

ANALISIS PERILAKU KERUNTUHAN BALOK BETON BERTULANG DENGAN PENULANGAN SISTIM GRUP PADA JALUR AREA GAYA TARIK

Yenny Nurhasanah^{1*}, Muhammad Ujjianto¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani, Tromol Pos I Pabelan Kartasura, Surakarta

*e-mail: yenny.nurhasanah@ums.ac.id

Abstrak

Secara konvensional, penulangan pada balok beton komposit saat ini di posisikan pada bagian atas dan bagian bawah balok seiring dengan kebutuhan pada gaya tarik dan gaya tekannya. Penulangan pada balok komposit lebih diutamakan berfungsi untuk menahan gaya tarik. Perlu dibuat konsep desain penulangan yang dikhususkan untuk menahan gaya tarik saja pada area gaya tariknya sesuai dengan fungsi tulangan pada beton komposit tersebut tanpa menambahkan penulangan pada area gaya tekan. Disamping model penulangan balok komposit konvensional, didesain pula penulangan dengan sistim grup yang satu grupnya terdiri dari 4 tulangan memanjang dengan sengkang tertutup dan grup tulangan ini hanya ditempatkan khusus pada jalur area tarik dari balok. Kajian yang dilakukan meliputi desain sistim penulangan yang dikhususkan pada area gaya tarik pada balok beton bertulang serta perilaku keruntuhan lentur balok. Pada skala laboratorium telah berhasil dibuat suatu desain penulangan dengan sistim grup, dimana satu grup terdiri dari 4 tulangan memanjang yang diikat dengan sengkang tertutup untuk tujuan bisa membentuk suatu core yang bisa menambah kuat tarik pada area tarik penampang balok komposit. Hasil analisis menunjukkan bahwa desain penulangan dengan sistim grup tersebut masih mampu mempertahankan nilai kuat lentur balok terhadap desain penulangan balok secara konvensional. Balok dengan penulangan sistim grup mampu berperilaku lentur dan mempertahankan nilai-nilai kekuatannya terhadap balok penulangan konvensional.

Kata kunci: area gaya tarik, balok, grup tulangan

1. PENDAHULUAN

Ilmu teknologi dalam bidang teknik sipil mengalami perkembangan dengan cepat. Beton merupakan salah satu unsur yang sangat penting dalam struktur bangunan pada saat ini, karena sistem konstruksi beton mempunyai kelebihan, diantaranya yaitu mempunyai kuat tekan tinggi. Beton juga telah banyak mengalami perkembangan-perkembangan baik dalam teknologi pembuatan campurannya ataupun teknologi pelaksanaan konstruksinya. Bahan susun beton pada dasarnya adalah semen, pasir, kerikil dan air. Perkembangan beton pada saat ini yaitu komposit antara material beton dan tulangan baja, sehingga menjadi satu kesatuan konstruksi yang mempunyai kuat tekan dan kuat tarik tinggi. Beton ini disebut beton bertulang.

Beton bertulang banyak digunakan pada bangunan teknik sipil, misalnya: bangunan gedung, jembatan, perkerasan jalan, dinding penahan tanah, dan bangunan teknik sipil lainnya. Beton bertulang pada bangunan gedung terdiri dari beberapa elemen struktur, misalnya balok, kolom, pondasi dan pelat.

Beton bertulang sebagai elemen balok umumnya diberi tulangan memanjang (lentur) dan tulangan sengkang (geser). Tulangan lentur untuk menahan pembebanan momen lentur yang terjadi pada balok, sedangkan tulangan geser untuk menahan pembebanan gaya geser.

Secara konvensional, penulangan pada balok saat ini di posisikan pada bagian atas dan bagian bawah balok seiring dengan kebutuhan pada gaya tarik dan gaya tekannya. Tulangan pada balok komposit tersebut berfungsi untuk menahan gaya tarik, mengingat keberadaan sumber daya alam sebagai bahan olah besi semakin sangat terbatas, maka perlu dibuat konsep desain penulangan yang dikhususkan untuk menahan gaya tarik saja pada area gaya tekannya sesuai dengan fungsi tulangan pada beton komposit tersebut tanpa menambahkan penulangan pada area gaya tekan.

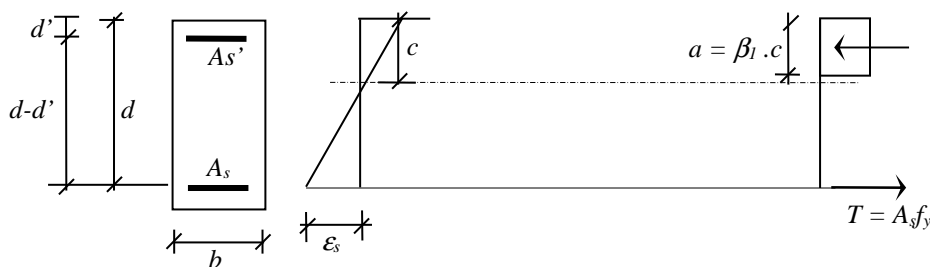
Permasalahan yang telah analisis adalah mengkaji Perilaku Lentur dari balok beton bertulang dengan konsep penulangan pada area gaya tarik. Kajian yang telah dilakukan adalah menganalisis

desain sistim penulangan yang dikhususkan pada area gaya tarik pada balok beton bertulang serta menganalisis perilaku keruntuhan Lentur dari balok tersebut.

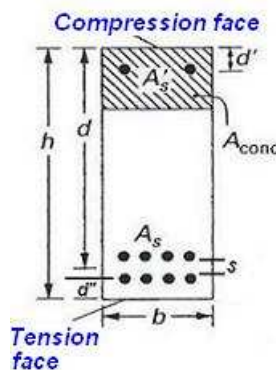
1.1. Landasan Teori

1.1.1. Analisis Penampang Balok

Kekuatan lentur suatu balok tersedia dengan adanya peristiwa mekanis tegangan-regangan, yang timbul di dalam balok yang pada keadaan tertentu dapat diwakili oleh gaya-gaya dalam, seperti pada gambar berikut.



Gambar 1. Diagram tegangan balok bertulangan rangkap



Untuk balok dengan tulangan ganda nilai kuat desak beton, dan tarik baja diperoleh sebagai berikut

$$C_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a + A_s' \cdot f_s \tag{1}$$

$$T = A_s \cdot f_y \tag{2}$$

Persamaan kesetimbangan C = T, diperoleh tinggi tegangan ekivalen persegi sebagai berikut

$$a = \frac{A_s \cdot f_y - A_s' \cdot f_s}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \tag{3}$$

momen yang terjadi

$$M_n = 0,85 f'_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a / 2) + A_s' \cdot f_s \cdot (d - d') \tag{4}$$

1.1.2. Kuat Lentur Balok

Suatu balok beton bertulang sederhana (*simple beam*), menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, maka akan terjadi deformasi lentur didalam balok tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, tegangan tekan terjadi pada bagian atas dan regangan tarik terjadi di bagian bawah dari penampang, besarnya kuat lentur beton dari benda uji dihitung dengan rumus:

$$M_{\text{pengujian}} = 1/4(P.L) + 1/8(q.L^2) \quad (5)$$

dengan :

P = Beban retak pertama, (kN)

L = Jarak antar tumpuan, (mm)

Q = Berat sendiri beton, (kN/mm)

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Untuk memperoleh hasil yang akurat, maka dalam penelitian ini digunakan metode ekperimental laboratorium. Pengujian sampel balok beton bertulang dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.

2.2. Bahan dan Alat

Beton

Beton yang digunakan dalam penelitian ini direncanakan beton dengan kuat tekan rata-rata 20MPa.

Baja Tulangan

Baja tulangan yang digunakan adalah baja tulangan polos yang ada di pasaran dengan diameter 10 mm dan 5mm. Tulangan polos 10 mm digunakan sebagai tulangan memanjang balok dan tulangan polos 5mm digunakan sebagai sengkang. Tulangan leleh baja yang dipakai sebesar 350 MPa. Kawat bendrat digunakan sebagai pengikat antara tulangan dengan sengkang agar kedudukan tulangan tidak berubah.

Kayu

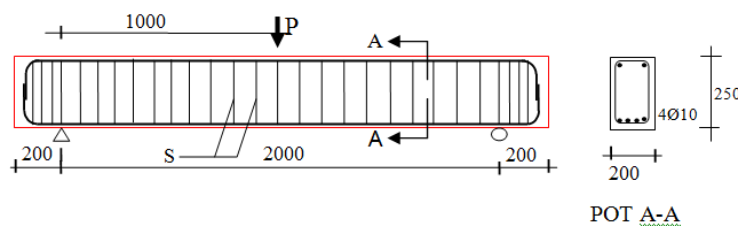
Bahan untuk membuat acuan atau bekisting digunakan multiplek dengan tebal 8 mm dan kayu berukuran 4 x 6 cm digunakan sebagai pengganjal dan pengaku bekisting.

Universal Testing Mechine (UTM)

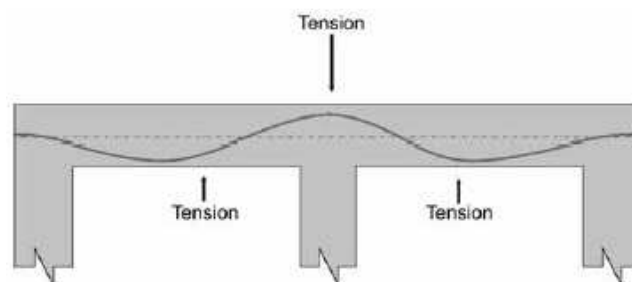
UTM dipergunakan untuk pengujian kuat lentur balok uji.

2.3. Benda Uji

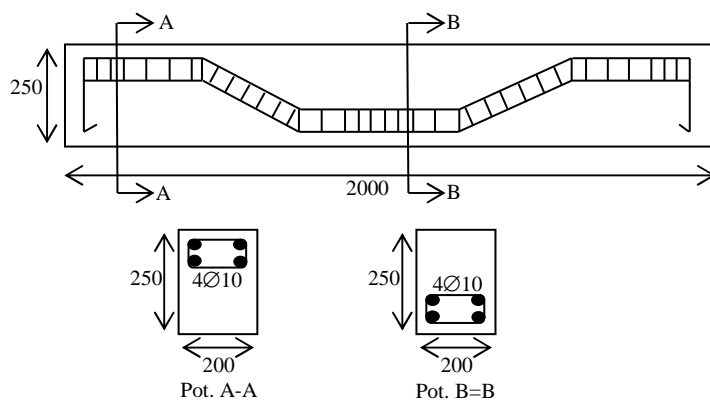
Telah dibuat enam benda uji berupa balok dengan tumpuan sendi-rol. Benda uji berbentuk balok beton bertulang tampang persegi dengan ukuran tinggi 250mm, lebar 200mm, selimut beton 40 mm dan panjang 2000mm. Besi tulangan yang digunakan mempunyai tegangan leleh 350MPa dan mutu beton 20 MPa.



Gambar 2. Detail penulangan benda uji Beton Normal



Gambar 3. Konsep Penulangan pada area Tarik (*Tension*)

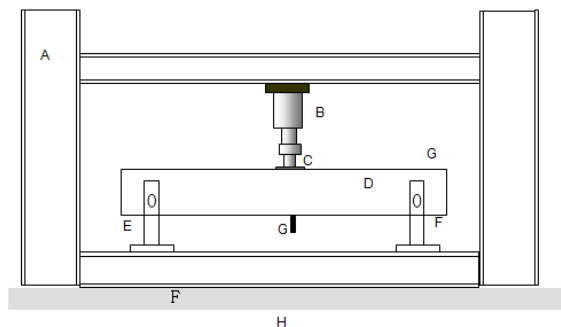


Gambar 4. Desain Penulangan pada area Tarik (*Tension*)

Kajian yang dilakukan meliputi desain sistim penulangan yang dikhususkan pada area gaya tarik pada balok beton bertulang serta perilaku keruntuhan lentur dari balok tersebut. Pada skala laboratorium telah berhasil dibuat suatu desain penulangan dengan sistim grup (Gambar 4), dimana satu grup terdiri dari 4 tulangan memanjang yang diikat dengan sengkang tertutup untuk tujuan bisa membentuk suatu *core* yang bisa menambah kuat tarik pada area tarik penampang balok komposit.

2.4. Peralatan dan *Setting Up* Pengujian

Pengukuran yang dilakukan pada benda uji berupa lendutan dan kelengkungan balok. Untuk mengukur lendutan dan kelengkungan balok dipasang 4(empat) buah alat ukur. Regangan baja diukur dengan strain gauge yang ditempatkan pada tulangan sengkang dekat lubang, Peralatan dan *setting up* pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rencana *Setting Up* Benda uji pada Pengujian

Keterangan gambar :

- A. *Loading frame*
- B. *Hydraulic actuator/ Hydraulic jack*
- C. *Load cell*
- D. Benda uji
- E. Sendi
- F. Roll
- G. *Dial gauge*
- H. *Rigid floor*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kuat Tekan Beton

Pada tahap awal perencanaan digunakan data teknis awal untuk mutu beton $f'_c = 20\text{MPa}$, hal ini mengacu pada peraturan ACI 318-02 yang mensyaratkan bahwa kuat tekan untuk struktur tahan gempa adalah dengan mutu beton (f'_c) $\geq 20\text{ MPa}$. Pengambilan nilai minimum mutu beton dimaksudkan agar keruntuhan yang diharapkan dapat terjadi lebih cepat. Sedangkan nilai slump yang terjadi saat pengecoran adalah 13-15cm, dan sekaligus dibuat 3 sampel silinder beton $\varnothing 15 \times 30\text{ cm}$ untuk kemudian diuji pada umur 28 hari. Hasil pengujian mutu beton (f'_c) rata-rata adalah

21,0735 MPa, lebih besar dibandingkan dengan rencana awal mutu beton (f'_c) = 20 MPa. Sehingga mutu beton tersebut masih diatas syarat minimal untuk struktur tahan gempa, artinya mutu beton tersebut dapat memenuhi syarat ACI 318-02.

3.2. Pengujian Balok

3.2.1. Proses Keruntuhan Balok

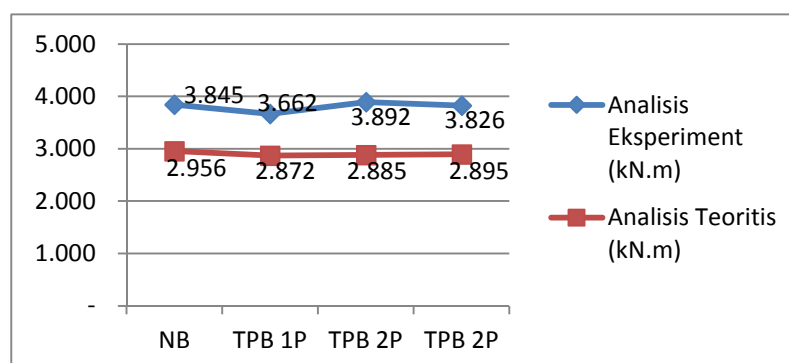
Seperti yang telah direncanakan dalam tahap penelitian awal, bahwa pada kenyataannya deformasi yang terjadi dalam eksperimen pada benda uji balok di sini adalah akibat kegagalan lentur. Prosesnya dapat dikenali dengan munculnya pola lentur dimana hal ini akan timbul jika tulangan utama balok sudah terjadi leleh.



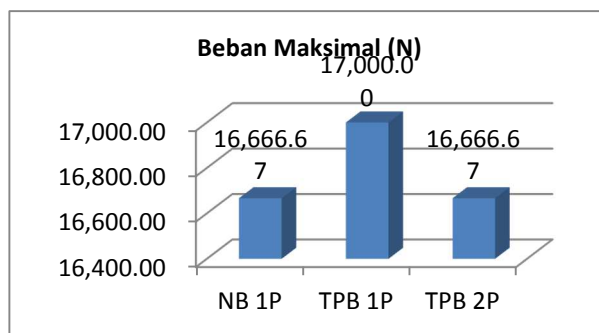
Gambar 6. Proses Pengujian dan Pola Lentur Balok

Pada tahap awal penelitian ini dilakukan analisis teoritis. Analisis disini dilakukan untuk dapat mengetahui sejauh mana hasil yang diperoleh dalam eksperimen nantinya layak untuk dipakai.

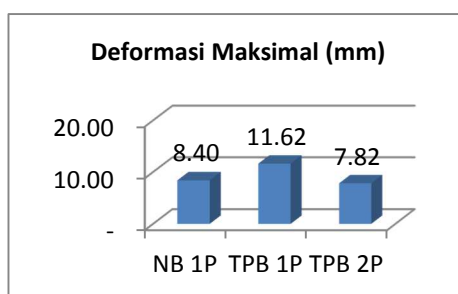
Pada Gambar 7 dan Tabel 1, Nilai rasio balok normal (NB) terhadap balok desain area tarik (TPB) antara momen analisis dengan momen eksperimen sebesar 0,74 sampai dengan 0,78 menunjukkan bahwa antara analisis eksperimen dengan analisis teoritis cukup bisa dipakai untuk memprediksi nilai dan perilaku pada balok.



Gambar 7. Grafik nilai Momen Lentur Balok



Gambar 8. Grafik nilai Beban yang diterima Balok

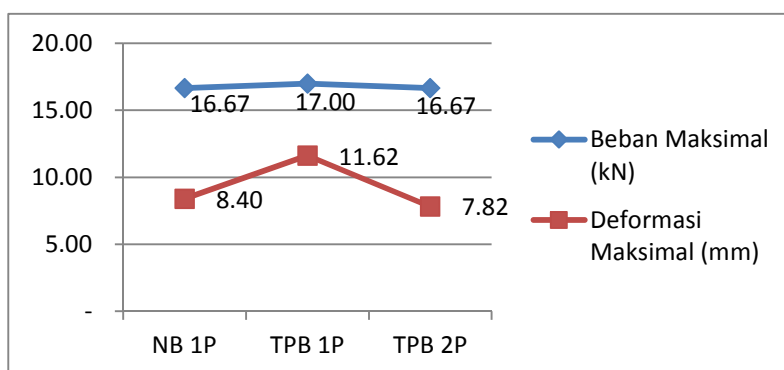


Gambar 9. Grafik nilai Deformasi Balok

Tabel 1. Perbandingan hasil analisis teoritis dengan hasil eksperimen

Benda Uji	Analisis Eksperimen (kN.m)	Analisis Teoritis (kN.m)	Momen, analisis
			Momen, eksperimen
NB	3,845	2,956	0,77
TPB 1P	3,662	2,872	0,78
TPB 2P	3,892	2,885	0,74
TPB 2P	3,826	2,895	0,76

Dari Gambar 8, dapat diketahui ada perbedaan nilai beban maksimal (P) pada balok TPB yang menunjukkan nilai lebih tinggi dibandingkan pada NB. Hasil ini menunjukkan bahwa penempatan tulangan pada area gaya tarik balok mampu mempertahankan nilai beban seperti yang diterima oleh balok normal NB.



Gambar 10. Grafik Hubungan Beban dan Deformasi Balok

Pada Gambar 10 telah diplotkan grafik hubungan antara beban (P,kN) dan deformasi (Δ ,mm) dari ketiga jenis balok, terlihat bahwa perbandingan terhadap deformasi menunjukkan perilaku yang hampir sama, dengan kata lain deformasi yang bersesuaian dengan setiap tahap pembebanan menunjukkan pada kisaran perilaku yang relatif sama.

4. KESIMPULAN

Penempatan tulangan khusus pada daerah tarik dari balok mampu meningkatkan nilai beban (P). Balok TPB menghasilkan nilai P 2,0% lebih besar dibandingkan balok normal NB.

Nilai rasio antara momen teoritis terhadap momen hasil eksperimen laboratorium sebesar 0,78 menunjukkan bahwa analisis teoritis di atas dapat dipakai untuk memprediksi nilai dan perilaku pada balok TPB.

Balok dengan penulangan sistim grup yang di posisikan khusus pada area gaya tarik balok mampu berperilaku lentur dan mempertahankan nilai-nilai kekuatannya terhadap balok penulangan konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 318. *Building Code Requirements for Reinforced Concrete* (ACI 318-02), American Concrete Institut, Detroit, 2002.
- Asroni, A., 1997. *Struktur Beton I (Balok dan Plat Beton Bertulang)*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Asroni, A., 2001. *Struktur Beton Lanjut*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Michael D. Kotsovos, 1995. *Application of the compressive-force path concept in the design of reinforced concrete indeterminate structure: a pilot project*, *Strutural Engineering and Mechanics*, Vol. 3, No. 5 475=495.
- B. Sri Umniati, 2006. Pengaruh Pengekangan Sengkang Tertutup dan Tambahan Sengkang Vertikal pada Jalur Gaya Tekan Kotsovos terhadap Kapasitas Lentur dan Daktilitas Balok Beton Bertulang, *Jurnal Teknologi Kejuruan*, Vol 29, No 1.
- Nawy, G Edward. 1985. *Reinforced Concrete a Fundamental Approach*, second Edition. Prentice-Hall Inc. New Jersey.
- Park. R, Paulay T. 1975. *Reinforced Concrete Structure*, Seventh Edition. John Willey & Sons Inc. Canada.
- Tjokrodimulyo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Wang, C.K. and Salmon, Charles. 1985. *Reinforced Concrete Design*, Fourth Edition. Happer & Row, Inc. New York.