

Pengaruh Variasi Jarak Celah Pada Dinding Pasangan Beton Bertulang Penahan Tanah Terhadap Deformasi Lateral dan Sedimen yang Lolos Celah

Riska Anshar Pramono, Sri Murni Dewi, Eko Andi Suryo

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: djadhu@gmail.com

ABSTRAK

Untuk memperoleh sistem tembok penahan tanah yang kuat, tahan lama dan mampu mengikuti kontur lereng sungai, dirancanglah suatu dinding penahan tanah yang memiliki celah guna mengalirkan air secara dua arah yang terbuat dari susunan bata beton bertulang berongga yang kemudian diisi tulangan dan grout. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jarak celah antar elemen dinding pasangan bata beton bertulang terhadap hubungan beban dengan deformasi lateral dinding penahan tanah dengan variasi jarak celah vertikal 1 cm; 1,5 cm dan 2 cm. Pengujian dilakukan dengan pemodelan dalam boks ukuran panjang 1 m, lebar 0,98 m dan tinggi 1 m. Untuk mengetahui pengaruh variasi jarak celah antar elemen dinding pasangan bata beton bertulang terhadap jumlah sedimen yang lolos celah pada dinding yang menggunakan dan tidak menggunakan filter ijuk, dilakukan simulasi hujan dengan mengaliri pipa berlubang yang diletakkan di atas tanah urug. Hasil percobaan dan analisis secara teoritis menghasilkan bahwa variasi jarak celah pada dinding bercelah menunjukkan pengaruh yang tidak terlalu signifikan terhadap deformasi lateral ketika mengalami beban lateral. Dinding hanya mengalami sedikit penambahan deformasi antara dinding dengan celah 1,5 cm dengan 2 cm. Sedangkan jumlah sedimen yang lolos mulai meningkat secara signifikan pada jarak celah 1,5 dan 2 cm sampai model tes membentuk lereng. Penggunaan ijuk sebagai filter pada sisi dalam dinding mengakibatkan tidak adanya pasir yang lolos celah.

Kata kunci: Dinding penahan tanah, bata beton bertulang, celah dinding, tanah lereng

Pendahuluan

Dinding penahan tanah umumnya dibuat dari beton atau pasangan batu kali yang kedap air. Guna mengalirkan air, sering dipasang pipa paralon pada beberapa posisi. Karena jumlah paralon terbatas, aliran air yang tersalurkan juga terbatas dan hanya satu arah dari tanah menuju sungai atau selokan. Idealnya sebuah dinding penahan tanah harus bisa mengalirkan air pada dua arah sehingga infiltrasi air sungai tidak hanya terjadi pada dasar sungai tetapi juga menyamping melalui dinding penahan tanah.

Infiltrasi air sungai menjadi air tanah sangat penting karena berguna untuk menjaga volume air tanah. Air tanah yang tersimpan melalui infiltrasi ini akan tersimpan dan dikeluarkan kembali ke sungai pada musim kemarau. Dengan proses ini sungai tidak akan kering pada musim kemarau. Selain itu, air permukaan yang dirembeskan melalui dinding penahan tanah ini juga dapat mengurangi pengikisan lapisan humus pada permukaan tanah.

Sehingga, jika sedimentasi yang masuk sungai berkurang maka dapat berdampak luas pada perpanjangan umur waduk sepanjang sungai.

Penelitian dilakukan dengan membuat benda uji berupa dinding pasangan bata beton bertulang penahan tanah yang memiliki celah guna mengalirkan air. Bata yang digunakan merupakan bata beton bertulang berongga yang kemudian diisi tulangan dan *grout* pada rongganya. Dinding dibuat dengan variasi jarak celah antar elemen bata beton bertulang yang dibuat berjenjang. Kemudian dinding ini dimasukkan kedalam boks pemodelan dan dijepit pada sisi bawahnya dengan baja siku. Pasir dimasukkan secara bertahap dan dipadatkan pada salah satu sisi dinding. Beban yang diberikan berupa beban lajur di atas pasir yang telah dipadatkan tersebut. Perbandingan hasil pembebanan dilakukan sebagai analisis perbedaan dari variasi jarak celah, untuk mengetahui deformasi lateral dinding pasangan bata beton bertulang dalam menahan beban.

Simulasi hujan dilakukan dengan mengalirinya pipa berlubang yang diletakkan di atas pasir yang telah dipadatkan dengan air. Simulasi hujan dilakukan sampai tinggi air setinggi dinding. Kemudian air dikeluarkan secara perlahan untuk mengambil pasir yang lolos celah. Penelitian ini dilakukan dengan variasi penggunaan filter ijuk pada sisi dinding yang berkontak langsung dengan tanah dan dinding yang tidak menggunakan filter ijuk. Tujuan simulasi hujan ini yaitu untuk mengetahui jumlah sedimen yang lolos celah pada dinding yang diberi dan tanpa filter ijuk.

Beberapa tujuan yang dapat diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi jarak celah antar elemen dinding pasangan bata beton bertulang terhadap hubungan beban dengan deformasi lateral dinding penahan tanah berdasarkan variasi jarak celah vertikal 1 cm; 1,5 cm dan 2 cm antar elemen bata beton bertulang.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi jarak celah antar elemen dinding pasangan bata beton bertulang terhadap jumlah sedimen yang lolos celah berdasarkan variasi jarak celah vertikal 1 cm; 1,5 cm dan 2 cm antar elemen bata beton bertulang.
3. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan filter ijuk pada dinding bercelah pasangan bata beton bertulang terhadap jumlah sedimen yang lolos celah berdasarkan variasi jarak celah vertikal 1 cm; 1,5 cm dan 2 cm antar elemen bata beton bertulang.

Metode Penelitian

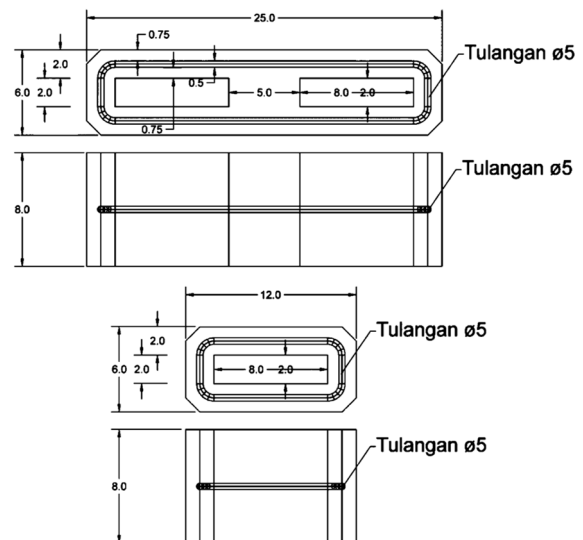
Percobaan yang dilakukan dalam studi ini terdiri dari dua bagian: (a) Pengujian pembebanan pada dinding (b) Pengujian simulasi hujan.

Bata Beton

Bata beton diproduksi dengan menggunakan campuran semen:pasir:krikil perbandingan 1:2:2 diaduk bersama air sejumlah 0,6 dari skala 1. Bata beton dibuat berlubang berfungsi untuk menyalurkan

tulangan lentur dan penyuntikan grouting. Dimensi bata beton adalah panjang 250 mm, lebar 60 mm dan tinggi 80 mm. Lubang terdapat dua buah terletak secara simetris berdimensi panjang 80 mm dan lebar 20 mm, memanjang setinggi bata yaitu 8 cm. Tulangan melingkar bata beton adalah baja polos BJ 37 berdiameter 5 mm dengan tidak mengandung karat dan terjaga kualitasnya.

Konfigurasi diatas menghasilkan bata beton setebal 20 mm berisi tulangan yang berada di tengah bata simetri secara vertikal dan horizontal. Selimut beton setebal 7,5 mm menyelimuti tulangan melingkar bata beton pada bagian luar dan dalam. Kebutuhan bata beton adalah dalam ukuran penuh utuh dan setengah bata. Bata beton setengah bata berukuran serupa dengan ukuran bata beton penuh utuh. Perbedaan terdapat pada panjang yang hanya mencapai 120 mm dan jumlah lubang hanya satu buah seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Detail bata beton 1 bata dan ½ bata.

Pengujian kuat tekan bata beton dilakukan dalam skala laboratorium. Kuat tekan bata beton dengan dinyatakan dengan beban maksimum yang dapat ditahan sebelum bata beton runtuh dibagi oleh luas permukaan kotor dari bata beton pada umur 28 hari. Sesuai dengan *Standard Test*

Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile ASTM C 67 – 03a.

Pengujian kuat lentur bata beton dilakukan dalam skala laboratorium. Kuat lentur dinyatakan dengan beban lentur yang dibutuhkan untuk satu unit bata beton utuh runtuh secara terpisah sebagai rata-rata dari tiga unit benda uji. Sesuai dengan *Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units ASTM C 140–03*.

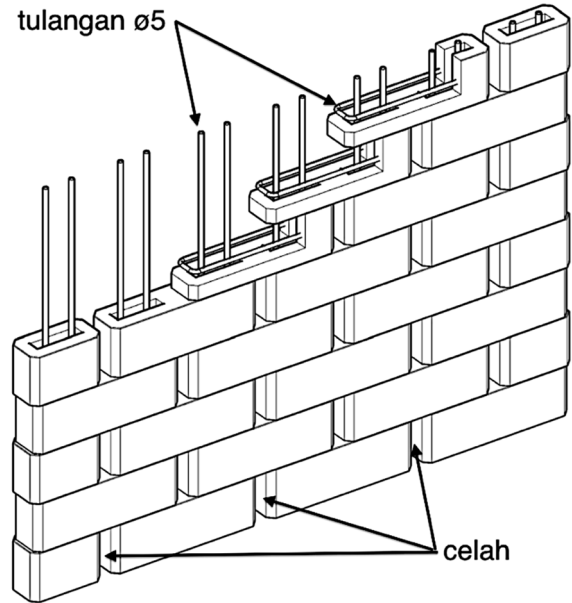
Dinding Bercelah

Dinding bercelah tersusun atas bata beton dengan tulangan didalamnya. Celah adalah lubang vertikal yang terbentuk dari susunan bata beton dan merupakan spasi vertikal tanpa mortar. *Grout* adalah material pengisi lubang bata beton disertai dengan tulangan baja polos BJ 37 berdiameter 5 mm. Gambar 2 menggambarkan tulangan grouting berjumlah dua buah terletak secara simetris dan masing-masing tulangan memiliki selimut beton setebal 7,5 mm dari material grout. Pengisian grout akan mengisi kekosongan lubang dan memberikan ikatan antar elemen bata beton.

Campuran mortar yaitu semen:pasir perbandingan 1:4 digunakan pada pengisi celah horizontal antara susunan bata beton setebal 5 mm. Pengisi *grout* adalah campuran beton semen:pasir:krikil perbandingan 1:2:1. Pengisian dilakukan dengan bertahap setiap susunan bata sehingga meyakinkan untuk ruang kosong yang terisi penuh oleh beton segar.

Celah dibentuk dengan menempatkan *styrofoam* dengan ukuran presisi 1 cm; 1,5 cm dan 2 cm, untuk meyakinkan bata betontidak bergerak dan tetap pada posisinya. *Styrofoam* dilepas dari dinding sehingga terbentuklah celah yang berlubang pada dinding.

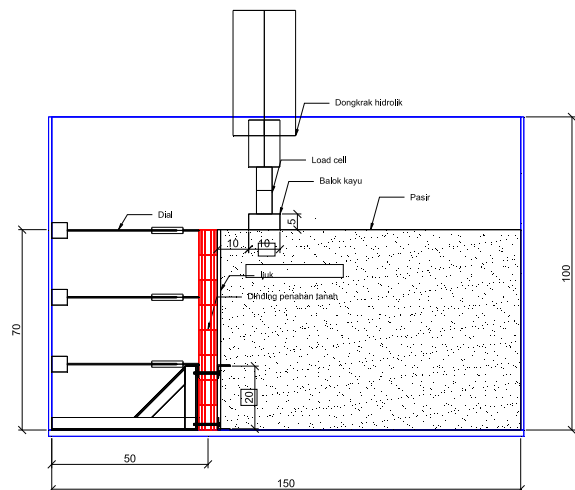
Dinding berbentuk persegi panjang yang tersusun setinggi 8 buah bata dengan dimensi lebar 98 cm dan tinggi 70 cm.



Gambar 2. Model pemasangan bata dengan tulangan dan grout.

Pengujian Dinding

Pengujian pembebanan pada dinding dilakukan untuk mendapatkan hubungan deformasi lateral akibat beban lateral dari tekanan tanah aktif dan beban lajur pondasi. Pengujian dilakukan dengan pemodelan dalam boks ukuran panjang 1 m, lebar 0,98 m dan tinggi 1 m untuk menyimulasikan beban lateral yang berasal dari tekanan tanah aktif dan beban lajur pondasi di atas tanah urug sebesar 200 kg seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Letak beban dan dial pada pemodelan dinding.

Untuk mengetahui pengaruh variasi jarak celah antar elemen dinding pasangan bata beton bertulang terhadap jumlah sedimen yang lolos celah pada dinding yang menggunakan dan tidak menggunakan filter ijuk dilakukan simulasi hujan dengan mengalir pipa berlubang yang diletakkan di atas tanah urug sampai air setinggi dinding seperti pada Gambar 4. Pasir yang lolos celah kemudian dikeringkan dan ditimbang beratnya guna mengetahui banyaknya pasir yang lolos celah tiap meter persegi dinding.

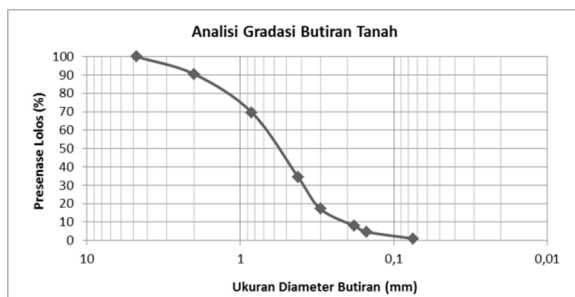


Gambar 4. Simulasi hujan buatan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Tanah

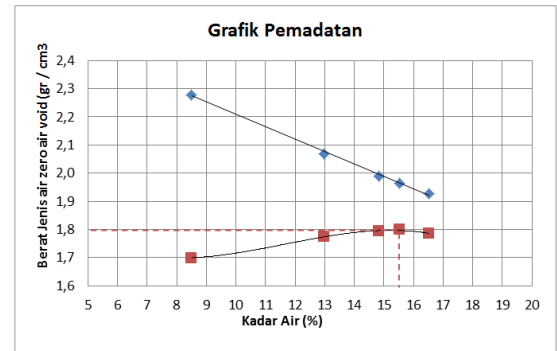
Pada tahap awal penelitian dilakukan pengujian dasar untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik pasir yang digunakan dalam pemodelan, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 5, Tabel 1, Gambar 6 dan Tabel 2.



Gambar 5. Grafik pembagian ukuran butir tanah.

Tabel 1. *Spesific Gravity* Tanah Rata-Rata

Labu ukur	A	B	C
<i>Spesific Gravity</i>	2,8235	2,8313	2,8262
<i>Spesific Gravity</i> rata-rata	2,8270		



Gambar 6. Grafik pemadatan tanah standar di laboratorium.

Tabel 2. Nilai-Nilai Sudut Geser Dalam

Kepadatan Relatif	Lapisan	Sudut Geser Dalam (ϕ)	ϕ Rata-rata
77%	3	38,36°	37,98°
	5	37,22°	
	7	38,36°	

Hasil Pengujian Bata Beton Bertulang

Nilai kuat tekan beton penyusun bata aktual diperoleh dari uji statistik rata-rata didapatkan 194,8 kg/cm². Rata-rata nilai kuat tekan bata beton bertulang dari 7 unit bata beton bertulang didapatkan sebesar 129 kg/cm². Dari 3 unit pengujian kuat lentur unit bata beton bertulang dengan pembebanan arah tidur bata didapatkan rata-rata beban retak adalah 255,33 kg dan beban ultimit adalah 411 kg. Dari beban ultimit didapatkan pula kuat lentur adalah 32,82 kg/cm². Dari 3 unit pengujian kuat lentur unit bata beton bertulang dengan pembebanan arah berdiri bata didapatkan beban lentur untuk mencapai retak pertama adalah 653,33 kg dan lentur ultimit adalah 1536 kg.

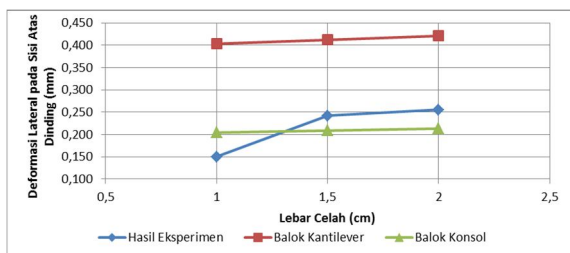
Hasil Pengujian Pembebanan Dinding

Hasil eksperimen dan analisis teoritis deformasi lateral dengan metode balok konjugit untuk setiap masing-masing variasi

lebar celah pada dinding penahan tanah terlihat pada Tabel 3 berikut ini. Untuk melihat pengaruh lebar celah pada dinding penahan tanah, maka dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 3. Nilai Deformasi Lateral Hasil Eksperimen dan Analisis Teoritis dengan Metode Balok Konjugit

No.	Lebar Celah Dinding (cm)	Deformasi Lateral pada Sisi Atas Dinding (mm)		
		Hasil Eksperimen	Hasil Analisis dengan Metode Balok Konjugit	
			Balok Kantilever	Balok Konsol
1	1	0,150	0,403	0,2042
2	1,5	0,242	0,412	0,2086
3	2	0,255	0,421	0,2131



Gambar 7. Grafik nilai deformasi lateral pada sisi atas dinding.

Diperoleh bahwa lebar celah 1; 1,5 dan 2 cm pada dinding pasangan bata beton bertulang penahan tanah berpengaruh pada deformasi lateral yang terjadi. Seperti yang ditunjukkan pada grafik di atas, nilai deformasi lateral hasil eksperimen dan analisis dengan metode balok konjugit menghasilkan nilai deformasi lateral yang meningkat seiring dengan lebar celah yang semakin besar. Hal ini dikarenakan luasan penampang yang menahan beban berkurang akibat adanya celah. Semakin lebar celah yang digunakan, maka semakin besar pula pengurangan luasan penampang yang menahan beban pada dinding penahan tanah ini.

Selain diakibatkan oleh pengurangan luas penampang akibat adanya celah, besar deformasi lateral pada dinding juga disebabkan oleh besarnya beban yang bekerja. Besar beban yang bekerja pada setiap dinding adalah sama, tanpa terpengaruhi oleh pengurangan luasan penampang yang menahan beban, sebab

beban yang diberikan akan disalurkan secara merata oleh filter ijuk kepada dinding penahan tanah. Sehingga beban yang diterima oleh dinding sama seperti dinding yang tidak memiliki celah.

Hasil Pengujian Simulasi Hujan Dengan Filter Ijuk

Pada pengujian simulasi hujan dengan filter ijuk pada model dinding bercelah didapatkan hasil besarnya lama waktu penghujana, lama waktu yang dibutuhkan air untuk keluar dari celah untuk pertama kalinya, lama waktu air naik setiap 10 cm dan banyaknya pasir yang lolos dari celah dinding model tes yang dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Hasil Uji Simulasi Hujan Dengan Filter Ijuk

No.	Lebar Celah Dinding (cm)	Lama Waktu (menit)			Banyak Pasir yang Lolos Celah (kg)
		Penghujanan	Air Keluar Celah Pertama	Air Naik Setiap 10 cm	
1	1	138	31	15	-
2	1,5	138	34	15	-
3	2	138	27	15	-

Dapat dilihat pada Tabel 4 bahwa tidak ada pasir yang lolos dari dinding bercelah dengan lebar celah 1; 1,5 dan 2 cm. Pada penelitian di laboratorium ini, tidak terjadi keruntuhan karena pasir yang tergerus oleh air tertahan oleh filter ijuk sehingga hanya air saja yang mengalir melalui celah dinding.

Hasil Pengujian Simulasi Hujan Tanpa Filter Ijuk

Pada pengujian simulasi hujan tanpa filter ijuk pada model dinding bercelah didapatkan hasil besarnya lama waktu penghujana, lama waktu yang dibutuhkan air untuk keluar dari celah untuk pertama kalinya, lama waktu air naik setiap 10 cm dan banyaknya pasir yang lolos dari celah dinding model tes yang dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Hasil Uji Simulasi Hujan Tanpa Filter Ijuk

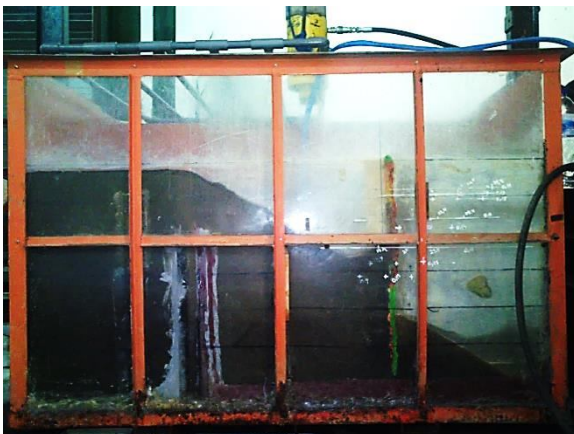
No.	Lebar Celah Dinding (cm)	Lama Waktu (menit)			Banyak Pasir yang Lolos Celah (kg)
		Penghujan	Air Keluar Celah Pertama	Air Naik Setiap 10 cm	
1	1	138	32	15	46,36
2	1,5	138	27	15	81,40
3	2	138	28	15	76,12

Pasir terbanyak yang lolos yaitu dari dinding ber celah 1,5 cm sebanyak 81,40 kg. Pada penelitian di laboratorium ini, terjadi keruntuhan akibat pasir yang tergerus oleh air yang mengalir melalui celah dinding. Hal ini mengakibatkan model tes membentuk lereng. Lama waktu yang dibutuhkan hingga terjadi longsor pertama kali dapat di dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Lama Waktu yang Dibutuhkan Hingga Terjadi Longsor Pertama

No.	Lebar Celah Dinding (cm)	Lama Waktu Hingga Terjadi Longsor Pertama (menit)
1	1	83
2	1,5	53
3	2	55

Kelongsoran ini terjadi terus-menerus sampai pasir membentuk lereng yang stabil. Lereng yang dihasilkan pada percobaan simulasi hujan dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Lereng yang dihasilkan pada percobaan simulasi hujan tanpa filter ijuk pada dinding dengan celah 1,5 cm

Proses terjadinya kelongsoran ini diakibatkan oleh tekanan hidrostatik yang tinggi pada sisi bawah dinding dari air yang terdapat pada pasir yang jenuh. Tekanan hidrostatik ini membawa butiran pasir bersama air untuk keluar dari dinding melalui celah yang terdapat pada dinding seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pasir yang terbawa air keluar dari celah dinding.

Terbawanya pasir pada sisi bawah dinding ini mengakibatkan keretakan dan kelongsoran pasir yang terjadi pada sisi atas dinding seperti terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Keretakan dan kelongsoran pasir yang terjadi pada sisi atas dinding.

Perbandingan Banyaknya Pasir yang Lolos Celah Antara Dinding yang Menggunakan Filter Ijuk dengan yang Tidak Menggunakan Filter Ijuk

Setelah dilakukan percobaan simulasi hujan di laboratorium, diperoleh banyak pasir yang lolos celah pada

dinding yang menggunakan dan tidak menggunakan filter ijuk. Dari hasil pengamatan pada penelitian ini dapat dilihat bahwa penggunaan filter ijuk sangat mempengaruhi jumlah pasir yang lolos celah. Dengan penggunaan filter ijuk mengakibatkan tidak adanya pasir yang lolos dari celah. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 12 berikut ini.



Gambar 12. Pasir yang lolos celah pada dinding dengan celah 1,5 cm

Sedangkan perbandingan berat pasir yang lolos celah per satuan luas dinding antara dinding bercelah yang menggunakan dan tidak menggunakan filter ijuk dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Perbandingan Berat Pasir yang Lolos Celah antara Dinding Bercelah yang Menggunakan dan Tidak Menggunakan Filter Ijuk

No.	Lebar Celah Dinding (cm)	Banyak Pasir yang Lolos Celah (kg/m ²)	
		Dengan Filter Ijuk	Tanpa Filter Ijuk
1	1	-	67,58
2	1,5	-	118,66
3	2	-	110,96

Dari tabel di atas diperoleh bahwa penggunaan ijuk sebagai filter pada sisi dalam dinding mengakibatkan tidak adanya pasir yang lolos celah. Jumlah pasir yang lolos celah dipengaruhi oleh lebar celah yang terdapat pada dinding. Hal ini ditunjukkan dengan banyak pasir yang lolos celah pada dinding dengan lebar celah 1,5 dan 2 cm meningkat secara signifikan dibanding dinding dengan lebar celah 1 cm.

Jumlah pasir terbanyak yang lolos yaitu dari dinding bercelah 1,5 cm sebanyak 118,66 kg/m².

Kesimpulan dan Saran

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan pengamatan laboratorium dan hasil analisis teoritis menggunakan metode balok konjugat jarak celah 1; 1,5 dan 2 cm berpengaruh pada deformasi lateral yang terjadi.
2. Jumlah sedimen yang lolos mulai meningkat secara signifikan pada jarak celah 1,5 dan 2 cm sampai model tes membentuk lereng.
3. Penggunaan ijuk sebagai filter pada sisi dalam dinding mengakibatkan tidak adanya pasir yang lolos celah.

Adapun saran yang dapat disampaikan antara lain:

1. Kontrol kadar air dengan lebih teliti agar kadar air yang sama dapat didapatkan pada semua bagian lereng, serta melakukan kontrol kepadatan dengan baik agar merata diseluruh bagian model lereng.
2. Melakukan pengulangan percobaan yang lebih banyak lagi agar memperoleh tingkat validitas yang tinggi.
3. Sebaiknya peralatan yang digunakan pada penelitian harus dalam kondisi yang baik karena selama penelitian ini terdapat kerusakan pada beberapa alat seperti dongkrak hidrolis dan boks yang bocor.
4. Menggunakan metode pemadatan yang lebih cepat dan efisien sehingga waktu pengerjaan menjadi lebih cepat dan dapat melakukan pengulangan yang lebih banyak.
5. Filter yang digunakan dapat divariasikan dengan bahan yang lain agar dapat digunakan sebagai alternatif lain yang lebih efisien.
6. Perlu dilakukannya pemodelan pondasi yang sesuai dengan kondisi yang sebenarnya di lapangan.

7. Penggunaan besi tulangan yang mahal dapat diganti dengan material lain yang lebih ekonomis seperti bambu yang telah dilaminasi.

Daftar Pustaka

- Bowles, J.E. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- CCI Industries Ltd. *Reinforce Concrete Masonry*. Rusia: CCI Industries Ltd.
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Dewi, Sri Murni. 2010. *71 Contoh Statistika Taktentu*. Malang: Bargie Media.
- Fódi, A., & Bódi, I. (2011). *Basic of Reinforced Masonry. Concrete Structures Journal*, 69-77.
- Hardiyatmo, H.C. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I Edisi Kedua*. Yogyakarta: UGM Press.
- Hardiyatmo, H.C. 2008. *Analisis dan Perancangan Fondasi 2 Edisi Keempat*. Yogyakarta: UGM Press.
- Nawi, E. G. (1998). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: Refika Aditama.
- NRMCA. (2005). *Concrete in Practice CIP 22 - Grout. National Ready Mix Assotiation*. United States: NRMCA.
- Soemarto, CD. 1986. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Suprayugo, Alfin. 2014. *Pengaruh Variasi Jarak Celah Antar Elemen Bata Beton Bertulang Terhadap Kuat Lentur Dinding Bercelah*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Terzaghi, K. & Peck, R.B. 1993. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Tiwari, Binod. 2008. *Laboratory Compaction Test*. California: Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Fullerton.