

Mata Kuliah : Perancangan Struktur Beton  
Kode : CIV-204  
SKS : 3 SKS

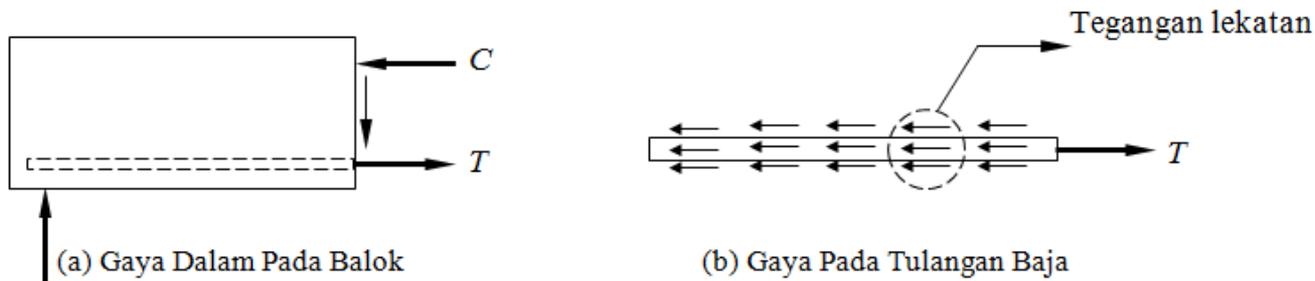
*Panjang Penyaluran, Sambungan  
Lewatan dan Penjangkaran Tulangan*

Pertemuan - 15

- **TIU :**
  - Mahasiswa dapat merencanakan penulangan pada elemen-elemen struktur beton bertulang terhadap lentur, geser, gaya aksial, torsi dan kombinasinya
- **TIK :**
  - Mahasiswa dapat menghitung panjang penyaluran, sambungan lewatan dan penjangkaran tulangan

- **Sub Pokok Bahasan :**
  - Mekanisme Transfer Tegangan Lekatan
  - Panjang Penyaluran
  - Pemutusan Tulangan Lentur
  - Sambungan Lewatan
  - Penjangkaran Tulangan

- Pada suatu balok beton bertulang, gaya tekan yang timbul akibat lentur akan dipikul oleh beton sedangkan gaya tarik akan ditahan oleh tulangan baja
- Agar proses tersebut dapat terjadi, maka harus ada transfer gaya atau lekatan di antara kedua material tersebut.
- Tegangan lekatan muncul agar tulangan baja berada dalam kesetimbangan.
- Apabila tegangan lekatan ini hilang, tulangan baja akan tercabut dari beton, dan gaya tarik  $T$  akan hilang pula yang selanjutnya berakibat pada keruntuhan dari balok tersebut.



## • Panjang Penyaluran Pada Kondisi Tarik

Panjang Penyaluran Tulangan Pada Kondisi Tarik

Jarak Tulangan dan Selimut Beton	D19 atau lebih kecil	D22 atau lebih besar
<p>a. jarak bersih tulangan yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari <math>d_b</math>, selimut beton bersih tidak kurang dari <math>d_b</math>, dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang sepanjang <math>l_d</math> tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan</p> <p>b. jarak bersih tulangan yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari <math>2d_b</math> dan selimut beton bersih tidak kurang dari <math>d_b</math></p>	$l_d = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$l_d = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Kasus lain	$l_d = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,4 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$l_d = \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

dengan :

$\psi_t$  adalah faktor lokasi tulangan, yang besarnya ditentukan sebagai berikut :

$\psi_t = 1,3$  untuk tulangan atas, yang didefinisikan sebagai tulangan horizontal yang ditempatkan hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen di bawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau

$\psi_t = 1,0$  untuk tulangan lainnya

$\psi_e$  adalah faktor pelapisan tulangan, yang besarnya adalah :

$\psi_e = 1,5$  untuk tulangan berlapis epoksi dengan selimut beton kurang dari  $3d_b$  atau spasi bersih kurang dari  $6d_b$

$\psi_e = 1,2$  untuk tulangan berlapis epoksi lainnya

$\psi_e = 1,0$  untuk tulangan tanpa lapisan epoksi

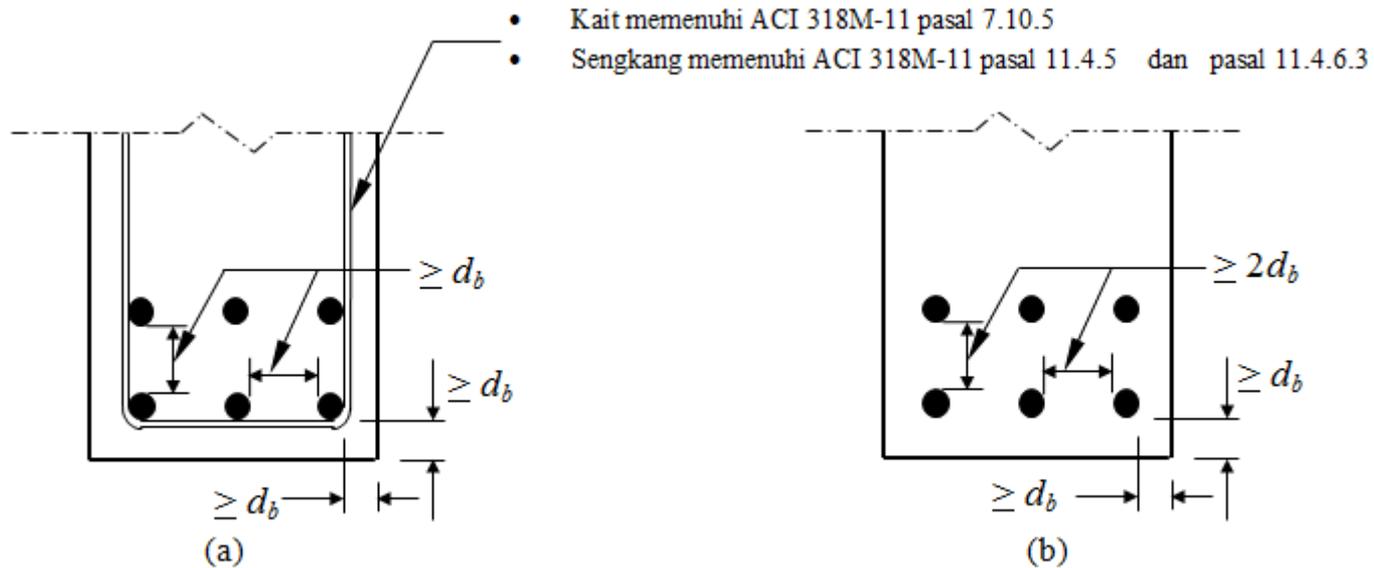
Hasil kali  $\psi_t\psi_e$  tidak perlu diambil lebih dari 1,7

$\lambda$  adalah faktor beton ringan :

$\lambda = 0,75$  untuk beton ringan

$\lambda = \frac{f_{ct}}{0,56\sqrt{f'_c}} \leq 1,0$  jika nilai kuat tarik belah beton ringan diketahui

$\lambda = 1,0$  untuk beton normal



Penjelasan Mengenai Kondisi a dan b Pada Tabel

- Nilai  $\sqrt{f'_c}$  tidak boleh diambil lebih dari 8,3 MPa.
- Panjang penyaluran boleh direduksi apabila luasan tulangan terpasang pada elemen struktur lentur melebihi luasan yang dibutuhkan dari hasil analisis, kecuali apabila angkur atau penyaluran untuk  $f_y$  secara khusus diperlukan, atau tulangan direncanakan dengan mempertimbangkan pengaruh beban gempa.
- Besarnya faktor reduksi panjang penyaluran adalah sebesar :

$$R_s = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{terpasang}}}$$

- Untuk semua kasus, nilai  $l_d$  tidak boleh lebih kecil daripada 300 mm

## Panjang Penyaluran Pada Kondisi Tekan

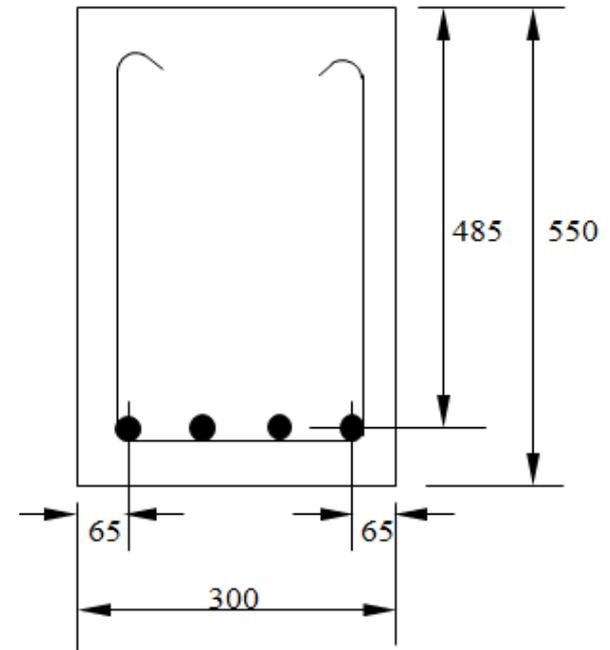
- Panjang penyaluran tulangan pada kondisi tekan, yang diambil dari nilai terbesar antara :

$$l_{dc} = \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \qquad l_{dc} = 0,043 \cdot f_y \cdot d_b$$

- Nilai yang diperoleh dari kedua persamaan tersebut tidak boleh lebih kecil daripada 200 mm.
- Panjang penyaluran boleh direduksi dengan mengalikan  $l_{dc}$  dan faktor kelebihan tulangan,  $R_s (= A_{s \text{ perlu}} / A_{s \text{ terpasang}})$ .
- Sedangkan untuk elemen struktur tekan dengan tulangan spiral diameter 6 mm atau lebih dengan jarak minimal 100 mm, panjang penyaluran yang dihitung dari persamaan di atas masih boleh direduksi dengan mengalikannya dengan faktor 0,75.

## Contoh 15.1

Gambar menunjukkan penampang melintang sebuah balok tertumpu sederhana yang diberi tulangan tarik 4D25 serta sengkang D10-150. Tentukan panjang penyaluran yang dibutuhkan oleh tulangan tarik jika beton merupakan beton normal dan tulangan tidak dilapis epoksi. Gunakan  $f'_c = 20$  MPa dan  $f_y = 400$  MPa.



## Contoh 15.2

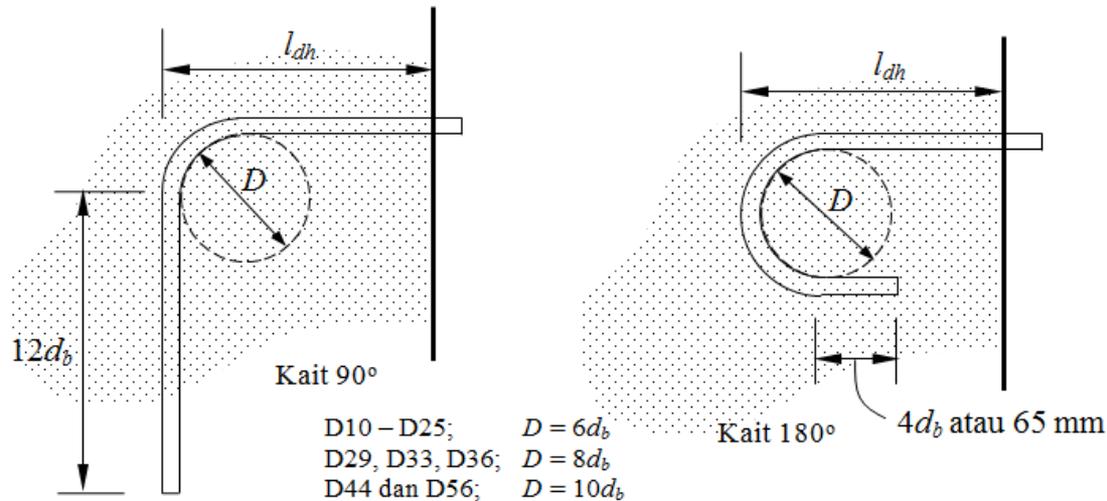
Ulangi kembali Contoh 15.1 namun beton yang digunakan adalah jenis beton ringan dan tulangan dilapisi dengan epoksi. Dan nilai  $A_s$  yang diperlukan dari hasil analisis adalah sebesar  $1.800 \text{ mm}^2$ .

## Contoh 15.3

Sebuah kolom beton bertulang, memiliki 8 buah tulangan memanjang berdiameter 32 mm, yang harus disalurkan ke pondasi. Tentukan besarnya panjang penyaluran yang dibutuhkan oleh tulangan untuk disalurkan ke pondasi. Gunakan  $f'_c = 25 \text{ MPa}$  dan  $f_y = 400 \text{ MPa}$ .

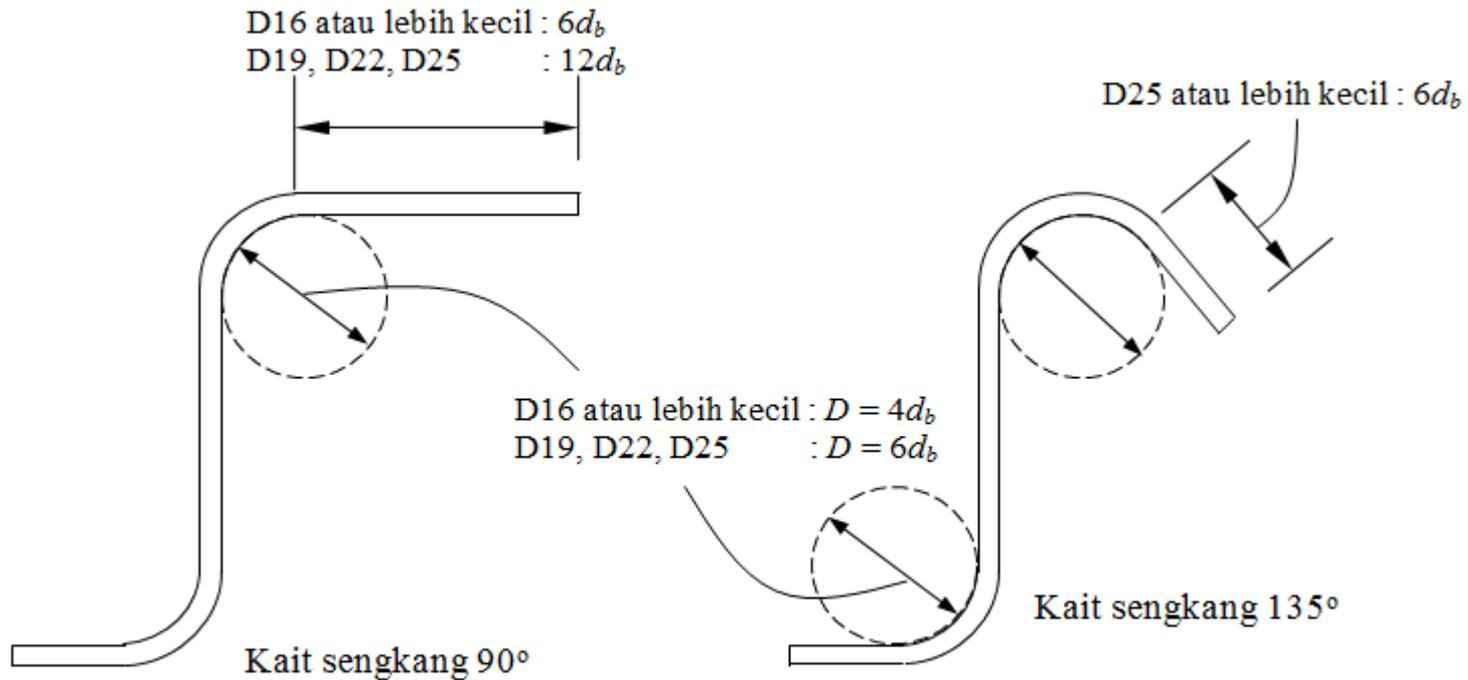
## Kait

- Kait diperlukan untuk memberikan penjangkaran tulangan yang memadai apabila tidak tersedia tempat yang cukup untuk memenuhi syarat panjang penyaluran



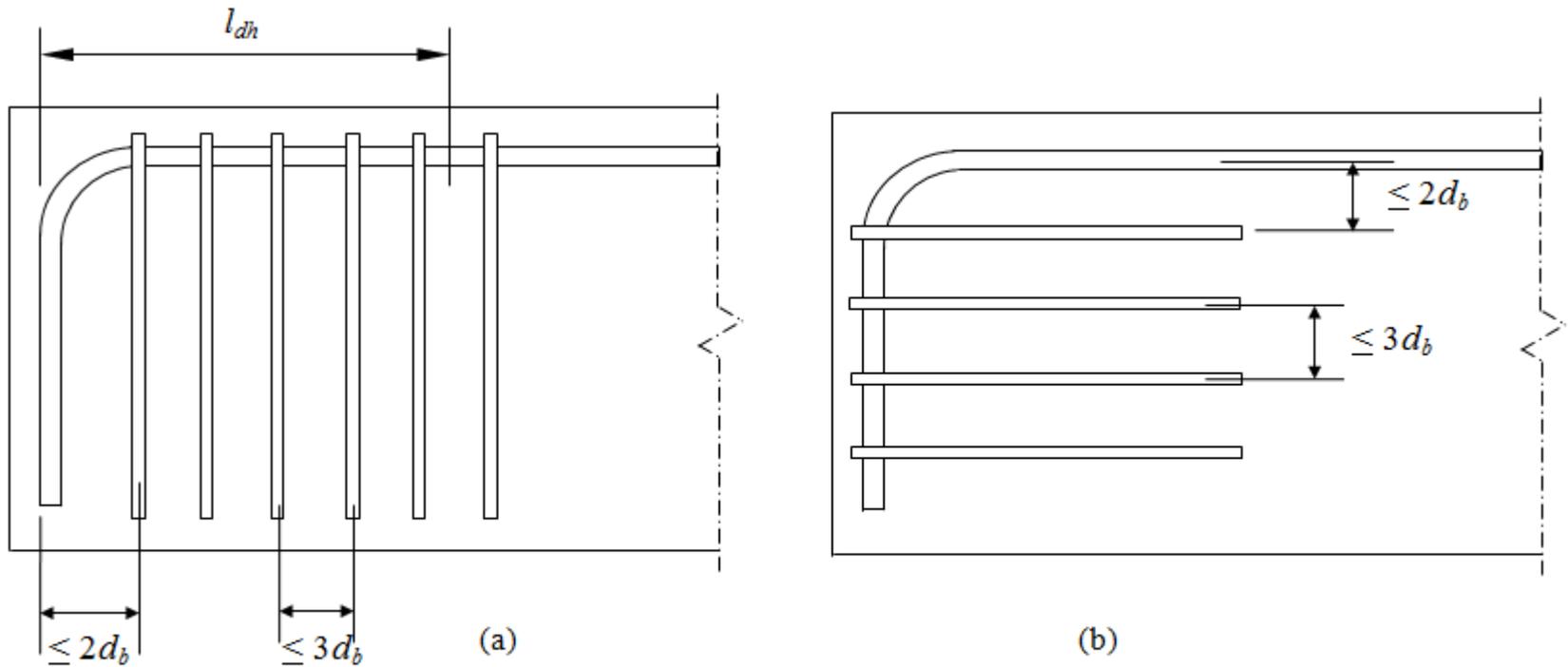
(a) Kait Standar – ACI 318M-11, Pasal 7.1 dan 7.2.1

$$l_{dh} = \frac{0,24\psi_e f_y}{\lambda\sqrt{f'_c}} \cdot d_b$$



(b) Kait Sengkang dan Sengkang Ikat – ACI 318M-11, Pasal 7.1.3

- Panjang penyaluran kait dapat direduksi sebagai berikut
  1. Kait 180° untuk D36 atau lebih kecil, dengan selimut samping (normal terhadap bidang kait) tidak kurang dari 65 mm .....  $\times 0,7$
  2. Kait 90° untuk D36 atau lebih kecil, dengan selimut samping (normal terhadap bidang kait) tidak kurang dari 65 mm dan tebal selimut di ujung kait tidak kurang dari 50 mm .....  $\times 0,7$
  3. Kait 90° untuk D36 atau lebih kecil yang :
    - a. Secara tegak lurus dilingkupi dengan sengkang atau sengkang ikat, yang berjarak tidak lebih besar dari  $3d_b$  sepanjang  $l_{dh}$  (Gambar 11.8.a) .....  $\times 0,8$
    - b. Secara horizontal dilingkupi dengan sengkang atau sengkang ikat berjarak tidak lebih besar dari  $3d_b$  sepanjang ujung kait ditambah bengkokan (Gambar 11.8.b) .....  $\times 0,8$
  4. Kait 180° untuk D36 atau lebih kecil yang secara tegak lurus dilingkupi dengan sengkang atau sengkang ikat, yang berjarak tidak lebih besar dari  $3d_b$  sepanjang  $l_{dh}$
  5. Bila penjangkaran atau penyaluran untuk  $f_y$  tidak secara khusus diperlukan, maka kelebihan tulangan terpasang dibanding tulangan yang diperlukan hasil analisis memberikan faktor reduksi terhadap  $l_{dh}$ , yang besarnya adalah rasio dari .....  $(A_s \text{ perlu}) / (A_s \text{ terpasang})$



Senggang Tegak Lurus (a) dan Sejajar (b) Terhadap Tulangan Yang Disalurkan

## Contoh 15.4

Hitunglah panjang penyaluran yang dibutuhkan oleh tulangan atas D25 dari sebuah balok kantilever ke dalam tumpuan kolom, jika tulangan disalurkan :

- Lurus
- Dengan kait  $90^\circ$  di ujung tulangan
- Dengan kait  $180^\circ$  di ujung tulangan

Tulangan memiliki selimut bersih setebal 40 mm, dan jarak bersih antar tulangan sebesar 50 mm. Tulangan dilingkupi oleh sengkang D10-150. Gunakan  $f'_c = 25$  MPa dan  $f_y = 400$  MPa.

## Sambungan Lewatan

- Tulangan baja yang digunakan dalam struktur beton bertulang, pada umumnya difabrikasi dalam ukuran panjang tertentu seperti 6 m, 12 m dan 18 m, tergantung diameter tulangan, fasilitas transportasi dan alasan lainnya.
- Tulangan ini biasanya akan dipotong, dibengkokkan atau disesuaikan dengan detail penulangan yang dibutuhkan dalam suatu struktur beton bertulang.
- Terkadang panjang tulangan yang dibutuhkan melebihi ketersediaan panjang tulangan yang ada di lapangan, maka dalam hal ini diperlukan penyambungan tulangan dengan panjang penyambungan yang mencukupi untuk mentransfer tegangan lekatan dari tulangan yang satu ke tulangan yang lainnya.
- Penyambungan tulangan yang banyak digunakan adalah berupa **sambungan lewatan** dan **sambungan mekanis atau las**.

- Sambungan lewatan sebaiknya **tidak diletakkan pada daerah terjadi momen lentur maksimum**, selain itu sebaiknya pula beberapa sambungan lewatan **tidak terkumpul pada satu lokasi** yang sama karena akan memperlemah penampang beton.
- Penempatan beberapa sambungan lewatan pada satu lokasi juga akan mengakibatkan penumpukan tulangan pada lokasi tersebut, yang akhirnya akan menimbulkan kesulitan pada saat pelaksanaan penuangan adukan beton ke dalam cetakan balok.

## Sambungan Lewatan Pada Kondisi Tarik

dua alternatif untuk sambungan lewatan pada kondisi tarik,  $l_{st}$ , yaitu sambungan lewatan kelas A dan kelas B (yang tidak boleh kurang dari 300 mm), dan besarnya adalah :

- Sambungan lewatan kelas A .....  $1,0l_d$
- Sambungan lewatan kelas B .....  $1,3l_d$

Kelas Sambungan Lewatan Dalam Kondisi Tarik

$\frac{A_s \text{ terpasang}}{A_s \text{ perlu}}$	Persentase Maksimum $A_s$ Yang Disambung Sepanjang $l_d$	
	50	100
$\geq 2,0$	Kelas A	Kelas B
$< 2,0$	Kelas B	Kelas B

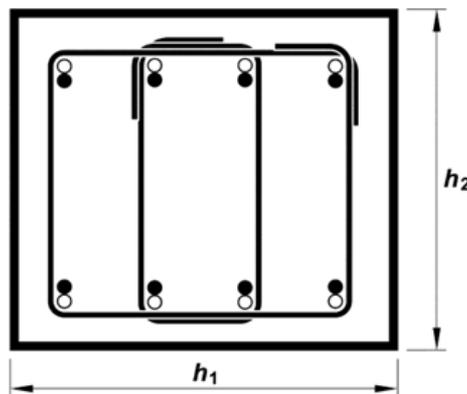
## Sambungan Lewatan Pada Kondisi Tekan

Panjang sambungan lewatan pada kondisi tekan ditentukan dalam ACI 318M-11 pasal 12.16 yaitu :

- $l_{sc} > 0,071f_y d_b$  (untuk  $f_y \leq 420$  MPa)
- $l_{sc} = (0,13f_y - 24)d_b$  (untuk  $f_y > 420$  MPa)

Dalam semua hal, panjang lewatan pada kondisi tekan tidak boleh kurang daripada 300 mm. Di samping itu untuk nilai kuat tekan beton,  $f'_c$  yang kurang dari 21 MPa, maka panjang lewatannya harus dinaikkan sepertiganya.

- Pada komponen struktur tekan dengan lilitan spiral, maka panjang lewatan yang berada dalam lingkupan tulangan spiral diijinkan untuk dikalikan dengan 0,75, namun tidak boleh kurang dari 300 mm.
- Sedangkan pada komponen struktur tekan dengan sengkang ikat, dengan sengkang ikat sepanjang daerah sambungan lewatan memiliki luas efektif tidak kurang dari  $0,0015hs$ , panjang sambungan lewatan diperbolehkan dikalikan dengan 0,83, namun tidak boleh kurang dari 300 mm, dengan  $h$  adalah tinggi penampang kolom, dan  $s$  adalah jarak antar sengkang ikat



Arah 1 :  $4A_b > 0,0015h_1s$

Arah 2 :  $2A_b > 0,0015h_2s$

Penampang Komponen Struktur Tekan Dengan Sengkang Ikat

## Contoh 15.5

Hitunglah panjang sambungan lewatan untuk enam buah tulangan tarik D25 (disusun dalam dua baris) dengan jarak bersih antar tulangan sebesar 65 mm dan selimut beton sebesar 40 mm, untuk masing-masing kasus berikut :

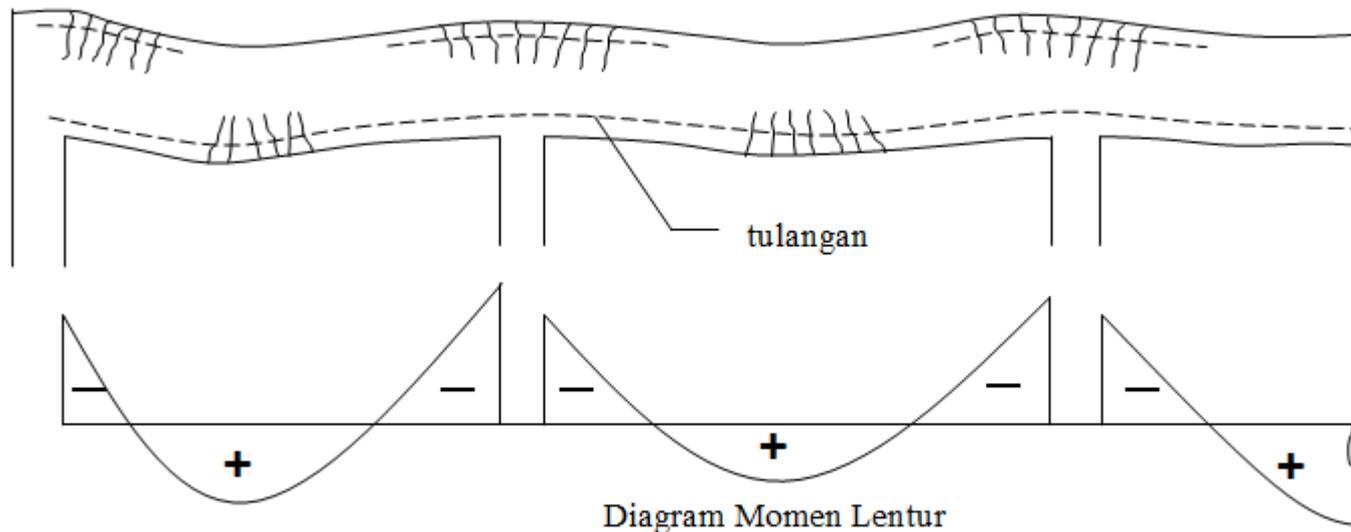
- Jika hanya tiga buah tulangan yang disambung dan  $(A_{s \text{ terpasang}}/A_{s \text{ perlu}}) > 2$
- Jika empat buah tulangan disambung dan  $(A_{s \text{ terpasang}}/A_{s \text{ perlu}}) < 2$
- Jika semua tulangan disambung pada lokasi yang sama

Gunakan  $f'_c = 35$  MPa dan  $f_y = 400$  MPa.

## Contoh 15.6

- Hitunglah panjang sambungan lewatan untuk sebuah tulangan tekan D32 pada suatu elemen struktur kolom dengan sengkang ikat apabila digunakan  $f'_c = 35$  MPa dan : a)  $f_y = 400$  MPa , b)  $f_y = 550$  MPa

## Pemutusan Tulangan Lentur



Momen Lentur dan Tulangan Memanjang Pada Balok Menerus

- Untuk alasan keekonomisan, maka beberapa buah tulangan memanjang dapat dipotong pada daerah-daerah tertentu, apabila sudah tidak diperlukan lagi.
- Namun akibat pemotongan tulangan tersebut, akan mengakibatkan terjadinya kenaikan tegangan tarik secara tiba-tiba pada tulangan yang tersisa.
- Akibatnya akan timbul pula kenaikan regangan yang cukup besar pada balok, yang selanjutnya akan menyebabkan munculnya retak tarik pada penampang balok.
- Retak tarik yang terjadi akan mengurangi luas penampang melintang balok, dan lebih jauh lagi akan meningkatkan kemungkinan terjadinya kegagalan geser yang bersifat getas.

Guna memperkecil kemungkinan keruntuhan geser akibat pemotongan tulangan memanjang, maka ACI 318M-11 pada pasal 12.10.5 memberikan beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu :

- Gaya geser terfaktor pada titik pemutusan tulangan tidak melebihi dua pertiga dari kuat geser rencana, atau dapat dikatakan  $V_u \leq \frac{2}{3} \phi V_n$
- Luas tulangan geser tambahan selain yang diperlukan untuk geser dan torsi harus dipasang di sepanjang  $3/4d$  dari titik pemotongan tulangan, dengan luasan yang tidak kurang dari  $0,41b_w s / f_{yt}$ , dan jarak  $s$  yang tidak lebih dari  $d / (8\beta_b)$ . Dengan  $\beta_b$  adalah rasio dari luas tulangan yang diputus terhadap luas tulangan tarik total pada penampang tersebut.
- Untuk batang tulangan D36 atau lebih kecil, maka tulangan yang menerus harus mempunyai luas dua kali luas tulangan lentur yang diperlukan pada titik pemutusan tulangan. Di samping itu gaya geser terfaktornya tidak melebihi  $\frac{3}{4}$  dari kuat geser rencana,  $\phi V_n$ .

