

# KUAT LENTUR PANEL PARTISI DARI LIMBAH *STYROFOAM* YANG DILAPISI KAWAT LOKET

Dewi Sulistyorini

Fakultas Teknik, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa  
Email: dewi\_rafifariz@yahoo.com

## ABSTRAK

Ruangan merupakan salah satu unsur dalam suatu bangunan atau gedung. Sehingga diperlukan dinding atau penyekat sebagai pemisah antar ruangan. Dinding partisi dirancang sebagai dinding penyekat yang bersifat sementara dan tidak menahan beban. Bahan bangunan yang digunakan haruslah memiliki beberapa keuntungan seperti ringan, daya tahan yang kuat, bentuk dapat menyesuaikan kebutuhan, kecepatan pelaksanaan konstruksi serta keuntungan dari segi biaya dan ramah lingkungan. Bahan tersebut antara lain *styrofoam*, atau *expanded polysterene* (EPS), yang merupakan material insulator yang ringan, rigid dan terbuat dari bahan baku plastik.

Penelitian panel partisi dari limbah *styrofoam* yang dilapisi kawat loket merupakan upaya untuk mengetahui potensi penggunaan limbah *styrofoam* sebagai material panel partisi yang ditinjau dari berat satuan dan kuat lentur. Benda uji sebanyak 3 (tiga) buah panel berukuran panjang 80 cm, lebar 30 cm, tebal 1 cm, pengempaan terukur 2 MPa dan fas 0,45. Berat semen yang digunakan 250 kg/m<sup>3</sup>, kawat loket dipakai diameter 0,6 mm grid 6 mm x 6 mm.

Hasil pengujian diperoleh berat satuan panel rata-rata sebesar 1081,9 kg/m<sup>3</sup> dan kuat lentur rata-rata sebesar 0,721 MPa. Pola kerusakan yang terjadi ditunjukkan dengan melengkungnya kawat loket terlebih dahulu pada poisisi pembebanan kemudian beton *styrofoam* retak.

**Kata kunci:** panel partisi, kawat loket, limbah *styrofoam*, kuat lentur

## ABSTRACT

*The room is one element in a building. So, we need a wall or divider as a separator between the room. Partition wall was designed as a temporary partition wall and without the loaded. Building materials must have some advantages such as light weight, durability, shape can suit the needs, the speed of the construction, low cost and environmental friendly. Such materials like Styrofoam or expanded polysterene (EPS), which is an insulator lightweight material, rigid and made from plastic materials.*

*Partition panel research of styrofoam waste coated wiremesh is an attempt to determine the potential use of styrofoam waste as a partition panel that reviewed material from the unit weight and flexural strength. Test specimen for 3 (three) pieces of panels with dimension 80 cm long, 30 cm wide, 1 cm thick, with compression 2 MPa and water-cement factor 0.45. The weight of used cement 250 kg / m<sup>3</sup>, wiremesh diameter of 0.6 mm with grid 6 mm x 6 mm.*

*The test results obtained average unit weight for panel was 1081.9 kg / m<sup>3</sup> and average flexural strength of 0.721 MPa. The pattern of the damage indicated by the curved wiremesh prior to the loading position, and then styrofoam concrete cracks.*

**Keywords:** partition panels, wiremesh, Styrofoam waste, flexural strength

## Latar Belakang

Ruangan merupakan salah satu unsur dalam suatu bangunan atau gedung. Sehingga diperlukan dinding atau penyekat sebagai pemisah antar ruangan. Ada beberapa macam dinding yang dikenal yaitu dinding struktural, dinding partisi dan dinding penahan. Dinding partisi dirancang sebagai dinding penyekat yang bersifat sementara dan tidak menahan beban.(wikipedia.org)

Material yang umum digunakan pada dinding partisi adalah material ringan karena mudah dibongkar pasang. Berbagai macam material yang sudah banyak dipasarkan antara lain multipleks, gypsum, Glass Fiber Cement Board (GRC board) terbuat dari campuran semen dan fiber glass, Selica Board terbuat dari campuran semen silikat kalsium. Multiplek yang digunakan untuk dinding partisi dikatakan kurang aman karena mudah terbakar, mudah mengelupas bila sering terkena air dan merusak lingkungan karena bahan dari tumbuhan. Gypsum merupakan material berserat yang mudah dibentuk sesuai keinginan namun harganya lebih mahal dibandingkan multiplek.

Semakin pesat perkembangan teknologi dan informasi memacu pelaku dunia konstruksi semakin kreatif dan inovatif untuk menemukan material-material yang berkualitas dan ramah lingkungan. Bahan bangunan yang digunakan haruslah memiliki beberapa keuntungan seperti ringan, daya tahan yang kuat, bentuk dapat menyesuaikan kebutuhan, kecepatan pelaksanaan konstruksi serta keuntungan dari segi biaya dan ramah lingkungan. Bahan tersebut antara lain *styrofoam*, atau *expanded polysterene* (EPS), yang merupakan material insulator yang ringan, rigid dan

terbuat dari bahan baku plastik. *Styrofoam* mempunyai berat satuan sangat ringan yaitu sekitar  $13 \text{ kg/m}^3$  sampai  $15 \text{ kg/m}^3$ . Beton yang dibuat dari *styrofoam* mempunyai berat sekitar  $718 \text{ kg/m}^3$ , lebih ringan bila dibandingkan dengan berat batu bata  $1700 \text{ kg/m}^3$  dan berat batako sebesar  $2200 \text{ kg/m}^3$  (Darmawan, 2004).

Produk dinding partisi dari *styrofoam* belum banyak beredar di pasaran, namun untuk dinding ringan sudah ada beberapa produk antara lain b-panel merupakan panel beton ringan yang terdiri dari lapisan *styrofoam* yang diapit oleh dua lapisan wiremesh dan M-system merupakan panel-panel modular berbahan superfoam yang dilapisi kawat baja mesh yang diberi pelapis galvanis yang dirangkai oleh besi konektor melalui proses las listrik. Kedua produk tersebut menggunakan *styrofoam* yang dipesan secara khusus di pabrik karena menyesuaikan pesanan pengguna.

Limbah *styrofoam* banyak dijumpai pada pembungkus elektronik, buah-buahan dan makanan lain dapat berefek negatif bagi kesehatan. *Styrofoam* merupakan plastik jenis *polistyrena* yang menimbulkan masalah pada lingkungan karena bahan ini sulit mengalami peruraian biologik dan sulit didaur ulang sehingga tidak diminati oleh pemulung (info POM 2008). Penelitian-penelitian penggunaan *styrofoam* untuk beton ringan telah banyak dilakukan seperti pada Dinding Beton Ringan dari Limbah Styrofoam dengan Perkuatan Wiremesh (Sulistyorini, 2010), Aplikasi Beton Ringan Polystyrene untuk Panel Dinding Tebal 7 cm dengan metode Pengempaan Terukur (Siregar, A.J.,2012). Pembuatan dinding partisi dari limbah *styrofoam* merupakan suatu upaya memanfaatkan limbah *styrofoam* dan sebagai alternatif dalam pembuatan dinding partisi dengan

perkuatan kawat loket, karena kawat loket mudah diperoleh di toko-toko bangunan.

### Rumusan Masalah

Berdasar uraian diatas akan dilakukan pembuatan dinding partisi dari limbah styrofoam yang diberi lapisan kawat loket untuk mengetahui potensi penggunaan limbah styrofoam sebagai dinding partisi. Sebagai penelitian awal adalah

- Berapa berat satuan dinding partisi dari material limbah styrofoam?
- Berapa kuat lentur dinding partisi yang dihasilkan dari material limbah styrofoam ?

### Dinding Partisi

Sesuai dengan namanya dinding partisi memang dikhususkan untuk sekat antar ruang. Karena di desain sebagai sekat antara ruang satu dan yang lain, dinding ini memiliki desain konstruksi yang lebih praktis dan ringan dibanding dengan konstruksi dinding yang lain. Bahan partisi untuk dinding jenis ini termasuk bagus dan murah. Sayangnya dinding ini tidak bisa digunakan untuk dinding luar (eksterior). Ini disebabkan sifat bahannya yang kurang menjamin faktor keamanan dari gangguan luar. Disamping tidak cocok untuk

konstruksi terbuka, dinding jenis ini juga tidak dirancang untuk memikul beban yang berat. Dinding macam ini banyak digunakan sebagai bahan penyekat ruangan, terutama di perkantoran.

Bahan yang dipakai umumnya terdiri dari lembaran multiplek atau papan gipsum dengan ketebalan 9-12 mm. Bahan lain yang bagus untuk partisi adalah papan semen *fiber glass*. Bahan tersebut terbuat dari campuran semen dan *fiber glass* sehingga sangat kuat. Pemasangan ke rangka (kayu atau hollow) menggunakan sekrup. Bahannya mudah dipotong hanya menggunakan gergaji. Ketebalannya beragam mulai dari 4 mm, 6 mm, 9 mm, 12 mm, dan 15 mm. Panjang dan lebarnya sama dengan ukuran lembaran tripleks, yaitu 122 cm x 244 cm. Dari segi beban terhadap bangunan, dinding partisi dapat diabaikan. Untuk dinding partisi yang memakai bahan multiplek bisa dikatakan kurang aman, mengingat bahan mudah terbakar dan mudah mengelupas bila sering terkena air. Secara umum pemakaian partisi selalu dibuat dua lapis, untuk luar dan dalam. Bila dana terbatas, gunakan bahan partisi ini untuk pembatas ruangan. Jenis bahan disesuaikan dengan selera dan besarnya biaya.(www.plugin.dinding)



Gambar 1. Dinding partisi dari panel gipsum dan yumen board

Produk lain material dinding partisi mempunyai spesifikasi seperti pada Tabel 1, 2, dan 3.

Tabel 1. Spesifikasi produk Yumen Board dengan komposisi semen dan serutan kayu

Jenis	Dimensi (cm)	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Berat (Kg/m <sup>2</sup> )	Kuat Lentur (Mpa)
Yumen board	1,5 x 60 x 240	570	8,5	1,7
	2,5 x 60 x 240	460	11,5	1,0
	5 x 60 x 240	390	19,5	0,5
	7,5 x 60 x 240	375	28	0,4

Sumber: www.indoyumenboard.com

*Wood Wool Cement Board* (Yumen Board) adalah perpaduan serutan kayu dan semen yang menghasilkan papan dengan bidang datar yang bermotif natural dengan variasi ketebalan.

Tabel 2. Spesifikasi produk Glass Fiber Reinforced Cement Board dengan komposisi semen, glass fiber dan beberapa material pendukung.

Jenis	Dimensi (cm)	Berat (kg)
Super panel	0,9 x 122 x 244	41
	1,2 x 122 x 244	55
	1,5 x 122 x 244	69

Tabel 3. Spesifikasi produk Selica board dengan komposisi semen silika kalsium

Jenis	Dimensi (cm)	Berat (kg)
Selica board	0,4 x 120 x 240	17
	0,4 x 122 x 244	18
	0,6 x 120 x 240	25
	0,6 x 122 x 244	27
	0,9 x 120 x 240	38
	0,9 x 122 x 244	41

Sumber: Selica board. Com

Berdasar SNI 03 – 3122- 1992 tentang panel beton ringan berserat kuat lenturnya seperti tabel 4 berikut:

Tabel 4. Kuat Lentur Panel Beton ringan berserat

Panel	Dimensi (t x L x P) mm	Mutu	Kuat Lentur
Panel beton ringan berserat	80 x 300 x 3000	Mutu A	Rata-rata 1,97 Minimum 1,64
	80 x 600 x 3000		
	80 x 900 x 3000		
	80 x 300 x 3000	Mutu B	Rata-rata 1,72 Minimum 1,37
	80 x 600 x 3000		
	80 x 900 x 3000		

**Panel styrofoam**

Panel *styrofoam* adalah panel yang terbuat dari beton *styrofoam* sehingga panel *styrofoam* lebih ringan 35,5% dari berat bata biasa (Darmawan, 2004). Hasil pengujian yang dilakukan oleh Sulistyorini (2010) pada dinding beton dari limbah *styrofoam* yang diperkuat *wiremesh* pada dimensi P 120 cm, L 80 cm, T 9 cm diperoleh kuat lentur 12,06 MPa. Okvianti

Irlan (2014) tentang pengembangan dinding *polysterene* dengan perkuatan kawat loket dengan ukuran panel *polystyrene* P. 80cm x L.30cm x h.6 cm dengan kandungan semen 250 kg, fas 0.4, kawat loket yang digunakan grid 12,5 mm x 12,5 mm diameter 0,7 mm. Hasil pengujian lentur horizontal panel dinding dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Pengujian lentur panel *polystyrene* kandungan semen 250 kg/m<sup>3</sup>

NO	No Panel	berat panel (q) (N/mm)	Mmax (N.mm)	Y (mm)	Inersia (komposit) (mm <sup>4</sup> )	Tegangan lentur (MPa)
1	PSL1_250	0,28	563225,00	30,65	10332640,17	1,67
2	PSL2_250	0,27	447255,86	31,00	12227562,05	1,13
3	PSL3_250	0,28	590651,95	30,55	8162211,39	2,21
<b>Rata-rata</b>		<b>0,28</b>	<b>533710,94</b>	<b>30,73</b>	<b>10240804,53</b>	<b>1,67</b>

Sumber: Penelitian Ade Okvianti Irlan (2014)

**Tegangan Lentur**

Menurut Singer dan Pytel (1985) tegangan lentur adalah tegangan yang disebabkan momen lentur. Hubungan antara tegangan dan momen lentur dinyatakan dengan rumus lentur. Turunan hubungan ini mengikuti prosedur deformasi elastis ditambah dengan hukun Hooke yang menetapkan sifat variasi tegangan, kemudian kondisi kesetimbangan membuat hubungan antara tegangan dan beban. Tegangan lentur maksimum dinding beton *styrofoam* dari hasil pengujian diperoleh dengan rumus:

$$f_{max} = \frac{M \cdot y}{I} \dots\dots\dots (1)$$

Momen didapatkan dari:  
 $1/8q \cdot L^2 + 1/4P \cdot L \dots\dots\dots (2)$

Keterangan:

- f<sub>maks</sub> = tegangan lentur maksimum panel (MPa)
- M = momen lentur (KNm)
- L = panjang plat (m)

- q = berat panel per meter panjang (KN/m)
- P = beban (KN)
- y = jarak serat terluar terhadap garis netral (cm)
- I = momen inersia penampang (cm<sup>4</sup>)

Rumus di atas dapat dilakukan secara langsung untuk balok dengan bahan yang homogen dan berperilaku elastik. Sedangkan untuk bahan beton bertulang, rumus lenturan di atas akan menghadapi masalah terutama sehubungan dengan sifat beton bertulang yang tidak homogen dan tidak berperilaku elastik pada seluruh jenjang kekuatannya (Dipohusoso, 1994).

Menurut Gere & Timoshenko (1996) pemakaian rumus di atas hanya dipakai untuk membandingkan tegangan lentur panel dinding beton ringan *styrofoam* dengan perkuatan *wiremesh* saat masih dalam kondisi elastis dengan tegangan lentur panel dinding bahan lain. Yang perlu diperhatikan jika menggunakan rumus di

atas adalah diperlukan cara transformasi luasan teoritik antara bahan yang satu dengan bahan lainnya berdasarkan nilai banding (rasio) modulus elastisitas bahan baja dan beton. Nilai  $y$  didapatkan dengan menentukan pusat berat, kemudian diukur terhadap sisi terluar penampang sedangkan  $I$  adalah momen inersia penampang komposit. Rasio modulus elastisitas dari tiap bahan disebut rasio modular ( $n$ ).

$$n = \frac{E_k}{E_s} \dots\dots\dots(3)$$

Maka luas kawat loket yang ditransformasikan:

$$A = n A_s \dots\dots\dots(4)$$

Momen inersia kawat loket yang mengalami transformasi:

$$I = n I_k \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

$E_s$  = Modulus elastisitas beton *styrofoam* (MPa)

$E_k$  = Modulus elastisitas kawat loket (MPa)

$A$  = Luas kawat loket yang ditransformasikan ke beton *styrofoam* (mm<sup>2</sup>)

$A_k$  = Luas kawat loket (mm<sup>2</sup>)

$I$  = Momen inersia kawat loket yang ditransformasikan ke beton *Styrofoam* (mm<sup>4</sup>)

$I_k$  = Momen inersia kawat loket (mm<sup>4</sup>)

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Benda Uji

#### A. Bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: air, semen portland jenis I (40 kg/zak) yang diproduksi oleh PT. Semen Tiga Roda, limbah *styrofoam* yang dibeli dari pengumpul sampah di Dusun Sukunan, Godean, kawat loket diameter 0,6 mm grid 6 mm x 6 mm di beli di toko bangunan.

Pada penelitian ini limbah *styrofoam* yang didapat akan dihancurkan terlebih dahulu sehingga akan diperoleh butiran-butiran kecil. Berikut material *styrofoam* dan kawat loket yang digunakan dalam penelitian ini.



a. Kawat loket



b. Styrofoam yang sudah di serut

Gambar 2. Material *styrofoam* dan kawat loket yang digunakan

#### B. Dimensi Benda Uji

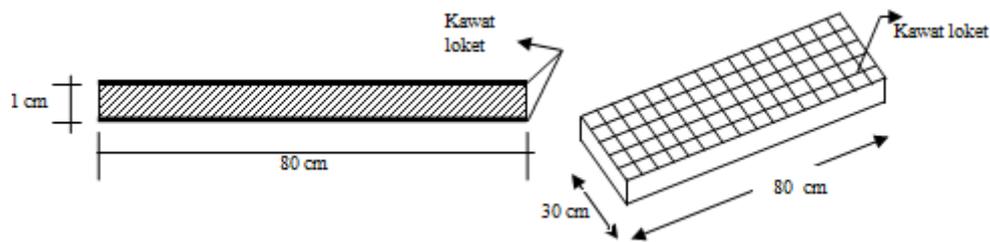
Benda uji dinding beton ringan dibuat tiga buah dengan ukuran seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Dimensi benda uji

Benda uji	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Pegujian
I	80	30	1	Lentur
II	80	30	1	Lentur
III	80	30	1	Lentur

Komposisi panel dinding beton ringan:

- a. Panel terbuat dari campuran semen, styrofoam, dan air
- b. Jaringan Wiremesh (kawat loket) diameter 0,6 mm spasi 6 x 6 mm ditempatkan pada posisi atas dan bawah panel styrofoam.
- c. Panel styrofoam dikempa dengan pengempaan 2 MPa.
- d. Perencanaan semen  $250 \text{ kg/m}^3$ , fas 0,4 dan berat satuan styrofoam  $15,9 \text{ kg/m}^3$ . Detail rencana benda uji seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Detail benda uji

### Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dibagi menjadi dua tahap yaitu:

1. Tahap Perhitungan Kebutuhan Material

Pembuatan benda uji dilakukan setelah trial komposisi material untuk mendapatkan dimensi yang direncanakan dengan pengempaan 2 MPa. Dimensi yang direncanakan panel tebal 1 cm x panjang 80 cm x lebar 30 cm. Berdasarkan hasil trial, untuk mendapatkan panel tebal 1 cm maka digunakan tebal awal 5 cm sehingga dapat dihitung kebutuhan 1 buah panel pada perencanaan semen  $250 \text{ kg/m}^3$ , fas 0,4 adalah sebagai berikut:

$$\text{Volume} = 0,05 \times 0,8 \times 0,3 = 0,012 \text{ m}^3$$

$$\text{Semen} = 250 \text{ kg/m}^3 \times \text{volume}$$

$$= 250 \times 0,012$$

$$= 3 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = \text{fas} \times \text{semen}$$

$$= 0,4 \times 3$$

$$= 1,2 \text{ liter}$$

$$\text{Styrofoam} = \text{berat satuan} \times \text{volume}$$

$$= 15,9 \times 0,012$$

$$= 0,1908 \text{ kg}$$

2. Proses pembuatan benda uji:

- a. Penyiapan cetakan (begisting) dari plat baja tebal 3 mm yang sudah dirangkai, diolesi oli dan diberi alas triplek tebal 3 mm supaya benda uji mudah dikeluarkan. Dimensi cetakan panjang 80 cm, lebar 30 cm, tebal 30 cm.
- b. Setelah dilakukan penimbangan material sesuai benda uji yang akan dibuat, maka dilakukan pencampuran material secara manual dan dibantu mixer supaya lebih homogen.



Gambar 4. Cetakan (begisting) dari plat baja dan pencampuran material

- c. Penuangan hasil pencampuran ke cetakan. Sebelum dituang, diatas triplek diberi kawat loket yang telah dipotong sesuai ukuran dan diolesi semen cair.
- d. Selesai penuangan campuran, bagian atas diberi kawat loket yang diolesi semen cair kemudian ditutup dengan penutup cetakan dan dikempa menggunakan hidraulic jack sebesar 2 MPa.

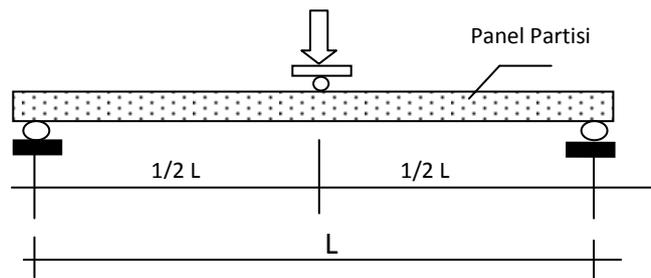


Gambar 5. Peletakan kawat loket bagian bawah dan bagian atas setelah campuran dituang ke dalam cetakan



Gambar 6. Pengempaan menggunakan hydraulic jack dan pelepasan benda uji dari cetakan

- e. Pada saat pengempaan mencapai 2 MPa hydraulic jack dидiamkan selama 15 menit supaya benda uji mampat kemudian hidraulic jack dilepas dan benda uji dikeluarkan dari cetakan. Selanjutnya dilakukan penimbangan benda uji.
- f. Perawatan benda uji di ruang penyimpanan selama 28 hari tanpa dibasahi.
- g. Pengujian lentur dilakukan sesuai SNI 03-6434-2000 tentang metode pengujian fisik panel gypsum dan papan gypsum. Pengujian lentur dilakukan dengan one point loading.



Gambar 7. Perawatan 28 hari tanpa dibasahi dan set up pengujian lentur

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun

#### A. Semen

Semen yang digunakan sebagai bahan pengikat adukan beton *styrofoam* adalah semen kemasan 40 kg/zak yang diproduksi oleh PT. Semen Gresik. Pemeriksaan visual terhadap semen menunjukkan bahwa semen masih dalam kondisi baik, kemasan tertutup rapat dan butir-butir partikel semen tidak menggumpal.

#### B. Air

Air yang digunakan berasal dari instalasi air bersih Laboratorium Struktur, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Hasil pengamatan secara visual menunjukkan bahwa air tersebut bersih, tidak berbau, tidak berwarna, serta dapat digunakan sebagai air minum. Air ini memenuhi syarat sebagai air bersih,

sehingga dapat dipastikan air yang digunakan telah memenuhi syarat untuk pembuatan benda uji.

#### C. *Styrofoam*

*Styrofoam* yang di gunakan adalah limbah *styrofoam* dari Desa Sukunan, Godean, Yogyakarta yang sudah dihancurkan dengan alat penyerut *styrofoam* menjadi butiran kecil-kecil. Dari pemeriksaan terhadap berat satuan *styrofoam* yang dilakukan oleh Ade Okvianti Irlan (2014) dalam kondisi kering didapatkan berat satuan sebesar  $15,9 \text{ kg/m}^3$ .

#### D. Kawat Locket

Hasil pengujian kawat locket seperti pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Hasil pengujian tarik kawat loket

No	Diameter Spesimen (mm)	Gaya Maks (KN)	Tegangan leleh ( $\sigma_y$ ) (MPa)	Tegangan Max ( $\sigma_u$ ) (MPa)	Regangan Leleh (%)	Modulus elastisitas (MPa)
1	0,60	0,31	928,19	1096,96	9,6	9668,645
2	0,60	0,31	914,13	1096,96	9,4	9724,787
3	0,60	0,30	898,25	1061,57	9,4	9555,851
Rata-rata	<b>0,60</b>	<b>0,307</b>	<b>913,52</b>	<b>1085,16</b>		<b>9649,76</b>

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kawat loket termasuk baja mutu tinggi karena mempunyai tegangan leleh lebih dari 275-480 MPa.

Pada umumnya modulus elastisitas baja berkisar 190000 MPa sampai 210000 MPa, menurut SNI 03-1729-2000 modulus elastisitas baja 200000 MPa, berdasar British Standard 205000 MPa, dan berdasar AISC 200000 MPa, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan modulus elastisitas *wiremesh* 200000 MPa.

### Hasil Pengujian

#### A. Hasil pengujian modulus elastisitas

Pengujian modulus elastisitas beton *polystyrene* dilakukan dengan menggunakan benda uji berukuran 10 mm x 10 cm x 20 cm yang sudah dilakukan sebelumnya oleh Ade Irlan Okfianti (2013). Hasil pengujian modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian modulus elastisitas beton *styrofoam*.

No	Jumlah Semen $\text{kg/m}^3$	P (mm)	L (mm)	T (mm)	Luasan ( $\text{mm}^2$ )	P max (N)	f'c (MPa)	0,4 f'c (MPa)	$\epsilon$	E (MPa)
1	EI_250	102,58	103,78	207,05	10644,72	66280	6,23	2,49	0,00779	319,93
2	E2_250	104,39	104,56	203,44	10915,02	63030	5,77	2,31	0,00938	246,38
3	E3_250	103,69	102,44	207,08	10621,49	60550	5,70	2,28	0,00413	552,66
<b>Rata-rata</b>		<b>103,55</b>	<b>103,59</b>	<b>205,85</b>	<b>10727,08</b>	<b>63287</b>	<b>5,90</b>	<b>2,36</b>	<b>0,00710</b>	<b>372,99</b>

#### B. Hasil pengujian berat satuan panel Styrofoam yang diperoleh setelah perawatan selama 28 hari seperti pada Tabel 9 berikut:

Hasil pengukuran dimensi dan penimbangan benda uji panel Styrofoam

Tabel 9. Hasil Pengujian berat satuan panel beton *styrofoam*.

NO	Benda Uji	Dimensi awal			Dimensi setelah 28 hari			Berat awal (kg)	Berat setelah 28 hari (kg)	Berat satuan ( $\text{kg/m}^3$ )
		P (cm)	L(cm)	T(cm)	P(cm)	L(cm)	T(cm)			
1	T1-1	80	30	1,246	80	30	1,246	4,0	4,0	1337,6
2	T1-2	80	30	1,573	80	30	1,573	4,3	4,3	1139,0
3	T1-3	80	30	2,167	80	30	2,167	4,0	4,0	769,1
<b>Rata-rata</b>										<b>1081,9</b>

Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa panel beton *styrofoam* mempunyai berat satuan rata-rata 1081,9 kg/m<sup>3</sup>. Ketebalan panel yang diperoleh lebih tebal dan bervariasi dari rencana 1 cm disebabkan sifat dari styrofoam yang tidak

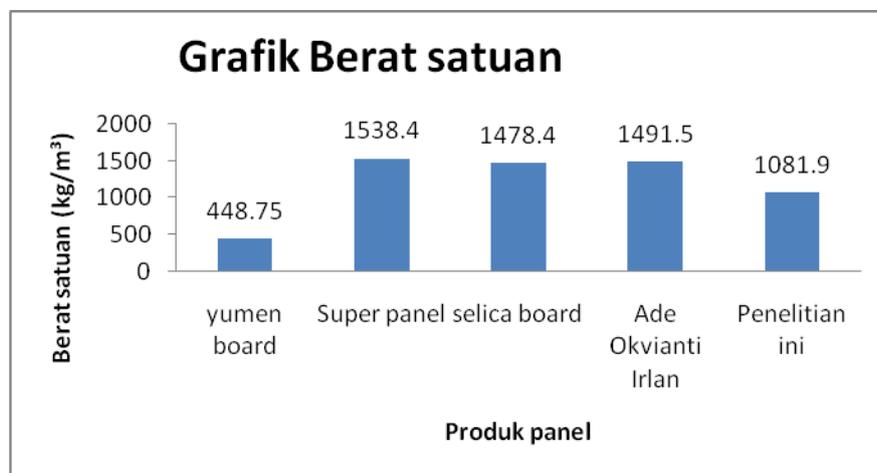
masif setelah proses pengempaan. Pada tabel 10 berikut perbandingan berat satuan produk yumen board, super panel, selica board, hasil penelitian panel Ade Okvianti Irlan.

Tabel 10. Berat satuan produk-produk panel dan hasil peneliti lain

Jenis	Dimensi (cm)	Berat (kg)	Berat satuan (kg/m <sup>3</sup> )
Yumen board	1,5 x 60 x 240	12,3	570
	2,5 x 60 x 240	16,6	460
	5 x 60 x 240	28,1	390
	7,5 x 60 x 240	40,5	375
	<b>Rata-rata</b>		<b>448,75</b>
Super panel	0,9 x 122 x 244	41	1530,3
	1,2 x 122 x 244	55	1539,7
	1,5 x 122 x 244	69	1545,3
	<b>Rata-rata</b>		<b>1538,4</b>
Selica board	0,4 x 120 x 240	17	1451,5
	0,4 x 122 x 244	18	1511,7
	0,6 x 120 x 240	25	1423,0
	0,6 x 122 x 244	27	1511,7
	0,9 x 120 x 240	38	1442,0
	0,9 x 122 x 244	41	1530,1
	<b>Rata-rata</b>		<b>1478,4</b>
Penelitian Ade Okvianti Irlan (2013)	6,13 x 30 x 80	22,4	1522,57
	6,20 x 30 x 80	21,5	1444,89
	6,11 x 30 x 80	22,1	1507,09
	<b>Rata-rata</b>		<b>1491,5</b>

Berdasar hasil pengujian diperoleh berat satuan lebih kecil dari super panel, silica board dan penelitian Ade (2014) namun masih lebih besar dari produk

Yumen board, sehingga panel styrofoam berpotensi untuk dijadikan panel partisi. Berat satuan beberapa produk tersebut dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 8. Berat satuan beberapa produk dinding partisi

C. Kuat lentur panel *styrofoam*

Menurut Singer dan Pytel (1985) tegangan lentur adalah tegangan yang disebabkan momen lentur. Hubungan antara tegangan dan momen lentur dinyatakan dengan rumus lentur. Turunan hubungan ini mengikuti prosedur deformasi elastis ditambah dengan hukum Hooke yang menetapkan sifat variasi tegangan, kemudian kondisi kesetimbangan membuat hubungan antara tegangan dan beban. Tegangan lentur maksimum dinding beton *styrofoam* dari hasil pengujian diperoleh dengan rumus:

$$f_{\max} = \frac{M \cdot y_n}{I} \dots\dots\dots(6)$$

Momen didapatkan dari:  
 $1/8q \cdot L^2 + 1/4P \cdot L \dots\dots\dots(7)$

Keterangan:

$f_{\max}$  = tegangan lentur maksimum panel (MPa)

M = momen lentur (Nmm)

L = panjang plat (mm)

q = berat panel per meter panjang (N/mm)

P = beban maksimum (N)

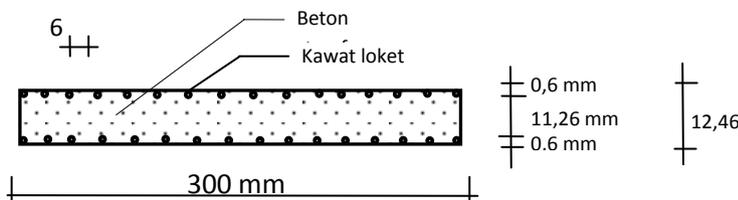
$y_n$  = jarak serat terluar terhadap garis netral (mm)

I = momen inersia penampang komposit (mm<sup>4</sup>)

Berdasarkan keseimbangan gaya maka panel dinding dianggap sebagai plat komposit sehingga mencari garis netral penampang komposit dan jarak serat terluar terhadap garis netral komposit adalah sebagai berikut:

**1. Mencari  $y$  (jarak serat terluar terhadap garis netral komposit)**

Berikut adalah gambar penampang melintang panel Styrofoam benda uji 1 (T1-1) sebagai contoh perhitungan.



Gambar 9. Penampang melintang panel Styrofoam benda uji 1

a. Mencari nilai  $n$  (menggunakan Modulus Elastisitas (E) beton styrofoam sebagai pembanding)

$$n = \frac{E \text{ kawat loket}}{E \text{ styrofoam}} = \frac{200000}{372,99} = 536,21$$

b. Mencari luas masing-masing bagian

1) Luas transformasi permukaan kawat loket bagian atas ( $A_1$ )

diameter kawat ( $d$ ) = 0,6 mm

$$\text{jumlah kawat} = \frac{\text{lebar panel}}{\text{jarak kawat loket}} = \frac{300}{6} = 50$$

$$\text{Luas kawat (A)} = \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{jumlah kawat}$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \times 50$$

$$= 14,137 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas transformasi kawat loket (A}_1) &= A \times n \\ &= 14,137 \times 536,21 \\ &= 7580,454 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

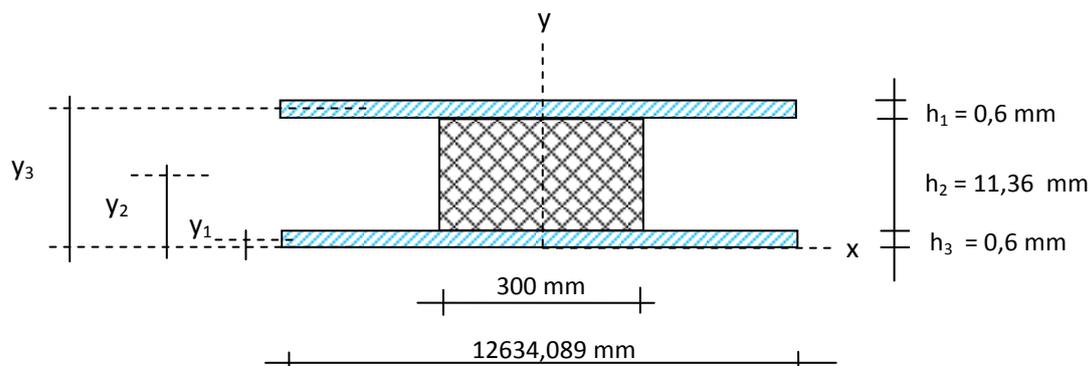
$$\begin{aligned} \text{Lebar transformasi kawat loket (b}_1) &= A_1 : d \\ &= 7580,454 : 0,6 \\ &= 12634,09 \text{ mm} \end{aligned}$$

2) Luas beton styrofoam (A<sub>2</sub>)

$$= 300 \times (12,46 - (2 \times 0,6))$$

$$= 3378 \text{ mm}^2$$

3) Luas transformasi permukaan kawat loket bagian bawah (A<sub>3</sub>)



$$\begin{aligned} \text{Luas A}_3 &= \text{Luas A}_1 \\ &= 7580,454 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Gambar 10. Luas transformasi bidang panel *styrofoam* setelah dikalikan dengan n

c. Pusat sumbu x dan y diletakkan di serat bawah beton *styrofoam*, dengan demikian, jarak dari serat terbawah ke pusat berat bagian adalah sebagai berikut:

- 1)  $y_1 = (0,6/2) = 0,3 \text{ mm}$
- 2)  $y_2 = (11,26/2) + (0,6) = 6,23 \text{ mm}$
- 3)  $y_3 = 12,46 - (0,6/2) = 12,16 \text{ mm}$

d. Mencari pusat berat (jarak garis netral terhadap serat terbawah)

$$y_n = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$$= \frac{(7580,45 \times 0,3) + (3378 \times 6,23) + (7580,45 \times 12,16)}{(7580,45 + 3378 + 7580,45)}$$

$$= 6,23 \text{ mm}$$

## 2. Mencari momen inersia penampang komposit

$$I_c = I_{c1} + I_{c2} + I_{c3}$$

$$\begin{aligned} I_{c1} &= 1/12 bh^3 + A_1 (y_n - y_1)^2 \\ &= 1/12 \times 12634,09 \times 0,6^3 + 7580,45 \times (6,23 - 0,3)^2 \\ &= 227,4 + (7580,45 \times 5,93^2) \\ &= 266793,3 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Ic_2 &= 1/12 bh^3 + A_2 (y_n - y_2)^2 \\
&= (1/12) \times 300 \times 11,26^3 + 3378 (6,23 - 6,23)^2 \\
&= 35690,71 + (3378 \times 0^2) \\
&= 35690,71 \text{ mm}^4 \\
Ic_3 &= 1/12 bh^3 + A_3 (y_n - y_3)^2 \\
&= (1/12) \times 12634,09 \times 0,6^3 + 7580,45 \times (6,23 - 12,26)^2 \\
&= 227,4 + (7580,45 \times 5,93^2) \\
&= 266793,3 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jadi momen inersia total} &= Ic_1 + Ic_2 + Ic_3 \\
&= 266793,3 + 36650,09 + 266793,3 \text{ mm}^4 \\
&= 569277,3 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

### 3. Mencari Tegangan Lentur

Tegangan lentur adalah tegangan yang diakibatkan momen lentur, dimana momen lentur yang digunakan adalah momen maksimum akibat berat sendiri dan akibat pembebanan pada pengujian di laboratorium. Pengujian lentur menggunakan tumpuan sederhana dan satu beban terpusat.

Contoh perhitungan momen maksimum dan tegangan lentur pada panel Styrofoam benda uji 1 sebagai berikut:

$$M_{maks} = 1/8 q \cdot L^2 + 1/4 P \cdot L$$

$$\text{Berat panel} = 4 \text{ kg} = 40 \text{ N}$$

$$\text{Panjang panel} = 750 \text{ mm}$$

$$\text{Berat/panjang (q)} = 0,05 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Beban maksimum pengujian (P)} = 0,4 \text{ KN}$$

$$= 400 \text{ N}$$

$$\text{Momen maksimum (M)} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 + \frac{1}{4} \cdot P \cdot L$$

$$= \frac{1}{8} \times 0,05 \times 750^2 + \frac{1}{4} \times 400 \times 750$$

$$= 78750 \text{ Nmm}$$

$$\frac{M \cdot y_n}{I}$$

$$\text{Tegangan lentur (f}_{max}\text{)} =$$

$$= \frac{I}{}$$

$$= \frac{78750 \cdot 6,23}{569277,3}$$

$$=$$

$$= 0,862 \text{ MPa}$$

Hasil perhitungan untuk benda uji yang lain disajikan dalam tabel 11 berikut:

Tabel 11. Hasil pengujian lentur panel *styrofoam*

Benda Uji	Dimensi t x L x P (mm)	Berat Panel (N)	Beban Maksimum (N)	M max (Nmm)	Tegangan lentur (MPa)
T 1.1	12,46 x 300 x 800	40	400	78750	0,862
T 1.2	15,37 x 300 x 800	43	360	71531	0,595
T 1.3	21,67 x 300 x 800	40	640	123750	0,707
Rata-rata					<b>0,721</b>

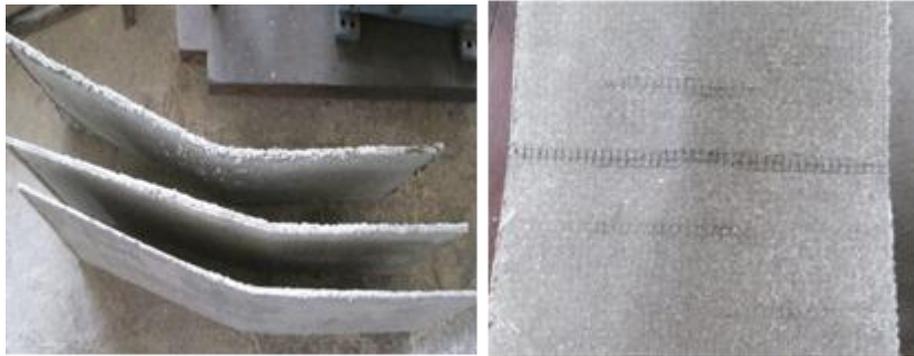
Perbandingan tegangan lentur dengan produk dan peneliti lain seperti pada tabel 12 berikut:

Tabel 12. Tegangan lentur beberapa produk dinding partisi

Jenis	Dimensi (mm)	Berat (kg)	Tegangan lentur (MPa)
Yumen board	15 x 600 x 2400	12,3	1,7
	25 x 600 x 2400	16,6	1,0
	50 x 600 x 2400	28,1	0,5
	75 x 600 x 2400	40,5	0,4
	<b>Rata-rata</b>		<b>0,9</b>
Penelitian Ade Okvianti Irlan (2013)	61,3 x 300 x 800	22,4	1,67
	62 x 300 x 800	21,5	1,13
	61,1 x 300 x 800	22,1	2,21
	<b>Rata-rata</b>		<b>1,67</b>
Panel beton ringan berserat sesuai SNI 03 – 3122- 1992	80 x 300 x 3000 80 x 600 x 3000 80 x 900 x 3000	Mutu A	Rata-rata 1,97 Minimum 1,64
	80 x 300 x 3000 80 x 600 x 3000 80 x 900 x 3000	Mutu B	Rata-rata 1,72 Minimum 1,37

Hasil pengujian menunjukkan tegangan lentur sebesar 0,721 MPa lebih kecil jika dibandingkan dengan produk Yumen board, penelitian Ade dan panel beton ringan berserat SNI. Hal ini dipengaruhi oleh adanya kawat loket sebagai perkuatan sehingga mengurangi nilai tegangan lentur meskipun ketebalan panelnya lebih tipis.

Pola kerusakan yang terjadi juga ditunjukkan dengan melengkungnya kawat loket terlebih dahulu pada posisi pembebanan sebelum beton styrofoam retak. Berikut gambar kerusakan panel styrofoam setelah uji lentur.



Gambar 11. Kerusakan benda uji panel styrofoam

### Kesimpulan

Pengujian panel styrofoam yang telah dilakukan dapat diperoleh hasil sebagai berikut:

- a. Berat satuan panel partisi Styrofoam dimensi L x P x t, 300 mm x 800 mm x 10 mm diperoleh sebesar 1081,9 kg/m<sup>3</sup>.
- b. Kuat lentur panel partisi Styrofoam sebesar 0,721 MPa

### Saran

Beberapa saran yang perlu dijadikan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

- a. Perlu penimbangan material yang lebih teliti terutama untuk Styrofoam karena sifatnya yang ringan dan ukurannya yang kecil sehingga mudah untuk beterbangan.
- b. Perlu penelitian dengan menggunakan perekat selain semen untuk menambah kuat lenturnya.
- c. Perlu penelitian lebih lanjut yang menggunakan variasi ketebalan untuk mengetahui dimensi yang efektif.

### DAFTAR PUSTAKA

Darmawan, F, 2004, Beton Styrofoam Ringan Pracetak Untuk Bahan Panel Dinding, Tesis, Program Pasca

Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Dipohusodo, I., 1994, *Sruktur Beton Bertulang*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Gere and Timoshenko, 1996, *Mekanika Bahan Jilid I*, Erlangga, Jakarta.

Okvianti Irlan, Ade, 2014, Pengembangan Dinding Polysterene dengan Perkuatan Kawat Locket, Tesis, Program Pasca Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Selica Board, [http:// www.selicaboard.com](http://www.selicaboard.com), diakses 13 Oktober 2013.

Singer and Pytel, 1985, *Kekuatan Bahan (Teori Kokoh-Strength of Materials)*, Erlangga, Jakarta  
Siregar, A.J.,2012, Aplikasi Beton Ringan Polystyrene untuk Panel Dinding Tebal 7 cm dengan metode Pengempaan Terukur, Tesis, Program Pasca Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

SNI 03-6434-2000 tentang metode pengujian fisik panel gypsum dan papan gypsum.

Sulistiyorini, D.,2010, Perilaku Dinding Beton Ringan Dari Limbah Styrofoam dengan Perkuatan Wiremesh, Tesis, Program Pasca Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Wikipedia.org

Yumenboard,

<http://www.indoyumenboard.com>, diakses 13 Oktober 2013.

SNI 03-1729-2000

Info POM, vol.9, no.5, September 2008, Kemasan Polistyrena Foam (Styrofoam), BPOM RI

Dinding, [http:// www.plugin.dinding](http://www.plugin.dinding), 9 september 2013