

# PEMANFAATAN LIMBAH STYROFOAM (*EXPANDED POLYSTERENE*) UNTUK PEMBUATAN DINDING STRUKTURAL BETON RINGAN RAMAH LINGKUNGAN

Agus Santoso, Slamet Widodo, Faqih Ma'arif.

(Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Sipil & Perencanaan FT UNY)

## ABSTRACT

*This research study about usage of expanded polysterene for wall structure with strengthening of net wire. Styrofoam has very light weight unit which is about 13 kg/m<sup>3</sup> up to 15 kg/m<sup>3</sup>. Lightweight concrete from expanded polysterene is an effort of utilising it as an alternative in the structure of lightweight walls.*

*In this research, used 12 specimens of lightweight walls which were sandwich wall reference (DSK.H<sub>1</sub>-H<sub>6</sub>) has core dimension 80mm and sandwich wall polypropylene fiber (DS.I<sub>1</sub>-I<sub>6</sub>) with variation 0.5kg/m<sup>3</sup>; 1.0kg/m<sup>3</sup>, 1.5kg/m<sup>3</sup> respectively. It has core 70mm, 80mm, 90mm in dimension. The dimension of lightweight wall were ±530, 400 and 120mm. Every variant consists of 2 wall, the type of load applied were compression, tensile and flexure. The data then analyzed with quantitative descriptive method.*

*The test result showed that the average of compressive strength and tensile splitting test of self compacting mortar using fibres 0kg/m<sup>3</sup>, 0.5kg/m<sup>3</sup>, 1.0kg/m<sup>3</sup>, 1.5kg/m<sup>3</sup> which were 12,45MPa, 10.38MPa, 12.24MPa, 9.49MPa and were 1.54MPa, 1.28MPa, 1.41MPa and 1.08MPa respectively. The addition of polypropylene fibers were not influence compared with reference cylinder with 0kg/m<sup>3</sup> fibers.*

*The composition of the addition of polypropylene fiber will optimum of 1,0kg/m<sup>3</sup> in volume. The core and plastering effective were the results 80mm and 20 mm, that the dimensions can increase the capacity of load 6.92%. The value of the maximum load capacity of walls on sandwich styrofoam is of 22.86kN on the addition of polypropylene fibers 1.0kg/m<sup>3</sup> in volume.*

**Keyword:** *Sandwich Styrofoam, Lighweight concrete, polypropylene fibers*

## PENDAHULUAN

Struktur dinding merupakan suatu struktur yang digunakan sebagai pembatas antara ruangan yang satu dengan yang lainnya. Dewasa ini banyak ditemukan inovasi baru mengenai struktur dinding yang tadinya bersifat konvensional (dari batu bata) dirubah menjadi material yang lebih efektif, ringan dan ramah lingkungan, terutama berhubungan dengan kekuatan dan kekakuannya serta kenyamanan dan keselamatan jiwa manusia. Secara khusus pada saat terjadi gempa, struktur dinding akan mempunyai deformasi lateral yang besar akibat gaya gempa, sehingga akan menyebabkan keruntuhan struktur dinding yang dapat berakibat kepada keselamatan jiwa manusia.

Pada umumnya, material untuk dinding biasanya digunakan batu bata dan batako, disamping berat sendiri yang besar dan dapat membebani struktur secara keseluruhan. Batu bata dan batako juga menggunakan lahan untuk membuatnya, sehingga apabila ditinjau dari segi lingkungan kurang mendukung program peduli pemerintah tentang pemanasan global. Karena secara berkala mengeksplotasi lahan

pertanian yang ada untuk proses produksi. Tentunya hal tersebut harus dicarikan solusi agar didapatkan jenis material yang dapat dimanfaatkan untuk konstruksi, tanpa harus mengeksploitasi lahan yang ada.

Pemakaian bahan alternatif dewasa ini telah dikembangkan guna meningkatkan potensi material yang ada, diantaranya adalah *styrofoam*. Limbah *styrofoam* saat ini banyak dijumpai dari barang-barang elektronik, tempat buah-buahan, dan makanan yang dapat berefek buruk bagi kesehatan manusia. Bahan *Styrofoam* tidak dapat diuraikan oleh alam, sehingga harus dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan manusia. Menurut laporan Dinas Lingkungan Hidup kota Yogyakarta tahun 2008 menyebutkan bahwa, komposisi limbah *Styrofoam* berada pada kategori lain-lain sebesar 25,83% dari volume sampah harian 350 ton/hari. Pembuatan dinding *sandwich Styrofoam* merupakan upaya alternatif untuk mengurangi limbah yang ada, sehingga dengan adanya solusi alternatif inilah yang dapat menjadikan suatu inovasi baru bagi masyarakat untuk mengurangi pencemaran akibat limbah yang dapat merugikan kesehatan manusia.

Salah satu teknologi pemanfaatan limbah *styrofoam* yang dikembangkan saat ini adalah adanya dinding ringan seperti Hebel, Qui panel dan berbagai penelitian yang lainnya. Masing-masing produk mempunyai keunggulan tersendiri, misalnya dinding Hebel yang mempunyai berat jenis sangat ringan  $680\text{kg/m}^3$ , dengan berat jenisnya yang sangat ringan, maka teknologi ini dapat dengan mudah dilaksanakan pada pekerjaan dilapangan sebagai pengganti batu bata yang pelaksanaannya relatif cukup lama. Akan tetapi, teknologi tersebut masih mempunyai kekurangan, diantaranya adalah serbuk *styrofoam* yang tidak dilapisi dengan finishing dengan sempurna terkadang menyebabkan kotoran yang jatuh ke lantai pada saat struktur sudah dipasang dilapangan.

Dalam penelitian dikaji tentang dinding *styrofoam* yang dilapisi dengan bahan tambah serat *polypropylene* yang ditambahkan pada adukan *self compacting mortar*. Pada berbagai kasus rehabilitasi struktur yang hanya memungkinkan pemasangan bekisting yang sangat sempit ataupun ketebalan lapis ulang yang tipis, dimana proses pemadatan atau vibrasi tidak dilakukan, maka penggunaan *self-compacting mortar* (SCM) merupakan pilihan yang tepat dan efisien (Agus dan Slamet, 2010).

Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah besarnya kuat tekan dan tarik *self compacting mortar* (SCM) untuk penambahan serat  $0\text{ kg/m}^3$ ;  $0,5\text{kg/m}^3$ ;  $1,0\text{kg/m}^3$ ; dan  $1,5\text{kg/m}^3$ ?
2. Bagaimana efek penambahan serat *polypropylene* terhadap kuat tarik dan kuat tekannya?
3. Berapakah komposisi penambahan *polypropylene* yang paling optimum untuk dinding *sandwich styrofoam*?
4. Berapakah tebal *core* dan plesteran dinding *styrofoam* efektif?
5. Berapakah besarnya kapasitas beban maksimal pada dinding *sandwich styrofoam*?

### **Beton *styrofoam* dan panel *styrofoam***

Beton *styrofoam* adalah sejenis beton ringan dengan bahan penyusunnya berupa semen, pasir, dan *styrofoam* serta mempunyai berat jenis sekitar  $600\text{ kg/m}^3$ . Panel *styrofoam* adalah panel yang terbuat dari beton *styrofoam* sehingga panel

*styrofoam* lebih ringan 35,5% dari berat bata biasa (Darmawan, 1994). Penelitian yang dilakukan Agustin (2004) pada dinding *styrofoam* tanpa tulangan (*cast in-situ*) atau DPSDT dan pada dinding panel *styrofoam* dengan tulangan horisontal Ø5,14-250mm (*precast*)/DPSDT seperti pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil pengujian dinding *styrofoam* pasca elastik akibat beban statik

Jenis dinding	Pola kerusakan	Kapasitas tahanan lateral (N)	Simpangan (mm)	Kekakuan maksimum (N/mm)	Luasan penyerapan energi (mm <sup>2</sup> )	Kuat geser ultimit (N/mm <sup>2</sup> )	daktilitas
DBSTT	Retak diagonal	38317,86	15,608	11167,256	422939,87	12,885	5,89
DPSDT	Rusak geser	33030,27	39,044	28690,064	1069391,70	11,010	40,39

DBSTT dan DPSDT merupakan struktur dengan daktilitas penuh dan mampu bertahan terhadap gempa di wilayah 6 dengan jenis tanah keras.

Tabel 2. Daya tahan terhadap gaya samping (gaya lateral/beban angin), gaya aksial yang mampu ditahan 4 ton per-meter.

Tebal panel	Tebal dinding	Tinggi dinding (m) daya dukung tahan maksimum (kg/m <sup>2</sup> )								
		2,00	2,20	2,40	2,50	2,80	3,00	3,20	3,40	3,60
4cm	10cm	508	419	350	297	255	252	194	171	152
6cm	12cm	613	505	423	358	308	267	234	206	183
8cm	14cm	718	591	495	420	365	313	274	242	215

### Mortar

Menurut Tjokrodimuljo (2007), mortar adalah bahan bangunan yang terbuat dari air, bahan perekat (misalnya lumpur, kapur, dan semen portland) dan agregat halus (misalnya pasir alami, pecahan tembok, dsb). Fungsi mortar dalam pemasangan adalah sebagai pengikat anta panel *styrofoam* juga meratakan permukaan atas pasangan tembok. Untuk mendapatkan kekuatan geser dan lentur yang cukup dibutuhkan adukan yang mempunyai kekuatan tekan minimum harus sama dengan kuat tekan pada beton *styrofoam*. Mortar semen mempunyai kuat tekan antara 3-17 MPa dan mempunyai berat jenis antara 1,8-2,20 seperti terlihat pada Tabel 3 di bawah.

Tabel 3. sifat mortar semen yang di buat dari semen dan pasir kasar

Perband. Volume (semen:agregat halus)	f.a.s	Nilai sebar (%)	Berat Jenis	Kuat tekan (MPa)	Kuat tarik (MPa)	Serapan air (%)
1:3	0,6	85	2,22	28	2,60	7,47
1:4	0,72	82	2,19	18	1,80	7,71
1:5	0,90	86	2,14	10	1,70	8,58
1:6	1,10	85	2,10	8	1,30	9,03
1:7	1,48	88	2,04	5	0,96	9,94

Mortar yang baik memiliki sifat-sifat sebagai berikut: (1) Murah dan tahan lama (awet); (2) mudah dikerjakan (diaduk, diangkut, pasang, diratakan); (3) merekat dengan baik dengan bata merah, beton pejal; (4) cepat keras/kering; (5) tahan terhadap rembesan air; (6) tidak timbul retak-retak setelah mengeras.

Macam pengujian terhadap adukan mortar adalah: uji kelecakan, pengujian terhadap mortar yang telah keras, yaitu uji tekan, kuat tarik dan lekat (Tjokrodimuljo, 2007).

#### Kawat kasa

Kawat kasa banyak tersedia di pasaran, diameternya berkisar antara 2,0-2,8. kawat kasa biasanya digunakan sebagai bahan perkuatan struktur kolom atau balok yang terkena gempa. Kawat kasa bisa digunakan sebagai bahan perkuatan untuk struktur beton (Arifin, 2010). Berdasarkan hasil pengujian material di Laboratorium bahan bangunan yang dilakukan Arifin (2010), kawat kasa mempunyai tegangan karakteristik  $5000 \text{ kg/cm}^2$ ; U-50; tegangan geser kampu las  $2500 \text{ kg/cm}^2$ ; kemampuan tekuk  $0-135^\circ$  dan bentuk permukaan kawat polos.

#### Perilaku mekanik beton berserat

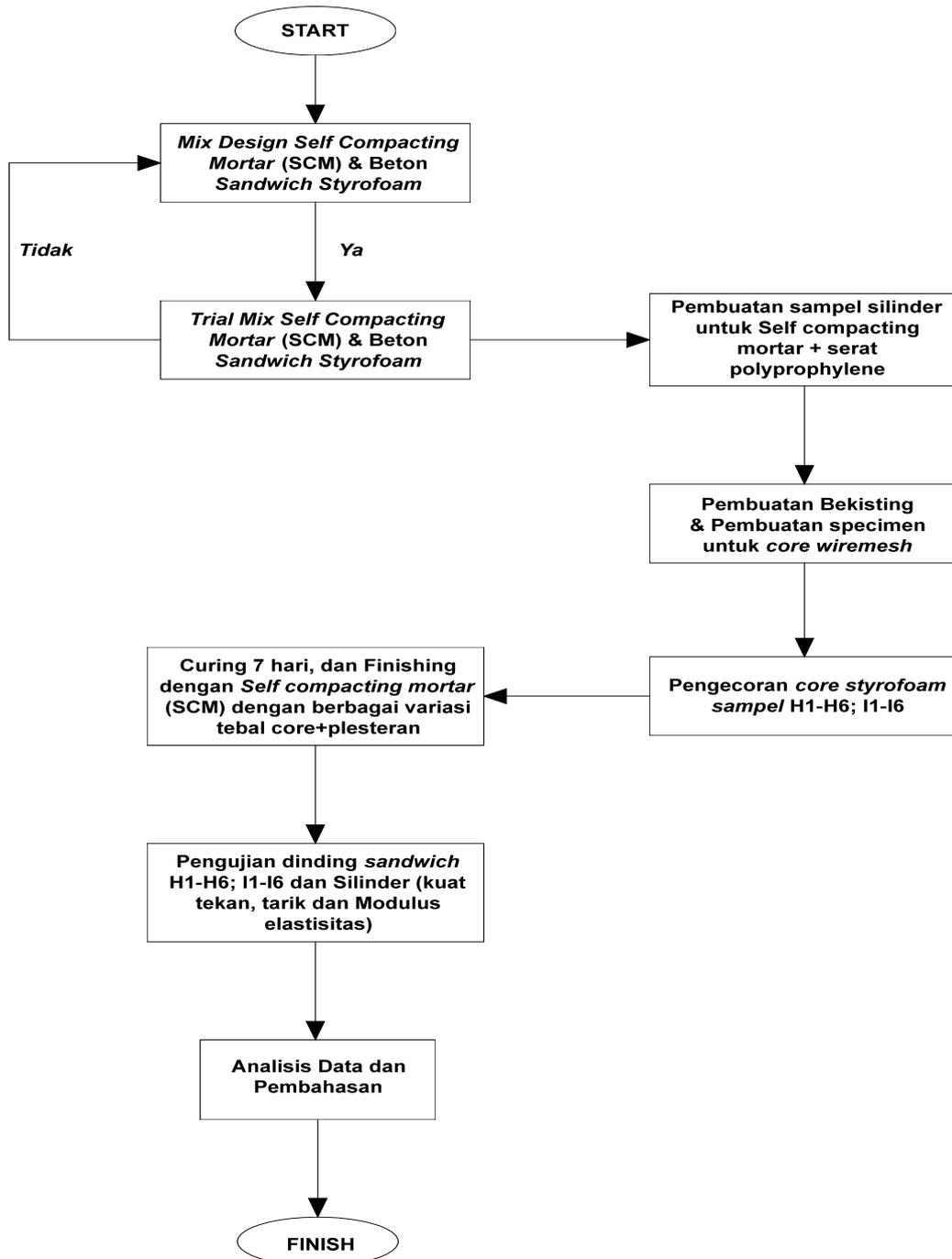
Parameter yang diperoleh dari pengujian tekan terhadap beton berserat antara lain: modulus elastisitas, beban tekan maksimum. Dari hasil pencatatan defleksi diperoleh nilai regangan yang terjadi pada beban maksimum dan perilaku kurva beban (P) dan defleksi ( $\delta$ ) atau perilaku kurva tegangan dan regangan. Perubahan modulus elastisitas akibat penambahan serat sangat kecil. Penambahan serat pada beton normal dapat meningkatkan kapasitas beban maksimal. Beton berserat mempunyai energi yang lebih besar dibandingkan dengan beton normal sebelum hancur. Peningkatan volume serat dapat meningkatkan kapasitas peningkatan energi. Peningkatan penyerapan energi ini hanya terjadi pada batasan 0-0,7% volume fraksi. Apabila kandungan fraksinya dinaikkan menjadi lebih besar dari 0,7%, maka kenaikan energi yang terjadi tidak terlalu besar.

#### METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini menggunakan teknik eksperimen di Laboratorium. Pada tahap awal dilakukan studi literatur untuk memperoleh referensi yang relevan dengan topik penelitian dinding. Kemudian dilakukan pengujian pendahuluan terhadap material pasir dan *netwire* agar diperoleh material (bahan) yang memenuhi syarat. Selanjutnya dibuat benda uji silinder *self compacting mortar* (SCM) untuk uji tekan dan tarik belah,

serta dinding *sandwich* dari beton Styrofoam. Adapun langkah pengujiannya disajikan pada Gambar 1 di bawah.

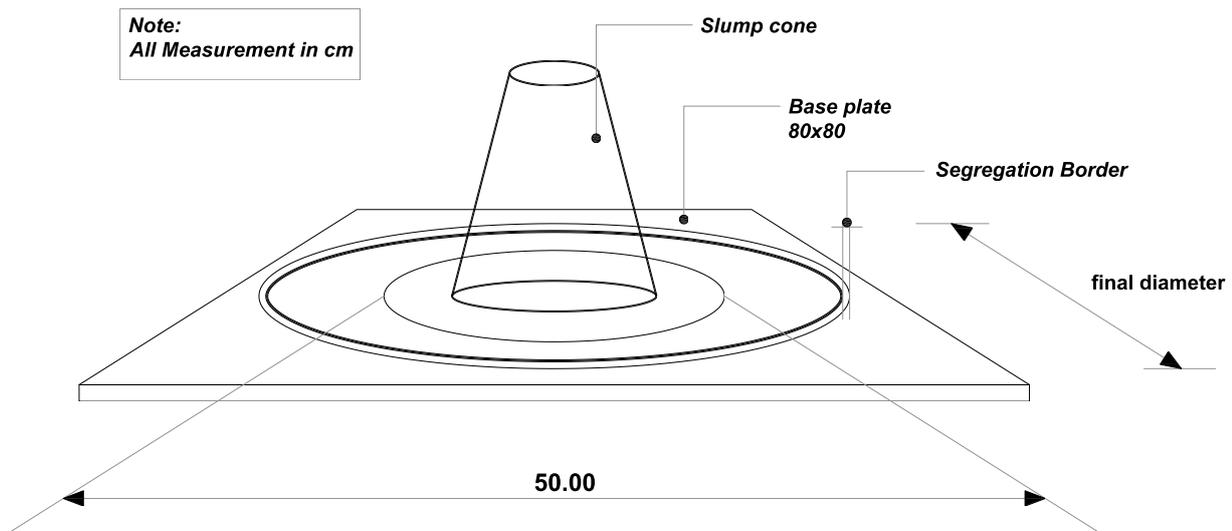
Penambahan serat *polypropylene* dilakukan dengan persentase jumlah volume sebesar  $0,5\text{kg/m}^3$ ;  $1\text{kg/m}^3$  dan  $1,5\text{kg/m}^3$  yang dihitung berdasarkan persentase volume beton. Sedangkan untuk penambahan *sikamen* menggunakan perbandingan 1,2% dari berat semen. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian *slump flow test*, kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur pada umur  $\pm 28$  hari.



Gambar 1. Diagram alir pelaksanaan penelitian

### **Flowability dengan cara pengujian *slump-flow test***

Pengujian ini dilakukan untuk menilai aliran bebas arah horizontal tanpa adanya penghalang. Pertama kali pengujian ini dikembangkan di Jepang untuk menilai beton di bawah air. Metode yang digunakan berdasarkan kepada metode test untuk beton di bawah air. Metode yang digunakan berdasarkan pada metode test untuk menentukan nilai slump. Diameter lingkaran adukan beton menunjukkan nilai *filling ability*. Dalam pengujian ini perlu diperhatikan adalah homogenitas beton, yang dapat dilihat dengan kondisi beton yang tidak terjadi segregasi, *bleeding* dan agregat secara merata.



Gambar 2. *Slump flow test* (Agus dan Slamet,2010)

### **Persiapan pengujian**

Pada tahap ini dilaksanakan persiapan instrumen dan alat penelitian yang berupa: Kerucut Abrams (*Abrams' cone*) atau slump cone; Alas yang kedap air berukuran 800x800mm yang telah diberi tanda ditengah-tengah dengan diameter 500mm;. Penggaris/meteran; *Stopwatch* dan Sekop/cetok.

### **Pelaksanaan pengujian**

(a) Bahan Adukan dipersiapkan terlebih dahulu; (b) Alas dan bagian dalam slump cone dibersihkan terlebih dahulu; (c) *Slump cone* diletakkan tepat ditengah diameter yang sudah dibuat, kemudian ditekan dengan kuat, agar tidak ada mortar yang menyebar keluar; (d) Apabila ada sisa kelebihan mortar, segera dibersihkan/dibuang; (e) Mengangkat secara bebas vertical dan biarkan beton mengalir bebas, kemudian secara bersamaan, stopwatch dimulai dan dicatat pada saat adukan beton mencapai diameter 500mm sebagai waktu T500 (sec); (f) Mengukur diameter akhir dari mortar yang tersebar dalam kedua arah yang saling tegak lurus, kemudian dirata-rata hasilnya, dan didapatkan sebagai nilai slump.

### Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder dengan dimensi 150x300. Besarnya tegangan tekan beton ( $f_c$ ) didapatkan dengan menggunakan Persamaan 1 di bawah:

$$Kuat\ tekan = \frac{P}{A} MPa \dots\dots\dots(1)$$

P = Beban Maksimum (N); A= Luas permukaan benda uji ( $mm^2$ ).

### Pengujian kuat tarik belah (*cylindrical splitting tensile test*)

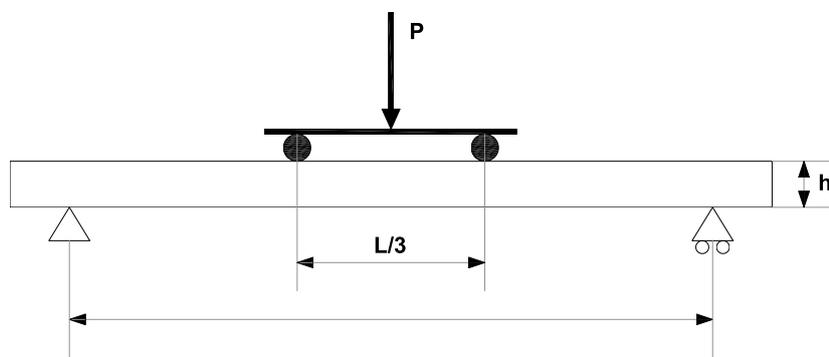
Pengujian kuat tarik belah menggunakan benda uji silinder dengan dimensi 150x300. Besarnya tegangan tarik belah didapatkan dengan menggunakan Persamaan 2 di bawah:

$$Kuat\ tarik = \frac{2.P}{\pi.l.d} MPa \dots\dots\dots(2)$$

P= Gaya tekan (N); l= panjang benda uji (mm); d= diameter benda uji (mm).

### Pengujian kuat lentur

Pengujian kuat lentur digunakan dengan metode dua titik pembebanan yang mengacu pada standar SNI 03-4431-1997.



Gambar 3. Metode pengujian lentur *four point bending*

Dimana:

P = beban maksimum (kN);

L = panjang bentang (mm);

H = tebal benda uji.

### **Jumlah Benda uji**

Penelitian ini menggunakan 12 benda uji pelat dengan dimensi panjang dan lebar 400x530 mm dan tinggi 120 mm. Plesteran pada 6 buah benda uji pertama menggunakan serat *polypropylene*. terdiri dari 0,5kg/m<sup>3</sup> *polypropylene* untuk dinding *sandwich styrofoam* H1 dan H2; 1,0 kg/m<sup>3</sup> *polypropylene* untuk dinding *sandwich styrofoam* H3 dan H4, dan 1,5 kg/m<sup>3</sup> untuk dinding *sandwich styrofoam* H5 dan H6. Tebal *core* pada 6 buah benda uji memiliki dimensi 80mm. nilai *slump* untuk beton *styrofoam* dengan notasi H 8,5 cm (untuk *core*), untuk *slump flow* sebesar H1 dan H2 530mm; H3 dan H4 515mm; H5 dan H6 500mm.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pasir**

Pasir yang digunakan pada penelitian ini berasal dari sungai Krasak Kabupaten Sleman – Yogyakarta. Hasil pengujian agregat halus untuk pengujian kadar air pasir alam (0,93%), kadar air pasir SSD (1,496%), berat jenis pasir SSD (2,53gr/ml), kadar Lumpur pasir (0,44%), dan bobot isi pasir (1,53kg/lit). Pasir mempunyai modulus halus butir 2,35. Dari hasil pengujian tersebut, pasir yang digunakan termasuk ke dalam *zone* II, kategori pasir agak kasar.

### ***Polypropylene***

Serat yang digunakan sebagai bahan tambahan adalah serat *polypropylene* monofilament dengan diameter 18µm dan panjang 12mm. pengamatan benda uji serat dilakukan secara visual.

### ***Kawat Kassa***

Kawat kassa digunakan sebagai tulangan pada dinding *styrofoam*, mempunyai diameter 1,7mm dengan jarak spasi 24x24mm. dilakukan pengujian tarik terlebih dahulu di Laboratorium Material testing Jurusan D3 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Besarnya tegangan leleh kawat kassa rerata adalah 396,21 Mpa dengan modulus elastisitas sebesar 156908,40 Mpa.

### **Kuat tekan *Self Compacting Mortar* (SCM)**

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan di laboratorium Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian kuat tekan mortar dari 12 benda uji, disajikan pada Tabel 4 di bawah:

Tabel 4. Hasil kuat tekan benda uji silinder *self compacting mortar* (SCM)

No	Kode Benda Uji	Slump Flow (mm)	Kuat tekan (f'c) (MPa)	Keterangan
1	S.A1	630	12.786	SKM (1.2%)
2	S.A2	630	12.691	SKM (1.2%)
3	S.A3	630	11.862	SKM (1.2%)
4	S.C1	535	9.198	SKM (1.2%)+SPP(0.5kg/m <sup>3</sup> )
5	S.C2	535	10.883	SKM (1.2%)+SPP(0.5kg/m <sup>3</sup> )
6	S.C3	535	11.077	SKM (1.2%)+SPP(0.5kg/m <sup>3</sup> )
7	S.E1	526	9.371	SKM (1.2%)+SPP(1.5kg/m <sup>3</sup> )
8	S.E2	526	9.401	SKM (1.2%)+SPP(1.5kg/m <sup>3</sup> )
9	S.E3	526	9.685	SKM (1.2%)+SPP(1.5kg/m <sup>3</sup> )
10	S.F1	501	11.562	SKM (1.2%)+SPP(1.0kg/m <sup>3</sup> )
11	S.F2	501	12.372	SKM (1.2%)+SPP(1.0kg/m <sup>3</sup> )
12	S.F3	501	12.772	SKM (1.2%)+SPP(1.0kg/m <sup>3</sup> )

**Keterangan:**

SKM =SikamenNN

SPP = Serat *Polypropylene*

S.A<sub>1</sub>-F<sub>3</sub>= Silinder benda uji A1

**Kuat Tarik belah *Self Compacating Mortar* (SCM)**

Hasil pengujian kuat tarik belah silinder *Self compacting Mortar* (SCM), disajikan pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Pengujian kuat tarik belah silider *Self Compacting Mortar*

No	Kode Benda Uji	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Slump Flow (mm)	Kuat tarik mortar (f'c) (MPa)	Keterangan
1	S.A4	295.50	149.80	630	1.466	SKM (1.2%)
2	S.A5	291.60	151.50	630	1.756	SKM (1.2%)
3	S.A6	294.00	150.00	630	1.405	SKM (1.2%)
4	S.C4	293.00	148.80	535	1.192	SKM (1.2%)+SPP(0.5kg/m <sup>3</sup> )
5	S.C5	294.10	150.50	535	1.400	SKM (1.2%)+SPP(0.5kg/m <sup>3</sup> )
6	S.C6	293.50	150.20	535	1.275	SKM (1.2%)+SPP(0.5kg/m <sup>3</sup> )
7	S.E4	296.20	150.40	526	1.230	SKM (1.2%)+SPP(1.5kg/m <sup>3</sup> )
8	S.E5	296.9	150.90	526	1.000	SKM (1.2%)+SPP(1.5kg/m <sup>3</sup> )
9	S.E6	298.10	151.20	526	1.010	SKM (1.2%)+SPP(1.5kg/m <sup>3</sup> )
10	S.F4	299.60	150.10	501	1.318	SKM (1.2%)+SPP(1.0kg/m <sup>3</sup> )
11	S.F5	300.90	148.70	501	1.324	SKM (1.2%)+SPP(1.0kg/m <sup>3</sup> )
12	S.F6	299.80	150.20	501	1.575	SKM (1.2%)+SPP(1.0kg/m <sup>3</sup> )

**Keterangan:**

SKM = SikamenNN;

SPP = Serat *Polypropylene*;

S.A4-G6 = Silinder benda Uji A4-G6

**Kuat lentur dinding *Styrofoam***

Hasil pengujian kuat lentur dinding *sandwich styrofoam*, diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 6. Kuat lentur dinding sandwich styrofoam

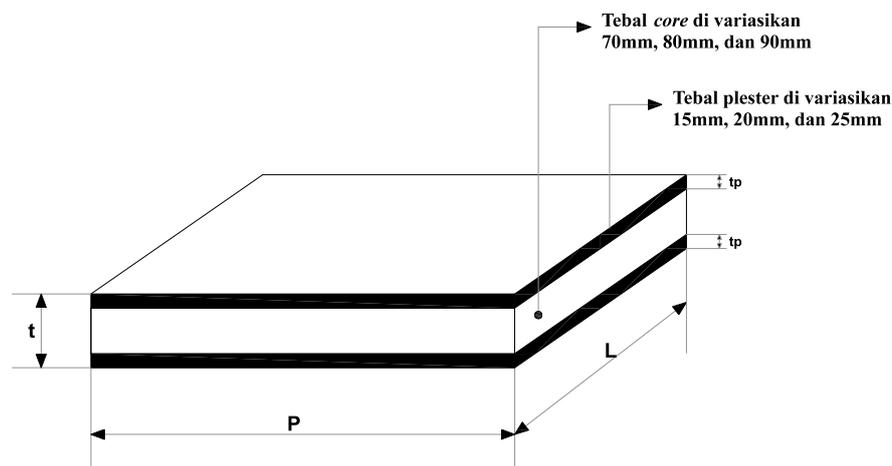
Benda Uji	Tebal inti (cm)	Tebal Plester (cm)	Tebal total dinding (cm)	Pmaks (kN)	Tegangan Lentur (MPa)	Keterangan
DS.H1.2	8	2	13.24	14.99	5.01	SKM (1.2%)+SPP(0.5kg/m <sup>3</sup> )
DS.H2.2	8	2	13.36	18.54	4.88	SKM (1.2%)+SPP(0.5kg/m <sup>3</sup> )
DS.H3.2	8	2	13.36	21.25	5.12	SKM (1.2%)+SPP(1.0kg/m <sup>3</sup> )
DS.H4.2	8	2	13.51	24.46	4.79	SKM (1.2%)+SPP(1.0kg/m <sup>3</sup> )
DS.H5.2	8	2	13.16	17.26	5.10	SKM (1.2%)+SPP(1.5kg/m <sup>3</sup> )
DS.H6.2	8	2	12.04	13.89	4.75	SKM (1.2%)+SPP(1.5kg/m <sup>3</sup> )
DSK.I1.1,5	9	1.5	14.02	23.63	5.12	SKM (1.2%)
DSK.I2.1,5	9	1.5	12.28	17.52	4.72	SKM (1.2%)
DSK.I3.2,0	8	2	13.24	25.16	5.16	SKM (1.2%)
DSK.I4.2,0	8	2	12.23	18.96	4.71	SKM (1.2%)
DSK.I5.2,5	7	2.5	13.25	28.89	4.92	SKM (1.2%)
DSK.I6.2,5	7	2.5	12.53	12.10	4.62	SKM (1.2%)

**Keterangan:**

SKM = Sikamen NN

SPP = Serat Polypropylene

DSK = dinding sandwich styrofoam kontrol



**Keterangan:**

P : Panjang

L : Lebar

t : tebal

tp : tebal plesteran

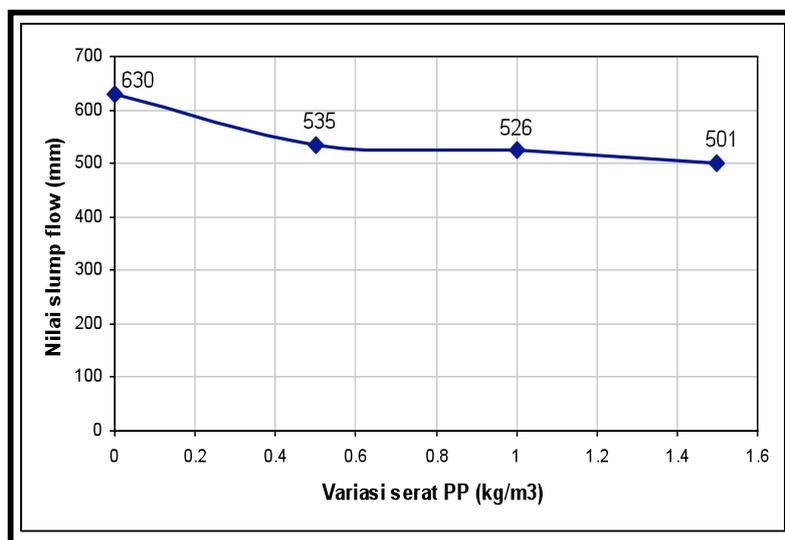
Gambar 4. Dinding Sandwich Styrofoam (DS)

## PEMBAHASAN

### **Workability Self Compacting Mortar (SCM)**

Sifat ini merupakan tingkat kemudahan adukan untuk dikerjakan (di aduk), diangkut, dituang dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan maupun sifat bahan secara bersama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton segar. Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan (keenceran) adukan beton. Makin cair adukan makin mudah cara pengerjaannya (Tjokrodimuljo, 2007).

Menurut Agus dan Slamet, (2010) Secara umum semakin banyak jumlah serat yang ditambahkan, ke dalam adukan beton, maka nilai workabilitinya semakin menurun. Untuk mengetahui tingkat kelecakan beton, biasanya dilakukan dengan pengujian *slump flow*. Semakin besar *slump flow*, berarti adukan semakin encer dan ini berarti semakin mudah dikerjakan.



Gambar 5. Grafik hubungan nilai *slump flow* dengan penambahan serat *polypropylene*.

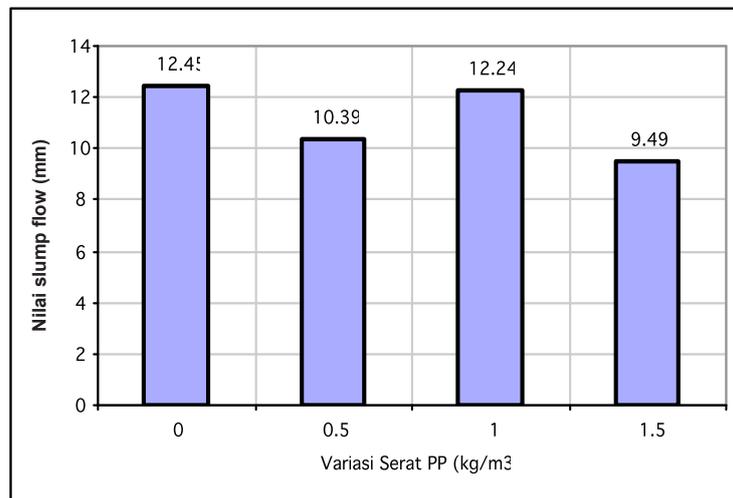
Gambar di atas menunjukkan hubungan antara nilai *slump flow* dengan variasi serat *polypropylene* sebagai bahan tambah pada adukan SCM. Nilai *slump flow* mengalami penurunan akibat penambahan serat *polypropylene*, dengan penambahan serat *polypropylene* kelecakan mortar akan berkurang, hal ini disebabkan Karena terjadi *blocking* pada adukan mortar. *Blocking* terjadi karena pada saat pencampuran adukan, serat yang dimensinya lebih kecil dari metrik beton tersebut menempati rongga-rongga beton, sehingga mengurangi *flowability* beton segar.

### **Kuat tekan Self Compacting Mortar (SCM)**

Berdasarkan pengujian silinder *self compacting mortar* dengan campuran 1Pc:5Ps dengan f.a.s 0.9, didapatkan kuat tekan rata-rata silinder *Self compacting mortar* (SCM) sebesar 11.12 MPa, nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan campuran mortar biasa yang dilakukan oleh Sulistyorini (2010), dimana untuk campuran dengan 1Pc:5Ps di dapatkan kuat tekan sebesar 9.729 MPa. Hal ini berarti bahwa, dengan adanya campuran antara Sikamen NN dan serat *polypropylene* dapat

meningkatkan kuat tekan campuran mortar. Berdasarkan SNI 03-6882-2002, termasuk ke dalam mortar dengan tipe N yang dapat digunakan sebagai dinding pemikul untuk beban pada bagian luar.

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan di laboratorium Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian kuat tekan mortar dari 12 benda uji, di sajikan pada Gambar 6 di bawah:

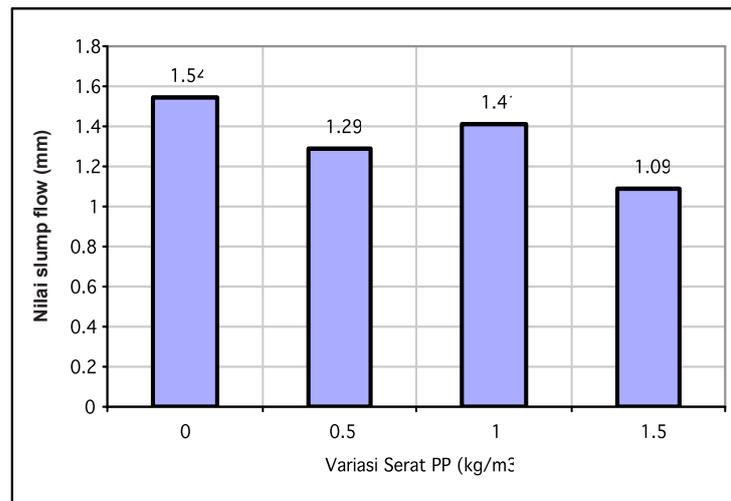


Gambar 6. Grafik Pengujian Kuat tekan SCM dengan Variasi Serat PP

Pada Gambar 6 di atas, dengan adanya variasi serat *polypropylene* belum menunjukkan pengaruh terhadap kuat tekan mortarnya. Pada penambahan serat sebesar 0,5 dan 1,5; kuat tekannya menurun berturut-turut sebesar 16,54% dan 23,77%. Dari hasil pengujian kuat tekan 28 hari, penambahan serat *polypropylene* sebesar 1 kg/m<sup>3</sup> merupakan nilai optimum penambahan serat pada pekerjaan finishing dinding *sandwich* beton *styrofoam*. Kondisi ini dapat dicapai mengingat pada penambahan 1 kg/m<sup>3</sup> *polypropylene*, beton segar masih memenuhi persyaratan beton SCC yang mampu mengalir dan memadat dengan memanfaatkan berat sedirinya. Dengan demikian, kepadatan di daerah *interface* beton lama dengan beton baru akan tercapai sempurna.

#### **Kuat Tarik belah *Self Compacting Mortar* (SCM)**

Hasil pengujian kuat tarik belah silinder *Self compacting Mortar* (SCM) dilakukan pada 3 varians penambahan serat *polypropylene*. Benda uji berbentuk silinder dengan dimensi 150x300, hasil pengujian kuat tarik belah mortar ditunjukkan pada Gambar 7 di bawah.



Gambar 7. Grafik hubungan antara kuat tarik SCM dengan variasi serat PP

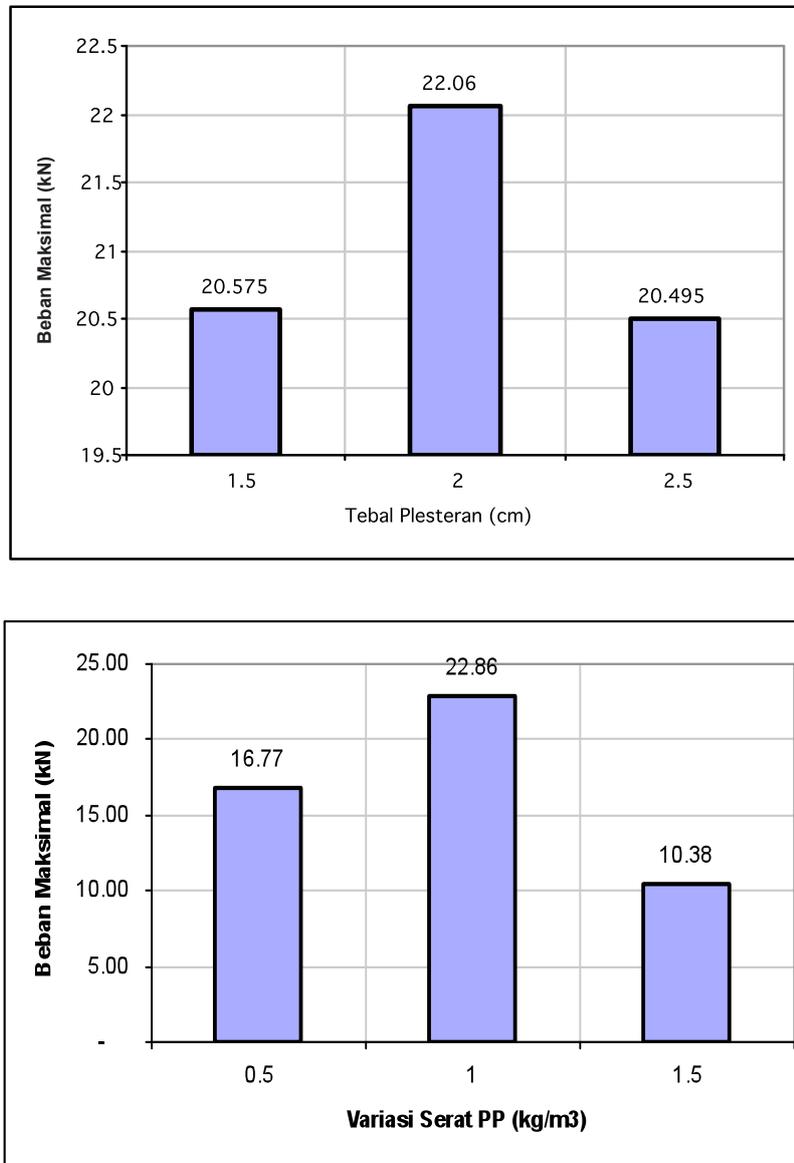
Pada Gambar 7 di atas, dengan adanya variasi serat *polypropylene* belum menunjukkan pengaruh yang cukup signifikan terhadap kuat tariknya. Pada penambahan serat sebesar 0,5 1,5; dan 1kg/m<sup>3</sup> kuat tarik belahnya menurun berturut-turut sebesar 16,23%; 29,87% dan 8,44%.

Penambahan serat *polypropylene* tidak cukup efektif, dikarenakan banyaknya serat yang menggumpal setelah umur beton 28 hari. Terjadinya penurunan kuat tarik belah secara signifikan disebabkan beberapa faktor, diantaranya proses pengerjaan yang kurang sempurna, hal ini ditenggarai dengan adanya beberapa beton yang mengalami rongga/keropos setelah berumur 28 hari, karena adanya penggumpalan serat dengan mortar. Secara umum, dari hasil pengujian kuat tekan 28 hari, penambahan serat *polypropylene* sebesar 1 kg/m<sup>3</sup> merupakan nilai optimum penambahan serat pada pekerjaan finishing dinding *sandwich* beton *styrofoam*.

### **Pengujian Mekanik dinding *sandwich styrofoam***

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbandingan antara sikamen NN dan *polypropylene* sebesar 1.2% dan 1.0kg/m<sup>3</sup> pada dinding DS.H3.2 dan DS.H4.2, dapat meningkatkan beban maksimal rata-rata yang dipikul oleh struktur dinding *sandwich styrofoam*. Kerusakan yang terjadi adalah pada daerah tumpuan, dimana didahului terlepasnya plester di sekitar daerah pembebanan. Kerusakan didahului dengan mengelupasnya plesteran, kemudian diikuti dengan *core sandwich styrofoam*, hal ini berarti bahwa *bonding* antara plesteran dengan beton *sandwich styrofoam* kurang bagus, sehingga tidak bekerja secara komposit.

Berdasarkan pengujian di atas juga menunjukkan bahwa finishing dengan tebal plester 20mm dapat meningkatkan kapasitas beban maksimalnya terhadap tebal plesteran 15mm dan 25mm berturut-turut sebesar 7,20% dan 7,63%. Hubungan antara beban maksimal dan tebal plesteran pada pengujian ini, disajikan pada Gambar 8 di bawah.

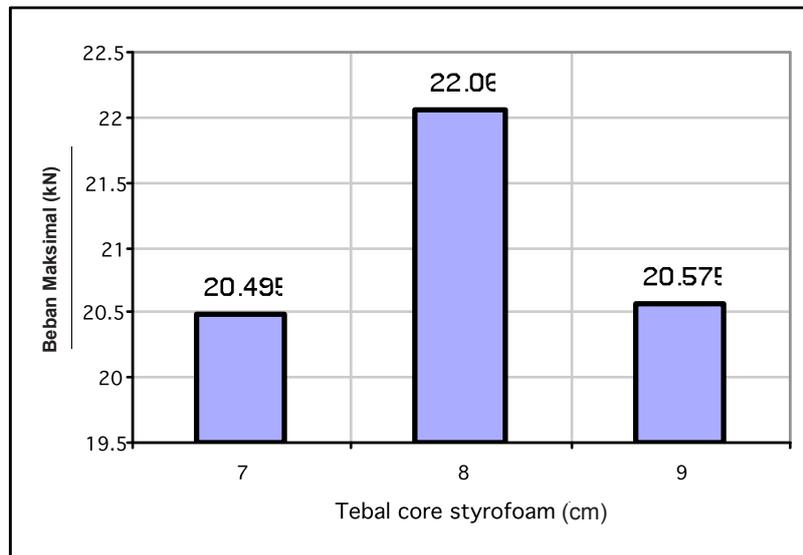


Gambar 8. Grafik hubungan antara Beban maksimal dengan variasi tebal plester dan variasi tebal serat dinding *sandwich styrofoam*

Hasil pengujian tentang variasi serat *polypropylene* dengan beban maksimal juga menunjukkan bahwa variasi serat PP yang paling efektif adalah pada penambahan 1kg/m<sup>3</sup>, karena dapat meningkatkan kapasitas beban dinding *sandwich Styrofoam* terhadap variasi serat 0,5kg/m<sup>3</sup> dan 1,5kg/m<sup>3</sup> masing-masing berturut-turut sebesar tersebut sebesar 36% dan 55%. Lebih lanjut mengenai perbandingan antara beban maksimal dengan variasi serat *polypropylene*, di sajikan pada Gambar 8 di atas.

Apabila ditinjau dari hasil pengujian tentang variasi tebal *core styrofoam* menunjukkan bahwa tebal *core* yang efektif untuk dinding *sandwich styrofoam* adalah sebesar 80mm. karena dapat meningkatkan kapasitas beban dinding *sandwich*

tersebut terhadap dinding kontrol (DS.H1-H6) dengan tebal core 80mm, variasi dinding dengan tebal 70mm dan 90mm berturut-turut sebesar 20%, dan 7,20% dan 7,63%. Lebih lanjut mengenai perbandingan antara beban maksimal dengan variasi tebal core, di sajikan pada Gambar 10 di bawah ini.



Gambar 9. Grafik hubungan antara Beban maksimal dan variasi tebal core styrofoam

### Interpretasi Hasil penelitian

Secara lengkap mengenai interpretasi hasil pada penelitian ini, disajikan pada Tabel 7 di bawah.

Tabel 7. Interpretasi hasil penelitian dinding sandwich styrofoam

Target Capaian	Var. Kontrol	Penambahan Serat Polypropylene		
	0 kg/m <sup>3</sup>	0,5 kg/m <sup>3</sup>	1,0 kg/m <sup>3</sup>	1,5 kg/m <sup>3</sup>
Slump flow (mm)	630	535	526	501
Kuat tekan (MPa)	12,45	10,38	12,24	9,49
Kuat tarik (MPa)	1,54	1,28	1,41	1,08
Beban maksimal (MPa)	21,04	16,77	22,86	15,58

Hasil pengujian di atas, apabila ditinjau dari besarnya slump flow, akan mengikuti trend penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Agus dan Slamet (2010), yaitu besarnya slump flow nilainya akan menjadi kecil ketika ditambahkan, hal ini berarti nilai workability semakin menurun. Tingkat kemudahan ini berkaitan dengan keenceran beton, semakin cair, maka akan semakin mudah pengerjaannya (Tjokrodinuljo, 2007).

Besarnya kuat tekan SCM kontrol (0kg/m<sup>3</sup>) nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan adanya penambahan serat PP. Besarnya penurunan kekuatan tekan variasi serat PP 0,5kg/m<sup>3</sup>; 1,0 kg/m<sup>3</sup> dan 1,5 kg/m<sup>3</sup> terhadap benda uji kontrol berturut-turut sebesar 19,94%; 1,72% dan 31,19%. Adanya penambahan serat PP belum cukup

berpengaruh terhadap kuat tekan mortarnya. Hal ini dikarenakan pada saat proses pencampuran mortar, tidak ditambahkan *filler* pada adukannya, dimana adanya *filler* tersebut akan berfungsi menyerap kandungan air mortar dan dapat meningkatkan kuat tekan mortar dikarenakan benda uji menjadi tidak berongga (padat).. Disamping itu, proses pengerjaan dilapangan membutuhkan pengawasan prima. Dalam hal ini penelitian dilakukan oleh mahasiswa, sehingga sangat mungkin terjadinya kesalahan pada proses pelaksanaan dilapangan,, adanya dosen sebagai pembimbing tidak dapat 100% mendampingi dilapangan karena berbagai hal.

Besarnya kuat tarik SCM kontrol ( $0\text{kg/m}^3$ ) nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan adanya penambahan serat PP. Besarnya penurunan kekuatan tarik variasi serat PP  $0,5\text{kg/m}^3$ ;  $1,0\text{ kg/m}^3$  dan  $1,5\text{ kg/m}^3$  terhadap benda uji kontrol berturut-turut sebesar 20,31%; 9,22% dan 42,60%. penambahan serat PP belum cukup berpengaruh terhadap kuat tarik mortarnya. Hal ini dikarenakan adanya beberapa hal pada pengujian tarik, selain karena beberapa faktor seperti dijelaskan pada pengujian tekan di atas. Kemampuan seorang teknisi laboratorium sangat berpengaruh terhadap hasil pengujian dilapangan. Berdasarkan pengamatan dilapangan, pada saat pengujian tarik terjadi beberapa kesalahan terutama pada pembacaan data, kontrol terhadap kecepatan pembebanan juga tidak diatur berdasarkan standar yang ada (ASTM), sehingga sangat dimungkinkan adanya kesalahan pembacaan. Hal tersebut didukung dengan adanya beberapa data yang tidak dapat dianalisis. Sehingga sangat dimungkinkan kekuatan tarik mortar serat PP mengalami penurunan dibandingkan dengan benda uji kontrolnya.

Beban maksimal kontrol ( $0\text{kg/m}^3$ ) nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan adanya penambahan serat pada variasi  $0,5\text{kg/m}^3$  dan  $1,5\text{kg/m}^3$ . besarnya penurunan beban maksimal serat PP  $0,5\text{kg/m}^3$ ; dan  $1,5\text{ kg/m}^3$  terhadap benda uji kontrol berturut-turut sebesar 1,21% dan 0,81%. Sedangkan pada penambahan serat *polypropylene*, kapasitas beban maksimalnya lebih tinggi dibandingkan dengan benda uji kontrol. Besarnya peningkatan kapasitas beban maksimal benda uji kontrol untuk penambahan serat PP  $1,0\text{kg/m}^3$  adalah sebesar 1,62%. Hal ini berarti bahwa adanya penambahan serat *polypropylene* sebesar  $1,0\text{kg/m}^3$  dapat menambah kapasitas beban maksimalnya. Penambahan serat PP akan optimal pada penambahan sebesar  $1,0\text{kg/m}^3$ .

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan di atas, dapat di simpulkan sebagai berikut:

1. Besarnya kuat tekan rata-rata *self compacting mortar* pada (SCM) penambahan serat  $0,5\text{kg/m}^3$ ;  $1,0\text{kg/m}^3$ ; dan  $1,5\text{kg/m}^3$  berturut-turut sebesar 12,45MPa; 10,38MPa; 12,24MPa dan 9,49MPa. dan kuat tariknya berturut-turut sebesar 1,54MPa; 1,28MPa; 1,41MPa dan 1,08MPa.
2. Penambahan serat *Polypropylene* belum cukup berpengaruh terhadap kuat tekan dan tariknya. Besarnya penurunan kekuatan tekan terhadap benda uji kontrol untuk penambahan serat  $0,5\text{kg/m}^3$ ;  $1,0\text{kg/m}^3$ ; dan  $1,5\text{kg/m}^3$  berturut-turut sebesar 19,94%; 1,72% dan 31,19%. Sedangkan untuk kuat tariknya berturut-turut sebesar 20,31%; 9,22% dan 42,60%.
3. Komposisi penambahan serat *polypropylene* optimum pada penambahan serat sebesar  $1,0\text{kg/m}^3$ .

4. Tebal *core* dan plesteran efektif, didapatkan hasil berturut-turut sebesar 80mm dan 20mm. dimensi tersebut dapat meningkatkan kapasitas beban sebesar 6.92% dibandingkan dengan dimensi plesteran dan *core styrofoam* yang lainnya.
5. Besarnya kapasitas beban maksimal pada dinding *sandwich styrofoam* adalah sebesar 22,86kN pada penambahan serat *polypropylene* sebesar 1kg/m<sup>3</sup>.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [ 1 ] Agus S., dan Slamet, W.,2010. Efek Penambahan Serat Polypropylene terhadap daya lekat dan kuat lentur pada rehabilitasi struktur beton dengan *self compacting repair mortar* (SCRM). Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- [ 2 ] Agustin, R.S., 2004, Karakteristik Pasca Elastik Dinding Beton *Styrofoam* dengan Tulangan Horisontal Akibat Beban Statik, Tesis, Program Pasca Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [ 3 ] Aziz, Arifin., 2011. Perkuatan Kolom Berpenampang Persegi Dengan Mortar dan Kawat Kasa Berpenampang Persegi. Tesis, Program Pasca Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [ 4 ] Anonim, 2002, Metoda, Tata Cara dan Spesifikasi, Badan Penelitian dan Pengembangan, NSPM Kimpraswil, Jakarta.
- [ 5 ] ASTM E72-02, 2002, Standard Test Methods of Conducting Strength Test of Panel for Building Construction, Published November 2002.
- [ 6 ] Darmawan, F, 2004, Beton *Styrofoam* Ringan Pracetak Untuk Bahan Panel Dinding, Tesis, Program Pasca Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- [ 7 ] Drajad Hoedajanto, Iswandi Imran, Aris Ariyanto, 2007, Kajian Eksperimental Kinerja Panel Lantai dan Panel Dinding Hebel, Seminar dan Pameran HAKI 2007 "Konstruksi Tahan Gempa di Indonesia"
- [ 8 ] Sulistyorini, Dewi. 2010. Perilaku dinding beton ringan *Styrofoam* dengan perkuatan wiremesh. Tesis, Program Pasca Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [ 9 ] Musana, 2006, The Application of *Styrofoam* Waste for Lightweight *Styrofoam* Concrete with the Cement Content of 250, 300, 350 kg/m<sup>3</sup>. Master Thesis, Department of Civil Engineering, Gadjah Mada University, Yogyakarta. (in Indonesian).
- [ 10 ] Tjokrodimuljo, K., 2007, Teknologi Beton, Nafiri, Yogyakarta.