

UJI IMPACT PANEL DINDING EXPANDED POLYSTYRENE DENGAN KALSIMUM SILIKAT DAN PENYAMBUNG GESER BAUT

Bella Lutfiani Al Zakina¹, Zainuddin²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro
Email: bella@unigoro.ac.id

ABSTRACT

The development of the construction system is very fast. This can be seen from the need to accelerate the provision of housing. So the government tried a new innovative construction system using expanded polystyrene (EPS) concrete sandwiches. This concrete is used as wall construction. EPS lightweight concrete panels have a relatively light weight which is one of the requirements for an earthquake-resistant house. To increase the bearing capacity of the EPS lightweight concrete panel wall into a structural wall or bearing wall, the alternative is to use additional reinforcement layers. The purpose of this study was to determine the impact resistance of EPS lightweight concrete panels with variations in calcium silicate layer reinforcement and without calcium silicate layer reinforcement. The wall panel material is obtained from precast. The size of the EPS lightweight concrete panel is 1800 mm x 610 mm x 75 mm, this test refers to SNI 03-3122-1992. There are 3 variations of EPS lightweight concrete panels, namely unreinforced EPS lightweight concrete panels (PPL), calcium silicate layer reinforcement (PPK) and calcium silicate layer reinforcement and bolt shear connectors (PBK). The type of board used is calcium silicate board. The results showed that the average density of polystyrene concrete panels was 612.57 kg/m³, the average elastic modulus was 942.37 MPa, the potential energy (Ep) was 132.435 joules and the average water absorption capacity was 12.11%. The results of the impact resistance test cannot maintain its rigidity when it gets a shock load of 27 kg.

Keywords: Impact, lightweight concrete panels, expanded polystyrene

ABSTRAK

Perkembangan sistem konstruksi sangatlah cepat. Hal ini terlihat dari kebutuhan akan percepatan penyediaan rumah tempat tinggal. Sehingga pemerintah mencoba sistem konstruksi inovatif baru menggunakan *sandwich* beton *expanded polystyrene* (EPS). Beton ini digunakan sebagai konstruksi dinding. Panel beton ringan EPS mempunyai berat relatif ringan yang merupakan salah satu syarat rumah tahan gempa. Untuk meningkatkan daya dukung dinding panel beton ringan EPS menjadi dinding struktural atau *bearing wall* maka alternatifnya digunakan bahan tambah lapisan perkuatan. Tujuan penelitian ini untuk ketahanan pukul (*impact*) panel beton ringan EPS dengan variasi perkuatan lapisan kalsium silikat maupun tanpa perkuatan lapisan kalsium silikat. Bahan dinding panel didapatkan dari *precast*. Ukuran panel beton ringan EPS adalah 1800 mm x 610 mm x 75 mm, pengujian ini mengacu pada SNI 03-3122-1992. Terdapat 3 variasi panel beton ringan EPS, yaitu panel beton ringan EPS tanpa perkuatan (PPL), perkuatan lapis kalsium silikat (PPK) dan perkuatan lapis kalsium silikat serta penyambung geser baut (PBK). Jenis papan yang digunakan adalah papan kalsium silikat. Hasil penelitian menunjukkan berat jenis rerata panel beton *polystyrene* sebesar 612,57 kg/m³, modulus elastisitas rerata sebesar 942,37 MPa, energi potensial (Ep) sebesar 132,435 joule dan daya serap air rerata sebesar 12,11%. Hasil pengujian ketahanan pukul (*impact*) tidak dapat mempertahankan kekakuannya ketika mendapatkan beban kejut sebesar 27 kg.

Kata kunci : ketahanan pukul (*impact*), panel beton ringan, *expanded polystyrene*.

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Perkembangan pada bidang konstruksi saat ini sudah sangat pesat dan memiliki banyak inovasi. Hal tersebut sangat dianjurkan untuk mempermudah dan mempercepat pekerjaan konstruksi. Untuk

itu dibuatlah inovasi pengganti dinding menggunakan *sandwich* beton *expanded polystyrene* yang mempunyai bobot yang lebih ringan. *Sandwich* beton *expanded polystyrene* merupakan panel beton ringan yang material agregat kasar diganti menggunakan material *polystyrene*. Pada

umumnya panel beton ringan EPS digunakan untuk dinding non-struktural. Akan tetapi seiring berjalannya waktu dan kebutuhan beton ringan yang semakin meningkat maka panel beton ringan EPS ini dilakukan kajian agar dapat digunakan sebagai dinding struktural atau *bearing wall*.

Untuk meningkatkan daya dukung dinding panel beton ringan EPS agar dapat menjadi struktur dinding *bearing wall* maka alternatifnya menggunakan bahan tambah lapisan perkuatan pada sisi-sisi panel beton ringan EPS. Pelapis untuk dinding panel beton ringan EPS dipilih menggunakan material yang sekaligus sebagai *finishing* dalam pekerjaan konstruksinya. Artinya dinding panel beton ringan EPS ini tidak perlu dilakukan proses acian dalam *finishing*-nya. Untuk mempercepat *finishing*, dinding panel beton ringan EPS dikompositkan menggunakan material umum yang mudah dibongkar pasang. Material yang dapat meningkatkan kecepatan *finishing* dan mudah dibongkar pasang antara lain bahan lembaran papan kalsium silikat yang terbuat dari campuran semen silikat kalsium. Material ini biasanya digunakan untuk penyekat atau pemisah antar ruangan, karena material ini cukup mudah pengerjaannya.

Masalah yang sering timbul dalam struktur *sandwich* beton ini adalah masalah lekatan antara lapisan luar dan lapisan beton. Karena besar kemungkinan kegagalan disebabkan oleh lekatan yang tidak baik antara kedua lapisan tersebut (*debonding*). Untuk mendapatkan lekatan yang baik antara kedua elemen agar mencapai keadaan komposit monolit, maka dibutuhkan konektor yang menghubungkan lapisan kulit dan beton inti pembentuk struktur *sandwich* beton. Untuk itu perlu dilakukan pengkajian mengenai sambungan *sandwich* beton.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton Ringan (*Lightweight Concrete*)

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (Surya Sebayang, 2000). Beton normal merupakan bahan bangunan yang relatif cukup berat dengan berat jenis berkisar 2,4 atau berat 2400 kg/m³. Untuk mengurangi beban mati suatu struktur beton, maka telah banyak dipakai beton ringan.

Menurut Tjokrodinuljo (2007) pembuatan beton ringan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut.

1. Membuat gelembung-gelembung gas udara dalam adukan semen. Dengan demikian akan terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya. Bahan Tambahan Khusus (pembentuk gelembung udara dalam beton) ditambahkan ke dalam semen dan akan terbentuk gelembung udara.
2. Dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar dan batu apung. Dengan demikian beton yang terjadi pun akan lebih ringan daripada beton normal.
3. Pembuatan beton tidak dengan butir-butir agregat halus. Dengan demikian beton ini disebut "beton non-pasir" dan hanya dibuat dari semen dan agregat kasar saja (dengan butir maksimum agregat kasar sebesar 20 mm atau 10 mm). Beton ini mempunyai pori-pori yang hanya berisi udara (yang semula terisi oleh butir-butir agregat halus).

B. Beton Sandwich

Menurut Jones (1975) bahan struktur *sandwich* merupakan gabungan keunggulan kekuatan dan kekakuan dari lapisan beton kulit dengan massa dari lapisan beton inti yang rendah. Hasilnya adalah suatu struktur yang lebih ringan tetapi kuat dan kaku. Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk lapisan inti (*core*), antara lain sebagai berikut.

- a) Lapisan inti harus cukup kaku pada arah tegak lurus lapisan pengapit sehingga jarak antara lapisan dapat tetap.
- b) Lapisan inti harus cukup kaku terhadap geser, sehingga saat struktur *sandwich* melentur, lapisan-lapisan pengapit tidak mengalami pergeseran satu sama lain. Bila pergeseran antara lapisan terjadi maka efek komposit hilang, karena lapisan-lapisan tersebut berdiri sendiri.
- c) Lapisan inti harus cukup kaku sehingga lapisan-lapisan pengapit tetap datar dalam menerima beban lentur, bila tidak kaku maka akan memungkinkan terjadinya delaminasi antara lapisan-lapisan.

C. Beton Berserat

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera atau selama pengadukan beton. Tujuannya ialah mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras, misalnya: mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah kuat tekan, menambah daktilitas, mengurangi sifat getas, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya (Tjokrodimulyo, 1996).

D. Expanded Polystyrene (EPS) Sandwich Panel

Menurut Pieter dkk (2006) *Expanded polystyrene* (EPS) terbuat dari butiran-butiran plastik yang disebut *polystyrene* yang dipanaskan dengan gelembung gas kecil. Ketika butiran-butiran dipanaskan dalam cetakan, butiran-butiran mengembang untuk mengisi cetakan secara penuh dan menyatu satu sama lain.

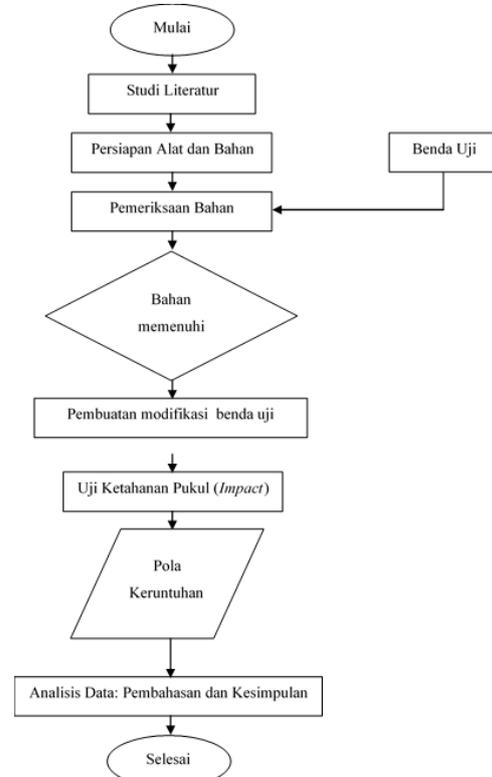
METODE PENELITIAN

PENGUMPULAN DATA

Untuk melakukan penelitian ini perlu dibuat tahapan-tahapan penelitian yang dimulai dari awal hingga akhir. Berikut merupakan tahapan penelitian sebagai berikut.

1. Persiapan bahan
2. Pemeriksaan bahan
3. Pembuatan benda uji menggunakan bahan tambahan
4. Pengujian benda uji
5. Analisis dan pembahasan

FLOWCHART PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

BENDA UJI PENELITIAN

Benda uji yang dibuat dalam penelitian ini yaitu benda uji kubus beton ringan *polystyrene* dan benda uji dinding panel beton ringan EPS. Dalam penelitian ini digunakan masing-masing jumlah benda uji untuk penelitian sebanyak 3 buah benda uji. Benda uji kubus digunakan untuk menguji kuat tekan dan daya serap panel beton ringan EPS. Benda uji panel dinding utuh akan digunakan untuk pengujian penelitiannya. Adapun jenis dan kebutuhan benda uji dapat dilihat pada Tabel 1., Tabel 2., dan Tabel 3.

Tabel 1. Benda uji kubus tekan beton

Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
TP 1	1
TP 2	1
TP 3	1
Total	3

Tabel 2. Benda uji kubus daya serap beton

Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
SP 1	1
SP 2	1
SP 3	1
Total	3

Tabel 3. Tabel variasi Benda uji

Pengujian	Modifikasi Dinding Panel		
	Polos (PPL)	Kalsiboar d (PPK)	Kalsiboar d Baut (PBK)
Ketahanan Pukul (<i>Impact</i>)	3	3	3

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL UJI PAPAN KALSIUM SILIKAT

Untuk mengetahui kuat lentur bahan yang menjadi pelapis luar panel beton ringan EPS, maka dilakukan pengujian kuat tekan lentur kalsiboard berdasarkan standar yaitu

SNI 7705:2011 tentang lembaran rata kalsium silikat. Benda uji dibuat sebanyak 3 lembar dengan ukuran 250 mm x 250 mm. Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur kalsiboard didapatkan rerata sebesar 19,19 MPa. Hasil pengujian kuat lentur kalsiboard dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kuat lentur kalsium silikat

No	Nama	Beban (kg)	Berat (g)	Kuat Lentur (MPa)	Rerata kuat lentur (MPa)
1	Kalsi 1	17,33	303,60	20,82	19,19
2	Kalsi 2	14,27	300,40	17,15	
3	Kalsi 3	16,31	297,60	19,60	

Sumber : Penelitian

HASIL UJI BAUT

Pengujian dilakukan dengan mengacu ASTM E8M, *Small Size 4*. Hasil pengujian didapatkan f_y sebesar 521,57 MPa. Berikut Tabel 5. yang menyajikan hasil pengujian kuat tarik baut.

Tabel 5. Uji kuat tarik baut

No	Kode	Tegangan Luluh (σ_y)	Tegangan Max (σ_u)	Regangan (ϵ)
		MPa	MPa	%
1	Baut 1	522,78	536,12	13,90
2	Baut 2	519,23	529,72	13,90
3	Baut 3	522,69	532,74	13,40
	Rata-rata	521,57	532,86	13,73

Sumber : Penelitian

HASIL ENERGI POTENSIAL PANEL

Pada perhitungan ini hanya menghitung energi potensial. Energi potensial dilepaskan sebesar:

$$\begin{aligned}
 E_p &= m \times g \times h \\
 &= 27 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,5 \text{ m} \\
 &= 132,435 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

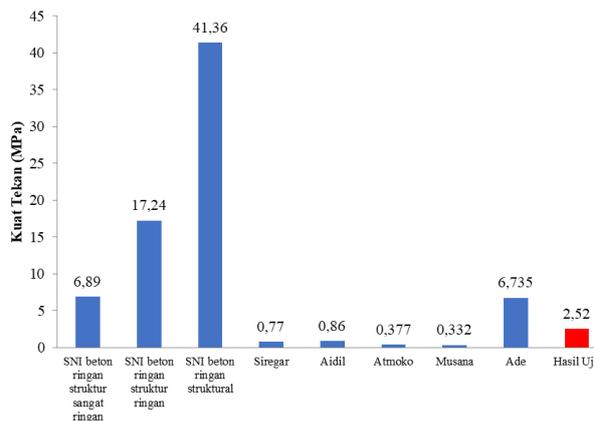
HASIL KUAT TEKAN KUBUS PANEL BETON RINGAN EPS

Hasil dari kuat tekan panel ini menunjukkan bahwa kuat tekan kubus pengujian ini lebih kecil dibandingkan dengan kuat tekan kubus yang ada pada pabrikasi yaitu sebesar 3,1 MPa.

Tabel 6. Kuat tekan kubus panel

Kode	Panjang	Lebar	Tinggi	Berat	P	fc'
	cm	cm	cm	gram	kN	MPa
TP 1	7,51	7,43	7,55	265,80	15,30	2,74
TP 2	7,52	7,35	7,53	246,90	12,60	2,28
TP 3	7,52	7,43	7,52	257,80	14,20	2,54
Rata-rata	7,52	7,40	7,53	256,83	14,03	2,52

Sumber: Penelitian



Gambar 2. Perbandingan hasil kuat tekan rata-rata panel beton ringan EPS dengan perbandingan peneliti sebelumnya berdasarkan SNI 03-3449-2002.

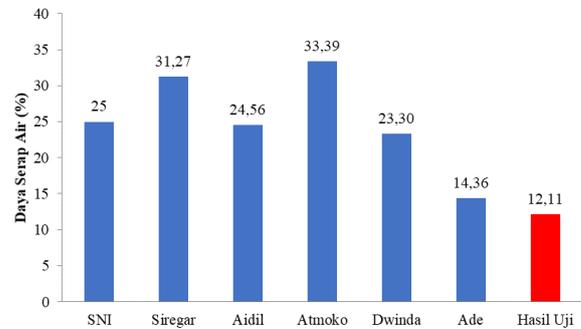
HASIL UJI DAYA SERAP AIR

Pemeriksaan daya serap air menggunakan benda uji panel dinding panel yang dipotong kubus dengan ukuran 75 mm x 75 mm x 75 mm. Panel beton ringan EPS ini dilakukan perendaman 24 jam dan dimasukkan dalam oven sampai mendapatkan nilai berat kering. Dari hasil pengujian daya serap air panel beton ringan EPS didapatkan hasil sebesar 12,11%. Menurut SNI 03-6861.1- 2002 kadar serap optimal pada panel yaitu sebesar 25%, panel beton ringan EPS bahwa daya serap air dibawah 25% menandakan jika panel tersebut baik dalam kondisi untuk penyerapan air. Beton yang baik jika beton mempunyai daya serap air kecil karena berat lebih stabil tidak terpengaruh dengan banyaknya air yang meresap di dalam beton. Untuk nilai daya serapan air dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Daya serap air panel

Kode	Berat kering	Berat basah	Berat oven	Presentase	Rerata
	gram	gram	gram	%	%
SP 1	268,3	301,1	268,1	12,31	12,11
SP 2	263,2	293,4	262,1	11,94	
SP 3	244,5	273,6	244,1	12,09	

Sumber: Penelitian



Gambar 3. Hasil perbandingan daya serap air panel beton ringan EPS dengan peneliti sebelumnya

HASIL KETAHANAN PUKUL (IMPACT) PANEL

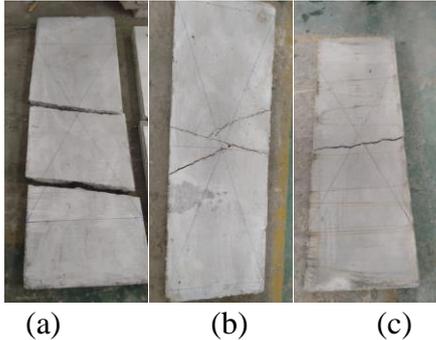
Pada pengujian ketahanan pukul tidak didapatkan data, akan tetapi hasilnya berupa analisis dari pengamatan visual. Ketahanan pukul dikatakan lolos syarat mutu menurut SNI 03-3122-1992 apabila kedua permukaan benda uji dalam keadaan tidak retak setelah diberi tumbukan sebanyak 3 kali. Pada hasil pengujian *impact* akan didekati menggunakan pengukuran perpatahan oleh uji *impact* menggunakan metode Izod dikarenakan semua benda uji tidak dapat memenuhi syarat standar SNI 03-3122-1992 untuk pengujian ketahanan pukul, berikut analisis perpatahan *impact* yang digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu sebagai berikut.

1. Perpatahan berserat (*fibrous fracture*), yang melibatkan mekanisme pergeseran bidang-bidang kristal di dalam bahan (logam) yang ulet (*ductile*). Ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.
2. Perpatahan granular/kristalin, yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan (*cleavage*) pada butir-

butir dari bahan yang rapuh (*brittle*). Ditandai dengan permukaan patahan yang datar.

3. Perpatahan campuran (berserat dan granular). Merupakan kombinasi dua jenis perpatahan di atas.

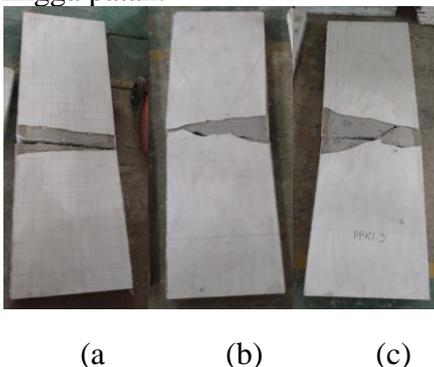
Hasil dari pengujian ini akan dijelaskan menggunakan gambar seperti Gambar 4. sampai Gambar 6.



Gambar 4. Pola keruntuhan uji ketahanan pukul pada panel polos tanpa perkuatan (a) PPI 1, (b) PPI 2, (c) PPI 3.

Pola keruntuhan :

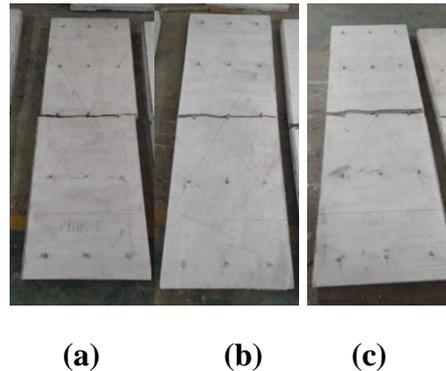
- (a) Pada pukulan ke -1 benda uji 1 (PPI 1) tidak dapat menahan beban sehingga patah.
- (b) Pada pukulan ke -1 benda uji 2 (PPI 2) tidak dapat menahan beban sehingga patah.
- (c) Pada pukulan ke -1 benda uji 3 (PPI 3) tidak dapat menahan beban sehingga patah.



Gambar 5. Pola keruntuhan uji ketahanan pukul pada panel perkuatan lapis kalsiboard tanpa penyambung baut (a) PPK 1, (b) PPK 2, (c) PPK 3.

Pola keruntuhan :

- (a) Pada pukulan ke -1 benda uji 1 (PPK 1) tidak dapat menahan beban sehingga patah.
- (b) Pada pukulan ke -1 benda uji 2 (PPK 2) tidak dapat menahan beban sehingga patah.
- (c) Pada pukulan ke -1 benda uji 3 (PPK 3) tidak dapat menahan beban sehingga patah.



Gambar 6. Pola keruntuhan uji ketahanan pukul pada panel perkuatan lapis kalsiboard tanpa penyambung baut (a) PBK 1, (b) PBK 2, (c) PBK 3.

Pola keruntuhan :

- (a) Pada pukulan ke -1 benda uji 1 (PBK 1) tidak dapat menahan beban sehingga patah.
- (b) Pada pukulan ke 2 benda uji 2 (PBK 2) tidak dapat menahan beban sehingga patah.
- (c) Pada pukulan ke -1 benda uji 3 (PBK 3) tidak dapat menahan beban sehingga patah.

Hasil dari pengujian ketahanan pukul didapatkan bahwa benda uji tanpa perkuatan dan menggunakan perkuatan memiliki perilaku yang sama saat mendapatkan beban secara tiba-tiba (kejut). Benda uji tidak dapat mempertahankan kekakuannya ketika mendapatkan beban kejut sebesar 27 kg dengan tinggi jatuh 50 cm. Sehingga secara keseluruhan benda uji tidak lolos pada syarat mutu SNI 03-3122-1992

terhadap pengujian ketahanan pukul (*impact*). Penelitian ketahanan pukul (*impact*) pada panel beton ringan EPS belum pernah dilakukan sebelumnya. Sehingga peneliti tidak dapat membandingkan perilaku beton ringan EPS dengan penelitian terdahulu.

Hasil dari pengujian *impact* didapatkan bahwa panel beton ringan *expanded polystyrene* tidak begitu kuat apabila mendapatkan beban kejut secara tiba-tiba, kemungkinan beton ringan EPS dapat mempertahankan kekuatannya yaitu dengan beban yang kecil. Perlu dikaji ulang pengujian *impact* dengan metode pembebanan secara bertahap dari beban yang kecil. Sehingga dari beban dapat diketahui seberapa besar beban yang mampu ditahan oleh panel beton ringan EPS.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dari penelitian ini dapat disimpulkan.

1. Berat jenis panel beton *polystyrene* sebesar $612,57 \text{ kg/m}^3$, modulus elastisitas sebesar $942,37 \text{ MPa}$, dan daya serap air sebesar $12,11\%$ dan Energi Potensial sebesar $132,435 \text{ Joule}$.
2. Ketahanan pukul (*impact*) pada panel beton ringan EPS tanpa perkuatan rata-rata mampu menahan 1 kali pukulan kejut, untuk panel beton ringan EPS lapis kalsiboard rata-rata mampu menahan 1 kali pukulan kejut, dan panel beton ringan EPS dengan penyambung geser baut juga hanya mampu menahan pukulan 1 kali pukulan kejut sehingga menurut syarat SNI 03-3122-1992 untuk pengujian ketahanan pukul (*impact*) tidak dapat dikatakan lolos standart, karena tidak mampu mempertahankan hingga 3 kali pukulan kejut.
3. Secara umum dinding panel beton ringan EPS dengan perkuatan lembaran papan kalsium silikat mengalami

kenaikan pada kekuatannya, walaupun terjadi kenaikan kekuatan namun dinding panel beton ringan EPS ini belum dapat dijadikan sebagai dinding struktural atau *bearing wall* karena beban maksimum yang dapat diterima masih terlalu kecil dibandingkan dengan beban struktur yang akan ditopang pada dinding struktural seperti atap.

Ucapan Terima Kasih

Dalam penyusunan penelitian ini diucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang terlibat antara lain LPPM Unigoro dan Fakultas Sains dan Teknik.

Daftar Pustaka

- [1] ASTM E8/E8M. "Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials".
- [2] Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 1992. **Panel beton ringan berserat**, SNI 03-3122-1992. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia
- [3] Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2011. **Lembaran Rata Kalsium Silikat**, SNI 7705:2011. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia
- [4] Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2002. **Tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan**, SNI 03-3449-2002. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia .
- [5] Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2013. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 2847:2013. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- [6] Jones, R. M. (1975 "*Mechanics of Composite Materials*," McGraw-Hill.
- [7] Pieter, dkk. 2006. *Concrete Systems for Homes and Low-Rise Construction: Portland Cement Association*.
- [8] Purbotunggal, Sasongko. 2016. Kuat Geser Dinding Panel dengan

- Perkuatan *Wiremesh*. Surakarta:
Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [9] Tjokrodimuljo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [10] Tjokrodimuljo, K., 2007, *Teknologi Beton*, Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.