

KAPASITAS DINDING PANEL BERTULANGAN BAMBU DENGAN BAHAN TAMBAH SERAT *POLYESTER*, *FIBER GLASS* DAN ABU BATU BARA

Suhendro Trinugroho¹, Farikhah Hastiningsih²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

²Alumnus Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email : suhendrotrinugroho@yahoo.co.id

Abstraks

Dinding pracetak bukan merupakan struktural, yang dalam pemakaiannya diupayakan memiliki berat relatif ringan sehingga tidak memberikan beban yang berlebih bagi struktur bangunan. Dinding Panel adalah salah satu hasil dari perkembangan teknologi di bidang beton pra cetak, saat ini masih menggunakan baja sebagai salah satu elemen penyusunnya. Sedangkan baja dalam dinding panel ini memiliki kelemahan yaitu terbatas dan beban yang berat. Untuk mengatasi problem tersebut, sebagai alternatif pengganti baja dicoba penggunaan bambu sebagai tulangan yang mempunyai kekuatan tarik yang tinggi, murah serta banyak tersedia.

Penelitian yang dilakukan sekarang adalah mencari komposisi campuran mortar yang memiliki kuat tekan terbesar. Kemudian komposisi campuran mortar dengan kuat tekan terbesar dikombinasikan dengan beberapa variasi bahan tambah. Variasi yang dibuat antara lain mortar yang diberi bahan tambah abu terbang (*fly ash*) sisa pembakaran batu bara, mortar dengan bahan tambah abu terbang (*fly ash*) dan *fiber glass* serta mortar dengan bahan tambah abu terbang (*fly ash*) dan *polyester*. Prosentase bahan tambah abu terbang (*fly ash*) 12,5% terhadap berat semen, sedangkan *fiber glass* dan *polyester* adalah 0%, 3%, 6%, 9% terhadap berat semen. Dari beberapa variasi campuran mortar tersebut akan diteliti campuran mana yang terbaik untuk dibuat sebagai dinding panel. Setelah diperoleh campuran terbaik maka campuran mortar tersebut dikombinasikan dengan tulangan berupa bambu apus/ tali (*Gigantochloa apus Kurtz*) untuk dibuat dinding panel, yang bertujuan untuk meningkatkan kuat lentur dinding panel tersebut. Tulangan yang digunakan ada 2 variasi bentuk, yaitu berbentuk anyaman susun dan anyaman silang.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh komposisi campuran terbaik yaitu 1 semen : 5 pasir, dengan diperoleh kuat tekan rata-rata pada usia 28 hari sebesar 10,690 MPa. Setelah diberi berbagai macam variasi bahan tambah, diperoleh bahan tambah abu terbang (*fly ash*) 12,5% yang dapat meningkatkan kuat tekan mortar menjadi 11,532 MPa, pada usia 28 hari. Terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 7,88% terhadap mortar murni. Kemudian dari mortar dengan bahan tambah *fly ash* 12,5% dan *fiber glass* 3% dikombinasikan dengan tulangan bambu untuk dibuat dinding panel. Dengan 2 macam variasi tulangan, yaitu anyaman susun dan anyaman silang. Dari pengujian diperoleh nilai kuat lentur rata-rata sebesar 638064,00 kg/m² untuk dinding panel dengan bentuk tulangan anyam susun, dan 583722,00 kg/m² untuk dinding panel dengan bentuk tulangan anyam silang.

Kata-kata kunci: Mortar, *fly ash*, *polyester*, *fiber glass*, dinding panel, kuat lentur

Pendahuluan

Teknologi beton pra cetak dapat diterapkan hampir di seluruh komponen struktur pada suatu bangunan, diantaranya adalah kolom, balok, plat, tangga, dinding panel dan lain sebagainya. Dinding panel menggunakan tulangan dari anyaman bambu dengan berbagai variasi penambahan bahan tambah berupa kombinasi serat *polyester*, *fiber glass*, dan abu terbang (*fly ash*) ditinjau dari kuat lenturnya. Dinding panel bukanlah suatu elemen struktural, yang mana dalam pemakaiannya diupayakan memiliki berat yang relatif ringan sehingga tidak memberikan beban yang berlebihan bagi struktur bangunan.

Dinding panel model *Sandwich* adalah salah satu bentuk dinding panel yang sekarang ini sedang dikembangkan, karena bentuk ini dapat menghasilkan dinding panel yang cukup baik dan kuat. *Sandwich* adalah roti yang berbentuk susun, yang mana ditengahnya berisi beberapa macam isian seperti mentega ataupun sayuran. Dari bentuk tersebut muncullah ide untuk membuat dinding panel dengan bentuk *sandwich*. Pembuatan dinding panel berbentuk *sandwich* dengan membandingkan antara tiga bahan yang akan dipergunakan sebagai campuran. Pertama adalah campuran antara mortar dengan diberi bahan tambah abu terbang (*fly ash*) sisa pembakaran batu bara, yang

ke-dua adalah campuran antara mortar dengan diberi bahan tambah abu terbang (*fly ash*) sisa pembakaran batu bara dan serat *fiber glass*, sedangkan yang ke-tiga adalah campuran antara mortar dengan diberi bahan tambah abu terbang (*fly ash*) sisa pembakaran batu bara dan *polyester*.

Dari ketiga campuran mortar tersebut akan diteliti campuran mana yang terbaik untuk dibuat sebagai dinding panel dengan melakukan beberapa rangkaian pengujian. Setelah diperoleh campuran terbaik maka campuran mortar tersebut dikombinasikan dengan tulangan berupa bambu tali/apus (*Gigantochloa apus Kurtz*) untuk dibuat dinding panel, yang bertujuan untuk meningkatkan kuat lentur dinding panel tersebut.

Rumusan Masalah

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui seberapa besar pengaruh campuran antara mortar dengan diberi bahan tambah abu terbang (*fly ash*) sisa pembakaran batu bara, campuran mortar dengan bahan tambah yang berupa abu terbang (*fly ash*) sisa pembakaran batu bara dan *fiber glass*, serta antara mortar dengan bahan tambah abu terbang (*fly ash*) sisa pembakaran batu bara dan *polyester* terhadap kuat tekan dan kuat lentur dinding panel.

Tinjauan Pustaka

Beton

Beton merupakan massa yang heterogen karena terdiri dari beberapa jenis bahan berlainan yang dicampur menjadi satu. Material pembentuk beton adalah campuran antara semen *portland*, air dan agregat (dan kadang-kadang bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non kimia) pada perbandingan tertentu. Campuran tersebut bilamana di tuang dalam cetakan kemudian dibiarkan, maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan ini terjadi oleh peristiwa reaksi kimia antara air dan semen, yang berlangsung selama waktu yang panjang.

Bahan Tambah Beton (Admixture)

Admixture atau bahan tambah didefinisikan dalam *Standard Definitions of Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates* (ASTM C.125-1995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19) sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah tersebut digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton, misalnya untuk memperbaiki kelecakan beton, penampilan beton ketika mulai mengeras, menghemat harga beton, menambah *daktilitas* (mengurangi getas), mengurangi retak-retak beton dan menambah kuat tekan beton.

Penambahan bahan tambah dalam sebuah campuran beton atau mortar tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan yang lainnya, karena bahan tambah ini sebagai pengganti atau substitusi dari dalam campuran beton ataupun mortar itu sendiri. Karena tujuannya memperbaiki atau mengubah sifat dan karakteristik tertentu dari beton atau mortar yang akan dihasilkan, maka kecenderungan perubahan komposisi dalam berat-volume tidak terasa secara langsung dibandingkan dengan komposisi awal beton tanpa bahan tambah. Penggunaan bahan tambah dalam campuran beton harus dikonfirmasi dengan peraturan yang berlaku seperti SNI, ASTM atau ACI. Selain itu, yang terpenting adalah memperhatikan petunjuk dalam manualnya, jika mempergunakan bahan paten yang diperdagangkan.

Pozzolan

Pozzolan merupakan bahan tambah mineral yang mengandung senyawa silika atau silika alumina. Bahan tambah mineral ini merupakan bahan tambah yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton. Pada umumnya bahan tambah mineral lebih banyak dipergunakan untuk memperbaiki kinerja atau kuat tekan beton. Sehingga bahan tambah mineral ini cenderung mempunyai sifat penyemenan. Kesimpulan dari penggunaan *pozzolan* sebagai bahan tambah pembuatan beton bahwa penambahan *pozzolan* pada prosentase tertentu dapat meningkatkan kuat tekan beton.

Mortar

Mortar (sering disebut juga mortel atau spesi) ialah adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat (tanah liat, kapur ataupun semen portland) serta air. Apabila bahan perekat yang dipergunakan adalah tanah liat maka disebut mortar lumpur (mud mortar), apabila dipakai bahan perekat dari kapur disebut mortar kapur sedangkan apabila yang dipakai adalah semen portland sebagai bahan perekat, maka disebut mortar semen.

Metode Penelitian

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang diperlukan diantaranya terdiri atas :

- Semen *Portland* dengan merk digunakan sebagai bahan ikat hidrolis untuk pembuatan mortar.
- Agregat halus berupa pasir dari Muntilan digunakan sebagai bahan mortar.

- Air, sebagai bahan pereaksi untuk campuran mortar.
- Bahan Tambah
 - a. *Fly Ash* (Abu terbang)
Penggunaan *fly ash* diambil dari limbah pembakaran batu bara PT. Palur Raya
 - b. *Fiberglass*, serat *fiberglass* adalah suatu serat sintesis yang dibuat dari serat-serat kaca dengan diameter \pm 0.8 mm yang berbentuk seperti benang tanpa pilinan, dan mempunyai kuat tarik seperti serat kaca pada umumnya
 - c. *Polyester*, dapat membuat beton lebih kedap air.
- Bambu
Bambu apus atau *Gigantochloa apus Kurtz* digunakan sebagai tulangan pengganti tulangan baja dalam pembuatan dinding panel, yang bertujuan untuk memperbesar kuat lentur dinding panel. Dalam penggunaannya hanya dipakai bagian kulit terluar dari bambu tersebut. Tebal bambu yang dipakai adalah 0.2 cm, dengan lebar 2 cm. Adapun bambu yang digunakan adalah bambu kering udara. Hal ini bertujuan agar sewaktu dipasang tulangan bambu tidak mengalami penyusutan, sehingga menyebabkan dinding panel retak bahkan pecah.
- Kayu digunakan sebagai begesting sewaktu proses pencetakan panel dinding, sehingga diperoleh panel dinding dengan ukuran yang seragam.

Tahapan Penelitian

Tahap I : Pemeriksaan sifat-sifat bahan penyusun panel dinding

Tahap pemeriksaan meliputi, Pemeriksaan visualisasi semen, Pemeriksaan visualisasi pasir; Pemeriksaan dan pengujian pasir. (berat jenis dan *absorpsi*, SSD, kandungan bahan organik, kadar lumpur dan gradasi butiran; Pemeriksaan visualisasi air; Pemeriksaan visualisasi *Fly ash*; Pemeriksaan visualisasi *Fiberglass*; Pemeriksaan visualisasi *Polyester*; Pemeriksaan visualisasi bambu; Pemeriksaan kuat tarik bambu.

Tahap II : Perencanaan benda uji

Perencanaan campuran mortar dengan menggunakan berbagai macam variasi. Pembuatan benda uji mortar, masing-masing variasi 3 buah sampel dengan bentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm.

Tahap III : Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji mortar, dalam pembuatan benda uji Hasil paling *optimum* dari pengujian kuat tekan benda uji kubus mortar, dijadikan sebagai dasar pembuatan benda uji kubus mortar dengan bahan tambah. Pengujian berat isi benda uji kubus mortar dengan bahan tambah (dilakukan sebelum kubus beton dilakukan uji tekan). Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 14 hari

Tahap IV : Pelaksanaan pengujian

Hasil paling *optimum* dari pengujian kuat tekan benda uji kubus mortar + bahan tambah, dijadikan sebagai dasar pembuatan benda uji Dinding panel.

Tahap V : Analisis hasil pengujian

Setelah dilakukan pengujian kuat lentur dinding panel, akan diperoleh data-data dari pengujian tersebut. Kemudian data tersebut diolah dan dianalisa dengan menyajikan hasil penelitian tersebut, untuk kemudian dapat diambil dan ditarik kesimpulan.

Analisa dan Pembahasan

Dari hasil analisa pemeriksaan agregat halus, meliputi pemeriksaan penyerapan, pemeriksaan SSD, pemeriksaan kandungan bahan organik, pemeriksaan kadar lumpur, pemeriksaan, pemeriksaan gradasi butiran, pemeriksaan modulus halus butir telah memenuhi persyaratan, sebagaimana keterangan berikut.

Semen yang digunakan adalah semen *portland* dengan merk Holcim. Dalam pemeriksaan yang dilakukan secara visual, kondisi semen dalam keadaan baik dengan kantong semen tertutup rapat dan semen tidak terjadi penggumpalan.

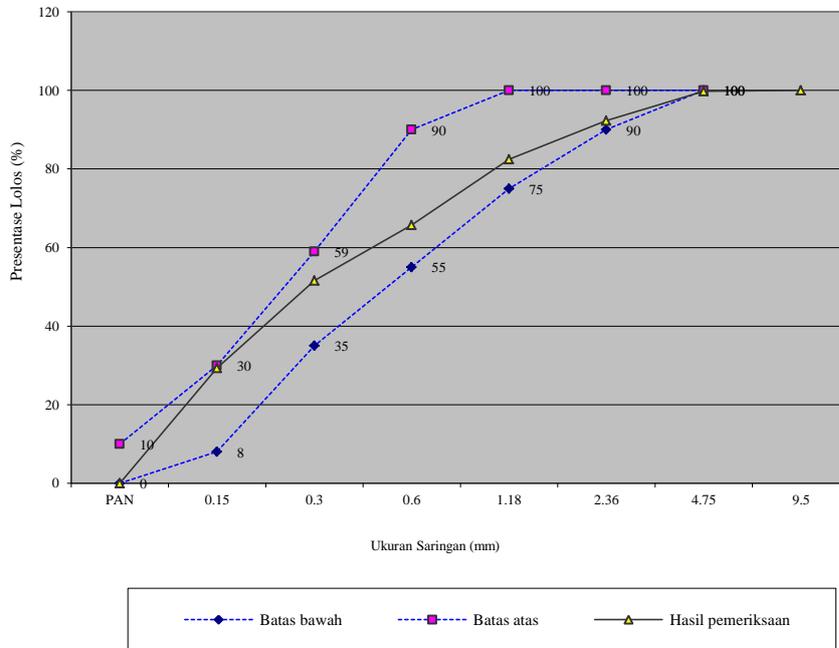
Hasil pemeriksaan agregat halus sbb :

Tabel 1. Hasil pemeriksaan agregat halus

No	Jenis pemeriksaan	Syarat	Hasil pemeriksaan	Ket
1	Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan : a. Berat jenis bulk b. Berat jenis SSD c. Berat jenis semu d. Penyerapan	- - - < 5%	1,932 g/cm ³ 1,992 g/cm ³ 2,055 g/cm ³ 3,093 %	- - - memenuhi
2	Pemeriksaan SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>)	> 3,5 cm	5,88	memenuhi
3	Pemeriksaan kandungan bahan organik	Tidak lebih tua dari warna pembeding	coklat kekuningan	memenuhi

4	Pemeriksaan kadar lumpur	$\leq 5\%$	4,577 %	memenuhi
5	Gradasi Butiran		Daerah II	memenuhi
6	Pemeriksaan Modulus Halus Butir (MHB)	1,5 - 3,8	1,79	memenuhi

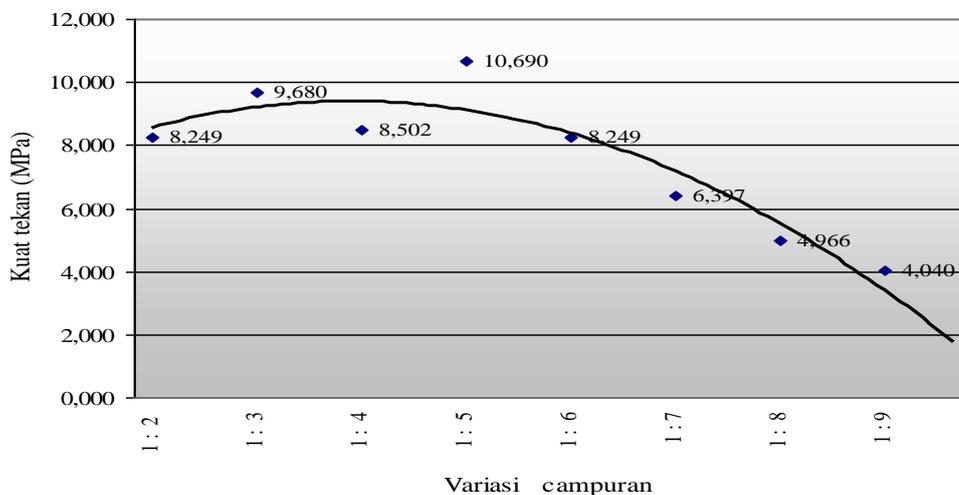
Pengujian gradasi pasir setelah diplotkan dari perhitungan ke dalam grafik, seperti yang terdapat pada Gambar dibawah. Dari persyaratan yang telah ditetapkan dapat diketahui bahwa gradasi butiran tersebut masuk pada daerah II, sesuai dengan SK. SNI T-15-1990-03, yang diadopsi dari *British Standard* di Inggris.



Gambar 1. Hubungan antara diameter ayakan dengan presentase kumulatif butir lolos pada pasir

Pada pemeriksaan kuat tarik bambu apus atau bambu tali (*Gigantochloa apus Kurtz*) dengan benda uji 5 sampel, bahwa kuat tarik rata-rata bambu yang dimiliki adalah sebesar $1044,339 \text{ kg/cm}^2$ yang berkisar antara $1000 \text{ kg/cm}^2 - 4000 \text{ kg/cm}^2$. (Yap, Felix., 1983)

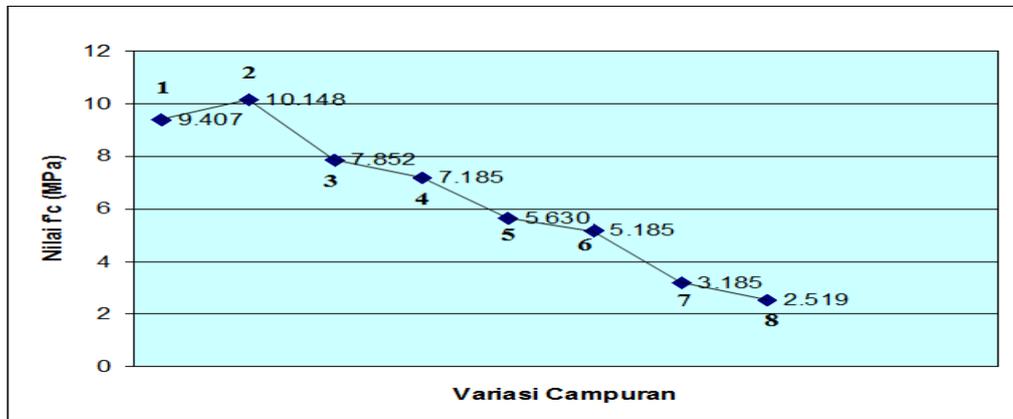
Selanjutnya pemeriksaan berat isi mortar dilakukan setelah mortar melewati proses perendaman selama 14 hari padaperbandingan berat mortar dengan volume mortar. Pengujian kuat tekan terhadap mortar kubus dilakukan setelah beton berumur 14 hari. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui beban maksimal yang dapat ditahan oleh mortar kubus. Pengujian ini menggunakan alat uji kuat tekan. Dari pengujian kuat tekan mortar diperoleh hasil seperti yang disajikan pada gambar berikut.



Gambar 2. Hubungan antara variasi campuran mortar dengankuat tekan rata-rata pada umur 28 hari

Setelah diketahui variasi campuran terbaik, yaitu 1 semen : 5 pasir, kemudian dilakukan pengujian dengan pembuatan campuran mortar dengan diberi bahan tambah dengan 2 variasi. Dari masing-masing variasi tersebut dibuat dengan kadar bahan tambah yang juga bervariasi.

Pengujian kuat tekan terhadap mortar kubus dengan bahan tambah dilakukan setelah beton berumur 14 hari. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui beban maksimal yang dapat ditahan oleh mortar kubus. Pengujian ini menggunakan alat uji kuat tekan. Dari pengujian kuat tekan diperoleh hasil seperti yang disajikan pada tabel 2



Gambar 3. Hubungan nilai f'c rata-rata dan variasi campuran umur 14 hari

Keterangan :

- 1 = Mortar murni
- 2 = Mortar + Fly ash 12,5%
- 3 = Mortar + Fly ash 12,5% dan Fiber glass 3%
- 4 = Mortar + Fly ash 12,5% dan Fiber glass 6%
- 5 = Mortar + Fly ash 12,5% dan Fiber glass 9%
- 6 = Mortar + Fly ash 12,5% dan Polyester 3%
- 7 = Mortar + Fly ash 12,5% dan Polyester 6%
- 8 = Mortar + Fly ash 12,5% dan Polyester 9%

Mix design dinding panel yang digunakan : Mortar + Fly ash 12,5%, Fiber glass 3%

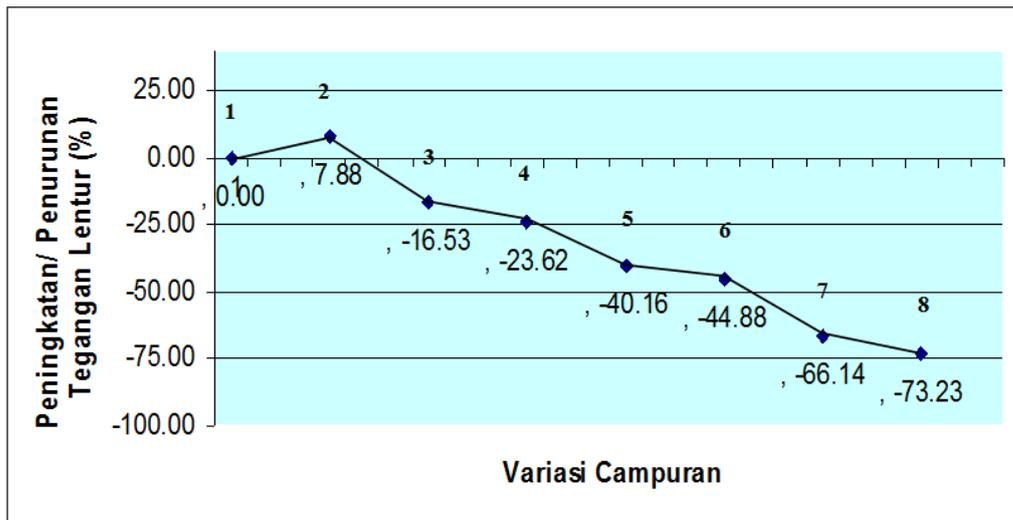
Tabel 2. Hasil analisis kuat tekan mortar kubus dengan bahan tambah pada umur 14 dan 28 hari

Bahan Tambah		Variasi	No. Benda Uji	Beban Maksimum (N)	Luas (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)	
I	II						14 hari	28 hari
MORTAR			1	210000	22500	9,333	9,407	10,690
			2	225000	22500	10,000		
			3	200000	22500	8,889		
FLY ASH (12,5 %)			1	240000	22500	10,667	10,148	11,532
			2	215000	22500	9,56		
			3	230000	22500	10,222		
FLY ASH (12,5 %)	FIBER GLASS	3%	1	175000	22500	7,778	7,852	8,923
			2	160000	22500	7,111		
			3	195000	22500	8,667		
		6%	1	180000	22500	8,000	7,185	8,165
			2	150000	22500	6,667		
			3	155000	22500	6,889		

		9%	1	110000	22500	4,889	5,630	6,397
			2	90000	22500	4,000		
			3	180000	22500	8,000		
FLY ASH (12,5 %)	POLYESTER	3%	1	105000	22500	4,667	5,185	5,892
			2	100000	22500	4,444		
			3	145000	22500	6,444		
		6%	1	70000	22500	3,111	3,185	3,620
			2	70000	22500	3,111		
			3	75000	22500	3,333		
		9%	1	50000	22500	2,222	2,519	2,862
			2	65000	22500	2,889		
			3	55000	22500	2,444		

Tabel 3. Prosentase peningkatan/ penurunan kekuatan mortar dengan bahan tambah terhadap mortar murni

Bahan Tambah		Variasi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)	Peningkatan/ Penurunan (%)
I	II				
MORTAR			9,333 10,000 8,889	10.690	0.00
FLY ASH (12,5 %)			10,667 9,556 10,222	11.532	7.88
FLY ASH (12,5 %)	FIBER GLASS	3%	7,778 7,111 8,667	8.923	-16.53
FLY ASH (12,5 %)	FIBER GLASS	6%	8,000	8.165	-23.62
			6,667		
			6,889		
		9%	4,889	6.397	-40.16
			4,000		
			8,000		
FLY ASH (12,5 %)	POLYESTER	3%	4,667	5.892	-44.88
			4,444		
			6,444		
		6%	3,111	3.620	-66.14
			3,111		
			3,333		
		9%	2,222	2.862	-73.23
			2,889		
			2,444		



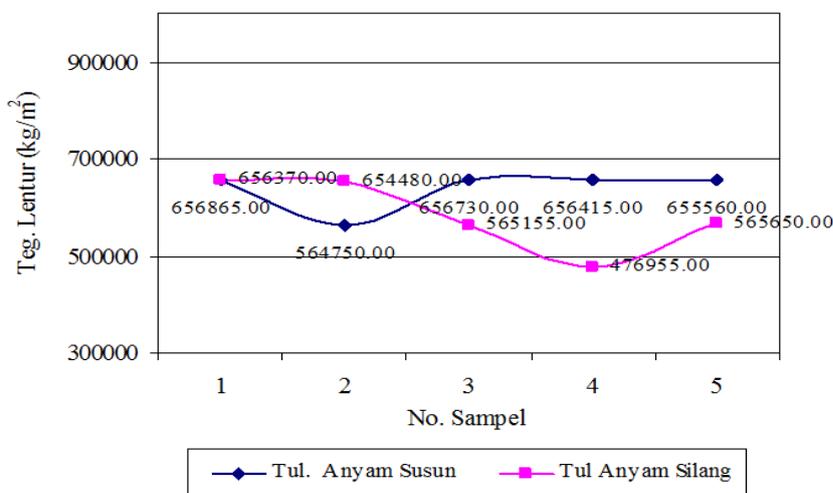
Gambar.4. Prosentase peningkatan/ penurunan kekuatan mortar dengan bahan tambah terhadap mortar murni

- Keterangan :
- 1 = Mortar murni
 - 2 = Mortar + Fly ash 12,5%
 - 3 = Mortar + Fly ash 12,5%, Fiber glass 3%
 - 4 = Mortar + Fly ash 12,5%, Fiber glass 6%
 - 5 = Mortar + Fly ash 12,5%, Fiber glass 9%
 - 6 = Mortar + Fly ash 12,5%, Polyester 3%
 - 7 = Mortar + Fly ash 12,5%, Polyester 6%
 - 8 = Mortar + Fly ash 12,5%, Polyester 9%

Mix design dinding panel yang digunakan : Mortar + Fly ash 12,5%, Fiber glass 3%

Pemeriksaan berat isi dinding panel dimaksudkan untuk mengetahui berat isi dinding panel setelah dinding panel berusia 28 hari. Dengan dua macam jenis tulangan, yaitu tulangan yang berbentuk anyaman susun dan tulangan yang berbentuk anyaman silang. Hasil rata-rata berat isi dinding panel tersebut adalah 2145,185 kg/m³ untuk Anya,susun dan 2117,037 kg/m³ untuk anyam silang.

Pengujian kuat lentur dinding panel dilakukan setelah melalui proses perawatan selama 28 hari. Pada pengujian kuat lentur, pembebanan yang dilakukan berupa beban garis yang diberikan tepat di bidang tengah dinding panel. Tumpuan diberikan pada kedua ujungnya yang berupa sendi dan roll. Adapun jarak antara tumpuan dengan ujung dinding panel adalah sebesar 2,5 cm.



Gambar 5. Hubungan antara variasi bentuk tulangan dengan tegangan lentur dinding panel

Dari penjelasan sebelumnya dapat diketahui, bahwa dinding panel yang mempunyai tulangan berbentuk anyaman susun mempunyai tegangan lentur yang lebih besar daripada yang berbentuk anyaman silang. Dengan tegangan lentur rata-rata sebesar $638064,00 \text{ kg/m}^2$ untuk tulangan berbentuk susun dan $583722,00 \text{ kg/m}^2$ untuk panel dinding bertulangan silang.

Perbandingan variasi campuran mortar dengan kuat tekan, didapat perbandingan antara pasir dengan semen 1 : 5 sebagai campuran yang memiliki kuat tekan maksimal pada umur 14 hari sebesar 9407 MPa dan pada umur 28 hari didapat hasil kuat tekan 10690 MPa.

KESIMPULAN

Hasil pengujian kuat tekan mortar murni terbaik diperoleh dengan perbandingan campuran 1 : 5 (semen : pasir) dengan nilai faktor air semen (f.a.s) sebesar 0,6 dengan nilai kuat tekan sebesar 10,690 MPa pada umur 28 hari. Dengan penambahan bahan tambah fly ash (12,5%) pada mortar, kuat tekan meningkat menjadi 11,532 MPa, dan terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 7,88% terhadap mortar murni. Hasil akhir yang digunakan sebagai bahan campuran dinding panel adalah mortar + fly ash 12,5 % dan fiber glass 3%. Hasil pengujian kuat tarik bambu, pada bambu apus/ tali (*Gigantochloa apus Kurtz*) diperoleh sebesar 104,434 MPa. Kuat lentur dinding panel setelah dikombinasikan dengan tulangan berbentuk anyaman susun sebesar 638064 kg/m^2 , sedangkan dinding panel yang dikombinasikan dengan tulangan anyaman silang sebesar 583722 kg/m^2 . Berat dinding panel dengan ukuran $90 \times 30 \times 5 \text{ cm}$ berkisar antara 28-30 kg, sehingga beratnya sebesar $100 - 120 \text{ kg/m}^2$. Apabila dibandingkan dengan pasangan batu bata yang memiliki berat 250 kg/m^2 , jauh lebih ringan dinding panel daripada pasangan batu bata. Sehingga dapat mengurangi beban pada struktur bangunan.

Kekuatan maksimal yang bisa ditahan dinding panel sebelum terjadi retak yaitu 350 kg, hasil lebih kuat dibanding dengan batu bata yang hanya mampu menahan hingga 250 kg/cm^2 .

Daftar Pustaka

- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Hatta, M. N., 2006. *Uji Kuat Lentur Dinding Panel Hardflex dan Styrofoam Dengan Tulangan Bambu*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta (Tidak Dipublikasikan).
- Kustanti, I., 2000. *Tinjauan Sifat Mekanik pada Bambu Apus, Petung dan Ori*, Tugas akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta (Tidak Dipublikasikan).
- Mulyono, Tri, 2004. *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Murdock, L. J., dan K.M. Brook., 1999. *Bahan dan Praktek Beton*, terjemahan Hindarko, S, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Pardi, 2007. *Tinjauan Kuat Lentur Dinding Panel Batu Apung Dengan Penulangan Bambu*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta (Tidak Dipublikasikan).
- Rofiq, M. S., 2010. *Model Sambungan Dinding Panel Dengan Agregat Pecahan Genteng*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta (Tidak Dipublikasikan).
- Tjokrodinuljo, K., 1995. *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 1996. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Winter, G., Nilson A., 1993. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. PT. Pioner Paramita, Jakarta.
- Yap, Felik, 1983. *Bambu Sebagai Bahan Bangunan*, Yogyakarta.