

Hasil Review

1. Untuk lebih lengkap, Silahkan lihat artikel anda dibawah ini
 - Blok tulisan warna merah disarankan dihapus
 - Blok tulisan warna biru disarankan ditambahkan
 - Blok tulisan warna hijau disarankan ada penambahan (harus)
 - Blok tulisan warna ungu disarankan dicek kembali atau diperbaiki/dipertimbangkan
2. Gambar-2 Tambahkan keterangan titik retak awal dan titik batas elastisnya. Jelaskan pada Hasil dan Pembahasan, kenapa titik retak awal dan titik batas elastis berbeda atau ada kesamaan. Jelaskan mengapa titik runtuh berbeda.
3. Tipe huruf untuk semua gambar grafik harus sama, terutama Gambar-5
4. Gambar-3 jelaskan dengan lebih menonjol pada artikel anda, kenapa momen lentur panel (PDMS) lebih rendah dari panel PDM atau lainnya. Kenapa berbanding terbalik dengan kekuatan lenturnya (Gambar-4).
5. Gambar-6. Beri keterangan tipe panel dan tipe keruntuhannya untuk masing-masing gambar.

Kuat Lentur Dinding Panel Beton Busa dengan Perkuatan *Wiremesh*

Flexural Strength of Foam Concrete Wall Panels with Wiremesh Reinforcement

Erwin Rommel¹, Yunan Rusdianto², Rofikatul Karimah², Lukito Prasetyo², Anel Prasyas³

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

Jalan Raya Tlogomas No. 246 Malang

Email: erwin_r@umm.ac.id

Abstract

Energy and environmental problems are the main issues that occur in developed countries and developing countries, including Indonesia. The geographical condition of the country of Indonesia, which is located in a tropical climate and is largely passed by the earthquake zone, it is necessary to design a building that is designed in addition to earthquake resistance must also have the concept of energy-efficient buildings. Earthquake-resistant and energy-efficient buildings are the dream of buildings in the future, where lightweight buildings are needed, good insulation properties, optimal spatial planning, and buildings that **are able to generate and utilize energy in the surrounding environment into electrical energy, such as solar cells, wind, and rainwater**. Foam concrete wall panels are an alternative to light weight, fast installation and can be mass produced at the factory.

The aim of this research..... The panel wall size (900 mm x 300 mm x 80 mm) mm is made with a mixture of cement and sand 1: 2.75 factor of cement water 0.425 and 2% foam agent of 15 (fifteen) units. Every 3 (three) specimens are made with non-reinforced (PD) wall panels, styrofoam wall panels in the middle (PDS), palm fiber wall panels (PDF), 4 mm wiremesh wall panels (PDM) and panel walls with wiremesh 4 mm and styrofoam (PDMS). Flexural testing is carried out by the four-point-bending method, **based on SNI-1441-2011 by with observing crack loads, ultimate loads, displacements and crack patterns that occur**. The test results obtained that the flexural strength of wall panels using wiremesh increased up to six times, while the flexural stiffness increased twice compared to wall panels without wiremesh. The crack pattern that occurs in wiremesh panel walls results in a more even distribution of cracks with ductile collapse failure, whereas panel walls without flexural strength reinforcement are brittle.**ract**

Keywords: Wall Panels; Foam Concrete; Flexural Strength; Bending Stiffness; Crack Pattern

Permasalahan energi dan lingkungan menjadi issue utama yang terjadi di negara-negara maju dan negara yang sedang berkembang tidak terkecuali di Indonesia. Kondisi geografis negara Indonesia yang terletak pada iklim tropis dan sebagian besar dilewati wilayah gempa, maka diperlukan desain bangunan yang dirancang selain tahan gempa juga harus memiliki konsep bangunan hemat energi. Bangunan tahan gempa dan hemat energi adalah impian bangunan dimasa mendatang, dimana dibutuhkan bangunan yang ringan, sifat insulasi yang baik, tata ruang optimal, serta bangunan yang mampu membangkitkan dan memanfaatkan energi pada lingkungan sekitar menjadi energi listrik, seperti solar cell, tiupan angin, dan air hujan. Dinding panel beton busa menjadi salah satu alternatif selain bobotnya ringan, pemasangannya cepat dan dapat diproduksi massal dipabrik. Dinding panel berukuran (900x300x80) mm dibuat dengan campuran semen dan pasir 1:2,75 faktor air semen 0,425 dan 2% foam agent sebanyak 15 (lima belas) unit. Setiap 3 (tiga) benda uji dibuat dengan dinding panel tanpa perkuatan (PD), dinding panel diberi *styrofoam* pada bagian tengah (PDS), dinding panel dengan serat ijuk (PDF), dinding panel dengan *wiremesh 4 mm* (PDM) dan dinding panel dengan *wiremesh 4 mm* dan *styrofoam* (PDMS). Pengujian lentur dilakukan dengan metode *four-point-bending* berdasarkan SNI-1441-2011 dengan mengamati beban retak, beban ultimit, displacemen dan pola retak yang terjadi. Hasil pengujian diperoleh bahwa kuat lentur dinding panel yang memakai *wiremesh* meningkat hingga enam kalinya, sedangkan kekakuan lenturnya meningkat dua kali dibandingkan dengan panel dinding tanpa *wiremesh*. Pola retak yang terjadi pada dinding panel dengan *wiremesh* menghasilkan penyebaran retak yang lebih merata dengan keruntuhan lentur yang bersifat daktail, sedangkan dinding panel yang tanpa perkuatan keruntuhan lentur bersifat getas

Abstrak

Permasalahan energi dan lingkungan menjadi issue utama yang terjadi di negara-negara maju dan negara yang sedang berkembang tidak terkecuali di Indonesia. Kondisi geografis negara Indonesia yang terletak pada iklim tropis dan sebagian besar dilewati wilayah gempa, maka diperlukan desain bangunan yang dirancang selain tahan gempa juga harus memiliki konsep bangunan hemat energi. Bangunan tahan gempa dan hemat energi adalah impian bangunan dimasa mendatang, dimana dibutuhkan bangunan yang ringan, sifat insulasi yang baik, tata ruang optimal, serta bangunan yang mampu membangkitkan dan memanfaatkan energi pada lingkungan sekitar menjadi energi listrik, seperti solar cell, tiupan angin, dan air hujan. Dinding panel beton busa menjadi salah satu alternatif selain bobotnya ringan, pemasangannya cepat dan dapat diproduksi massal dipabrik. **Tambahkan tujuan.....** Dinding panel berukuran (900 mm x 300 mm x 80 mm) mm dibuat dengan campuran semen dan pasir 1:2,75 faktor air semen 0,425 dan 2% foam agent sebanyak 15 (lima belas) unit. Setiap 3 (tiga) benda uji dibuat dengan dinding panel tanpa perkuatan (PD), dinding panel diberi styrofoam pada bagian tengah (PDS), dinding panel dengan serat ijuk (PDF), dinding panel dengan wiremesh 4 mm (PDM) dan dinding panel dengan wiremesh 4 mm dan styrofoam (PDMS). Pengujian lentur dilakukan dengan metode *four-point-bending* berdasarkan SNI-1441-2011 dengan mengamati beban retak, beban ultimit, displacemen dan pola retak yang terjadi. Hasil pengujian diperoleh bahwa kuat lentur dinding panel yang memakai wiremesh meningkat hingga enam kalinya, sedangkan dan kekakuan lenturnya meningkat dua kali dibandingkan dengan panel tanpa wiremesh. Pola retak yang terjadi pada dinding panel dengan wiremesh menghasilkan penyebaran retak yang lebih merata dengan keruntuhan lentur yang bersifat daktail, sedangkan dinding panel yang tanpa perkuatan menunjukkan keruntuhan lentur bersifat getas.

Kata kunci: Dinding Panel; Beton Busa; Kuat Lentur; Kekakuan Lentur; Pola Retak

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan yang sangat besar di dunia. Indonesia juga memiliki posisi geografis yang unik dimana wilayah Indonesia berposisi diantar tiga lempengan bumi yang masih aktif, tiga lempeng tersebut dikenal dengan Lempeng Fasifik, Lempeng Indo-Australia, dan juga Lempeng Eurasia. Lempengan bumi aktif adalah lempengan yang masih bergerak sampai saat ini dan saling berinteraksi atau bertabrakan satu sama lain yang apabila hal tersebut terjadi maka akan menghasilkan tumpukan energi yang memiliki ambang batas tertentu atau yang bisa kita sebut dengan gempa bumi. Dengan perihal tersebut bangunan tahan gempa merupakan salah satu solusi alternative, dan bangunan tahan gempa dapat diperoleh dari komponen bangunan yang dibuat lebih ringan. Salah satu inovasinya adalah dinding ringan yang dibuat dari beton busa, hal tersebut merupakan inovasi yang tepat untuk mewujudkan bangunan tahan gempa. Namun yang harus jadi perhatian disini adalah bahan tambah yang digunakan tidak mengurangi fungsi serta kekuatan dari struktur bangunan tersebut.

Pada umumnya masyarakat masih menggunakan batu bata, batako, batu kapur putih ataupun bata ringan penyekat. Akan

tetapi pada ada beberapa kondisi tertentu dinding batu bata memiliki kekurangan dalam segi waktu pekerjaan yang lebih lama dibandingkan dengan dinding lainnya, adanya kebutuhan biaya pelapisan yang lebih tinggi serta memiliki berat yang relative lebih besar dibandingkan dinding lainnya. Sedangkan batako memiliki kekurangan dari segi kualitas yang mudah timbul retak rambut, bersifat lebih panas dibandingkan batu bata dan juga kekuatan batako yang kurang menyebabkan dinding mudah berlubang dan kurang kedap suara. Selain dua dinding sebelumnya adanya inovasi terkini sebagai dinding penyekat yaitu bata ringan. Namun seperti yang kita ketahui bahwa bata ringan sendiri masih memiliki kelemahan yaitu, dieprlukan keahlian khusus untuk memasangnya karena kalau tidak, pemasangan akan terlihat tidak rapi, harga yang relative mahal dibandingkan dengan dua bahan dinding sebelumnya, serta ukuran yang lebih kecil dan untuk emdapatkannya harus memesan dalam jumlah yang besar.

Maka dari itu dibutuhkan sebuah inovasi yang lebih baik. Saat ini telah banyak digunakan material bahan bangunan yang memiliki efisiensi lebih baik dari material yang sudah ada sebelumnya. Salah satunya banyaknya pemakaian dinding panel sebagai pengganti dinding konvensional. Dinding panel adalah

kesatuan dari blok-blok beton yang disusun menjadi satu kesatuan hingga menjadi dinding dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan dari dinding bata merah, batako dan bata ringan. Dengan adanya dinding panel yang memiliki $\frac{1}{4}$ kali lebih ringan lebih ringan dari berat bata ringan yang pada umumnya beredar, dan hanya berkisar $\frac{1}{2}$ kali dari berat bata ringan pada umumnya tersebar. Karena beratnya yang ringan, dan bentuknya yang presisi dan akurat, karena pekerjaan dilakukan secara massal dipabrik menggunakan mesin yang memprioritaskan kualitas yang terjamin serta keakuratan dimensinya maka pengerjaan dinding panel sangat mudah, tidak sama seperti pemasangan bata merah dan juga bata ringan yang memerlukan waktu lebih lama dan konsentrasi yang tinggi agar dinding lebih presisi.

Pada penelitian ini akan membahas tentang dinding panel dengan jenis beton yang digunakan adalah beton busa (*foamed concrete*) yang memanfaatkan *foamed agent* sebagai bahan pembuatan beton busa. *Foamed Agent* berfungsi sebagai pengembang beton dan juga mengurangi massa beton itu sendiri. Sejalan dengan perkembangan jalan maka harus diimbangi dengan penyediaan bahan alternative, yang mudah didapatkan, perawatan mudah, dan sangat murah dari beton yang sudah sering digunakan. Dinding panel juga memiliki kekakuan lentur yang lebih baik, kekakuan geser yang lebih besar karena bentuk dinding berupa modul-modul yang mudah dipasang dan disusun dengan dimensi panel yang besar.

Prospek dinding panel beton ringan diharapkan mampu menjadi titik terang untuk memenuhi kebutuhan dari bangunan tahan gempa kedepannya.

Penelitian yang dilakukan oleh **Noridah dan Hilmi, 2011** menjelaskan bahwa penggunaan penghubung geser diagonal simetris pada panel *sandwich* pracetak beton ringan ($2000 \times 750 \times 100$) mm jauh lebih baik untuk dapat meningkatkan kapasitas beban sentris ultimit panel dibandingkan dengan penggunaan penghubung geser diagonal tunggal, dimana kenaikan beban ultimit yang terjadi hampir dua kali nya. Panel pracetak terbuat dari 3 lapis, yakni beton busa, lapisan insulasi dan beton

konvensional cor ditempat. Kegagalan akibat beban sentris pada panel terjadi pada bagian ujung-ujung panel, sedangkan pada bagian tengah panel tidak terjadi retak sampai terjadi keruntuhan.

Hasil penelitian dari **Fahrudin, 2013** menyatakan bahwa panel dinding yang diberi *styrofoam* dan dibuat dari bahan beton ringan dengan ketebalan bervariasi mulai dimensi: ($120 \times 50 \times 12$) cm, ($120 \times 50 \times 14$) cm, dan ($120 \times 50 \times 16$) cm. Hasil pengujian diperoleh *modulus of rupture* masing-masing sebesar 1,549 MPa, 1,449 MPa, dan 1,520 MPa. Untuk Momen retak awal didapat masing-masing sebesar ; 1,858 kNm 2,367 kNm dan 3,242 kNm. Panel dinding beton dengan *styrofoam* ini dapat menjadi alternatif pengganti dinding bata konvensional.

Menurut penelitian dari **Noridah Mohamad, Khalil, Abdul Samad, W.I Goh, 2014** pada sandwich panel pracetak beton ringan (PLFP = *precast lightweight foam concrete sandwich panel*), penggunaan penghubung geser diagonal 6mm bersilang ganda pada panel berukuran ($2000 \times 750 \times 100$)cm dengan ketebalan *sandwich* yang bervariasi dapat mempengaruhi beban ultimitnya. Hasil pengujian diperoleh nilai beban ultimit masing-masing sebesar 10,8 kN, 8,2 kN untuk PLFP-1 dan PLFP-2, serta 24 kN, dan 25,6 kN untuk PLFP-3 dan PLFP-4. Sedangkan defleksi maksimal yang terjadi adalah 9,1 mm, 13,9 mm, 24,1 mm, dan 22,1 mm.

Ujianto, 2016 melakukan penelitian panel dinding beton yang bertujuan untuk menjadi alternative pengganti dinding konvensional dimana panel dinding beton bersifat lebih praktis dan lebih efisien terhadap biaya dan waktu dibandingkan dengan dinding konvensional. Dipenelitian ini dibuat dua jenis benda uji dimana jenis pertama yaitu berbentuk kubus dengan dimensi ukuran (10×10) cm untuk pengujian kuat tekannya dan yang kedua berupa plat dengan dimensi ukuran ($100 \times 50 \times 10$) cm untuk pengujian kuta lenturnya. Didapatkan hasil kuat tekan beton rata-rata sebesar 2,65 MPa, dan untuk jenis platnya didapatkan hasil kuat tekannya sebesar 1,878 MPa (tanpa perkuatan) dan 2,109 MPa (dengan Perkuatan) terjadi peningkatan sebesar 12,3% lalu hasil pengujian kuat lenturnya

didapatkan hasil sebesar 1,49 MPa (tanpa perkuatan) dan 3,080 MPa (dengan perkuatan) terjadi peningkatan sebesar 106,3%.

Penelitian pada panel sandwich pracetak beton busa (PFCSP = *precast foam concrete sandwich panel*) dengan pemberian penghubung geser diagonal dan penulangan pada bagian tepi luar telah dilakukan dengan menguji pada beberapa rasio kelangsingan panjang dan tebal (H/t) panel, mulai 14, 16, 18, 20, 22 dan 24 (Amran, Raizal, Farzad, Nor Azizi, A.Ali, 2016). Pengamatan dilakukan pada kapasitas geser vertical pada arah bidang geser panel, pola retak geser dan pola keruntuhan panel tersebut. Panel berukuran tebal 125 mm dengan tinggi bervariasi mulai 1750 mm sampai 3000 mm dimana pada bagian tengah panel diberi lapisan insulasi setebal 25 mm dan pada setiap tepi luar setebal 50 mm diberi perkuatan wire-mesh yang terhubung dengan shear connector. Hasil pengujian diperoleh bahwa makin kecil rasio H/t panel maka diperoleh beban geser yang makin meningkat dengan peningkatan mencapai 26,51% pada rasio $H/t=14$. Pola retak diawali dari retak lentur yang terjadi pada beban rata-rata mencapai 35% sampai 42% dari beban geser ultimit kemudian retak bergeser miring dari tumpuan ke tengah-tengah ketinggian panel dan kemudian secara diagonal retak menuju ke arah titik beban.

Penelitian panel sandwich yang diisi dengan butiran EPS (*expanded polystyrene*) setebal 25% volume dibagian tengah panel (75% volume dari beton normal) dan *ferrocement* diberikan pada bagian tepi panel telah dilakukan oleh Lakshmikandhan, Harshavardhan, Prabakar, Saibab, 2017. Perilaku panel berukuran (125x125x15) cm dengan densitas 9 kN/m³ yang diuji tekan pada arah lebar panel memperlihatkan pola keruntuhan yang bersifat daktail dengan beban retak terjadi pada 45% beban ultimit, dimana beban tekan ultimit diperoleh pada 12,87 N/mm² (beban retak dicapai pada nilai 4,71 N/mm²).

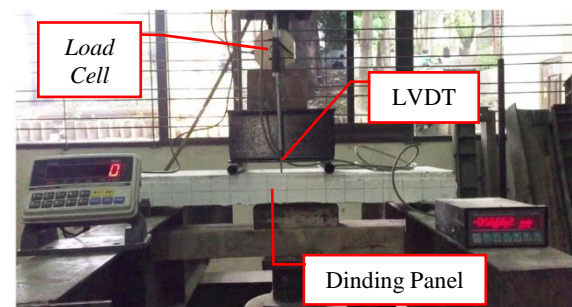
METODE PENELITIAN

Dinding panel dibuat dari bahan beton busa dengan memakai komposisi semen-pasir 1:2,75, faktor air semen 0,425 dan 2% foam

agent tipe sintetis. Sedangkan untuk perkuatan bahan digunakan serat ijuk sebanyak 2% dalam volume campuran, sedangkan perkuatan dinding panel digunakan 2 lapis *wiremesh* 4mm. Untuk mengurangi bobot dinding panel digunakan *styrofoam* 20 mm.

Dinding panel dibuat berukuran (900x300x80) mm, dengan beberapa variasi perkuatan antara lain; panel dinding tanpa perkuatan (PD), panel dinding yang diberi *styrofoam* (PDS), panel dinding yang diberi serat (PDF), panel dinding yang diberi *wiremesh* (PDM), dan panel dinding diberi *wiremesh* dan *styrofoam* (PDMS).

Dinding panel diuji lentur skala penuh dengan metode *four-point-bending testing* pada alat *loading frame* yang dilengkapi dengan *actuator*, *load cell*, *LVDT*, *load indicator*. Pengamatan yang dilakukan pada pengujian meliputi beban retak dan ultimit, displacemen, pola retak dinding panel.



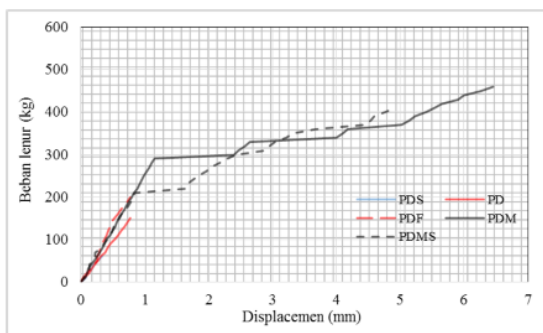
Gambar-1. Set-up Pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Beban dan Displacemen

Penambahan perkuatan pada dinding panel beton busa dapat mempengaruhi nilai kapasitas lentur dan perilaku daktilitas panel dinding. Dinding panel yang diberi perkuatan *wiremesh* (PDM dan PDMS) baik tanpa *styrofoam* maupun memakai *styrofoam* memiliki kapasitas lentur yang lebih besar dan perilaku panel **dinding nya** lebih daktail dibanding dengan panel dinding yang diberi perkuatan lainnya (tanpa perkuatan dan serat ijuk). Kapasitas beban lentur panel dinding dengan memakai perkuatan *wiremesh* **saja** dapat mencapai beban puncak 460 kg sedangkan panel dinding yang diberi *wiremesh* dan tambahan *styrofoam* pada bagian **tengah nya**

hanya mampu mencapai beban lentur sebesar 410 kg. Untuk dinding panel yang tanpa perkuatan (PD dan PDS) memiliki kemampuan lentur yang sangat rendah masing-masing sebesar 150 kg dan 60 kg untuk panel dinding dengan styrofoam dan tanpa styrofoam. Kapasitas lentur panel dinding tersebut diperlukan untuk mengetahui seberapa banyak panel dinding bisa ditumpuk saat proses penyimpanan dan proses konstruksi dilapangan. Untuk panel dinding dengan memakai perkuatan wiremesh memiliki kemampuan untuk ditumpuk sampai 13 unit panel dinding di atasnya, dimana rata-rata berat panel dinding ukuran (900x300x80) mm sebesar 34 kg dan berat jenis sebesar 1400 kg/m³. Sedangkan saat beban konstruksi, panel dinding lebih dominan menerima beban geser bukan beban lentur.



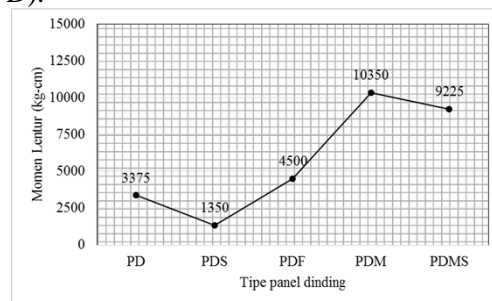
Gambar-2. Hubungan beban dengan displacemen dinding panel

Daktilitas lentur lebih besar pada panel dinding dengan perkuatan *wiremesh* PDM dan PDMS, dengan displacemen masing-masing mencapai 4,93 mm dan 6,45 mm. Sedangkan panel dinding tanpa *wiremesh* (PD, PDS dan PDF) lebih cenderung bersifat getas dimana keruntuhan terjadi dengan displacemen yang tidak melebihi 1 mm. Gambar-2 menjelaskan bagaimana **perjalanan** beban lentur dan displacemen bekerja pada tiap dinding panel sampai dinding panel tersebut hancur. Terlihat bahwa dinding panel yang memakai perkuatan *wiremesh* memiliki kemampuan lentur dan daktilitas lentur yang lebih baik dibandingkan dengan dinding panel yang tidak diberi *wiremesh* atau perkuatan hanya berupa serat ijuk. Kemampuan bahan beton busa tidak

cukup baik untuk digunakan pada dinding panel jika tidak dibantu dengan memberi perkuatan *wiremesh*, pemakaian serat ijuk yang diharapkan dapat menyumbangkan kemampuan lentur beton busa juga tidak terlalu signifikan karena hanya terjadi peningkatan beban lentur sebesar 33% dibandingkan dengan dinding panel yang memakai beton busa saja. Kenaikan tersebut jika dibandingkan dengan dinding panel beton busa yang diberi *wiremesh* jauh lebih besar. Daktilitas yang dihasilkan juga cukup signifikan pada dinding panel yang diberi *wiremesh* dimana displacemen saat dinding panel hancur dapat mencapai 6,45 mm ; 6,66 mm ; dan 7,87 mm dari 3 (tiga) dinding panel PDM yang diamati.

Kuat Lentur Dinding Panel

Kuat lentur dinding panel meningkat cukup signifikan dengan penambahan *wiremesh* dibandingkan dengan tanpa *wiremesh* seperti terlihat pada Gambar-3. Kuat lentur terbesar terjadi pada dinding panel yang diberi *wiremesh* tanpa styrofoam (PDM) yakni 10.350 kg-cm atau meningkat lebih **enam kali** dibandingkan dengan panel dinding tanpa *wiremesh* (PD), **sedangkan pengaruh adanya styrofoam** akan mengurangi kuat lentur masing-masing panel dinding (PDS dan PDMS). Pemberian serat ijuk pada beton busa (PDF) juga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kuat lentur dinding panel dimana hanya dicapai momen lentur sebesar 4.500 kg-cm atau meningkat **dua kali** dibandingkan beton busa tanpa serat ijuk (PD).

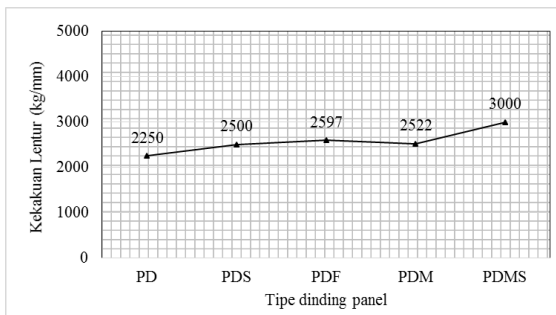


Gambar-3. Hubungan kuat lentur dengan tipe perkuatan dinding panel

Kekakuan Lentur Dinding Panel

Kekakuan lentur dinding panel tidak terlalu berpengaruh pada pemakaian perkuatan jenis

apapun, baik serat ijuk, *wiremesh* dan *Styrofoam* seperti terlihat pada Gambar-4. Kekakuan lentur dari dinding panel diukur dari seberapa besar beban yang bisa diterima sampai dinding tersebut mengalami retak pertama kali. Kekakuan lentur terkecil diperoleh sebesar 2.250 kg/cm pada dinding panel yang tidak diberi perkuatan sama sekali (PD) sedangkan kekakuan lentur terbesar diperoleh pada tipe dinding panel yang memakai perkuatan *wiremesh* dan diberi *styrofoam* (PDMS) yakni 2.870 kg/cm atau meningkat sebesar 27,5%.

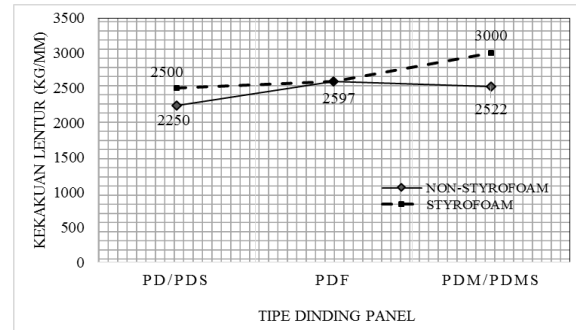


Gambar-4. Hubungan kekakuan lentur terhadap tipe dinding panel

Berikutnya dilakukan perbandingan kekakuan lentur berdasarkan penambahan *styrofoam* dengan dinding panel tipe PD sebagai dasar acuannya. Berikut adalah perbandingan dari dinding panel dengan penambahan *styrofoam* dan *non-styrofoam*.

Gambar-5 menjelaskan perbedaan kekakuan lentur antara dinding panel beton busa yang memakai *styrofoam* dan tanpa *styrofoam*. Selisih dari kekakuan lentur diambil dari rata-rata selisih kekakuan lentur antar dinding panel. Selisih rata-rata kekakuan lentur dinding panel dengan memakai *styrofoam* diperoleh sebesar 30,98%, sedangkan dinding panel tanpa *styrofoam* diperoleh sebesar 19,32%

PDS

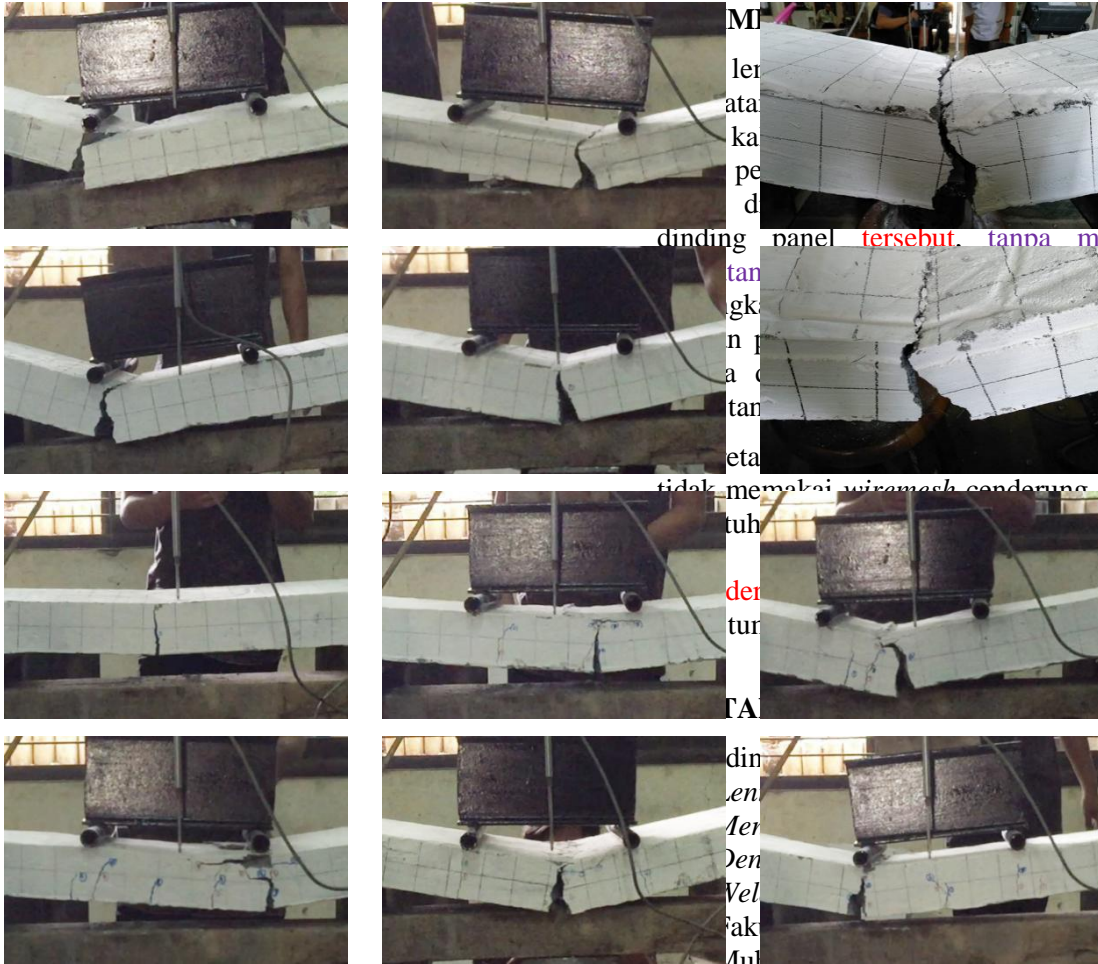


Gambar-5. Hubungan kekakuan lentur dan tipe dinding panel dengan *styrofoam/non-styrofoam*

Pola Retak Dinding Panel

Semua dinding panel mengalami kegagalan lentur dengan lokasi retak awal terjadi pada bagian tengah dimulai dari jarak 1/3 bentang dari perletakan. Diawali dengan *first crack* berupa retak lentur pada sisi bawah dinding panel, yang arahnya 90 derajat terhadap sumbu utama. Pola retak untuk berbagai tipe dinding panel dapat dilihat pada Gambar-6. Pola retak yang terjadi pada dinding panel yang tidak diberi perkuatan (PD dan PDS) dan dinding panel yang memakai perkuatan serat ijuk (PDF) memperlihatkan retakan yang berawal pada sisi tarik dan terpusat secara cepat retak akan merambat menuju sisi tekan dari dinding panel hingga terjadi keruntuhan yang bersifat getas atau *brittle*. Retak juga akan bertambah lebar seiring dengan penambahan beban pasca retak awal terjadi pada dinding panel. Pemberian serat ijuk sebagai perkuatan dari matrik beton untuk menahan tarikan tidak memberikan kontribusi secara signifikan pada kemampuan penampang pasca retak terjadi. Keruntuhan lentur dominan terjadi secara *brittle* tanpa ada perlawanan dari penampang beton pada dinding panel tersebut.





Gambar-6. Pola Retak Dinding Panel

Sedangkan pola retak yang terjadi pada dinding panel yang diberi perkuatan *wiremesh* (PDMS dan PDM) memperlihatkan hasil retak yang lebih merata terjadi disepanjang daerah antara dua titik beban yang bekerja (atau 1/3 bagian tengah dinding panel), retak yang terjadi tidak sekaligus bertambah, baik lebar retak maupun panjang retakan. Hal ini dikarenakan adanya retak rambut yang terjadi secara merata pada daerah tarik penampang dinding panel tersebut. Pemberian perkuatan *wiremesh* mengakibatkan dinding panel bersifat duktail, sedangkan pada dinding panel yang diberi *styrofoam* pada bagian tengah penampang akan memutuskan retak yang terjadi pada sisi tarik dibagian bawah dengan sisi tekan dibagian atas penampang dinding panel. Keruntuhan lentur dominan terjadi secara duktail pada dinding panel yang diberi perkuatan *wiremesh*.

M
 ler
 ata
 ka
 pe
 d
 dinding panel tersebut. fanna mengurangi
 tan
 gk
 n p
 a c
 tan
 eta
 tidak memakai wiremesh cenderung mengikuti
 tuh
 der
 tur
 TA
 din
 len
 Mer
 Den
 Vel
 Fak
 Muhammadiyah Surakarta.
 an Kuat
 Ringan
 Styrofoam
 ing Kasa
 ik Sipil,
 Fak
 universitas

Noridah., Mohamad., A.I. Khalil,¹ A.A. Abdul Samad,¹ and W. I. Goh, 2014. *Structural Behavior of Precast Lightweight Foam Concrete Sandwich Panel with Double Shear Truss Connectors under Flexural Load*. Department of Civil & Material Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Universiti Tun Hussein Onn, Batu Pahat, Johor, 86400 Parit Raja, Malaysia

Standard Nasional Indonesia. 2011. *Cara Uji Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan (SNI-4431-2011)*. BSN : Bandung.

Ujianto, Muhammad, 2016, *Perilaku Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Dinding Panel Batu Bata Merah Dengan Perkuatan Tulangan Bambu*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Noridah., Mohamad, M Hilmi Mahdi., 2011, *Testing of Precast Lightweight Foamed*

Concrete Sandwich Panel With Single and Double Symmetrical Shear Truss Connectors Under Eccentric Loading, Advanced Materials Research Vols. 335-336 (2011) pp 1107-1116

Lakshmikandhan., K.N, B S Harshavardhan, J Prabakar, and S Saibab, 2017, *Investigation on Wall Panel Sandwiched With Lightweight Concrete*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol 225 (2017) 012275. pp 1-15.

Amran., Y.H. Mugahed., Rizal S.M Rashid., Farzad Hejazi., Nor Azizi Safiee., and A.A.Abang Ali., 2016, *Structural behavior of precast foam concrete sandwich panel subjected to vertical in-plane shear loading*, International Journal of Civil and Environmental Engineering, Vol.10, No.6, pp 705-714, 2016.

