

Mata Kuliah : Struktur Beton Lanjutan
Kode : TSP - 407
SKS : 3 SKS

Desain Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa

Pertemuan – 13, 14

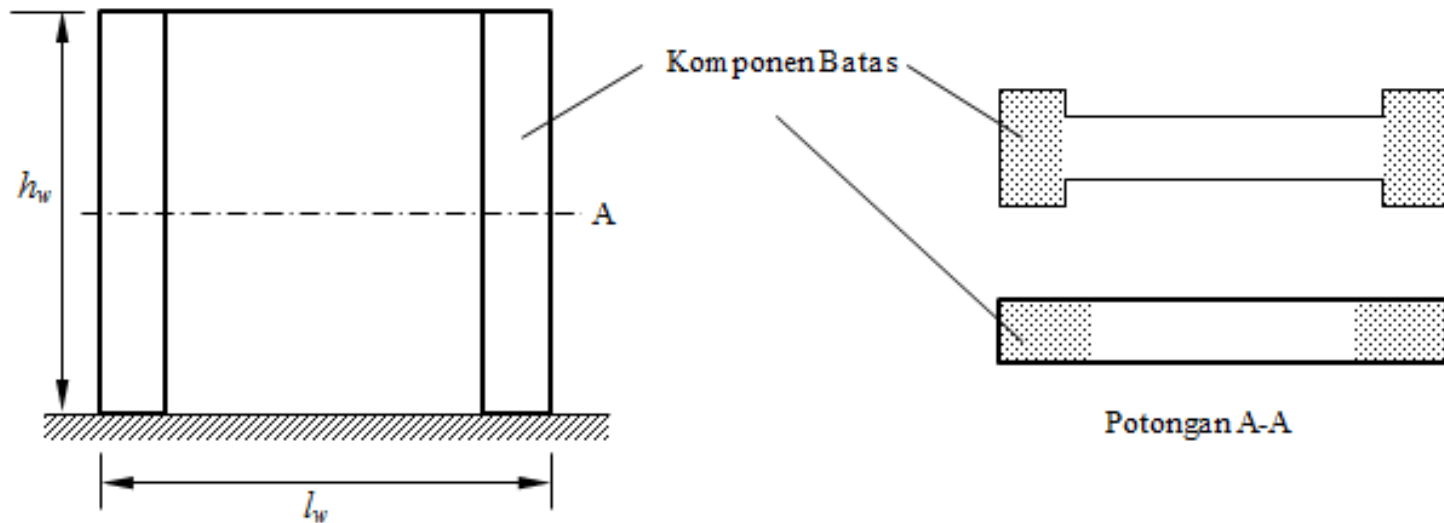
- **TIU :**
 - Mahasiswa dapat mendesain berbagai elemen struktur beton bertulang

- **TIK :**
 - Mahasiswa mampu mendesain penampang dinding geser khusus dan balok perangkai

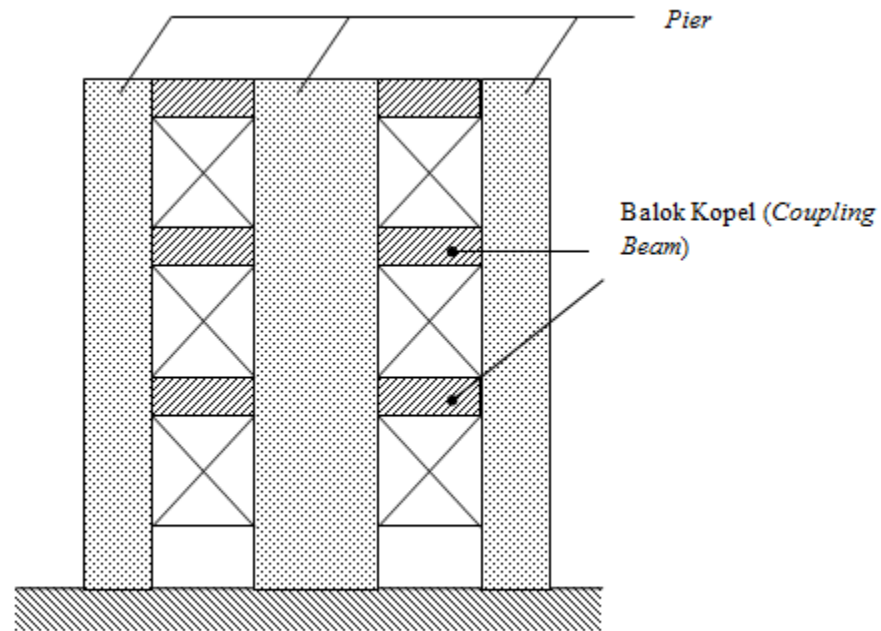
- Sub Pokok Bahasan :
 - Dinding Struktural Khusus dan Balok Perangkai

Dinding Struktural Khusus dan Balok Kopel

- Dinding beton struktural atau yang dikenal sebagai dinding geser (*shear wall*) merupakan bagian dari suatu sistem struktur yang memikul beban-beban gravitasi maupun beban lateral yang bekerja pada struktur.
- Sebuah dinding struktural memiliki kekakuan yang lebih baik dibandingkan dengan struktur rangka pemikul momen terbuka (*open frame*), sehingga pada saat memikul beban gempa, dinding struktural akan menunjukkan kinerja yang lebih baik.
- Dinding struktural harus didesain dengan baik dan diberi detailing yang sesuai dengan persyaratan, sehingga dapat memikul semua beban yang bekerja padanya.
- Pada ujung-ujung dinding struktural dapat diberikan suatu komponen batas (*Boundary Element*) yang diberi tulangan dalam arah longitudinal dan transversal. Gambar 15.16 menunjukkan suatu dinding struktural yang dilengkapi dengan komponen batas.



Gambar 15.16 Dinding Struktural dan Komponen Batas



Gambar 15.17 Balok Kopel (*Coupling Beam*) dan *Pier*

Persyaratan Tulangan Dinding Struktural (SNI 2847:2013 pasal 21.9.2)

Tulangan geser harus disediakan dalam dua arah tegak lurus pada bidang dinding. Rasio tulangan minimum untuk arah vertikal dan horizontal ditentukan sebagai berikut :

- Apabila gaya geser desain, $V_u > 0,083A_{cv}\sqrt{f'_c}$, rasio penulangan ρ_l dan ρ_t tidak boleh kurang dari 0,0025

$$0.0025 \leq \begin{cases} \rho_l = \frac{A_{sv}}{A_{cv}} \\ \rho_t = \frac{A_{sn}}{A_{cn}} \end{cases}$$

Dengan :

ρ_l

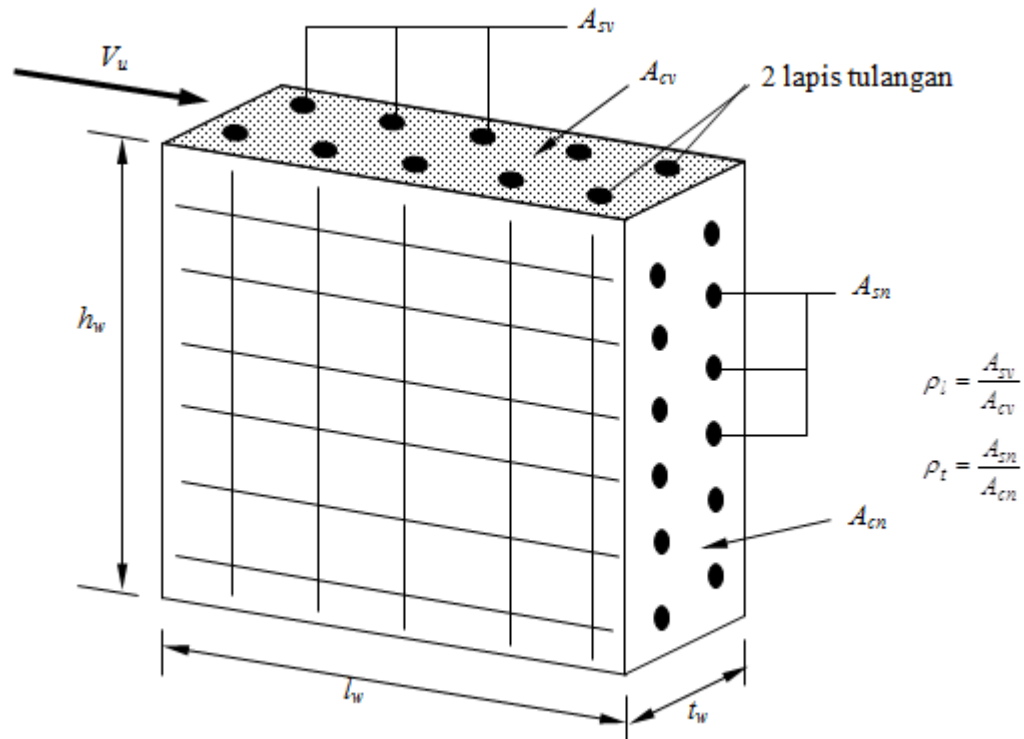
adalah rasio luas tulangan yang tersebar pada bidang yang tegak lurus bidang A_{cv} , terhadap luas gross beton

A_{cv}

ρ_t

adalah rasio luas tulangan yang tersebar pada bidang yang paralel bidang A_{cv} , terhadap luas gross beton yang tegak lurus terhadap tulangan tersebut

Persyaratan Tulangan Dinding Struktural (SNI 2847:2013 pasal 21.9.2)



Gambar 15.18 Tulangan Geser Pada Dinding Struktural

Persyaratan Tulangan Dinding Struktural (SNI 2847:2013 pasal 21.9.2)

Apabila $V_u < 0,083A_{cv}\sqrt{f'_c}$, maka dapat digunakan rasio tulangan minimum seperti pada dinding struktural biasa (SNI 2847:2013 pasal 14.3)

- Rasio minimum tulangan vertikal terhadap luas brutto penampang beton, ρ_v , harus diambil :
 - 0,0012 untuk tulangan ulir dengan diameter tidak lebih dari D16 dan f_y tidak kurang dari 420 MPa
 - 0,0015 untuk tulangan ulir lainnya, atau
 - 0,0012 untuk jaring kawat baja las yang berdiameter tidak lebih dari 16
- Rasio minimum tulangan horizontal terhadap luas brutto penampang beton, ρ_t , harus diambil :
 - 0,0020 untuk tulangan ulir dengan diameter tidak lebih dari D16 dan f_y tidak kurang dari 420 MPa
 - 0,0025 untuk tulangan ulir lainnya, atau
 - 0,0020 untuk jaring kawat baja las yang berdiameter tidak lebih dari 16

Persyaratan Tulangan Dinding Struktural (SNI 2847:2013 pasal 21.9.2)

- Jarak tulangan untuk masing-masing arah pada dinding struktural tidak boleh diambil melebihi 450 mm
- Paling sedikit harus dipasang tulangan dalam dua lapis apabila $V_u > 0,17A_{cv}\sqrt{f'_c}$

Kuat Geser Dinding Struktural (SNI 2847:2013 pasal 21.9.4)

Kuat geser suatu dinding struktural dikatakan mencukupi apabila dipenuhi kondisi berikut :

$$V_u \leq \phi V_n$$

Dengan V_u adalah gaya geser terfaktor

V_n adalah kuat geser nominal dinding struktural

ϕ adalah faktor reduksi kekuatan

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.4 faktor reduksi kuat geser untuk dinding struktural khusus, yang direncanakan untuk memikul beban gempa, E , harus diambil sebesar 0,6 jika kuat geser nominalnya lebih kecil daripada gaya geser yang timbul sehubungan dengan pengembangan kuat lentur nominalnya.
- Kuat lentur nominal ditentukan dengan mempertimbangkan beban aksial terfaktor yang paling kritis serta memasukkan unsur beban gempa, E . Untuk kondisi lainnya faktor reduksi geser dapat diambil sebesar 0,75.

Kuat Geser Dinding Struktural (SNI 2847:2013 pasal 21.9.4)

Kuat geser nominal dinding struktural ditentukan dalam SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.1, yang menyatakan :

$$V_n = A_{cv}(\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$$

Dengan :

α_c = 3,0 untuk $h_w/l_w \leq 1,5$

= 2,0 untuk $h_w/l_w \leq 1,5$

= interpolasi linear antara 3,0 dan 2,0, jika h_w/l_w di antara 1,5 dan 2,0

h_w adalah tinggi dinding

l_w adalah panjang dinding

Kuat Geser Dinding Struktural (SNI 2847:2013 pasal 21.9.4)

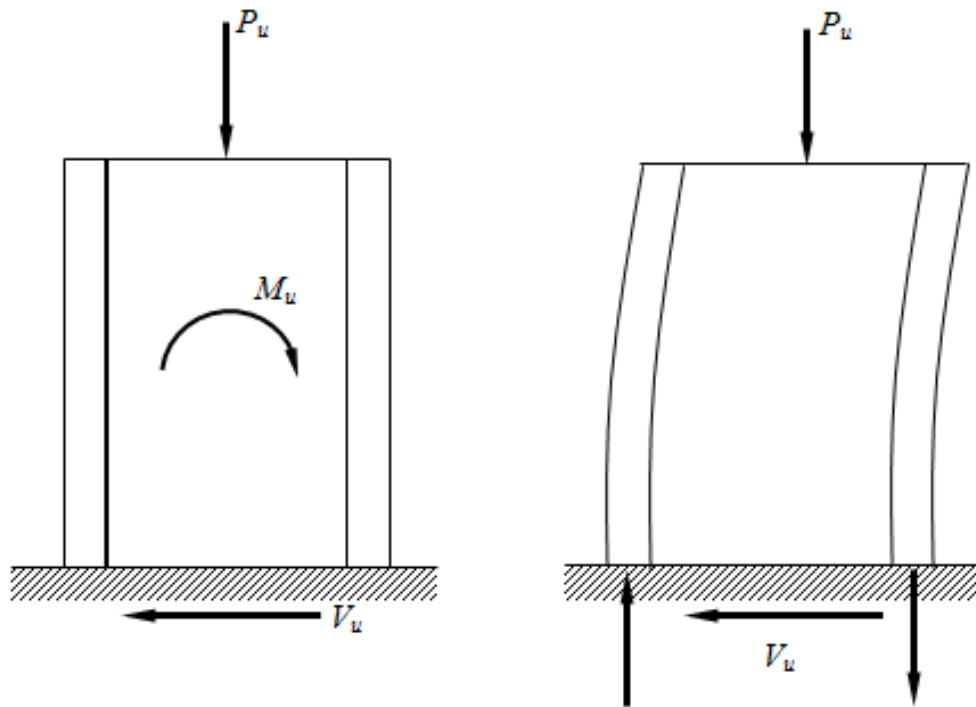
Beberapa persyaratan lain terkait perencanaan geser dinding struktural adalah :

- Apabila rasio dari $h_w/l_w < 2,0$ maka rasio penulangan vertikal, ρ_l , tidak boleh kurang daripada rasio penulangan horizontal, ρ_t .
- Kuat geser nominal sistem dinding struktural yang secara bersama-sama memikul beban lateral tidak boleh diambil melebihi $0,66A_{cv}\sqrt{f'_c}$, dengan A_{cv} adalah luas penampang total sistem dinding struktural, dan kuat geser nominal tiap dinding vertikal individual tidak boleh diambil melebihi $0,83A_{cw}\sqrt{f'_c}$, dengan A_{cw} adalah luas penampang dinding yang ditinjau
- Untuk segmen dinding horizontal, termasuk balok kopel, nilai V_n tidak boleh diambil lebih besar dari $0,83A_{cw}\sqrt{f'_c}$, dengan A_{cw} adalah luas penampang dinding horizontal atau balok kopel

Komponen Batas Pada Dinding Struktural Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9.6)

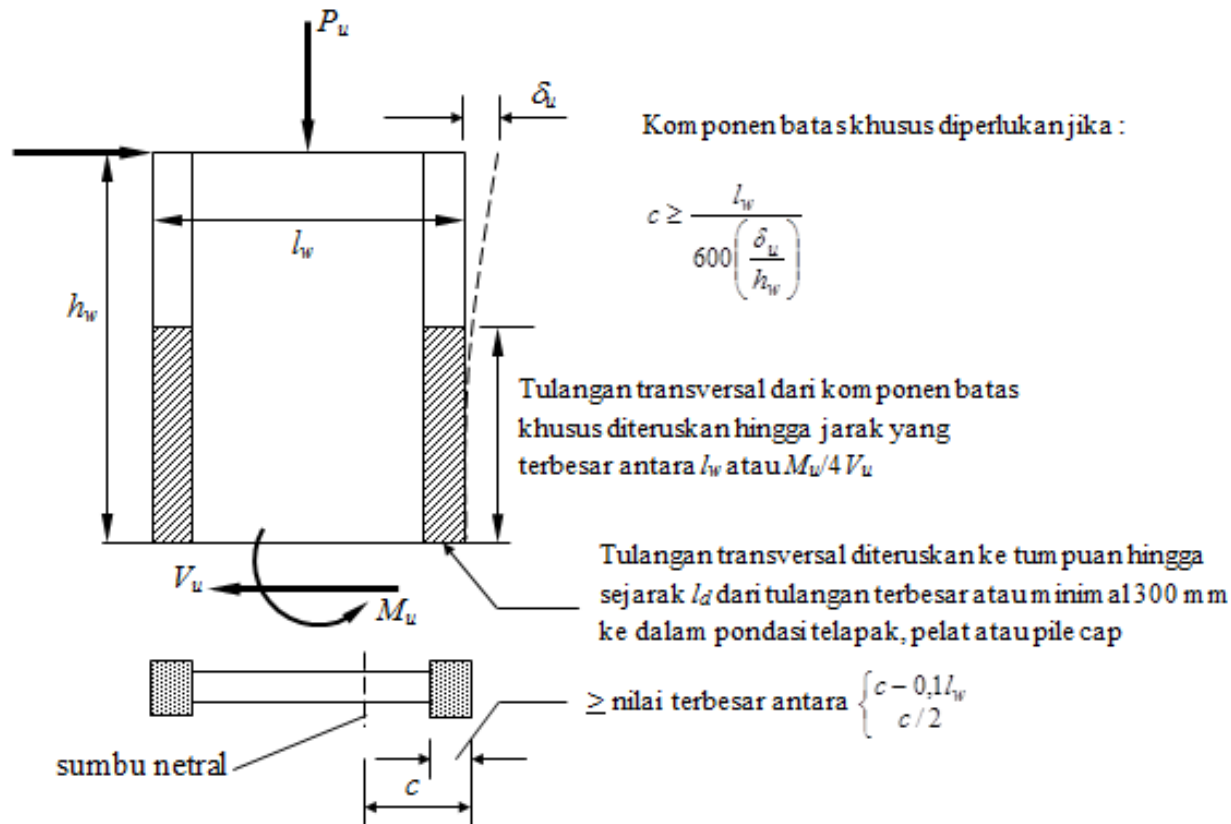
- Selama berlangsungnya kejadian gempa bumi, maka sebuah dinding struktural akan berperilaku seperti sebuah balok kantilever (Gambar 15.19).
- Bersamaan itu komponen batas yang dipasang di ujung-ujung suatu dinding struktural dapat menerima beban yang cukup besar.
- Sendi plastis dapat terbentuk pada dasar dinding, yang memerlukan pendetailan tulangan guna memberikan kekuatan dan daktilitas yang mencukupi dari dinding struktural tersebut.
- SNI 2847:2013 pasal 21.9.6 memberikan dua macam pendekatan desain untuk elemen komponen batas, yaitu :
 - Pendekatan desain berbasis perpindahan (displacement).
 - Pendekatan desain berbasis tegangan.

Komponen Batas Pada Dinding Struktural Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9.6)



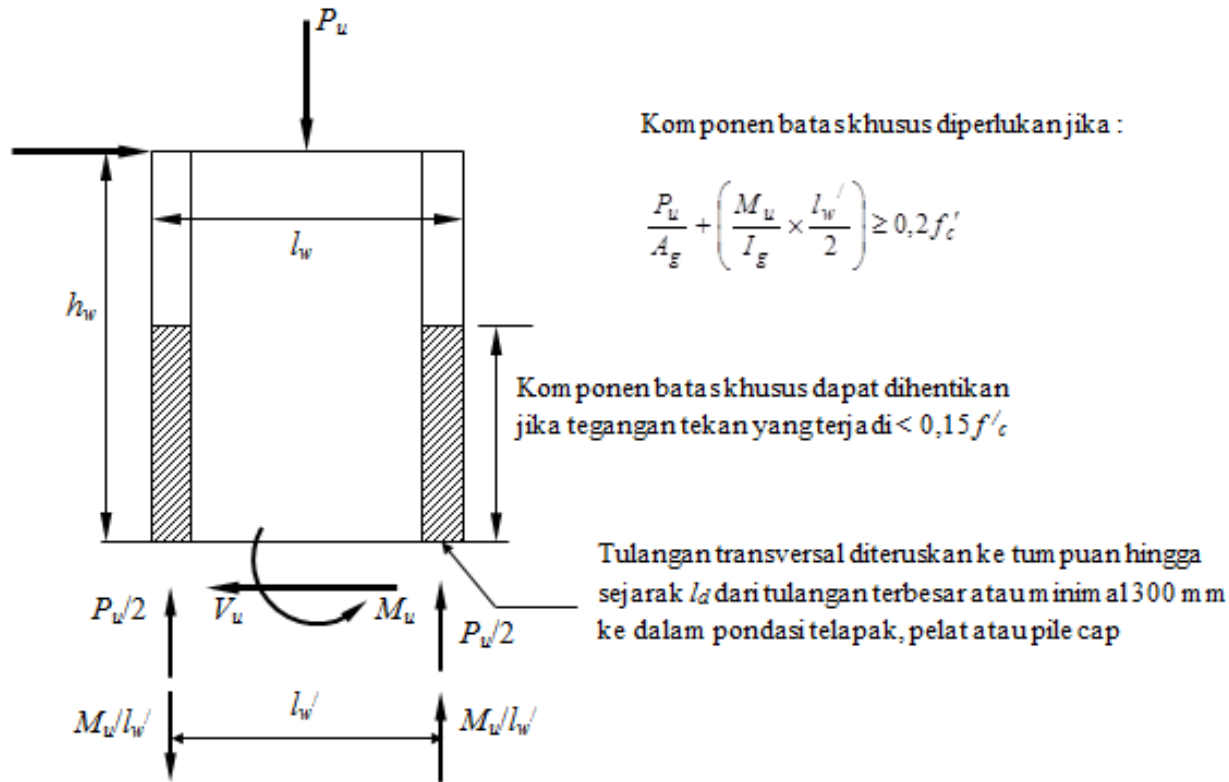
Gambar 15.19 Deformasi Pada Dinding Struktural Akibat Beban Gempa

Komponen Batas Pada Dinding Struktural Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9.6)



Gambar 15.20 Persyaratan Komponen Batas Untuk Pendekatan Berbasis Perpindahan

Komponen Batas Pada Dinding Struktural Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9.6)



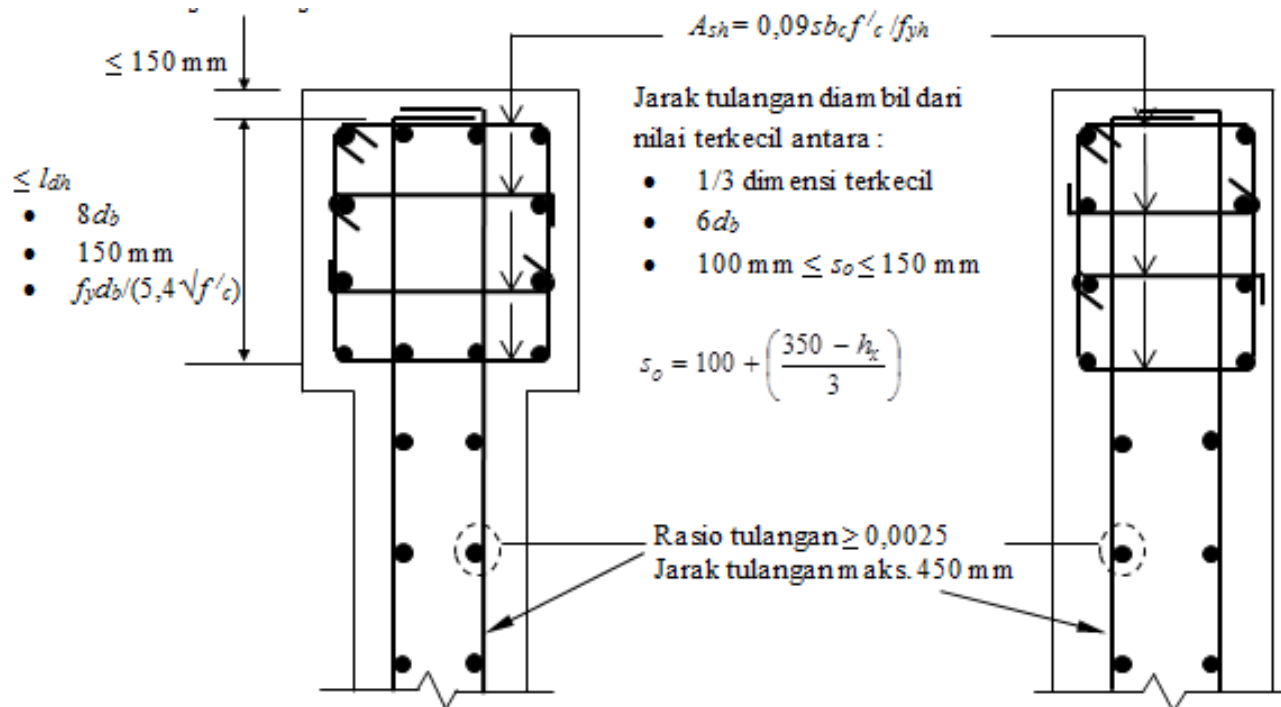
Gambar 15.21 Persyaratan Komponen Batas Untuk Pendekatan Berbasis Tegangan

Komponen Batas Pada Dinding Struktural Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9.6)

Apabila suatu dinding struktural memerlukan komponen batas, maka harus dipenuhi beberapa persyaratan berikut :

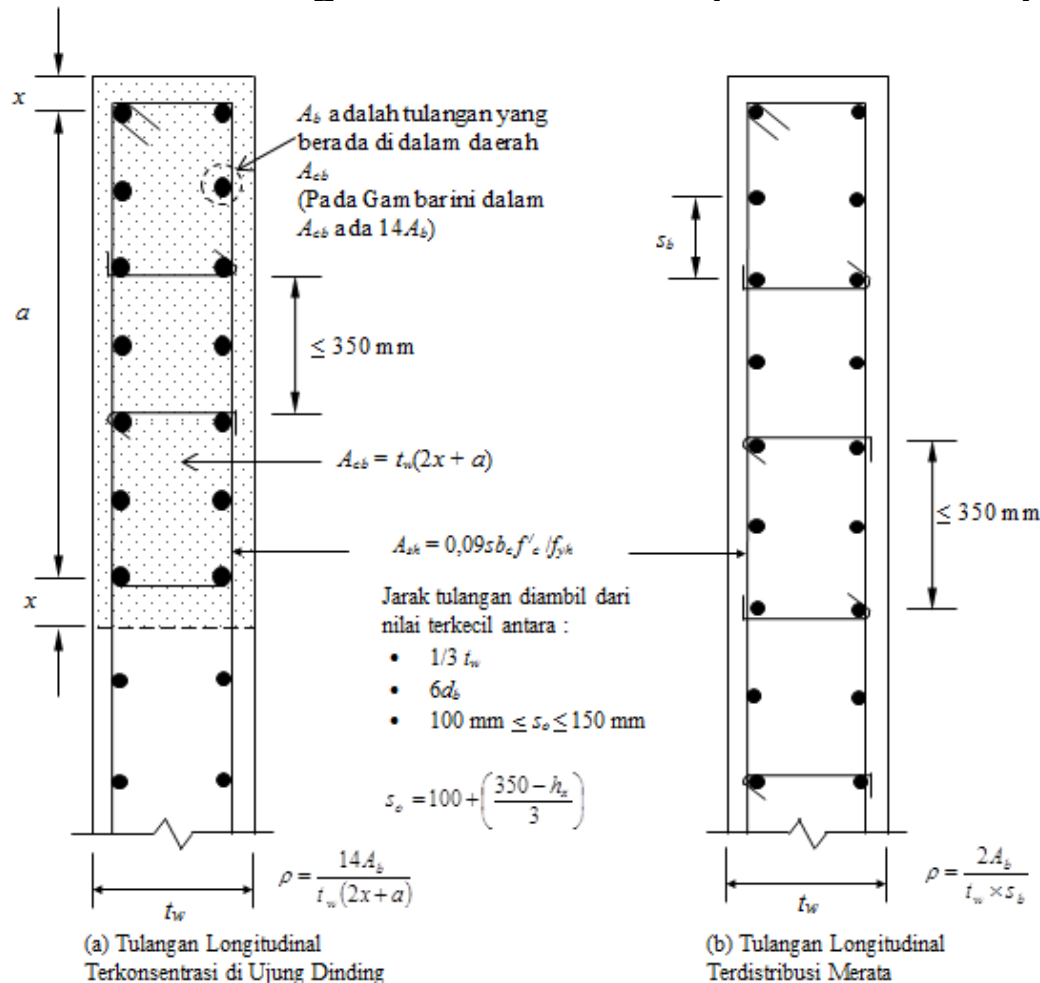
- Komponen batas harus menerus secara horizontal dari sisi serat tekan terluar hingga sejarak tidak kurang dari $(c - 0,1l_w)$ dan $c/2$
- Pada daerah penampang bersayap, komponen batas harus mencakup lebar efektif sayap pada sisi tekan dan harus menerus setidaknya 300 mm ke dalam badan dinding
- Tulangan transversal komponen batas khusus pada dasar dinding struktural harus dipasang menerus ke dalam pondasi setidaknya sejarak panjang penyaluran tulangan utama terbesar (l_d) pada komponen batas tersebut, kecuali bila komponen batas tersebut berhenti pada pondasi telapak, pelat atau *pile cap*, maka tulangan transversal diteruskan minimal 300 mm ke dalam pondasi telapak, pelat atau *pile cap* tersebut

Komponen Batas Pada Dinding Struktural Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9.6)



Gambar 15.22 Detail Penulangan Komponen Batas Khusus

Komponen Batas Pada Dinding Struktural Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9.6)



Gambar 15.23 Dinding Struktural Yang Tidak Memerlukan Komponen Batas

Balok Kopel Pada Dinding Struktural Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9.7)

- Balok kopel (*coupling beam*) adalah suatu elemen struktur yang secara kaku menghubungkan dua buah dinding struktural.
- Dalam perencanaan dinding struktural yang dilengkapi dengan balok kopel, maka saat terjadi beban gempa sendi plastis harus direncanakan terjadi terlebih dahulu pada balok kopel sebelum dasar dinding mengalami sendi plastis.
- Oleh karena itu balok kopel harus memiliki tingkat daktilitas yang cukup untuk mendisipasi energi melalui deformasi inelastis.



Balok Kopel Pada Dinding Struktural Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9.7)

Beberapa persyaratan desain untuk sebuah balok kopel adalah sebagai berikut :

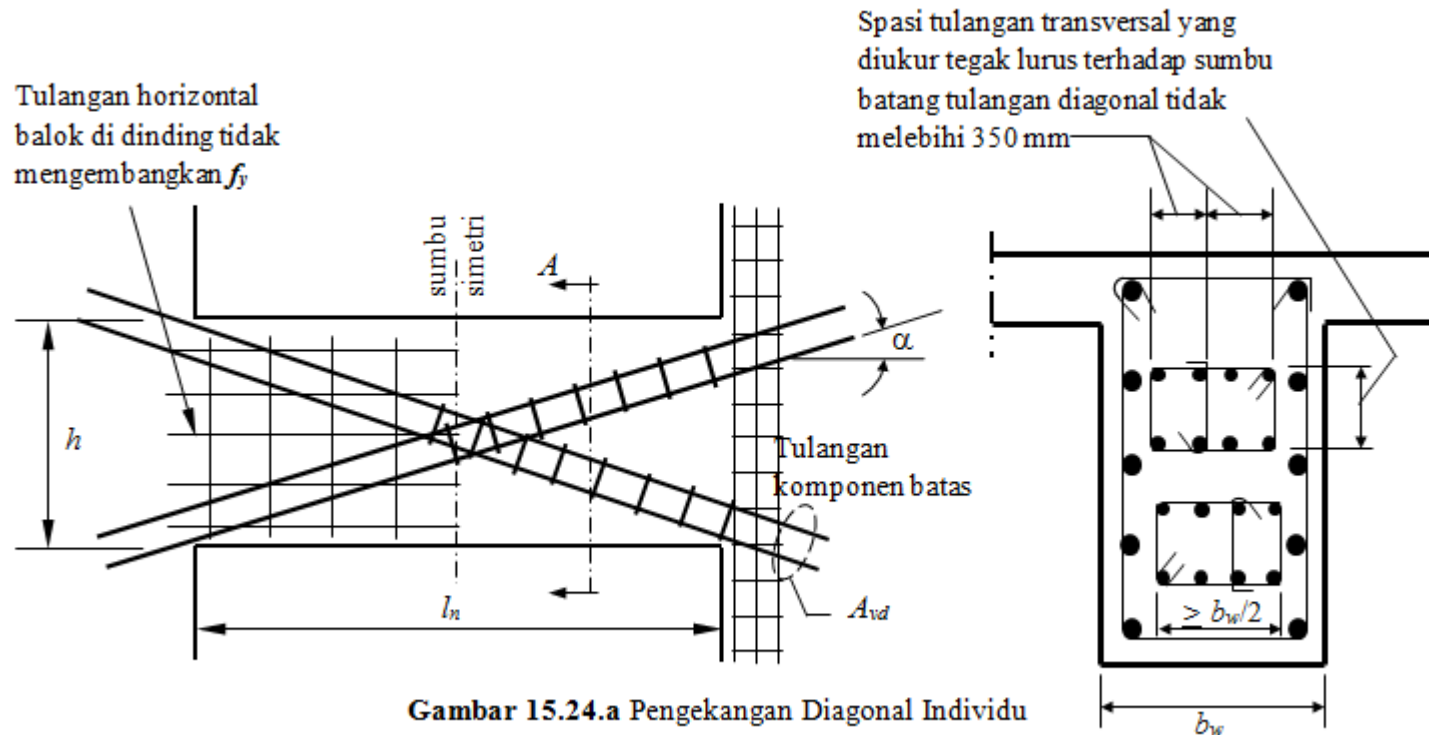
- Balok kopel dengan rasio $(l_n/h) \geq 4$, dengan l_n dan h adalah panjang dan tinggi balok kopel, maka balok kopel harus didesain seperti halnya komponen struktur lentur (balok) pada SRPMK (lihat sub bab 15.3.1)
- Balok kopel dengan rasio $(l_n/h) < 2$ dan $V_u > 0,33l_n \sqrt{f'_c} A_{cw}$, harus diberi tulangan dengan dua kelompok tulangan yang bersilangan disusun secara diagonal dan simetris terhadap titik tengah bentang balok kopel. A_{cw} adalah luas penampang balok kopel
- Untuk balok kopel dengan rasio l_n/h di antara 2 dan 4, diijinkan untuk didesain seperti halnya komponen struktur lentur (balok) khusus, atau dengan memberi dua kelompok tulangan yang saling bersilangan secara diagonal pada titik tengah balok kopel

Balok Kopel Pada Dinding Struktural Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9.7)

Beberapa persyaratan desain untuk sebuah balok kopel adalah sebagai berikut :

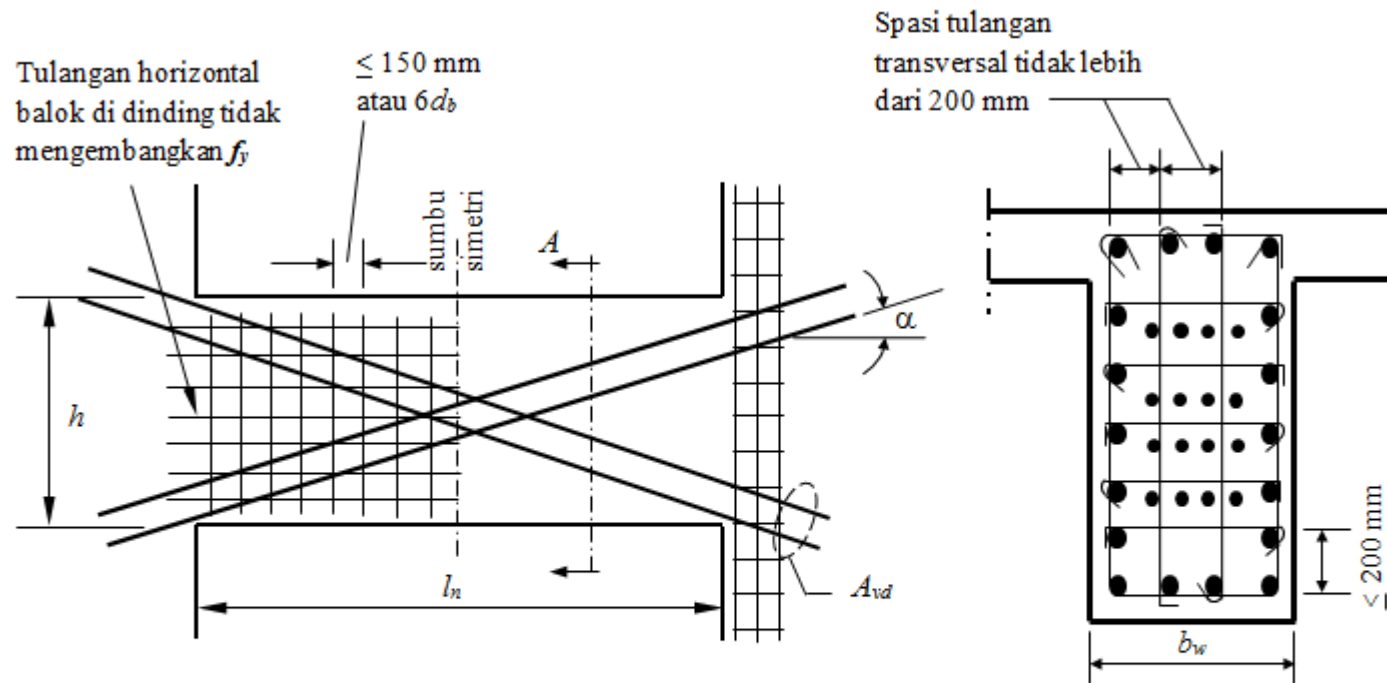
- Balok kopel dengan rasio $(l_n/h) \geq 4$, dengan l_n dan h adalah panjang dan tinggi balok kopel, maka balok kopel harus didesain seperti halnya komponen struktur lentur (balok) pada SRPMK (lihat sub bab 15.3.1)
- Balok kopel dengan rasio $(l_n/h) < 2$ dan $V_u > 0,33l_n \sqrt{f'_c} A_{cw}$, harus diberi tulangan dengan dua kelompok tulangan yang bersilangan disusun secara diagonal dan simetris terhadap titik tengah bentang balok kopel. A_{cw} adalah luas penampang balok kopel
- Untuk balok kopel dengan rasio l_n/h di antara 2 dan 4, diijinkan untuk didesain seperti halnya komponen struktur lentur (balok) khusus, atau dengan memberi dua kelompok tulangan yang saling bersilangan secara diagonal pada titik tengah balok kopel

Balok Kopel Pada Dinding Struktural Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9.7)



Gambar 15.24.a Pengekangan Diagonal Individu

Balok Kopel Pada Dinding Struktural Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9.7)

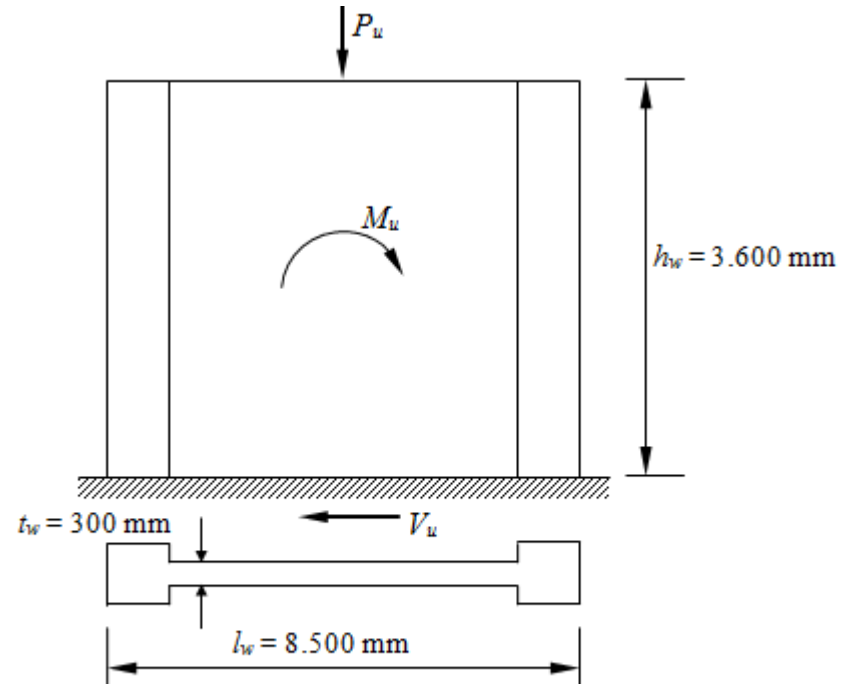


Catatan : pengikat silang berturutan yang memegang batang tulangan longitudinal yang sama mempunyai kait 90° pada sisi balok yang berlawanan

Gambar 15.24.b Pengekangan Penuh Penampang Balok Beton Bertulang Diagonal

Contoh 15.6

Desainlah sebuah dinding struktural khusus pada Gambar C.15.6.a, apabila pada dinding bekerja beban-beban $P_u = 18.000$ kN, $M_u = 60.000$ kNm dan $V_u = 4.000$ kN. Ukuran komponen batas 600×600 mm², tebal dinding, $t_w = 300$ mm, panjang dinding, $l_w = 8,50$ m, dan tinggi dinding, $h_w = 3,60$ m. Gunakan $f'_c = 30$ MPa dan $f_y = 400$ MPa.



Gambar C.15.6.a Dinding Struktural Pada Contoh 15.6