

## PENGUJIAN GESER BALOK BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN SENGGANG KONVENSIONAL

Muhammad Igbal

M.D.J. Sumajouw, Reky S. Windah, Sesty E.J. Imbar

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

email: [igbalfab@gmail.com](mailto:igbalfab@gmail.com)

### ABSTRAK

*Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku geser balok beton bertulang, kuat geser dan besar perbedaan antara sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait  $135^\circ$ ,  $90^\circ$  dan sengkang vertikal model "U" pada konstruksi balok beton bertulang. Benda uji berupa balok dengan lebar 10 cm, tinggi 15 cm dan panjang 60 cm. Variasi jarak sengkang: 50 mm, 100 mm dan 150 mm. Total sampel benda uji berjumlah 27 buah, tiap variasi dibuat 3 sampel.*

*Hasil penelitian dan analisis menunjukkan bahwa pada kelompok sampel dengan jarak sengkang 100 mm, beban geser maksimal dan kuat geser terbesar terjadi pada balok uji yang menggunakan sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait  $90^\circ$ . Pada kelompok sampel dengan jarak sengkang 50 mm dan 150 mm, beban geser maksimal dan kuat geser terbesar terjadi pada balok uji yang menggunakan sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait  $135^\circ$ . Secara umum dapat disimpulkan bahwa sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait  $135^\circ$  lebih kuat dibandingkan sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait  $90^\circ$  dan sengkang vertikal model "U".*

**Kata kunci :** *Sengkang vertikal, Sudut bengkokkan kait, Sengkang model "U", Kekuatan geser, Balok beton bertulang.*

### PENDAHULUAN

Beton banyak mengalami perkembangan, baik dalam pembuatan campuran maupun dalam pelaksanaan konstruksinya. Salah satu perkembangan beton yaitu pembuatan kombinasi antara material beton dan baja tulangan menjadi satu kesatuan konstruksi yang dikenal sebagai beton bertulang.

Beton bertulang sebagai elemen balok harus diberi penulangan yang berupa penulangan lentur dan penulangan geser (sengkang). Ada beberapa macam tulangan geser pada balok, yaitu tulangan sengkang vertikal, sengkang spiral, sengkang miring. Ketiga macam tulangan ini sudah sangat lazim diterapkan dan sudah sangat dikenal dalam dunia konstruksi, sehingga dapat dikenal sebagai tulangan sengkang konvensional.

Tulangan sengkang konvensional yang telah dikenal selama ini dalam konsep perhitungannya dengan memperhitungkan bahwa bagian tulangan sengkang yang berfungsi menahan beban geser adalah bagian tulangan sengkang pada arah vertikal (tegak

lurus terhadap sumbu batang balok). Hal ini dikarenakan perilaku beban geser balok akan menyebabkan terjadinya keretakan geser. Keretakan geser akan menyebabkan terbelahnya balok menjadi dua bagian yang dipisahkan oleh garis keretakan geser tersebut, yaitu bagian bawah retak geser dan bagian atas retak geser

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah pemilihan tipe sengkang konvensional tersebut berpengaruh terhadap kuat geser balok beton bertulang.

Penelitian dilakukan untuk mempelajari:

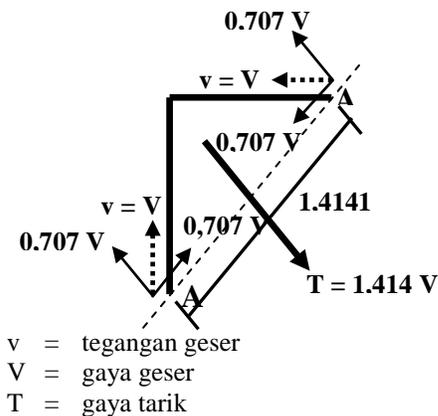
- 1) Perilaku geser sengkang vertikal segi empat dengan sudut bengkokkan kait sengkang  $135^\circ$ ,  $90^\circ$  dan sengkang vertikal model "U".
- 2) Beban geser maksimal yang dapat ditahan balok menggunakan sengkang vertikal segi empat dengan sudut bengkokkan kait sengkang  $135^\circ$ ,  $90^\circ$  dan sengkang vertikal model "U".
- 3) Besarnya perbedaan beban yang ditahan balok menggunakan sengkang vertikal segi empat dengan sudut bengkokkan kait  $135^\circ$ ,  $90^\circ$  dan sengkang vertikal model "U".

## BETON BERTULANG

Beton bertulang merupakan material komposit yang terdiri dari beton dan baja tulangan yang ditanam didalam beton. Sifat utama beton adalah sangat kuat di dalam menahan beban tekan (kuat tekan tinggi) tetapi lemah dalam menahan gaya tarik. Baja tulangan di dalam beton berfungsi menahan gaya tarik yang bekerja.

## KUAT GESER BALOK

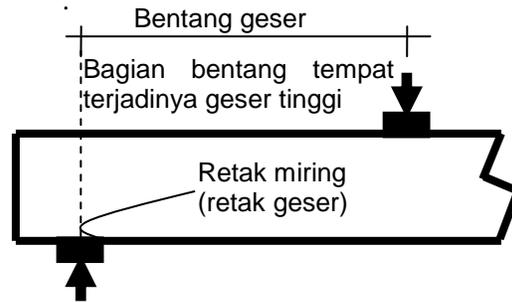
Komposisi tegangan-tegangan tersebut di suatu tempat akan menyesuaikan diri secara alami dengan membentuk keseimbangan tegangan geser dan tegangan normal maksimum dalam suatu bidang yang membentuk sudut kemiringan terhadap sumbu balok. Dengan menggunakan lingkaran Mohr dapat ditunjukkan bahwa tegangan normal maksimum dan minimum akan bekerja pada dua bidang yang saling tegak lurus satu sama lainnya. Bidang-bidang tersebut dinamakan bidang utama dan tegangan-tegangan yang bekerja disebut tegangan-tegangan utama (lihat Gambar 1.).



Gambar 1. Tegangan pada balok terlentur (Sumber: Dipohusodo, 1994)

Kejadian geser pada beton tulangan, kerusakan umumnya terjadi di daerah sepanjang kurang lebih tiga kali tinggi efektif balok, dan dinamakan bentang geser. Retak miring akibat geser di badan balok beton bertulang dapat terjadi tanpa disertai retak akibat lentur di sekitarnya, atau dapat juga

sebagai kelanjutan proses retak lentur yang telah mendahuluinya.



Gambar 2. Retak miring pada balok beton bertulang (Sumber: Dipohusodo, 1994)

## PERENCANAAN PENULANGAN GESER

Perencanaan geser untuk komponen-komponen struktur terlentur didasarkan pada anggapan bahwa beton menahan sebagian dari gaya geser, sedangkan kelebihan atau kekuatan geser di atas kemampuan beton untuk menahannya dilimpahkan kepada tulangan baja geser. Untuk komponen-komponen struktur yang menahan geser dan lentur saja (SNI-03-2847-2002), memberikan kapasitas kemampuan beton (tanpa penulangan geser) untuk menahan gaya geser adalah  $V_c$ ,

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \quad \dots\dots\dots (1)$$

atau dengan menggunakan Persamaan yang lebih terperinci sebagai berikut:

$$V_c = \left( \sqrt{f'_c} + 120 \rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) \frac{b_w d}{7} \quad \dots\dots\dots (2)$$

dimana  $M_u$  adalah momen terfaktor yang terjadi bersamaan dengan gaya geser terfaktor maksimum  $V_u$  pada penampang kritis, sedangkan batas atas faktor pengali dan  $V_u$  adalah sebagai berikut:

$$\frac{V_u d}{M_u} \leq 1,0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$V_c \leq (0,3 \sqrt{f'_c}) b_w d \quad \dots\dots\dots (4)$$

dengan:

$V_c =$  kuat geser beton (N)

$f'_c =$  kuat tekan beton (N/mm<sup>2</sup>)

$b_w =$  lebar efektif penampang balok (mm)

$\rho_w =$  rasio luas tulangan lentur dengan luas penampang balok

$M_u =$  momen akibat beban luar yang bekerja (Nmm)

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, dasar perencanaan tulangan geser adalah:

$$\phi V_n \geq V_u \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{Sehingga: } V_u \leq \phi V_c + \phi V_s \quad \dots\dots\dots (7)$$

dengan:

$V_u$  = beban geser terfaktor (N)

$\phi$  = faktor reduksi kuat geser

$V_c$  = kuat geser beton (N)

$V_n$  = kuat geser ideal atau nominal (N)

$V_s$  = kuat geser nominal yang dapat disediakan oleh tulangan geser (N)

Untuk sengkang vertikal,  $V_s$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (58) SNI 03-2847-2002.

$$V_s = \frac{A_s f_y d}{s} \quad \dots\dots\dots (8)$$

Kuat tulangan geser nominal yang diperlukan ( $V_s$ ) dapat ditentukan dari diagram gaya geser terfaktor  $V_u$ .

$$V_u \leq \phi V_c + \phi V_s \quad \dots\dots\dots (9)$$

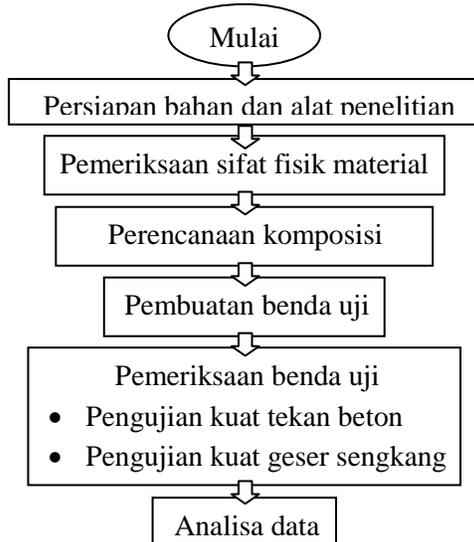
Selanjutnya diperoleh:

$$V_s \text{ perlu} = V_s \leq \frac{(V_u - \phi V_c)}{\phi} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$V_s \text{ perlu} = V_s \leq \left( \frac{V_u}{\phi} \right) - V_c \quad \dots\dots\dots (11)$$

## METODE PENELITIAN

### Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Bagan alir penelitian

### Metode Analisis Data

Analisis data menggunakan bantuan Program MS-Excel untuk melakukan

perhitungan dan pembuatan tabel, gambar serta kurva. Analisis meliputi perhitungan tentang pemeriksaan kualitas bahan-bahan penelitian, perhitungan kuat tekan dan perhitungan kuat geser sengkang balok beton bertulang yang semuanya disesuaikan dengan rumus-rumus serta peraturan peraturan yang berlaku

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian

- 1) Pemeriksaan berat volume beton pada umur 1 hari berkisar 2094 sampai 2222 kg/m<sup>3</sup>. Maka semua jenis beton dalam penelitian ini termasuk beton dalam jenis beton berbobot normal.
- 2) Hasil pengujian kuat tekan beton ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kuat Tekan Rata-Rata Beton

Kode sampel	Kuat Tekan Rata-Rata Beton, $f_{cr}$ [MPa]
MIX 1	22,28
MIX 2	27,37
MIX 3	24,96
MIX 4	28,01
MIX 5	29,28
MIX 6	28,78
MIX 7	23,43
MIX 8	25,46
MIX 9	29,28

Sumber: Hasil Penelitian

- 3) Tabel 2 memperlihatkan hasil pengujian beban geser maksimal

Tabel 2. Beban Geser Maksimum Balok Beton Bertulang

Kode Sampel	Beban geser rata-rata maksimum [P] (kN)
A – 15 cm	23,12
A – 10 cm	21,52
A – 5 cm	34,41
B – 15 cm	21,34
B – 10 cm	25,24
B – 5 cm	31,20
C – 15 cm	18,74
C – 10 cm	23,42
C – 5 cm	30,00

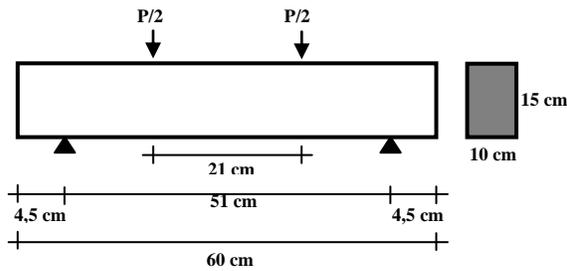
Sumber: Hasil Penelitian

Keterangan :

- A = sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait 135°
- B = sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait 90°
- C = sengkang vertikal model “U”

**Analisis Data**

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dan beban geser, maka secara analisis dapat dijabarkan keruntuhan balok beton bertulang sebagai berikut:

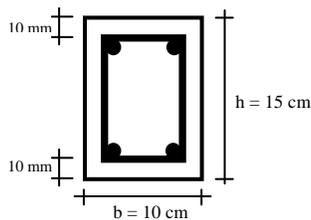


**Gambar 5. Struktur balok beton bertulang dengan pembebanannya**

Diketahui:

- Berat jenis beton = 2145 kg/m<sup>3</sup>
- Berat baja profil = 8,44 kg = 0,0844 kN
- Berat sendiri beton (q) adalah 0,3218 kN/m
- Reaksi perletakan, R<sub>A</sub> = R<sub>B</sub> = 22,62 kN

Sehingga besarnya gaya geser maksimal pada balok uji (V<sub>u</sub> max) adalah sebesar 22,62 kN.



**Gambar 6. Tulangan balok beton**

- Diameter tulangan sengkang = 4 mm
- Diameter tulangan lentur = 6 mm
- Tebal selimut beton = 10 mm
- f<sub>c</sub>' = 22,28 MPa
- ds = ds' = 10 mm + 4 mm + (0,5 x 6 mm) = 17 mm
- d = h - ds = 150 mm - 17 mm

= 133 mm

Besarnya kekuatan beton menahan gaya geser adalah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d = \frac{1}{6} \sqrt{22,28} \times 100 \times 133 = 10463,44 \text{ N} = 10,46 \text{ kN}$$

Perhitungan V<sub>s</sub> pada balok uji untuk V<sub>u</sub> rata-rata hasil pengujian adalah:

$$V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \quad (\text{faktor reduksi, } \phi = 1)$$

Untuk V<sub>u</sub> = 23,12

Maka : V<sub>s</sub> =  $\frac{23,12 - (1 \times 10,46)}{1} = 12,66 \text{ kN}$

Hasil perhitungan secara lengkap yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4..

**Tabel 3. Hasil Perhitungan V<sub>u</sub> Maksimal**

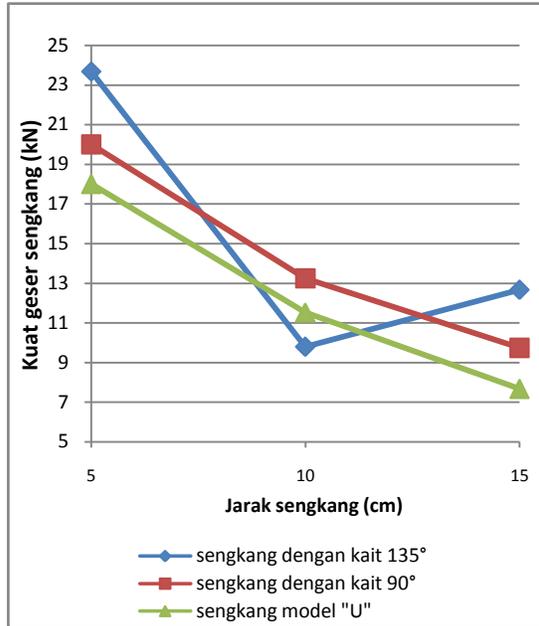
Kode Sampel	V <sub>u</sub> maksimal rata-rata (kN)
A – 15 cm	23,12
A – 10 cm	21,52
A – 5 cm	34,41
B – 15 cm	21,34
B – 10 cm	25,24
B – 5 cm	31,20
C – 15 cm	18,74
C – 10 cm	23,42
C – 5 cm	30,00

Sumber: Hasil Penelitian

**Tabel 4. Hasil Perhitungan Kuat Geser Sengkang (V<sub>s</sub>)**

Kode Sampel	Kuat Geser Sengkang (V <sub>s</sub> ) (kN)
A – 15 cm	23,12
A – 10 cm	21,52
A – 5 cm	34,41
B – 15 cm	21,34
B – 10 cm	25,24
B – 5 cm	31,20
C – 15 cm	18,74
C – 10 cm	23,42
C – 5 cm	30,00

Sumber: Hasil Penelitian



**Gambar 7. Grafik hubungan kuat geser sengkang dan jarak sengkang**

Berdasarkan Gambar 7 perbedaan kekuatan (selisih kekuatan) antara ketiga jenis sengkang tersebut sangat signifikan, diperoleh angka berkisar 15,50%-23,03% untuk sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait 135° dan sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait 90°. Untuk sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait 135° dan sengkang vertikal model "U", dari hasil perhitungan diperoleh angka berkisar 23,95 % - 39,52%. Sedangkan untuk sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait 90° dan sengkang vertikal model "U", diperoleh angka berkisar 10,00 % - 21,28 %.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa keretakan yang terjadi pada benda uji dominan merupakan keretakan geser lentur.

Pada kelompok sampel dengan jarak sengkang 50 mm dan 150 mm, kuat geser sengkang terbesar terjadi pada balok uji menggunakan sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait 135°. Untuk kelompok sampel dengan jarak sengkang 100 mm, kuat geser sengkang terbesar terjadi pada balok uji menggunakan sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait 90°.

Perbedaan kekuatan (selisih kekuatan) antara ketiga jenis sengkang tersebut sangat signifikan. Sehingga secara umum dapat dinyatakan bahwa sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait 135° lebih kuat dibandingkan sengkang vertikal dengan sudut bengkokkan kait 90° dan sengkang vertikal model "U".

### Saran

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang jauh lebih baik, sampel yang digunakan perlu lebih banyak lagi agar didapatkan data yang lebih bervariasi. Selain itu pemilihan benda uji diupayakan merupakan perwakilan dari tiap tipe sampel yang hasilnya ingin dibandingkan.

Penelitian ini juga dapat dikembangkan pada balok tinggi, yaitu balok beton yang cenderung menahan pembebanan geser yang lebih dominan dibandingkan dengan beban lentur. Sehingga diperlukan tinggi penampang yang besar dibandingkan lebar penampangnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Basuki dan Nurul Hidayati. 2006. "Tinjauan Kuat Geser Sengkang Alternatif dan Sengkang Konvensional Pada Balok Beton Bertulang". UMS. Surakarta.
- Dept. PU. 2002. "SNI 03-2847-2002: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung". Yayasan LPMB. Bandung.
- Dipohusodo, I. 1994. "Struktur Beton Bertulang ". Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.