

**TINJAUAN KUAT LENTUR DINDING PANEL MORTAR STYROFOAM BERLUBANG
PADA SAMBUNGAN KOLOM BERBENTUK PERSEGI****Mochamad Solikin^{1*}, Muhammad Naufal², Ali Asroni³, Budi Setiawan⁴**^{1,2,3,4} Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura

*email : msolikin@ums.ac.id

Abstrak

Pengerjaan konstruksi seharusnya memenuhi kriteria efisien waktu yang tidak hanya dapat dipenuhi dengan pemilihan material dan perencanaan yang sangat matang namun diperlukan juga metode pelaksanaan yang efisien. Dalam rangka mencapai efisiensi waktu maka dapat dipilih material yang mudah didapat, murah dan efisien dalam pelaksanaannya. Sebagai contoh, material dinding yang pada umumnya menggunakan batu bata yang disusun satu persatu mulai diganti dengan blok panel beton pracetak yang lebih efisien dalam pengerjaannya. Makalah ini menyajikan hasil penelitian yang dimaksudkan untuk mengetahui apakah mortar panel ringan dengan inovasi pemakaian styrofoam 50% dan 60% sebagai pengganti volume pasir dapat menjadi alternatif sebagai dinding panel ringan. Metode pencampuran mortar menggunakan rancangan campuran SCC agar dihasilkan campuran yang homogen. Ukuran dinding panel yang digunakan adalah 122 x 30 x 16 cm yang diberikan lubang ukuran 18 x 5 cm sebanyak 4 buah per meter panjang dengan tambahan di bagian ujung dibuat lubang persegi berukuran 7 cm x 7 cm sebagai tumpuan kolom. Sebagai perkuatan dinding panel di kedua sisi tepi dinding diberikan tulangan wiremesh diameter 3,5 mm dengan ukuran grid 5 x 5 cm. Hasil pengujian menunjukkan, dinding panel yang dihasilkan memiliki berat sendiri 929 kg/m² dan mampu berfungsi sebagai dinding panel hingga panjang 3,15 m untuk variasi 50% dan 3,025 m untuk variasi 60%.

Kata kunci: dinding panel mortar styrofoam, kuat lentur, kuat tekan, SCC

PENDAHULUAN

Inovasi dalam dunia konstruksi sangatlah bervariasi dan bermacam jenisnya, dari mulai dalam segi perkuatan, metode pelaksanaan, penggunaan material yang lebih mudah ditemukan, dimana tujuan inovasi tersebut adalah menghasilkan suatu konstruksi yang lebih efisien dari segala aspek. Hal ini tentunya menjadi tantangan tersendiri bagi peneliti dan para ahli di bidang konstruksi untuk membuat inovasi baru. Salah satu contoh inovasi yang adalah penggantian pasangan batu bata untuk pembuatan dinding dengan material dengan ukuran yang lebih besar tetapi ringan dalam segi berat dengan tujuan untuk memudahkan pengerjaan. Oleh karena itu munculah solusi untuk hal ini dengan menjadikan dinding menjadi hanya satu kesatuan, dengan cara dibuatlah beton precast berupa panel dinding.

Dinding panel umumnya dibuat menggunakan campuran beton normal (air, agregat halus, agregat kasar dan semen), adapun untuk mengubah sifat beton agar semakin tinggi kekecakkannya dan memperkecil penggunaan faktor air semen, maka perlu ditambahkan bahan kimia yang bersifat water reducer sebagai admixture. Terdapat dua macam bahan kimia tambahan (Chemical admixture) yang saat ini tersedia yaitu berbentuk cair dan berbentuk bubuk. Menurut Sugiatmo (2017) dari hasil pengujian beton self compacting concrete (SCC) yang menggunakan admixture berbentuk cair, menunjukkan bahwa terjadi kenaikan kuat tekan pada penambahan viscocrete 1003 sebanyak 0,4% sebesar 16,07 MPa menjadi 0,6% sebesar 19,05 MPa dan terjadi penurunan kuat tekan pada penambahan viscocrete 1003 dari 0,6% sebesar 19,05 MPa menjadi 0,8% sebesar 16,55 MPa. Kadar optimum penambahan viscocrete 1003 sebesar 0,6% mempunyai kuat tekan sebesar 18,5 % lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal.

Berdasarkan referensi digunakanlah bahan tambah kimia berupa cairan atau bisa disebut Superplasticizer dan meskipun nanti terjadi pengurangan air namun kekecakan beton tetap sama seperti kondisi fas normal. Dalam beton SCC, superplasticizer mempunyai peranan penting untuk mendapatkan nilai flow beton segar. Dengan menggunakan superplasticizer diharapkan workability meningkat tanpa resiko terjadi penurunan pada kuat tekan beton yang dihasilkan. Pemakaian superplasticizer tidak hanya memungkinkan dihasilkan suatu campuran beton dengan angka

workability yang baik namun juga dimungkinkan dihasilkan campuran yang homogen pada beton yang menggunakan Styrofoam sebagai bahan substitusi sebagian agregat halus. Demikian pula dengan pemakaian superplasticizer dapat dihasilkan beton SCC (*Self Compacting Concrete*) yaitu beton yang mampu memadat secara mandiri tanpa pemadatan secara eksternal. Dalam penelitian ini akan dilaksanakan untuk pengembangan lebih lanjut mengenai dinding panel beton ringan dengan material styrofoam yaitu dengan ditambahkan lubang dibagian ujung sebagai tumpuan kolom yang menyatu dalam blok dindingnya untuk dianalisis bagaimana pengaruh dan kekuatannya jika diaplikasikan dilapangan.

Disamping menggunakan bahan yang dijelaskan, pada penelitian ini dinding panel mortar ringan yang akan digunakan memerlukan perkuatan berupa tulangan, tulangan yang akan digunakan adalah wiremesh ber diameter 3,5 mm dengan ukuran grid nya 5 x 5 cm. Dinding panel nantinya akan dibuat lebih ringan lagi dengan pemberian lubang berukuran 18 x 5 cm setiap meter panjang serta pemberian lubang untuk tumpuan kolom berbentuk persegi berukuran 7 x 7 cm. Variasi substitusi penggunaan styrofoam peneliti menggunakan 50% dan 60% terhadap volume pasir yang akan diuji pada umur 28 hari di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Penelitian ini sebagai kelanjutan dari penelitian yang dilakukan oleh Solikin dan Ikhsan (2018).

METODE PENELITIAN

Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dipilih untuk melakukan penelitian ini, yang diawali pengumpulan referensi dan literatur yang akan digunakan sebagai panduan dan acuan dalam penelitian, mempersiapkan bahan yang terdiri dari agregat halus yang berasal dari pasir gunung Merapi, kemudian Semen yang diproduksi oleh PT.Holcim, lalu untuk bahan tambahannya menggunakan Styrofoam jenis Mutiara yaitu berupa butiran dengan diameter 3-5 mm, Sebagai perkuatan dalam dinding maka digunakan wiremesh, wiremesh yang digunakan berdiameter 3,5 mm dengan ukuran grid nya 5 x 5 cm, sebagai admixture karena adukan akan menggunakan metode SCC maka digunakan superplastisizer berupa Viscocrete 1003 produksi dari PT.SIKA dengan kadar 1,5% dari jumlah smen yang akan digunakan. Semenetera untuk alat yang nanti akan digunakan dalam penelitian ini yaitu mixer beton, cetakan silinder (mold), *slump cone* untuk pengujian slump flow, Hidrolic universal Testing Machine (UTM) untuk pengujian kuat tekan, serta Loading Frame untuk menguji kuat lentur dinding.

Sebelum melakukan pekerjaan pencampuran bahan dilakukan persiapan hitungan atau mix design dari komposisi bahan yang dibutuhkan berdasarkan penelitian sebelumnya. Perhitungan untuk campuran mortar dalam penelitian ini menggunakan perbandingan volume semen : pasir = 1 : 3 dengan menggunakan factor air semen (f.a.s) 0,38 yang menggunakan acuan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan Solikin dan Ikhsan (2018). Komposisi untuk campuran mortar dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi mortar *Styrofoam* per m³

Material	Campuran Styrofoam 50 %	Campuran Styrofoam 60 %
Pasir (kg)	772,275	617,82
<i>Styrofoam</i> (kg)	3,675	4,41
Portland Cemen (PC)	570,5	570,5
Air (liter)	216,79	216,79
<i>Superplasticizer</i>	5,705	5,705
Total	1283,695	1129,155

Tabel 2. Komposisi Mortar *Styrofoam* Benda Uji Silinder dan Dinding Panel

Persentase campuran	Jumlah	Air (lt)	Semen (kg)	f.a.s	Pasir (kg)	<i>Styrofoam</i> (kg)	<i>Superplastilizer</i> (lt)
Benda uji silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm							
50%	3	4.59	12.1	0,38	16.37	0,07	0,12
60%	3	4.59	12.1	0,38	13.09	0,09	0,12
Benda uji dinding panel 122 x 30 x 16 cm							
50%	2	14.30	37.64	0,38	50.97	0,24	0,376
60%	2	14.30	37.64	0,38	40.77	0,29	0,376

Setelah bahan dan peralatan untuk mengolah mortar segar sudah dipersiapkan kemudian langkah selanjutnya melakukan pencampuran bahan sesuai dengan komposisi yang sudah ditentukan. Kemudian memasuki tahap ketiga yaitu pengujian slump flow T50 yang mengacu pada Spesifikasi khusus Intern SKh-1.10.14, Beton memadat sendiri, Kementerian PUPR. Setelah itu dilanjutkan untuk pembuatan benda uji dinding panel dengan dimensi 122x30x16 cm.

Memasuki tahap akhir yaitu pengujian pada umur 28 hari berupa kuat tekan silinder (SNI 1974-2011) menggunakan Universal Testing Machine, pengujian kuat lentur dinding panel dengan titik pembebanan ditengah menggunakan Loading Frame.

HASIL DAN PEMBAHASAN

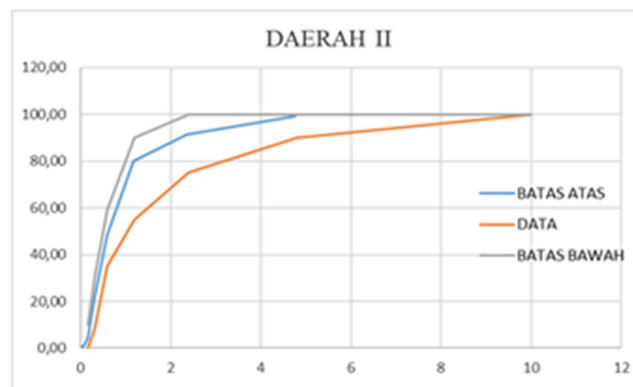
Pengujian Agregat Halus

Pengujian kandungan bahan organik dilakukan untuk memeriksa banyaknya prosentase bahan organik yang masih terkandung dalam agregat halus. Pengujian dilakukan dengan mencampur NaOH pada pasir yang direndam dengan air, dan kemudian menghasilkan warna Kuning Muda, dimana dalam tabel Helige Tester warna kuning muda tersebut sudah memenuhi persyaratan sesuai SNI 2816-2014.

Pengujian agregat halus Saturated Surface Dry (SSD) dilakukan untuk mengetahui nilai kadar kejenuhan atau bagaimana nilai kadar kekenyangan agregat halus yang diteliti terhadap air yang terkandung. Pengujian dilakukan dengan kerucut abrasi dan ditumbuk sejumlah 15 kali pukulan yang menunjukkan rata-rata penurunan 3,3 cm yaitu menunjukkan bahwa pasir atau agregat halus tersebut mencapai kondisi SSD yang disyaratkan.

Kandungan lumpur dari agregat halus diteliti untuk mengukur prosentase yang terkandung, apakah nilai kandungan lumpur sesuai dan tidak melebihi dari kriteria yang disyaratkan. Hasil pengujian kandungan lumpur didapatkan bahwa agregat halus yang diuji memiliki kandungan lumpur sebesar 3,94 %. Nilai dari hasil pengujian sesuai yang disyaratkan SNI 03-4142-1996, dimana kandungan lumpur tidak lebih dari 5%. Agregat halus dapat digunakan untuk bahan campuran beton.

Selain pengujian tersebut, agregat halus juga dilakukan pengujian gradasi dimana hasil pengujian dapat dilihat pada grafik pada Gambar 1. Dari Gambar 1 dapat dilihat grafik menunjukkan agregat halus hasil gradasi masuk diantara garis batas atas dan batas bawah pada daerah II. Grafik hasil gradasi menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan termasuk pasir yang terbilang agak kasar dengan nilai modulus butir 3,53. Dari semua pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan agregat halus dapat digunakan sebagai bahan adukan beton.



Gambar 1. Hubungan Antara Ukuran Ayakan dengan Persentase Komulatif Pasir Lolos

Pengujian Slump Flow T50

Pengujian *Slump flow* yang dilakukan mengacu pada Spesifikasi Khusus-Intern SKh-1.10.14 Beton Memadat Sendiri (SCC) Kementerian PUPR dengan syarat nilai *Slump Flow T50* > 55 cm. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan campuran beton segar kedalam kerucut *slump test*, dan ukur diameter sebaran dari beton segar yang dihasilkan.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Slump Flow* T50.

No	Pemakaian <i>Styrofoam</i> (%)	Nilai <i>Slump</i> (cm)	Syarat T50 (cm)
1	50%	60	>55
2	60%	57	

Nilai slump flow T50 dengan variasi pemakaian 50% Styrofoam dihasilkan adalah 60 cm, dan untuk variasi pemakaian 60% Styrofoam adalah 57 cm. Dari hasil pengujian slump flow dapat dinyatakan bahwa semua variasi sudah memenuhi syarat Spesifikasi Khusus-Intern SKh-1.10.14 Beton Memadat Sendiri (SCC) Kementerian PUPR.

Perbandingan bahan-bahan maupun sifat bahan secara mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton segar yang berbanding lurus dengan tingkat kelecakan (keenceran) adukan beton. Pada umumnya semakin banyak jumlah serat yang ditambahkan, atau bahan dengan tingkat absorbsi yang tinggi dimasukkan, maka nilai workability nya semakin menurun. Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Santoso dan Widodo (2010) nilai slump flow akan menurun ketika ditambahkan bahan tambah serat yang menunjukkan penurunan workability beton. Seperti dalam penelitian kali ini yang menggunakan Styrofoam sebagai bahan tambah, maka nilai slump akan menurun.

Pengujian Benda Uji Mortar *Styrofoam*

Pengujian yang dilakukan meliputi uji berat volume mortar, uji kuat tekan silinder, dan uji kuat lentur dinding panel pada umur benda uji 28 hari. Uji berat volume mortar dihasilkan dari hasil bagi volume silinder dengan berat sendiri silinder. Kemudian uji tekan silinder dilakukan untuk mencari nilai kuat tekan yang dapat ditampung dari benda uji silinder yang dibuat. Pengujian kuat tekan menggunakan alat tekan yang disebut *Universal Tensin Machine* (UTM). Nilai kuat tekan silinder didapatkan dari hasil bagi beban maksimal (P maks) yang didapat dibagi dengan luas alas (lingkaran) dari silinder. Lalu ada uji kuat lentur dinding panel yang dilakukan dengan menggunakan alat *Loading Frame* untuk mencari nilai kuat lentur dan panjang maksimum dinding panel. Cara pengujiannya yaitu dengan memberi pembebanan terpusat atau berupa satu titik pembebanan memanjang melintang yang diletakkan ditengah benda uji dinding panel. Hasil pengujian kuat lentur dinding panel didapatkan nilai beban maksimal yang dapat ditahan oleh dinding panel dan panjang lendutan yang terjadi pada dinding panel.

Tabel 4. Hasil Pengujian Berat volume Mortar.

Penambahan	Sampel	Berat (gr)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm ³)	Berat Volume (gr/cm ³)	Rerata berat volume (gr/cm ³)
Styrofoam 50 %	1	7480	15	30	5298,75	1,411	1,466
	2	7790	15	30	5298,75	1,470	
	3	8050	15	30	5298,75	1,519	
Styrofoam 60 %	1	7250	15	30	5298,75	1,368	1,285
	2	6550	15	30	5298,75	1,236	
	3	6640	15	30	5298,75	1,253	

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis didapatkan nilai berat volume 1,466 gr/cm³ untuk variasi 50% *Styrofoam* dan 1,285 gr/cm³ untuk variasi 60%. Kedua hasil tersebut dapat diklasifikasikan dalam beton ringan karena memiliki berat jenis < 1900 kg/m³ (SNI-032847-2002).

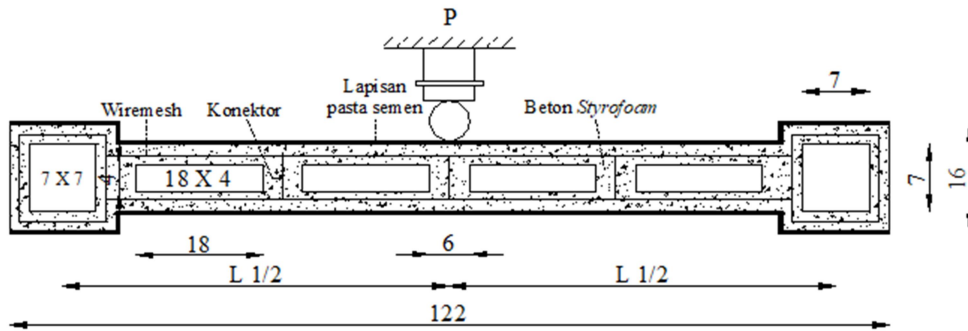
Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder.

Penambahan	Hari	No.	Beban (P)		Luas mm ²	f _c (N/mm ²)	f _c rata-rata	
			(kN)	(N)			(N/mm ²)	(kg/cm ²)
Styrofoam 50 %	28	1	158	158000	17663	8,945	8,039	81,974
		2	155	155000	17663	8,775		
		3	113	113000	17663	6,397		
Styrofoam 60 %	28	1	125	125000	17663	7,076	4,245	43,286
		2	60	60000	17663	3,396		
		3	48	48000	17663	2,264		

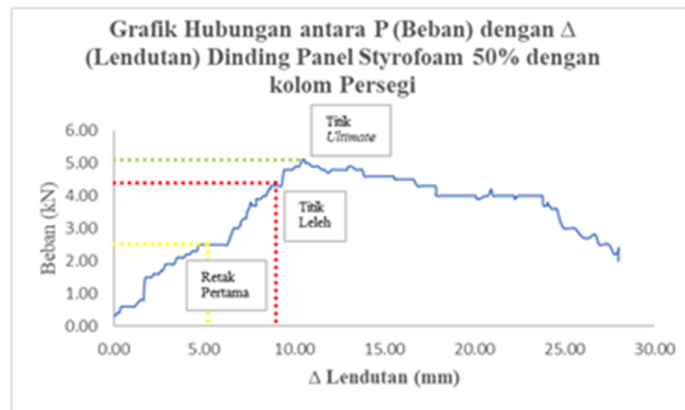
Berdasarkan Tabel 5, didapatkan hasil f'_c rata-rata untuk variasi 50% *Styrofoam* sebesar 8,039 MPa dan variasi 60% *Styrofoam* 4,245 MPa. Hasil yang diperoleh ini sejalan dengan penelitian Giri dkk (2008) bahwa penambahan persentase styrofoam dalam campuran beton menambah jumlah rongga udara dalam beton yang mengakibatkan menurunkan kuat tekan suatu beton. Menurut Tjokrodinuljo (1996) kuat tekan beton yang dihasilkan ini terletak antara 0.35 – 7 MPa, yang umumnya digunakan untuk dinding pemisah atau dinding isolasi.

Pengujian Kuat Lentur Dinding Panel

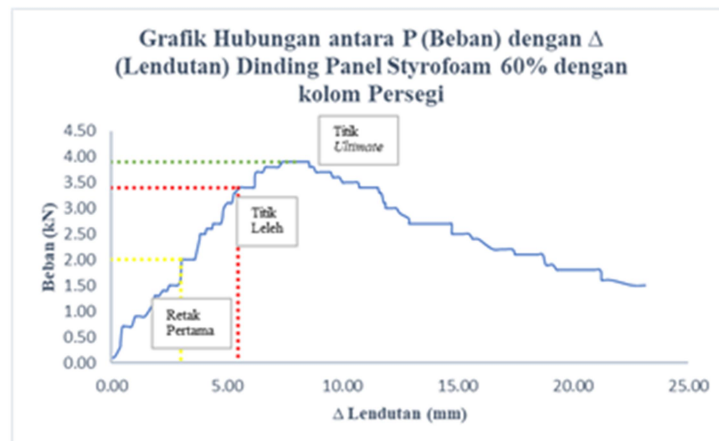
Pengujian kuat lentur dinding panel ini bertujuan untuk mengukur kemampuan balok yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji



Gambar 2. Skema pengujian dinding panel



Gambar 3. Hubungan Antara Beban dengan Lendutan Dinding Panel mortar *Styrofoam* 50%



Gambar 4. Hubungan Antara Beban dengan Lendutan Dinding Panel Mortar *Styrofoam* 60%

Dari gambar 3 dan gambar 4 grafik hubungan antara beban dan lendutan yang terjadi pada sampel yang telah diuji kuat lentur, didapatkan beban maksimal dan lendutan pada waktu beban maksimal terjadi. Demikian pula dari gambar tersebut terlihat bahwa dinding panel memiliki kemampuan lentur karena pemasangan tulangan wiremesh di dalamnya yang terlihat dari adanya lendutan yang terus terjadi setelah beban maksimum.

Hasil penelitian sejalan dengan penelitian Budi Setiawan (2016), bahwa besarnya beban rata-rata P_{yield} pada benda uji yang ditambahkan kadar styrofoam memiliki beban lentur sebesar 18,246 KN diikuti benda uji yang tidak ditambahkan Styrofoam sebesar 35,937 KN pada kondisi pembebanan initial. Dengan demikian semakin banyak penambahan kadar Styrofoam akan menurunkan kuat lentur pada dinding panel.

Berdasarkan grafik pada gambar 2 dan 3, maka dapat dilakukan analisa lanjutan untuk menghitung panjang maksimum dinding panel yang dapat dibuat. Perhitungan Panjang dinding panel maksimum dihitung dengan menggunakan momen eksperimen retak awal kemudian dihitung dengan asumsi gaya desak di tengah bentang sebesar 0,9 kN beban *railing* sandaran jembatan).

Momen pada saat pengujian dengan beban retak awal

$$M = 1/4 \cdot P \cdot L + 1/8 \cdot q_{bs} \cdot L^2 \quad (1)$$

Momen pada saat mendapat beban $P = 0,9$ kN untuk mencari L maksimum

$$M = 1/4 \cdot P \cdot L \quad (2)$$

dengan:

M = Besarnya momen yang terjadi (kNm)

P = Beban P retak awal atau beban *railing* jembatan 0,9 kN

q_{bs} = berat sendiri dinding panel

L = Panjang bentang dinding panel

Tabel 6. Hasil Uji Lentur Beban Maksimal dan Lendutan.

Sampel	Beban retak pertama (kN)	Momen maksimum (kNm)	Panjang maksimum (m)
50%	2,50	70,887	3,150
60%	2,00	58,035	3,025

Berdasarkan perhitungan panjang maksimum dinding panel pada saat pemasangan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6, maka panjang maksimal dinding panel yang dapat direncanakan dengan nilai pembebanan terpusat 0,9 maka pada sampel variasi 50% *styrofoam* dapat mencapai panjang maksimum 3,15 m, dan untuk variasi 60% dapat mencapai panjang maksimal 3,025 m.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengujian di laboratorium dan analisa data percobaan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1). Hasil pengujian agregat halus yang digunakan pada penelitian ini mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yang digunakan untuk pembuatan beton dengan acuan (SNI 03-6468-2000)
- 2). Dari pengujian berat jenis pada mortar ringan styrofoam dengan kadar 50% mendapatkan rata rata berat jenis 1,466 gr/ cm³ dengan kuat tekan sebesar 81.974 kg/cm² sedangkan pada mortar ringan campuran styrofoam 60% memperoleh rata rata berat jenis 1,285 gr/ cm³ dengan kuat tekan sebesar 43.286 kg/cm²
- 3). Hasil pengujian beban lentur maksimum dinding panel mortar styrofoam terhadap sambungan kolom berbentuk persegi dengan kadar 50% styrofoam sebesar 5,1 kN dan dinding panel mortar styrofoam dengan campuran styrofoam 60% memiliki beban lentur maksimu sebesar 3.9 kN, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan styrofoam maka akan mengakibatkan penurunan nilai beban maksimum.

- 4). Analisa untuk perhitungan panjang maksimum yang bisa ditopang oleh dinding panel mortar styrofoam jika asumsi beban yang diterima sebesar beban railing jembatan yaitu untuk kadar 50% sepanjang 3,15 m, sedangkan untuk dinding panel styrofoam dengan kadar 60% diperoleh panjang 3,025 m, maka dinding panel styrofoam pada penelitian ini dapat diaplikasikan dan dikembangkan lagi dilapangan untuk fabrikasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 1996. Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No.200.SNI 03-4142-1996, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2017. Beton Memadat Sendiri (Self Compacting Concrete). Spesifikasi Khusus-interm-1.10.14. Jakarta.12
- Giri, Ida Bagus Dharma, Sudarsana, I Ketut, dan Tutarani, Ni Made, (2008), Kuat Tekan dan Modulus Elastisitasbeton dengan Penambahan Styrofoam (Styrocon), Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Vol 12 (1), 75 - 85
- Setiawan, Budi, dkk. 2016. "Karakteristik Pasca Elastik Dinding Panel Styrofoam Dengan Tulangan Horizontal Akibat Beban Bolak Balik".
- Solikin, M., dan Ikhsan, N. 2018. Styrofoam as Partial Substitution of Fine Aggregate in Lightweight Concrete Bricks. AIP Conference Proceeding 1977 (1), 030041-1
- Santosa, A., Widodo, S., (2010), Efek Penambahan Serat Polypropoylene terhadap Daya Lekat Dan Kuat Lentur Pada Rehabilitasi Struktur Beton Dengan Self-Compacting Repair Mortar (SCRM), Jurnal INERSIA, Vol. 4 (2), 121-133
- Tjokrodinuljo, K. 1996. Teknologi Beton. Biro Penerbit Teknik Sipil UGM, Yogyakarta