

# **BAHAN AJAR**

## **STRUKTUR BETON I**

Oleh:

**Faqih Ma'arif**

[Faqih\\_maarif07@uny.ac.id](mailto:Faqih_maarif07@uny.ac.id)

**085643395446**

**JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**



# STRUKTUR BETON I

Jadwal Kuliah : Rabu, Pkl: 11.00-12.40

Ruang RB 2; 2 SKS

**Dosen:**

**Slamet Widodo, S.T., M.T.**

**Faqih Ma`arif, S.Pd.T., M.Eng.**



# KOMPONEN PENILAIAN/EVALUASI

|  |                    |
|--|--------------------|
| <b>Kehadiran Perkuliahan Min. 75%</b>                        | <b>: Bobot(5%)</b> |
| <b>Tugas Parsial (<b>Presentasi</b>, Review Journal, KP)</b> | <b>: Bobot 15%</b> |
| <b>Tugas Utama (Desain)</b>                                  | <b>: Bobot 15%</b> |
| <b>UTS</b>   | <b>: Bobot 20%</b> |
| <b>UAS +UJIAN LISAN</b>                                      | <b>: Bobot 45%</b> |

**Oleh:**

**Faqih Ma`arif, S.Pd.T., M.Eng**

# STRUKTUR BETON I



Rabu, 16 Februari 2011

STRUNET, ***Reinforced Concrete Structures Online Resources***,  
available online at <http://www.strunet.com/>

***Standar SNI 03-2847-2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang untuk Gedung***, BSN : Jakarta.

Vis, W.C., dan Kusuma, G.H., (1995), ***Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang (Mengacu SK SNI T-15-1991-03), seri Beton 4***, Jakarta : Erlangga.

Wang, C.K., dan Salmon, C.G., (1992), ***Reinforced Concrete Design***, New York : HarperCollins.



# MATERIAL PENYUSUN BETON

Rabu, 21 September 2011

**A. PENYUSUN BETON**

**B. KETENTUAN RANCANG CAMPUR MENURUT  
SNI 03-2847-2002**

**C. KARAKTERISTIK BETON**

**D. TULANGAN**



# PENYUSUN BETON

Rabu, 21 September 2011

## 1. SEMEN

**SEMEN PORTLAND: SEMEN HIDRAULIS YG DIHASILKAN DG CARA MENGHALUSKAN KLINKER YG TERUTAMA TERDIRI DARI SILIKAT<sup>2</sup> KALSIUM YG BERSIFAT HIDRAULIS, DG GIPS SEBAGAI BAHAN TAMBAH.**

**JENIS I : UNTUK PENGGUNAAN UMUM, TANPA SYARAT KHUSUS**

**JENIS II : MEMERLUKAN KETAHANAN SULFAT & PNS HIDRASI SEDANG**

**JENIS III : KEKUATAN AWAL TINGGI SETELAH PENGIKATAN TERJADI**

**JENIS IV : DALAM PENGGUNAANNYA MENUNTUT PANAS HIDRASI RENDAH**

**JENIS V : KETAHANAN SULFAT YANG SANGAT BAIK**



# PERSYARATAN AIR

Rabu, 21 September 2011

## 2. AIR

**SEMEN PORTLAND: SEMEN HIDRAULIS YG DIHASILKAN DG CARA MENGHALUSKAN KLINKER YG TERUTAMA TERDIRI DARI SILIKAT<sup>2</sup> KALSIUM YG BERSIFAT HIDRAULIS, DG GIPS SEBAGAI BAHAN TAMBAH.**



## 4. BAHAN TAMBAH

- a. **Chemical Admixtures** : Bersifat Kimiawi, waktu pengikatan lebih cepat/lambat
- b. **Pozolan** : Berasal dari alam yang terdiri dari unsur2 silikat dan aluminat yang reaktif
- c. **Serat (fibre)** : merupakan bahan tambah asbestos, gelas/kaca, plastik, baja, atau serat tumbuhan (rami, ijuk). Meningkatkan daya tahan terhadap retak, impact (kejut), meningkatkan kuat tarik, daktilitas, sehingga dapat menjaga keawetan beton. Contoh pada perkerasan jalan/lapangan udara.



## DEVIASI STANDAR

1. Mewakili Jenis material, prosedur pengendalian mutu serupa dengan yg diharapkan
2. Mewakili Beton yg diperlukan untuk memenuhi kekuatan yang disyaratkan atau kuat tekan  $f_c'$  pada kisaran 7 MPa dr yg ditentukan
3. Terdiri sekurangnya 30 contoh benda Uji



## Kuat tekan rata-rata Perlu

$$f'_{cr} = f'c + 1,34 s$$

Atau

$$f'_{cr} = f'c + 2,33s - 3,5$$

# KARAKTERISTIK BETON

Rabu, 21 September 2011

## Kuat tekan Beton

$$f'_c = (0,76 + 0,2^{10} \log(f_{ck}/15)) \cdot f_{ck}$$

$f'_c$  = kuat tekan silinder beton (MPa)

$f_{ck}$  = Kuat tekan kubus MPa



# KUAT TARIK BETON

Rabu, 21 September 2011

**Berkisar 10% dari kuat tekannya**

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{2.P}{\pi.l.d} \text{ MPa}$$

**P = beban maksimum (kN)**

**L = panjang benda uji (mm)**

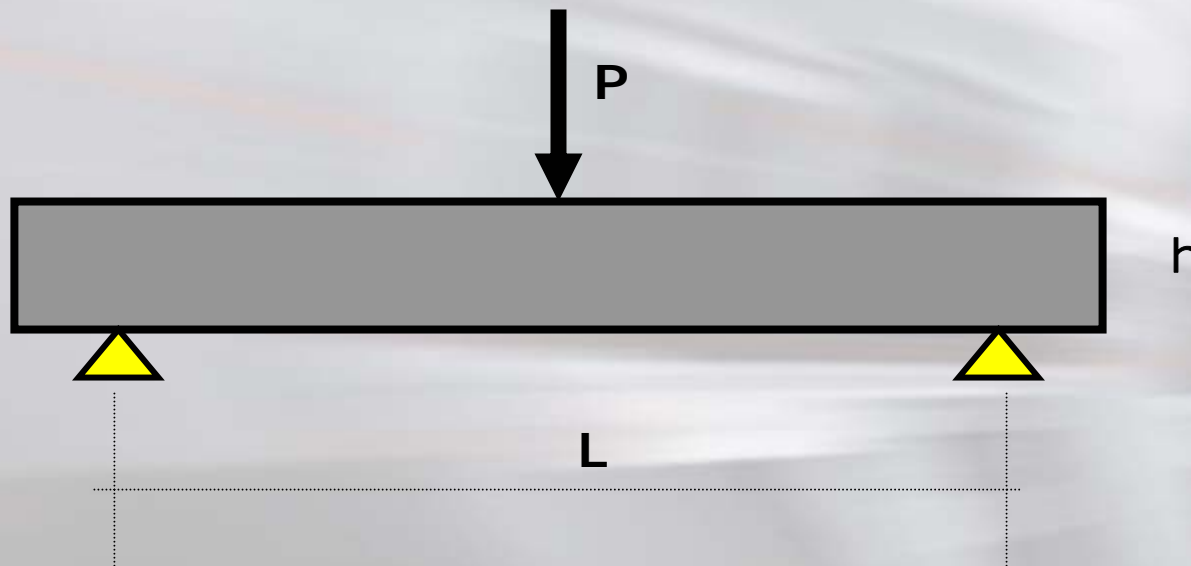
**d = diameter benda uji (mm)**



# PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

Rabu, 21 September 2011

**Metode Pembebanan Titik (*three point bending*) dari Balok ukuran 150x150x750, besaran tegangan tarik:**



# MODULUS ELASTISITAS BETON

Rabu, 21 September 2011

**Diagram hubungan tegangan regangan berbentuk**

**Kurva linier. (sekitar  $0,4 f'_c$ ).**

**Untuk beton normal,  $E_c$  diambil :**

$$E = 4700\sqrt{f'_c}$$



# PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

Rabu, 21 September 2011

$$R = \frac{3.P.L}{2.b.h^2} \text{ MPa}$$

**R = Modulus Rupture**

**P = Beban Maksimum (kN)**

**b = Lebar penampang benda uji (mm)**

**h = tinggi penampang benda uji (mm)**



## KUAT GESER BETON

Merupakan sifat mekanik yang sulit ditentukan secara eksperimental. 20%-85% = kuat tekan.

Pada pengujian eksperimental, untuk gaya  $0,3 P_o$  pada kolom, benda uji sudah mengalami retak, berupa lentur (tergantung pada jenis pengujian)



# KARAKTERISTIK BETON

Rabu, 21 September 2011

## SUSUT BETON

Regangan yang bergantung pada waktu akibat hilangnya kelembaban pada kondisi besaran temperatur yang tetap, tidak ada beban luar yang bekerja pada struktur tersebut, dan terjadi setelah proses pengerasan beton.

Dipengaruhi oleh f.a.s. \_\_\_\_\_ > susut semakin besar

Penambahan superplastisizer (mengktkan susut)



## RANGKAK

**Bertambahnya regangan seiring dengan berjalannya waktu akibat beban secara terus menerus. Deformasi awal disebut regangan elastis, sedangkan regangan tambahan yang muncul tanpa adanya penambahan besaran besaran beban disebut rangkak.**



# KARAKTERISTIK BETON

Rabu, 21 September 2011



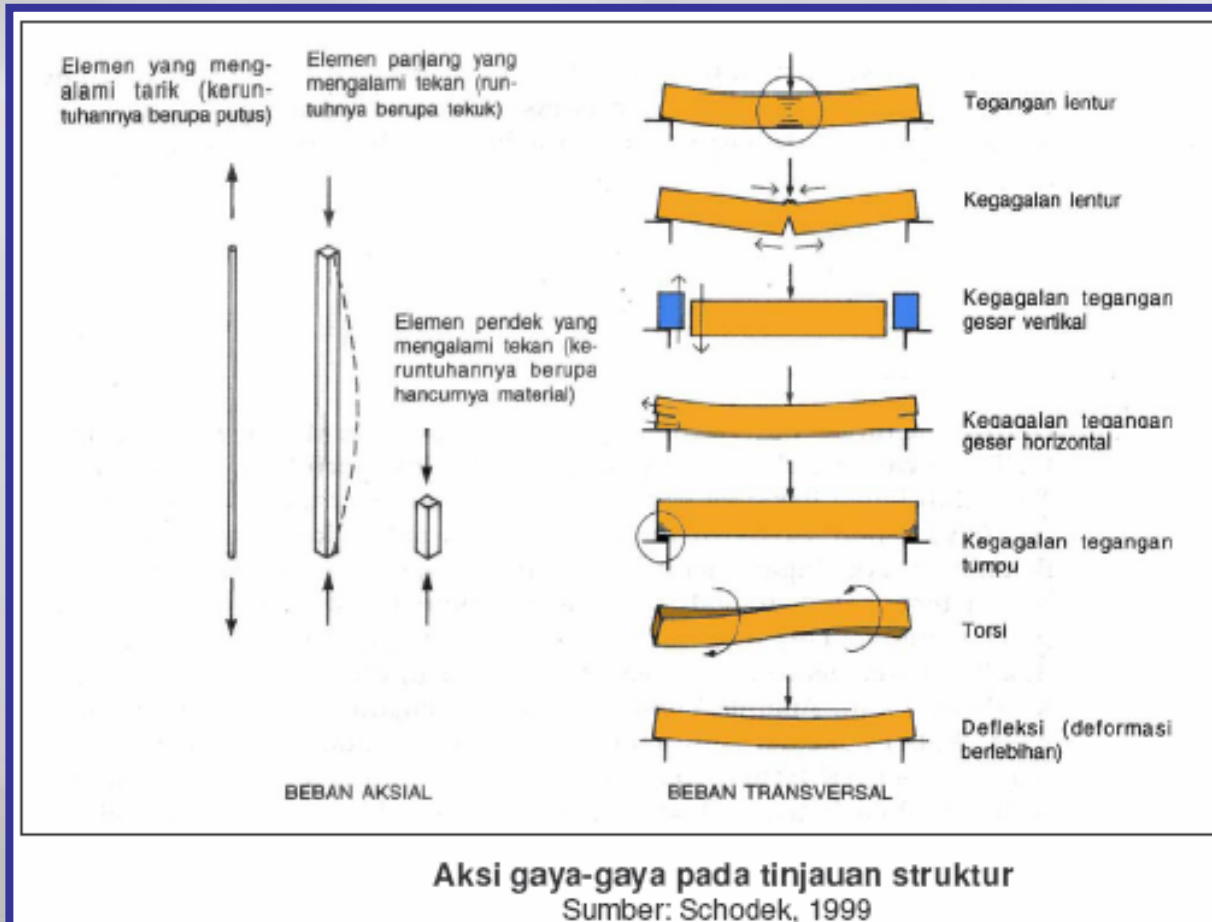
# INSTRUMENTASI

Rabu, 21 September 2011



# MEKANIKA TEKNIK 01

Rabu, 21 September 2011



# PROSES MIX DESIGN & DISTRIBUSI BETON

Rabu, 21 September 2011



# PROSES PEMBUATAN SAMPEL UJI TEKAN SILINDER

Rabu, 21 September 2011



# STRUKTUR BETON 01

Rabu, 21 September 2011







# PROSES UJI TEKAN BETON

Rabu, 21 September 2011



# TULANGAN

Rabu, 21 September 2011



# STRAIN GAUGE

Rabu, 21 September 2011



# HASIL UJI TULANGAN

Rabu, 21 September 2011



## 1. METODE TEGANGAN KERJA (TEORI ELASTIK)

Potongan penampang pada elemen struktur direncanakan dengan asumsi adanya hubungan tegangan-regangan secara linear (berbentuk garis lurus), untuk memastikan bahwa pada saat beban bekerja maka tegangan yang terjadi pada baja tulangan dan beton tidak melampaui tegangan-tegangan ijin yang diperkenankan. Besarnya tegangan ijin ditentukan berdasarkan kekuatan tekan *ultimate* beton dan kuat leleh baja dengan suatu nilai proporsi yang telah ditentukan. Misalnya, pada material beton yang menerima tegangan tekan akibat bekerjanya momen lentur diberikan batasan tegangan ijin sebesar 45% dari kuat tekan silinder beton yang dihasilkan.

## 2. METODE KEKUATAN BATAS (ULTIMATE STRENGTH DESIGN)

Penampang melintang pada elemen struktur direncanakan dengan memperhitungkan perilaku regangan inelastik sampai dicapai batas maksimum kekuatan material (kekuatan beton diperhitungkan sampai batas kuat tekan *ultimate*, dan baja tulangan diperhitungkan sampai dicapai tegangan leleh). Alasan-alasan yang menjadi dasar berkembangnya metode kekuatan batas antara lain:

- a. Penampang beton bertulang memiliki perilaku inelastik pada intensitas beban yang besar, sehingga teori elastik tidak dapat memperkirakan batas kemampuan sesungguhnya yang dimiliki oleh elemen tersebut.

# KONSEP DAN METODE PERENCANAAN

Rabu, 05 Oktober 2011

- b. Metode kekuatan batas memungkinkan pemilihan faktor beban secara lebih rasional. Pada jenis beban yang besarnya dapat diketahui secara pasti diberikan nilai faktor beban yang lebih kecil seperti halnya beban mati, sedangkan pada jenis beban yang besarnya tidak dapat ditentukan secara pasti diberikan nilai faktor beban yang lebih besar misalnya beban hidup.
- c. Diagram tegangan-regangan beton bersifat nonlinear dan bergantung waktu. Seperti halnya regangan akibat rangkai yang muncul sebagai akibat bekerjanya beban secara terus menerus, regangan rangkai dapat bernilai beberapa kali lebih besar daripada regangan elastik awal. Dengan





# KONSEP DAN METODE PERENCANAAN

Rabu, 05 Oktober 2011

demikian, nilai rasio modula: (rasio antara modulus elastisitas baja terhadap beton) yang dipergunakan pada metode tegangan keja hanya merupakan suatu taksiran kasar. Regangan rangkak dapat mengakibatkan redistribusi tegangan pada penampang beton secara signifikan, yang berarti tegangan aktual yang terjadi pada masa layan sudah tidak sesuai lagi dengan tegangan yang dihitng pada saat perencanaan.



# KONSEP DAN METODE PERENCANAAN

Rabu, 05 Oktober 2011

- d. Perencanaan dengan metode kekuatan batas telah memperhitungkan kekuatan cadangan yang muncul pada saat dicapai fase inelastik.
- e. Metode kekuatan batas dapat meningkatkan efisiensi penggunaan tulangan berkekuatan tinggi, dan memperkecil dimensi balok tanpa membutuhkan tulangan tekan.
- f. Metode kekuatan batas memungkinkan para perencana untuk memperhitungkan daktilitas struktur pada fase pasca elastik yang sangat bermanfaat dalam perencanaan struktur tahan gempa.



# STRUKTUR BETON I

Jum'at, 09 September 2011

## 3. METODE KEKUATAN DAN KEMAMPUAN LAYAN (STRENGTH & SERVICEABILITY)

Setelah kedua metode perencanaan diatas dikembangkan dan diterapkan di lapangan, muncul kesadaran bahwa perencanaan beton bertulang yang ideal perlu menggabungkan berbagai asumsi rasional yang dikembangkan dalam metode tegangan kerja maupun kekuatan batas. Hal ini sangat diperlukan mengingat jika suatu penampang murni direncanakan dengan metode kekuatan batas, maka ditinjau dari faktor beban struktur tersebut tergolong aman, tetapi pada saat layan sangat dimungkinkan munculnya defleksi dan retak-retak yang dapat membahayakan struktur. Untuk memperoleh hasil perencanaan yang memuaskan, lebar retak dan defleksi haruslah dikontrol untuk memastikan masih dalam rentang aman yang rasional. Prosedur inilah yang terkait erat dengan penggunaan teori elastik.



## 3. METODE KEKUATAN DAN KEMAMPUAN LAYAN (STRENGTH & SERVICEABILITY)

*European Concrete Committee* mulai memperkenalkan konsep perencanaan keadaan batas (*limit state design*) pada tahun 1964, metode ini mempersyaratkan bahwa perencanaan struktur harus mengacu pada beberap kondisi batas. Batasan-batasan utama yang harus diperhatikan antara lain: kekuatan pada saat bekerjanya beban *ultimate*, defleksi pada saat layan, dan retak yang terjadi saat bekerjanya beban

# STRUKTUR BETON I

Jum'at, 09 September 2011

## SELANG KEAMANAN DITINJAU DARI ASPEK KEKUATAN

### 1. FAKTOR BEBAN

Faktor beban dipergunakan untuk memastikan tingkat keamanan yang mencukupi jika muncul peningkatan beban layan dari nilai beban yang diperhitungkan dalam perencanaan. Faktor beban juga dimaksudkan untuk menghindari besarnya defleksi secara berlebihan. Besarnya faktor beban bervariasi sesuai dengan jenis beban yang bekerja, semakin tinggi tingkat kepastian hitungan nilai beban yang bekerja maka akan semakin kecil faktor beban yang diberikan, misalnya beban mati memiliki tingkat kepastian yang lebih tinggi dari beban hidup dengan demikian nilai faktor beban mati akan lebih kecil dari faktor beban hidup. Berdasarkan beban-beban tersebut di atas maka struktur beton harus memenuhi kuat perlu ( $U$ ) mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini:



# STRUKTUR BETON I

Jum'at, 09 September 2011

$$1,4D \quad (2-1)$$

$$1,2D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R) \quad (2-2)$$

$$1,2D + 1,3 W + \gamma_L L + 0,5 (A \text{ atau } R) \quad (2-3)$$

$$0,9D \pm 1,3W \quad (2-4)$$

$$1,2D \pm 1,1E + \gamma_L L \quad (2-5)$$

$$0,9D \pm 1,1E \quad (2-6)$$



# STRUKTUR BETON I

Jum'at, 09 September 2011

## 2. FAKTOR REDUKSI KEKUATAN

Faktor reduksi kekuatan  $\phi$  dimasukkan untuk mengantisipasi adanya penyimpangan pada asumsi-asumsi perhitungan, kemungkinan kurangnya homogenitas kekuatan material, proses pengerjaan dan dimensi. Masing-masing faktor diatas bisa saja masih dalam toleransi yang diperkenankan, namun secara akumulatif dapat menyebabkan berkurangnya kapasitas tampang.

**Kekuatan nominal ( $M_n$ )** atau kekuatan ideal adalah kapasitas kekuatan elemen struktur yang dihitung dalam proses perencanaan, dimana diasumsikan semua persamaan yang digunakan telah terbukti benar dalam kerangka keilmuan, semua material yang digunakan memenuhi mutu yang dipersyaratkan, dan ukuran terpasang tepat sesuai gambar rencana.



# STRUKTUR BETON I

Jum'at, 09 September 2011

Kekuatan rencana ( $M_R$ ) merupakan kekuatan struktur yang boleh diperhitungkan dalam perencanaan untuk menahan beban yang bekerja. Kuat rencana dihitung dengan mengalikan kekuatan nominal dengan faktor reduksi kekuatan  $\phi$ , sebagai antisipasi kemungkinan adanya simpangan antara kenyataan terpasang dengan asumsi dalam perencanaan. Kekuatan rencana minimal yang disebut juga sebagai kekuatan nominal perlu dapat dihitung dengan membagi kuat perlu dengan faktor reduksi kekuatan  $\phi$ . SNI 03-2847-2002 menetapkan besarnya faktor reduksi kekuatan  $\phi$  ditentukan oleh jenis beban yang ditanggung oleh elemen struktur yang bersangkutan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2-1.





# STRUKTUR BETON I

Jum'at, 09 September 2011

## KEMAMPUAN LAYAN

Besarnya lendutan/defleksi

Daktilitas: Tingkat daktilitas berpengaruh

Rasio tulangan,  $P$ . penyaluran, sengkang pada tekan aksial

## POLA KERUNTUHAN

Overreinforced (Baja Tul. Tarik lebih dari yg diperlukan)

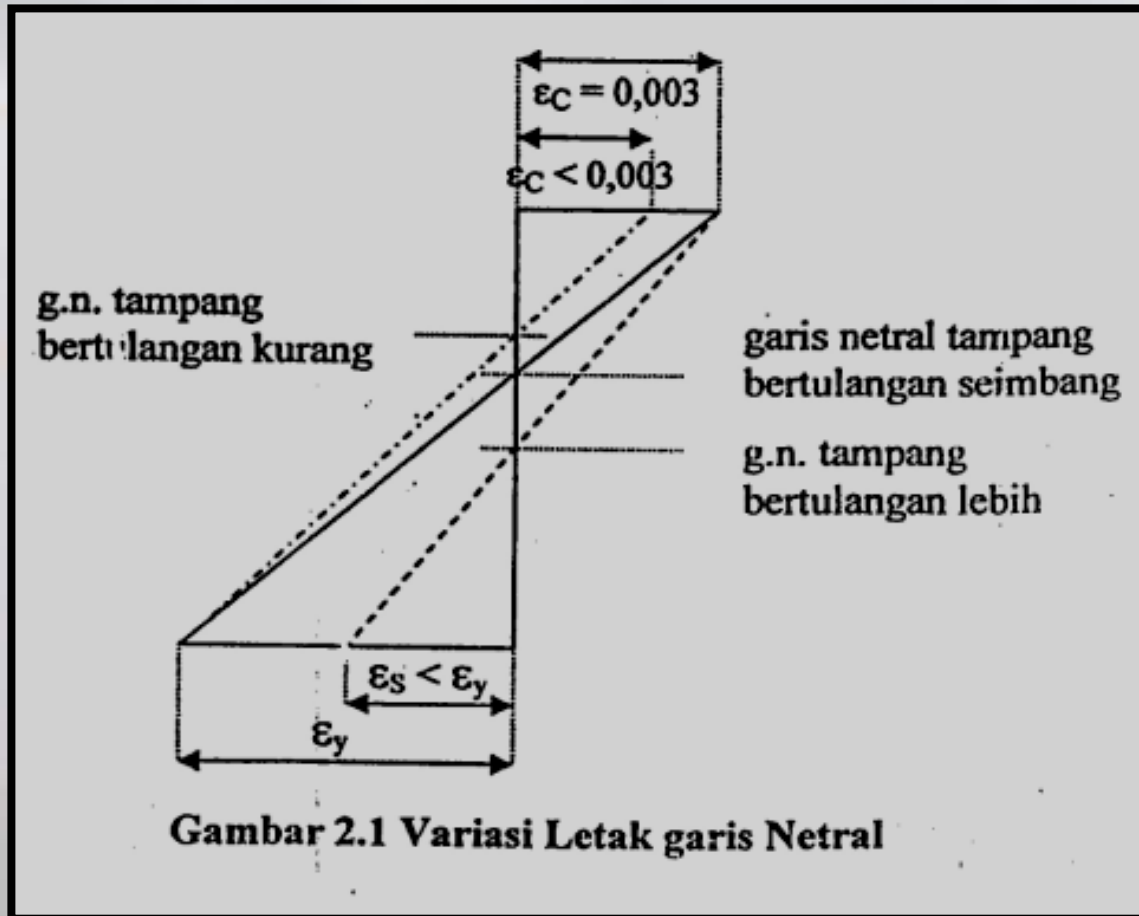
Balance

Underreinforced (baja tul. Tarik kurang dr yg diperlukan)



# MEKANIKA TEKNIK 01

Jum'at, 09 September 2011



# STRUKTUR BETON I

Jum'at, 09 September 2011

## SISTEM STRUKTUR BETON BERTULANG

**Pelat : Mrp. Elemen Struktur Bidang arah horisontal**

**Balok : sistem struktur portal yg dianggap sbg elemen garis**

**Kolom : struktur portal arah vertikal**

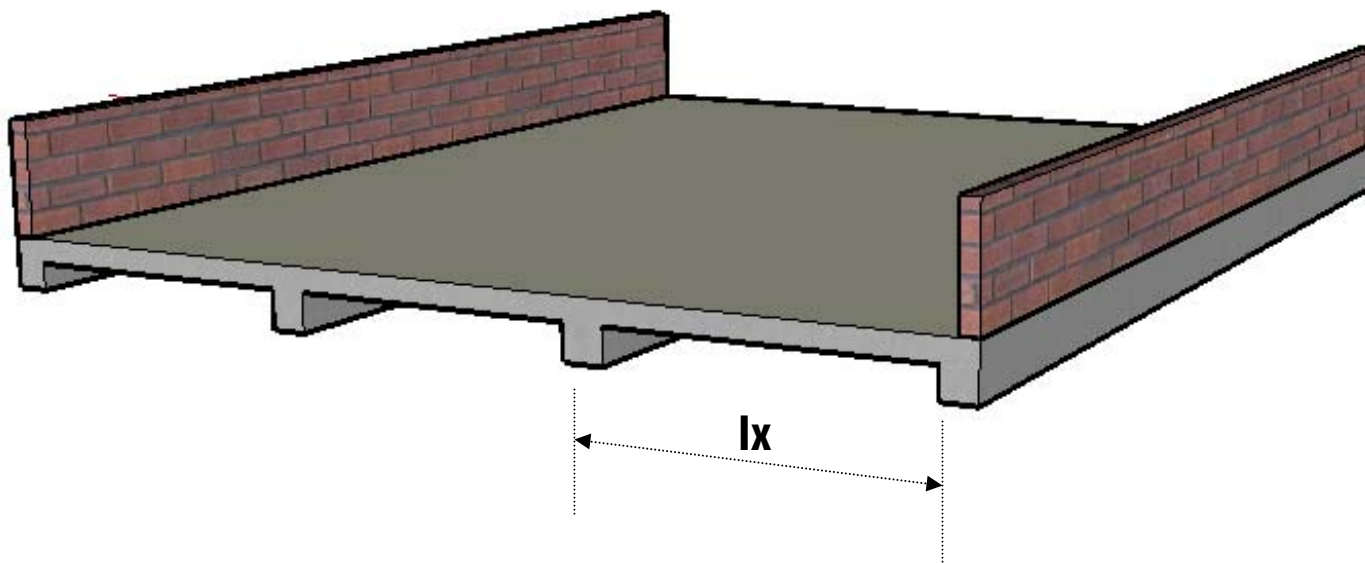
**Dinding : Komponen Gedung arah vertikal**

**Fondasi : Meneruskan beban dari atas, ke tanah keras yg ada di bawahnya.**



# PERANCANGAN PELAT LENTUR

Rabu, 18 Oktober 2011



$I_{n-x}, I_y, f'_{c'}, f_y, b_w$

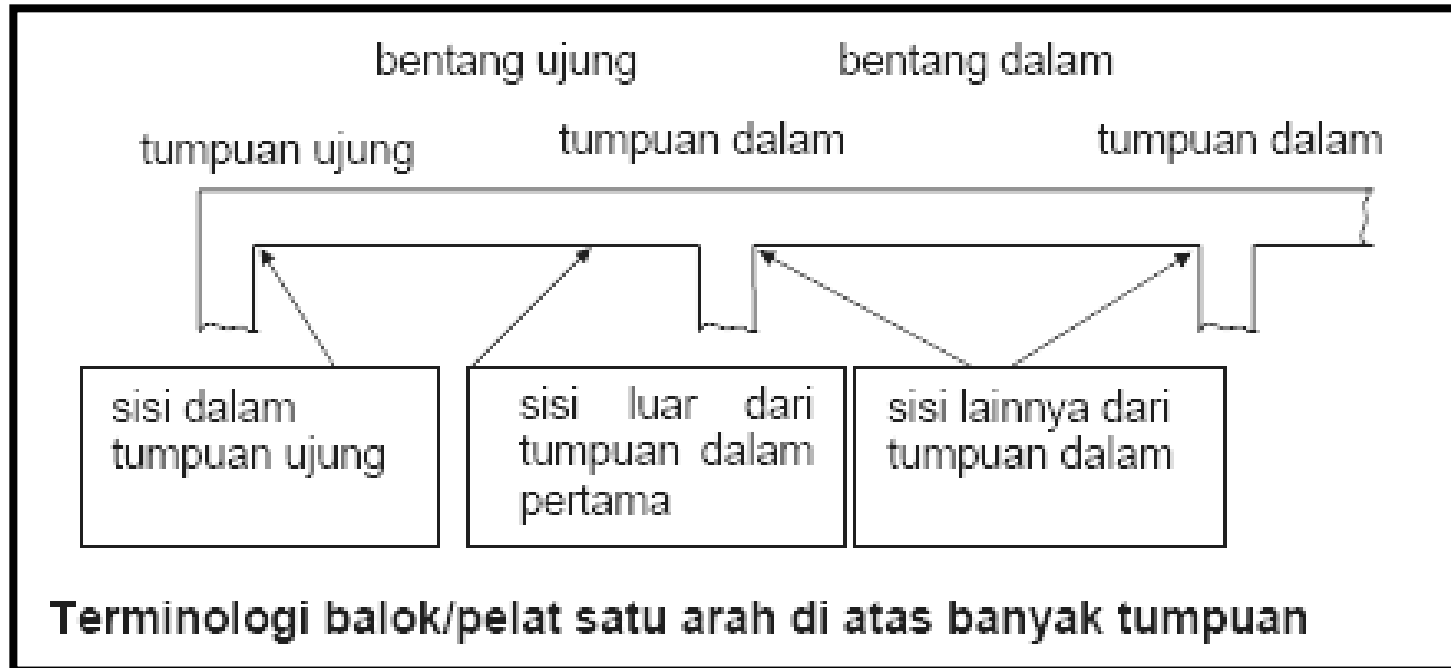
Fgs bgn, dan Kond.  
tumpuan

**GAMBAR 3D PELAT LANTAI SATU ARAH**



# PERANCANGAN PELAT LENTUR

Rabu, 18 Oktober 2011



Sumber: SNI Ps. 10.3



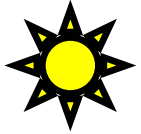
# PERANCANGAN PELAT LENTUR

Rabu, 18 Oktober 2011



Menghitung bentang teoritis arah x (**pusat ke pusat**)

$$l_x = l_n + 2x \frac{b_w}{2}$$



Memeriksa Jenis Pelat menurut rasio bentang terpanjang & terpendek

$$\frac{l_y}{l_x}$$

# PERANCANGAN PELAT LENTUR

Rabu, 18 Oktober 2011

 Menghitung Ketebalan Pelat (**Tabel 3-1**) = h

 Menghitung Beban Iayan

## **BEBAN MATI:**

Penutup lantai (tegel)

Spesi

Pasir Urug

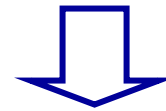
Berat Sendiri Pelat

Plafon & Penggantung



## **BEBAN HIDUP:**

Pedoman Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung (SNI 1727-1989F).



$$W_u = 1,2W_{DL} + 1,6 W_{LL}$$



# PERANCANGAN PELAT LENTUR

Rabu, 18 Oktober 2011

 Menghitung Nilai **Momen yang menentukan** Berdasarkan Kondisi Tumpuan

 Menghitung Penulangan Lentur

Tinggi efektif balok ( $d$ ) =  $h - s - (\emptyset/2)$

$h$  = Tebal Pelat

$s$  = Selimut Beton

$\emptyset$  = diameter tulangan pokok







## Daerah Tumpuan dan Lapangan

$M_u$  = sudah diperhitungkan di awal

$$M_R = M_{n \text{ perlu}} = \frac{M_u}{\phi}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) ; f'_c = 25 \text{ MPa} < 30 \text{ MPa}, \text{ maka } \beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c}$$

$$R_n = \frac{M_{n \text{ perlu}}}{b \cdot d^2}$$

# PERANCANGAN PELAT LENTUR

Rabu, 18 Oktober 2011

☀ Menentukan Jumlah Tulangan;

$$n = \frac{A_s}{A1\phi10}$$

☀ Mencari Jarak Tulangan;

$$s = \frac{1000}{n}$$

☀ Menentukan Jumlah Tulangan Pembagi;

Menentukan Jumlah Tulangan Pembagi **Arah - y**

$$A_s = 0,0018. b. h$$

**Catatan:**

**As Terpasang > dari As yang diperlukan**

Dengan Cara yang sama, dapat digunakan untuk menghitung Penulangan lapangan.



# PERANCANGAN PELAT LENTUR

Rabu, 18 Oktober 2011

|   |                       |
|---|-----------------------|
| a) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300   | 0,002 0               |
| b) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400                         | 0,001 8               |
| c) Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35% | $(0,001 8) 400 / f_y$ |

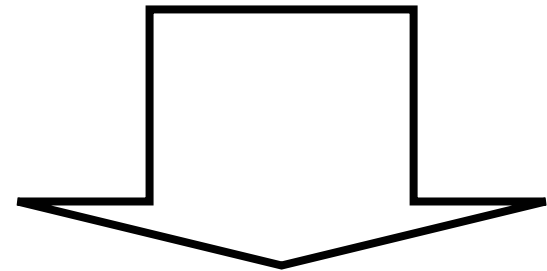
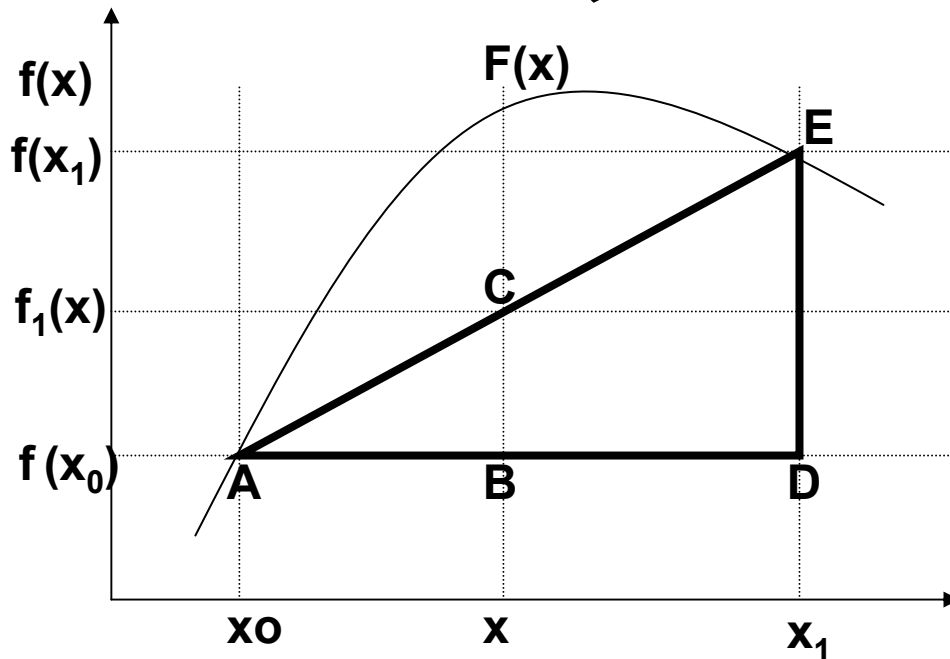


# FINISH



# REVIEW PERHITUNGAN PELAT 2 ARAH

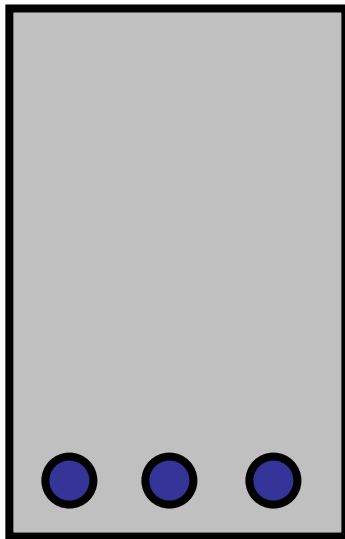
## INTERPOLASI LINIER (PADA PEMBACAAN **TABEL PELAT**)



$$f_1(x) = f(x_0) + \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} \cdot (x - x_0)$$

# LATIHAN SOAL BALOK BERTULANGAN TUNGGAL

**HITUNG KAPASITAS MOMEN RENCANA YANG DIJINKAN (MR)  
BEKERJA PADA BALOK BETON BERTULANGAN TUNGGAL DI  
BAWAH INI:**



$$b = 300\text{mm}$$

$$h = 600\text{mm}$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

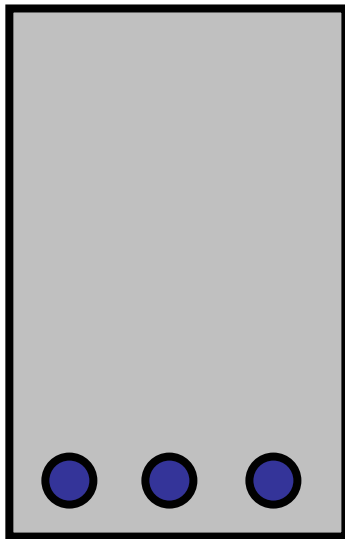
$$\text{tulangan} = 3\text{D}25$$

$$\text{SELIMUT} = 40\text{mm}$$

$$\text{SENGKANG} = 10\text{mm}$$

# LATIHAN SOAL BALOK BERTULANGAN TUNGGAL

**Jika  $b$  dan  $h$  dirubah, HITUNG KAPASITAS MOMEN RENCANA YANG DIJINKAN (MR) BEKERJA PADA BALOK BETON BERTULANGAN TUNGGAL DI BAWAH INI:**



$$b = 400\text{mm}$$

$$h = 800\text{mm}$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

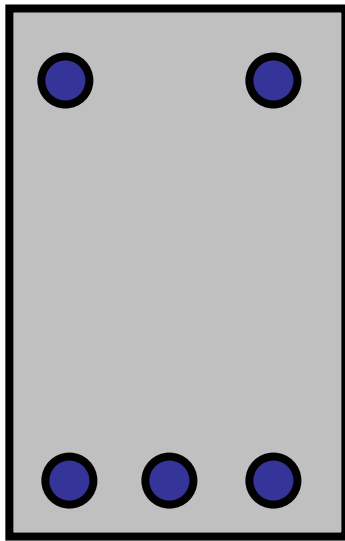
$$\text{tulangan} = 3\text{D}25$$

$$\text{SELIMUT} = 40\text{mm}$$

$$\text{SENGKANG} = 10\text{mm}$$

# LATIHAN SOAL BALOK BERTULANGAN RANGKAP

**HITUNG KAPASITAS MOMEN RENCANA YANG DIJINKAN (MR) BEKERJA PADA BALOK BETON BERTULANGAN RANGKAP DI BAWAH INI:**



$$b = 300\text{mm}$$

$$h = 600\text{mm}$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$AS' = 2D25$$

$$\text{tulangan TRK} = 6D25$$

$$\text{SELIMUT} = 40\text{mm}$$

$$\text{SENGKANG} = 10\text{mm}$$

$$\text{JRK TUL TARIK} = 30$$

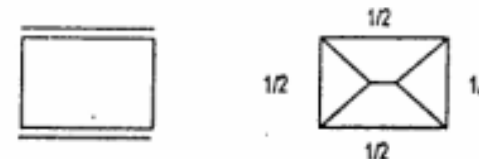
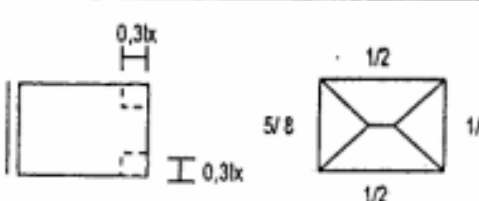
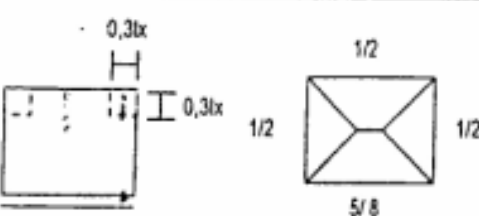
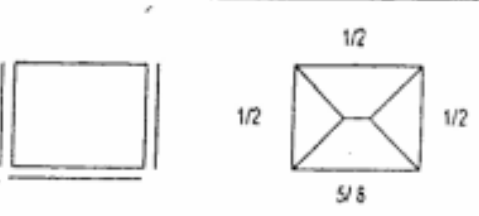
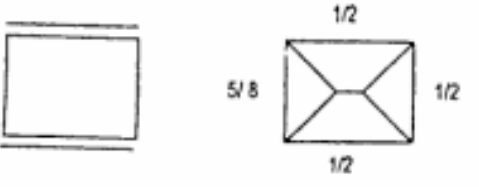


TABEL 3-3 Besaran Momen yang Menentukan per-meter Lebar Jalur Tengah pada Pelat Dua Arah Akibat Beban Terbagi Rata

| Skema | Penyaluran beban berdasarkan "metode amplop" kali $W_u$ lantai $l_x$   | Momen per meter lebar |    | $l_y/l_x$ |     |     |     |     |
|-------|--|-----------------------|----|-----------|-----|-----|-----|-----|
|       |  |                       |    | 1,0       |     | 1,6 | 1,8 | 2,0 |
|       | $M_l = 0,001 W_u \cdot l_x^2 \cdot x$<br>$M_{lx} = 0,001$<br>$M_{ly} = \frac{1}{2} M_l$<br>$M_{ltx} = \frac{1}{2} M_{lx}$<br>$M_{lty} = \frac{1}{2} M_{ly}$  |                       |    |           |     |     |     |     |
|       |  |                       |    | 41        |     | 79  | 87  | 97  |
|       |  |                       | 54 |           | 28  | 26  | 25  |     |
|       | $M_l = 0,001 W_u \cdot l_x^2 \cdot x$<br>$M_{lx} = 0,001$<br>$M_{ly} = 0,001$<br>$M_{ltx} = 0,001$<br>$M_{lty} = 0,001$                                      |                       |    |           |     |     |     |     |
|       |  |                       |    | 25        |     | 49  | 53  | 58  |
|       |  |                       | 2  |           | 15  | 15  | 15  |     |
|       |  |                       | 5  |           | 78  | 81  | 82  |     |
|       |  |                       | 51 |           | 54  | 54  | 53  |     |
|       | $M_l = 0,001 W_u \cdot l_x^2 \cdot x$<br>$M_{lx} = 0,001$<br>$M_{ly} = 0,001 \times 1,25$<br>$M_{ltx} = 0,001 \times 1,25$<br>$M_{lty} = \frac{1}{2} M_{ly}$ |                       |    |           |     |     |     |     |
|       |  |                       |    | 30        |     | 61  | 67  | 72  |
|       |  |                       | 30 |           | 22  | 20  | 19  |     |
|       |  |                       | 68 |           | 106 | 113 | 117 |     |
|       |  |                       | 68 |           | 77  | 77  | 76  |     |
|       | $M_l = 0,001 W_u \cdot l_x^2 \cdot x$<br>$M_{lx} = 0,001$<br>$M_{ly} = -0,001$<br>$M_{ltx} = \frac{1}{2} M_{lx}$   |                       |    |           |     |     |     |     |
|       |  |                       |    | 24        |     | 63  | 74  | 85  |
|       |  |                       | 33 |           | 29  | 27  | 24  |     |
|       |  |                       | 69 |           | 105 | 110 | 112 |     |

M  
E  
N  
E  
R  
U  
S

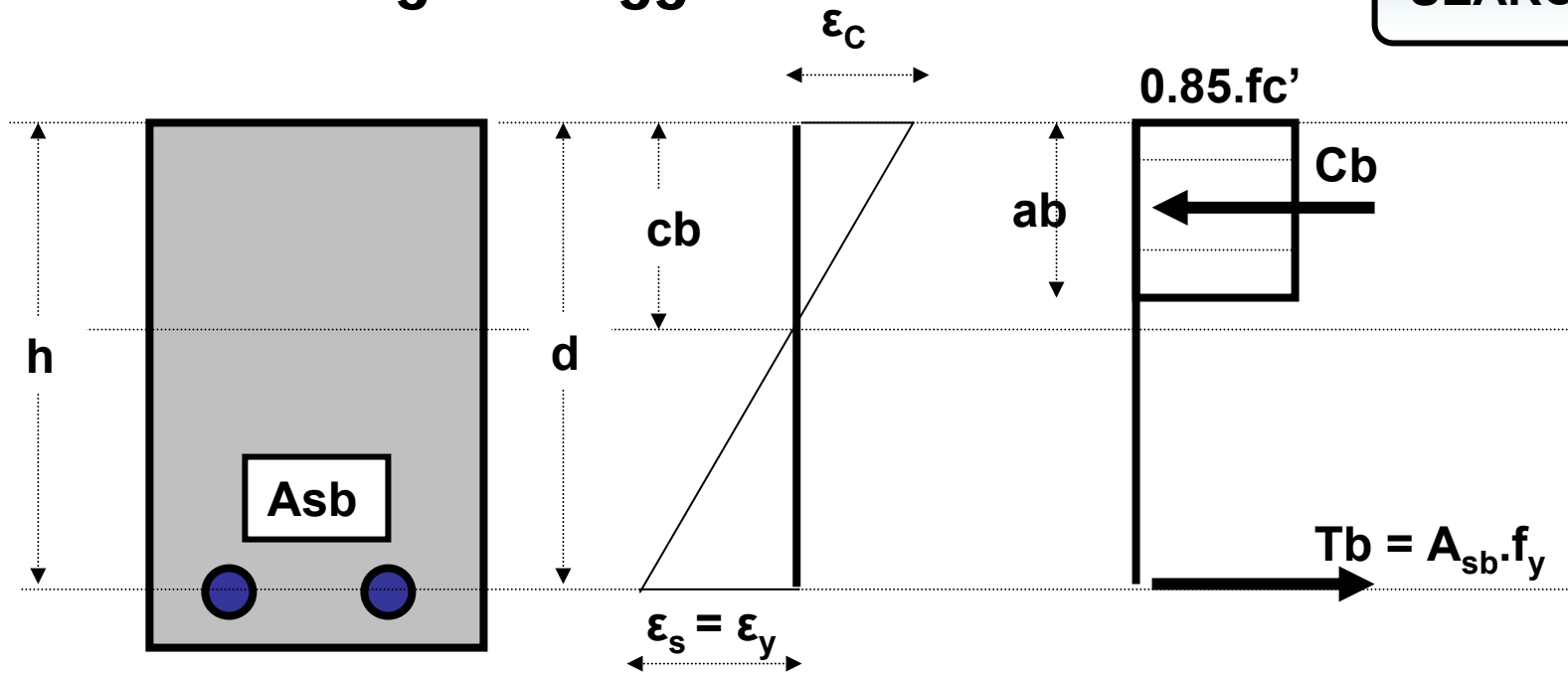
Tabel lanjutan

|   |  |                      |                      |                      |                       |                       |                       |
|---|--|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|    | $Mlx = 0,001 Wu \cdot lx^2 \cdot x$<br>$Mly = 0,001$<br>$Mbx = -0,001$<br>$Mty = \frac{1}{2} Mly$                            | 33<br>24<br>69       | 40<br>20<br>76       | 47<br>18<br>80       | 52<br>.17<br>82       | 55<br>17<br>83        | 58<br>17<br>83        |
|    | $Mlx = 0,001 Wu \cdot lx^2 \cdot x$<br>$Mly = 0,001$<br>$Mty = -0,001$<br>$Mtx = \frac{1}{2} Mlx$<br>$Mty = \frac{1}{2} Mly$ | 31<br>39<br>91       | 45<br>37<br>102      | 58<br>34<br>108      | 71<br>30<br>111       | 81<br>27<br>113       | 91<br>25<br>114       |
|    | $Mlx = 0,001 Wu \cdot lx^2 \cdot x$<br>$Mly = 0,001$<br>$Mbx = -0,001$<br>$Mtx = \frac{1}{2} Mlx$<br>$Mty = \frac{1}{2} Mly$ | 39<br>31<br>91       | 47<br>25<br>98       | 57<br>23<br>107      | 64<br>21<br>113       | 70<br>20<br>118       | 75<br>19<br>120       |
|   | $Mlx = 0,001 Wu \cdot lx^2 \cdot x$<br>$Mly = 0,001$<br>$Mbx = -0,001$<br>$Mty = -0,001$<br>$Mtx = \frac{1}{2} Mlx$          | 25<br>28<br>54<br>60 | 36<br>27<br>72<br>69 | 47<br>23<br>88<br>74 | 57<br>20<br>100<br>76 | 64<br>18<br>108<br>76 | 70<br>17<br>114<br>76 |
|  | $Mlx = 0,001 Wu \cdot lx^2 \cdot x$<br>$Mly = 0,001$<br>$Mbx = -0,001$<br>$Mty = -0,001$<br>$Mty = \frac{1}{2} Mly$          | 28<br>25<br>60<br>54 | 37<br>21<br>70<br>55 | 45<br>19<br>76<br>55 | 50<br>18<br>80<br>54  | 54<br>17<br>82<br>53  | 58<br>17<br>83<br>53  |

# TULANGAN TUNGGAL

## Balok Bertulangan Tunggal

SEARCH



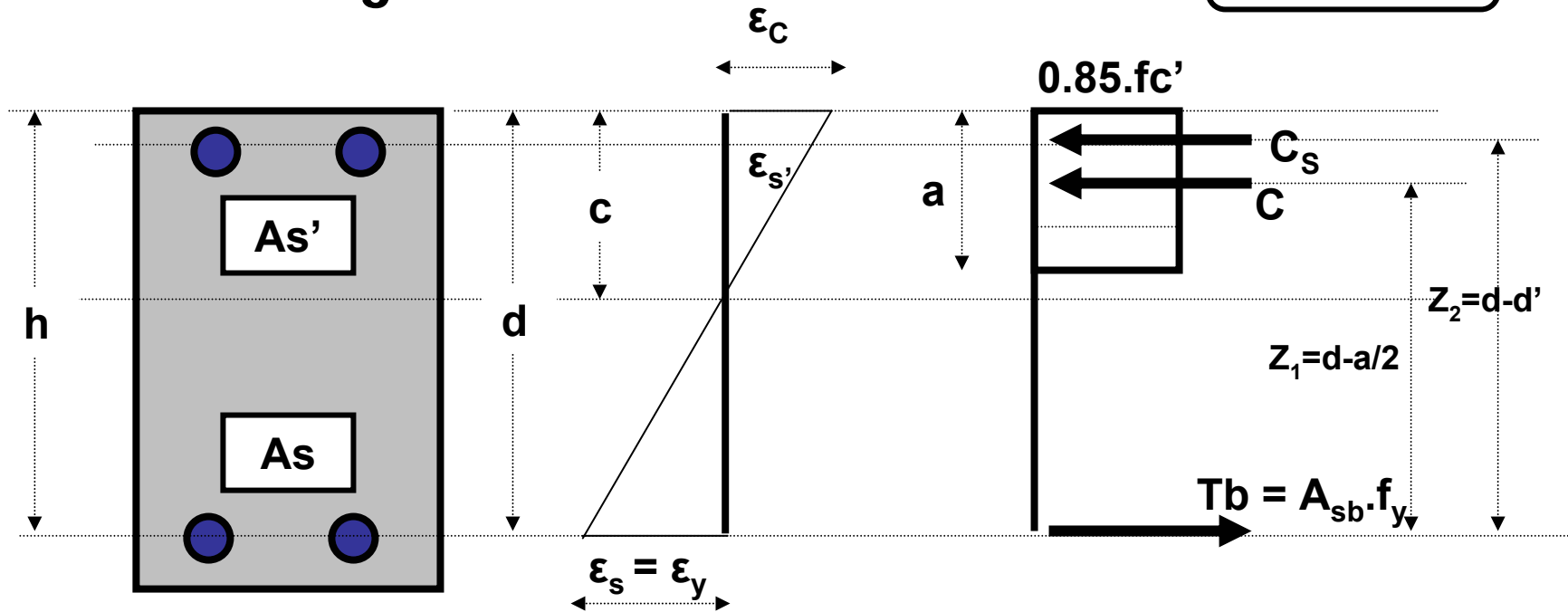
Tegangan & Regangan Kondisi Seimbang



# TULANGAN RANGKAP

## Balok Bertulangan RANGKAP

[SEARCH](#)



Tegangan & Regangan Kondisi Seimbang



**Pertemuan KE-XIV**

**PERENCANAAN GESER BALOK BETON BERTULANG**

**13 DESEMBER 2011**

**Referensi: Prof. Ir. Hrc. Priyosulistyo, M.Sc.,Ph.D.**

**Oleh:**

**Faqih Ma'arif, M.Eng.**



## **BERIKUT UNTUK MENCEGAH ADANYA KEGAGALAN GESER PADA BALOK BETON BERTULANG**

**Tulangan serong/ miring**, yaitu tulangan yang diletakkan pada daerah sekitar tumpuan (gaya geser maksimum) diagonal melintang arah retak geser. Tulangan semacam ini hanya cocok untuk balok yang hanya memikul beban gravitasi (beban mati dan beban hidup).

**Tulangan sengkang/ begel**, yaitu tulangan yang umumnya digunakan pada balok bangunan gedung karena mampu memikul beban berganti, misalnya oleh gempa.

**Tulangan berangkai** (*wire mesh*), atau tulangan berupa balok yang dipasang pada arah diagonal, biasanya digunakan pada balok tinggi atau balok perangkai dinding geser.

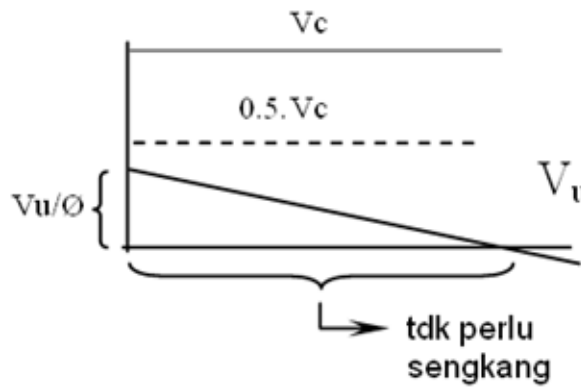
# SYARAT DAN KETENTUAN PERENCANAAN GESER SENGGKANG

Diameter sengkang umumnya dibatasi  $\leq 12$  mm, kecuali pada dinding geser yang diameternya bisa bervariasi sesuai kebutuhan. Tegangan leleh tulangan sengkang juga dibatasi  $\leq 400$  MPa. Selanjutnya pada bab ini hanya akan dibicarakan tulangan sengkang.

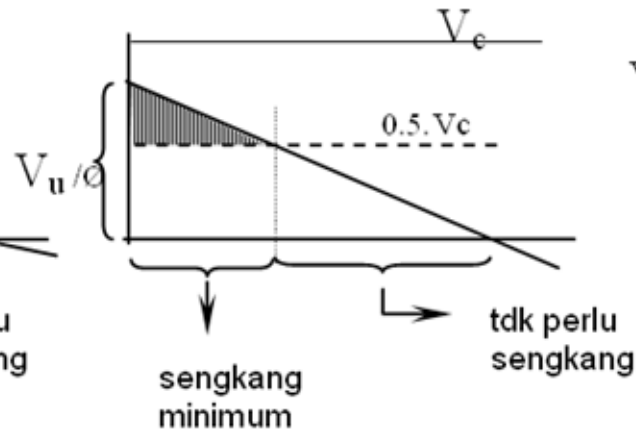
Dalam segala hal gaya geser yang harus dipikul oleh sengkang :

1. **Bila  $V_s = V_u / \phi - V_c > 4 V_c$** , maka ukuran balok diubah (SNI-03-2847 Pasal 13.5.6.9)
2. **Bila  $V_s \leq 4 V_c$ , tetapi  $> 2 V_c$** , maka tul. sengkang harus dihitung dan jarak sengkang (s) memenuhi syarat  $\leq 300$ mm dan  $\leq d/4$  (SNI-03-2847 pasal 13.5.4.3)
3. **Bila  $V_u / \phi \leq 2 V_c$  tetapi  $> V_c$** , maka tul. sengkang harus dihitung dan jarak sengkang (s) memenuhi syarat  $\leq 600$ m dan  $\leq d/2$  (SNI-03-2847 Pasal 13.5.4.1 pasal 13.5.6.1)

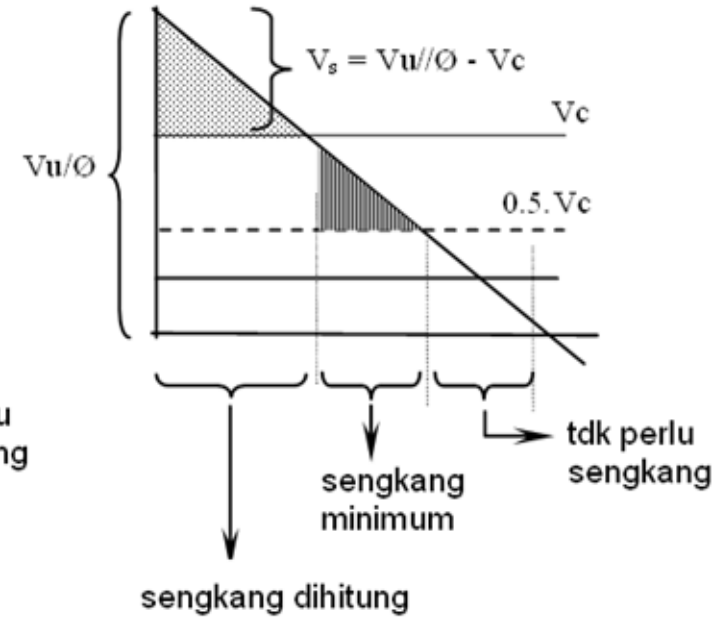
# DIAGRAM KATEGORI GAYA GESER BALOK



KATEGORI-I



KATEGORI-II



KATEGORI-III

Diagram gaya geser balok



# Langkah-langkah yang diperlukan untuk menentukan perancangan balok terhadap geser :

1. Menggambarkan diagram gaya geser rencana di sepanjang balok,  $V_u / \phi$  dengan  $\phi = 0,75$
2. Menghitung kemampuan balok beton menahan geser dengan rumusan  $V_c = (1/6).b_w.d.\sqrt{f_c'}$  atau  $V_c = \{1+Nu/(14.A_g)\}.(1/6)\{\sqrt{f_c'}\}b_w.d$
3. Menggambarkan diagram kemampuan balok beton  $V_c$  ke dalam diagram gaya geser rencana (lihat butir 1)
4. Pertimbangkan hasil superimposed diagram yg dilakukan menghasilkan kategori-I atau II atau III
5. Tetapkan diameter tul.sengkang (umumnya diantara 8mm, 10mm atau 12mm) dan hitung luasan tulangan sengkang ( $A_s$ )  $\rightarrow A_v = 2. A_s$
6. Bila dikehendaki tulangan serong/ miring, tetapkan diameter dan luasannya ( $A_m$ )  $\rightarrow A_v = A_m$
7. Hitung jarak sengkang ( $s$ ) sesuai dengan rumusan di atas dan kontrol terhadap jarak maksimum

## Diketahui:

Balok berukuran

$$b_w = 200/450$$

$$d' = 50\text{mm}$$

$$d_s = 50\text{ mm}$$

$$f_c' = 30\text{ MPa}$$

$$f_y = 400\text{ MPa}$$

$$A_{st} = 5D25\text{mm} = 2453,12\text{ mm}^2$$

$$A' = 2D25\text{ mm} = 981.25\text{ mm}^2$$

Bila balok di atas tumpuan sederhana dengan bentang 6m dan dibebani oleh beban mati dan beban hidup *terfaktor* berturut-turut 15 kN/m' (termasuk berat sendiri balok) dan 20 kN/m' tentukan tulangan geser yang diperlukan bila diameter sengkang ditetapkan 10mm.

## Menghitung $Q_u$

$$Q_u = 15 + 20 \text{ kN/m}' = 35 \text{ kN/m}'$$

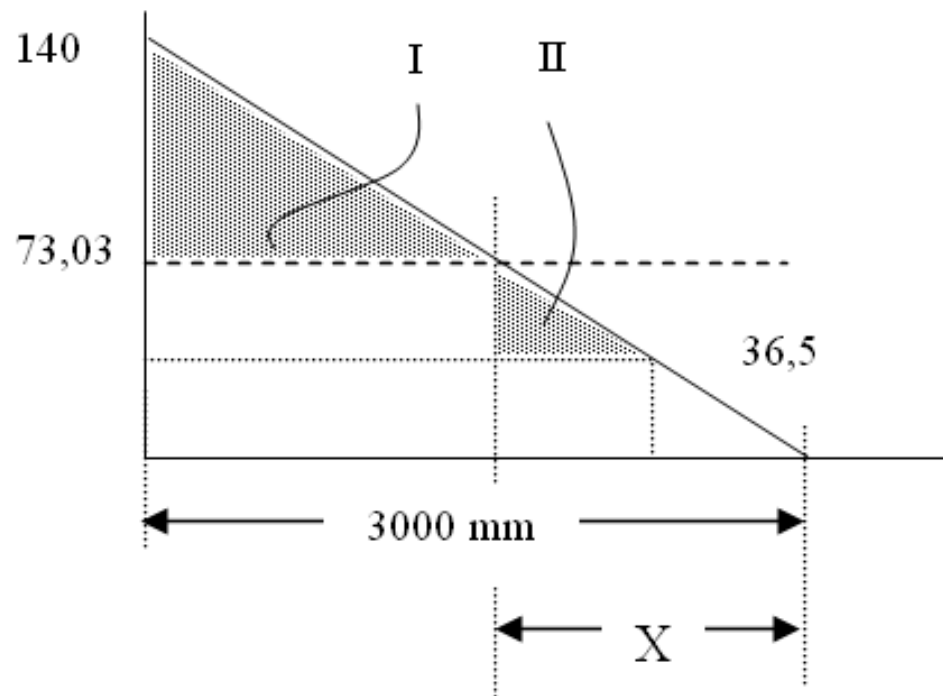
## Gaya lintang maksimum

$$V_u = 0,5 \cdot Q_u \cdot L = 0,5 \cdot 35 \cdot 6 = 105 \text{ kN},$$

$$V_u / \phi = 105 / 0,75 = 140 \text{ kN}$$

## Menghitung kemampuan balok beton menahan geser

$$V_c = (1/6 \cdot \sqrt{f_c'}) \cdot b_w \cdot d = 73029 \text{ N} = 73,03 \text{ kN}$$



$V_u / \phi > V_c$  dan

$$V_s = V_u / \phi - V_c = 66,97 \text{ kN} < 2.V_c = 2.73,03 = 146,06 \text{ kN} \rightarrow$$

syarat jarak sengkang maks:

$$s < d/2 = 200 \text{ mm dan}$$

$$s < 600 \text{ mm}$$

$$X = 3000.(73,03/140) = 1564,93 \text{ mm} \sim 1565 \text{ mm} \rightarrow$$

**Daerah (I)** = 3000 - 1565 = 1435 mm perlu dihitung tulangan sengkangnya,

**Daerah (II)** = 1565/2 = 782,5 mm cukup diberi tulangan minimum.

$$A_s = 0,25. \pi . d^2 = 0,25.3,14.10^2 = 78,5 \text{ mm}^2. \rightarrow A_v = 157,5 \text{ mm}^2.$$

**Hitung jarak sengkang (s)**

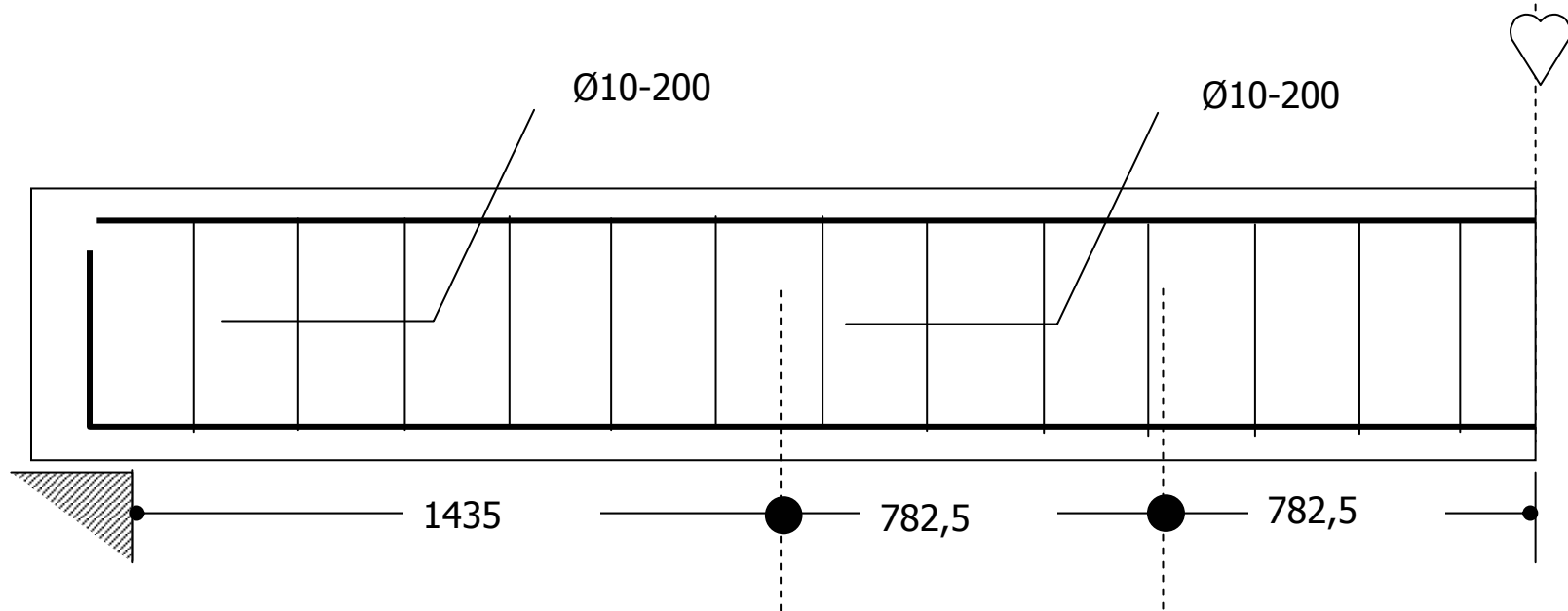
**Daerah II**

$$A_{v_{\min}} = \frac{b \cdot s}{3 \cdot f_y} \rightarrow s = \frac{3 \cdot A_v \cdot f_y}{b} = \frac{3 \cdot 157 \cdot 400}{200} = 942 \text{ mm}$$

Daerah I :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \Rightarrow s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157.400 \cdot 400}{66970} = 375 \text{ mm}$$

Kesimpulan : jarak sengkang daerah I pilih nilai terkecil dari 200mm, 600mm, dan 375mm  $\rightarrow s = 200$  mm, daerah II dipilih antara 200mm dan 942mm  $\rightarrow s = 200$  mm



Gambar Penulangan geser

## **ANALISIS**

Analisis geser balok dapat dilakukan dengan aturan yang sama dengan perancangan. Perbedaannya terletak pada ukuran balok, diameter tulangan sengkang, jarak sengkang, kualitas beton dan kualitas baja yang sudah diketahui. Ketidak sesuaian dengan aturan yang berlaku dapat menimbulkan kerusakan getas karena kemampuan geser balok yang lebih rendah dari pada gaya yang terjadi pada saat momen mencapai ultimit. Perbaikan terhadap kondisi ini dapat dilakukan dengan menambah tulangan sengkang geser di luar tulangan yang ada atau menggunakan tambahan bahan khusus seperti CFRP (carbon fibre reinforced polymer) atau CWRP (Carbon Wrap Reinforced Polymer)

**Contoh** ini diambil dari contoh Diatas, Balok berukuran 200/450 dengan  $d' = d_s = 50$  mm, mutu bahan yang direncanakan seperti berikut ini :  $f_c' = 30$  MPa,  $f_y = 400$  MPa. Tulangan terpasang,  $A_{st} = 5D25\text{mm} = 2453,12$  mm<sup>2</sup> dan  $A' = 2D25$  mm = 981.25 mm<sup>2</sup>. Bila balok di atas tumpuan sederhana dengan bentang 6m dipasang tulangan sengkang diameter 10mm dengan jarak 200mm sepanjang baloknya berapakah kemampuan geser terfaktornya ??

**Jawab**

$$A_s = 0,25 \cdot n \cdot d^2 = 0,25 \cdot (3,14) \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2. \rightarrow A_v = 157,5 \text{ mm}^2.$$

**Kemampuan geser tulangan sengkang ( $V_s$ )**

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{157 \cdot 400 \cdot 400}{200} = 125600 \text{ N} = 125,6 \text{ kN}$$

**Kemampuan geser beton ( $V_c$ )**

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d}{6} = \frac{\sqrt{30} \cdot 200 \cdot 400}{6} = 73029 \text{ N} = 73,029 \text{ kN}$$

$V_s < 4 \cdot V_c \rightarrow 125,6 \text{ kN} < 4 \cdot 73,03 = 292,12 \text{ kN}$  **ukuran balok memenuhi**

$$V_u / \phi = V_c + V_s = 125,6 + 73,029 = 198,63 \text{ kN},$$

$$V_u = 0,75 \cdot 198,63 = \mathbf{148,97 \text{ kN}}$$

Kemampuan geser balok sebesar  $148,97 \text{ kN} >$  dari gaya geser yang harus dipikul **140 kN** (lihat kembali contoh diatas) karena jarak sengkang yg digunakan lebih rapat dari hasil hitungan.



# FINISH

**TERIMAKASIH ATAS PERHATIANNYA**



**TERIMA KASIH ATAS PERHATIANNYA**

