

KUAT LENTUR PANEL DINDING EXPANDED POLYSTYRENE DENGAN PERKUATAN KALSIUM SILIKAT DAN PENYAMBUNG GESER BAUT

Bella Lutfiani Al Zakina¹, Ashar Saputra² dan Ali Awaludin³

¹Department Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
Email: bella.lutfiani.a@mail.ugm.ac.id

²Department Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
Email: saputra@ugm.ac.id

³Department Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
Email: ali.awaludin@ugm.ac.id

ABSTRACT

Started from an innovative construction system programmed by the government to provide residential homes in 2007 that is the use of expanded polystyrene concrete as a wall construction. This type of construction provides advantages that can reduce the risk of damage in the earthquakes because it has a relatively light weight which is one of the requirements for earthquake resistant houses. For this reason, the bearing capacity of the wall panel is increased to become an earthquake resistant wall using reinforcement layers. Variations on this research are expanded polystyrene concrete panels without reinforcement, with reinforcement, and with reinforcement and bolt shear connectors. Strengthening uses a reinforcement of Calcium Silicate are Kalsi board. Testing based on SNI 03-3122-1992 (Fibrous Lightweight Concrete Panel). The results showed that the average value of the panel densities was 612,57 kg/m³, the elastic modulus was 942,37 MPa, compressive strength of 2,52 MPa and water absorption capacity of 12,11%. The highest flexural strength was obtained by the panel with kalsiboard reinforcement of 1,60 MPa. This results the addition of reinforcement layers will affect the increase in strength and value of the experimental results in accordance with SNI standards.

Keywords: *expanded polystyrene concrete panels, flexural strength, experimental, strength*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sistem konstruksi inovatif menggunakan *sandwich* beton *expanded polystyrene* mempunyai keunggulan berat relatif lebih ringan dibandingkan dengan dinding bata konvensional, harga relatif lebih ekonomis, serta kemudahan dan kecepatan dalam pelaksanaan konstruksi.

Selain itu konstruksi ini diharapkan dapat mengurangi resiko kerusakan akibat gempa bumi karena memiliki berat relatif ringan yang merupakan salah satu syarat rumah tahan gempa. Salah Untuk meningkatkan daya dukung dinding panel beton *expanded polystyrene* agar dapat menjadi dinding

struktur atau *bearing wall* maka alternatifnya menggunakan bahan tambah lapisan perkuatan.

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.

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.

1. Lapisan inti harus cukup kaku pada arah tegak lurus lapisan pengapit sehingga jarak antara lapisan dapat tetap.
2. 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.
3. 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.
4. Lapisan kulit harus dapat menahan beban tarik, tekan dan geser pada bidang x-y struktur *sandwich*.
5. Lapisan kulit juga harus dapat menahan beban lentur, yaitu beban tarik pada satu lapisan kulit dan beban tekan pada lapisan kulit lainnya.

Menurut Purbotunggal (2016) dinding panel adalah salah satu hasil perkembangan teknologi dalam bidang beton pracetak. Dinding panel atau lebih dikenal panel-panel dinding merupakan salah satu komponen non-struktural dari suatu bangunan. Dinding panel lebih banyak digunakan pada suatu bangunan dibandingkan dengan penggunaan batu bata karena karakteristik dinding panel yang memiliki berat relatif ringan sehingga tidak memberikan beban yang besar bagi suatu konstruksi. Dengan karakteristik dinding panel yang lebih ringan maka sangat berguna bagi daerah yang rawan terhadap gempa. Pada umumnya karakteristik dinding panel lebih tipis bila dibandingkan dengan dinding batu bata biasa memiliki berat yang ringan sehingga tidak menimbulkan beban yang berat bagi struktur. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan oleh Kafrain (2017) dijelaskan bahwa dengan memberi perkuatan pada lapisan panel

dinding dapat meningkatkan kuat lentur panel dinding *polystyrene* sebesar 62-80%. Penelitian yang dilakukan oleh Kafrain dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil nilai pengujian kuat lentur untuk panel dinding *polystyrene* dengan perkuatan lapis kertas roti

Pengujian	Hasil
Modulus elastisitas, panel dengan kandungan semen 300 kg/m ³	356,23 MPa
Kuat tekan rata-rata, panel dengan kandungan semen 300 kg/m ³	5,26 MPa
Kadar air, panel dengan kandungan semen 300 kg/m ³	6,68%
Serapan air, panel dengan kandungan semen 300 kg/m ³	8,23%
Berat isi terendah, panel dengan kandungan semen 250 kg/m ³	1467,83 kg/m ³
Kuat lentur tertinggi, panel dengan kandungan semen 300 kg/m ³	3,25 MPa

Callister (1997) menjelaskan bahwa lapisan yang digunakan dalam pembuatan *sandwich panel* merupakan bahan yang relatif tipis, kaku, dan kuat terbuat dari material padat dan dengan berat jenis yang rendah, memiliki kekuatan yang lebih rendah dari lapisan pengapitnya.

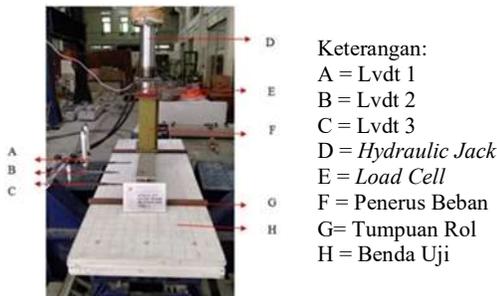
METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan yaitu metode eksperimental. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah benda uji *precast* yang diproses secara pabrikasi di Tangerang. Dimensi benda uji disesuaikan dengan dimensi dinding panel yang banyak digunakan di lapangan yaitu 1800 mm x 610 mm x 75 mm. Hal ini bertujuan agar mengetahui bagaimana perilaku dinding panel yang dicetak secara pabrikasi dan sudah banyak digunakan di lapangan bila dilakukan perkuatan. Benda uji panel tanpa perkuatan dari pabrik dilakukan perkuatan

dengan lapisan kalsium silikat yaitu *kalsiboard*. Perkuatan lapisan di bedakan menjadi 2 yaitu perkuatan *kalsiboard* dan perkuatan *kalsiboard* dengan penyambung geser baut.

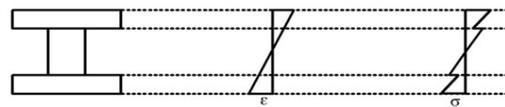
Pengujian kuat lentur menggunakan alat *loading frame* dan *load cell* dengan kapasitas 200 kN, setting alat dapat dilihat pada Gambar 1. Dengan prosedur pelaksanaan sesuai dengan SNI 03-3122-1992 (Panel Beton Ringan Berserat) sebagai berikut.

1. Meletakkan dinding panel secara horisontal pada alat uji lentur diatas dua tumpuan rol baja terletak 450 mm dari tepi dinding panel, jarak antar tumpuan yaitu 900 mm.
2. Memasang kabel untuk pembacaan LVDT pada tengah permukaan dengan jumlah 3 buah untuk membaca lendutan dan letak lendutan terbesar.
3. Memasang *load cell* pada *data logger*, untuk mengetahui beban yang terjadi pada saat pengujian dapat tercatat pada *logger*.
4. Pasang kamera dari beberapa sudut dan monitor data *logger* untuk merekam hasil pengujian.
5. Setelah semua siap, jalankan mesin penguji dan mencatatat pembebanan, lendutan yang terjadi.
6. Mematikan mesin penguji setelah benda uji mengalami *crack* atau patah.



Gambar 1. Setting benda uji kuat lentur horisontal.

Dalam penelitian ini menggunakan perhitungan tegangan lentur yang didasarkan pada balok komposit. Anggapan jika penampang tetap utuh sebelum dan setelah terjadi lentur. Hal ini terjadi bila ada ikatan atau lekatan yang baik antara bahan-bahan penyusun balok. Regangan normal akan berbanding lurus dengan jaraknya dan garis netral. Berikut distribusi regangan dan tegangan normal dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Distribusi regangan dan tegangan pada balok komposit.

Pada material komposit untuk mentransformasikan penampang kalsiboard ke dalam penampang beton *polystyrene* ekuivalen digunakan faktor n yang nilainya.

$$n = \frac{E_k}{E_c} \quad (1)$$

Keterangan:

E_k = Modulus Elastisitas Papan Kalsium Silikat (didapat dari data pabrik papan kalsisium silikat kalsiboard)

E_c = Modulus Elastisitas Panel *Polystyrene*

Sehingga tegangan lentur dapat ditulis sebagai berikut.

$$\sigma_c = \frac{M y}{I_c + n I_k} \quad (2)$$

atau

$$\sigma_c = \frac{M y}{I_t} \quad (3)$$

Keterangan:

σ_c = tegangan lentur (Nmm²)

M = momen (Nmm)

y = titik pusat sumbu (mm)

I_t = inersia total (mm⁴)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kuat lentur yang dilakukan terdiri dari 3 variasi benda uji. Variasi benda uji antara lain dinding panel *polystyrene* tanpa perkuatan (PPL), dinding panel *polystyrene* dengan perkuatan (PPK), dan dinding panel *polystyrene* dengan perkuatan dan penyambung geser baut (PBK). Hasil pengujian data didapatkan dari hasil pembacaan *load cell*. Dari ketiga variasi didapatkan nilai tegangan lentur terbesar pada dinding panel dengan perkuatan (PPK). Hasil pengujian kuat lentur panel *polystyrene* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian kuat lentur horisontal

Kode Benda Uji	Load cell		δ mm	Teg. Lentur MPa	Rerata MPa
	kgf	N			
PPL 1	124,31	1219,48	5,01	0,75	0,83
PPL 2	167,80	1646,12	3,02	0,87	
PPL 3	163,00	1599,03	2,99	0,85	
PPK 1	570,90	5600,53	3,03	1,66	1,60
PPK 2	570,90	5600,53	3,31	1,66	
PPK 3	481,30	4721,55	4,28	1,47	
PBK 1	494,80	4853,99	2,58	1,50	1,54
PBK 2	437,10	4287,95	2,98	1,38	
PBK 3	605,40	5938,97	3,53	1,74	

Hasil tegangan lentur penelitian ini didapatkan hasil yang lebih kecil dibandingkan dengan penelitian yang terdahulu. Penelitian yang serupa dilakukan oleh Rahman (2013) dan Kafraïn (2017) hasilnya lebih kecil dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Hal ini kemungkinan diakibatkan oleh gagalnya komposit antara panel *polystyrene* dengan pelapis *kalsiboard* yang hanya dikompositkan menggunakan bahan lem serta penyambung baut.

Kerusakan yang terjadi pada panel beton ringan EPS tanpa perkuatan (PPL) rata-rata patah didaerah setengah bentang ($\frac{1}{2} L$) sedangkan untuk panel beton ringan dengan perkuatan (PPK) dan panel beton ringan EPS dengan perkuatan dan sambungan baut

(PBK) rata-rata mengalami patah di daerah seperempat bentang ($\frac{1}{4} L$) karena mungkin terjadi kegagalan geser akibat pengaruh *debonding* antara panel dengan papan pelapis kalium silikat. Dapat dilihat pola patah yang terjadi pada pengujian kuat lentur horisontal pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 3. Panel *polystyrene* tanpa perkuatan (PPL) setelah diuji



Gambar 4. Pola patah pengujian kuat lentur horisontal pada panel *polystyrene* tanpa perkuatan (PPL)



Gambar 5. Panel *polystyrene* dengan perkuatan setelah dilakukan pengujian (PPK)



Gambar 6. Pola kerusakan yang terjadi pada panel *polystyrene* dengan perkuatan *kalsiboard* (PPK)



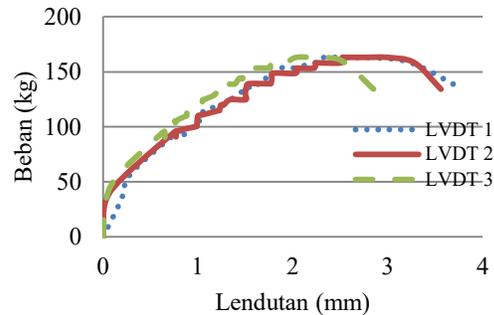
Gambar 7. Kerusakan uji lentur horisontal pada panel *polystyrene* dengan perkuatan dengan sambungan baut (PBK)



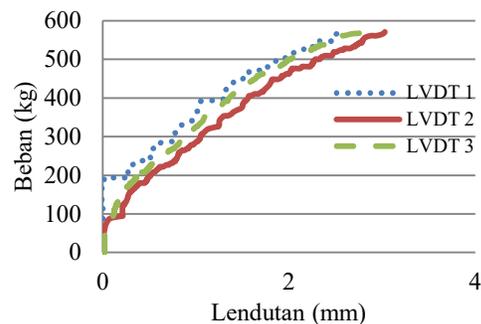
Gambar 8. Pola kerusakan yang terjadi pada panel *polystyrene* dengan perkuatan dengan sambungan baut (PBK)

Hasil pengujian kuat lentur horisontal panel polos tanpa perkuatan (PPL) ini didapatkan beban maksimum sebesar 163 kg dengan lendutan terbesar pada bagian tengah yaitu 2,99 mm. Benda uji panel *polystyrene* dengan perkuatan mengalami kerusakan pada beban maksimum sebesar 570,9 kg dengan lendutan terbesar terletak di bagian tengah sebesar 3,03 mm. Beban maksimum yang dicapai panel *polystyrene* dengan perkuatan dan sambungan baut sebesar 494,80 kg dengan lendutan terbesar 2,58 mm di bagian LVDT tengah. Dapat dilihat grafik lendutan yang terjadi pada setiap perilaku

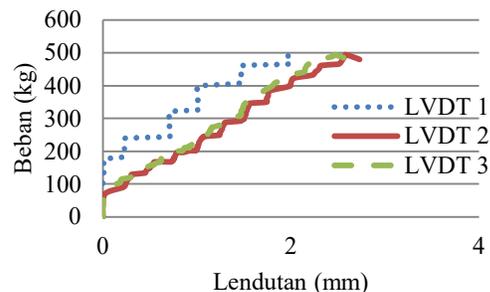
benda uji seperti Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11.



Gambar 9. Hubungan antara beban dengan lendutan pada uji lentur horisontal benda uji panel *polystyrene* tanpa perkuatan (PPL).



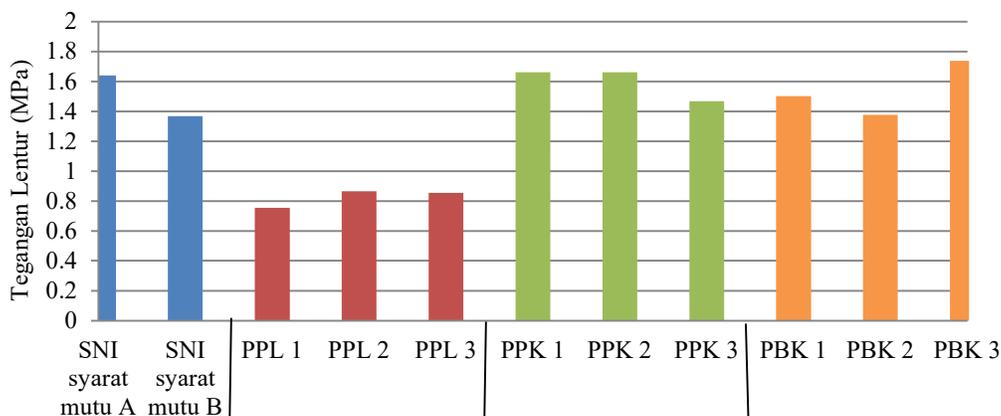
Gambar 10. Hubungan antara beban dengan lendutan pada uji lentur horisontal benda uji panel panel *polystyrene* dengan perkuatan (PPK).



Gambar 11. Hubungan antara beban dengan lendutan pada uji lentur horisontal benda uji panel *polystyrene* dengan perkuatan dan penyambung baut (PBK)

Dari hasil menunjukkan peningkatan kekuatan ketika panel diberi perkuatan. Kenaikan kuat lentur panel sebesar $\pm 93\%$ dari panel EPS polos tanpa lapisan, sedangkan penggunaan sambungan baut tidak memberi pengaruh signifikan terhadap kenaikan kuat lentur panel EPS karena

penggunaan baut hanya sebagai alternatif mekanisme perekatan saja. Panel beton ringan EPS dengan menggunakan sambungan baut malah membuat penurunan $\pm 4\%$. Perbandingan kuat lentur keseluruhan benda uji ditunjukkan dalam Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Perbandingan hasil uji lentur *horizontal panel expanded polystyrene* dengan syarat mutu SNI 03-3122-1992

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perilaku panel *expanded polystyrene* sebagai berikut.

1. Kuat lentur horizontal maksimum rerata panel *expanded polystyrene* terjadi pada panel panel *expanded polystyrene* dengan perkuatan kalsiboard tanpa penyambung baut yaitu 1,60 MPa, sedangkan untuk hasil kuat lentur horizontal panel beton ringan EPS tanpa perkuatan dan menggunakan perkuatan penyambung geser baut adalah 0,83 MPa dan 1,54 MPa.
2. Dinding panel *expanded polystyrene* dengan perkuatan kalsiboard dapat menaikkan kuat lentur horisontal sebesar $\pm 93\%$ dari panel beton ringan EPS tanpa perkuatan, tetapi pada panel *expanded polystyrene* dengan perkuatan dan penyambung geser baut

tidak memberikan nilai kuat lentur yang lebih besar dibandingkan dengan panel dengan perkuatan tanpa penyambung geser. Hal ini berarti penambahan penyambung geser baut tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kuat tekan horizontal panel.

3. Hasil secara keseluruhan pengujian kuat lentur horizontal dapat memenuhi syarat SNI 03-3122-1992 apabila panel *expanded polystyrene* diberi penambahan perkuatan

DAFTAR PUSTAKA

- Callister, W.D. (1997). "*Materials Science and Engineering*". John Wiley and Sons, Inc.
- Jones. (1975). "*Mechanics of Composite Materials*". McGraw-Hill.
- Kafrain, I. G. Y., Siswosukarto, S., and Saputra, A. (2017). "*Utilization of polystyrene waste for wall panel to*

- produce green construction materials*". *Procedia Engineering*, 171, no. 664-471.
- Purbotunggal, Sasongko. (2016). "Kuat Geser Dinding Panel dengan Perkuatan *Wiremesh*". Surakarta.
- Rahman, A., Bachtiar, G., & Daryati. (2013). "Studi Kuat Lentur Pelat *Ferocement* Dengan Lapisan Lembaran Aluminium Sebagai Bekisting Tetap Pada Material Pelat Lantai Bangunan Bertingkat". *J. Menara Jurusan Teknik Sipil FT. UNJ*, vol. VIII, no. 1, Januari. 2013.