

# Aplicability Metoda Desain Kapasitas pada Perancangan Struktur Dinding Geser Beton Bertulang

Iswandi Imran<sup>1</sup>, Ester Yuliari<sup>2</sup>, Suhelda<sup>5</sup>, dan A. Kristianto<sup>3</sup>

## 1. PENDAHULUAN

Bangunan tinggi tahan gempa umumnya menggunakan elemen-elemen struktur kaku berupa dinding geser untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial yang timbul akibat beban gempa. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut. Menurut Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2006 (Purwono et al., 2007), perencanaan geser pada dinding struktural untuk bangunan tahan gempa didasarkan pada besarnya gaya dalam yang terjadi akibat beban gempa. Namun, dalam prakteknya masih terdapat keraguan akan keandalan hasil desain dinding geser berdasarkan konsep ini. Hal ini menyebabkan masih disyaratkannya konsep desain kapasitas untuk perencanaan dinding geser dalam berbagai proyek gedung tinggi di Indonesia. Menurut konsep desain kapasitas, kuat geser dinding didesain berdasarkan momen maksimum yang paling mungkin terjadi di dasar dinding. Secara umum, desain berdasarkan konsep ini tentu saja akan menghasilkan desain yang lebih aman. SNI gempa, yaitu SNI 03-1726-02 (BSN, 2002), dan SNI beton versi yang lama, yaitu SNI 03-2847-1992, pada dasarnya menganut konsep ini.

Pada makalah ini akan dikaji perlu tidaknya penerapan metoda desain kapasitas pada perancangan struktur dinding geser beton bertulang untuk bangunan tinggi.

## 2. ELEMEN STRUKTUR DINDING GESER

Dinding geser biasanya dikategorikan berdasarkan geometrinya yaitu:

- *Flexural wall* (dinding langsing), yaitu dinding geser yang memiliki rasio  $h_w/l_w \geq 2$ , dimana desain dikontrol oleh perilaku lentur.
- *Squat wall* (dinding pendek), yaitu dinding geser yang memiliki rasio  $h_w/l_w \leq 2$ , dimana desain dikontrol oleh perilaku geser.
- *Coupled shear wall* (dinding berangkai), dimana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai, sebagai gaya-gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut.

Dalam prakteknya dinding geser selalu dihubungkan dengan sistem rangka pemikul momen pada gedung. Dinding struktural yang umum digunakan pada gedung tinggi adalah dinding geser kantilever dan dinding geser berangkai. Berdasarkan SNI 03-1726-2002 (BSN, 2002), dinding geser beton bertulang kantilever adalah suatu subsistem struktur gedung yang fungsi utamanya adalah untuk memikul beban geser akibat pengaruh gempa rencana. Kerusakan pada dinding ini hanya boleh terjadi akibat momen lentur (bukan akibat gaya geser), melalui pembentukan sendi plastis di dasar dinding.

<sup>1</sup> Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Indonesia. iswandi@si.itb.ac.id

<sup>2</sup> Program Studi S1 Teknik Sipil, ITB, Bandung, Indonesia

<sup>3</sup> Jurusan Teknik Sipil, Univ. Kristen Maranatha, Bandung, Indonesia

Nilai momen leleh pada dasar dinding tersebut dapat mengalami peningkatan terbatas akibat pengerasan regangan (strain hardening). Jadi berdasarkan SNI 03-1726-2002, dinding geser harus direncanakan dengan metode desain kapasitas. Dinding geser kantilever termasuk dalam kelompok *flexural wall*, dimana rasio antara tinggi dan panjang dinding geser tidak boleh kurang dari 2 dan dimensi panjangnya tidak boleh kurang dari 1,5 m.

Kerja sama antara sistem rangka penahan momen dan dinding geser merupakan suatu keadaan khusus, dimana dua struktur yang berbeda sifatnya tersebut digabungkan. Dari gabungan keduanya diperoleh suatu struktur yang lebih kuat dan ekonomis. Kerja sama ini dapat dibedakan menjadi beberapa macam, seperti (BSN, 2002):

- a. Sistem rangka gedung yaitu sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Pada sistem ini, beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing. Sistem rangka gedung dengan dinding geser beton bertulang yang bersifat daktail penuh dapat direncanakan dengan menggunakan nilai faktor modifikasi respon,  $R$ , sebesar 6,0.
- b. Sistem ganda, yang merupakan gabungan dari sistem pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan sistem rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral yang bekerja. Kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral gempa, dengan memperhatikan interaksi keduanya. Nilai  $R$  yang direkomendasikan untuk sistem ganda dengan rangka SRPMK adalah 8,5.
- c. Sistem interaksi dinding geser dengan rangka. Sistem ini merupakan gabungan dari sistem dinding beton bertulang biasa dan sistem rangka pemikul momen biasa.

### 3. KONSEP PERENCANAAN DINDING GESER

Perencanaan dinding geser sebagai elemen struktur penahan beban gempa pada gedung bertingkat bisa dilakukan dengan konsep gaya dalam (yaitu dengan hanya meninjau gaya-gaya dalam yang terjadi akibat kombinasi beban gempa) atau dengan konsep desain kapasitas. Pada bagian berikut ini, kedua konsep desain tersebut akan dijelaskan.

#### 3.1 Konsep Gaya Dalam

Menurut konsep ini dinding geser didesain berdasarkan gaya dalam  $V_u$  dan  $M_u$ , yang terjadi akibat beban gempa. Konsep desain dinding geser berdasarkan gaya dalam ini pada dasarnya mengacu pada SNI 03-2847-2006 (Purwono et al., 2007) dan ACI 318-05 (ACI 318, 2005). Kuat geser perlu dinding struktural ( $V_n$ ) diperoleh dari analisis beban lateral dengan faktor beban yang sesuai, sedangkan kuat geser nominal,  $V_n$ , dinding struktural harus memenuhi:

$$V_n \leq A_{cv} \left( \alpha_c \sqrt{f_c'} + \rho_n \cdot f_y \right) \quad (1)$$

dimana:

- $A_{cv}$  = luas penampang total dinding struktural.  
 $\alpha$  =  $\frac{1}{4}$  untuk  $h_w/l_w \leq 1.5$  ;  
 =  $\frac{1}{6}$  untuk  $h_w/l_w \geq 2$   
 $\rho_n$  = rasio penulangan arah horizontal (transversal)

Perlu dicatat bahwa pada persamaan (1) di atas pengaruh adanya tegangan aksial yang bekerja pada dinding geser tidak diperhitungkan. Hal ini berarti bahwa persamaan (1) tersebut di atas akan menghasilkan nilai kuat geser yang bersifat konservatif. Selain itu, agar penerapan konsep desain geser berdasarkan gaya dalam ini berhasil, maka kuat lebih (overstrength) desain lentur dinding struktural yang dirancang sebaiknya dijaga serendah mungkin. Dalam kaitan dengan hal ini, SNI 03-2847-06 mensyaratkan agar beton dan tulangan longitudinal dalam lebar efektif flens, komponen batas, dan badan dinding harus dianggap efektif menahan lentur.

Dinding juga harus mempunyai tulangan geser tersebar yang memberikan tahanan dalam dua arah orthogonal pada bidang dinding. Apabila rasio  $h_w/l_w$  tidak melebihi 2, rasio penulangan  $\rho_v$  (longitudinal) tidak boleh kurang daripada rasio penulangan  $\rho_n$  (lateral). Selain itu, berdasarkan SNI 03-2847-06 (Purwono et al., 2007), dinding struktural dengan rasio  $h_w/l_w$  tidak melebihi 2 (yaitu dinding struktural yang perilakunya bersifat *brittle*) sebaiknya didesain dengan metoda desain kapasitas. Sebagai alternatif, bilamana kuat geser nominalnya tetap dipertahankan lebih kecil daripada gaya geser yang timbul sehubungan dengan pengembangan kuat lentur nominalnya, maka dinding struktural tersebut dapat didesain dengan faktor reduksi yang lebih rendah, yaitu 0,55 (Lihat SNI 03-2847-06, Pasal 11.3.2.3a).

### 3.2 Konsep Desain Kapasitas

Berdasarkan SNI beton yang berlaku (SNI 03-2847-06), struktur beton bertulang tahan gempa pada umumnya direncanakan dengan mengaplikasikan konsep daktilitas. Dengan konsep ini, gaya gempa elastik dapat direduksi dengan suatu faktor modifikasi response struktur (faktor  $R$ ), yang merupakan representasi tingkat daktilitas yang dimiliki struktur. Dengan penerapan konsep ini, pada saat gempa kuat terjadi, hanya elemen-elemen struktur bangunan tertentu saja yang diperbolehkan mengalami plastifikasi sebagai sarana untuk pendisipasian energi gempa yang diterima struktur. Elemen-elemen tertentu tersebut pada umumnya adalah elemen-elemen struktur yang keruntuhannya bersifat daktil. Elemen-elemen struktur lain yang tidak diharapkan mengalami plastifikasi haruslah tetap berperilaku elastis selama gempa kuat terjadi. Selain itu, hirarki atau urutan keruntuhan yang terjadi haruslah sesuai dengan yang direncanakan. Salah satu cara untuk menjamin agar hirarki keruntuhan yang diinginkan dapat terjadi adalah dengan menggunakan konsep desain kapasitas. Pada konsep desain kapasitas, tidak semua elemen struktur dibuat sama kuat terhadap gaya dalam yang direncanakan, tetapi ada elemen-elemen struktur atau titik pada struktur yang dibuat lebih lemah dibandingkan dengan yang lain. Hal ini dibuat demikian agar di elemen atau titik tersebutlah kegagalan struktur akan terjadi di saat beban maksimum bekerja pada struktur.

Pada dinding geser kantilever, sendi plastis diharapkan terjadi pada bagian dasar dinding. Dalam konsep desain kapasitas, kuat geser di dasar dinding harus didesain

lebih kuat daripada geser maksimum yang mungkin terjadi pada saat penampang di dasar dinding tersebut mengembangkan momen plastisnya.

Konsep desain kapasitas untuk perencanaan dinding geser dianut dalam SNI 03-2847-92 (BSN, 1992) dan SNI 03-1726-02 (BSN, 2002). Kuat geser rencana pada penampang di dasar dinding, sehubungan dengan adanya pembesaran momen yang mungkin terjadi, dihitung dengan persamaan berikut:

$$V_{u,d,maks} = \omega_d \cdot 0,7 \cdot \frac{M_{kap,d}}{M_{E,d,maks}} \cdot V_{E,d,maks} \quad (2)$$

dimana:

$\omega_d$  = koefisien pembesaran dinamis yang memperhitungkan pengaruh dari terjadinya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan.

$M_{kap,d}$  = momen kapasitas pada penampang dasar dinding yang dihitung berdasarkan luas baja tulangan yang terpasang dan dengan tegangan tarik baja tulangan sebesar  $1.25 f_y$

$M_{E,d,maks}$  =momen lentur maksimum pada penampang dasar dinding akibat beban gempa tak terfaktor.

$V_{E,d,maks}$  =gaya geser maksimum pada penampang dasar dinding akibat beban gempa tak terfaktor.

#### 4. POLA KERUNTUHAN DINDING GESER

Dinding geser sebagai elemen penahan gaya lateral memiliki keuntungan utama karena menyediakan kontinuitas vertikal pada sistem lateral struktur gedung. Struktur gedung dengan dinding geser sebagai elemen penahan gaya lateral pada umumnya memiliki *performance* yang cukup baik pada saat gempa. Hal ini terbukti dari sedikitnya kegagalan yang terjadi pada sistem struktur dinding geser di kejadian-kejadian gempa yang lalu (Fintel, 1991). Beberapa kerusakan yang terjadi akibat gempa pada umumnya berupa *cracking*, yang terjadi pada dasar dinding dan juga pada bagian *coupling beam*, khususnya untuk sistem dinding berangkai.

Perilaku batas yang terjadi pada dinding geser dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Pantazopoulou dan Imran, 1992):

- *Flexural behavior*, dimana respons yang terjadi pada dinding akibat gaya luar dibentuk oleh mekanisme kelelahan pada tulangan yang menahan lentur. Keruntuhan jenis ini pada umumnya bersifat daktil.
- *Flexural-shear behavior*, dimana kelelahan yang terjadi pada tulangan yang menahan lentur diikuti dengan kegagalan geser.
- *Shear behavior*, dimana dinding runtuh akibat geser tanpa adanya kelelahan pada tulangan yang menahan lentur. Perilaku batas ini bisa dibagi lagi menjadi *diagonal tension shear failure* (yang dapat bersifat daktil, karena keruntuhan terjadi terlebih dahulu pada baja tulangan) dan *diagonal compression shear failure* (yang umumnya bersifat *brittle*)
- *Sliding shear behavior*, dimana di bawah pembebanan siklik bolak balik, *sliding shear* bisa terjadi akibat adanya *flexural cracks* yang terbuka lebar di dasar

dinding. Keruntuhan jenis ini sifatnya getas dan menghasilkan perilaku disipasi yang jelek.

Untuk dinding geser yang tergolong *flexural wall* dimana rasio,  $h_w/l_w \geq 2$ , kegagalan lain yang sering terjadi adalah berupa *fracture* pada tulangan yang menahan tarik (Fintel, 1991). Hal ini biasanya diamati pada dinding yang memiliki jumlah tulangan longitudinal yang sedikit, sehingga regangan terkonsentrasi dan terakumulasi pada bagian yang mengalami *crack akibat* pembebanan siklik yang berulang, yang dapat berujung pada terjadinya *fracture* pada tulangan.

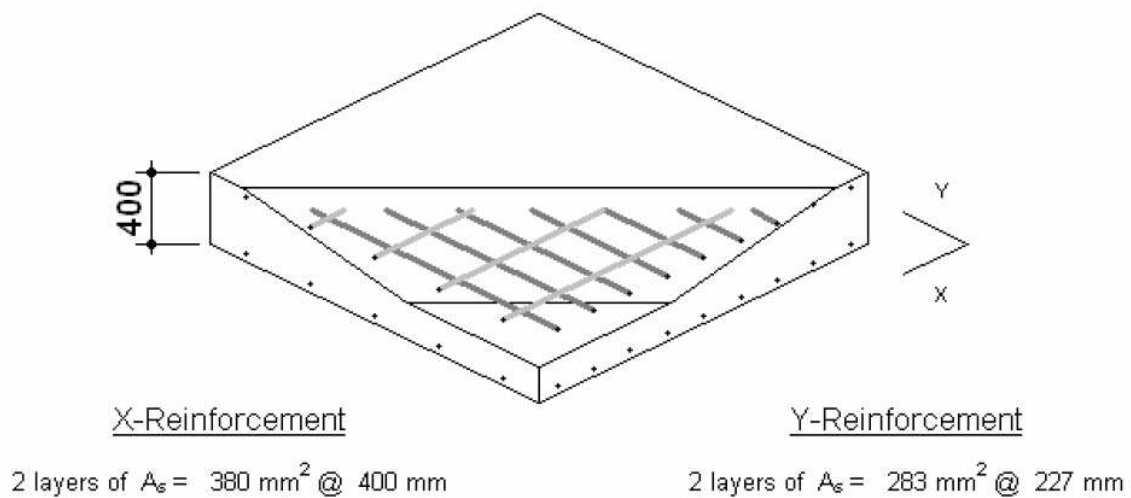
## 5. PERILAKU GESER PANEL DINDING STRUKTURAL

Pada desain geser untuk dinding struktural bangunan tinggi berdasarkan konsep gaya dalam, sesuai SNI 03-2847-2006, elemen struktur dinding tidak perlu diperiksa terhadap gaya geser maksimum yang mungkin terjadi pada saat penampang mengembangkan momen plastisnya. Hal ini dikarenakan dinding geser pada dasarnya merupakan panel 2-dimensi yang besar, dimana keruntuhan geser yang bersifat getas kemungkinan besar tidak terjadi.

Sedangkan menurut konsep desain kapasitas, kuat geser dinding struktural harus diperiksa dan ditingkatkan untuk menjamin tidak terjadinya keruntuhan geser pada saat penampang dinding mengembangkan momen plastisnya. Berdasarkan konsep ini, keruntuhan geser dinding harus dihindari karena sifatnya yang *brittle* (getas).

Pada banyak kasus, keruntuhan geser pada dinding struktural akibat gempa memang tidak pernah terjadi. Pada berbagai kejadian gempa akhir-akhir ini, kerusakan yang terjadi pada struktur dinding geser yang didesain dengan pendekatan konsep gaya dalam, tidak pernah mencapai level *life safety* ataupun *near collapse* (Wallace dan Orakcal, 2002). Untuk membuktikan hal ini, pada makalah ini akan dilakukan kajian perilaku keruntuhan dinding geser. Kajian ini akan dilakukan dengan bantuan program Membrane 2000 (Bentz, 2000). Gambar 1 memperlihatkan model panel yang dianalisis. Dinding geser dimodelkan sebagai panel bebas tanpa perletakan dengan rasio penulangan transversal (horizontal) yang tertentu nilainya (lihat Tabel 1). Tulangan longitudinal (vertikal) untuk setiap jenis analisis diambil sama dengan tulangan transversalnya (kecuali untuk panel 1). Mutu beton dalam analisis ditetapkan sebesar 30 MPa, sedangkan mutu baja = 400 MPa.

Analisis akan dilakukan untuk 6 variasi parameter. Adapun yang membedakan dari keenam variasi parameter tersebut adalah rasio tulangan transversalnya. Kondisi pertama adalah kondisi dimana tulangan transversal berada di bawah rasio minimum tulangan geser balok. Selanjutnya adalah kondisi tulangan geser minimum balok,  $\rho_n = 0,0009$ . Kondisi ketiga adalah kondisi tulangan transversal minimum dinding, dengan  $\rho_n = 0,0025$ . Kondisi-kondisi lainnya dapat dilihat pada Tabel 1. Dalam analisis ini, tegangan aksial sebesar 10 MPa ( $=0.33 f'_c$ ) diperhitungkan bekerja pada panel dinding.

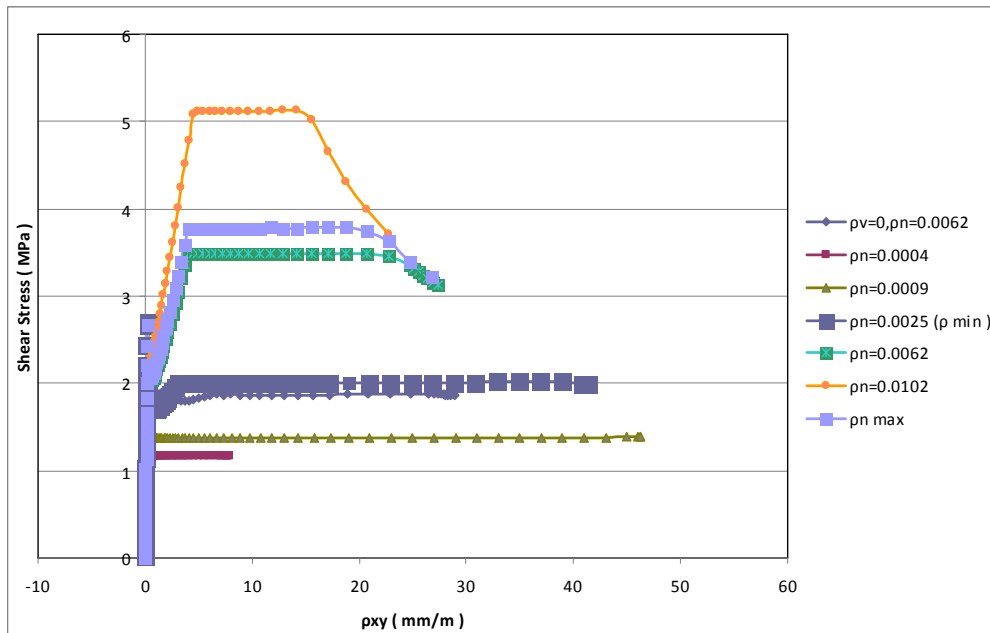


Gambar 1. Pemodelan Panel Dinding Geser pada Membrane 2000

Tabel 1. Rasio Tulangan Transversal  $\rho_n$

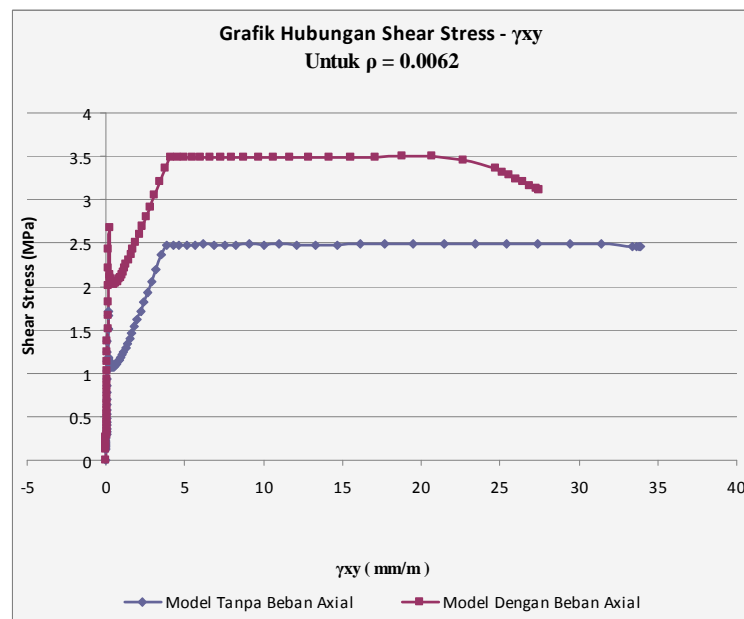
Kondisi	$\rho_n$	$v_n$ (MPa) Berdasarkan SNI	Keterangan
1.	0.0062	3.393	$\rho_v = 0$
2.	0.0004	1.073	
3.	0.0009	1.273	$\rho_n$ minimum balok
4.	0.0025	1.913	$\rho_n$ minimum panel
5.	0.0062	3.393	
6.	0.0102	4.993	$> \rho_n$ maksimum
7.	0.0069	3.673	$\rho_n$ maksimum panel

Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 2, dalam bentuk grafik tegangan geser bidang vs. regangan geser bidang,  $\gamma_{xy}$ . Hasil analisis Membrane 2000 memperlihatkan bahwa selama tulangan yang dipasang pada panel lebih besar dari tulangan minimum, maka perilaku geser yang dihasilkan pada umumnya bersifat daktile. Semakin banyak tulangan geser yang digunakan, kapasitas geser dinding yang dihasilkan terus meningkat. Namun, dapat dilihat bahwa dengan meningkatnya jumlah tulangan geser yang digunakan, keruntuhan yang terjadi akan bersifat kurang daktile. Sebagai pembandingan, pada Tabel 2 juga ditampilkan nilai estimasi kuat geser berdasarkan SNI 03-2847-06; Nilai estimasi SNI tersebut pada umumnya lebih rendah dibandingkan dengan hasil analisis. Hal ini berarti bahwa persamaan SNI tersebut memberikan hasil desain geser dinding yang konservatif. Gambar 2 juga memperlihatkan bahwa keruntuhan panel dinding, dengan tulangan transversal lebih rendah daripada tulangan transversal minimum, pada dasarnya bersifat *brittle*. Kurva (untuk  $\rho_n < 0,0025$ ) memperlihatkan drop tegangan yang signifikan pada saat penampang retak, dan setelah itu, tegangan tidak pernah kembali ke level semula, seperti halnya pada saat keretakan belum terjadi. Selain itu, panel yang diberi tulangan satu arah ( $\rho_v = 0,0$ ) juga memperlihatkan perilaku yang *brittle*.



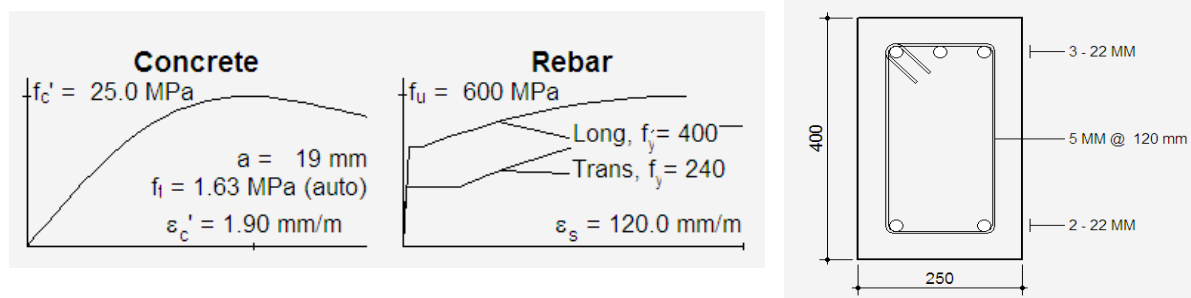
Gambar 2. Grafik Shear Stress vs.  $\gamma_{xy}$

Gambar 3 dibawah ini menunjukkan perbedaan kuat geser dan daktilitas yang dihasilkan untuk model dinding geser dengan beban aksial dan tanpa beban aksial. Dapat dilihat pada gambar tersebut bahwa parameter gaya aksial tekan sangat mempengaruhi nilai kuat geser dinding yang dihasilkan. Semakin besar gaya aksial tekan yang bekerja pada dinding, semakin tinggi nilai kuat gesernya, namun daktilitas yang dihasilkan cenderung menurun.



Gambar 3. Pengaruh Tegangan Aksial Tekan pada Hubungan Shear Stress vs.  $\gamma_{xy}$

Berdasarkan Gambar 2 dan 3 di atas dapat dilihat bahwa keruntuhan geser pada struktur dinding, yang rasio tulangan gesernya lebih rendah daripada batas rasio tulangan maksimum, memiliki daktilitas yang cukup baik. Perilaku ini berbeda dengan perilaku geser elemen balok, yang pada dasarnya hanya memiliki tulangan geser satu arah dan tanpa gaya aksial tekan. Untuk melihat perbedaan perilaku gesernya, pada makalah ini dianalisis model balok kantilever dengan berbagai kondisi tulangan geser. Balok tersebut sengaja dirancang agar runtuh terhadap geser, dan bukan terhadap lentur. Sehingga, kuat lentur balok dibuat lebih besar daripada kuat gesernya. Pemeriksaan perilaku keruntuhan dilakukan dengan menggunakan software Response 2000 (Bentz, 2000). Model penampang adalah seperti terlihat pada Gambar 4.



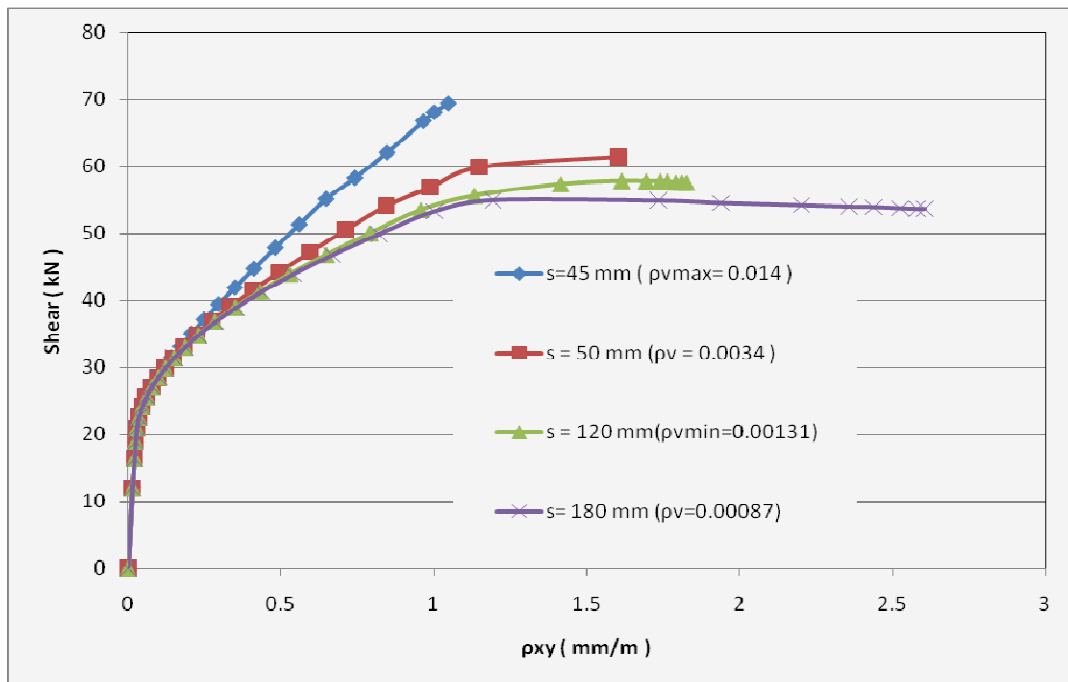
Gambar 4. Pemodelan Elemen Balok pada Response 2000

Untuk melihat perilaku keruntuhannya, model elemen balok dibuat dengan berbagai rasio tulangan geser seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rasio Tulangan Geser untuk Berbagai Model Balok

Model	Spasi Tul.Geser	Rasio Tulangan Geser	Keterangan
1	D10-45 mm	0,014	Jarak tulangan geser minimum sesuai dg. Vs maksimum
2	D5-50 mm	0,0034	-
3	D5-120 mm	0,00131	Jarak tulangan geser maksimum sesuai syarat $A_{v_{min}} = \frac{75 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot s}{1200 \cdot f_{ys}}$
4	D5-180 mm	0,00087	Jarak tulangan geser maksimum sesuai syarat d/2

Gambar 5 memperlihatkan hasil analisis berupa grafik hubungan antara gaya geser vs. regangan geser. Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa keruntuhan geser pada balok umumnya bersifat *brittle*. Kapasitas geser balok mengalami peningkatan sesuai dengan membesarnya nilai rasio tulangan geser terpasang. Kecenderungan balok mengalami keruntuhan yang lebih *brittle* terjadi dengan semakin tingginya rasio tulangan geser yang diberikan; perilaku ini berbeda dengan perilaku dinding geser yang masih cenderung daktil meskipun rasio tulangan transversalnya semakin besar.



Gambar 5. Grafik Gaya Geser vs. Shear Strain

Keruntuhan yang bersifat duktail pada balok diharapkan terjadi dari perilaku lenturnya, sementara tulangan geser dirancang untuk berfungsi menjaga agar tidak terjadi keruntuhan geser terlebih dahulu. Oleh karena itu dalam perancangannya, digunakan pendekatan desain kapasitas untuk mendapatkan gaya geser desain balok.

## 6. KESIMPULAN

Makalah ini mempresentasikan kajian mengenai perlu tidaknya penerapan metoda desain kapasitas pada perencanaan dinding geser. Berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap elemen dinding geser, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada saat dinding geser mencapai level beban maksimum, ada kemungkinan dinding geser yang didesain dengan menggunakan konsep gaya dalam sudah mencapai level maksimum gaya gesernya, namun keruntuhan yang terjadi masih bisa bersifat duktail. Keruntuhan geser pada struktur dinding pada umumnya dapat bersifat duktail selama penulangannya dipasang dua arah dan tidak menyimpang dari rasio yang ditetapkan oleh SNI 03-2847-06.
2. Persamaan kuat geser dinding berdasarkan SNI 03-2847-06 memberikan nilai kuat geser yang konservatif. Hal ini salah satunya disebabkan oleh tidak diperhitungkannya pengaruh gaya aksial yang bekerja. Oleh karena itu, pendekatan desain geser dinding berdasarkan gaya dalam seperti yang direkomendasikan SNI 03-2847-06 pada dasarnya masih dapat memberikan tingkat keamanan yang memadai pada saat dinding struktural mengalami plastifikasi. Namun demikian, dalam perencanaan, kuat lentur dinding sebaiknya dirancang dengan kuat lebih yang seminimum mungkin. Untuk tujuan ini, tulangan badan dan bagian sayap dinding struktural harus diperhitungkan ikut berkontribusi dalam menahan momen lentur yang bekerja.

3. Desain kapasitas untuk perencanaan geser dinding struktural pada dasarnya tidak dipersyaratkan dalam ACI 318-05. Hal ini disebabkan karena dari rekam jejak yang ada, kerusakan yang terjadi pada dinding geser akibat beberapa kejadian gempa tidak pernah menyebabkan terjadinya keruntuhan pada struktur bangunan. Level *performance* dinding geser dalam hal ini tidak pernah mencapai kondisi *life safety*. Namun, bila fokus desain adalah pada level *performance* tertentu (misal *immediate occupancy*), maka desain kapasitas untuk perencanaan dinding struktural terhadap geser akan menjadi relevan.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 318 (2005). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary* (ACI 318-05), 436 pp.
- Bentz, E.C. (2000). *Response-2000, Reinforced Concrete Sectional Analysis Using the Modified Compressed Field Theory*, Dept of Civil Engineering, Univ. Toronto.
- Bentz, E.C. (2000). *Membrane-2000, Reinforced Concrete Sectional Analysis Using the Modified Compressed Field Theory*, Dept of Civil Engineering, Univ. Toronto.
- BSN (2002). *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung* (SNI 03-1726-2002).
- Fintel, M. (1991). "Shearwalls – An Answer for Seismic Resistance?", Point of View: 30 Years of Observation on the Performance of Buildings with Shearwalls in Earthquake, *Concrete International*, Vol. 13, No. 7.
- John W. Wallace dan Kutay Orakcal (2002), "ACI 318-99 Provisions for Seismic Design of Structural Walls", *ACI Structural Journal*, V.99, No.4, pp. 499-508.
- Pantazopoulou, S.J. dan Imran, I. (1992), "Slab-Wall Connections Under Lateral Forces", *ACI Structural Journal*, V.89, No.5, pp. 515-527.
- Purwono, R.; Tavo; Imran, I., dan Raka I.G.P. (2007). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-2847-2006) *dilengkapi Penjelasan*, ITSPress, Surabaya, Indonesia.
- Yuliani, E. dan Suhelda (2008). "Evaluasi Perbandingan Konsep Desain Dinding Geser Tahan Gempa Berdasarkan SNI Beton." *Tugas Akhir S1*, Prodi Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung.