

ANALISIS DAKTILITAS DINDING PANEL JARING KAWAT BAJA TIGA DIMENSI DENGAN VARIASI RASIO TINGGI DAN LEBAR (HW/LW) TERHADAP BEBAN LATERAL STATIK

Roni Dwi Prastyo, Sri Murni Dewi, Ari Wibowo

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: ronipras.23@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan jumlah penduduk yang meningkat secara signifikan tiap tahun tidak diimbangi dengan banyaknya penyedia hunian yang layak secara teknis maupun ekonomis menyebabkan terjadinya masalah backlog dalam dunia konstruksi hunian di Indonesia. Berkaitan dengan upaya pemenuhan kebutuhan bangunan tempat tinggal dalam skala besar tersebut menuntut adanya inovasi dalam hal material, kualitas, maupun proses pelaksanaannya sehingga diharapkan pembangunan dapat dilaksanakan secara efektif, efisien, serta ekonomis. Salah satu inovasi yang sedang berkembang adalah dinding panel jaring kawat baja tiga dimensi. Rasio tinggi dan lebar (Hw/Lw) pada dinding akan memperngaruhi bagaimana perilaku dinding tersebut dalam menerima beban lateral. Pada perbedaan rasio tersebut nantinya akan dapat dilihat pada dinding mana yang memiliki nilai daktilitas paling tinggi. Pada penelitian ini digunakan tiga variasi rasio tinggi dan lebar (Hw/lw) dinding panel jaring kawat baja tiga dimensi yaitu dengan ukuran 60 cm x 60 cm (Hw/lw=1), ukuran 90 cm x 60 cm (Hw/Lw=1,5), dan ukuran 120 cm x 60 cm (Hw/Lw=2). Tebal dinding sama yaitu 15 cm dengan EPS dan wiremesh dengan tebal total 8 cm dan plesteran beton 7 cm. Pengujian beban lateral statik (*static load test*) dilakukan dengan memberikan beban tiap 100 kg (*load control*) hingga mencapai beban maksimum dinding dan dilanjutkan dengan tahap *displacement control*. Pencatatan data dilakukan setiap tahap pembebanan yaitu pencatatan deformasi lateral total dan pengamatan mekanisme pola retak serta keruntuhan dinding (*failure mechanism*). Hasil dari penelitian dan pembahasan data menjelaskan bahwa Benda Uji A yang berukuran 60 x 60 cm atau dengan rasio tinggi dan lebar (hw/lw) = 1, memiliki nilai daktilitas sebesar 3,1 sampai 5,4. Untuk benda Uji B yang berukuran 90 x 60 cm atau dengan rasio tinggi dan lebar (hw/lw) = 1,5, memiliki nilai daktilitas sebesar 8,5 sampai 10,45. Sedangkan untuk benda Uji dinding C dengan ukuran 120 x 60 cm atau rasio antara tinggi dan lebar (Hw/Lw) = 2, memiliki nilai daktilitas simpangan sebesar 5,3 sampai 8,6. Dari hasil analisis tersebut benda uji dinding yang memiliki daktilitas terkecil yaitu pada benda uji A dengan ukuran benda uji dinding 60 x 60 cm atau rasio antara tinggi dan lebar (Hw/Lw) = 1.

Kata-kata kunci: Daktilitas, dinding panel jaring kawat baja tiga dimensi, rasio tinggi dan lebar (Hw/lw), beban lateral statik.

1. Pendahuluan

Perkembangan pembangunan pada saat ini sangat berkembang pesat. Hal ini dapat dilihat dengan adanya pembangunan gedung, perumahan, maupun tempat pendidikan. Kebutuhan akan pembangunan pun juga sangat besar khususnya pembangunan tempat tinggal. Berkaitan dengan hal tersebut, maka dibutuhkan inovasi-inovasi baik material, kualitas, maupun pelaksanaan dalam pembangunan tersebut. Sehingga pembangunan dapat dilaksanakan secara efektif, efisien, serta ekonomis.

Kerusakan yang banyak terjadi di Indonesia ketika gempa terjadi yaitu pada bangunan sederhana. Pada dasarnya bangunan sederhana hanya terdiri dari

kolom praktis, balok, dan dinding. Namun, fungsi dinding hanya sebagai komponen non struktural yang mengakibatkan pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding sering tidak diperhitungkan dalam suatu perencanaan bangunan.

Gempa bumi turut menyebabkan tingginya angka backlog di Indonesia karena struktur bangunan tidak direncanakan sesuai persyaratan sehingga mengalami tingkat kerusakan yang parah. Mengingat Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng besar dunia yang sangat aktif, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik (BMKG, 2013). Oleh sebab itu, Indonesia merupakan salah satu daerah yang memiliki aktivitas kegempaan yang tertinggi di dunia (Gamal, 2010).

Dalam hal ini, M-Panel memberikan beberapa solusi dalam hal tersebut. M-Panel telah membuat inovasi dalam pembuatan dinding panel. Dinding tersebut terbuat dari *EPS* (*Expanded Polystrene System*), wiremesh, serta beton sebagai plester dinding. Dinding M-Panel ini pelaksanaannya relatif cepat dikarenakan dinding tersebut lebih ringan. Sehingga, dapat mengatasi permasalahan pembangunan dengan skala besar yang ada di Indonesia.

Apabila ditinjau dari bidang ketekniksipilan, perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai dinding panel tersebut dengan dikaitkan dengan aspek-aspek konstruksi. Aspek-aspek tersebut diantaranya adalah mengenai kekuatan struktur dinding beserta komponen penyusunnya, daktilitas, kuat leleh, ketahanan terhadap gempa, dan lain sebagainya.

Sesuai dengan kondisi aktual tersebut, perlu dilakukan pengkajian ulang terhadap material maupun kemampuan struktur supaya mampu mereduksi beban gempa tersebut. Dalam hal ini adalah penelitian dinding panel terhadap beban monotonik. Sehingga nantinya dinding panel merupakan inovasi yang solutif baik dari segi pelaksanaan maupun dari teknis.

2. Bahan dan Metode

Dinding panel merupakan sebuah lembaran material yang biasanya dibentuk dari *sterofoam* dan dapat dibentuk sesuai kebutuhan yang berfungsi untuk penahan panas, peredam suara, dan penghias dan juga dapat dikombinasi dengan material lain untuk menjaga keseragaman penampilannya serta dapat digunakan sebagai struktur.

Dinding panel dapat dikatakan sebagai salah satu bentuk inovasi dalam bidang konstruksi. Melalui penelitian yang dilakukan lebih dari 30 tahun, Modern Panel telah melakukan suatu pembaharuan dalam bidang pembangunan. Terinspirasi dari sistem bangunan dinding panel di Eropa, saat ini M-Panel telah memproduksi

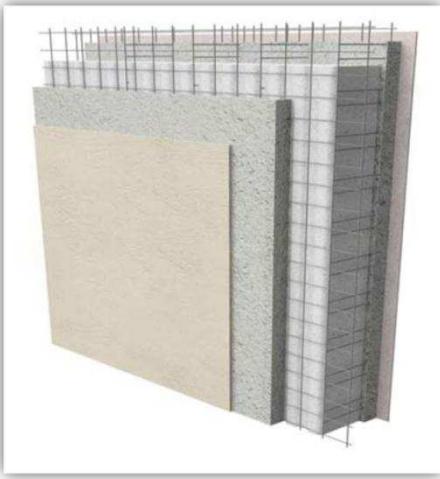
dinding panel sebagai pengganti batu bata yang memiliki kelebihan proses pembangunan lebih cepat serta kualitas bangunan yang baik.

2.1 Bahan Penyusun Dinding Panel

a. *Expanded Polystyrene (EPS)*

Styrofoam adalah suatu bahan yang apabila tidak digunakan akan menjadi limbah dan tidak dapat diolah secara alami (tidak dapat membosuk), sehingga apabila tidak ada solusi untuk mengola bahan tersebut maka akan semakin banyak dan menjadi limbah yang cukup berbahaya. Nama umum dari bahan ini adalah EPS (*Expanded Polystyrene*). Dengan berkembangnya penelitian akan kegunaan EPS, misalkan penggunaan baru EPS adalah untuk bahan panel bangunan. Penggunaan EPS untuk bahan bangunan jauh lebih ramah lingkungan dibanding penggunaan EPS sebagai bahan pembungkus/pengepakan makanan, karena jangka pemakaianya yang sangat panjang (bertahun-tahun selama bangunan digunakan).

Mengacu pada kenyataan bahwa material *foam polystyrene* memiliki bentuk sel tertutup yang sangat kecil (1 m³ EPS material *foam polystyrene* mengandung 3-6 juta sel) yaitu 0.01-0.1 mm diameter, oleh karena itu dari segi teknik peredaman, material *foam polystyrene* adalah material peredam yang baik. Yang paling utama yang harus diperhatikan adalah berat unit dari material *foam polystyrene* harus berkurang. Berat dari material *foam* yang didapat melalui banyak metode sebelum *swelling* atau pembengkakan memiliki bermacam-macam berat dari 10-100 kg/m³. Pada umumnya, standar dari *foam* material yang digunakan pada konstruksi memiliki kepadatan 10-30 kg/m³. (Kristanto dkk, 2011).



Gambar 1 Expanded Polystyrene Foam (EPS) berdasarkan PT. Modern Panel Indonesia

Tabel 1 Spesifikasi Dinding M-Panel Jenis PSM

PSM Ø2,5-3,5 Kepadatan 15 daN/m³	Ketebalan EPS (mm)	Ketebalan beton (mm)	Jarak antara dua jaring siku (mm)	Ketebalan total (mm)	Berat panel (kg/m²)	Berat dinding (panel+beton) (kg/m³)
PSM 40	40	35	62,5	110	3,54	146,5
PSM 50	50	35	72,5	120	3,73	146,7
PSM 60	60	35	82,5	130	3,93	147,0
PSM 80	80	35	102,5	150	4,32	147,4
PSM 100	100	35	122,5	170	4,71	147,9
PSM 120	120	35	142,5	190	5,10	148,4
PSM 140	140	35	162,5	210	5,49	148,9
PSM 160	160	35	182,5	230	5,88	149,4
PSM 180	180	35	202,5	250	6,27	149,9
PSM 200	200	35	222,5	270	6,66	150,3

Sumber : PT. Modern Panel Indonesia

b. Kawat Baja (Wiremesh)

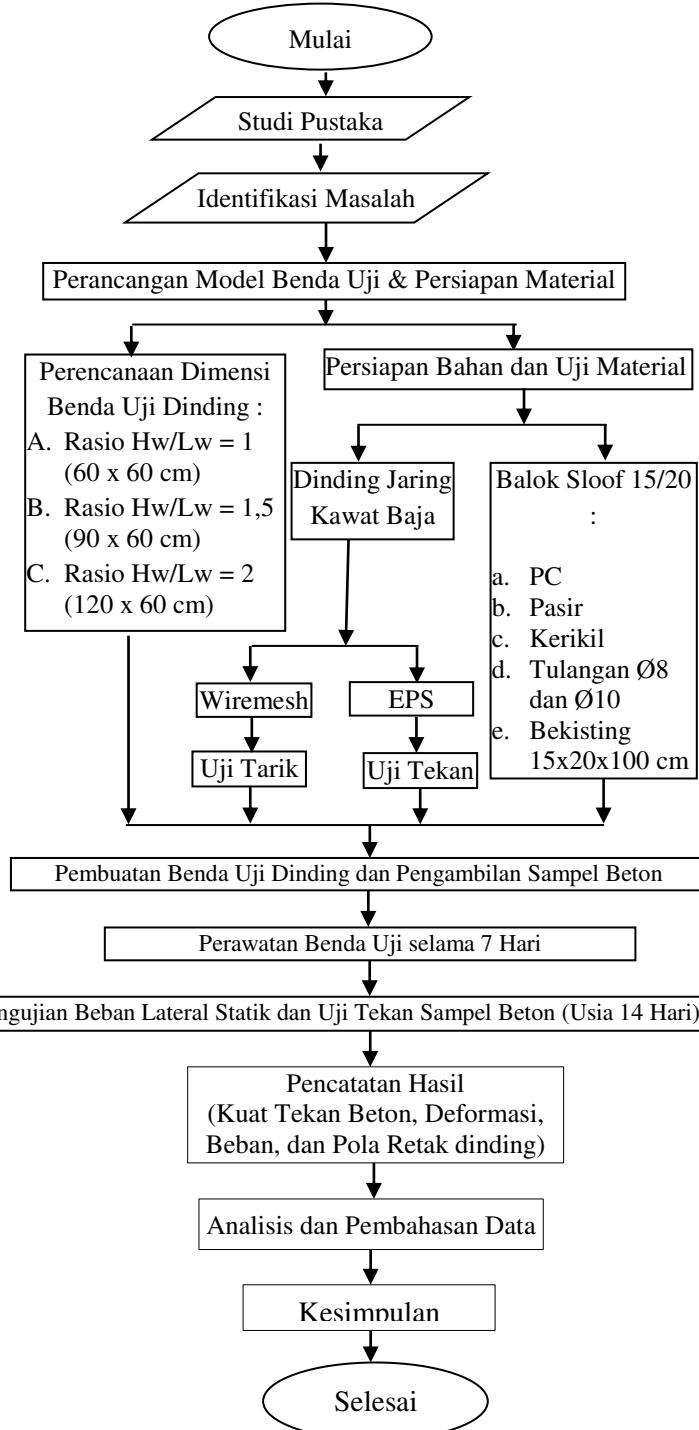
Wiremesh adalah besi fabrikasi bertegangan leleh tinggi yang terdiri dari dua lapis kawat baja yang saling bersilang tegak lurus. Setiap titik persilangan dilas secara otomatis menjadi satu, menghasilkan penampang yang homogen, tanpa kehilangan kekuatan dan luas penampang yang konsisten. (Yehuda, 2011).

Wiremesh yang digunakan dalam dinding M-panel telah dilas, terbuat dari kawat baja yang telah di galvanis yang diletakkan di kedua sisi panel polyfoam dan saling terhubung satu dengan yang lainnya. Diameter kawat yang digunakan bervariasi mulai dari 2,5 – 5 mm, dengan kekuatan tarik lebih besar dari 600 MPa. (Sumber : web M-Panel)

c. beton

Beton merupakan campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, dimana campuran tersebut sudah dihitung dalam mix desain, sehingga menghasilkan komposisi dengan kekuatan yang diinginkan. Semen yang digunakan yaitu semen portland (PC) tipe I.

2.2 Metode Analisis Data

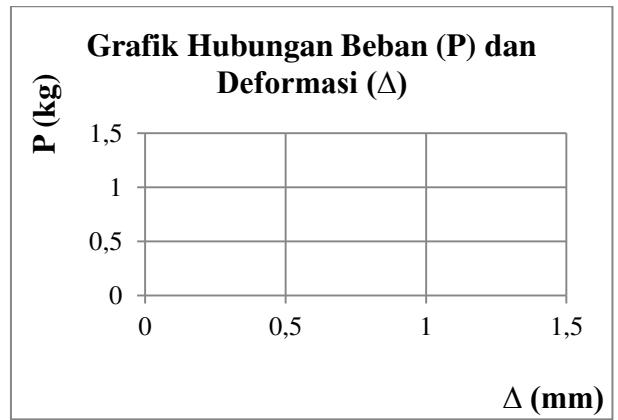


Gambar 2 Diagram Alir penelitian

Pengumpulan data dilakukan dengan 2 cara yaitu data hasil studi literatur dan data hasil pengujian benda uji berupa dinding panel yang telah berusia 14 hari terhadap beban lateral statik. Data hasil studi literatur yaitu data beban maksimum yang dapat diterima dinding yang dihitung secara teoritis yaitu dengan menggunakan perhitungan beton bertulang (perencanaan penampang dinding terhadap geser dan lentur). Dalam analisisnya dinding diasumsikan merupakan dinding kantilever yang terbuat dari beton dengan kuat tekan (f'_c) 15 MPa dan tulangan wiremesh dengan kuat leleh (f_y) 600 MPa. Sehingga dari analisis ini didapatkan berapa beban maksimum (P_{max}) teoritis yang dapat ditahan oleh dinding panel tersebut.

Sedangkan untuk memperoleh data hasil pengujian dinding di laboratorium, nantinya akan didapatkan perilaku dinding panel terhadap beban lateral statik. Pembebanan dilakukan secara bertahap yaitu dengan interval 100 kg. Data yang akan di ambil dalam pengujian ini yaitu beban, deformasi, regangan, dan pola retak pada dinding yang kemudian data tersebut dianalisis untuk mendapatkan grafik hubungan beban (P) dan deformasi (Δ), grafik tegangan (σ) dan regangan (ε), serta pola keretakan dan keruntuhan pada dinding. Data tersebut akan ditabelkan seperti berikut ini:

Tabel 2 Rencana Form Data Deformasi Total Dinding



Grafik 1 Rencana Grafik Hubungan Beban (P) dan Deformasi (Δ)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa Material Penyusun Dinding

Material penyusun dinding yang digunakan adalah wiremesh dan *EPS* (*Expanded Polystyrene*) serta beton pada dinding dan balok *sloof*. Sebelum melakukan pengujian beban lateral statik pada dinding, dilakukan pengujian yaitu uji tekan pada *EPS* serta sampel beton dinding dan *sloof*, dan uji tarik pada *wiremesh*.

3.1.1 Expanded Polystyrene System (EPS)

Hasil yang didapat pada uji tekan EPS yaitu kuat tekan rata-rata ($f'c$) sebesar 7,06 kg/cm² atau 0,7 MPa. Serta berat jenis EPS rata-rata sebesar 1413 kg/m³. Seperti pada tabel 4 berikut ini:

Tabel 3 Hasil Uji Tekan Sampel Kubus EPS

Benda Uji	Berat (kg)	Volume (m^3)	Berat Jenis (kg/m^3)	Berat Jenis Rata-rata (kg/m^3)	Kuat Tekan (kg/cm^2)	Kuat Tekan Rata-rata $f_c (kg/cm^2)$
1	0,169	$1,25 \times 10^4$	1352	1413	6,76	7,06
2	0,199	$1,25 \times 10^4$	1592		7,96	
3	0,162	$1,25 \times 10^4$	1296		6,48	

3.1.2 Wiremesh

Untuk pengujian tarik *wiremesh* didapatkan hasil sebesar 407,64 MPa.

Hasil ini berbeda dengan spesifikasi *wiremesh* PT. Modern Panel Indonesia yang mempunyai kuat tarik sampai 600 MPa. Dalam pengujian didapatkan tidak sampai 600 MPa dikarenakan terjadi slip pada penjepit alat uji tariknya dan bagian yang putus pada bagian yang dijepit. Sehingga kuat tarik yang semestinya didapatkan bisa lebih dan sampai 600 MPa. Dalam analisis selanjutnya digunakan kuat tarik *wiremesh* sebesar 600 MPa ($f_y = 600$ MPa).

3.1.3 Beton

Dalam penelitian ini, didapatkan kuat tekan beton seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 4 Hasil Uji Kuat Tekan Kubus Beton

Dinding	Benda Uji	Berat	P	Kuat Tekan		Kuat Tekan Rata-Rata	Kuat Tekan Rata-Rata
				14 Hari	28 Hari		
		(kg)	(kg)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
A1	1	0,2614	3800	11,63	13,21	11,8	
	2	0,2514	3200	9,79	10,4		
	3	0,2532	3200	9,79	11,13		
A2	1	0,253	1400	4,28	4,87	4,1	
	2	0,2556	1100	3,37	3,82		
	3	0,2538	1000	3,06	3,48		
A3	1	0,1978	200	0,61	0,7	1,2	
	2	0,195	500	1,53	1,74		
	3	0,2073	300	0,92	1,04		
B1	1	0,2482	1900	5,81	6,61	7,3	
	2	0,256	2000	6,12	6,95		
	3	0,2598	2400	7,34	8,35		
B2	1	0,2506	1700	5,2	5,91	5,9	
	2	0,2488	2000	6,12	6,95		
	3	0,2514	1400	4,28	4,87		
B3	1	0,2764	3600	11,02	12,52	13,6	
	2	0,2848	3500	10,71	11,9		
	3	0,284	4600	14,08	15,99		
C1	1	0,238	800	2,45	2,78	2,2	
	2	0,2328	500	1,53	1,74		
	3	0,237	600	1,84	2,09		
C2	1	0,238	800	2,45	2,78	2,2	
	2	0,2328	500	1,53	2,3		
	3	0,237	600	1,84	2,7		
C3	1	0,2766	2900	8,87	13,2	13	
	2	0,2778	2300	7,04	11,5		
	3	0,279	3400	10,4	15,5		

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa beton yang memenuhi perencanaan atau mix design adalah beton pada dinding A1, B3, dan C3. Sehingga dalam analisis akan digunakan ketiga dinding tersebut sebagai acuan dari beberapa sampel yang ada.

3.1.4 Beban Maksimum Dinding Panel

Untuk menghitung beban maksimum teoritis mengasumsikan dinding sebagai penampang persegi balok beton bertulang dengan tulangan rangkap (tulangan tekan dan tarik). Dinding

merupakan struktur dinding kantilever dengan beban lateral dan diasumsikan terjepit penuh pada tumpuan bawah.

Perhitungan dilakukan dengan mengasumsikan bahwa jumlah tulangan tarik dan tekan sama yaitu sejumlah 8 buah dengan diameter 2,5 mm. Lebar penampang (b) diambil sejumlah tebal plesteran beton 7 cm dikarenakan berdasarkan hasil pengujian, EPS tidak berfungsi menahan beban sehingga dinding merupakan struktur berrongga.

Tabel 5 Perhitungan Beban Maksimum Teoritis

Benda Uji	f_y	f_c	L	Kapasitas Lentur	Pu	Kapasitas Geser	Vu
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(cm)	Pu (kg)	Rata-Rata (kg)	Vu (kg)	Rata-Rata (kg)
A1	6000	104	60	4191,1	2981,72	4180,7	3683,48
A2	6000	35,7	60	2823,65	2474,04	3619,55	3250,17
A3	6000	10,2	60	1930,42	1425,81	3410,68	3983,83
B1	6000	64,3	90	2322,45	2474,04	3890,67	3783,92
B2	6000	52	90	2149,06	2474,04	4276,89	
B3	6000	119,3	90	2950,6	1425,81	3410,68	3630,43
C1	6000	19,4	120	1158,51	1425,81	3410,68	
C2	6000	19,4	120	1158,51	1425,81	4069,92	
C3	6000	87,7	120	1960,4			

Berdasarkan tabel 5 dapat diketahui bahwa besarnya beban maksimum untuk kapasitas lentur benda uji A mempunyai rata-rata nilai yang terbesar dibandingkan B dan C yaitu 3486,85 kg. Sedangkan untuk kapasitas geser yang mempunyai nilai rata-rata maksimum adalah benda uji B sebesar 4495,61 kg. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa yang dapat menahan beban maksimum akibat lentur adalah benda uji A, sedangkan yang mampu menahan beban maksimum akibat geser adalah benda uji B. Selain itu keseluruhan benda uji A,B, dan C mempunyai kapasitas geser yang lebih besar daripada lentur sehingga benda uji akan mengalami kegagalan lentur terlebih dahulu.

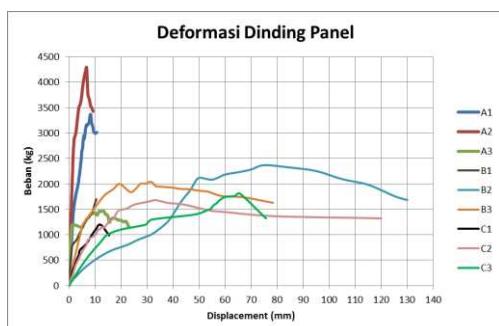
Beban maksimum teoritis yang telah dilakukan perhitungan sebelumnya diverifikasi berdasarkan hasil pengujian dinding panel di Laboratorium. Pengujian dinding direncanakan sesuai beban maksimum teoritis dengan interval 100 kg hingga dinding mengalami keruntuhan.

3.2 Pengujian Dinding Terhadap Beban Lateral Statik

Tabel 6 Beban maksimum dan Deformasi Total Dinding

Dinding	Beban Maks. Teoritis (kg)		Beban Maks. Aktual	Δ_{tot}
	Kap. Lentur	Kap. Geser	(kg)	
A1	4784,53	4739,46	3365	8,33
A2	3318,15	4044,41	4286	6,75
A3	2357,88	3586,89	1469	12,96
B1	2684,1	4380,22	1700	5,69
B2	2498,16	4247,99	2369	75
B3	3357,45	4858,61	2042	31,4
C1	1387,02	3785,7	1200	12,06
C2	1387,02	3785,7	1682	33
C3	2247,39	4602,24	1807	65,72

Berdasarkan tabel 6 dapat dilihat bahwa dinding A yang berukuran 60 x 60 cm atau dengan rasio tinggi dan lebar (hw/lw) = 1, dapat menerima beban lebih besar daripada dinding B dan C. Pada dinding A1 dan A2 dinding mampu menerima beban antara 3000 kg sampai 4000 kg. Sedangkan dinding A3 hanya mampu menahan 1500 kg, tepatnya 1469 (pada tabel 7) karena dinding bukan mengalami deformasi geser atau lentur melainkan dinding mengalami rigid body movement. Hal ini karena penghubung (angkur) yang mengikat antara sloof dan dinding kurang kuat sehingga menimbulkan sliding shear atau bukaan yang lebar didasar dinding yang menyebabkan seluruh dinding berdeformasi secara bersama-sama dengan terangkat dibagian pertemuan dinding dan balok sloof serta tidak timbul retak geser dan lentur pada permukaan dinding tetapi hanya terjadi retak di daerah tulangan tekan dinding.

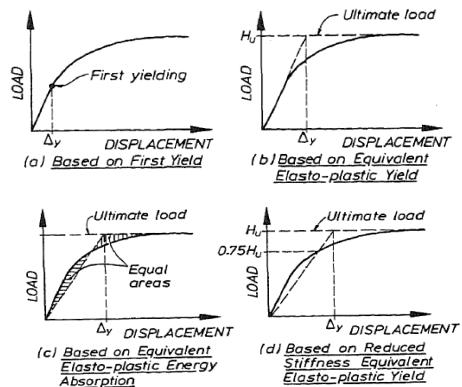


Grafik 2 Deformasi Total Dinding Panel pada Titik 1

3.3 Analisis Daktilitas

Daktilitas merupakan kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa di atas beban gempa yang menyebabkan terjadinya peleahan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi diambang keruntuhan. (Pudjisuryadi dan Benjamin, 2006)

Daktilitas simpangan merupakan hubungan antara $\Delta u/\Delta y$, dimana lendutan ultimate didapatkan dari grafik hubungan P- Δ yaitu ketika beban telah mencapai beban ultimate. Menurut Park (1988) lendutan pada titik leleh dapat diambil dari titik potong beban yang mana beban diambil 75% dari beban *ultimate*.

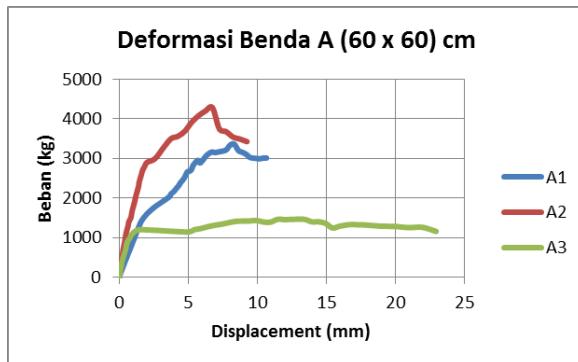


Gambar 12 Alternatif Pengambilan Lendutan pada Titik Leleh

3.3.1 Analisis Daktilitas Simpangan Benda Uji A

Untuk dinding A (60 x 60 cm) diambil rata-rata antara dinding A1 dan A2. Dinding A3 tidak digunakan karena mengalami kesalahan dalam mekanisme pemberian beban pada dinding sehingga menghasilkan displacement yang berbeda dari dinding A1 dan A2. Untuk pengambilan benda uji yang digunakan dilihat dari beberapa hal, tidak hanya

dilihat dari satu aspek. Sehingga data yang akan dihasilkan tidak merusak data benda uji yang lainnya.



Grafik 3 Hubungan antara P- Δ benda uji A

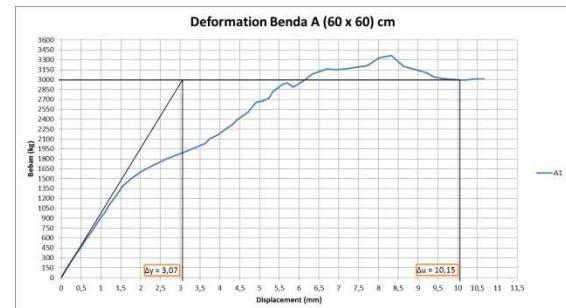
Tabel 7 Beban ultimate dan beban ketika mencapai titik leleh benda uji A

Dinding	beban <i>ultimate</i>	0,75 x beban <i>ultimate</i>
A1	2692	2244
A2	3428,8	2571,6



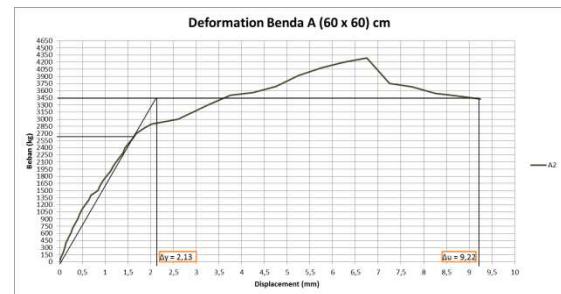
Grafik 4 Hubungan antara P- Δ benda uji A 1

Dapat dilihat dari grafik bahwa untuk nilai beban *ultimate* menurut Park dan Paulay (1974) dalam Amir (2011) diambil 0,8 dari beban maksimum. Sehingga untuk beban *ultimate* didapatkan sebesar 2692 kg. Karena beban *ultimate* yang didapat dari pengujian tidak sampai 2692 kg, maka beban *ultimate* didapatkan sebesar 2992 kg. Untuk beban ketika mencapai titik leleh diambil 0,75 dari beban *ultimate*, sehingga didapatkan beban sebesar 2244 kg dan deformasi ketika mencapai titik leleh didapatkan sebesar 5,48 mm (pada grafik 4) dan deformasi *ultimate* sebesar 10,15 (pada grafik 4). Sehingga untuk daktilitas simpangan yang didapatkan yaitu sebesar 1,85 untuk benda uji A 1.



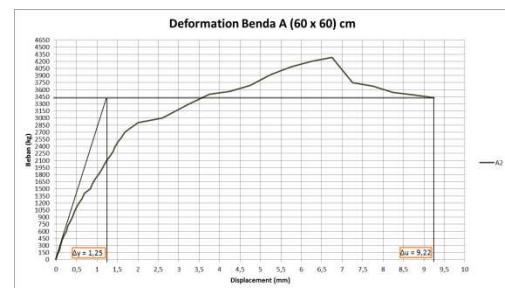
Grafik 5 Hubungan antara P- Δ benda uji A 1

Untuk grafik di atas menggunakan metode secant yaitu pada grafik b (gambar 4). Dari grafik dapat dilihat bahwa deformasi *ultimate* didapatkan 10,15 (pada grafik 5) dan deformasi lentur didapatkan 3,07 (pada grafik 5). Sehingga nilai daktilitas dari dinding A 1 yaitu sebesar 3,31.



Grafik 6 Hubungan antara P- Δ benda uji A 2

Untuk benda uji A 2 beban *ultimate* didapatkan sebesar 3428 kg. Untuk beban ketika mencapai titik leleh diambil 0,75 dari beban *ultimate*, sehingga didapatkan beban sebesar 2572 kg dan deformasi ketika mencapai titik leleh didapatkan sebesar 2,13 mm (pada grafik 6) dan deformasi *ultimate* sebesar 9,22 (pada grafik 6). Sehingga untuk daktilitas simpangan yang didapatkan yaitu sebesar 4,33 untuk benda uji A 2.



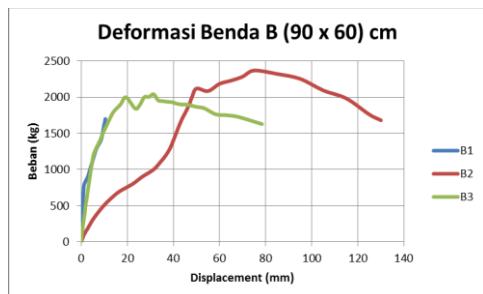
Grafik 7 Hubungan antara P- Δ benda uji A 2

Untuk grafik di atas menggunakan metode secant yaitu pada grafik b (gambar 4). Dari grafik dapat dilihat bahwa deformasi *ultimate* didapatkan 9,22 (pada grafik 7) dan deformasi lentur didapatkan 1,25 (pada grafik 7). Sehingga nilai daktilitas dari dinding A 1 yaitu sebesar 7,38.

Sehingga untuk rata-rata nilai daktilitas dari dinding A yaitu sebesar 3,09 untuk grafik dengan menggunakan metode pengambilan titik leleh sebesar 75% dan 5,34 untuk pengambilan dengan metode second (gambar 4).

3.3.2 Analisis Daktilitas Simpangan Benda Uji B

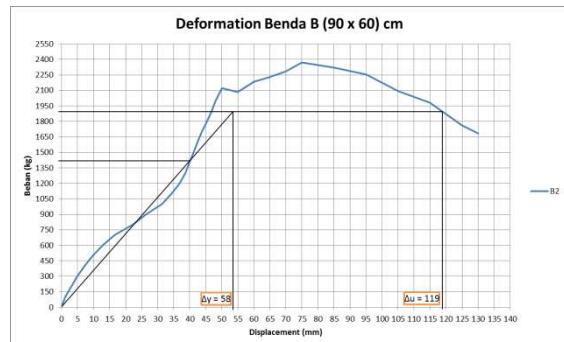
Untuk benda uji B (90 x 60 cm) diambil rata-rata antara dinding B 2 dan B 3. Dinding B 1 tidak digunakan karena mengalami kesalahan dalam mekanisme pemberian beban pada dinding sehingga menghasilkan displacement yang berbeda dari dinding B 2 dan B 3. Untuk pengambilan benda uji yang digunakan dilihat dari beberapa hal, tidak hanya dilihat dari satu aspek. Sehingga data yang akan dihasilkan tidak merusak data benda uji yang lainnya.



Grafik 8 Hubungan antara P- Δ benda uji B

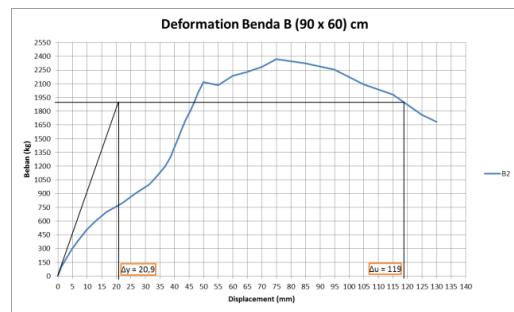
Tabel 8 Beban maksimum dan beban ketika mencapai leleh benda uji B

Dinding	beban <i>ultimate</i>	0,75 x beban <i>ultimate</i>
B2	1895,2	1421,4
B3	1633,6	1225,2



Grafik 9 Hubungan antara P- Δ benda uji B 2

Untuk benda uji B 2 beban *ultimate* didapatkan sebesar 1895,2 kg. Untuk beban ketika mencapai titik leleh diambil 0,75 dari beban *ultimate*, sehingga didapatkan beban sebesar 1421,4 kg dan deformasi ketika mencapai titik leleh didapatkan sebesar 58 mm (pada grafik 9) dan deformasi *ultimate* sebesar 119 (pada grafik 9). Sehingga untuk daktilitas simpangan yang didapatkan yaitu sebesar 2,05 untuk benda uji B 2.



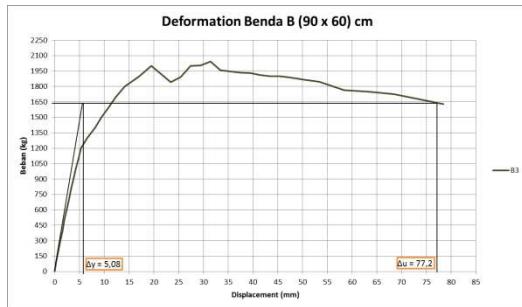
Grafik 10 Hubungan antara P- Δ benda uji B 2

Untuk grafik di atas menggunakan metode secant yaitu pada grafik b (gambar 20). Dari grafik dapat dilihat bahwa deformasi *ultimate* didapatkan 119 (pada grafik 10) dan deformasi lentur didapatkan 20,9 (pada grafik 10). Sehingga nilai daktilitas dari dinding A 1 yaitu sebesar 5,69.



Grafik 11 Hubungan antara P- Δ benda uji B 3

Untuk benda uji B 3 beban *ultimate* didapatkan sebesar 1633,6 kg. Untuk beban ketika mencapai titik leleh diambil 0,75 dari beban *ultimate*, sehingga didapatkan beban sebesar 1225,2 kg dan deformasi ketika mencapai titik leleh didapatkan sebesar 5,28 mm (pada grafik 11) dan deformasi *ultimate* sebesar 77,2 (pada grafik 11). Sehingga untuk daktilitas simpangan yang didapatkan yaitu sebesar 14,62 untuk benda uji B 3.



Grafik 12 Hubungan antara P- Δ benda uji B 3

Untuk grafik di atas menggunakan metode secant yaitu pada grafik b (gambar 4). Dari grafik dapat dilihat bahwa deformasi *ultimate* didapatkan 77,2 (pada grafik 12) dan deformasi lentur didapatkan 5,08 (pada grafik 12). Sehingga nilai daktilitas dari dinding A 1 yaitu sebesar 15,20.

Sehingga untuk rata-rata nilai daktilitas dari dinding B yaitu sebesar 8,34 untuk grafik dengan menggunakan metode pengambilan titik leleh sebesar 75% dan 10,45 untuk pengambilan dengan metode second (gambar 4).

3.3.3 Analisis Daktilitas Simpangan Benda Uji C

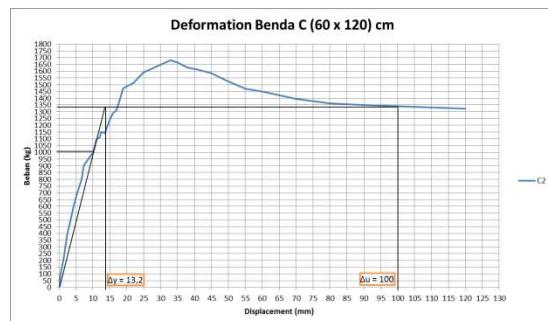
Untuk benda uji C (120 x 60 cm) diambil rata-rata antara dinding C 2 dan C 3. Dinding C 1 tidak digunakan karena mengalami kesalahan dalam mekanisme pemberian beban pada dinding sehingga menghasilkan displacement yang berbeda dari dinding C 2 dan C 3. Untuk pengambilan benda uji yang digunakan dilihat dari beberapa hal, tidak hanya dilihat dari satu aspek. Sehingga data yang akan dihasilkan tidak merusak data benda uji yang lainnya.



Grafik 13 Hubungan antara P- Δ benda uji C

Tabel 9 Beban maksimum dan beban ketika mencapai leleh benda uji C

Dinding	beban <i>ultimate</i>	0,75 x beban <i>ultimate</i>
C2	1345,6	1009,2
C3	1445,6	1084,2



Grafik 14 Hubungan antara P- Δ benda uji C 2

Untuk benda uji C 2 beban *ultimate* didapatkan sebesar 1345,6 kg. Untuk beban ketika mencapai titik leleh diambil 0,75 dari beban *ultimate*, sehingga didapatkan beban sebesar 1009,2 kg dan deformasi ketika mencapai titik leleh didapatkan sebesar 13,2 mm (pada grafik 14) dan deformasi *ultimate* sebesar 100 (pada grafik 14). Sehingga untuk daktilitas simpangan yang didapatkan yaitu sebesar 7,58 untuk benda uji C 2.



Grafik 15 Hubungan antara P- Δ benda uji C 2

Untuk grafik di atas menggunakan metode secant yaitu pada grafik b (gambar 4). Dari grafik dapat dilihat bahwa deformasi *ultimate* didapatkan 100 (pada grafik 15) dan deformasi lentur didapatkan 7,8 (pada grafik 15). Sehingga nilai daktilitas dari dinding C 2 yaitu sebesar 12,82.



Grafik 16 Hubungan antara P- Δ benda uji C 3

Untuk benda uji C 3 beban *ultimate* didapatkan sebesar 1445,6 kg. Untuk beban ketika mencapai titik leleh diambil 0,75 dari beban *ultimate*, sehingga didapatkan beban sebesar 1084,2 kg dan deformasi ketika mencapai titik leleh didapatkan sebesar 24,8 mm (pada grafik 16) dan deformasi *ultimate* sebesar 73,2 (pada grafik 16). Sehingga untuk daktilitas simpangan yang didapatkan yaitu sebesar 2,95 untuk benda uji C 3.



Grafik 17 Hubungan antara P- Δ benda uji C 3

Untuk grafik di atas menggunakan metode secant yaitu pada grafik b (gambar 4). Dari grafik dapat dilihat bahwa deformasi *ultimate* didapatkan 73,2 (pada grafik 17) dan deformasi lentur didapatkan 16,8 (pada grafik 17). Sehingga nilai daktilitas dari dinding C 3 yaitu sebesar 4,36.

Sehingga untuk rata-rata nilai daktilitas dari dinding C yaitu sebesar 5,26 untuk grafik dengan menggunakan metode pengambilan titik leleh sebesar 75% dan 8,59 untuk pengambilan dengan metode second (gambar 4).

Tabel 10 Hasil Analisis Daktilitas Benda Uji

Dinding	Daktilitas (beban <i>ultimate</i> x 75%)	Daktilitas (metode secant)
A1	1,85	3,31
A2	4,33	7,38
A rata-rata	3,09	5,34
B2	2,05	5,69
B3	14,62	15,20
B rata-rata	8,34	10,45
C2	7,58	12,82
C3	2,95	4,36
C rata-rata	5,26	8,59

Benda Uji A yang berukuran 60 x 60 cm atau dengan rasio tinggi dan lebar (hw/lw) = 1, memiliki nilai daktilitas sebesar 3,1 sampai 5,4. Untuk benda Uji B yang berukuran 90 x 60 cm atau dengan rasio tinggi dan lebar (hw/lw) = 1,5, memiliki nilai daktilitas sebesar 8,5 sampai 10,45. Sedangkan untuk benda Uji dinding C dengan ukuran 120 x 60 cm atau rasio antara tinggi dan lebar (Hw/Lw) = 2, memiliki nilai daktilitas simpangan sebesar 5,3 sampai 8,6. Dari hasil analisis tersebut benda uji dinding yang memiliki daktilitas terkecil yaitu pada benda uji A dengan ukuran benda uji dinding 60 x 60 cm atau rasio antara tinggi dan lebar (Hw/Lw) = 1. Sedangkan yang memiliki nilai daktilitas paling tinggi yaitu pada dinding B dengan ukuran benda uji dinding 90 x 60 cm atau rasio antara tinggi dan lebar (Hw/Lw) = 1,5.

4. Penutup

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan untuk mengetahui besar daktilitas yang dapat dicapai oleh dinding panel kawat jaring baja tiga dimensi terhadap beban lateral statik, bahwa benda uji dinding B dengan variasi rasio tinggi dan lebar (Hw/Lw) = 1,5 memiliki nilai daktilitas yang lebih tinggi daripada benda uji dinding A dan C. Untuk benda uji dinding yang memiliki nilai daktilitas paling kecil yaitu benda uji

dinding A dengan variasi rasio tinggi dan lebar (H_w/L_w) = 1. Pada waktu pengambilan deformasi ketika mencapai titik leleh dengan menggunakan metode pengambilan 75% dari beban *ultimate* nilai daktilitas lebih cenderung ke arah daktilitas parsial. Apabila menggunakan metode secant nilai daktilitas akan lebih cenderung ke arah daktilitas penuh.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai dinding panel kawat jaring baja tiga dimensi, pada waktu perencanaan mix desain hingga waktu pelaksanaan sebaiknya diperhatikan secara detail. Sehingga hasil kuat beton ketika pelaksanaan bisa sesuai dengan kuat beton yang telah direncanakan.

Untuk sambungan antara sloof dan dinding sebaiknya diperhatikan secara cermat, apabila menggunakan stek atau angkur maka harus dipastikan stek tersebut bisa menjadi sambungan yang benar-benar *rigid*. Karena apabila sambungan antara *sloof* dan dinding tersebut tidak rigid, maka akan mengalami kegagalan awal antara *sloof* dan dinding.

Ketika melakukan pengujian di laboratorium, sebaiknya dicek terlebih dahulu peralatan yang sudah ada dan di kalibrasi terlebih dahulu untuk LVDT atau dial gauge dan dipastikan alat tersebut bisa bekerja dengan baik. Penelitian ini dapat dijadikan acuan dasar bagi peneliti yang akan datang untuk melakukan pengujian dinding panel kawat jaring baja tiga dimensi untuk beban siklik.

Daftar Pustaka

Amir, M. Yusuf dkk. 2011. *Perilaku Lentur Pada Keadaan Layan dan Batas Balok Beton Bertulang Berlubang Memanjang*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika Vol. 14 (1): 41-51.

BMKG. 2013. *Lempeng Tektonik*. [online]. (<http://inatews.bmkg.go.id/new/search.php>, diakses 23 Oktober 2014).

Gamal. 2010. *Tektonik Lempeng*. [online]. (<http://balitbangda.kutaikartanegara>

kab.go.id/?p=190, diakses 23 Oktober 2014).

Kristanto, Luciana dkk. 2011. *Studi Reduksi Bunyi Pada Material Insulasi Atap Zincalume*. Jurnal of Architecture and Built Environment Vol. 38 (2), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Arsitektur, Universitas Kristen Petra, Surabaya.

Park, R. (1988). Ductility Evaluation from Laboratory and Analytical Testing State of the Art Report, 9th World Conference on Earthquake Engineering, Tokyo-Kyoto, Japan, pp605-616.

Pudisuryadi, Pamuda dan Benamin Lumantarna. 2006. Studi Tentang Daktilitas Struktur Pada Sistem Shearwall Frame Dengan Belt Truss. Civil Engineering Dimension Vol. 8 (1): 41-46, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya.

Website Resmi M-Panel. Komponen dan bahan M-Panel. www.mpanelindonesia.com. Diakses pada 12 Agustus 2014.

Yehuda, Cristianti. 2011. *Pemakaian Dinding Panel Pada Proyek Konstruksi di Indonesia (Skripsi SI)*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya.