

## TINJAUAN KUAT LENTUR TERHADAP DINDING PANEL BETON *STYROFOAM* DENGAN KOMBINASI KALSIBOARD SEBAGAI LAPISAN LUAR

Mochamad Solikin<sup>1</sup>, Arindra Novan Rochmadi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 pabelan Kartasura Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia  
Email: <sup>1)</sup> [msolikin@ums.ac.id](mailto:msolikin@ums.ac.id); <sup>2)</sup> [arindranovan2019@gmail.com](mailto:arindranovan2019@gmail.com)

### Abstrak

Perkembangan konstruksi setiap tahunnya semakin berkembang, banyak inovasi-inovasi yang sudah digunakan dalam dunia konstruksi, misalnya pembuatan beton ringan. Terdapat banyak bahan yang digunakan dalam pembuatan beton ringan salah satunya dengan menggunakan bahan Styrofoam. Pada penelitian ini benda uji berupa dinding panel beton Styrofoam dengan dimensi 120cm x 40cm x 8cm serta menggunakan kalsiboard sebagai bahan lapisan luar yang diikat dengan baut. Variasi penggantian agregat halus dengan Styrofoam adalah 40% dan 60%. Penelitian ini menggunakan perbandingan 1:3 antara campuran semen dan agregat halus dihitung dari berat volumenya. Nilai fas yang digunakan sebesar 0,4 serta bahan tambah superplastizicer dari produk PT.SIKA sebesar 1,5% dari jumlah semen. Self Compacting Concrete menjadi metode pencampuran karena campuran beton bisa memadat sendiri pada saat proses pengecoran. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dari hasil penelitian menunjukkan nilai Slump Flow T50 dari variasi 40% dan 60% adalah 76 cm dan 63 cm. Pada berat volume diketahui nilainya secara berturut-turut 1661,81 kg/m<sup>3</sup> dan 1347,29 kg/m<sup>3</sup>. Pengujian kuat tekan diperoleh nilai rata-rata secara berurutan 39,21 kg/cm<sup>2</sup> dan 30,63 kg/cm<sup>2</sup>. Pada pengujian kuat lentur diperoleh rata-rata secara berurutan 0,29 N/mm<sup>2</sup> dan 0,23 N/mm<sup>2</sup>. Dapat diambil kesimpulan setiap penambahan Styrofoam menjadikan penurunan pada nilai berat volume, kuat tekan, dan kuat lentur.

**Kata kunci :** Dinding panel beton ringan, SCC, Styrofoam.

### PENDAHULUAN

*Styrofoam* merupakan limbah dari pemakaian aktifitas manusia seperti tempat makanan dan minuman, pengemas pengaman barang elektronik, mesin maupun pecah belah, dekorasi dan sebagainya. *Styrofoam* mempunyai efek merusak lingkungan hidup, karena sampah *styrofoam* di tanah nyaris tidak dapat terurai. *Styrofoam* saat ini mulai dilirik dalam dunia konstruksi. Berat jenis *styrofoam* yang relatif ringan dinilai mampu untuk mencapai syarat beton ringan yaitu 1900 kg/m<sup>3</sup> (SNI 03-2847-2002).

Menurut Tjokrodinuljo (2003), beton ringan adalah beton yang mempunyai berat jenis beton antara 1000-2000 kg/m<sup>3</sup>. Berdasarkan berat jenis dan pemakaiannya beton dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Jenis-jenis beton berdasarkan berat jenis dan pemakaiannya

Jenis Beton	Berat Jenis Beton (kg/m <sup>3</sup> )	Pemakaian
Beton sangat ringan	<1000	Non struktur
Beton ringan	1000-2000	Struktur ringan
Beton normal	2300-2500	Struktur
Beton berat	>3000	Perisai sinar X

(Sumber: Tjokrodinuljo, 2003)

Satyarno (2004), telah melakukan penelitian penggunaan *styrofoam* untuk pembuatan beton ringan yang menggunakan semen biasa atau Tipe 1. Jika beton normal mempunyai berat jenis sekitar 2400 kg/m<sup>3</sup>, maka beton dengan campuran *styrofoam* dapat mempunyai berat jenis hanya sekitar 240 kg/m<sup>3</sup> – 800 kg/m<sup>3</sup> dengan presentasi *styrofoam* 80%.

Salah satu metode yang dilakukan dengan bahan *Styrofoam* menggunakan metode SCC. Metode pembuatan beton SCC (*Self Compacting Concrete*) atau beton memadat sendiri telah dicoba

untuk mendapatkan bata beton ringan *styrofoam* yang homogen dan sekaligus lebih baik menjaga nilai kuat tekannya (Solikin dan Iksan, 2017).

*Self Compacting Concrete* (SCC) merupakan beton yang mampu memadat sendiri dengan *slump* yang cukup tinggi. Dalam proses penempatan pada volume bekisting (*placing*) dan proses pemadatannya (*compaction*), SCC tidak memerlukan proses penggetaran seperti pada beton normal. SCC mempunyai *flowbility* yang tinggi sehingga mampu mengalir, memenuhi bekisting, dan mencapai kepadatan tertingginya sendiri (EFNARC, 2005). *Self Compacting Concrete* sebagai suatu varian beton memiliki karakteristik sebagai beton dengan tingkat *workability* yang baik, maka SCC harus memenuhi kriteria-kriteria (EFNARC, 2002), seperti:

- 1). Kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan (*filling ability*)
- 2). Kemampuan campuran beton untuk melewati elemen struktur dengan tulangan yang rapat (*passing ability*)
- 3). Ketahanan beton terhadap segregasi (*segregation-resistence*)

Dinding panel (beton ringan) adalah yang merupakan bahan bangunan jenis baru, memiliki kualitas yang baik antara lain pada proteksi kebakaran, isolasi termal, perlindungan lingkungan, hemat energi, instalasi cepat. Dinding panel merupakan alternatif material pengganti untuk dinding selain Bata merah, Bata ringan dan Batako yang umum digunakan.

Dalam penelitian Akbar (2014), Setelah diketahui produktivitas pelaksanaan pengerjaan dinding menggunakan material MPanel, maka dapat diketahui waktu pengerjaan seluruh dinding seluas 5550 m untuk masing – masing jenis pengamatan yaitu : pemasangan dinding adalah 18.2 jam dan pemlesteran dinding tahap I adalah 2.2 jam. Sehingga waktu yang dicapai dalam pengerjaan dinding MPanel dinilai efisien.

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini akan dilaksanakan untuk mengembangkan lebih lanjut tentang dinding panel beton *styrofoam* dengan *kalsiboard* sebagai bahan lapisan luar yang diikat dengan baut, namun tetap memenuhi syarat dinding beton ringan (SNI 03-0349-1989). Variasi penggantian *styrofoam* dari volume agregat adalah 40% dan 60%. Pengujian dinding panel beton *styrofoam* dilakukan pada umur beton 28 hari.

Berdasarkan latar belakang masalah yang dikemukakan di atas, maka dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana nilai dari kuat tekan, kuat lentur dan berat volume dinding panel beton *styrofoam* dengan variasi *styrofoam* 40% dan 60% di uji pada umur beton 28 hari. Tujuan dari penelitian dinding panel beton *styrofoam* ini adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan, kuat lentur, dan berat volume dinding panel beton *styrofoam*. Agar tercapai maksud dan tujuan penelitian, maka dalam pembahasan tugas akhir ini penulis memberikan batasan-batasan masalah pada penelitian ini, sebagai mana ada 3 pengujian yang dilakukan yaitu uji kuat lentur (SNI 4431-2011), uji kuat tekan beton (SNI 1974-2011), dan berat volume (SNI 1973-2008). Benda uji menggunakan bahan campuran *styrofoam* dengan tujuan sebagai pengganti sebagian agregat halus menggunakan variasi campuran 40% dan 60%. *Mix design* benda uji menggunakan perbandingan volume PC:PS = 1:3 dari berat volume, dan nilai fas 0,4. *Superplasticizer* yang digunakan adalah *Viscocrete* 10 produksi PT. Sika dengan kadar 1,5 % dari berat semen. Pengujian benda uji dilakukan pada umur 28 hari.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dimensi yang digunakan adalah 120 x 40 x 8 cm dan silinder beton D15 x tinggi 30 cm. *Mix design* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tahapan penelitian dimulai dari tahap ke-1 sampai tahap ke-5. Tahap ke-1 yang dilakukan meliputi penyusunan kajian pustaka, desain benda uji, dan penyiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Selanjutnya tahap ke-2 meliputi pengujian material. Pada tahap ini ada beberapa pengujian karakteristik bahan uji, yang dilakukan sebagai berikut :

- a. Pengujian *portland cement* (SNI 15-2049-2004)
- b. Pengujian agregat halus (SNI 1970:2008)
- c. Pengujian *Styrofoam*

**Tabel 2.** *Mix design* bata beton 1m<sup>3</sup>

Material	Penggantian Agregat 60% dengan <i>Styrofoam</i>	Penggantian Agregat 40% dengan <i>Styrofoam</i>
Pasir	682,51	1023,77
Semen	470	470
<i>Styrofoam</i>	3,73	2,48
Air	188	188
<i>Superplasticizer</i>	7,05	7,05
Jumlah	1351,29	1691,3

Tahapan penelitian dimulai dari tahap ke-1 sampai tahap ke-5. Tahap ke-1 yang dilakukan meliputi penyusunan kajian pustaka, desain benda uji, dan penyiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Selanjutnya tahap ke-2 meliputi pengujian material. Pada tahap ini ada beberapa pengujian karakteristik bahan uji, yang dilakukan sebagai berikut :

- Pengujian *portland cement* (SNI 15-2049-2004)
- Pengujian agregat halus (SNI 1970:2008)
- Pengujian *Styrofoam*

Kemudian tahap ke-3 meliputi pembuatan dan perawatan benda uji dinding panel beton *Styrofoam*. Pada pembuatan benda uji terdapat satu pengujian yaitu *Pengujian Slump Flow T50* (Spesifikasi Khusus-Intern SKh-1.10.14 Beton Memadat Sendiri, Kementrian PUPR). Pada tahap ke-4 dilakukan pengujian dinding panel beton *Styrofoam* yang telah berumur 28 hari. Pengujian yang dilakukan sebagai berikut :

- Pengujian berat volume dinding panel beton *Styrofoam*. (SNI 1973-2008).
- Pengujian kuat tekan dinding panel beton *Styrofoam*. (SNI 1974-2011)
- Pengujian kuat lentur dinding panel beton *Styrofoam*. (SNI 4431:2011)

Tahap ke-5 merupakan tahap terakhir meliputi analisis data dan kesimpulan. Pada tahap ini dilakukan pengolahan data terhadap pengujian karakteristik material dan benda uji. Selanjutnya melakukan pengamatan yang dapat ditarik suatu kesimpulan.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Material Agregat Halus

Berdasarkan pengujian material agregat halus didapat hasil pengujian kandungan bahan organik yaitu warna kuning dan memenuhi syarat SNI 2816-2014. Pengujian kandungan lumpur sebesar 4,47% < 5% sesuai dengan syarat SNI S-04-1989 F. Pengujian SSD diperoleh nilai penurunan 1,3 cm pada 15 tumbukan, 1,5 cm pada 20 tumbukan, dan 1,6 cm pada 25 tumbukan, maka memenuhi syarat SNI 1970-2008. Pengujian berat jenis spesifik agregat halus diperoleh berat jenis bulk 2,25, berat jenis SSD 2,42, berat jenis semu 2,70 dan penyerapan sebesar 7,53%, maka agregat halus sesuai dengan syarat SNI 1970-2008. Pengujian analisa saringan diperoleh nilai Modulus Halus Butir (MHB) 3,44. Memenuhi syarat dengan nilai MHB yang distandarkan SNI 03-1968-1990 yaitu 1,5 – 3,8. Secara umum agregat halus masuk ke dalam daerah gradasi II (pasir agak halus).

### Hasil pengujian benda uji dinding panel beton *Styrofoam*

#### *Slump flow T50*

Hasil pengujian *Slump Flow T50* beton segar dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai *Slump Flow T50* pada penggantian agregat halus 40% dengan *Styrofoam* diperoleh nilai 76 cm dan pada penggantian agregat halus 60% dengan *Styrofoam* diperoleh nilai 63 cm. Maka hasil yang didapatkan nilainya lebih dari 55 cm. Maka dapat dinyatakan semua kadar *Styrofoam* memenuhi syarat Spesifikasi Khusus-Intern SKh-1.10.14 Beton Memadat Sendiri (SCC) Kementrian PUPR. Tetapi semakin banyak pemakaian *Styrofoam* menurunkan nilai *Slump Flow T50*

**Tabel 3.** Hasil pengujian *Slump Flow T50*

No	Pemakaian <i>Styrofoam</i> (%)	Nilai <i>Slump</i> (cm)	Syarat T50 (cm)
1	40%	76	> 55
2	60%	63	

Untuk meyakinkan hasil pengujian *Slump Flow T50*, maka pengujian slump flow pada penelitian Erniati (2016) ini dilakukan sebanyak tiga kali. Hasil pengujian slump flow untuk beton SCC secara berturut - turut yaitu sebesar 72 cm, 71,75 cm dan 73 cm dengan rata-rata yaitu 72,25 cm dan telah memenuhi batas syarat nilai slump test yaitu 60 - 80 cm.



**Gambar 1.** Pengujian *Slump Flow T50*

*Berat volume beton Styrofoam*

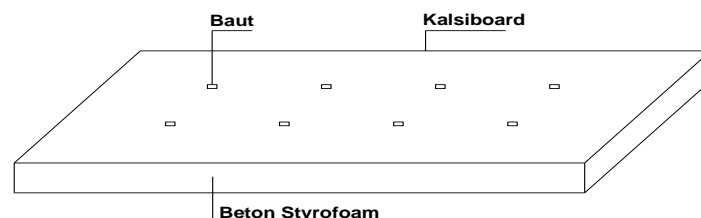
Hasil pengujian berat volume beton *Styrofoam* umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Berat volume beton tiap variasi *Styrofoam*

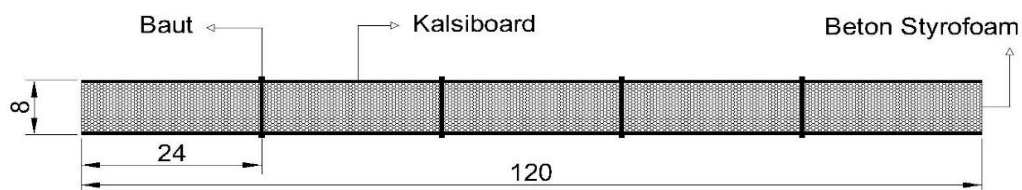
Variasi	Berat Volume Silinder Beton (kg/m <sup>3</sup> )	Berat Volume Dinding Panel Beton (kg/m <sup>3</sup> )
1 40%	1661,807	1733,185
2 60%	1347,299	1562,338

Dari tabel diatas dapat disimpulkan semakin banyak penggunaan *Styrofoam* sebagai pengganti agregat dapat menurunkan berat volume dari dinding panel beton *Styrofoam*. Hal ini disebabkan karena besarnya jumlah *Styrofoam* akan meningkatkan jumlah rongga di dalam dinding betonnya. Diperoleh berat volume silinder beton pada penggantian agregat 40% sebesar 1661,807 kg/m<sup>3</sup> dan pada penggantian agregat 60% sebesar 1347,299 kg/m<sup>3</sup>. Serta berat volume dinding panel beton pada penggantian agregat 40% sebesar 1733,185 kg/m<sup>3</sup> dan pada penggantian agregat 60% sebesar 1562,338 kg/m<sup>3</sup>.

Menurut penelitian A.Agung (2015), sebagai perbandingan nilai berat volume beton. Pada penggantian agregat 30% sebesar 1881,25kg/m<sup>3</sup> dan pada penggantian agregat 50% sebesar 1636,46 kg/m<sup>3</sup>.



**Gambar 2.** 3D Dinding Panel Beton *Styrofoam*



**Gambar 3.** Potongan dinding panel beton *Styrofoam*

*Sifat tampak dinding panel beton Styrofoam*

Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil pengujian sifat tampak dinding panel beton *Styrofoam*

No	Pemakaian <i>Styrofoam</i> (%)	Panjang Dinding Beton (cm)	Lebar Dinding Beton (cm)	Tebal Rata-rata Dinding Beton (cm)
1	40%	120,00	40,00	8,38
2	60%	120,00	40,00	8,1

Dari hasil pengujian diperoleh dimensi yang berbeda pada tebal dinding panel beton, dikarenakan pada saat meratakan campuran beton kurang rapi atau tidak merata. \

*Kuat Tekan Silinder Beton Styrofoam*

Hasil pengujian kuat tekan silinder beton *Styrofoam* umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil pengujian kuat tekan silinder beton *Styrofoam*

No	Pemakaian <i>Styrofoam</i> (%)	Beban (P) (N)	Beban Rata-rata (N)	Luas (A) (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (P/A) (N/mm <sup>2</sup> )
1	40% - 1	7300	6925	17662,5	3,92
2	40% - 2	6550			
3	60% - 1	4870	5410		3,06
4	60% - 2	5950			

Berdasarkan tabel di atas mendapatkan nilai kuat tekan silinder beton *Styrofoam* dengan penggantian agregat 40% didapat nilai kuat tekan rata-rata 3,92N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan pada penggantian agregat 60% diperoleh 3,06N/mm<sup>2</sup>. Diduga semakin banyak penambahan *Styrofoam* mengakibatkan penurunan pada kuat tekan beton, sehingga *styrofoam* dianggap sebagai rongga udara pada beton.

Sebagai pertimbangan nilai kuat tekan beton dari penelitian Azhari (2008), pada pemakaian 40% *Styrofoam* diperoleh kuat tekan 7,45N/mm<sup>2</sup>. Pemakaian 50% diperoleh 4,52N/mm<sup>2</sup> dan pemakaian 60% diperoleh 3,12 N/mm<sup>2</sup>. Penambahan volume *styrofoam* akan menurunkan kuat tekan beton secara signifikan yang disebabkan bobot *styrofoam* yang sangat ringan.



**Gambar 4.** Pengujian kuat tekan dengan *UTM*

*Kuat Lentur Dinding Panel Beton Styrofoam*

Hasil pengujian kuat lentur dinding panel beton *Styrofoam* dapat dilihat pada Tabel 7. Dilihat nilai kuat lentur pada masing-masing variasi, dinding panel beton *Styrofoam* pada penggantian agregat 40% dengan *Styrofoam* didapat kuat lentur 0,288 N/mm<sup>2</sup> dan untuk penggantian agregat 60% dengan *Styrofoam* didapat kuat lentur 0,232 N/mm<sup>2</sup>. Diduga dari hasil ini dapat dilihat bahwa penambahan *styrofoam* pada adukan beton akan mengakibatkan penurunan kuat lentur beton.

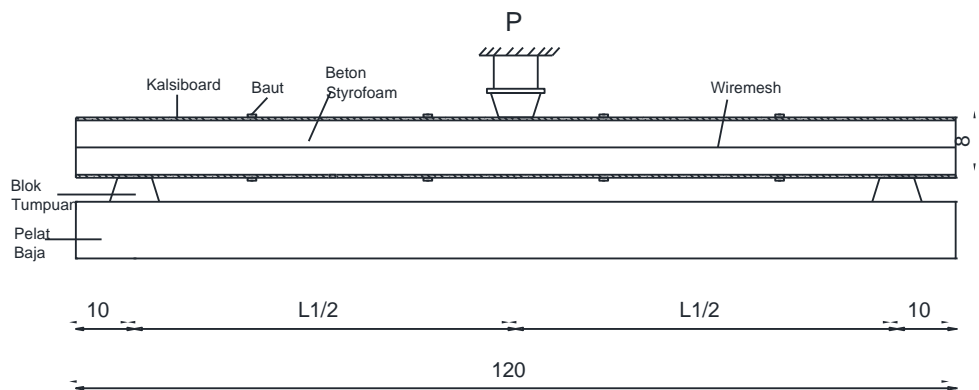
**Tabel 7.** Hasil pengujian kuat lentur pada umur 28 hari

No	Pemakaian Styrofoam (%)	Beban (P)		Panjang (L) (mm)	Lebar (b) (mm)	Tinggi (d) (mm)	f <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> Rata-Rata (N/mm <sup>2</sup> )
		(kN)	(N)					
1	40%	0,57	570	100	40	83,7	0,31	0,288
		0,57	570	100	40	81	0,33	
		0,47	470	100	40	86,7	0,23	
2	60%	0,37	370	100	40	81,3	0,21	0,232
		0,37	370	100	40	80,3	0,22	
		0,47	470	100	40	80,7	0,27	

Swan dan Sian (2013), dari penelitiannya menghasilkan nilai pengujian kuat lentur beton *Styrofoam* pada penggantian agregat 20% sebesar 3,5 N/mm<sup>2</sup>, pada penggantian agregat 60% sebesar 2,87 N/mm<sup>2</sup>, dan pada penggantian agregat 80% sebesar 2,47 N/mm<sup>2</sup>.



**Gambar 5.** Pengujian kuat lentur



**Gambar 6.** Sket pengujian kuat lentur

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan dari pengamatan dan dilakukan penelitian pembuatan dinding panel beton *styrofoam*, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Pengujian kuat tekan silinder beton *Styrofoam* diperoleh nilai kuat tekan rata-rata dari setiap *Styrofoam* 40% dan 60% sebesar 3,92 N/mm<sup>2</sup> dan 3,06 N/mm<sup>2</sup>.
- 2) Pengujian kuat lentur dinding panel beton *Styrofoam* diperoleh nilai pada penggunaan *Styrofoam* 40% dan 60% sebesar 0,288 N/mm<sup>2</sup> dan 0,232 N/mm<sup>2</sup>.
- 3) Diperoleh berat volume silinder beton pada penggantian agregat 40% sebesar 1661,807 kg/m<sup>3</sup> dan berat volume dinding panel beton pada penggantian agregat 60% sebesar 1347,29 kg/m<sup>3</sup>.

Dari kedua variasi mampu mencapai untuk memenuhi syarat beton ringan yaitu  $1900 \text{ kg/m}^3$  (SNI 03-2847-2002).

- 4) Berdasarkan hasil pengamatan variasi yang paling optimum adalah penggunaan *Styrofoam* 40% dengan nilai kuat tekan  $3,92 \text{ N/mm}^2$ . Variasi ini dapat digunakan untuk pembuatan dinding beton karena memenuhi syarat kuat tekan yaitu  $2,5 \text{ N/mm}^2$  menurut (SNI 1974-2011) tergolong dalam mutu beton tingkat IV.

### Saran

Setelah dilakukan penelitian dari tahap persiapan hingga tahap analisis data dan kesimpulan, maka ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, sebagai berikut :

- 1). Dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya dengan variasi *Styrofoam* yang lebih banyak.
- 2). Besarnya bahan tambah *Superplasticizer* nilainya bisa ditetapkan dan penggunaan air menyesuaikan, sehingga hasil dari pencampuran beton bisa maksimal.
- 3). Nilai *Slump flow T50* dengan metode SCC dianjurkan mendekati batas minimalnya sebesar 55 cm, supaya campuran beton tidak terlalu cair.
- 4). Pada saat pencampuran material diusahakan sekali tes *Slump flow T50* , dikarenakan pengulangan tes *Slump flow T50* mengakibatkan waktu pencampuran semakin lama dan campuran beton cepat mengeras.
- 5). Pemasangan *kalsiboard* sebagai lapisan luar hasilnya kurang baik, pada penelitian selanjutnya bisa menambahkan acian pada lapis *kalsiboard* supaya kuat lekat dengan beton *Styrofoam* hasilnya lebih baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- A.Agung, 2015. Karakteristik Beton Ringan Dengan Bahan Pengisi Styrofoam, Teknik Sipil Universitas Hasanudin: Makasar.
- Azhari, 2008. Pemanfaatan Limbah Styrofoam Pada Pembuatan Beton Ringan, Teknik Sipil Universitas Riau: Pekanbaru.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.SNI 03-2847-2002, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.SNI 1970-2008, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2011. Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan. SNI 03-4431-1997, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder.SNI 1974-2011, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2017. Beton Memadat Sendiri (Self Compacting Concrete). Spesifikasi Khusus-interm-1.10.14. Jakarta.
- EFNARC., 2002. Specification an Guindlines For Self Compacting Concrete, Farnham: Association House.
- Erniati, 2016. Karakteristik Self Compacting Concrete (Scc) Tanpa Curing, Teknik Sipil Universitas Fajar: Makasar.
- M. Ilham Akbar I, 2014. Analisa Produktivitas Pemasangan Dinding Dengan Menggunakan Material M-Panel, Universitas Brawijaya: Malang.
- Priyono, Yoppi Juli, 2014. Pengaruh Penggunaan Styrofoam Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton, Universitas Muhammadiyah Jakarta: Jakarta.
- Satyarno, I., 2004, Penggunaan Semen Putih Untuk Beton Styrofoam Ringan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Solikin, Mochamad dan Ikhsan, N., 2017. Analisis Sifat Mekanis Bata Beton Ringan SCC Dengan Memanfaatkan Styrofoam Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus, Teknik Sipil Unieversitas Muhammadiyah Surakarta: Surakarta.
- Swan dan Sian, 2013. Penelitian Beton Ringan Non-Struktural Dengan Agregat Styrofoam Bekas, Universitas Katolik Parahyangan: Bandung.
- Tjokrodinuljo, K., 2003. Teknologi Bahan Konstruksi, Buku Ajar Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.