

# REVIEW FLEXURAL STRENGTH OF PANEL WALL LIGHTWEIGHT CONCRETE USING MIX STYROFOAM AND REINFORCING WIRE NETS WELDED MESH

## TINJAUAN KUAT LENTUR DINDING PANEL BETON RINGAN MENGGUNAKAN CAMPURAN STYROFOAM DENGAN TULANGAN KAWAT JARING KASA WELDED MESH

Abdul Rochman<sup>1)</sup>, Zaim Nur Fahrudin<sup>2)</sup>, Renaningsih<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta,  
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura Surakarta 57102

<sup>2)</sup> Alumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

<sup>3)</sup> Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta,  
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura Surakarta 57102

### ABSTRACT

Wall panel itself is a unity of some concrete blocks that can be assembled in such a way that it can make a wall with good quality. However, the wall panel has the disadvantage of greater weight than the usual brick wall. Weight of the wall panels will affect the load that will be retained by structures that are below it. One effort to reduce the weight of the wall panel itself is replacing coarse aggregate with styrofoam. In this study aims to determine the ratio of the density of the concrete panel walls with brick walls, as well as finding the right number of variations so thick concrete wall panel has a flexural strength that is equivalent to a brick wall. In this study using fas 0.4 with the concrete mix design is based on a percentage of the volume. Concrete mix design mix is 20% Styrofoam, 65% sand and 15% cement. From the results obtained styrofoam mixing concrete compressive strength value of the average concrete cylinder that is 3.5 MPa, it is advisable for non-structural concrete. Wall thickness variation to the planning panel toritis performed calculations with the results of variations: 120x50x12 cm 120x50x14 cm, and 120x50x16 cm. From the test results of concrete gravity wall panels, the obtained average specific gravity of each variation of thickness 12 cm, 14 cm, and 16 cm row : 1.495 Ton/m<sup>3</sup>, 1.456 Ton/m<sup>3</sup>, and 1.369 Ton/m<sup>3</sup>. So, concrete wall panels are included in the lightweight concrete with a density of 1.4 to 2.0 Ton/m<sup>3</sup>. Of flexural strength test results theoretically obtained values of MOR each variation of wall panel 12 cm thick, 14 cm, and 16 cm, respectively for 1,549 MPa, 1,449 MPa and 1,520 MPa and initial  $M_{retak}$ , respectively for 1,858 kNm, 2,367 kNm, and 3,242 kNm. While the brick wall that has a value of 1.378 MPa and MOR values of 2.250 kNm.  $M_{retak}$  Wall panel with styrofoam mixture is suitable used as an alternative to a brick wall.

**Keywords : flexural strength, panel wall, compressive strength, styrofoam**

### ABSTRAK

Dinding panel adalah kesatuan dari beberapa blok beton yang dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat menjadikan sebuah dinding dengan kualitas yang baik. Tetapi dinding panel memiliki kelemahan yaitu berat yang lebih dibandingkan dinding batu bata biasa. Berat ini akan berpengaruh terhadap beban yang nantinya akan ditahan oleh struktur yang berada di bawahnya. Upaya untuk mereduksi berat dinding panel adalah mengganti agregat kasar dengan styrofoam. Penelitian ini bertujuan mengetahui perbandingan berat jenis dinding panel beton dengan dinding batu bata, serta mencari berapa variasi tebal yang tepat sehingga dinding panel beton ini memiliki kuat lentur yang setara dengan dinding batu bata. Penelitian ini menggunakan fas 0,4 dengan perencanaan campuran beton berdasarkan prosentase dari volume, yaitu 20 % styrofoam, 65 % pasir, dan 15 % semen. Dari hasil pencampuran beton styrofoam didapatkan nilai kuat tekan rata-rata silinder beton yaitu 3,5MPa, maka beton disarankan untuk non structural. Untuk perencanaan variasi tebal dinding panel dilakukan perhitungan secara toritis dengan hasil variasi : 120x50x12 cm, 120x50x14 cm, dan 120x50x16 cm. Berat jenis dinding panel beton diperoleh rata-rata dari tiap variasi tebal 12 cm, 14 cm, dan 16 cm berturut turut 1,495 Ton/m<sup>3</sup>, 1,456 Ton/m<sup>3</sup>, dan 1,369 Ton/m<sup>3</sup>. Dinding panel beton termasuk dalam beton ringan dengan berat jenis 1,4-2,0 Ton/m<sup>3</sup>. Dari hasil pengujian kuat lentur secara teoritis diperoleh nilai MOR dari masing-masing variasi tebal dinding panel 12 cm, 14 cm, dan 16 cm berturut-turut sebesar 1,549 MPa, 1,449 MPa dan 1,520 MPa dan  $M_{retak}$  awal berturut-turut sebesar 1,858 kNm, 2,367 kNm, dan 3,242 kNm. Sedangkan dinding batu bata memiliki nilai MOR yaitu 1,378 MPa dan nilai  $M_{retak}$  sebesar 2,250 kNm. Dinding panel dengan campuran styrofoam ini cocok dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti dinding batu bata.

**Kata kunci : kuat lentur, dinding panel, kuat tekan, styrofoam**

## PENDAHULUAN

Pembuatan konstruksi bangunan rumah harus memenuhi persyaratan keamanan bagi penghuninya. Pemilihan material, dan metode pengerjaan merupakan suatu hal penting untuk mencapai persyaratan keamanan tersebut. Akhir-akhir ini marak digunakan material bahan bangunan yang memiliki efisiensi lebih baik dibandingkan dengan material lain. Salah satunya pemakaian dinding panel sebagai pengganti dinding pasangan batu bata. Dinding panel merupakan kesatuan dari beberapa blok beton yang dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat menjadikan sebuah dinding dengan kualitas lebih baik dengan dinding batu bata.

Penelitian yang membahas tentang uji kuat lentur dinding panel *hardflex* dan *styrofoam* dengan tulangan bambu telah dilakukan oleh Hatta (2006). Hasilnya kuat lentur rata-rata dinding panel ukuran (30x100x5) cm<sup>3</sup> adalah 1.520 kN/m<sup>2</sup>, (40x100x5) cm<sup>3</sup> adalah 3.776,25 kN/m<sup>2</sup> dan (50x100x5) cm<sup>3</sup> adalah 4.788,00 kN/m<sup>2</sup>. Kemudian Winarso (2011) yang meneliti tentang kuat lentur rangkaian dinding panel dengan perkuatan tulangan bambu yang menggunakan agregat pecahan genteng. Hasil kuat lentur rata-rata rangkaian dinding panel pada nilai fas 0,40 yaitu 0,925 MPa. Kedua sumber penelitian ini dapat dimanfaatkan menjadi sebuah referensi, sehingga dari penelitian ini dapat diciptakan sebuah dinding panel yang ringan, kuat dan ramah lingkungan.

Salah satu cara membuat beton ringan adalah dengan cara mengganti agregat kasar dengan bahan yang lebih ringan. Dengan tidak adanya agregat kasar pada campuran, menghasilkan rongga-rongga yang terdistribusi ke dalam massa beton serta berkurangnya berat jenis beton (Tjokrodinuljo, 1996). Dalam penelitian dilakukan uji coba pencampuran material bangunan dinding panel menggunakan material yang ringan seperti *styrofoam*. Sedangkan untuk memperkuat dinding panel dari lentur dipakai kawat jaring kasa *welded mesh*. *Styrofoam* yang digunakan berasal dari limbah yang sudah tidak terpakai, sehingga penelitian ini bisa berbasis ramah lingkungan. Tulangan kawat jaring *welded mesh* yang digunakan berdiameter lubang ± 0,5 inchi, sesuai yang ada di pasaran. Diharapkan kombinasi antara keduanya dapat menghasilkan dinding panel yang ringan dan kuat setara dengan dinding batu bata.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan campuran beton dengan *styrofoam*, juga untuk memperoleh variasi tebal dimensi dinding panel beton, yang memiliki kuat lentur setara dengan dinding batu bata.

Dinding Panel (*Panel Wall*) merupakan suatu komponen *non structural* yaitu dinding yang dibuat dari suatu kesatuan blok dinding parsial, yang kemudian dirangkai menjadi sebuah dinding yang kokoh.

Pada umumnya dinding biasanya lebih familiar dengan material batu bata dengan lapisan mortar di sisi luarnya. Akan tetapi pada kondisi-kondisi tertentu dinding batu bata memiliki kekurangan dari segi pengerjaan yang relatif lama, biaya yang mahal, dan memiliki berat yang lebih. Pada daerah yang rawan terjadi bencana gempa bumi, pemakaian dinding batu bata kurang baik untuk diaplikasikan untuk rumah yang tahan gempa. Dinding panel yang ringan dan kuat adalah salah satu material yang cocok untuk diaplikasikan untuk bangunan rumah tahan gempa.

Dinding panel yang dibuat secara pracetak adalah solusi tepat bagi kondisi daerah atau jenis pekerjaan seperti di atas. Keuntungan dari konstruksi beton pracetak terletak pada berkurangnya tenaga kerja yang diperlukan dalam menghasilkan satu satuan beton karena rangkaian produksi dilakukan secara mekanis dan pembuatannya dapat dilakukan dengan tenaga kerja setempat tanpa keahlian khusus (Winter, 1993).

Dinding panel pada umumnya dibuat secara fabrikasi secara massal menggunakan campuran beton normal (air, agregat halus, agregat kasar, dan semen) diberikan zat aditif dan diberikan tulangan di dalamnya. Dalam penelitian ini campuran tidak menggunakan agregat kasar seperti kerikil, melainkan menggantikan agregat kasar ini dengan *styrofoam* dengan diameter 10 mm. Karena agregat kasar ini digantikan oleh *styrofoam*, maka beton ini menjadi lebih ringan dibandingkan beton biasa.

Bahan campuran yang digunakan untuk pembuatan dinding panel harus dalam kondisi yang baik untuk menghasilkan komposisi campuran yang diinginkan. Komposisi campuran pada benda uji dapat mempengaruhi terhadap kualitas dinding panel yang dihasilkan. Bahan penyusun dinding panel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

### 1. Semen *Portland*

Semen *portland* adalah semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak/ klinker yang mengandung senyawa *kalsium silikat* yang bersifat hidrolisis ditambah dengan bahan tambahan *gypsum* yang berfungsi sebagai pengatur pengikatan (memperlambat pengikatan).

### 2. Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (Tjokrodinuljo, 1996).

### 3. Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam beton atau mortar. Agregat ini kira-kira menempati 70 persen dari volume mortar atau beton. Walaupun sebagai bahan

pengisi akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton atau mortar, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton (Tjokrodinuljo, 1996). Agregat umumnya digolongkan menjadi dua macam, yaitu agregat kasar yang berukuran lebih besar dari 4,80 mm dan agregat halus yang mempunyai ukuran kurang dari 4,80 mm.

#### 4. Styrofoam

Salah satu bahan pengganti agregat kasar untuk beton yaitu *styrofoam*. *Styrofoam* merupakan hasil pengolahan dari *polystyrene*. *Polystyrene* merupakan bahan termoplastik hasil dari pengolahan minyak mentah. Secara kimia *polystyrene* ditulis sebagai  $CH_2CH(C_6H_5)$ . *Polystyrene* memiliki sifat transparan, lembut, elastis, dengan nilai susutan kecil, mudah diwarnai, dan mudah dibentuk. *Polystyrene* merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu dibawah  $100^\circ C$  (Billmeyer, 1984). *Polystyrene* memiliki berat jenis sampai  $1050 \text{ kg/m}^3$ , kuat tarik sampai  $40 \text{ MN/m}^2$ , modulus lentur sampai  $3 \text{ GN/m}^2$ , modulus geser sampai  $0,99 \text{ GN/m}^2$ , angka poisson 0,33 (Crowford, 1998).

#### 5. Kawat Jaring Kasa *Welded Mesh*

Kawat Jaring kasa *welded mesh* ini digunakan sebagai tulangan. Menurut PT. Krakatau Steel, batang kawat dibuat dari baja billet. Batang kawat dikategorikan sebagai produk batangan, untuk membedakannya dari baja lembaran panas dan baja lembaran dingin yang dibuat dari baja slab. Batang kawat biasanya dikelompokkan berdasarkan kandungan karbonnya, yaitu batang kawat dengan karbon rendah, sedang, atau tinggi. Selain itu batang kawat juga dikategorikan berdasarkan aplikasinya. Batang kawat karbon rendah dan sedang memiliki kandungan karbon kurang dari 0,25%. Baja jenis ini umumnya digunakan untuk kawat, paku, *wire mesh*, dan sebagai bahan baku untuk *welded fabrication* (kisi-kisi jendela atau pintu, pagar, dan jeruji).

Perbandingan yang dipakai dalam penelitian ini adalah perbandingan volume antara *Styrofoam*, semen dan agregat halus yaitu 20% : 15% : 65%, (Suaranita, 2005) dan menggunakan faktor air semen (fas) yaitu 0,40. Jika proporsi campuran untuk dinding panel dilakukan dengan baik dan tepat, maka akan diperoleh dinding panel yang ringan, kuat, tahan lama, mudah pengerjaannya dan sedikit mengalami penyusutan dalam volume. Untuk menentukan tebal dinding panel pada benda uji, dilakukan perhitungan dengan terlebih dulu menentukan MOR dinding batu bata secara eksperimental. Kemudian dihitung MOR dinding panel dalam suatu persamaan dengan variabel  $h$ . Dengan menyamakan nilai keduanya, diperoleh nilai  $h = 14 \text{ cm}$  yang merupakan tebal rencana dinding panel. Untuk keperluan penelitian, dibuat nilai  $h$

sedikit dibawah dan sedikit di atas Untuk penelitian tebal benda uji diambil 2 cm di bawah dan 2 cm di atas tebal perhitungan. Macam dan variasi benda uji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Macam dan variasi benda uji

No	Benda uji	Dimensi	Jumlah
1.	Dinding panel	120×50×12 cm	3 buah
		120×50×14 cm	3 buah
		120×50×16 cm	3 buah
2.	Dinding batu bata	120×50×14 cm	3 buah
3.	Silinder beton	D=15cm, T=30cm	3 buah

Dalam analisis, dibandingkan momen retak awal dan momen maksimum antara hasil perhitungan dan perhitungan teoritis. Untuk hasil pengujian, momen retak awal dihitung dengan persamaan:

$$M_{\text{retak}} = \frac{1}{4} \times P_{\text{retak}} \times L + \frac{1}{8} \times q_{\text{bs}} \times L^2 \quad (1)$$

Sedang untuk momen retak teoritis dihitung berdasarkan metode transformasi luasan ekuivalen:

$$n = \frac{E_{\text{kawat}}}{E_{\text{beton}}}$$

$$E_{\text{beton}} = 4700\sqrt{f_c} \quad (\text{SNI} - 03 - 2847 - 2002)$$

$$A_{\text{kawat satu sisi}} = n \cdot A_{\text{kawat}}$$

$$A_{\text{eq}} = (b \times h) + (n - 1) \cdot A_{\text{kawat satu sisi}}$$

$$I_{\text{eq}} = \frac{1}{12} (b \times h^3) + 2 \left( (n-1) \cdot A_{\text{kawat satu sisi}} \cdot \left( \frac{1}{2} \times d \right)^2 \right)$$

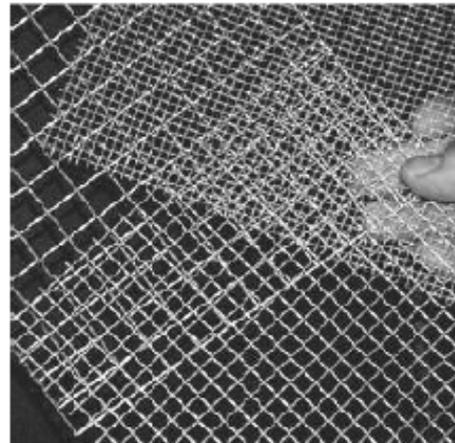
$$= \frac{1}{12} (b \times h^3) + 2 \left( (n-1) \cdot A_{\text{kawat satu sisi}} \cdot (0,5 \times (h - 2d_3))^2 \right)$$

$$M_{\text{retak}} = \frac{\text{MOR} \times I_{\text{eq}}}{\frac{1}{2} \times h} \quad (2)$$

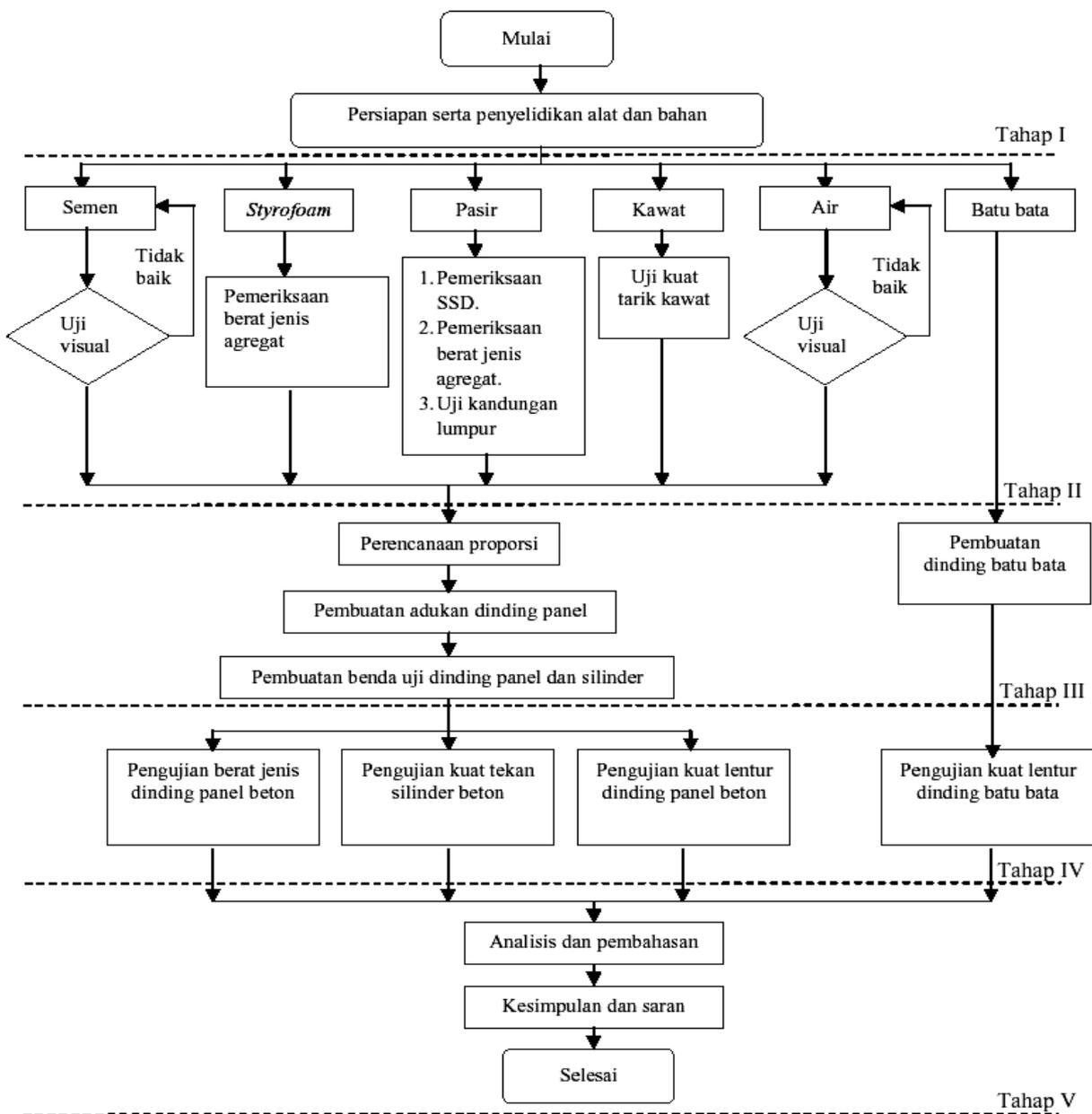
## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, semen yang digunakan adalah semen *Portland* jenis 1 dengan merk *Gresik*, agregat Agregat kasar yang digunakan adalah *styrofoam* sebagai pengganti kerikil yang berasal dari limbah barang bekas, dll yang sudah tidak terpakai, dipotong potong dengan ukuran 10 mm., agregat halus (pasir), berasal dari Klaten, Jawa Tengah. Tulangan yang digunakan kawat jaring jenis *welded mesh* dengan diameter lubang 0,5 inchi sesuai yang ada di pasaran dengan tebal 0,8 mm. Untuk kawat jaring yang digunakan dalam penelitian lihat Gambar 1. Air yang digunakan dari laboratorium Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, faktor air semen yang digunakan campuran beton adalah 0,40. Semua peralatan yang digunakan dalam penelitian ini tersedia di Laboratorium Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, terdiri dari *Helliege tester*, satu set ayakan, mesin penggetar ayakan (*seever*), *bekisting* dinding pa-

nel, mesin pengaduk beton (*concrete mixer*), kerucut *Abrams*, cetakan silinder, alat uji kuat tekan silinder beton (*Universal Testing Machine/ UTM*), alat uji kuat lentur. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Kawat jaring *welded mesh*



Gambar 2. Bagan alir penelitian

Kegiatan ini dimulai dari proses pengumpulan data, pengolahan/analisis data, dan cara pengambilan kesimpulan secara umum, yang dibagi dalam 5 tahap:

1. Tahap I : Persiapan

Tahap ini merupakan tahap persiapan penelitian di laboratorium, yang meliputi persiapan alat dan penyediaan bahan susun dinding panel yang meliputi: agregat halus pasir, agregat kasar *styrofoam*, semen, dan tulangan dari kawat jaring kasa.

2. Tahap II : Pemeriksaan bahan

Sebelum digunakan dalam pembuatan campuran, maka pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap bahan dasar dinding panel berupa: pasir, *styrofoam*, semen, air, dan kawat kasa. Pemeriksaan ini meliputi:

- a). Pemeriksaan pasir meliputi: pemeriksaan kandungan organik, pemeriksaan kandungan lumpur, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan pasir.
- b). Pemeriksaan berat jenis styrofoam.
- c). Pemeriksaan visual semen.
- d). Pemeriksaan visual air.
- e). Pengujian kuat tarik kawat kasa.

3. Tahap III : Perencanaan campuran dan pembuatan benda uji.

Tahap ini merupakan tahap perencanaan campuran dinding panel dan pembuatan benda uji. Perbandingan jumlah proporsi bahan campuran beton, ditentukan dan dihitung berdasarkan prosentase volume kemudian dikalikan berat jenis masing-masing material. Untuk macam dan variasi benda uji dapat dilihat pada Tabel 1. Benda uji dibuat dengan cetakan silinder dan plat dinding panel. Setelah dilepas dari cetakan, benda uji berupa silinder dan plat dinding panel dilakukan pengujian.

4. Tahap IV : Pengujian benda uji

Pada tahap ini dilakukan pengujian sampel penelitian. Pengujian yang dilakukan yaitu:

- a). Pengujian berat jenis benda uji.
- b). Pengujian kuat tekan untuk benda uji silinder beton,.
- c). Pengujian kuat lentur untuk benda uji plat dinding panel beton.

5. Tahap V : Analisis dan pembahasan

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada Tahap IV, kemudian dilakukan analisis data. Nilai kuat tekan diambil dari kuat tekan silinder beton rata-rata 3 sampel benda uji dengan variasi fas yang sama, sedangkan untuk nilai kuat lentur dinding panel juga diambil dari rata-rata benda uji tiap variasi tebal. Analisis tersebut merupakan pembahasan dari hasil penelitian, yang kemudian dapat ditarik beberapa kesimpulan dari hasil penelitian.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**Pengujian berat jenis *styrofoam***

Untuk *styrofoam* hanya dilakukan pengujian berat jenis agregat. Hasil dari pemeriksaan berat jenis *styrofoam* yang telah dilaksanakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengujian berat jenis *styrofoam*

No	Berat (gr)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata
1.	0,039	1	0,039	
2.	0,056	1	0,056	
3.	0,042	1	0,042	0,046
4.	0,040	1	0,040	
5	0,051	1	0,051	

Berdasarkan hasil penelitian, berat jenis *styrofoam* rata-rata yaitu 0,046 gr/cm<sup>3</sup>. Berat jenis agregat kasar normal yaitu 1,8 gr/cm<sup>3</sup> maka dengan berat jenis yang kecil diharapkan dinding panel beton dapat menjadi lebih ringan.

**Pengujian kekentalan adukan beton**

*Test Slump* bertujuan untuk mengetahui kekentalan adukan beton dari nilai *slump*, agar beton memenuhi persyaratan yang diinginkan. Hasil dari pengujian *Slump* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian test slump pada penelitian

Fas	No.sampel	Nilai <i>slump</i> (cm)	Rata-rata (cm)
	1	8	
0,4	2	9,4	8,6
	3	8,5	

Pada pelaksanaan penelitian didapatkan nilai rata-rata hasil pengujian slump yaitu 8,6cm yaitu antara 7,5cm-15cm. Sehingga pada persyaratan nilai *slump* pada pekerjaan beton (PBI 1971) termasuk digunakan pada plat, balok, dinding, dan kolom.

**Pengujian kuat tarik kawat jaring *welded mesh***

Hasil pengujian kuat tarik kawat jaring kasa *welded mesh* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.. Hasil pengujian kuat tarik kawat jaring kasa *welded mesh*.

Gaya Maksimal (N)	Luas tulangan (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan rata-rata (MPa)
500	0,503	994,036	
400	0,503	795,229	
450	0,503	894,632	815,109
400	0,503	795,229	
300	0,503	596,421	

Dari hasil pengujian kuat tarik kawat kasa di-Operoleh rata-rata kuat tarik kawat jaring kasa *welded mesh* adalah 815,109 kN/mm<sup>2</sup>. Kawat jaring kasa *welded mesh* dilakukan pengujian kuat tarik untuk mengetahui tegangan rata-rata kawat.

### Pengujian berat jenis silinder beton

Berat jenis beton dapat diketahui dengan cara menimbang dan mengukur tinggi serta luas permukaan benda uji, sehingga diperoleh berat dan volume benda uji tersebut. Hasil pemeriksaan berat jenis silinder beton secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil pengujian berat jenis silinder beton

Berat (gr)	Luas permukaan (cm <sup>2</sup> )	Tinggi (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	c (gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (Ton/m <sup>3</sup> )
7900	176,715	30	5301,438	1,490	
7500	176,715	30	5301,438	1,415	1,446
7600	176,715	30	5301,438	1,434	

Berat jenis beton normal adalah sekitar 2,3gr/cm<sup>3</sup>. Data hasil pemeriksaan berat jenis silinder beton rata rata 1,446 gr/cm<sup>3</sup>. Dari hasil penelitian berat jenis silinder beton, maka tergolong dalam beton ringan. Dibandingkan dengan berat jenis dinding pasangan batu-bata yang sebesar 2,192 ton/m<sup>3</sup>, maka berat jenis dinding panel dengan *styrofoam* sekitar 66,4 % berat jenis dinding pasangan batu bata.

### Pengujian kuat tekan silinder beton

Hasil pengujian kuat tekan silinder beton secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6.. Hasil pengujian kuat tekan silinder beton

Berat (gr)	Luas permukaan (cm <sup>2</sup> )	Pmaks (N)	fc (MPa)	Rata-rata (MPa)
7900	17671,459	95000	4,0	
7500	17671,459	80000	2,7	3,5
7600	17671,459	92000	3,8	

Dari hasil pengujian kuat tekan silinder beton didapatkan nilai rata-rata kuat tekan silinder beton adalah 3,5 MPa dibawah nilai kuat tekan beton normal yaitu 25 MPa.

### Analisis keruntuhan benda uji dinding panel.

Pada saat pengujian dinding panel *styrofoam* didapatkan pola keruntuhan yang terjadi sehingga tidak sampai menyebabkan dinding panel beton terbelah menjadi dua bagian dan hanya sebatas retak, hal ini dikarenakan penggunaan penulangan rangkap, tulangan kawat kasa diharapkan mampu menahan beban dari alat *Bending Test Machine*, sehingga mencegah dinding panel terbelah menjadi dua bagian secara langsung. Dengan pola keruntuhan yang demikian ini

maka dinding panel *styrofoam* dengan tulangan kawat kasa cukup baik apabila digunakan sebagai pengganti pasangan dinding batu bata.. Pola keruntuhan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pola keruntuhan pada dinding panel

### Analisis kekakuan.

Untuk mengetahui hasil dari pengujian dengan perhitungan analisis kekakuan eksperimen digunakan rumus:

$$\text{Kekakuan} = \frac{\text{Beban retak awal}}{\text{Lendutan}} \quad (3)$$

Hasil dari perhitungan analisis kekakuan dapat dilihat pada Tabel 7. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai kekakuan rata-rata tiap variasi tebal benda uji 12, 14, dan 16 cm berturut-turut sebesar 1442,92 N/mm, 1577,92 N/mm, 1877,43 N/mm sedangkan dinding batu bata diperoleh nilai kekakuan 4503,36 N/mm. Dinding batu bata memiliki kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan dinding panel beton. Dengan nilai kekakuan yang lebih kecil maka dinding panel beton memiliki efisiensi lebih baik jika dibandingkan dengan dinding batu bata karena dinding panel beton tidak akan langsung runtuh.

### Momen retak teoritis dinding panel

Pengujian kuat lentur dinding panel dilaksanakan setelah pengujian berat jenis dinding panel. Pengujian kuat lentur dinding panel beton dan dinding batu bata menggunakan alat uji kuat lentur. Untuk mengetahui  $M_{\text{retak}}$  Teoritis dinding panel beton dan dinding batu bata dapat dilihat pada Tabel 8.

Dari hasil pengujian kuat lentur secara teoritis diperoleh nilai MOR dari masing-masing variasi tebal dinding panel 12 cm, 14 cm, dan 16 cm berturut-turut sebesar 1,549 MPa, 1,449 MPa, dan 1,520 MPa dan  $M_{\text{retak awal}}$  berturut-turut sebesar 1,858 kN.m, 2,367 kN.m, dan 3,242 kN.m. Sedangkan dinding batu bata memiliki nilai MOR yaitu 1,378 MPa dan nilai  $M_{\text{retak}}$  sebesar 2,250 kN.m.

Tabel 7. Hasil perhitungan analisis kekakuan

Benda Uji	Sampel	$P_{\text{retak awal}}$	Lendutan $\frac{1}{4}$ bentang (mm)	Lendutan di tangan bentang= $1,333 \times$ lendutan $\frac{1}{4}$ bentang (mm)	Kekakuan (N/mm)
120×50×12cm	1	7500	4,00	5,33	1406,60
	2	7000	4,20	5,60	1250,31
	3	7800	3,50	4,67	1671,85
Rata-rata		7344,33	3,90	5,20	1442,92
120×50×14cm	1	9800	4,50	6,00	1633,74
	2	9600	4,20	5,33	1800,45
	3	9000	5,20	6,93	1298,40
Rata-rata		9466,67	4,57	6,09	1577,53
120×50×16cm	1	12700	5,60	7,46	1701,32
	2	130000	5,00	6,67	1950,49
	3	132000	5,00	6,67	1980,50
Rata-rata		12966,67	5,20	6,93	1877,43
Dinding batu bata	1	8500	1,40	1,87	4554,71
	2	9500	1,60	2,13	4454,24
	3	9000	1,50	2,00	4501,13
Rata-rata		9000,00	1,50	2,00	4503,36

Tabel 8. Perhitungan momen pada kondisi  $M_{\text{retak}}$  secara teoritis

Benda uji	Sampel	$P_{\text{retak awal}}$ (N)	$L_1$ (mm)	MOR (MPa)	$M_{\text{retak awal}}$ (kNm)	Perbandingan terhadap dinding batu bata
120×50×12cm	1	7500	1000	1,563	1,875	0,825
	2	7000	1000	1,458	1,750	
	3	7800	1000	1,625	1,950	
Rata-rata				1,549	1,858	
120×50×14cm	1	9800	1000	1,500	2,450	1,052
	2	9600	1000	1,469	2,400	
	3	9000	1000	1,378	2,250	
Rata-rata				1,449	2,367	
120×50×16cm	1	12700	1000	1,488	3,175	1,441
	2	130000	1000	1,523	3,250	
	3	132000	1000	1,547	3,300	
Rata-rata				1,520	3,242	
Dinding batu bata	1	8500	1000	1,301	2,125	1,000
	2	9500	1000	1,454	2,375	
	3	9000	1000	1,378	2,250	
Rata-rata				1,378	2,250	

### Momen retak eksperimental dinding panel

Pengujian kuat lentur dinding panel beton dan dinding batu bata dilakukan menggunakan alat uji kuat lentur dinding panel. Perhitungan momen secara eksperimen dapat dilihat pada Tabel 9. Dari hasil pengujian kuat lentur secara eksperimen diperoleh nilai  $M_{\text{retak}}$  dari masing-masing variasi tebal 12, 14, dan 16 cm berturut-turut sebesar 1,973 kN/m, 2,482

kN/m, 3,357 kN/m sedangkan untuk dinding batu bata memiliki nilai  $M_{\text{retak}}$  2,603 kN/m. Secara perhitungan dengan analisa eksperimen, nilai  $M_{\text{retak}}$  eksperimen yang optimum mendekati nilai  $M_{\text{retak}}$  dari dinding batu bata adalah variasi tebal 14 cm.

Tabel 9. Hasil perhitungan momen pada kondisi  $M_{retak}$  secara eksperimen

Benda uji	Sampel	$P_{retak\ awal}$ (kN)	L (m)	$L_1$ (m)	w (kN)	$q=w/L_1$ (kN/m)	$M_{retak}$ (kNm)
120×50×12cm	1	7,5	1,2	1	1,050	0,875	1,990
	2	7,0	1,2	1	1,050	0,875	1,865
	3	7,8	1,2	1	1,050	0,875	2,065
Rata-rata							1,973
120×50×14cm	1	9,8	1,2	1	1,050	0,875	2,565
	2	9,6	1,2	1	1,050	0,875	2,515
	3	9,0	1,2	1	1,050	0,875	2,365
Rata-rata							2,482
120×50×16cm	1	12,7	1,2	1	1,050	0,875	3,290
	2	13,0	1,2	1	1,050	0,875	3,365
	3	13,2	1,2	1	1,050	0,875	3,415
Rata-rata							3,357
Dinding batu bata	1	8,5	1,2	1	1,812	1,510	2,467
	2	9,5	1,2	1	1,874	1,562	2,741
	3	9,0	1,2	1	1,837	1,531	2,602
Rata-rata							2,603

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dinding panel beton dengan campuran *styrofoam* dan tulangan kawat kasa *welded mesh*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari pengujian kuat tekan beton dengan fas 0,40, memiliki kuat tekan beton rata-rata sebesar 3,5 MPa di bawah kuat tekan beton normal. Sehingga cocok digunakan untuk komponen *non structural*.
2. Dari hasil penelitian diperoleh berat jenis rata-rata dinding panel tiap variasi tebal 12 cm, 14 cm, dan 16 cm berturut-turut adalah 1,495 Ton/m<sup>3</sup>, 1,456 Ton/m<sup>3</sup>, dan 1,369 Ton/m<sup>3</sup> yaitu sebesar 66,423 % lebih ringan jika dibandingkan dengan berat jenis dinding pasangan batu bata 2,192 Ton/m<sup>3</sup>.
3. Nilai MOR rata-rata dinding panel dengan variasi tebal 12cm, 14cm, dan 16cm berturut-turut se-

sar 1,549 MPa, 1,449 MPa, dan 1,520 MPa. Kuat lentur optimum dinding panel beton yang paling mendekati dengan kuat lentur dinding batu bata adalah variasi tebal 14 cm yaitu 1,449 MPa.

4. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai kekakuan rata-rata tiap variasi tebal benda 12, 14, dan 16 cm uji berturut-turut 1442,92 N/mm, 1577,93 N/mm, 1877,43 N/mm sedangkan dinding batu bata diperoleh nilai kekakuan 4503,36 N/mm. Dinding batu bata memiliki kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan dinding panel beton.
5. Limbah *styrofoam* yang semula tidak dapat digunakan sebagai material yang bermanfaat, dengan adanya penelitian ini maka limbah *styrofoam* dapat digunakan sebagai material bahan bangunan yang ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim,1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*, SNI 03-1970-1990, Bandung.
- Anonim,1979. *Peraturan Beton Bertulang 1971*, N.I.-2, Yayasan LPMB, Bandung.
- 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.
- Tjokrodinuljo, K., 1996. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Trimulyono, M.T., 2004. *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.
- Winarso, A., 2011. Tinjauan Kuat Lentur Rangkaian Dinding Panel dengan Perkuatan Tulangan Bambu Yang Menggunakan Agregat Pecahan Genteng, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Yayasan LPMB, 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2002, Bandung.
- Yayasan LPMB, 2002. *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan*, SNI 03-3449-2002, Bandung.