

**PERILAKU STRUKTUR PORTAL BETON
DENGAN PENGEKANG TALI KAWAT BAJA TERHADAP GAYA LATERAL**
Behavior of Concrete Frame Structure with Steel Wire Rope Bracing Toward Lateral Force

Ahmad Zarkasi*, Hariyadi**, Ni Nyoman Kencanawati**

* CV. Astrindo Engineering, Jl. Rubi Raya No. 13 AE BTN Belencong Mataram

** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl Majapahit 62 Mataram

email : zarkasizar@rocketmail.com, hariyadi@unram.ac.id, nkencanawati@ts.ftunram.ac.id

Abstrak

Gempa memiliki potensi yang dapat merusak bangunan sekitar pusat gempa yang disebut sebagai risiko gempa. Untuk itu diperlukan inovasi perancangan struktur yang cukup optimal dalam meminimalkan risiko gempa. Penggunaan pengekang (*bracing*) tali kawat baja sebagai komponen struktur penahan gempa dapat menjadi alternatif struktur yang kuat, awet, ekonomis, dan praktis. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan tahanan beban lateral (v) dan simpangan (δ) pada puncak struktur. Grafik hubungan ($v - \delta$) digunakan sebagai dasar untuk menentukan faktor modifikasi respon (R), amplitudo defleksi (C_d), dan kuat lebih system (Ω_0). Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Mataram dengan benda uji portal beton lebar 1.00 m x tinggi 1.50 m. Variasi portal terdiri dari Portal Kosongan (PK), Portal Dengan Bracing IWFC (PDBW), Portal Pengisi Bata Hebel dan Bracing Tali Baja (PPHBT), Portal Pengisi Bata Hebel dan Bracing IWFC (PPHBW), dan Portal Dengan Pengisi Bata Hebel (PDBH). Tali kawat baja biasa dan IWFC diameter 4 mm digunakan sebagai bracing pada portal beton dan bata Hebel digunakan sebagai dinding pengisi portal. Pelaksanaan pengujian laboratorium untuk mensimulasikan permodelan gempa dilakukan dengan pembebanan lateral statik secara bertahap sampai benda uji gagal. Hasil uji Laboratorium menunjukkan bahwa pemasangan bracing dan dinding bata Hebel dapat meningkatkan kapasitas tahanan beban (v) dan simpangan (δ) struktur portal. Peningkatan (v) dan (δ) yang didapat sebesar 1.00, 1.87, 2.80, 3.50, 3.70 dan 1.00, 1.19, 0.79, 1.28, 2.55 untuk masing-masing portal PK, PDBW, PDBH, PPHBW, dan PPHBT. Dari grafik hubungan ($v - \delta$) secara berturut-turut didapat nilai faktor (R) sebesar 4.69, 5.03, 6.38, 6.97, 6.54, untuk nilai faktor (C_d) sebesar 3.29, 3.02, 5.17, 3.33, 4.76, dan nilai faktor (Ω_0) sebesar 3.50, 2.84, 1.96, 1.63, 2.03.

Kata kunci : Bracing tali kawat baja, Gaya lateral (v), Portal beton, Simpangan (δ)

PENDAHULUAN

Di Indonesia aktifitas Gempa sering terjadi dengan intensitas yang cukup tinggi dan periode ulang terjadinya juga cukup singkat, hal ini dikarenakan secara geografis Indonesia berada di antara tiga pertemuan lempeng bumi yang disebut sebagai *ring of fire*. Gempa selalu menimbulkan risiko yang menyebabkan korban luka-luka, kematian, sakit, ketidak-nyamanan tinggal di daerah tersebut, kerusakan bangunan, kehilangan harta benda, dan terganggunya aktifitas masyarakat namun suatu risiko tidak dapat dicegah tapi dapat diminimalkan dampaknya. Dampak risiko gempa di Indonesia dapat diminimalkan dengan penerapan SNI 1726 2012 dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa yang berkonsepkan pada struktur kolom kuat dan balok lemah (*strong column-weak beam*). Jika sebuah struktur melebihi simpangan batas layan yang diizinkan, perkuatan dengan bresing menjadi pilihan terhadap struktur tahan gempa. Penggunaan *bracing* pada perencanaan bangunan bertingkat khususnya di Lombok sangat terbatas keberadaannya karena kurangnya sumber daya, teknologi, apresiasi, dan inovasi. Untuk itu penelitian ini terlaksana dengan memberikan sebuah ide/gagasan baru terkait penggunaan *bracing* yang ekonomis, praktis, kuat, awet dan mudah pengerjaannya seperti penggunaan *bracing wire rope IWFC* sebagai perkuatan struktur terhadap beban gempa. Karena masih

bersifat ide/gagasan sehinggabelum ditentukan nilai faktor modifikasi respon (R), amplitudo defleksi (Cd), dan kuat lebih system (Ω_0)-nyadalam SNI 1726 2012 agar dapat dianalisis dan dimodelkan dalam software seperti Etabs, SAP 2000 dan lain sebagainya. Untuk mendapatkan hubungan kapasitas tahanan beban (v) dan simpangan (δ) untuk menentukan faktor R , faktor Cd , dan faktor Ω_0 maka dilakukan penelitian lebih lanjut di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Universitas Mataram terhadap penggunaan struktur dengan *bracing wire rope*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh pemasangan *bracing* tali kawat baja wire rope terhadap kapasitas tahanan beban (v) dan simpangan (δ) terhadap struktur portal beton bertulang kosongan (PK). Kemudian bagaimana membuat grafik *inelastic* hubungan beban (v) dan simpangan (δ) untuk menentukan faktor modifikasi respon (R), amplitudo defleksi (Cd), dan kuat lebih system (Ω_0).

TINJAUAN PUSTAKA

Sifat mekanik beton merupakan kemampuan utama beton dalam menerima/menahan beban tekan (pressure). Dalam penelitian ini pengujian sifat mekanik beton dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tekan hancur beton (f'_c), modulus elastisitas beton (E_c) dan Poisson Rasio beton (ν) yang secara berturut turut dapat dihitung berdasarkan Persamaan (1), (2) dan (3) berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \dots\dots\dots (2)$$

$$\nu = -\frac{d_{transversal}}{d_{axial}} = -\frac{d_{\epsilon y}}{d_{\epsilon x}} = -\frac{d_{\epsilon z}}{d_{\epsilon x}} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan; S_1 = Tegangan pada saat ($\epsilon_1 = 0.00005$), S_2 = Tegangan pada saat 40% f'_c , $\epsilon_1 = 0.00005$ (nilai regangan pada saat S_1), ϵ_2 = Nilai regangan pada level S_2 , $d_{Transversal}$ = Regangan arah transversal (negatif untuk gaya aksial tarik, positif untuk gaya aksial tekan) dan d_{axial} = Regangan arah axial (positif untuk gaya aksial tarik, negatif untuk gaya aksial tekan).

Bata Hebel merupakan material yang menyerupai beton dan memiliki sifat kuat, ringan, ekonomis, ukuran seragam, kedap suara, tahan lama, tahan panas, tahan api dan ramah lingkungan yang diproduksi oleh pabrikan. Bata Hebel diproduksi dalam beberapa jenis spesifikasi produk seperti panjang 600 mm x tinggi 200 mm, variasi ketebalan sebesar 75, 100, 125, 150, 175 dan 200 mm, berat jenis kering = 500 kg/m³, Berat jenis normal = 575 kg/m³, dan kuat tekannya $\pm 4,0$ N/mm². Sifat mekanik bata Hebel terdiri dari kuat tekan, kuat geser dan modulus elastisitas masing-masing ditentukan berdasarkan Persamaan (4), (5), dan (6).

$$f'_{BH} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (4)$$

$$f'_{vH} = \frac{Pu + W}{2(w_b h)} \dots\dots\dots (5)$$

$$E_{BH} = W_c^{1,5} 0,043 \sqrt{f'_{BH}} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan; E_{BH} = Modulus elastisitas Bata Hebel (MPa), f'_{BH} = Kuat tekan Bata Hebel (MPa), f'_{vH} = Kuat geser horisontalpasangan Bata Hebel (MPa), P = Beban maksimum (N), A = Luas bidang tekan (mm²), P_u = Beban geser maksimum (N), W = Massa alat bantu (N), w_b = Lebar bata Hebel, h_b = Panjang bidang tekan/bata Hebel (mm), h = Panjang bidang geser (mm), W_c = Berat bata Hebelpersatuan Volume (kg/m³).

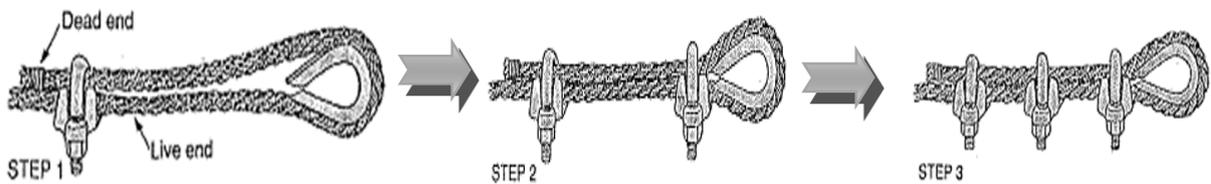
Tali kawat baja (*steel wire rope*) merupakan pintalan dari 6 atau lebih pilinan kawat baja (*strand*) baik yang dilapisi seng maupun tanpa dilapisi seng. Tipikal Geometrik *wireropedapat* dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Tipikal Geometrik *Wireropedapat* (SNI 0076, 2008)

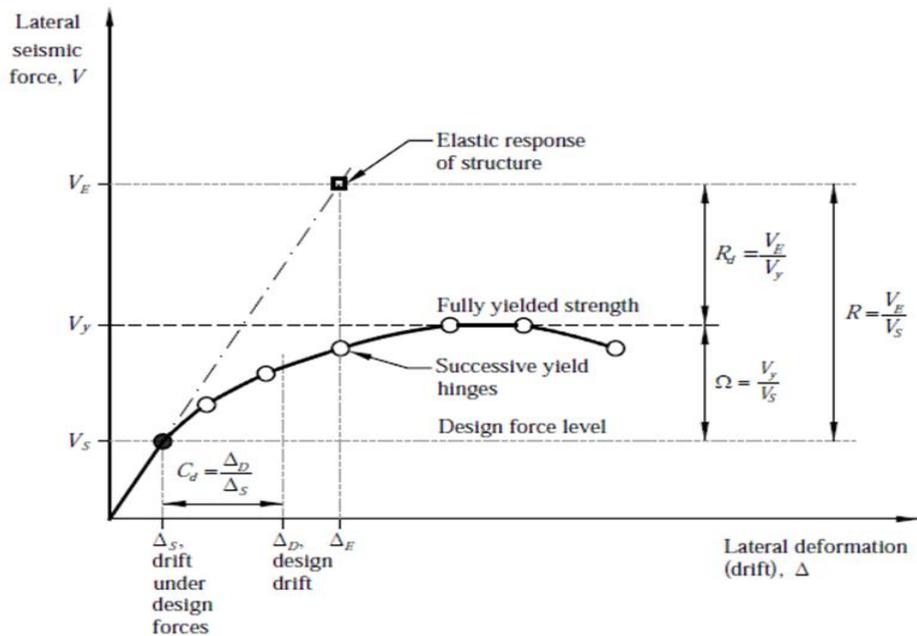
Pengukurandiametergeometrik *wireropedapat* harus dilakukan pada 2 (dua) tempat atau lebih, dan tidak boleh kurang dari jarak 1.5 m dari ujung tali kawat baja. Pada pengukuran *wireropedapat* toleransi diameter yang berikan jika $D < 10$ mm antara 0 s/d+10%, dan jika $D > 10$ mm maka toleransinya sebesar 0 s/d+7%. Identitas *wire rope* yang digunakan pada penelitian ini adalah 6 x 12 + 7 FC berdiameter 4 mmdengan sifat mekanik kuat putus *wireropedapat* sebesar 5.22 kN (SNI 0076, 2008).

Shackle/U bolt/grip merupakan alat bantu ringing yang berfungsi menahan ujung-ujung *wireropedapat* agar tidak terlepas. Jumlah *shackle/U Bolt/Grip* yang disyaratkan minimal menggunakan 3 buah untuk *wireropedapat* <math>\varnothing 16 mm dan minimum 4 buah untuk sling >math>\varnothing 16 mm -<math>\varnothing 22 mm. Jarak antara masing-masing *shackle* berkisar antara 6 – 7 kali diameter *wireropedapat*. Tatacara pemasangan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tatacara Pemasangan *Shackle/U bolt/Grip*, Step 1 - 3.

Daktilitas merupakan kemampuan elemen struktur untuk berdeformasi pada saat akan mencapai beban maksimum dan tanpa adanya keruntuhan secara tiba-tiba (Park and Paulay, 1975 dalam Pathurahman, dkk, 2006). Daktilitas struktur dapat ditentukan berdasarkan grafik *inelasticity* yang diperoleh dari hubungan beban-*displacement* yang terjadi pada struktur akibat beban lateral. Grafik *inelastic* standar dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:

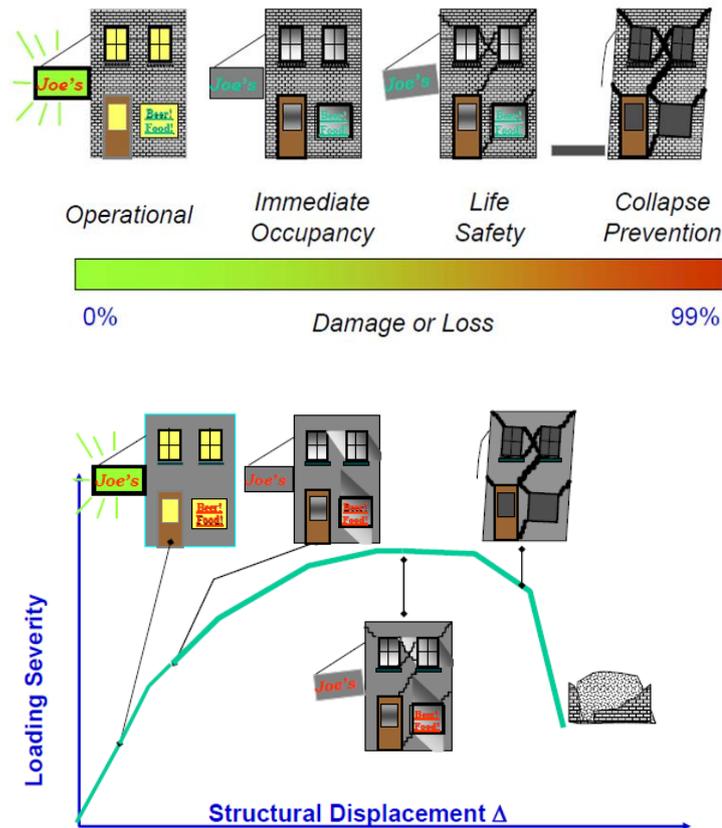


Gambar 3. Grafik Inelastic Force – Deformation Curve
(FEMA P-750, 2009)

Gambar 3 tersebut digunakan untuk menentukan desain parameter *koefisien modifikasi respon* (R), *faktor amplikasi defleksi* (C_d) dan *faktor overstrength* (Ω). Dimana *koefisien modifikasi respon* (R) mewakili rasio kekuatan gerak dibawah tanah sehingga R harus ≥ 1.0 , disebabkan semua struktur dirancang untuk kekuatan-kekuatan yang lebih kecil dari pada gerak tanah yang didesain sehingga dapat menghasilkan struktur dengan respon linear elastis.

Simpangan pada dasarnya merupakan perubahan bentuk, ukuran/*transformasi* (perpindahan) dari bentuk semula karena sebuah gaya atau perubahan suhu. Benda yang terdeformasi dan dapat kembali ke kondisi semula setelah gaya dilepas disebut sebagai deformasi *elastis*, namun ada juga deformasi yang tidak dapat dikembalikan ke kondisi semula meski gaya telah dilepaskan sehingga disebut dengan deformasi *plastis*. Simpangan/deformasi dibatasi sesuai dengan tingkatannya dengan tujuan untuk menjaga keamanan dan kenyamanan penghuninya serta dapat mengurangi momen-momen sekunder akibat penyimpangan garis kerja gaya aksial dalam kolom.

Performance Base Design adalah metode disain bangunan dimana perilaku bangunan saat terjadinya gempa dengan level tertentu dan dijadikan sebagai acuan, sedangkan *Performance Level* merupakan batas tingkat kerusakan bangunan atau kondisi bangunan yang digambarkan oleh kerusakan fisik bangunan seperti terlihat di Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Standard Struktur Performance Level
(FEMA 451, 2006)

METODE PENELITIAN

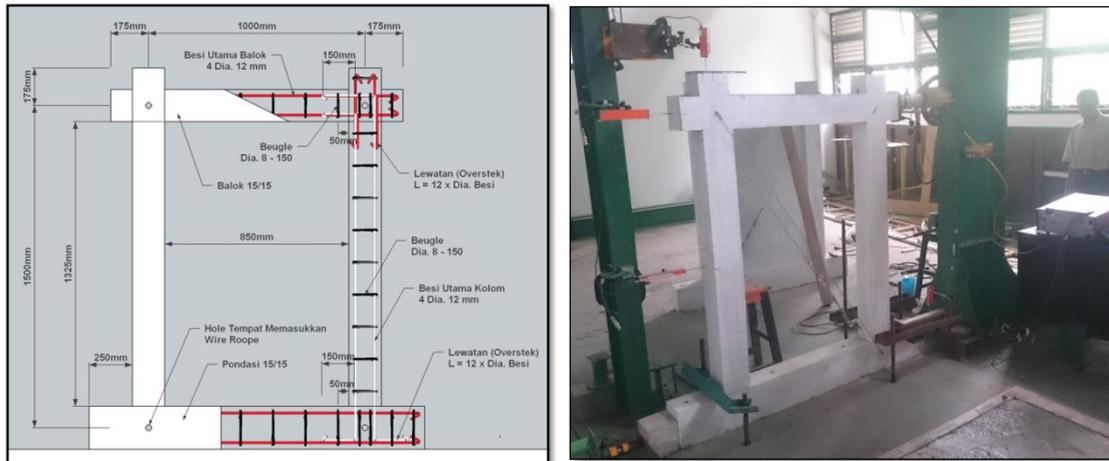
Untuk mencapai tujuan yang diinginkan, penelitian ini membuat benda uji dengan beberapa variasi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Sampel dan Variasi Benda Uji

NO URAIAN	KODE	JUMLAH	PENGUJIAN	BRACING	KETERANGAN
a. Portal kosong	PK	1	<i>Loading Frame</i>	---	Ditinjau sampai benda uji hancur
b. Portal dengan dinding pengisi Hebel	PDBH	1	<i>Loading Frame</i>	---	Ditinjau sampai benda uji hancur
c. Portal kosong dengan <i>bracing</i> wire rope	PDBW	1	<i>Loading Frame</i>	IWFC Ø4	Ditinjau sampai benda uji hancur
d. Portal dengan pengisi dinding Hebel dan <i>bracing</i> Wire rope	PPHBW	1	<i>Loading Frame</i>	IWFC Ø4	Ditinjau sampai benda uji hancur
e. Portal dengan dinding pengisi Hebel dan <i>bracing</i> Tali Baja	PPHBT	1	<i>Loading Frame</i>	Tali Baja Biasa Ø4	Ditinjau sampai benda uji hancur
Total Benda Uji		5			

Pengujian portal beton pada Tabel 1. berukuran Lebar 1.00 m x Tinggi 1.50 m dengan dimensi balok 15/15 cm, kolom 15/15 cm dan pondasi 15/20 cm. Rancangan campuran beton untuk balok dan kolom menggunakan standar SNI 03-2824-2000 dengan mutu beton normal $f'c$ 25 Mpa. Untuk rancangan

campuran beton menggunakan semen type 1 merek Tiga Roda, dan untuk perekat pasangan dinding bata Hebel menggunakan semen khusus merek MU380. Tulangan portal terdiri dari 4 buah tulangan pokok $\varnothing 10$ mm dan tulangan beugel $\varnothing 8$ mm berjarak 150 mm. Permodelan portal beton dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Permodelan Uji Portal Beton Pada Loading Frame.

Sebelum pengujian dilakukan terlebih dahulu mempersiapkan peralatan pengujian yang dibutuhkan seperti:

1. Dial-Gauge (berfungsi sebagai pengukur defleksi/simpangan digital dan secara otomatis merekam dengan Data Logger).
2. Load Cell berkapasitas 20 Ton (berfungsi sebagai pengukur beban lateral dan secara otomatis merekam dengan Data Logger).
3. Pompa Hidrolik kapasitas 20 Ton (berfungsi sebagai pemberi beban lateral secara bertahap dan dengan kecepatan konstan).
4. Data Logger (berfungsi sebagai alat perekam kapasitas tahanan beban dan simpangan secara otomatis)

Setelah persiapan selesai, pelaksanaan pengujian laboratorium dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Benda uji portal telah berumur 28 hari dan benda uji dicat dengan cat berwarna putih agar pola retak pada portal dapat terlihat dengan jelas.
2. Setelah dicat kemudian digaris sedemikian rupa, agar menyerupai millimeter blok dengan jarak garis ± 50 mm, tujuannya untuk mempermudah menggambarkan pola retak pada saat analisis.
3. Selanjutnya Portal Beton Bertulang diposisikan pada *Loading Frame* untuk diberikan pembebanan horisontal secara *lateral statik*, dan yang terpenting tumpuan pada portal harus benar-benar terjepit sempurna tidak mengalami geser, *uplift* dan terpuntir.
4. Kemudian posisikan *dial gauge* pada posisi yang ingin ditinjau simpangan/deformasinya.
5. Setelah semua selesai dan siap, selanjutnya portal diberikan pembebanan secara bertahap (per div, 1 div = 0.25 kN) sampai benda uji tersebut mencapai pembebanan maksimal (100%) atau benda uji

mengalami keruntuhan. Setiap penambahan beban 1 kN, pembebanan dihentikan sementara/di-*pause* untuk menggambarkan pola retak yang terjadi.

6. Besaran beban dan simpangan benda uji akan ter-*print out* dan terekam dalam Data Logger secara bersamaan.

Setelah prosedur pengujian diatas dilakukan dengan baik selanjutnya dilakukan analisis data dari hasil rekaman beban dan simpangan Data Logger. Di samping itu, setiap kejadian- kejadian selama pelaksanaan pengujian berlangsung selalu dicatat untuk mendapatkan informasi yang diperlukan ketika analisis dilakukan.

Analisis data portal dilakukan dengan mengolah kapasitas tahanan beban-simpangan dengan membangun model hubungan beban-simpangan berupa grafik *inelastic forced* dengan bantuan *Software MicrosoftOffice (Excel 2013)*. Grafik *inelastic* sebagai dasar untuk menentukan besaran *faktor modifikasi respon (R)*, *faktor amplikasi defleksi (Cd)*, dan *faktor kuat lebih system (Ω_0)*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Portal Beton

Uji portal beton bertulang dengan pembebanan *lateral statik non siklik* merupakan pengujian utama dalam penelitian ini dan hasil pengujianya dapat dilihat pada Tabel 2.

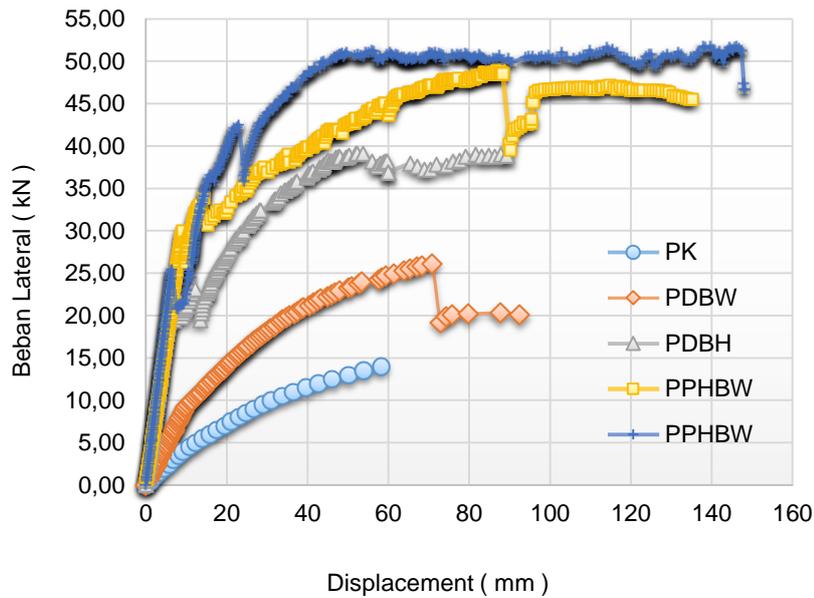
Tabel 2. Hasil Uji Portal Beton

Code Benda Uji	Beban Max. (v) kN	Simp. Max. (δ) (mm)	Base Length Bracing (mm)	Perubahan Panjang Bracing (mm)	Regangan Saat Bracing Gagal (ϵ')
a	b	c	d	e	f
PK	14,00	57,90			-
PDBW	26,13	69,04	1802,80	1852,2	0,0274
PDBH	39,15	79,50			-
PPHBW	48,93	74,04	1802,80	1842,9	0,0223
PPHBT	51,75	147,87	1802,80	1885,4	0,0458

Sumber : Hasil Analisis dan Pengujian.

Pada Tabel 2 menunjukkan kemampuan system portal mengalami peningkatan seiring dengan penambahan *bracing* dan dinding pengisi bata Hebel. Portal beton yang paling baik dalam menahan beban adalah portal PPHBT, namun simpangan yang terjadi cukup besar sekitar tiga kali dari simpangan portal kosong. Simpangan yang terjadi pada pengujian portal berbanding lurus dengan regangan yang terjadi pada *bracing* IWFC dan tali kawat baja seperti yang terlihat pada Tabel 2 kolom f. *Bracing* pada portal PPHBT mengalami regangan yang paling besar, namun *bracing* yang digunakan tidak gagal/putus dikarenakan *bracing* bersifat sangat elastis bahkan mampu meregang maksimum sampai $\pm 20\%$.

Hasil rekaman kapasitas beban (v) dan simpangan (δ) data logger pada puncak portal dapat dibuat grafik *inelastic* untuk masing-masing variasi benda uji, seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan Beban dan Displacement, Dari Uji Portal

Gambar 6 menjelaskan kemampuan portal dalam berdeformasi seiring dengan pertambahan beban lateral yang diberikan. Kontribusi kekakuan struktur yang paling baik ditunjukkan pada grafik portal PPHBW, karena besaran beban pada kondisi portal masih elastik cukup tinggi dibandingkan dengan portal lainnya.

Menentukan Faktor R, Cd Dan Ω_0

Dalam menentukan faktor R, faktor C_d dan faktor Ω_0 , perlu diketahui *drift under design forces* (Δ_s), *design drift* (Δ_D), *elastic respon drift* (Δ_E), *design forces level* (V_s), *fully yielded strength* (V_y), dan *elastic response of structure* (V_E) dari grafik hubungan beban lateral–simpangan pada Gambar 6 untuk masing-masing variasi benda uji, hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Diketahui Dari Grafik Hubungan Beban dan simpangan uji Portal

Code Benda Uji	<i>Drift Under Design Forces</i>	<i>Design Drift</i>	<i>Elastic Respon Drift</i>	<i>Design Forces Level</i>	<i>Fully Yielded Strength</i>	<i>Elastic Response Of Structure</i>
	(Δ_s)	(Δ_D)	(Δ_E)	(V_s)	(V_y)	(V_E)
1	2	3 ^(a)	4	5	6	7
PK	9,11	30,00	42,70	4,00	14,00	18,75
PDBW	9,94	30,00	50,00	9,20	26,13	46,28
PDBH	5,80	30,00	37,00	20,00	39,15	127,59
PPHBW	9,00	30,00	62,70	30,00	48,93	209,00
PPHBT	6,30	30,00	41,20	25,47	51,75	166,57

^(a). *Design drift diambil 2% dari tinggi bangunan (0.02hx) sesuai dengan persyaratan drift dalam SNI 1726 2012 untuk struktur bangunan lainnya agar kenyamanan penghuni bangunan menjadi faktor utama dalam perancangan struktur bangunan gedung.*

Dari Tabel 3, maka faktor R, faktor C_d dan faktor Ω_0 dapat ditentukan dengan dasar teori pada Gambar 3 dan hasil perhitungan faktor R, C_d dan Ω_0 tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Faktor R, Cd dan Ω .

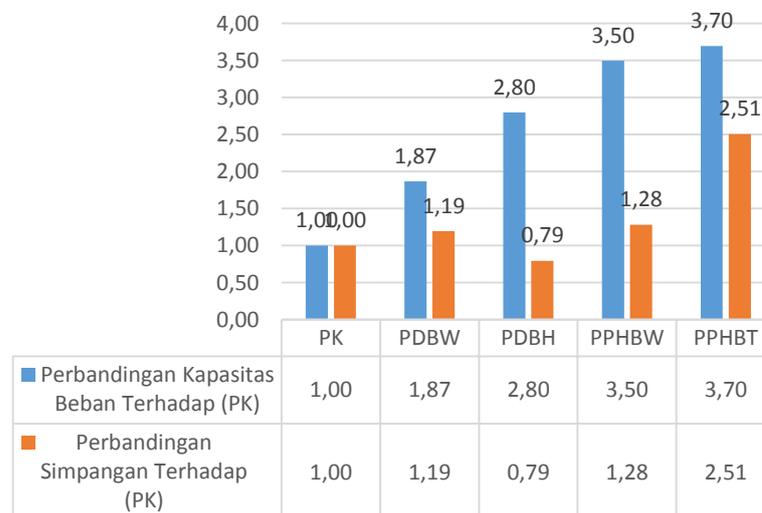
Code Benda Uji	<i>Required Ductility</i>	<i>Overstrength Faktor</i>	<i>Response Modification Coefficient</i>	<i>Deflection Amplification Faktor</i>
	(Rd)	(Ω)	(R)	(Cd)
8	9 = 7/6	10 = 6/5	11 = 7/5	12 = 3/2
PK	1,34	3,50	4,69	3,29
PDBW	1,78	2,84	5,03	3,02
PDBH	3,30	1,96	6,38	5,17
PPHBW	4,51	1,63	6,97	3,33
PPHBT	2,81	2,03	6,54	4,76

Sumber : Hasil Analisis dan Pengujian.

Dari hasil pengujian portal pada Tabel 4, sistem struktur yang paling baik dalam mereduksi beban lateral yang diberikan sebagai simulasi terhadap beban gempa adalah portal dengan dinding pengisi bata Hebel dan *bracing* IWFC (PPHBW) dengan nilai R sebesar 6,97. Hal tersebut sesuai dengan kaidah, semakin besar nilai R yang diperoleh maka semakin baik sebuah sistem struktur dalam mereduksi gaya gempa yang terjadi.

Perbandingan Kapasitas Struktur

Kapasitas portal ditentukan berdasarkan hasil pengujian laboratorium kapasitas beban maksimum dan simpangan maksimum dari masing-masing portal pada Tabel 2. Perbandingan kapasitas portal didasarkan pada hasil pengujian portal PK sebagai pembanding variasi portal lainnya sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 7.

**Gambar 7.** Grafik Perbandingan Kapasitas Beban Dan Simpangan dari Variasi Uji Portal

Gambar 7 menjelaskan pengaruh penambahan dinding dan *bracing* memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap tahanan beban lateral sebesar 3 kali lipat dari besaran tahanan beban portal kosong, hal tersebut berbanding lurus dengan simpangan yang terjadi. Besaran simpangan yang terjadi sekitar 1 – 2 kali dari simpangan portal kosong. Perbandingan kapasitas tahanan beban yang

paling besar terjadi pada portal PPHBT, namun simpangan terjadi cukup tinggi sehingga dikhawatirkan dalam aplikasinya menimbulkan ketidak-nyamanan penghuni ketika terjadi gempa. Portal PPHBW memiliki beban maximum yang tidak jauh berbeda dengan portal PPHBT dan simpangan yang terjadi cukup kecil sehingga portal PPHBW sangat optimum diaplikasikan sebagai sistem struktur bangunan tahan gempa.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil analisis uji Laboratorium, dengan pemasangan *bracing* dan dinding memberikan kontribusi yang sangat signifikan terhadap kapasitas tahanan beban dan simpangan pada portal beton, hal tersebut terbukti dengan membandingkan kapasitas masing-masing variasi terhadap Portal Kosongan (PK). Kapasitas portal PDBW, PDBH, PPHBW, dan PPHBT berturut-turut sebesar 1.87, 2.80, 3.50, dan 3.70 kali lebih besar terhadap tahanan beban portal PK, sedangkan untuk perbandingan simpangan terhadap portal PK berturut-turut sebesar 1.19, 0.79, 1.28 dan 2.55 kali. Dari grafik *inelastic* beban (v) dan simpangan (δ) uji laboratorium diperoleh nilai faktor modifikasi respon (R) sebesar 4.69, 5.03, 6.38, 6.97 dan 6.54, faktor amplifikasi defleksi (C_d) sebesar 3.29, 3.02, 5.17, 3.33 dan 4.76, dan faktor kuat lebih system (Ω) sebesar 3.50, 2.84, 1.96, 1.63 dan 2.03 berturut-turut untuk masing-masing variasi portal PK, PDBW, PDBH, PPHBW, dan PPHBT.

Saran

Pada penelitian selanjutnya, uji portal hendaknya dilakukan dengan pembebanan siklik agar grafik hubungan beban-displacement lebih *smooth* dan sesuai dengan pembebanan gempa yang sebenarnya, sehingga dalam menentukan faktor R , C_d dan Ω lebih mudah serta lebih real dalam mensimulasikan beban gempa. Pada penggunaan *bracing* wirerope dapat disimulasikan sebagai material perkuatan pasca retak portal beton terhadap beban lateral/gempa dan penggunaan *bracing* wirerope dapat juga divariasikan dengan beberapa jenis wirerope misalnya antara *bracing* IWRC dan *bracing* IWFC.

DAFTAR PUSTAKA

- FEMA P-750 (2009). *National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP) Recommended Hazard Provisions For New Buildings And Other Structures*. Washington, D.C: A council of the National Institute of Building Sciences
- FEMA 451 (2006). *National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP) Recommended Provisions Design Example*. Washington, D.C: A council of the National Institute of Building Sciences
- Pathurahman, Kencanawati, N. N, dan Utami N. L. P. (2006). Dinding Pracetak Beton Ringan Sebagai Dinding Geser Bangunan Rendah. *Jurnal Rekayasa Sipil*, Volume 7 No 1, Hal. 69–78
- SNI0076 (2008) Tali Kawat Baja. Badan Standarisasi Nasional
- SNI1726 (2012) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung. Badan Standarisasi Nasional
- Wisnumurti, Dewi, S. M. dan Soehardjono, A. (2014). *Strength reduction factor (R) and displacement amplification factor (Cd) of confined masonry wall with local brick in Indonesia International Conference on Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials. Procedia Engineering* 95 (2014) 172 – 177