

## TINJUAN KUAT LENTUR DINDING PANEL BETON BERLUBANG SYROFAOM DENGAN PERKUATAN WIREMESH DAN CAMPURAN FLY ASH

M Abdul Wahid, Mochamad Solikin, Sugiyanto, dan Ali Rofiq

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia

Email : [msolikin@ums.ac.id](mailto:msolikin@ums.ac.id), [sug240@ums.ac.id](mailto:sug240@ums.ac.id), [mar126@ums.ac.id](mailto:mar126@ums.ac.id)

[wahidabd64@gmail.com](mailto:wahidabd64@gmail.com)

### Abstrak

Semakin pesat nya perkembangan zaman moderen seperti saat ini banyak orang berlomba-lomba untuk meningkatkan pengembangan dalam sektor dinding bangunan. Seperti yang kita ketahui banyak menjumpai inovasi baru yang muncul tentang dinding dengan megusung konsep ringan, ramah lingkungan dan efesiensi waktu pengerjaan dan tentu dengan mengutamakan kekuatan serta kenyamanan dan keselamatan kerja. Berikut contoh seperti yang kita kembangkan saat ini, dengan penggunaan butiran styrofoam sebagai subtitusi sebagian agregat kasar dan agregat halus pada pembuatan dinding panel beton styrofoam. Penelitian ini bertujuan untuk menguji dinding panel beton berlubang styrofoam dengan perkuatan wiremesh diameter 3,5 mm dengan jarak antar tulangan 50 mm dan pemakaian campuran fly ash 50% dengan dinding yang digunakan berukuran 122 x 40 x 12 cm. Penggunaan styrofoam untuk dinding panel dengan variasi 50% dan 60% sebagai subtitusi sebagian agregat kasar dan agregat halus dan untuk pemakaian fly ash 50% sebagai subtitusi sebagian semen. Hasil penelitian panel beton styrofoam pada umur 90 hari dengan variasi styrofoam 50% dan 60% mengalami penurunan beban dan lendutan. Nilai yang di peroleh saat penambahan styrofoam 50% yaitu beban maksimum ditahan sebesar 7500 N dengan nilai lendutan sebesar 9,5 mm. Sedangkan pada styrofoam 60% beban maksimum yang di dapat sebesar 7400 N dengan lendutan sebesar 7 mm.

**Kata Kunci :** Dinding panel, Styrofoam, Fly ash.

### I. PENDAHULUAN

Dinding bangunan memiliki dua fungsi utama, yaitu menyokong atap dan langit-langit, membagi ruang, serta melindungi terhadap cuaca. Dinding pembatas mencakup dinding privasi dan dinding penanda batas. Terdapat berbagai jenis dinding. 1). Dinding partisi, dinding ringan yang memisahkan antar ruang dalam. Terbuat dari gypsum, fiber, triplex atau duplex. 2). Dinding Struktural untuk menopang atap dan menggunakan cor beton untuk kolom. Kontruksinya 100% mengandalkan pasangan batu bata dan semen ada juga yang menggunakan dinding panel beton dengan sekala besar. 3). Dinding Non-Struktural yang tidak menopang beban, hanya sebagai pembatas apabila dinding dirobohkan, maka bangunan tetap berdiri. Dalam hal pembuatan dinding ini ditemukan inovasi baru dengan mengutamakan efesiensi waktu pengerjaan, ringan dan ramah lingkungan, dengan berhubungan kekuatan serta kenyamanan dan keselamatan pekerja. (Fajarfaeza, 2016).

Pemakaian bahan alternatif ini sudah banyak dikembangkan guna meningkatkan potensi material yang ada, diantaranya styrofoam. Styrofoam yang menjadi limbah dari barang-barang elektronik dan bungkus makanan, karena bahan limbah yang seperti ini tidak dapat diuraikan oleh alam. Guna mengurangi limbah yang banyak diperoleh dari masyarakat diolah kembali untuk dijadikan bahan tambah pembuatan beton. 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 panel beton ringan styrofoam merupakan solusi terbaik untuk mengurangi limbah yang ada. (Susanto A, Widodo S, dan Ma'arif F, 2011).

Styrofoam termasuk dalam kategori polimer sintetik dengan berat molekul tinggi. Polimer sintetik berbahan baku monomer berbasis etilena serta berbagai turunannya yang berasal dari perengkahan minyak bumi. Styrofoam hanya sebuah nama dalam dunia perdagangan, nama yang sesungguhnya adalah polystyrene atau poli (feniletena) dalam bentuk foam. Feniletena atau styrene dapat dipolimerkan

dengan menggunakan panas, sinar ultra violet atau katalis. Poli (feniletena) merupakan bahan termo plastik yang bening (kecuali jika ditambahkan pewarna atau pengisi), dan dapat dilunakkan pada suhu sekitar 1000C.

Poli (feniletena) tahan terhadap asam, basa dan zat pengarat (korosi) lainnya, tetapi mudah larut dalam hidrokarbon aromatik dan berklor. Dalam propanon (aseton) poli (feniletena) hanya mengembang. Penyinaran dalam waktu lama oleh sinar ultra-ungu, sinar putih atau panas, sedikit mempengaruhi kekuatan dan ketahanan polimer terhadap panas. Poli (feniletena) berbuisa atau styrofoam diperoleh dari pemanasan poli (feniletena) yang menyerap hidrokarbon volatil. Ketika dipanasi oleh kukus (steam), butiran akan melunak, dan penguapan oleh hidrokarbon di dalam butiran akan menyebabkan butiran mengembang, (Crawford, R.J, 1998).

Banyaknya inovasi pembuatan beton untuk keperluan non-struktural menggunakan beton ringan, bertujuan mengurangi berat beton dengan menggunakan *styrofoam*. Dari hasil penelitian sebelumnya dilakukan beton dengan agregat kasar *styrofoam*, diketahui bahwa mutu beton turun seiring dengan penambahan presentase agregat *styrofoam* didalam beton, hal ini diakibatkan *styrofoam* sebagai bahan penyusun beton terlalu lemah.

Dengan pengembangan penelitian selanjutnya diperlukan perkuatan dengan cara *coating* dengan menggunakan pasta semen dengan pemakaian sebagian *fly ash*. *Styrofoam* dengan lapisan *coating* dengan butiran uuran maksimum 2 cm direncanakan sebagai agregat kasar dengan kekauan target 15 MPa. (Dedi E, dkk, 2016).

Penelitian beton banyak yang memanfaatkan penggunaan *fly ash* sebagai pengganti atau sebagai substitusi sebagian semen, *fly ash* yang dihasilkan limbah padat dari penggunaan batubara sebagai sumber energi yang dihasilkan oleh PT. Styrimdo Mono Indonesia. Dengan banyaknya penelitian yang menggunakan *fly ash* untuk pembuatan beton bertujuan juga sebagai mengurangi pencemaran lingkungan.

Pengaruh penggunaan *fly ash* adalah membuat beton lebih padat karena rongga antara butiran agregat diisi oleh *fly ash*, sehingga dapat memperkecil pori-pori yang ada dan memanfaatkan sifat pozzolan dari *fly ash*. Penggunaan *fly ash* dengan takaran terukur terbukti menghasilkan peningkatan kekuatan beton. (Mardiono, 2013)

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan untuk menguji kuat tekan silinder dan kuat lentur pada panel beton *styrofoam* dengan campuran sebanyak 50% dan 60% sebagai pengganti sebagian agregat halus dan agregat kasar dengan dimensi 120x40x12 cm dan perkuatan tulangan *wiremesh* diameter 3,5 mm. Pelaksanaan penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Pelaksanaan pembuatan beton dibagi 5 tahap sebagai berikut :

- 1) Tahap I : Persiapan  
Tahapan ini merupakan tahapan persiapan yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan mempersiapkan bahan penelitian terdiri dari semen type I, agregat halus dan kasar dengan ukuran krikil maksimal 7 mm, *fly ash*, *styrofoam*, *wiremesh* ukuran Ø3,5 mm, *superplastizer*, berupa *viscocrete* 1003 produksi PT. SIKA.
- 2) Tahap II : Pengujian material  
Tahapan ini dilakukan pengujian terhadap material yang akan digunakan dalam pembuatan sampel beton meliputi pengujian *portland cement* (SNI 15-2049-2004), dan *fly ash*, air, Pengujian agregat halus (SNI 2816-2014) berat jenis agregat halus (pasir), kandungan lumpur agregat halus, SSD, gradasi agregat, pengujian agregat kasar (SNI 2417-2008). Pengujian *Styrofoam* (Visual).
- 3) Tahap III : Pembuatan benda uji  
Pada tahap ini pengujian *slump* (Spesifikasi Khusus-Intern SKh-1.10.14 Beton Memadat Sendiri, Kementrian PUPR) dan pembuatan benda uji silinder untuk kuat tekan. Pembuatan benda uji untuk dinding beton panel *styrofoam* dan benda uji yang sesuai persyaratan ASTM C-78 untuk kuat lentur beton dengan satu titik pembebanan. Termasuk juga kegiatan perawatan dinding panel beton *styrofoam* selama 90 hari.

No	Benda Uji	Dimensi (cm)	Jumlah
1	Dinding panel <i>styrofoam</i> 50%	122x40x12	3
2	Dinding panel <i>styrofoam</i> 60%	122x40x12	3
3	Dinding panel beton normal	122x40x12	3
4	Silinder beton	D=15cm , T=30cm	4

- 4) Tahap IV : Pengujian dinding panel beton ringan  
 Pada tahap ini dilakukan pengujian beton segar dan dinding panel beton yang telah berumur 28 hari. Pengujian yang dilakukan sebagai berikut :
- Pengujian kuat tekan dinding panel beton (SNI 1974-2011).
  - Pengujian sifat tampak dinding panel dinding (SNI 03-0349-1989).
  - Pengujian volume dinding panel beton. (SNI 03-0349-1989).
  - Pengujian kuat lentur dinding panel beton satu titik. (ASTM C-78).
- 5) Tahap V : Analisis data dan kesimpulan  
 Tahapan yang terakhir dilakukan dengan analisis data, nilai kuat tekan lentur. Analisis ini merupakan pembahasan dari hasil penelitian yang didapat dari kesimpulan penelitian ini.

### III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 1. Pengujian *Slump*

Tabel 1. Hasil uji *Slump*

No.	Pemakaian <i>Styrofoam</i> %	Nilai <i>Slump</i> (cm)
1	50 %	19,75
2	60 %	18,25

Dari hasil pengujian dapat dilihat nilai *slump* rata-rata pada campuran *Styrofoam* 50% sebesar 19,75 cm dan pada campuran *Styrofoam* 60% sebesar 18,25 cm, semakin bertambahnya jumlah *styrofoam* sebagai substitusi agregat halus dan agregat kasar mengakibatkan menurunnya nilai *slump*. Dikarenakan workabilitas menurun akibat air yang diserap oleh agregat, dengan harapan membentuk beton SCC (*Self Compacting Concrete*). Namun dari hasil yang diperoleh, tingginya hasil segregasi beton / beton yang berongga diantara beton SCC (*Self Compacting Concrete*) dan *high workability concrete*. Hasil ini tetap digunakan karena beton dapat mengisi celah-celah beton dengan sedikit pemadatan. Dari penelitian (Fahrudin, 2013) memperoleh nilai *slump* rata-rata sebesar 8,6 cm.



Gambar 1. Pengujian *Slump*

#### 2. Pengujian Berat Volume Beton *Styrofoam*

Pengujian berat volume silinder dilakukan dengan cara menimbang silinder beton dan kemudian dibagi dengan volume silinder beton. Hasil pengujian berat volume beton *Styrofoam* pada umur 90 hari.

Tabel 2. Hasil Pengujian berat jenis beton serat dengan *styrofoam* 50%

No	Kode	Berat (kg)	Diameter (m)	Tinggi (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
1	50%	6,205	0,15	0,3	0,00530357	1169,967	1084,411
2	50%	6,010	0,15	0,3	0,00530357	1133,199	
3	50%	5,875	0,15	0,3	0,00530357	1107,744	
4	50%	4,915	0,15	0,3	0,00530357	926,734	

Tabel 3. Hasil Pengujian berat jenis beton serat dengan Styrofoam 60%

No	Kode	Berat (kg)	Diameter (m)	Tinggi (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
1	60%	4,925	0,15	0,3	0,00530357	928,620	872,997
2	60%	4,3	0,15	0,3	0,00530357	810,775	
3	60%	4,725	0,15	0,3	0,00530357	890,909	
4	60%	4,57	0,15	0,3	0,00530357	861,684	

Tabel 4. Hasil Pengujian berat jenis beton normal

No	Kode	Berat (kg)	Diameter (m)	Tinggi (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
1	N1	11,235	0,15	0,3	0,00530357	2118,384	2095,051
2	N2	11,030	0,15	0,3	0,00530357	2079,731	
3	N3	11,220	0,15	0,3	0,00530357	2115,556	
4	N4	10,960	0,15	0,3	0,00530357	2066,533	

Dari hasil rata-rata diatas dapat dilihat berat volume beton 1084,411 kg/m<sup>3</sup> dengan penambahan *Styrofoam* 50% dan 872,997 kg/m<sup>3</sup> dengan penambahan *Styrofoam* 60% mengalami penurunan, hal ini di sebabkan semakin banyaknya *Styrofoam* pada campuran beton membuat jumlah rongga udara pada beton semakin banyak sehingga menyebabkan berat beton semakin ringan. Disisi lain dengan semakin ringan dinding panel maka dapat mengurangi beban mati suatu struktur beton. Berat volume beton < 1900 kg/m<sup>3</sup> dapat diklasifikasikan sebagai beton ringan (SNI-03-2847-2002). Dari penelitian ( Priyono, 2014), dengan penambahan *Styrofoam* dapat menurunkan berat volume beton dengan nilai berat volume dengan penambahan 1%, 2% dan 3% sebesar 1992,5 Kg/m<sup>3</sup>, 1781 Kg/m<sup>3</sup> dan 1560,1 Kg/m<sup>3</sup>.

### 3. Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton dalam menahan beban dengan gaya tekan tertentu dalam setiap satu satuan luas permukaan beton, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990). Pengujian kuat tekan dengan alat *Universal Tansion Machine* (UTM). Nilai kuat tekan silinder beton dapat diketahui dengan rumus SNI 1974-2011:

Tabel 5. Hasil pengujian kuat tekan silinder beton

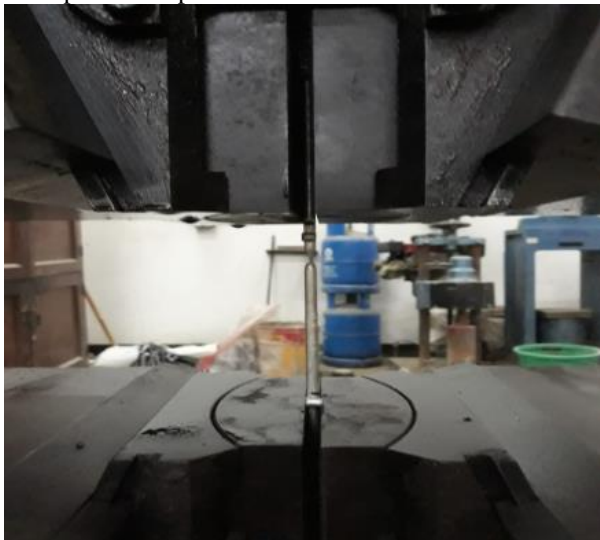
No.	Keterangan	Beban (P)		Luas (A) mm <sup>2</sup>	Kuat tekan (P/A) (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
		(kN)	(N)			
1	Styrofoam 50 %	31,5	35000	17663	18,19	23,09
2		31,3	34000	17663	18,07	
3		54	45000	17663	31,18	
4		26	37000	17663	15,01	
1	Styrofoam 60 %	9,7	14000	17663	5,60	5,54
2		9,5	14700	17663	5,48	
3		12	7000	17663	6,93	
4		10	6500	17663	5,77	
1	Beton Normal	416	416000	17663	240,17	213,90
2		325	325000	17663	187,63	
3		440	440000	17663	254,02	
4		362	362000	17663	208,99	

Pada tabel 5 menunjukan penurunan kuat tekan silinder pada *Styrofoam* 50% sebesar 23,09 Kg/cm<sup>2</sup> dan penambahan *styrofoam* 60% menjadi 5,54 Kg/cm<sup>2</sup>. Diduga pengurangan volume pasir dan

krikil serta penambahan *styrofoam* dapat menyebabkan nilai kuat tekan menurun karena rongga udara pada beton menjadi lebih banyak dan semakin ringan. Sebagai pembandingan dari hasil tersebut, menurut Azhari (2008), pada pemakaian 40% *Styrofoam* didapat kuat tekan 7,45 N/mm<sup>2</sup>, pemakaian 50% kuat tekan 4,52 N/mm<sup>2</sup> dan pemakaian 60% kuat tekan 3,12 N/mm<sup>2</sup>.

#### 4. Pengujian Kuat Tarik *Wiremesh*

Pengujian tulangan *wiremesh* untuk mengetahui kuat tarik tulangan *wiremesh* yang digunakan untuk penulangan pada panel dinding. Pengujian ini dilaksanakan secara perlahan-lahan sampai benda uji mengalami putus. Pada pengujian kuat tarik menggunakan 5 sampel tulangan yang memiliki diameter 3,5 mm dan jarak antar tulangan 50 mm, uji kuat tarik dilakukan dengan alat *Universal Testing Machine*. Pengujian tulangan *wiremesh* ini dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Pengujian tulangan *wiremesh*

Hasil pengujian kuat tarik tulangan *wiremesh* dengan 5 sampel tulangan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Pengujian Kuat Tarik *Wiremesh*

Benda Uji	P leleh (N)	P putus (N)	Luas Tulangan (mm)	fy (N/mm <sup>2</sup> )	fkap (N/mm <sup>2</sup> )
1	3000	5500	9,62	311,81	571,66
2	3800	6200		394,96	644,42
3	3700	6300		384,57	654,81
4	3500	6000		363,78	623,63
5	3500	6000		363,78	623,63
			fy rata rata	363,78	623,63

Dari hasil pengujian diperoleh rata-rata  $F_y$  untuk tulangan *wiremesh* dengan diameter 3,5 mm sebesar 363,78 N/mm<sup>2</sup>.

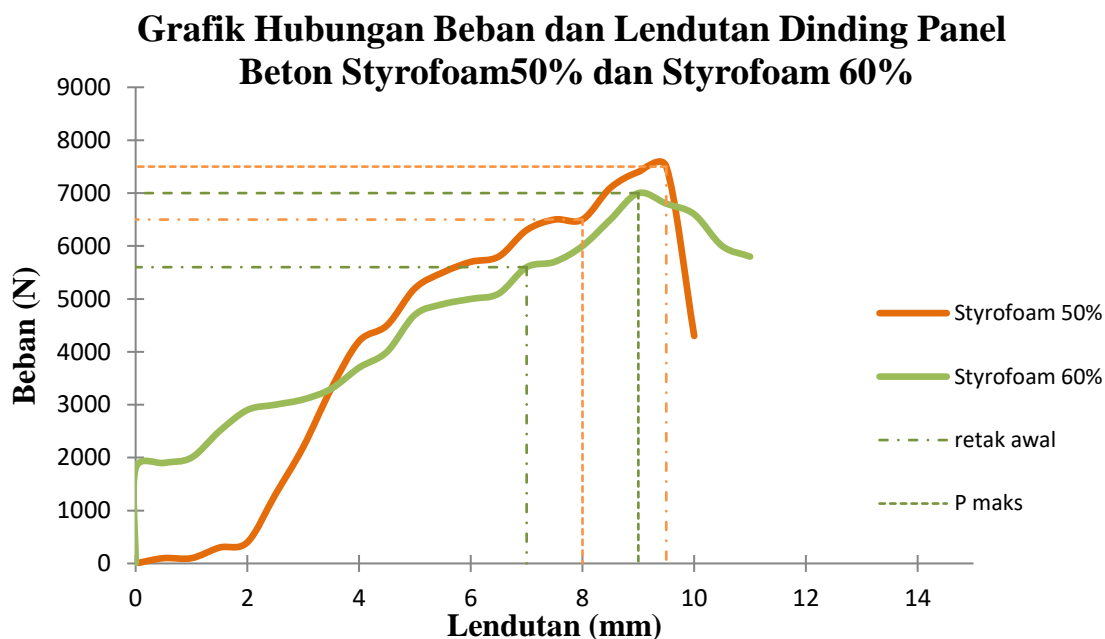
#### 5. Pengujian Kuat Lentur Dinding Panel Beton *Styrofoam*

Pengujian kuat lentur dinding panel beton *Styrofoam* dilakukan setelah berumur 90 hari menggunakan alat uji *Loading Frame*, dengan cara memberikan pembebanan satu titik terpusat yang diletakkan di tengah benda uji.



Gambar 3. Pengujian kuat lentur dinding panel beton *Styrofoam*

Hasil dari pengujian kuat lentur dinding panel beton *Styrofoam* dengan variasi 50% dan 60% dengan campuran *Fly ash* diperoleh nilai beban dan lendutan. Dapat dilihat pada Gambar 4.



Dengan semakin banyaknya penambahan styrofoam sebagai bahan tambah sebagian agregat pasir dan krikil dapat menurunkan nilai lendutan benda uji. Pada dinding panel beton *Styrofoam* 50% kondisi retak awal terjadi pada beban 6500 N dengan nilai lendutan sebesar 8,00 mm dan beban maksimum yang dapat ditahan sebesar 7500 N dengan nilai lendutan sebesar 9,5 mm. Sedangkan pada *Styrofoam* 60% kondisi retak awal terjadi pada beban 5600 N dengan nilai lendutan sebesar 7,00 mm, dan beban maksimal yang dapat ditahan sebesar 7000 N dengan lendutan sebesar 9 mm. Menurut penelitian (Afifah, Sunarmasto dan Purwanto E 2017) panel beton berukuran 5 x 60 x 60 cm mengalami ratakan pertama dikisaran 11,6667 kN dan mencapai beban maksimum di kisaran 22,833 kN.

#### 6. Analisa kekakuan dinding panel beton *Styrofoam*

Kekakuan adalah perbandingan beban dengan lendutan pada saat dinding panel beton *Styrofoam* dalam keadaan elastis penuh atau dapat diidentifikasi sebagai kemiringan garis grafik hubungan beban dan lendutan pada tahap praretak. Hasil nilai kekakuan didapat pada saat dinding panel mengalami retak awal dibagi dengan lendutan awal retak. Hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 7. Hasil pengujian kekakuan dinding panel beton *Styrofoam*

No.	Penambahan	Beban Awal Saat Retak (N)	Lendutan Awal Retak (mm)	Kekakuan Dinding Panel (N/mm)
1	<i>Styrofoam</i> 50%	6500	8,0	812,50
2	<i>Styrofoam</i> 60%	5600	7,0	800

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai kekakuan untuk dinding panel beton *Styrofoam* dengan menggunakan tulangan Wiremesh ukuran 3,5mm sebesar 812,50 N/mm untuk penambahan *Styrofoam* 50% dan sebesar 800 N/mm untuk penambahan *Styrofoam* 60%. Diduga semakin banyaknya penambahan *Styrofoam* dapat menurunkan kekakuan dinding panel. Untuk penelitian Ridha Has, dkk (2013), nilai kekakuan dinding panel *polystyrene* rata-rata 328,319 N/mm.

#### 7. Analisa panjang maksimum dinding panel beton *Styrofoam*

Analisa panjang maksimum dimaksudkan untuk mengetahui seberapa panjang maksimum yang bisa dibuat dinding panel *Styrofoam* dengan variasi *Styrofoam* 50% dan 60% dengan campuran *Fly ash* sebesar 50% dengan perkuatan *Wiremesh*.

$$M = \left(\frac{1}{4} \times P \times L + \frac{1}{8} \times P \times L^2\right)$$

Dengan :

M = momen (kg/m<sup>2</sup>)  
 P = P retak awal (kN)  
 L = Panjang (m)

Tabel 8. Perhitungan panjang maksimal

Benda uji	P retak awal (kg)	Berat benda uji "q" (kg/m)	Panjang bentang pengujian (m)	Panjang Benda uji (m)	Momen benda uji	P rencana (kg)	Panjang Benda uji Maks (m)	Momen maksimal
Sty 50%	650	59,60	1,08	1,22	206,939	100	7,92	206,689
Sty 60%	560	57,20	1,08	1,22	179,139	100	6,85	179,589

Dari hasil perhitungan didapatkan panjang maksimal dinding panel *Styrofoam* dengan nilai pembebanan terpusat 100 Kg, pada variasi *Styrofoam* 50% adalah 7,92 m dan untuk variasi *Styrofoam* 60% adalah 6,85 m.

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka didapat beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut :

1. Hasil pengujian berat volume pemakaian *Styrofoam* 50% dan 60% dapat menghasilkan beton ringan dengan hasil rata-rata berat volume beton 1084,411 kg/m<sup>3</sup> dengan penambahan *Styrofoam* 50% dan 872,997 kg/m<sup>3</sup> dengan penambahan *Styrofoam* 60% mengalami penurunan.
2. Hasil pengujian kuat tekan silinder pada *Styrofoam* 50% rata-rata sebesar 23,09 Kg/cm<sup>2</sup> dan penambahan *Styrofoam* 60% rata-rata menjadi 5,54 Kg/cm<sup>2</sup>. Diduga pengurangan volume pasir dan krikil serta penambahan *Styrofoam* dapat menyebabkan nilai kuat tekan menurun karena rongga udara pada beton menjadi lebih banyak dan semakin ringan.
3. Hasil pengujian dinding panel *Styrofoam* didapat nilai kekakuan sebesar 812,15 N/mm dengan penambahan *Styrofoam* 50% dan 800 N/mm untuk penambahan *Styrofoam* 60%.
4. Hasil analisis hitungan panjang maksimum pada variasi *Styrofoam* 50% dapat menghasilkan panjang 7,92 m dan untuk variasi *Styrofoam* 60% adalah 6,85 m.

### Saran

Setelah dilakukan penelitian dari mulai tahap persiapan sampai tahap analisis dan kesimpulan, maka ada beberapa saran untuk penelitian berikutnya, sebagai berikut :

1. Dapat dikembangkan lagi pada penelitian selanjutnya dengan menguji ketahanan terhadap api
2. Perlu penimbangan material yang lebih teliti terutama *styrofoam* yang mudah berterbangan karena sifatnya yang ringan dan berukuran kecil.
3. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan merubah proporsi campuran untuk agregat kasar sebaiknya digunakan sebagai bahan tambah agregat pasir dan *styrofoam* tanpa mengurangi proporsi dari pasir.
4. Penelitian selanjutnya sebaiknya begesting menggunakan cetakan dari plat besi agar benda uji yang dihasilkan rata permukaanya dan mudah dalam pelepasan benda uji.

### V. UCAPAN TERIMA KASIH

Atas segala rahmat dan karuni Allah SWT yang telah diberikan kepada hamba-Nya, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar dan sukses

Ucapan terima kasih saya berikan untuk :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah- Nya kepada hamba-Nya.
2. Orang tua saya yang telah mendidik dari lahir sampai saat ini dan terus memanjatkan doa kepada anaknya sampai saat ini.
3. Panca beton readymix yang telah memberikan material untuk penelitian ini.
4. Laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah menyediakan sarana dan prasarana pada penelitian ini.
5. Sugiyatno, S.T., M.T. dan Muhammad Ali Rofiq, S.T., M.T. selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran untuk menyelesaikan tugas akhir.
6. Kepada teman – teman Jenggo selaku team beton tugas akhir yang telah membantu dengan ikhlas dan teman-teman angkatan 2014 Rendra, Indra Ibnu Singgih dan semuanya.

### VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bing. C., Liu Jie and Chen Long-zhu, 2010, Experimental Study of Lightweight Expanded Polystyrene Aggregate Concrete Containing Silica Fume and Polypropylene Fibers. Department of Civil Engineering, Shanghai Jiaotong University, Cina.
- [2] Darwis. Z., Soelarlo., dan Hidayat, 2015, Pemanfaatan Limbah *Botton Ash* Sebagai Subtitusi Agregat Halus dalam Pembuatan Beton. Jurnal Fondasi, Volume 4 No 1, 2015.
- [3] Enda. D., dkk, 2016, Kajian Eksperimental Material dan Elemen Dinding Beton Beragregat Kasar *Styrofoam* dengan Lapisan *Coating*, Jurnal Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung.
- [4] Kuhail. Z., and Shihada, 2003, Mechanical Properties of Polystyrene-Lightweight Concrete. Jurnal of The Islamic University Of Gaza, Vol.11, No. 2 P93-P114,2003.
- [5] Mardiono., 2013, Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (*Fly Ash*) dalam Beton Mutu Tinggi, Universitas Gunadarma Jakarta.
- [6] Park. S.G., and D.H. Chisholm, 1999, Polystyrene Aggregate Concrete. Association of New Zealand, Study Report SR 85, Judgeford.
- [7] Pirzad, A., 2017, *Lightweight Concrete and its Advantages Compared with Conventional Concrete*, University of Elm Va Sanat, Borujerd, Iran.
- [8] Reshi D.A., 2017, Analisis Keamanan Jarak Antar Alat Penyambung Geser (*Shear Connector*) Berdasarkan Distribusi Tegangan dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- [9] Risdianto, Y., 2010, *Penerapan Self Copating Concrete (SCC) Pada Beton Mutu Normal*, Jurnal Teknik WAKTU Vol.08, No.02, ISSN : 1412 – 1467.
- [10] Santoso. A., Widodo., and Ma'arif, 2011, Pemanfaatan Limbah (*Expanded Polystyrene*) Untuk Pembuatan Dinding Struktural Beton Ringan Ramah Lingkungan. Inersia, Volume VII No. 1, Mei 2011.



- [11] Setiawan. B., Iman S., Kardiyono T., 2016, Karakteristik Pasca Elastik Dinding Panel *Styrofoam* dengan Tulangan Horizontal Akibat Beban Bolak-Balik, Jurnal Kontruksia Volume 7 No 2 April 2016.
- [12] Tumimomor, Monika E, 2016, Analisis Penghubung Geser (*Shear Connector*) pada Balok Baja dan Pelat Beton, Jurnal Sipil Statik Vol.4 No 8 Agustus 2016.
- [13] Thomana. B., Parung., dan A. A Amiruddin, 2018, Studi Penggunaan Material Reterial *Wiremesh* dan SCC dengan Variasi *Overlapping* Tulangan di Sepertiga Betangan Terhadap Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang. Teknik Sipil, Unuversitas Hasanudin.
- [14] Utomo. H., Suprpto S., and Ashar S., 2014, Pengaruh Beton Ringan *Styrofoam* dengan Perkuatan *Wire Mesh* untuk Panel Dinding 8 cm, Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada.
- [15] Wacik, A., Satyarno, I., dan Tjokrodumuljo, K., 2008, Batako *Styrofoam* Komposit Mortar Semen, Forum Teknik Sipil No. XVII/2-Mei 2008.
- [16] Win. L.W., dan Mohd Ariffin, 2016, Strength Properties of Expanded Polystyrene Concrete and Cold Formed Steel Wall Frame Composite. Faculty of Civil Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia.
- [17] Yusra, A., Budi Aulia., dan Jufriadi., 2015, Pengaruh Bahan Tambah *Fly Ash* Batu Bata Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. Fakultas Teknik Sipil, Unversitas Teuku Umar, Meulaboh Aceh Barat.