penelitian ini pemakaian dua jenis geotekstil yang berbeda (*anyaman* dan *nir-anyaman*) menghasilkan pola keruntuhan yang berbeda untuk tanah yang sama (kepadatan awal sama). Gambar 8a menggambarkan pola keruntuhan lereng tegak yang diperkuat dengan geotekstil jenis *anyaman*. Sedangkan Gambar 8b adalah untuk lereng yang diperkuat dengan jenis *nir-anyaman*. Secara umum mekanisme keruntuhan lereng dengan perkuatan geotekstil adalah sama dengan lereng tanpa perkuatan. Berdasarkan gambar tersebut dapat diamati bahwa lereng yang diperkuat dengan jenis *anyaman* lebih baik dibandingkan dengan jenis *nir-anyaman*. Dalam hal ini blok runtuh yang terjadi adalah hanya pada separuh bagian tinggi lereng atau bagian blok tanah yang mengalami keruntuhan untuk lereng yang diperkuat dengan jenis *anyaman* lebih kecil dibandingkan dengan jenis *nir-anyaman*. Kuat tarik jenis *anyaman* dan *nir-anyaman* adalah masing-masing 53 kN/m dan 15 kN/m. Dengan demikian untuk jenis tanah yang sama,

geotekstil yang memiliki kuat tarik lebih tinggi akan memberikan kontribusi perlawanan yang lebih besar terhadap gaya atau tekanan yang mengakibatkan runtuh. Oleh karena itu, berat tanah dalam blok runtuh untuk lereng yang diperkuat geotekstil jenis anyaman lebih kecil dibandingkan jenis nir-anyaman.



(a)



(b)

Gambar 8 Pola keruntuhan untuk benda uji yang diperkuat dengan geotekstil (a) Anyaman, (b) Nir-anyaman.

Gambar 7a menunjukkan bahwa panjang bidang runtuh pada bagian permukaan tanah (L_f) berada dalam panjang geotekstil yang dihamparkan (L_e), $L_f < L_e$. Namun, untuk perkuatan dengan geotekstil tipe nir-anyaman (Gambar 7b) memberikan L_f jauh di belakang L_e , $L_f > L_e$. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil tipe anyaman lebih mampu memerikan perlawanan terhadap keruntuhan dibandingkan dengan tipe nir-anyaman.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji model yang telah dilakukan dapat dibuat beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Keruntuhan lereng terjadi dalam empat fase, yaitu : (1) Fase I : terjadinya retak awal pada permukaan tanah, (b) Fase II : air mulai mengisi area retakan, (c) Fase III : terjadi perambatan retak (*crack propagation*) yang lebih luas, dan (d) Fase IV : sebagian blok tanah runtuh.
2. Masa tanah yang runtuh (*failure block*) dipengaruhi oleh tekanan air pori. Peningkatan tekanan air pori mempercepat terjadinya keruntuhan.
3. Tekanan yang menyebabkan keruntuhan atau tekanan lateral tanah hasil uji model ($P_{h \text{ model}}$) adalah sebesar 0.73 dari tekanan tanah lateral menurut teori Rankine ($P_{h \text{ Rankine}}$), $P_{h \text{ model}} = 0,73 P_{h \text{ Rankine}}$.
4. Penggunaan geotekstil tipe anyaman untuk perkuatan lereng memberikan kestabilan lereng yang lebih baik dibandingkan dengan geotekstil tipe nir-anyaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini mendapat bantuan dari Ir. Dandung Sri Harninto, P.T. Tetrasa Geosinindo, Jakarta yang telah menyediakan geotekstil. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Sdri. Herlinda, S.T. yang telah membantu dalam pelaksanaan uji laboratorium. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E., 1984, *Physical and Geotechnical Properties of Soils*, McGraw-Hill Book Company, USA.
- Elias, V. dan Christopher, B.R., 1996, *Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes*, Design and Construction Guidelines, FHWA SA-96-071, Washington D.C.
- Hardiyatmo, H.C., 1992, *Mekanika Tanah 2*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Ohtsuka, S., and Yoshifumi, 2001, Consideration on landslides mechanism based on pore water pressure loading test, *The 15th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 27-31 August 2001, Istanbul, Turkey.
- Shang Lin, J. dan Yu Ku, C., 2002, Simulation of slope failure using a meshed based partition of unity method, *The 15th Engineering Mechanics Conference (EM2002)*, 2-5 June 2001, Columbia University, New York.
- Soedarmo, G.D. dan Purnomo, S.J., 1993, *Mekanika Tanah 2*, Kanisius, Yogyakarta.

RIWAYAT PENULIS

Agus Setyo Muntohar adalah dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

