

BAB VI

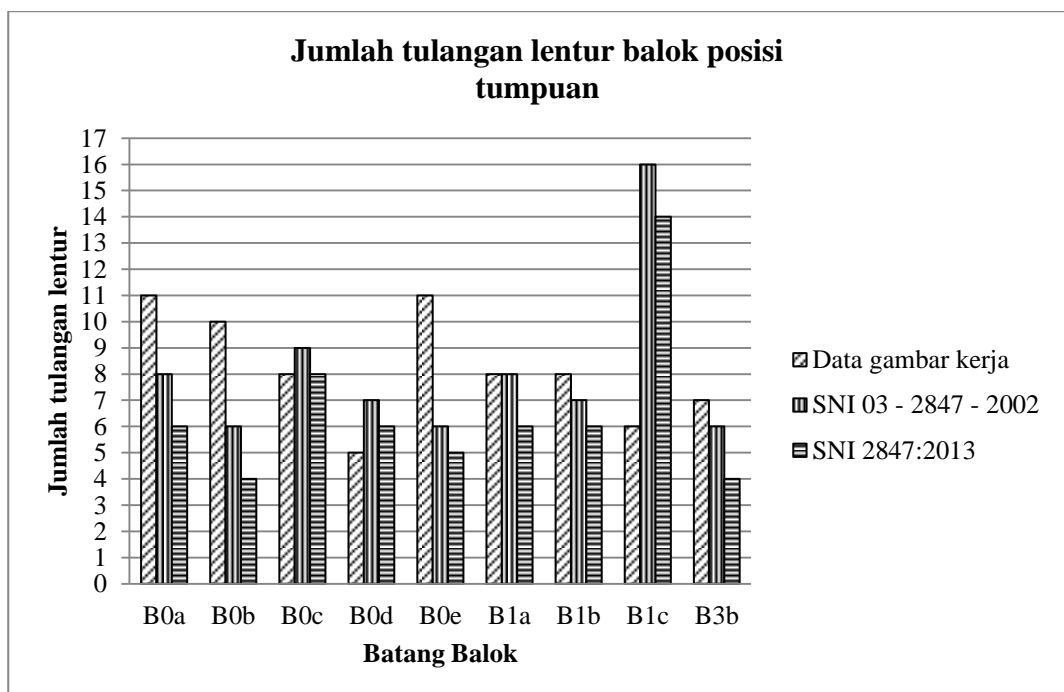
PEMBAHASAN

Pada penelitian ini akan dibahas perbandingan penulangan hasil perencanaan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 dan SNI 2847:2013 yang akan dibandingkan dengan data gambar kerja yang sudah ada sebelumnya. Berikut ini hasil dari perbandingan tulangan lentur, tulangan geser dan tulangan torsi pada balok dan kolom.

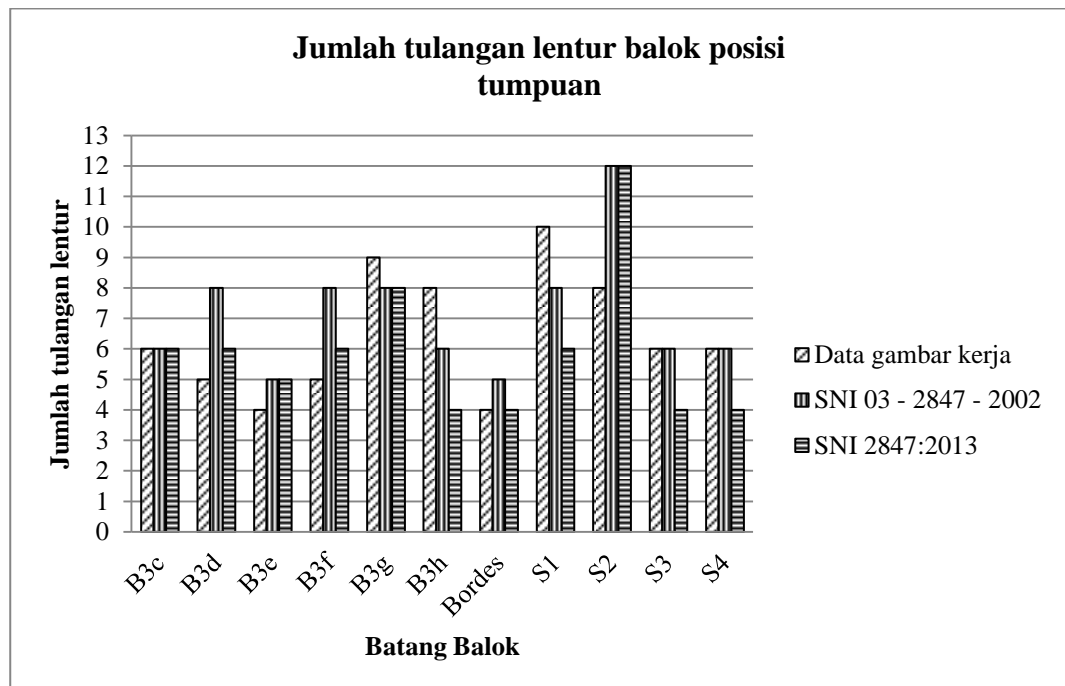
A. Balok

1. Tulangan Lentur

Tulangan lentur balok didapatkan dari hasil perhitungan tulangan lentur berdasarkan momen maksimal dari analisis program SAP 2000 versi 14.1.0. Perbandingan tulangan lentur pada tiap batang balok dari gambar kerja dan perencanaan ulang menggunakan SNI – 03 – 2847 – 2002 dan SNI 2847:2013 yang ditunjukkan dalam diagram batang berikut ini.



Gambar 6.1. Diagram batang perbandingan tulangan lentur balok pada posisi tumpuan.



Gambar 6.2. Diagram batang perbandingan tulangan lentur balok pada posisi tumpuan (lanjutan).

Pada gambar 6.1 dan 6.2 menjelaskan perbandingan tulangan lentur balok pada posisi tumpuan yang disajikan dalam diagram batang. Pada balok B0a jumlah tulangan lentur 11 buah pada data gambar kerja, 8 buah pada perancangan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 dan 6 buah pada perancangan ulang menggunakan SNI 2847:2013. Terjadi perbedaan jumlah tulangan lentur balok pada posisi tumpuan dikarenakan perbedaan beban yang diterima masing- masing balok serta perbedaan ketentuan mengenai faktor kekuatan beton rencana β_1 dan faktor reduksi kekuatan ϕ antara SNI 03-2847-2002 dan SNI 2847:2013.

- a. Contoh perhitungan tulangan lentur balok pada posisi tumpuan menggunakan SNI 03-2847-2002

Balok B0a

Lebar bawah (b) : 250 mm

Tinggi balok (h) : 600 mm

Tinggi efektif (d) : 549 mm
 Selimut beton (d') : 30 mm
 fy : 390 MPa
 $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$
 fc' = 30 MPa

1. Penulangan terhadap lentur

a. Tulangan Tumpuan

Analisis lentur balok B0a 60/25

$$M_u = 216,93 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{0,8} \\ &= \frac{216,93}{0,8} \\ &= 271,16 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\ &= \frac{390}{0,85 \cdot 30} \\ &= 15,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{271,16 \cdot 10^6}{250 \cdot 549^2} \\ &= 3,60 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,29 \cdot 3,60}{390}} \right) \\ &= 0,0099 > \rho_{\min} = 0,0036 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{390} \left(\frac{600}{600+390} \right)$$

$$= 0,034$$

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

$$= 0,75 \times 0,034$$

$$= 0,025$$

Sehingga digunakan $\rho_{perlu} = 0,0099$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0099 \cdot 250 \cdot 549$$

$$= 1371,22 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22

$$A_{st} = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi \cdot 22^2$$

$$= 380,13 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{st}}$$

$$= \frac{1371,22}{380,13}$$

$$= 3,61 \approx \text{dipangkas menggunakan 5 tulangan}$$

$$A_{s_{pakai}} = n \cdot A_{st}$$

$$= 5 \cdot 380,13$$

$$= 1900,66 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan tekan yang dibutuhkan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

$$A_{s'} > 0,5 A_{s_{perlu}}$$

$$0,5 \cdot 1371,22 = 685,61 \text{ mm}^2$$

Menggunakan 3D22

$$A_{s'} = 1140,39$$

Kontrol kelelahan:

asumsi tulangan tarik leleh dan tekan belum

$$f_s' = \frac{c-d'}{c} 0,003 \cdot E$$

$$= \frac{c-30}{c} 0,003 \cdot 200000$$

$$= \frac{c-30}{c} \cdot 600$$

$$0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot b + As' \cdot fs' = As_{pakai} \cdot fy$$

$$0,85 \cdot 30 \cdot (0,85 \cdot c) 250 + 1140,39 \cdot \frac{c-30}{c} \cdot 600 = 1900,66 \cdot 390$$

$$5418,75c^2 + 57019,91c - 20527166,4 = 0$$

Nilai c dicari dengan menggunakan rumus ABC

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{-57019,91 + \sqrt{-57019,91^2 - 4 \cdot 5418,75 \cdot -20527166,4}}{2 \cdot 5418,75}$$

$$= 67,03 \text{ mm}$$

$$a = 0,85 \cdot c$$

$$= 0,85 \cdot 67,03$$

$$= 56,98 \text{ mm}$$

$$fs' = \frac{c-30}{c} \cdot 600$$

$$= \frac{67,03 - 30}{67,03} \cdot 600$$

$$= 331,48 \text{ Mpa} < fy = 390 \text{ Mpa} \dots \text{Asumsi benar}$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \cdot 0,003$$

$$= \frac{549 - 67,03}{67,03} \cdot 0,003$$

$$= 0,021 > \epsilon_y = 0,002 \text{ (reg.baja leleh) } \dots \text{OK}$$

Kapasitas balok terhadap momen

$$Cc = 0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 56,98 \cdot 250$$

$$= 363240,29 \text{ N}$$

$$Cs = As' \cdot fs'$$

$$= 1140,39 \cdot 331,48$$

$$= 378018,49 \text{ N}$$

$$M1 = Cc \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 363240,29 \left(549 - \frac{56,98}{2} \right)$$

$$= 189,07 \text{ KNm}$$

$$M_2 = C_s (d - d')$$

$$= 378018,49 (549 - 30)$$

$$= 196,19 \text{ KNm}$$

Momen nominal

$$M_{kap} = (M_{n1} + M_{n2})$$

$$= (189,07 + 196,19)$$

$$= 385,26 \text{ KNm} > M_n = 216,93 \text{ KNm} \dots \text{OK}$$

Berdasarkan perhitungan diatas , maka balok pada tumpuan aman terhadap lentur

- b. Contoh perhitungan tulangan lentur balok pada posisi tumpuan menggunakan SNI 2847:2013

Balok B0a

Lebar bawah (b) : 250 mm

Tinggi balok (h) : 600 mm

Tinggi efektif (d) : 549 mm

Selimut beton (d') : 30 mm

f_y : 390 Mpa

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

f_c' = 30 Mpa

1. Penulangan terhadap lentur

- a. Tulangan Tumpuan

Analisis lentur balok B0a 60/25

$$M_u = 216,93 \text{ KNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9}$$

$$= \frac{216,93}{0,9}$$

$$= 241,03 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\
 &= \frac{390}{0,85 \cdot 30} \\
 &= 15,29
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{241,03 \cdot 10^6}{250 \cdot 549^2} \\
 &= 3,19 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,0036
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,29 \cdot 3,19}{390}} \right) \\
 &= 0,0088 > \rho_{\min} = 0,0036
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,86 \cdot 30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\
 &= 0,034
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,034 \\
 &= 0,025
 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0088$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0088 \cdot 250 \cdot 549 \\
 &= 1206,90 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D22

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi \cdot 22^2
 \end{aligned}$$

$$= 380,13 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{st}}$$

$$= \frac{1206,90}{380,13}$$

$= 3,17 \approx$ dilapangan menggunakan 4 tulangan

$$A_{s\text{pakai}} = n \cdot A_{st}$$

$$= 4 \cdot 380,13$$

$$= 1520,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan tekan yang dibutuhkan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

$$A_s' > 0,5 A_{s\text{perlu}}$$

$$0,5 \cdot 1206,90 = 603,45 \text{ mm}^2$$

Menggunakan 2D22

$$A_s' = 760,26$$

Kontrol kelelahan:

asumsi tulangan tarik leleh dan tekan belum

$$f_s' = \frac{c-d'}{c} 0,003 \cdot E$$

$$= \frac{c-30}{c} 0,003 \cdot 200000$$

$$= \frac{c-30}{c} \cdot 600$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_{s\text{pakai}} \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot 30 \cdot (0,85 \cdot c) 250 + 760,26 \cdot \frac{c-30}{c} \cdot 600 = 1520,53 \cdot 390$$

$$5418,75c^2 + 136847,776c - 13684777,6 = 0$$

Nilai c dicari dengan menggunakan rumus ABC

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{-136847,776 + \sqrt{-136847,776^2 - 4 \cdot 5418,75 \cdot -13684777,6}}{2 \cdot 5418,75}$$

$$= 64,44 \text{ mm}$$

$$a = 0,85 \cdot c$$

$$= 0,85 \cdot 64,44$$

$$\begin{aligned}
 &= 54,78 \text{ mm} \\
 f_s' &= \frac{c-30}{c} \cdot 600 \\
 &= \frac{64,44 - 40}{64,44} \cdot 600 \\
 &= 320,68 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa} \dots \text{Asumsi benar} \\
 \epsilon_s &= \frac{d-c}{c} \cdot 0,003 \\
 &= \frac{549 - 64,44}{64,44} \cdot 0,003 \\
 &= 0,022 > \epsilon_y = 0,002 \text{ (reg.baja leleh) } \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

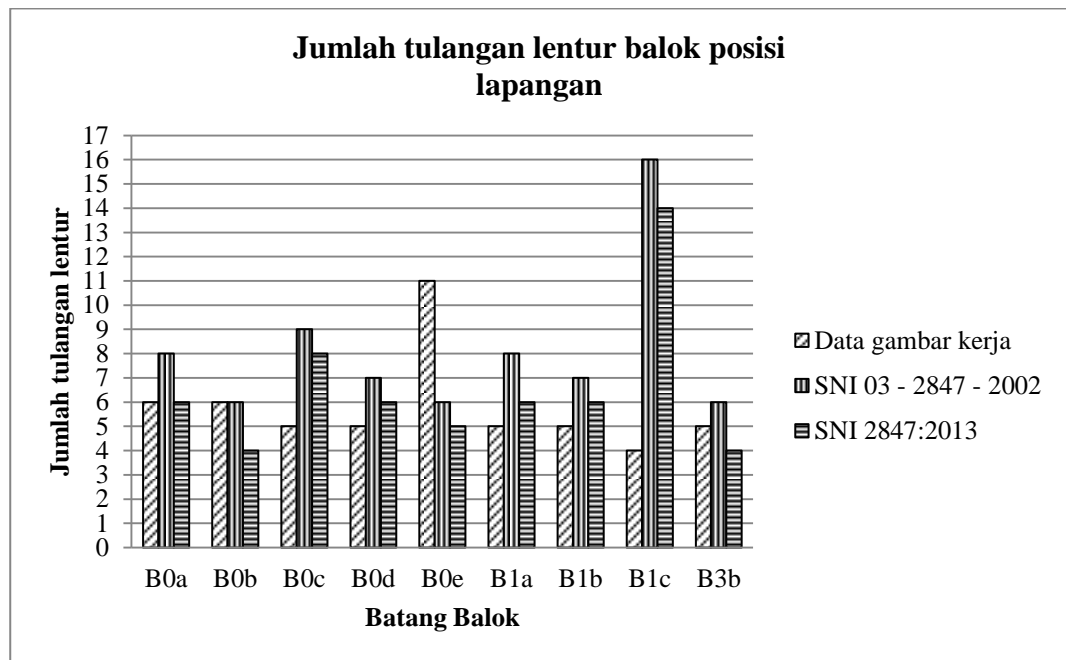
Kapasitas balok terhadap momen

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \\
 &= 0,85 \cdot 30 \cdot 54,78 \cdot 250 \\
 &= 349201,77 \text{ N} \\
 C_s &= A_s' \cdot f_s' \\
 &= 760,26 \cdot 320,68 \\
 &= 243805,26 \text{ N} \\
 M_1 &= C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 349201,77 \left(549 - \frac{54,78}{2} \right) \\
 &= 182,15 \text{ KNm} \\
 M_2 &= C_s (d - d') \\
 &= 243805,26 (549 - 30) \\
 &= 126,53 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

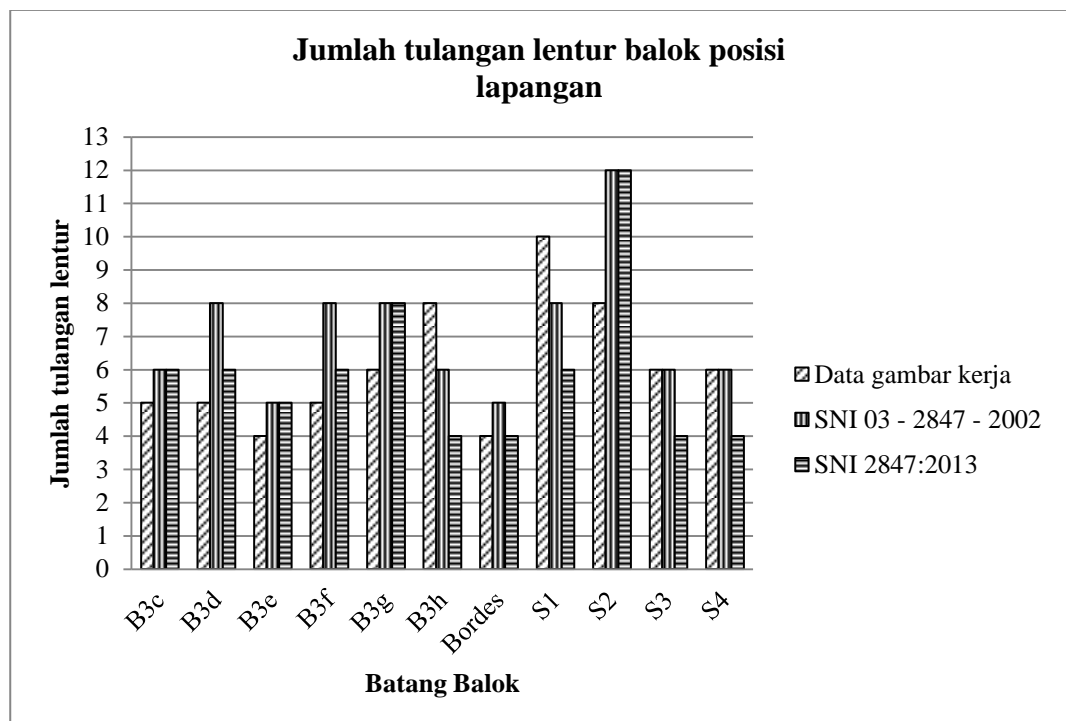
Momen nominal

$$\begin{aligned}
 M_{kap} &= (M_{n1} + M_{n2}) \\
 &= (182,15 + 126,53) \\
 &= 308,68 \text{ KNm} > M_n = 241,03 \text{ KNm} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas , maka balok pada tumpuan aman terhadap lentur



Gambar 6.3. Diagram batang perbandingan tulangan lentur balok pada posisi lapangan.



Gambar 6.4. Diagram batang perbandingan tulangan lentur balok pada posisi lapangan (lanjutan).

Pada gambar 6.3 dan 6.4 menjelaskan perbandingan tulangan lentur balok pada posisi lapangan yang disajikan dalam diagram batang. Pada balok B0a jumlah tulangan lentur 6 buah pada data gambar kerja, 8 buah pada perancangan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 dan 6 buah pada perancangan ulang menggunakan SNI 2847:2013. Terjadi perbedaan jumlah tulangan lentur balok pada posisi lapangan dikarenakan perbedaan beban yang diterima masing- masing balok serta perbedaan ketentuan mengenai faktor kekuatan beton rencana $\beta 1$ dan faktor reduksi kekuatan ϕ antara SNI 03-2847-2002 dan SNI 2847:2013.

- a. Contoh perhitungan tulangan lentur balok pada posisi lapangan menggunakan SNI 03-2847-2002

Balok B0a

Lebar bawah (b) : 250 mm

Tinggi balok (h) : 600 mm

Tinggi efektif (d) : 549 mm

Selimit beton (d') : 30 mm

f_y : 390 MPa

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

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

1. Penulangan terhadap lentur

- a. Analisis Lapangan

$$M_u = 177,42 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{0,8} \\ &= \frac{177,42}{0,8} \\ &= 221,77 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\ &= \frac{390}{0,85 \cdot 30} \\ &= 15,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{221,77 \cdot 10^6}{300.540,5^2} \\ &= 2,94 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,29 \cdot 2,94}{390}} \right) \\ &= 0,0080 > \rho_{\min} = 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,034 \\ &= 0,025 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0080$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0080 \cdot 250 \cdot 549 \\ &= 1103,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D22

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi \cdot 22^2 \\ &= 380,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan (n)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{st}} \\ &= \frac{1103,67}{380,13} \end{aligned}$$

= 2,90 ≈ dilapangan menggunakan 5 tulangan

$$\begin{aligned} A_{S_{pakai}} &= n \cdot A_{st} \\ &= 5 \cdot 380,13 \\ &= 1900,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan yang dibutuhkan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_s' &> 0,5 A_{s_{perlu}} \\ 0,5 \cdot 1103,67 &= 551,83 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menggunakan 3D22

$$A_s' = 1140,39$$

Kontrol kelelahan:

asumsi tulangan tarik leleh dan tekan belum

$$\begin{aligned} f_s' &= \frac{c-d'}{c} 0,003 \cdot E \\ &= \frac{c-30}{c} 0,003 \cdot 200000 \\ &= \frac{c-30}{c} \cdot 600 \end{aligned}$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_{S_{pakai}} \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot 30 \cdot (0,85 \cdot c) 250 + 1140,39 \cdot \frac{c-30}{c} \cdot 600 = 1520,53 \cdot 390$$

$$5418,75c^2 + 57019,91 - 20527166,4 = 0$$

Nilai c dicari dengan menggunakan rumus ABC

$$\begin{aligned} c &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= 67,03 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= 0,85 \cdot c \\ &= 0,85 \cdot 67,03 \\ &= 56,98 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_s' &= \frac{c-30}{c} \cdot 600 \\ &= \frac{67,03 - 30}{67,03} \cdot 600 \end{aligned}$$

$$= 331,48 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa} \dots \text{Asumsi benar}$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \cdot 0,003$$

$$= \frac{549-67,03}{67,03} 0,003$$

$$= 0,022 > \epsilon_y = 0,002 \text{ (reg.baja leleh) ... OK}$$

Kapasitas balok terhadap momen

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 56,98 \cdot 250$$

$$= 363240,29 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s'$$

$$= 1140,39 \cdot 331,48$$

$$= 378018,49 \text{ N}$$

$$M_1 = C_c \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 363240,29 \left(549 - \frac{56,98}{2} \right)$$

$$= 189,07 \text{ KNm}$$

$$M_2 = C_s (d - d')$$

$$= 378018,49 (549 - 30)$$

$$= 196,19 \text{ KNm}$$

Momen nominal

$$M_{kap} = (M_{n1} + M_{n2})$$

$$= (189,07 + 196,19)$$

$$= 385,26 \text{ KNm} > M_n = 221,77 \text{ KNm} \dots \text{OK}$$

Berdasarkan perhitungan diatas , maka balok pada lapangan aman terhadap lentur.

- b. Contoh perhitungan tulangan lentur balok pada posisi lapangan menggunakan SNI 2847:2013

Balok B0a

Lebar bawah (b) : 250 mm

Tinggi balok (h) : 600 mm

Tinggi efektif (d) : 549 mm

Selimit beton (d') : 30 mm

f_y : 390 MPa

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

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

1. Penulangan terhadap lentur

a. Analisis Lapangan

$$M_u = 177,42 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{0,9} \\ &= \frac{177,42}{0,9} \\ &= 197,13 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{390}{0,85 \cdot 30} \\ &= 15,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{197,13 \cdot 10^6}{250 \cdot 549^2} \\ &= 2,62 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,29 \cdot 2,62}{390}} \right) \\ &= 0,0071 > \rho_{\min} = 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,86 \cdot 30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,034 \end{aligned}$$

$$= 0,025$$

Sehingga digunakan $\rho_{perlu} = 0,0071$

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} &= \rho_{perlu} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0071 \cdot 250 \cdot 549 \\ &= 973,51 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D22

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi \cdot 22^2 \\ &= 380,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan (n)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{st}} \\ &= \frac{973,51}{380,13} \\ &= 2,56 \approx \text{dilapangan menggunakan 4 tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{pakai}} &= n \cdot A_{st} \\ &= 4 \cdot 380,13 \\ &= 1520,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan yang dibutuhkan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_{s'} &> 0,5 A_{s_{perlu}} \\ 0,5 \cdot 973,51 &= 486,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menggunakan 2D22

$$A_{s'} = 760,26$$

Kontrol kelelahan:

asumsi tulangan tarik leleh dan tekan belum

$$\begin{aligned} f_{s'} &= \frac{c-d'}{c} 0,003 \cdot E \\ &= \frac{c-30}{c} 0,003 \cdot 200000 \\ &= \frac{c-30}{c} \cdot 600 \end{aligned}$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b + A_{s'} \cdot f_{s'} = A_{s_{pakai}} \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot 30 \cdot (0,85 \cdot c) \cdot 250 + 760,26 \cdot \frac{c-30}{c} \cdot 600 = 1520,53 \cdot 390$$

$$5418,75c^2 + 136847,78c - 13684777,6 = 0$$

Nilai c dicari dengan menggunakan rumus ABC

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= 64,44 \text{ mm}$$

$$a = 0,85 \cdot c$$

$$= 0,85 \cdot 64,44$$

$$= 54,78 \text{ mm}$$

$$f_s' = \frac{c-30}{c} \cdot 600$$

$$= \frac{64,44 - 30}{64,44} \cdot 600$$

$$= 320,68 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa} \dots \text{Asumsi benar}$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \cdot 0,003$$

$$= \frac{549 - 64,44}{64,44} \cdot 0,003$$

$$= 0,022 > \epsilon_y = 0,002 \text{ (reg.baja leleh) } \dots \text{OK}$$

Kapasitas balok terhadap momen

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 54,78 \cdot 250$$

$$= 349201,77 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s'$$

$$= 760,26 \cdot 320,68$$

$$= 243805,26 \text{ N}$$

$$M_1 = C_c \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 349201,77 \left(549 - \frac{54,78}{2} \right)$$

$$= 182,15 \text{ KNm}$$

$$M_2 = C_s (d - d')$$

$$= 243805,26 (549 - 30)$$

$$= 126,53 \text{ KNm}$$

Momen nominal

$$\begin{aligned}
 M_{kap} &= (M_{n1} + M_{n2}) \\
 &= (182,15 + 126,53) \\
 &= 308,68 \text{ KNm} > M_n = 197,13 \text{ KNm} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas , maka balok pada lapangan aman terhadap lentur.

Berdasarkan diagram batang pada gambar 6.1, 6.2, 6.3, dan 6.4 maka dapat disimpulkan:

a. Posisi Tumpuan

Perancangan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 batang balok B0a, B0b, B0e, B1b, B3b, B3g, B3h, dan S1 pada posisi tumpuan mengalami pengurangan jumlah tulangan lentur dari data gambar kerja. Untuk balok B0c, B0d, B1c, B3d, B3e, B3f, Bordes dan S2 pada posisi tumpuan mengalami penambahan jumlah tulangan lentur dari data gambar kerja. Untuk balok B1a, B3c, S3, dan S4 jumlah tulangan lentur sama dengan data gambar kerja. Perancangan ulang dengan menggunakan SNI 2847:2013 semua balok mengalami pengurangan jumlah tulangan dari perancangan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 kecuali pada balok B3c, B3e, B3g dan S2 yang memiliki jumlah tulangan lentur yang sama.

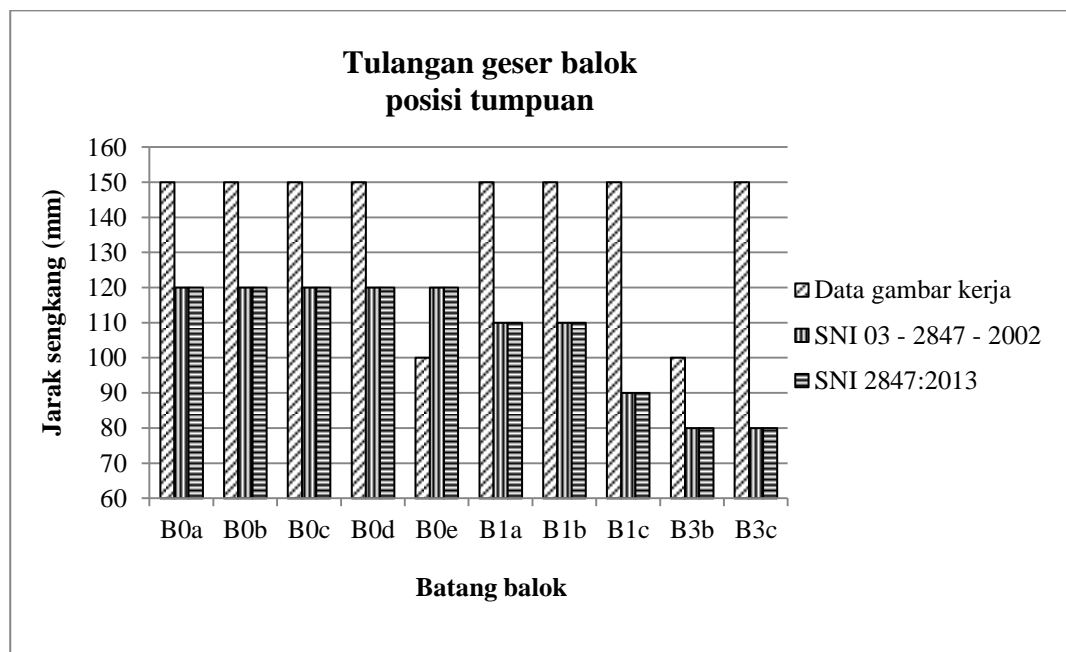
b. Posisi Lapangan

Perancangan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 batang balok B0e, B3h, dan S1 pada posisi lapangan mengalami pengurangan jumlah tulangan lentur dari data gambar kerja. Untuk balok B0a, B0c, B0d, B1a, B1b, B1c, B3b, B3c, B3d, B3e, B3f, B3g, Bordes dan S2 pada posisi lapangan mengalami penambahan jumlah tulangan lentur dari data gambar kerja. Untuk balok B0b, S3, dan S4 jumlah tulangan lentur sama dengan data gambar kerja. Perancangan ulang dengan menggunakan SNI 2847:2013 semua balok mengalami pengurangan jumlah tulangan dari perancangan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 kecuali

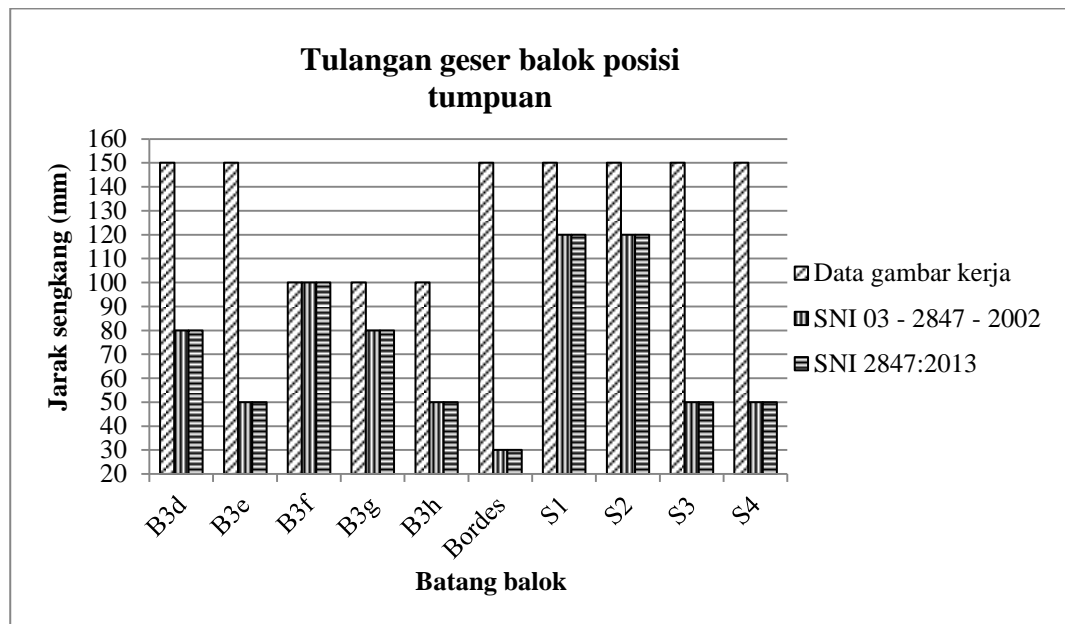
pada balok B3c, B3e, B3g dan S2 yang memiliki jumlah tulangan lentur yang sama.

2. Tulangan Geser

Diameter tulangan geser balok tiap penampang antara data gambar kerja dan perancangan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 dan SNI 2847:2013 adalah sama yang membedakan adalah hasil dari jarak tulangan geser balok (S). Hasil perbandingan jarak tulangan geser balok dapat dilihat pada diagram berikut:



Gambar 6.5. Diagram batang perbandingan jarak tulangan geser balok pada posisi tumpuan.



Gambar 6.6. Diagram batang perbandingan jarak tulangan geser balok pada posisi tumpuan (lanjutan).

Pada gambar 6.5 dan 6.6 menjelaskan perbandingan tulangan geser balok pada posisi tumpuan yang disajikan dalam diagram batang. Pada balok B0a jarak tulangan geser 150 mm pada data gambar kerja, 120 mm pada perancangan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 dan 120 mm pada perancangan ulang menggunakan SNI 2847:2013. Terjadi perbedaan jarak tulangan geser balok pada posisi tumpuan dikarenakan perbedaan beban yang diterima masing- masing balok serta perbedaan ketentuan mengenai rumus V_c antara SNI 03-2847-2002 dan SNI 2847:2013.

a. Contoh perhitungan tulangan geser balok pada posisi tumpuan menggunakan SNI 03-2847-2002

1. Penulangan terhadap geser

Data perencanaan sebagai berikut :

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

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$\emptyset_{\text{sengkang}} = 10 \text{ mm}$$

$$n = 2 \text{ (Jumlah sengkang)}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

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

$$d = 549 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,75$$

a. Analisis Tumpuan (Balok B0a)

$$V_u = 129,29 \text{ KN}$$

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton sebesar

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

$$= 125,29 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 125,29$$

$$= 93,97 \text{ KN} < V_c = 125,29 \text{ KN} \dots \text{Perlu tulangan geser}$$

Kuat geser yang diterima sengkang sebesar :

$$V_c = 0 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$= 172,39 \text{ KN}$$

Menggunakan sengkang 2 ϕ 10:

$$A_v = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2$$

$$= 157,08 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s}$$

$$= 120,06 \approx 120 \text{ mm}$$

S_{maksimum} tidak boleh melebihi dari :

$$d/4 = 549/4 = 137,25 \text{ mm}$$

$$8\phi 16 = 128 \text{ mm}$$

$$24\phi 10 = 240 \text{ mm}$$

$$300 \text{ mm}$$

Jadi, jarak sengkang yang digunakan (S_{pakai}) adalah 120 mm

$$V_{S_{\text{pakai}}} = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= 172,47 \text{ KN}$$

Kuat geser nominal

$$V_n = V_c + V_{S_{\text{pakai}}}$$

$$= 125,29 + 172,47$$

$$= 297,76 \text{ KN}$$

Cek kuat geser

$$\phi V_n = 0,75 \cdot 297,76$$

$$= 223,32 \text{ KN} > V_u = 129,29 \text{ KN} \dots \text{ Oke}$$

b. Contoh perhitungan tulangan geser balok pada posisi tumpuan menggunakan SNI 2847:2013

1. Penulangan terhadap geser

Data perencanaan sebagai berikut :

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

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$\text{Øsengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$n = 2 \text{ (Jumlah sengkang)}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

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

$$d = 549 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,75 \text{ (sesuai SNI 03 - 2847 - 2013)}$$

a. Analisis Tumpuan (Balok B0a)

$$V_u = 129,29 \text{ KN}$$

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton sebesar

$$V_c = 0,167 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= 125,29 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 125,29$$

$$= 93,97 \text{ KN} < V_c = 125,29 \text{ KN} \dots \text{ Perlu}$$

tulangan geser

Kuat geser yang diterima sengkang sebesar :

$$V_c = 0 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$= 172,39 \text{ KN}$$

Menggunakan sengkang 2 Ø 10:

$$A_v = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2$$

$$= 157,08 \text{ mm}$$

$$S = \frac{Av.Fy.d}{V_s}$$

$$= 120,06 \approx 120 \text{ mm}$$

S_{maksimum} tidak boleh melebihi dari :

$$d/4 = 549/4 = 137,25 \text{ mm}$$

$$8\phi 16 = 128 \text{ mm}$$

$$24\phi 10 = 240 \text{ mm}$$

$$300 \text{ mm}$$

Jadi, jarak sengkang yang digunakan (S_{pakai}) adalah 120 mm

$$V_{S_{\text{pakai}}} = \frac{Av.Fy.d}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= 172,47 \text{ KN}$$

Kuat geser nominal

$$V_n = V_c + V_{S_{\text{pakai}}}$$

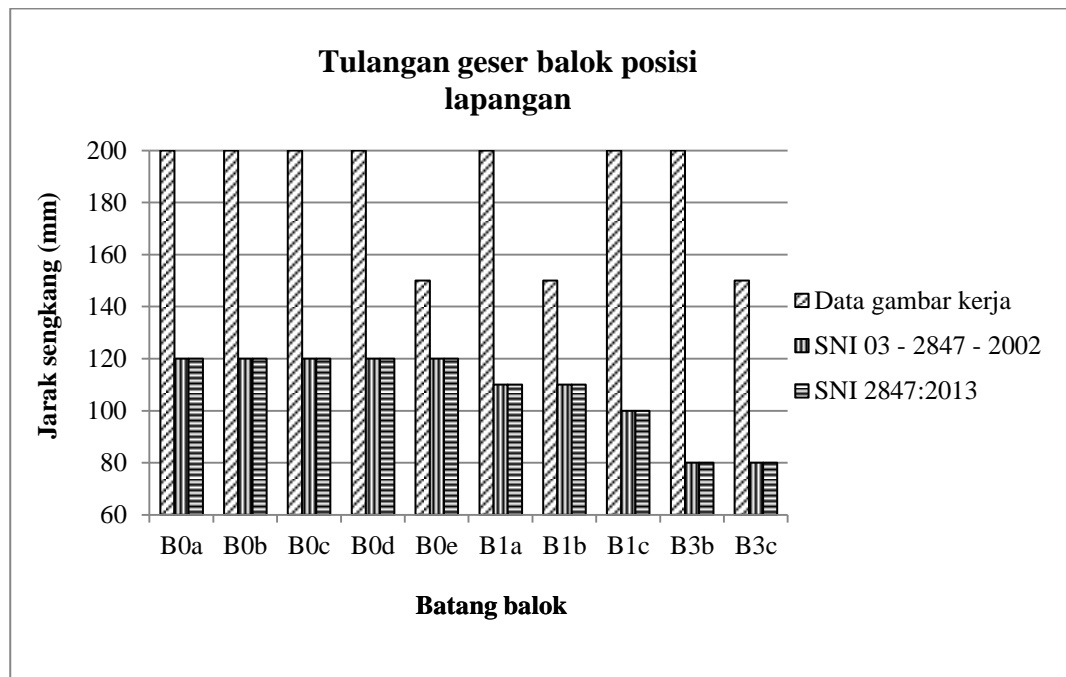
$$= 125,29 + 172,47$$

$$= 297,76 \text{ KN}$$

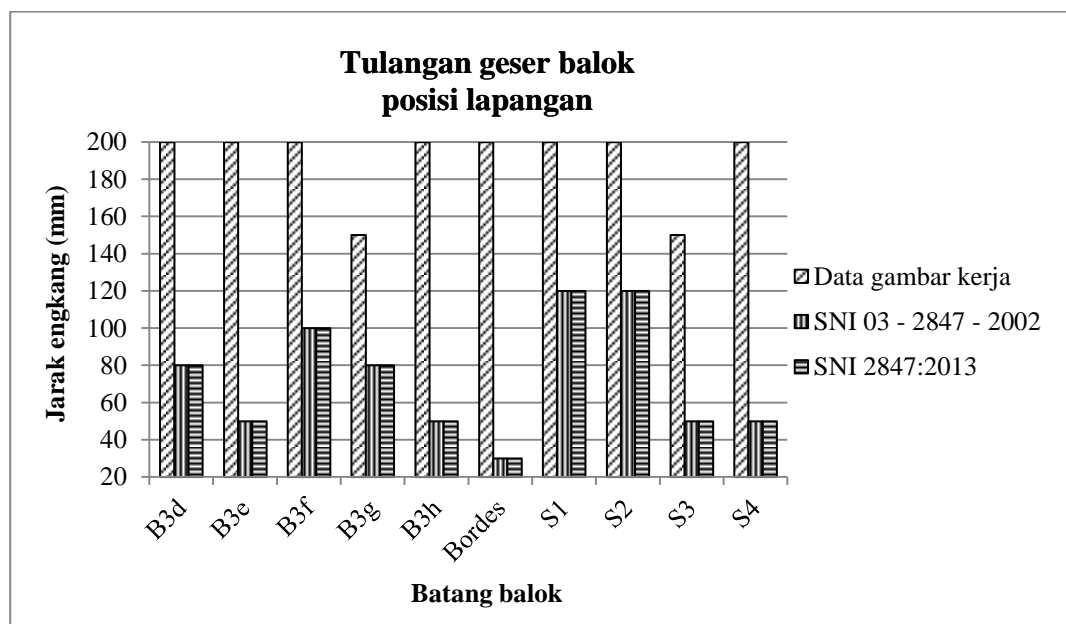
Cek kuat geser

$$\phi V_n = 0,75 \cdot 297,76$$

$$= 223,32 \text{ KN} > V_u = 129,29 \text{ KN} \dots \text{ Oke}$$



Gambar 6.7. Diagram batang perbandingan jarak tulangan geser balok pada posisi lapangan.



Gambar 6.8. Diagram batang perbandingan jarak tulangan geser balok pada posisi lapangan (lanjutan).

Pada gambar 6.7 dan 6.8 menjelaskan perbandingan tulangan geser balok pada posisi lapangan yang disajikan dalam diagram batang. Pada balok

B0a jarak tulangan geser 200 mm pada data gambar kerja, 120 mm pada perancangan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 dan 120 mm pada perancangan ulang menggunakan SNI 2847:2013. Terjadi perbedaan jarak tulangan geser balok pada posisi lapangan dikarenakan perbedaan beban yang diterima masing- masing balok serta perbedaan ketentuan mengenai rumus V_c antara SNI 03-2847-2002 dan SNI 2847:2013.

a. Contoh perhitungan tulangan geser balok pada posisi lapangan menggunakan SNI 03-2847-2002.

1. Penulangan terhadap geser

Data perencanaan sebagai berikut :

f_c'	= 30 Mpa
f_y	= 240 Mpa
\emptyset sengkang	= 10 mm
n	= 2 (Jumlah sengkang)
b	= 250 mm
h	= 600 mm
d	= 549 mm
ϕ	= 0,75

a. Analisis Lapangan

$$V_u = 120,49 \text{ KN}$$

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton sebesar

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= 125,29 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 125,29$$

$$= 93,97 \text{ KN} < V_c = 125,29 \text{ KN} \dots \text{Perlu tulangan geser}$$

Kuat geser yang diterima sengkang sebesar :

$$V_c = 0 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$= 160,65 \text{ KN}$$

Menggunakan sengkang 4 \emptyset 10:

$$A_v = 4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2$$

$$= 314,16 \text{ mm}$$

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s}$$

$$= 257,66 \approx 260 \text{ mm}$$

S_{maksimum} tidak boleh melebihi dari :

$$d/4 = 549/4 = 137,25 \text{ mm}$$

$$8\phi 16 = 128 \text{ mm}$$

$$24\phi 10 = 240 \text{ mm}$$

$$300 \text{ mm}$$

Jadi, jarak sengkang yang digunakan (S_{pakai}) adalah 120 mm

$$V_{S_{\text{pakai}}} = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= 323,39 \text{ KN}$$

Kuat geser nominal

$$V_n = V_c + V_{S_{\text{pakai}}}$$

$$= 125,29 + 323,39$$

$$= 448,68 \text{ KN}$$

Cek kuat geser

$$\phi V_n = 0,75 \cdot 448,68$$

$$= 336,51 \text{ KN} > V_u = 120,49 \text{ KN} \dots \text{ Oke}$$

b. Contoh perhitungan tulangan geser balok pada posisi lapangan menggunakan SNI 2847:2013

1. Penulangan terhadap geser

Data perencanaan sebagai berikut :

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

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$\phi_{\text{sengkang}} = 10 \text{ mm}$$

$$n = 2 \text{ (Jumlah sengkang)}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

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

$$d = 549 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,75$$

a. Analisis lapangan

$$V_u = 120,49 \text{ KN}$$

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton sebesar

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= 125,29 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 125,29$$

$$= 93,97 \text{ KN} < V_c = 125,29 \text{ KN} \dots \text{Perlu tulangan geser}$$

Kuat geser yang diterima sengkang sebesar :

$$V_c = 0 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$= 160,65 \text{ KN}$$

Menggunakan sengkang 4 ϕ 10:

$$A_v = 4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2$$

$$= 314,16 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s}$$

$$= 257,66 \approx 250 \text{ mm}$$

S_{maksimum} tidak boleh melebihi dari :

$$d/4 = 549/4 = 137,25 \text{ mm}$$

$$8\phi 16 = 128 \text{ mm}$$

$$24\phi 10 = 240 \text{ mm}$$

$$300 \text{ mm}$$

Jadi, jarak sengkang yang digunakan (S_{pakai}) adalah 120 mm

$$V_{S_{\text{pakai}}} = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= 323,39 \text{ KN}$$

Kuat geser nominal

$$V_n = V_c + V_{S_{\text{pakai}}}$$

$$= 125,29 + 323,39$$

$$= 448,68 \text{ KN}$$

Cek kuat geser

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 \cdot 323,39 \\ &= 336,51 \text{ KN} > V_u = 120,49 \text{ KN} \dots \text{ Oke}\end{aligned}$$

Berdasarkan diagram batang pada gambar 6.5, 6.6, 6.7 dan 6.8 maka untuk tulangan geser dapat disimpulkan sebagai berikut :

a. Posisi Tumpuan

Perancangan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 batang balok B0a, B0b, B0c, B0d, B1a, B1b, B1c, B3b, B3c, B3d, B3e, B3g, B3h, Bordes, S1, S2, S3 dan S4 pada posisi tumpuan memiliki kebutuhan tulangan geser lebih kecil dari data gambar kerja. Untuk balok B0e pada posisi tumpuan memiliki kebutuhan tulangan geser lebih besar dari data gambar kerja. Untuk balok B3f memiliki kebutuhan tulangan geser yang sama dengan data gambar kerja. Perancangan ulang dengan menggunakan SNI 2847:2013 semua balok memiliki kebutuhan tulangan geser yang sama dengan perancangan ulang menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002.

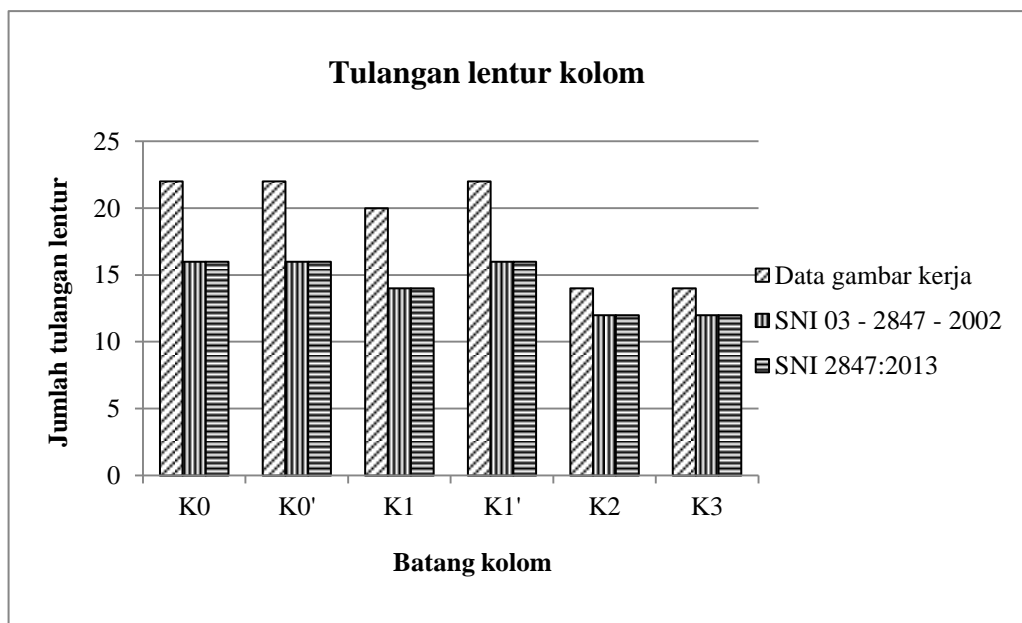
b. Posisi Lapangan

Perancangan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 semua batang balok pada posisi lapangan memiliki kebutuhan tulangan geser lebih kecil dari data gambar kerja. Perancangan ulang dengan menggunakan SNI 2847:2013 semua balok memiliki kebutuhan tulangan geser yang sama dengan perancangan ulang menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002.

B. Kolom

1. Tulangan Lentur

Diameter tulangan lentur kolom dari data gambar kerja dibandingkan dengan perancangan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 dan SNI 2847:2013 adalah sama yang membedakan adalah jumlah tulangan lentur. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada diagram berikut:

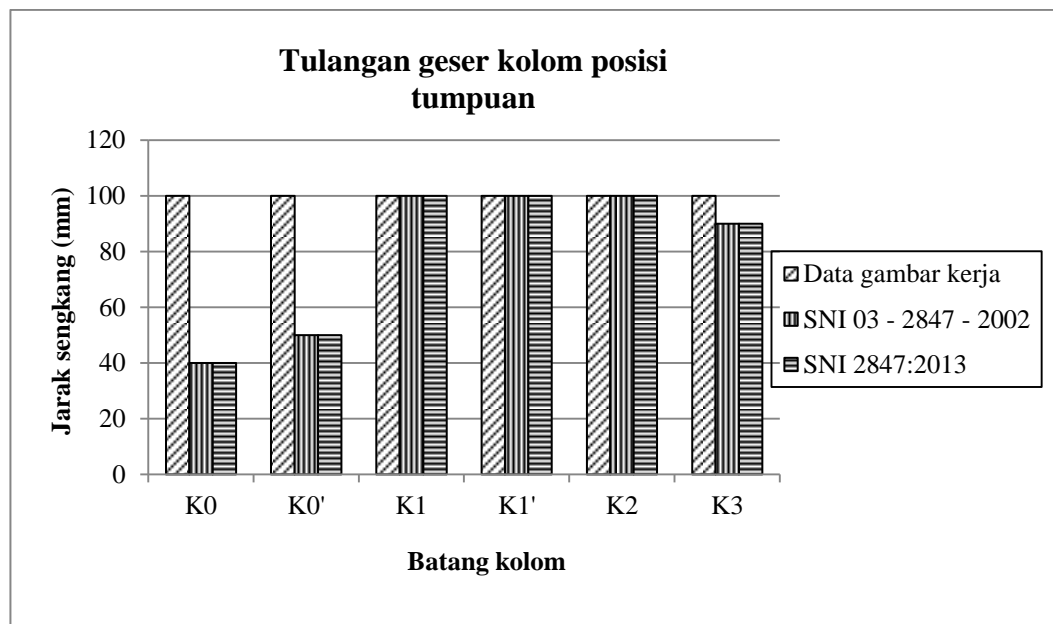


Gambar 6.9. Diagram batang perbandingan tulangan lentur kolom.

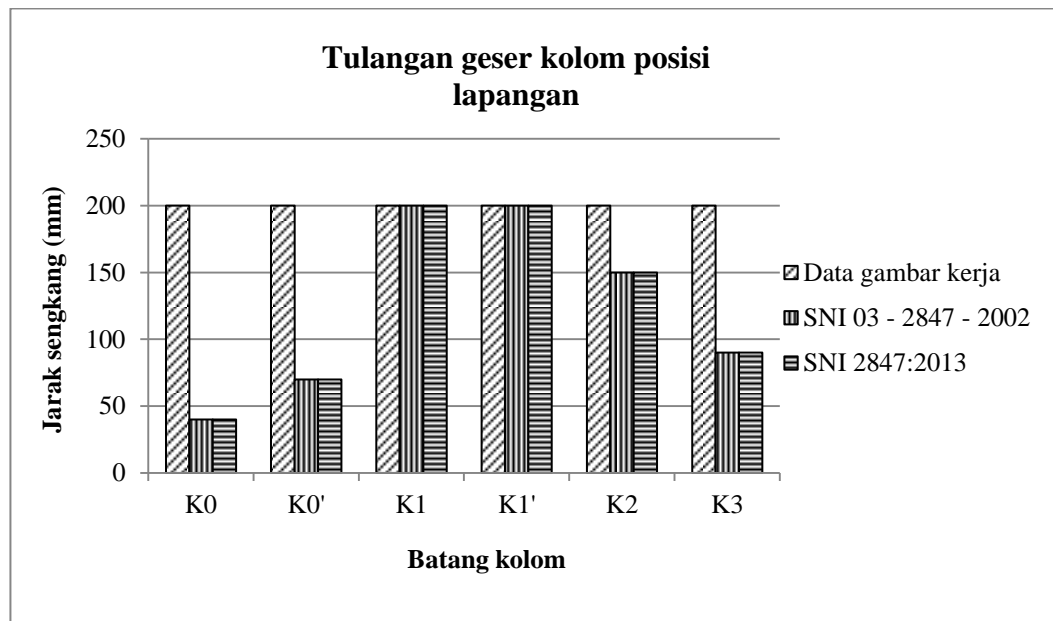
Berdasarkan diagram batang perbandingan tulangan lentur kolom, perancangan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 kolom tipe K0, K0', K1, K1', K2, dan K3 mengalami pengurangan jumlah tulangan lentur dari data gambar kerja. Sedangkan perancangan ulang dengan menggunakan SNI 2847:2013 semua kolom memiliki jumlah tulangan lentur yang sama dengan perancangan ulang menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002.

2. Tulangan Geser

Pada tulangan geser kolom yang membedakan antara perancangan awal dan perancangan ulang adalah jarak dari tulangan geser kolom, sedangkan diameternya adalah sama. Hasil perbandingan jarak tulangan geser kolom dapat dilihat pada diagram berikut:



Gambar 6.10. Diagram batang perbandingan jarak tulangan geser kolom pada posisi tumpuan.



Gambar 6.11. Diagram batang perbandingan jarak tulangan geser kolom pada posisi lapangan.

Berdasarkan diagram batang pada gambar 6.10. dan 6.11. maka untuk tulangan geser kolom dapat disimpulkan sebagai berikut

a. Posisi Tumpuan

Perancangan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 kolom tipe K0, K0' dan K3 pada posisi tumpuan mengalami pengecilan jarak antar tulangan geser dari data gambar kerja. Sedangkan batang kolom, K1, K1' dan K2 pada posisi tumpuan memiliki jarak antar tulangan geser yang sama dari data gambar kerja. Perancangan ulang dengan menggunakan SNI 2847:2013 semua kolom memiliki jarak antar tulangan geser yang sama dengan perancangan ulang menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002..

b. Posisi Lapangan

Perancangan ulang dengan menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002 kolom tipe K0, K0', K2 dan K3 pada posisi lapangan mengalami pengecilan jarak antar tulangan geser dari data gambar kerja. Sedangkan batang kolom, K1 dan K1' pada posisi lapangan memiliki jarak antar tulangan geser yang sama dari data gambar kerja. Perancangan ulang dengan menggunakan

SNI 2847:2013 semua kolom memiliki jarak antar tulangan geser yang sama dengan perancangan ulang menggunakan SNI 03 – 2847 – 2002.