

PERENCANAAN ULANG BALOK BETON BERTULANG PADA GEDUNG RUSUNAWA UMM DENGAN METODE STRUT AND TIE

Dona Dwi Fitrianti¹

Bank BPD Kalimantan Timur

Zamzami S.²

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil²
Fakultas Teknik –Univ.Muhammadiyah Malang
Kampus III Jl.Tlogomas No 246 Tlp (0341)464318-319 pes.130 Fax (0341)460435
e-mail : Zam Septiropa@umm.ac.id

Erwin Rommel³

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil³
Fakultas Teknik –Univ.Muhammadiyah Malang
Kampus III Jl.Tlogomas No 246 Tlp (0341)464318-319 pes.130 Fax (0341)460435
e-mail : Erwin@umm.ac.id

ABSTRACT

Deep beam is the reinforced concrete structure, which has loads like normal beam, but has a comparatively high rate / width of a large, with clean span of L_n equal to or less than four times the overall member height (h) or twice effectively depth beam ($2d$) from the face of support with concentrated loading. Strut and Tie Model (STM) is a method used to find the balance between load and reaction forces in the concrete and steel.

Redesign on Rusunawa beams using deep beam structure that consists of, beam $0.9 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$ with length 6.8 m that loaded of concentrated loading and deep beam $1.3 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$ by 4.2 m long that uniformly distributed loading. quality of concrete is used 25 Mpa and the quality of Steel 350 Mpa

From the results of planning by using Strut and Tie Model (STM), obtained main flexure reinforcement of 6.8 meters is $4D19$ for tensile bar and $5D19$ for assembling bar. and $\text{Ø}8 - 160 \text{ mm}$ for horizontal and vertical stirrups. As for the deep beam spans 4.2 meters , obtained flexure reinforcement is $5D20$ for tensile and assembling bar and $\text{Ø}8 - 220.2 \text{ mm}$ for horizontal and vertical stirrups.

Keywords: Deep beam, Strut and Tie method

PENDAHULUAN

Balok tinggi adalah bagian struktur beton bertulang, yang mengalami beban seperti balok biasa, tetapi mempunyai angka perbandingan tinggi/lebar yang besar. Pada umumnya balok tinggi ditemukan dalam balok bagi (girder), di dalam dinding penahan, dan dinding geser.

Menurut ACI committee 318, balok tinggi didefinisikan sebagai komponen struktur dengan beban bekerja pada salah satu sisinya dan perletakan pada

sisi lainnya sehingga strut tekan dapat terbentuk diantara beban dan perletakan. Balok tinggi juga didefinisikan sebagai balok dengan bentangan bersih L_n tidak lebih dari empat kali tinggi balok (h) untuk pembebanan merata atau dua kali tinggi efektif balok ($2d$) dari muka perletakan untuk balok dengan pembebanan terpusat.

Thammanon Denpongpan (2001), Balok dengan perbandingan bentang geser dengan tinggi, a/d kurang dari 1 adalah yang digolongkan sebagai balok tinggi dan suatu balok dengan a/d yang melebihi 2.5 adalah

balok biasa. Balok antara dua cakupan ini digolongkan sebagai balok pendek.

Hariato Harjasaputra (2002), Strut and tie adalah suatu teknik permodelan yang didasarkan pada asumsi bahwa aliran gaya-gaya dalam struktur beton dan terutama pada daerah yang mengalami distorsi dapat didekati sebagai suatu rangka batang yang terdiri dari strut (batang tekan atau penunjang) dan tie (batang tarik atau pengikat). Strut and tie merupakan resultante dari medan tegangan (stress field), dimana pada strut yang bekerja adalah betonnya, sedangkan tie yang bekerja adalah tulangan baja terpasang.

Metode Strut and tie dimuat secara resmi dalam ACI 318-2002 Appendix A. Pada perencanaan balok tinggi pada SNI 03 2847 2002 belum membahas tentang STM. Oleh karena itu dirasa penting untuk melakukan studi tentang perencanaan balok tinggi metode Strut and Tie (STM). Selain itu, peraturan beton Indonesia yaitu SNI 03-2847 2002 mengacu pada peraturan Amerika maka nantinya metode STM tersebut juga akan diadopsi.

Tujuan yang diharapkan dari studi ini adalah untuk mengetahui :

1. Bagaimana desain balok tinggi menggunakan metode strut and tie.
2. Bagaimana permodelan rangka batang metode strut and tie pada balok tinggi.
3. Bagaimana susunan tulangan balok tinggi.

METODELOGI PENELITIAN

Data perencanaan

Perencanaan balok tinggi dengan permodelan Strut and tie mengambil studi alternatif perencanaan balok lantai 2 pada proyek Rumah Susun Sederhana Sewa Universitas Muhammadiyah Malang.

Data Umum Bangunan

Nama gedung : Rumah Susun Sederhana Sewa Universitas Muhammadiyah Malang
 Lokasi : Kampus III UMM
 Fungsi : Asrama

Data Teknis Bangunan

Kondisi tanah : Tanah lunak
 Jumlah lantai : 4 lantai
 Tinggi bangunan : ± 14,00 m
 Dimensi balok : 300 x 400 (balok anak)
 350 x 400 (balok induk)
 Dimensi kolom : 400 x 450

Mutu bahan yang digunakan

Mutu beton ($f'c$) : 25 MPa
 Mutu baja (f_y) : 350 MPa
 Berat volume beton : 2400 kg/m³
 Berat volume baja : 7850 kg/m³

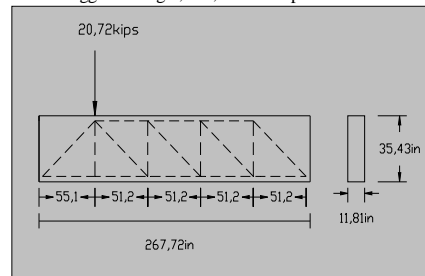
Tahapan perencanaan metode Strut and tie

Untuk melakukan perhitungan balok tinggi dengan metode Strut and Tie-models, kita perlu melalui beberapa tahapan :

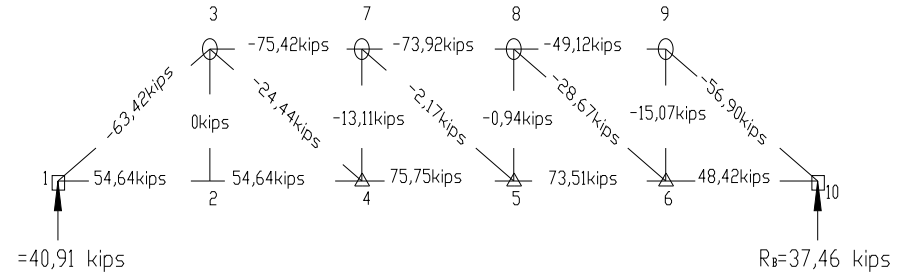
1. Menentukan beban-beban yang bekerja pada struktur balok tinggi, meliputi beban mati, beban hidup, dan beban tetap.
2. Menentukan geometri dan letak strut and tie.
3. Menghitung gaya dalam yang terjadi dari perhitungan statis rangka batang.
4. Menghitung kebutuhan tulangan pada masing-masing elemen strut and tie.
5. Cek kapasitas strut, tie dan nodal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Balok tinggi bentang 6,8 m, beban terpusat



Gambar 1. Tinggi bentang bed



Gambar 2. Perencanaan kebutuhan tulangan

$P_u = 20,72$ kips
 $e = 31,61$ U
 $h = 0,9$ m (35,43")
 $b = 0,30$ m (11,81")

Perencanaan kebutuhan tulangan

$A_{s \text{ min}} = 1,32$ in² (851,66 mm²)

Tulangan tumpuan

$F = 54,64$ kips
 $A_{s1} = 1,44$ in² (929,09 mm²)

Digunakan tulangan 4Ø19 (As = 1134 mm²)

Tulangan tumpuan

$F = 75,75$ kips
 $A_{s1} = 1,99$ in² (1283,95 mm²)

Digunakan tulangan 5Ø19 (1418 mm²)

Tulangan tumpuan

$F = 73,51$ kips
 $A_{s1} = 1,93$ in² (1245,75 mm²)

Digunakan tulangan 5Ø19 (1418 mm²)

Tulangan tumpuan

$F = 48,42$ kips
 $A_{s1} = 1,27$ in² (820,56 mm²)

Digunakan tulangan 4Ø19 (As = 1134 mm²)

§ Tulangan lapangan

$F = 75,42$ kips

$A_{s1} = 1,98$ in² (1278,12 mm²)

Digunakan tulangan 5Ø19 (1418 mm²)

§ Tulangan lapangan

$F = 73,92$ kips

$A_{s1} = 1,94$ in² (1252,70 mm²)

Digunakan tulangan 5Ø19 (1418 mm²)

§ Tulangan lapangan

$F = 49,12$ kips

$A_{s1} = 1,29$ in² (832,42 mm²)

Digunakan tulangan 4Ø19 (As = 1134 mm²)

Kontrol kapasitas nodal

Kuat tekan efektif nodal tumpuan

$f_{cu} = 0,85 \cdot \lambda_n \cdot f_c$
 $= 2,466$ ksi

$\phi f_{cu} = 0,75 \times 2,466$
 $= 1,849$ ksi

Kontrol tegangan pada tumpuan nodal 1 :

$F = 0,16 < 1,849$ ksi.....ok!

Kontrol tegangan pada tumpuan nodal 10 :

$$f = \frac{R}{b \cdot l_b} = 0,75 < 1.849 \text{ ksi} \dots \text{ok!}$$

Untuk nodal 3 pada titik beban, jenis nodal adalah all compression (CCC). Sehingga kuat tekan efektif nodal adalah

$$f_{cu} = 0,85 \cdot \hat{\alpha} \cdot f'_c = 3,082 \text{ ksi}$$

$$\bar{O} f_{cu} = 0,75 \times 3,082 = 2,312 \text{ ksi}$$

Kontrol tegangan pada nodal 3 :

$$f = \frac{Pu}{b \cdot l_b} = 0,15 < 2,312 \text{ ksi} \dots \text{ok!}$$

Kontrol kapasitas strut

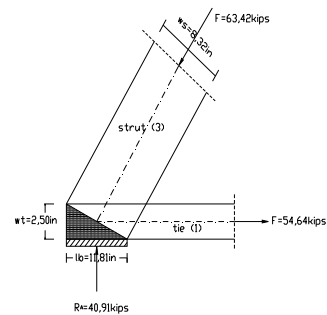
Menghitung lebar dari tie (batang no.1) pada nodal 3 :

$$wt(1) = \frac{F}{\phi \cdot b \cdot f_{cu}(1)} = 1,60 \text{ in}$$

Kuat tekan efektif untuk strut (batang no.3)

$$f_{cu}(3) = 0,85 \cdot \hat{\alpha} \cdot f'_c = 2,312 \text{ ksi}$$

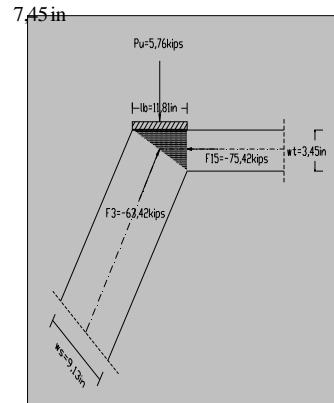
$$ws(3) = wt(1) \cdot \cos 31,61^\circ + lb \cdot \sin 31,61^\circ = 7,55 \text{ in}$$



Gambar 3. Menghitung lebar dari tie (batang no.15) pada nodal 3

$$wt(1) = \frac{F}{\phi \cdot b \cdot f_{cu}(1)} = 1,48 \text{ in}$$

$$ws(3) = wt(15) \cdot \cos 31,61^\circ + lb \cdot \sin 31,61^\circ =$$



Gambar 4. Kapasitas strut batang no.3

$$\bar{O} Fns(3) = \bar{O} \cdot f_{cu} \cdot ws(3) \cdot b = 154,61 \text{ kips} > 40,69 \text{ kips} \dots \text{ok}$$

Perencanaan tulangan geser.

$$d/5 = 6,3 \text{ in (160mm)}$$

$$\hat{\alpha} = 31,61^\circ$$

Tulangan geser horisontal (batang no.3)

$$F = 40,69 \text{ kips}$$

Coba Ø8

$$Av = 0,16 \text{ in}^2$$

$$n = \frac{F}{\phi \cdot Av \cdot fy} = 5,69 \text{ H}^* 6$$

$$s = \frac{d}{n} = 5,25 \text{ " } < 6,3 \text{ " } \dots \text{ok}$$

$$r_h = \frac{Av_h}{s \cdot b} > 0,0015$$

$$= 0,0025 > 0,0015 \dots \text{ok}$$

$$\bar{n}_h (\cos \hat{\alpha}) = 0,0022$$

Tabel 1. Tulangan geser vertikal (batang n0.3)

| Balok tinggi | Tul. lentur | | Tul. geser | | | | | |
|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|----------|----------------|----------|----------------|
| | Tumpuan | Lapangan | Vertikal | Horisontal | | | | |
| | F _{tie1} (kips) | Keb. tulangan | F _{tie2} (kips) | Keb. tulangan | sengkan | ρ _v | sengkan | ρ _h |
| Bentang 6,8 m | 54,64 | 4D19 | 63,42 | 5D19 | Ø8-6,3" | 0,0026 | Ø8-4,5" | 0,0016 |
| Bentang 4,2 | 18,52 | 5D20 | 20,64 | 5D20 | Ø8-8,67" | 0,0026 | Ø8-8,67" | 0,0016 |

$$F = 40,69 \text{ kips}$$

Coba Ø8

$$Av = 0,16 \text{ in}^2$$

$$n = \frac{F}{\phi \cdot Av \cdot fy} = 3,5 \text{ H}^* 4$$

$$s = \frac{d}{n} = 12,8 \text{ " } > 6,3 \text{ " } \dots \text{dipakai}$$

$$s \text{ maks} = 6,3 \text{ "}$$

$$\text{maka } n = \frac{51,2}{6,3} = 8,12 \text{ H}^* 9$$

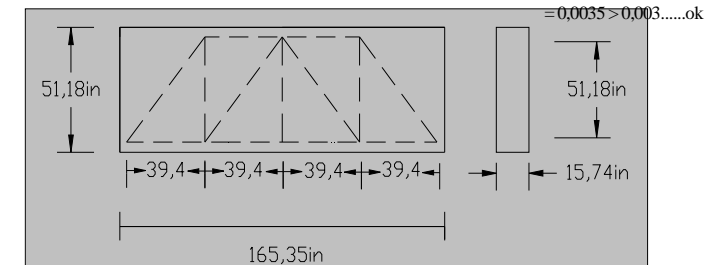
$$\bar{n}_v = \frac{Av}{s \cdot b} > 0,0022$$

$$= 0,0022 < 0,0025 \dots \text{dipakai } \bar{n}_{v \text{ min}} = 0,0025$$

$$\bar{n}_v (\sin \hat{\alpha}) = 0,0013$$

$$\bar{O} \bar{n}_i (\sin \hat{\alpha} + \cos \hat{\alpha}) = (0,0022 + 0,0013)$$

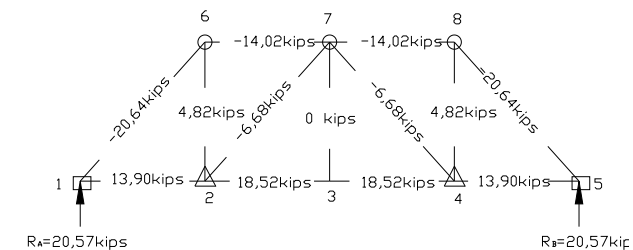
* Object too big for pasting as inline graphic. | In-line.WMF *



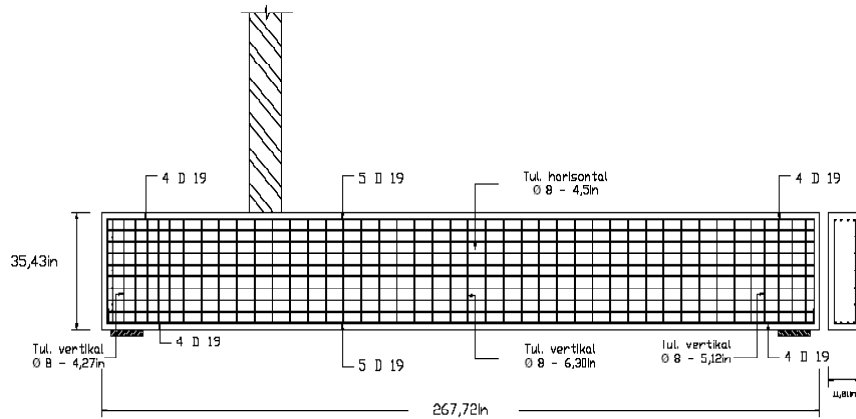
Gambar 5. Balok tinggi bentang 4,2 m, beban merata

$$b = 400 \text{ mm} = 15,74 \text{ in} \quad h = 1300 \text{ mm} = 51,18 \text{ in}$$

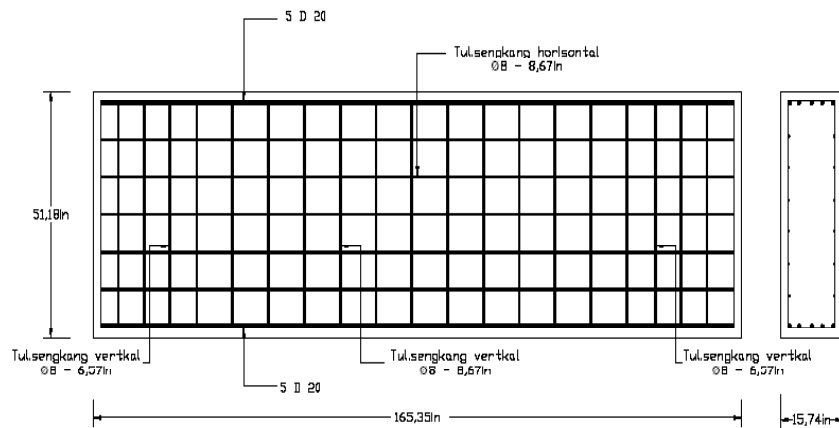
$$\hat{\alpha} = 47,73^\circ$$



Gambar 6. Rangka batang balok tinggi bentang 4,2meter



Gambar 7. Rencana penulangan balok tinggi bentang 6,8m



Gambar 8. Rencana penulangan balok tinggi bentang

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Perencanaan balok tinggi untuk beban terpusat perbandingan bentang geser dengan tinggi (a/d) memenuhi syarat kurang dari 2, sedangkan untuk beban merata jarak bentang (l) tidak lebih dari empat kali tinggi balok (h). Untuk perencanaan tulangan didasarkan pada besarnya gaya normal pada model rangka batang yang diasumsikan,

bukan berdasarkan gaya geser dan momen. Model rangka batang diasumsikan rangka miring, untuk nilai $\theta = 31,61^\circ$ diperoleh gaya normal pada tension terbesar adalah 54,64 kips dan pada strut terbesar adalah 63,42 kips. Untuk nilai $\theta = 47,73^\circ$ diperoleh gaya normal pada tension terbesar adalah 18,52 kips dan pada strut terbesar adalah 20,64 kips.

2. Dari perencanaan yang telah dilakukan, didapat data tulangan balok tinggi sebagai berikut :

- Bentang 6,2 meter digunakan 4D19 untuk tulangan tumpuan, 5D19 untuk tulangan lapangan, Ø8 untuk sengkang vertical dan horizontal.
- Bentang 4,2 meter digunakan 5D20 untuk tulangan tumpuan dan lapangan, Ø8 untuk sengkang vertical dan horizontal

Udayana Denpasar, Vol.10, No.1, Januari 2006, pp 35-43.

Winter, George & Arthur H. Nilson. 1993 Perencanaan Struktur Beton. Jakarta: Pradnya Paramita.

DAFTAR PUSTAKA

ACI 318 Appendix A. 2002. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02)

Denpongpan, Thammanoon. 2001. Effect of Reversed Loading on Shear Behavior of Reinforced Concrete. Januari 2001.

Hardjasaputra, Harianto dan Tumilar, S. 2002. Model Penunjang dan Pengikat (Strut and Tie model) pada Perancangan Struktur Beton. Surabaya : Universitas Pelita Harapan

Hardjasaputra, Harianto dan Wiryanto Dewobroto. 2004. Eksperimen Struktur Beton Balok Tinggi untuk Pengembangan Strut-and-Tie Model. Surabaya : Universitas Pelita Harapan

Mac Gregor, James G. 2005. Reinforced Concrete Mechanics and Design. New Jersey : Pearson Prentice Hall.

Nawy, E.G (alih bahasa oleh Bambang Suryatmojo). 1998. Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. Bandung : Refika Aditama.

Reineck, Karl-Heinz. 2002. Example for the Design of Structural Concrete with Strut and Tie models. ACI International.

Sarwendah, Ratih. 2009. Perencanaan Konstruksi Pracetak Tahan Gempa pada Rumah Susun Sewa Sederhana (RUSUNAWA) Universitas Muhammadiyah Malang. Malang : UMM.

Sudarsana, I.K. 2006. Prediksi Kuat Geser Balok Tinggi Beton Bertulang Berdasarkan Strut and Tie Model. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Universitas