

TINJAUAN KUAT LENTUR DINDING PANEL BETON BERLUBANG STYROFOAM DENGAN CAMPURAN FLY ASH DAN SERAT SENAR GELASAN DENGAN PERKUATAN WIREMESH

Kumbarra. Jenggo¹, Solikin. Mochamad², Sugiyatno³, dan Rofiq. Muhammad Ali⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57162

E-mail: ¹bara.kumbarra@gmail.com, ²msolikin@ums.ac.id, ³sug240@ums.ac.id, ⁴mar126@ums.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui : (1) sifat beton segar dengan variasi pemakaian styrofoam 50% dan 60% sebagai pengganti sebagian agregat halus dan agregat kasar dengan tambahan serat senar gelas dan fly ash 50% sebagai pengganti sebagian semen dari pengamatan nilai slump test, (2) Nilai kuat lentur maksimal dari dinding panel berlubang dengan variasi styrofoam 50% dan 60% tambahan serat senar gelas dan fly ash 50%, (3) Nilai kuat tekan silinder beton dengan campuran Styrofoam 50% dan 60% sebagai pengganti sebagian agregat halus dan agregat kasar dengan tambahan serat senar gelas dan fly ash 50% sebagai pengganti sebagian semen. Penelitian ini menggunakan benda uji dengan ukuran 122 x 40 x 12 cm dengan lubang di tengah berbentuk persegi ukuran 18 x 4 cm yang diperkuat dengan tulangan wiremesh untuk pengujian kuat lentur dan benda uji berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk uji kuat tekan dan uji berat jenis beton. Beton menggunakan metode SCC (Self Compacting Concrete) dengan tambahan serat senar gelas sebesar 1% dari volume benda uji. Mutu beton rencana 25 Mpa dan di uji pada umur 90 hari. Dari hasil pengujian diketahui bahwa: (1) Semakin banyaknya styrofoam maka membuat jumlah rongga pada beton semakin banyak yang menyebabkan beton menjadi semakin ringan. Hasil pengujian berat volume panel dinding styrofoam 50% dan senar gelas dengan perkuatan wiremesh adalah sebesar 1153,94 kg/cm³ dan 867,34 kg/cm³ untuk panel dinding styrofoam 60% dan senar gelas dengan perkuatan wiremesh. Berat volume menunjukkan bahwa beton styrofoam termasuk kategori beton ringan yaitu <1900 kg/cm³ (SNI 03-2847-2002). (2) Hasil pengujian kuat tekan silinder beton styrofoam sebesar 23,67 kg/cm² untuk penambahan styrofoam 50% dengan serat senar gelas dan 8,28 kg/cm² untuk beton styrofoam 60% dengan senar gelas. Kuat tekan menunjukkan bahwa beton styrofoam termasuk beton non struktural karena $f'_c < 20$ Mpa (SNI 03-2847-2002). (3) Hasil analisa nilai kekakuan dinding panel beton styrofoam dengan senar gelas dan menggunakan tulangan wiremesh ukuran 3,5 mm sebesar 971,43 N/mm untuk beton styrofoam 50% dan 1125 N/mm untuk beton styrofoam 60%. Hasil analisa perhitungan panjang maksimum yang bisa dicapai pada dinding panel beton styrofoam dengan variasi styrofoam 50% adalah 8,29 m dan untuk variasi styrofoam 60% adalah 5,48 m.

Kata kunci : Beton ringan, fly ash, dinding panel, styrofoam, SCC.

I. PENDAHULUAN

Saat ini Indonesia merupakan negara berkembang dengan laju perkembangan pembangunan yang cukup tinggi dimana pembangunan tidak hanya terpusat di pulau Jawa saja melainkan di seluruh wilayah Indonesia guna pemerataan pembangunan untuk daerah-daerah yang lain. Untuk itu diperlukannya pembangunan dengan waktu cepat dan efisien.

Material yang dipakai dalam perbaikan maupun pembangunan tempat tinggal yang baru biasanya menggunakan dinding pasangan batu bata atau batako. Namun dalam pelaksanaan pembangunan membutuhkan waktu yang cukup lama karena membutuhkan bahan yang lebih banyak dengan bahan material yang lebih berat dan membutuhkan pekerja yang terampil dalam mengerjakannya. Oleh karena itu bermunculan ide untuk melakukan perubahan pada bentuk, komposisi, berat, kekuatan, dan kemudahan pengerjaan dinding. Salah satunya menjadikan komponen menjadi ringan, beberapa cara yang dapat dipakai untuk mengurangi berat beton seperti dengan penggunaan agregat ringan, beton dibuat berongga dan dibuat

tanpa pasir Satyarno (2004). Untuk penerapannya digunakan beton ringan *precast* yang lebih cepat dalam pelaksanaannya dibandingkan dengan beton konvensional. Beton *precast* tidak hanya digunakan untuk kolom dan balok, tetapi juga untuk dinding yang dikenal dengan dinding *precast*.

Dinding panel atau dinding *precast* pada umumnya dibuat secara fabrikasi secara massal menggunakan campuran beton normal (air, agregat halus, agregat kasar, dan semen) dan diberikan tulangan di dalamnya. Tulangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja tulangan. Baja tulangan merupakan material yang mempunyai kekuatan tarik tinggi. Baja penguat atau baja tulangan memikul gaya tarik maupun gaya tekan, kekuatan lelehnya lebih sepuluh kali dari kekuatan tekan struktur beton yang umum, atau seratus kali dari kekuatan tariknya. Sebaliknya baja merupakan material yang mahal harganya bila dibandingkan dengan beton. Kedua material tersebut dapat dipergunakan sebaik-baiknya dalam suatu kombinasi dimana beton berfungsi untuk memikul tegangan tekan sedang baja berfungsi memikul tegangan tarik. (Winter dan Arthur, 1993).

Dinding *precast* digunakan sebagai dinding arsitektural penutup dinding luar agar pekerjaan struktur menjadi lebih sederhana, pelaksanaan lebih mudah, dan lebih efisien. Karena pembuatannya dapat dilakukan di pabrik maupun di lokasi proyek. Maka dibuat desain yang efektif dan pemilihan dimensi komponen *precast* yang diharapkan mampu diangkat oleh 3 orang pekerja, sehingga kebutuhan alat berat dapat diminimalisir.

Salah satu cara klasik yang dapat digunakan untuk mengurangi berat isi beton adalah dengan menggunakan agregat ringan, bukan agregat normal dari batu dan pasir alam yang biasa. Persyaratan utama agar suatu bahan dapat digunakan sebagai agregat beton adalah tidak boleh ikut bereaksi bersama-sama dengan hidrasi antara semen dan air. Dengan tidak ikut bereaksi, maka agregat hanya berfungsi sebagai salah satu material pengisi (*filler*) untuk mencapai bentuk dan volume beton yang diinginkan. Persyaratan ini dapat dipenuhi oleh material *Styrofoam* yang bersifat menolak air (*hydrophobic*), (Giok Swan dan Sian, 2013).

Dari penjelasan di atas maka akan dilaksanakan pengembangan lebih lanjut tentang dinding panel berlubang *styrofoam* 50% dan 60% sebagai pengganti sebagian agregat halus dan agregat kasar dengan campuran *fly ash* 50% sebagai pengganti sebagian semen dan beragregat kasar ukuran maksimal 7 mm dengan perkuatan *wiremesh* dengan diameter $\varnothing 3,5$ mm.

Dinding panel dengan menerapkan metode *SCC* (*Self Compacting Concrete*) dan perkuatan *wiremesh*. Beton ini berisi material seperti agregat halus, agregat kasar, semen, *fly ash*, air, *superplastizier*, *styrofoam*, serat senar gelas dan *wiremesh*. Pembuatan dinding panel diusahakan agar tetap memenuhi syarat (SNI 03-3122-1992).

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Tahapan penelitian ini dimulai dari mempelajari studi literatur dan mempersiapkan bahan yang terdiri dari semen (PC) tipe I, Agregat halus (PS) Merapi dari Boyolali, agregat kasar (Kr) ukuran 7 mm, *fly ash* didapat dari PT. Varia Usaha Beton Solo, *Styrofoam* berbentuk butiran mutiara $\varnothing 3-5$ mm. *Wiremesh* ukuran $\varnothing 3,5$ mm dengan sengkang 5 cm x 5 cm, *Superplasticizer* berupa *Viscocrete* 1003 produksi PT. SIKA dan senar gelas dengan panjang 4 cm. Selanjutnya dilakukan pengujian agregat halus (SNI 2816-2014) seperti pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, *SSD*, kandungan lumpur, gradasi, dan bahan organik. Untuk pengujian agregat kasar (SNI 2417-2008) pengujiannya meliputi pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, gradasi, dan keausan agregat. Setelah data uji didapatkan selanjutnya dilakukan *mix design* perencanaan campuran beton dengan nilai *fas* 0,303 dan bahan tambah *superlasticizer* sejumlah 1,5 % dari pemakaian semen. Komposisi bahan campuran dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Kebutuhan dan Proporsi campuran per m³

Material	Campuran <i>Styrofoam</i> 0%	Campuran <i>Styrofoam</i> 50%	Campuran <i>Styrofoam</i> 60%
Air (liter)	205	205	205
Semen (kg)	405,90	202,95	202,95

<i>Flyash</i> (kg)	-	161,07	161,07
Pasir (kg)	954,86	477,428	381,942
<i>Styrofoam</i> (kg)	-	3,352	4,022
Kerikil (kg)	781,245	390,623	312,498
<i>Superplasticizer</i> (liter)	1,815	1,815	1,815
Serat 1 % (kg)	-	1,607	1,607
Jumlah (kg)	2347	1443,844	1270,905

Setelah diperoleh komposisi yang dibutuhkan langkah berikutnya pembuatan beton *styrofoam* variasi 0 %, 50 % dan 60 % dengan campuran *fly ash* 50 % (SNI 03-4431-2011) dengan menggunakan metode SCC. Pada tahap ini dilakukan pengujian *slump* pada beton segar sebelum dimasukkan ke dalam cetakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan beton. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dinding panel beton *styrofoam* berlubang dengan ukuran 122 cm x 40 cm x 12 cm yang diperkuat dengan tulangan *wiremesh* Ø3,5 mm. Pada dinding panel tersebut diberi lubang dengan ukuran 4 cm x 8 cm sebanyak 4 buah.



Gambar 1. Benda Uji Dinding Panel Beton *Styrofoam* Berlubang

Untuk perawatan benda uji dilakukan selama 90 hari. Untuk langkah selanjutnya dilakukan pengujian berat volume. Pengujian kuat tekan (SNI 1974-2011) menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM), dan Pengujian kuat lentur dinding panel dengan satu titik pembebanan ditengah (SNI 03-4151-1996) menggunakan alat *Loading Frame*. Setelah dilakukan pengamatan dan pengujian didapatkan data yang kemudian didapatkan hasil analisis dan kesimpulan.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus pada penelitian ini mengacu pada standar SNI. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian Agregat halus

No	Jenis Pengujian	Hasil	Standard SNI
1	Kandungan bahan organik	No. 2	SNI 2816-2014
2	<i>Saturated Surface Dry</i> (SSD)	3,63	SNI 1970- 2008
3	Kandungan lumpur	0,82%	< 5%. SNI 03-4142- 1996
4	Berat jenis nilai penyerapan	1,01 %	< 5%. SNI 03-1970-2008
5	Gradasi agregat halus	Dearah 2	(SNI 03-2847-2002)

Dari hasil pengujian diatas agregat halus pasir memenuhi syarat dari SNI sebagai material penyusun beton.

2. Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat halus pada penelitian ini menggunakan mengacu pada standar SNI. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil	Standard SNI
1	Berat jenis dan penyerapan	5,85 %	SNI 1969-2008
2	Gradasi agregat kasar	1,15 %	(SNI 03-2847-2002)
3	Keausan Agregat	59,4 %	

Dari hasil pengujian diatas agregat halus pasir memenuhi syarat dari SNI sebagai material penyusun beton.

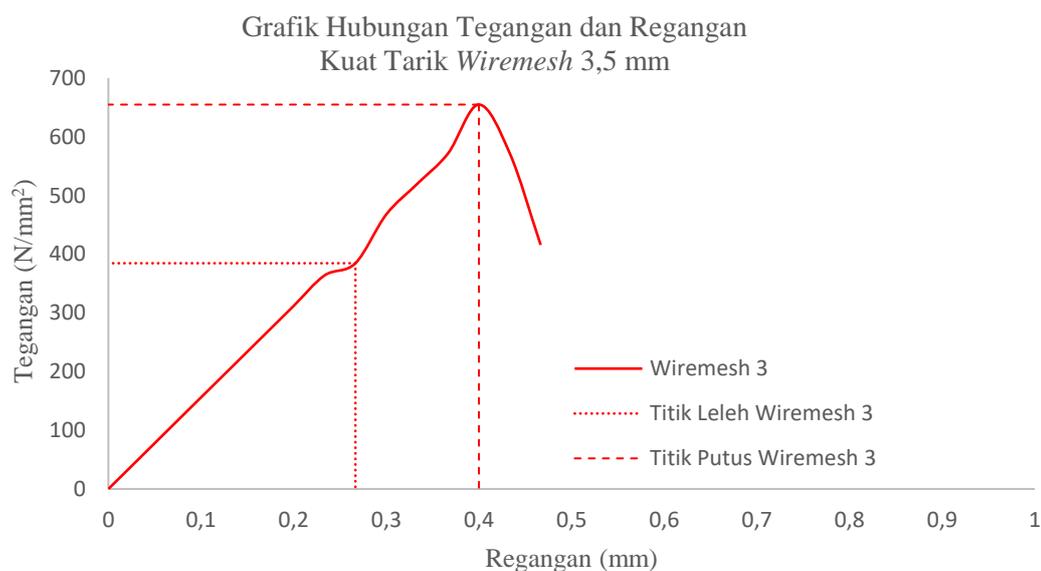
3. Pengujian Kuat Tarik Tulangan

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* yang ada di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Hasil dari pengujian tulangan baja dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tarik Wiremesh

Benda Uji	P leleh (N)	P putus (N)	Luas Tulangan (mm)	f_y (N/mm ²)	f_{kap} (N/mm ²)
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
			f_y rata rata	363,78	623,63

Dari hasil pengujian kuat tarik *wiremesh* 3,5 mm didapatkan data tegangan dan regangan yang diberikan, berikut merupakan salah satu grafik dari benda uji *wiremesh* yaitu benda uji nomor 3, lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik 1. berikut ini:



Dari hasil pengujian diperoleh rata-rata F_{kap} untuk tulangan *wiremesh* dengan diameter 3,5 mm dan jarak antar tulangan 50 mm sebesar 623,63 N/mm² dan nilai f_y sebesar 363,78 N/mm².

4. Pengujian Slump

Pengujian *slump* dilakukan sebelum campuran beton dituang ke dalam bekisting. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui *workability* dan kekentalan adukan beton yang akan dituang ke dalam bekisting beton. Hasil dari pengujian *slump* ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian *slump*

No	Benda Uji	Slump rata-rata (cm)
1	<i>Styrofoam</i> 50%	19,75
2	<i>Styrofoam</i> 60%	18,25

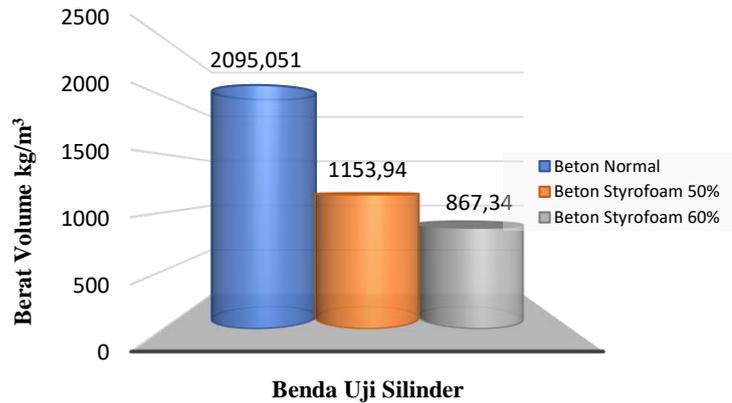
Dari hasil pengujian dapat dilihat nilai *slump* rata-rata pada campuran *Styrofoam* 50% sebesar 19,75 cm dan pada campuran *Styrofoam* 60% sebesar 18,25 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa beton pada keadaan diantara beton *Self Compacting Concrete* dan *high workability concrete* dimana tingkat kelecakannya tidak terlalu rendah dan tidak terlalu tinggi namun beton tetap digunakan dengan bantuan pemadatan. Secara umum semakin banyak jumlah serat yang ditambahkan ke dalam adukan beton, maka nilai *workability*-nya semakin menurun (Agus dan Slamet, 2010). Hasil pengujian *slump* beton ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengujian *Slump*

5. Pengujian Berat Jenis Beton

Pengujian ini dilakukan sebelum dilakukannya pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder. Berat jenis beton dapat dilakukan dengan cara menimbang dan mengukur tinggi serta diameter benda uji, sehingga didapatkan berat dan volume benda uji tersebut. Hasil pengujian berat jenis beton ini dapat dilihat pada Gambar 3. di bawah ini.



Gambar 3. Hasil Pengujian Berat Volume Beton Ringan *Styrofoam*

Dari hasil pengujian pada Gambar 3. menunjukkan berat jenis silinder beton ringan dengan *styrofoam* 50% dan 60% dengan campuran serat benang gelas lebih ringan berturut-turut 45% dan 59% dari beton normal tanpa menggunakan *styrofoam*. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kandungan *styrofoam* jelas semakin ringan betonnya dan semakin kecil kuat tekannya (Azhari, 2008).

Hal ini sedikit berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Azhari (2008) dimana nilai berat jenis rata-ratanya dengan penambahan *Styrofoam* 50% sebesar 1031 kg/m³ dengan penambahan *Styrofoam* 60% sebesar 919 kg/m³ dan sebagai pembanding untuk beton normal tanpa menggunakan *styrofoam* dan benang gelas diperoleh rata-rata sebesar 2095,051 kg/m³. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 bahwa berat jenis beton ringan tidak boleh lebih dari 1900 kg/m³ sehingga penelitian ini sudah sesuai dengan yang diisyaratkan peraturan SNI.

6. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian ini dilaksanakan setelah benda uji silinder beton berumur 90 hari. Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan silinder beton. Hasil pengujian kuat tekan beton ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian kuat tekan silinder beton

No	Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
1	<i>Styrofoam</i> 50%	23,67
2	<i>Styrofoam</i> 60%	8,28
3	Beton Normal	213,90

Dari hasil pengujian kuat tekan silinder beton didapatkan nilai kuat tekan rata-rata silinder beton ringan dengan *styrofoam* 50% dan *styrofoam* 60% benang gelas 1% masing-masing mengalami penurunan sebesar 90% dan 97% dari beton normal tanpa menggunakan *styrofoam*. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa dengan penggunaan sebagian *styrofoam* sebagai pengganti sebagian agregat sebesar 50% dan 60% dapat mengurangi kuat tekan beton tersebut karena dengan pengurangan volume pasir dan kerikil oleh butiran *styrofoam* dapat dianggap sebagai rongga udara yang memiliki kakuatan lebih rendah dibandingkan dengan tanpa rongga udara. *Styrofoam* juga menyebabkan rongga udara pada beton menjadi lebih besar dan beton menjadi semakin ringan. Selain itu penurunan kekuatan beton juga dikarenakan permukaan *styrofoam* yang licin, sehingga tidak terjadi pengikatan yang sempurna antara agregat *styrofoam* dengan agregat penyusun beton lainnya (Ernawati, 2014). Pada penelitian Halim (2019) pengujian kuat tekan silinder beton didapatkan nilai kuat tekan rata-rata silinder beton ringan dengan penambahan serat gelas 0,5% sebesar 7,14 N/mm² dan penambahan serat gelas 1% sebesar 12,83 N/mm². Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat benang gelas dapat menambahkan kuat tekan beton ringan dikarenakan serat pada beton dapat mencegah retak-retak rambut menjadi retakan yang lebih besar sehingga dapat meningkatkan ketahanan terhadap kuat lentur dan kuat tekan. Kuat tekan menunjukkan bahwa beton *styrofoam* termasuk beton non struktural karena $f'c < 20$ Mpa (SNI 03-6468-2000).

Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Azhari (2008), dimana pada pemakaian styrofoam 50% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 4,521 N/mm dan 3,126 N/mm untuk pemakaian styrofoam 60% dimana pada penelitian ini menggunakan bottom ash sebesar 20% dan penggunaan styrofoam yang diparut/digerus menjadi butiran-butiran.

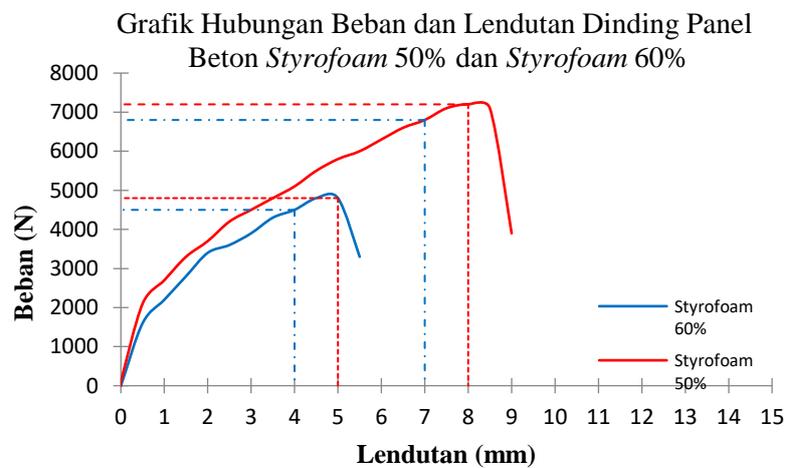
7. Pengujian Kuat Lentur Dinding Panel

Pada penelitian ini pengujian kuat lentur dinding panel dilakukan pada umur beton 90 hari dengan metode pembebanan yakni pembebanan satu titik terpusat yang diletakkan pada di tengah benda uji, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4. berikut:



Gambar 4. Beban titik

Dari hasil pengujian lentur pada panel dinding didapatkan data lendutan dan beban titik yang diberikan, lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik V.4. berikut ini:



Grafik V.4. Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Dinding Panel Beton Styrofoam 50% dan Styrofoam 60%

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa setelah mengalami keretakan awal beton tidak dapat lagi memikul beban yang lebih besar dari yang diterimanya. Pada dinding beton dengan styrofoam 50% kondisi retak awal terjadi pada beban 6800 N dengan nilai lendutan 7,0 mm dan beban maksimum yang dapat ditahan sebesar 7200 N dengan nilai lendutan 8,00 mm. Sedangkan pada styrofoam 60% kondisi retak awal terjadi pada beban 4500 N dengan nilai lendutan 4,0 mm dan beban maksimum sebesar 4800 N dengan nilai lendutan 5,0 mm. Kondisi beban maksimal terjadi tidak lama setelah kondisi retak awal terjadi hal ini dikarenakan kurang padatnya beton yang mempunyai rongga yang besar serta kurang mengikatnya agregat styrofoam dengan agregat penyusun yang lain.

8. Analisa Kekakuan Dinding Panel 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 antara beban dan lendutan. Hasil nilai kekakuan didapat pada saat dinding panel mengalami retak awal dibagi dengan lendutan. Hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 7. dibawah ini:

Tabel V 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%	6800	7	971,43
2	<i>Styrofoam</i> 60%	4500	4	1125,00

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai kekakuan untuk dinding panel beton *styrofoam* 50% dan benang galasan 1% dengan perkuatan *wiremesh* ukuran Ø3,5 mm sebesar 971,43 N/mm dan 1125,00 N/mm untuk penambahan *styrofoam* 60%. Dalam penelitian Fahrudin, (2013) nilai kekakuan pada dinding panel dengan penambahan Styrofoam 20% dengan dimensi dinding 122x50x12 cm memiliki nilai kekakuan sebesar 2228,57 N/mm

9. Analisa Panjang Maksimum Dinding Panel Styrofoam

Analisa panjang maksimum untuk mengetahui seberapa panjang maksimum yang bisa dibuat dinding panel *Styrofoam* dengan variasi *Styrofoam* 50% dan 60% dengan campuran *Fly ash* sebesar 50% dan serat senar gelas 1% dengan perkuatan *Wiremesh*. Menggunakan asumsi beban sandaran pada jembatan sebesar 100 kg = 1 kN, dengan rumus :

$$M_{max} = \frac{1}{4} P \cdot L + \frac{1}{8} q \cdot L^2 \dots\dots\dots (R.1.)$$

Dengan :

- Mmax = Kuat Lentur (Mpa)
- P = Beban maksimum (N)
- q = Berat sendiri Pelat (N)
- L = Panjang bentang pengujian (mm)
- b = Lebar Benda Uji (mm)

Tabel 8. Perhitungan Panjang Maksimum

Benda Uji	P retak awal (kg)	Berat Benda Uji "q" (kg)	Panjang Benda Uji (m)	Panjang Bentang Pengujian (m)	momen	P Rencana (kg)	Panjang Benda Uji Maks (m)	Momen panjang maksimum
<i>Styrofoam</i> 50%	680	62,60	1,22	1,08	216,527	100	8,29	216,377
<i>Styrofoam</i> 60%	450	52,10	1,22	1,08	144,846	100	5,48	144,596

Dari tabel 8. perhitungan panjang maksimum di atas didapatkan panjang benda uji maksimum dinding panel *styrofoam* 50% dan serat benang gelas sebesar 8,29 meter dan 5,48 meter untuk dinding panel *styrofoam* 60% dan serat benang gelas. Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Alfian (2019) dimana didapatkan panjang benda uji maksimum dinding panel *styrofoam* 50% sebesar 4 meter dan 3,2 meter untuk dinding panel *styrofoam* 60%.\

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Hasil pengujian berat volume panel dinding *styrofoam* dan senar gelas dengan perkuatan *wiremesh* menunjukkan bahwa semakin banyaknya *styrofoam* maka membuat jumlah rongga pada beton semakin banyak yang menyebabkan beton menjadi semakin ringan. Berat volume menunjukkan bahwa beton *styrofoam* termasuk kategori beton ringan yaitu $<1900 \text{ kg/cm}^3$ (SNI 03-2847-2002).
2. Hasil pengujian kuat tekan silinder beton *styrofoam* menunjukkan bahwa dengan penggunaan sebagian *styrofoam* sebagai pengganti sebagian agregat sebesar 50% dan 60% dapat mengurangi kuat tekan beton tersebut karena dengan pengurangan volume pasir dan kerikil oleh butiran *styrofoam* dapat dianggap sebagai rongga udara yang memiliki kakuatan lebih rendah dibandingkan dengan tanpa rongga udara. *Styrofoam* juga menyebabkan rongga udara pada beton menjadi lebih besar dan beton menjadi semakin ringan. Selain itu penurunan kekuatan beton juga dikarenakan permukaan *styrofoam* yang licin, sehingga tidak terjadi pengikatan yang sempurna antara agregat *styrofoam* dengan agregat penyusun beton lainnya (Ernawati, 2014). Kuat tekan menunjukkan bahwa beton *styrofoam* termasuk beton non struktural karena $f'c < 20 \text{ Mpa}$ (SNI 03-6468-2000).
3. Hasil analisa nilai kekakuan dinding panel beton *styrofoam* dengan senar gelas dan menggunakan tulangan *wiremesh* ukuran 3,5 mm sebesar 971,43 N/mm untuk beton *styrofoam* 50% dan 1125 N/mm untuk beton *styrofoam* 60%.
4. Hasil analisa perhitungan panjang maksimum yang bisa dicapai pada dinding panel beton *styrofoam* dengan variasi *styrofoam* 50% adalah 8,29 m dan untuk variasi *styrofoam* 60% adalah 5,48 m.

Saran

1. Perlu adanya kalibrasi alat secara rutin agar pembacaan data hasil penelitian dapat lebih akurat.
2. Pelunya ketelitian dalam menentukan momen retak awal pada saat pengujian di laboratorium.
3. Untuk penelitian berikutnya perlu dipikirkan metode pembuatannya agar permukaan betonnya rata dan rapi.
4. Penelitian bisa dikembangkan lagi dengan mengganti variasi penambahan *styrofoam* dan agregat kasar yang lebih baik lagi.

V. REFERENSI

- [1] Antoni, dan Paul Nugraha, 2007. *Teknologi Beton*, Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.
- [2] Azhari, 2008. *Pemanfaatan Limbah Styrofoam Pada Pembuatan Beton Ringan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- [3] Bilmeyer, Jr, FW. 1984. *Text Book of Polymer Science*. Third Edition, John Wiley & Sons, Inc.,Singapore.
- [4] BSN, 2008. *Cara Uji Slump Beton*, SNI 1972:2008, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [5] BSN, 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*, SNI 1974:2011, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [6] Crawford, R.J. 1998. *Plastic Engineering*. Third Edition.
- [7] EFNARC. *Specification and Guidelines for Self Compacting Concrete*. United Kingdom. 2002
- [8] EFNARC. *The European Guidelines for Self Compacting Concrete- Specifications, Productions, and Use*. United Kingdom. 2005.
- [9] Enda Dedi, Saptahari Mudijana S. Poetra, Sigit Darmawan, Ivan Sandi Darma, 2016. *Kajian Eksperimental Material Dan Elemen Dinding Beton Beragregat Kasar Styrofoam Dengan Lapisan Coating*. Jurnal Teknik Sipil, Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil.
- [10] Fahrudin, Z., 2013. *Tinjauan Kuat Lentur Dinding Panel Beton Ringan Menggunakan Campuran Styrofoam dengan Tulangan Kawat Jaring Kassa Welded Mesh*, Naskah Publikasi bulan mei 2013, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UMS, Surakarta.
- [11] Giri, Ida Bagus Darma, I Ketut Sudarsana dan Ini Made Tutarani, 2008. *Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Penambahan Styrofoam (styrocon)*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Universitas Udayana, Denpasar.
- [12] Harper, Charles A, 2003. *Plastics Materials and Processes: A Concise Encyclopedia*. John Wiley & Sons, Inc.

- [13] Jihad H dan Ali Jihad, 2014. *A Clasification of Lightweight Concrete: Materials, Properties and Application Review*. International Journal of Advanced Engineering Application Vol. 7, Issue 1, pp. 52-57
- [14] Kenanga, Aditya dkk, 2017. *Durabilitas Blok Beton Sandwich dengan Isian Styrofoam di Lingkungan Afresif*. G-SMART Jurnal Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang
- [15] Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [16] Priadana K. Agus, 2011. *Karakteristik Fly Ash Berdasarkan Sifat Fisik dan Kimia*, Tugas Akhir, ITS. Surabaya
- [17] Rivani, Agus dan Shyma Maricar. 2009. *Jurnal SMARTek*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako. Palu.
- [18] Riyadi, M dan Amalia, 2005. *Teknologi Bahan I*. Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta.
- [19] Santoso, Agus dan Slamet Widodo, 2010. *Efek Penambahan Serat Polypropoylene Terhadap Daya Lekat Dan Kuat Lentur Pada Rehabilitasi Struktur Beton Dengan Self-Compacting Repair Mortar (SCRM)*. Jurusan Pendidikan Teknik Sipil & Perencanaan, Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- [20] Santoso, A, Slamet Widodo dan Faqih Ma'arif, 2011. *Pemanfaatan Limbah Styrofoam (Expanded Polyesterene) Untuk Pembuatan Dinding Struktural Beton Ringan Ramah Lingkungan*. Jurusan Pendidikan Teknik Sipil & Perencanaan, Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- [21] Santoso, B J, 2019. *Tinjauan Kuat Lentur Dinding Panel Beton Ringan Menggunakan Campuran Styrofoam Dengan Perkuatan Wiremesh*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- [22] Satyarno, I. 2004. *Penggunaan Semen Putih Untuk Beton Styrofoam Ringan (Batafoam)*. Laboratorium Bahan Konstruksi Jurusan Teknik sipil UGM. Yogyakarta.
- [23] SNI, 2008. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, SNI 03-2834-2008, Badan Standar Nasional. Jakarta.
- [24] Sri S, Ernawati dan Taufiq Lilo Adi S. 2014. *Tinjauan Penambahan Limbah Styrofoam dan Fly Ash Terhadap Berat Jenis, Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Ringan Struktural*. Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik dan Kejuruan. UNS. Surakarta.
- [25] Sudipta I Gusti Ketut dan Ketut Sudarsana, 2009. *Permeabilitas Beton Dengan Penambahan Styrofoam*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Universitas Udayana. Denpasar.
- [26] Swan, Cecilia Lauw Giok dan Buen Sian, 2013. *Penelitian Beton Ringan Non-Striktural Dengan Agregat Styrofoam Bekas*. LPPM. Universitas Katolik Parahyangan. Bandung.
- [27] Triwulan, Januarti J.E, Pujo A, dan Andika P, 2011. *Self Compacting Concrete (SCC) Using Bromo Volcano Ash*. Departement of Civil Engineering, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [28] Zaini, Nur Alfian, 2019. *Tinjauan Kuat Lentur Dinding Panel Beton Styrofoam Berlubang Dengan Campuran Fly Ashpada Sambungan Kolom Berbentuk Persegi*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- [29] Zein, Fatih Haqu. 2016. *Analisis Sifat Mekanis Beton SCC Menggunakan Bahan Tambah Superplasticizier Dengan Pemanfaatan High Volume Fly Ash Concrete*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.