

TINJAUAN REKAYASA PENULANGAN GESER BALOK BETON BERTULANG DENGAN SENGGANG VERTIKAL MODEL "U"

Henry Hartono¹, Basuki², Mirana³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Surakarta 57102

ABSTRAK

Beton bertulang memerlukan penulangan berupa penulangan lentur dan geser. Penulangan lentur dipakai untuk menahan momen lentur, sedangkan penulangan geser (senggang) digunakan untuk menahan beban geser. Umumnya bagian tulangan senggang yang berfungsi menahan beban geser adalah arah vertikal, sedangkan arah horisontal tidak diperhitungkan menahan beban gaya yang terjadi pada balok. Bagian tulangan senggang arah vertikal mencegah terbelahnya balok akibat adanya geser. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji tentang kekuatan senggang vertikal model "U" dan membandingkan dengan kekuatan senggang vertikal konvensional yang telah lazim digunakan. Penelitian ini bertujuan mengetahui: beban geser maksimal, kuat geser, dan besar perbedaannya antara senggang vertikal konvensional dan senggang vertikal model "U" pada konstruksi balok beton bertulang. Penelitian dilaksanakan dalam 5 tahap yaitu: tahap persiapan bahan-bahan dan alat-alat penelitian, pemeriksaan kualitas bahan-bahan penelitian, penyediaan benda uji, tahap pengujian kuat tekan beton dan kuat geser senggang balok beton bertulang; serta tahap analisis dan pembahasan. Lokasi penelitian adalah di Laboratorium Bahan Bangunan di Prodi Teknik Sipil FT UMS. Total sampel benda uji yang dibuat sejumlah 18 buah, tiap variasi dibuat 3 sampel. Variasi yang digunakan spasi senggang 50 mm, 100 mm, dan 150 mm, ukuran senggang lebar 15 cm dan tinggi 20 cm, dengan bentang balok 100 cm. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa pada kelompok sampel dengan spasi 100 mm, senggang vertikal model "U" lebih kuat dibandingkan dengan senggang vertikal konvensional dan selisih kekuatan geser antara kedua jenis senggang tersebut sebesar 21,49%. Pada kelompok sampel dengan spasi 50 mm dan 150 mm, senggang vertikal konvensional lebih kuat dibandingkan dengan senggang vertikal model "U" dan selisih kekuatan geser antara kedua jenis senggang adalah sebesar 65,53% untuk spasi 50 mm dan 77,77% untuk spasi 150 mm. Sebaliknya, pada perhitungan analitis yang menyatakan senggang vertikal model "U" lebih kuat dibandingkan dengan senggang konvensional, dan selisih kekuatan yang relatif jauh, yaitu 21,49%. Sehingga, secara umum dapat dinyatakan senggang konvensional lebih kuat bila dibandingkan dengan senggang vertikal model "U"

Kata kunci : kuat geser, senggang vertikal model "U", senggang vertikal konvensional

I. PENDAHULUAN

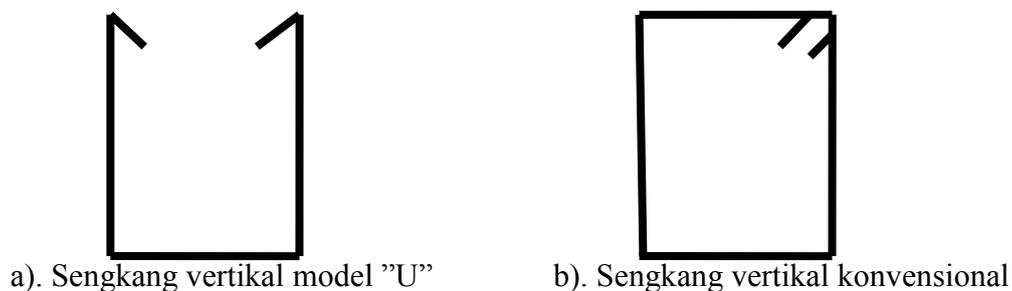
Beton adalah elemen struktural bangunan yang telah banyak dikenal dan banyak dimanfaatkan sampai sekarang ini. Beton juga telah banyak mengalami perkembangan yang telah sangat dikenal adalah ditemukannya kombinasi antara material beton dan tulangan baja yang digabungkan menjadi satu kesatuan konstruksi dan dikenal sebagai beton bertulang (Tjokrodinuljo, 1996). Beton bertulang harus diberikan penulangan yang berupa penulangan lentur dan penulangan geser. Penulangan lentur dipakai untuk menahan pembebanan momen lentur yang terjadi pada balok. Penulangan geser digunakan untuk menahan pembebanan geser (gaya lintang) yang terjadi pada balok. Penulangan geser balok sering dikenal dengan istilah penulangan senggang. Tulangan senggang konvensional yang telah dikenal selama ini dalam konsep perhitungannya dengan memperhitungkan, bahwa bagian tulangan senggang yang berfungsi menahan beban geser adalah bagian tulangan senggang pada arah vertikal (tegak lurus terhadap sumbu batang balok). Bagian tulangan senggang pada arah horisontal (di bagian atas dan bawah) tidak diperhitungkan menahan beban gaya yang terjadi pada balok (Asroni, 1997). Tulangan senggang pada arah vertikal adalah tulangan yang berhubungan

langsung dengan keretakan geser, dan tulangan ini akan mencegah terbelahnya balok akibat adanya keretakan geser, karena tulangan sengkang berfungsi untuk mengikat antara bagian balok di bawah retak geser dan bagian balok di atas retak geser. Selanjutnya konsep penulangan sengkang yang menggunakan satu bagian tulangan horisontal atas saja atau bawah saja diidentifikasi sebagai penulangan sengkang model "U" (Kusuma, 1997). Penulangan sengkang model "U" ini secara teoritis merupakan suatu alternatif penulangan sengkang yang dapat memberikan penghematan bahan sehingga biaya untuk pembuatan penulangan sengkang juga akan dapat dihemat (lebih efisien). Untuk memperkuat teori tersebut, maka diperlukan suatu penelitian di laboratorium mengenai kekuatan sengkang vertikal model "U" dan membandingkannya dengan kekuatan sengkang vertikal konvensional yang telah lazim digunakan.

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah mengetahui beban geser maksimal, kuat geser, dan besar perbedaannya antara sengkang vertikal konvensional dan sengkang vertikal model "U" pada konstruksi balok beton bertulang. Manfaat yang dapat diambil pada penelitian ini adalah diharapkan dapat memberikan analisis secara ilmiah tentang perbandingan kekuatan geser sengkang vertikal konvensional dan sengkang vertikal model "U" pada konstruksi balok beton bertulang, sehingga menambah wacana perkembangan keilmuan. Serta dapat memberikan alternatif bentuk penulangan geser (sengkang) pada balok beton bertulang yang dimungkinkan akan memberikan efisiensi bahan atau biaya.

Pengujian Kuat Geser Sengkang Balok Beton Bertulang

Dasar pemikiran perencanaan penulangan geser atau penulangan geser badan balok adalah usaha menyediakan sejumlah tulangan baja untuk menahan gaya tarik arah tegak lurus terhadap retak tarik diagonal sedemikian rupa sehingga mampu mencegah bukaan retak lebih lanjut (Murdock, 1991), dan (Neville, 1987). Perencanaan geser untuk komponen-komponen struktur terlentur didasarkan pada anggapan bahwa beton menahan sebagian dari gaya geser, sedangkan kelebihanannya atau kekuatan geser di atas kemampuan beton untuk menahannya dilimpahkan kepada tulangan baja geser (Kenneth, 1997). Cara yang umum dilaksanakan dan lebih sering dipakai untuk penulangan geser adalah dengan menggunakan sengkang, selain pelaksanaannya lebih mudah juga menjamin ketepatan pemasangannya. Penulangan dengan sengkang hanya memberikan andil terhadap sebagian pertahanan geser, karena formasi atau arah retak yang miring. Tetapi bagaimanapun, cara penulangan demikian terbukti mampu memberikan sumbangan untuk peningkatan kuat geser ultimit komponen struktur yang mengalami lenturan.



Gambar 1. Bentuk tulangan sengkang vertikal model "U" dan sengkang vertikal konvensional

Analisis kekuatan geser tulangan sengkang vertikal baik bentuk konvensional maupun model "U" menggunakan cara yang sama. Kekuatan geser kedua macam tulangan sengkang ini dipengaruhi oleh kekuatan geser beton (V_c) dan juga beban geser yang bekerja pada balok beton bertulang (V_u).

Gaya geser yang ditahan beton

Untuk komponen-komponen struktur yang menahan geser dan lentur saja, Persamaan 3.4-3 (Departemen Pekerjaan Umum, 1991), memberikan kapasitas kemampuan beton (tanpa penulangan geser) untuk menahan gaya geser adalah V_c ,

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

atau dengan menggunakan Persamaan (3.4-6) yang lebih terinci sebagai berikut:

$$V_c = \frac{1}{7} \left(\sqrt{f'_c} + 120 \rho_w \left(\frac{V_u d}{M_u} \right) \right) b_w d \quad (2)$$

dengan 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 :

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

$$V_c \leq (0,30 \sqrt{f'_c}) b_w d \quad (4)$$

dengan :

- V_c = kuat geser beton (N)
- f'_c = kuat tekan beton (N/mm²)
- b_w = lebar efektif penampang balok (mm)
- ρ_w = ratio luas tulangan lentur dengan luas penampang balok
- M_u = Momen akibat beban luar yang bekerja (Nmm)

II. METODE PENELITIAN

1. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain :

- 1) Semen Portland jenis I merk Gresik
- 2) Pasir, berasal dari Muntilan, Jogjakarta
- 3) Kerikil, berasal dari Karanganyar
- 4) Air, berasal dari Laboratorium Bahan Bangunan Teknik Sipil UMS
- 5) Tulangan baja, berasal dari toko bahan bangunan di Surakarta
- 6) *Bekesting* untuk cetakan balok beton bertulang digunakan kayu sengon

2. Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1) Alat untuk pemeriksaan kualitas bahan-bahan penelitian.

Untuk pemeriksaan kualitas bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini, alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- 1a). *Ayakan standart dan penggetar ayakan*
- 1b). *Timbangan*
- 1c). *Gelas ukur*
- 1d). *Kerucut conus*
- 1e). *Oven*

- If). *Desicator*
- Ig). *Volumetric flash*
- 1h). *Mesin uji Los Angeles*

2) Alat untuk pembuatan sampel uji kuat tekan beton.

Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan sampel uji kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

- 3a). *Kerucut Abram's*, yaitu alat yang digunakan untuk pemeriksaan nilai *slump* adukan beton sebelum adukan beton dicetak menjadi benda uji kuat tekan beton.
- 3b). *Cetakan benda uji kuat tekan beton*, yaitu alat yang berupa cetakan beton berbentuk silinder dari bahan baja, berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- 3c). *Cetok dan tongkat baja*, yaitu alat bantu yang digunakan untuk menuangkan adukan beton ke dalam cetakan benda uji kuat tekan beton dan tongkat baja dipakai untuk memadatkan adukan beton (alat penusuk) agar tidak ada rongga-rongga dalam adukan beton.

3. Cara Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam 5 tahap yang dijelaskan sebagai berikut :

- 1. Tahap **I** : Persiapan bahan-bahan dan alat-alat penelitian.
- 2. Tahap **II** : Pemeriksaan kualitas bahan-bahan penelitian.
- 3. Tahap **III** : Penyediaan benda uji.

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan antara lain :

- a) Perencanaan campuran (*mix design*) dan pembuatan adukan beton dan sampel untuk pengujian kuat tekan beton.

Jumlah sampel untuk pengujian kuat tekan beton sebanyak 3 buah. Sampel uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder diameter 15 cm dan 30 cm.

- b) Pembuatan sampel untuk pengujian kuat tarik baja tulangan.

Jumlah sampel untuk pengujian kuat tarik baja tulangan dapat dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 1. Sampel pengujian kuat tarik baja tulangan

| No | Uraian | Jumlah sampel |
|----|--|---------------|
| 1 | Sampel baja tulangan diameter 6 mm untuk tulangan geser (sengkang) | 3 |
| 2 | Sampel baja tulangan diameter 10 mm untuk tulangan lentur | 3 |
| 3 | Total jumlah sampel | 6 |

- c) Pembuatan sampel balok beton bertulang untuk pengujian kuat geser sengkang.

Jumlah sampel untuk pengujian kekuatan geser sengkang vertikal baik konvensional maupun model "U" dapat dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 2. Sampel balok beton bertulang dengan sengkang vertikal konvensional

| No | Uraian | Jumlah sampel |
|----|--|---------------|
| 1 | Sampel balok beton bertulang dengan tulangan sengkang konvensional, ukuran penampang balok, lebar = 15 cm, tinggi = 20 cm dan bentang balok 100 cm. Spasi sengkang 50 cm. | 3 |
| 2 | Sampel balok beton bertulang dengan tulangan sengkang konvensional, ukuran penampang balok, lebar = 15 cm, tinggi = 20 cm dan bentang balok 100 cm. Spasi sengkang 100 cm. | 3 |
| 3 | Sampel balok beton bertulang dengan tulangan sengkang konvensional, ukuran penampang balok, lebar = 15 cm, tinggi = 20 cm dan bentang balok 100 cm. Spasi sengkang 150 cm. | 3 |
| 4 | Total jumlah sampel | 9 |

Tabel 3. Sampel balok beton bertulang dengan sengkang vertikal model "U"

| No | Uraian | Jumlah sampel |
|----|---|---------------|
| 1 | Sampel balok beton bertulang dengan tulangan sengkang model "U", ukuran penampang balok, lebar = 15 cm, tinggi = 20 cm dan bentang balok 100 cm. Spasi sengkang 50 cm. | 3 |
| 2 | Sampel balok beton bertulang dengan tulangan sengkang model "U", ukuran penampang balok, lebar = 15 cm, tinggi = 20 cm dan bentang balok 100 cm. Spasi sengkang 100 cm. | 3 |
| 3 | Sampel balok beton bertulang dengan tulangan sengkang model "U", ukuran penampang balok, lebar = 15 cm, tinggi = 20 cm dan bentang balok 100 cm. Spasi sengkang 150 cm. | 3 |
| 4 | Total jumlah sampel | 9 |

d) Perawatan sampel pengujian kuat tekan beton dan kuat geser sengkang balok beton bertulang. Kegiatan perawatan sampel balok beton bertulang dilakukan dengan cara penyiraman air pada seluruh bagian sampel balok selama 2 kali sehari (pagi dan sore). Perawatan ini dilakukan selama 28 hari.

4. Tahap **IV** : Pengujian.

Pengujian meliputi : pengujian kuat tekan beton, pengujian kuat tarik baja tulangan, dan pengujian kuat geser sengkang balok beton bertulang.

5. Tahap **V** : Analisis data dan pembahasan.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1) Pengujian kuat geser sengkang balok beton bertulang

Tabel 4 Hasil pengujian geser balok

| No | Kode sampel | Beban geser maks (P) (kN) | Displacement (mm) | Beban geser rata-rata (P) (kN) | Keterangan |
|---|------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------------|------------|
| A. Sengkang konvensional | | | | | |
| 1 | SK - 5 cm (1) | 66 | 5 | 69,67 | |
| 2 | SK - 5 cm (2) | 64 | 6,73 | | |
| 3 | SK - 5 cm (3) | 79 | 7,55 | | |
| 4 | SK - 10 cm (1) | 36 | 6,21 | 42,50 | |
| 5 | SK - 10 cm (2) | 46,5 | 3,3 | | |
| 6 | SK - 10 cm (3) | 45 | 7,53 | | |
| 7 | SK - 15 cm (1) | 65 | 5,68 | 76 | |
| 8 | SK - 15 cm (2) | 71 | 8 | | |
| 9 | SK - 15 cm (3) | 92 | 5,22 | | |
| B. Sengkang vertikal model " U " | | | | | |
| 1 | SV - 5 cm (1) | 35,5 | 5,30 | 37,5 | |
| 2 | SV - 5 cm (2) | 52 | 8,2 | | |
| 3 | SV - 5 cm (3) | 25 | 4,33 | | |
| 4 | SV - 10 cm (1) | 46 | 5,95 | 48,5 | |
| 5 | SV - 10 cm (2) | 63,5 | 9 | | |
| 6 | SV - 10 cm (3) | 36 | 6 | | |
| 7 | SV - 15 cm (1) | 33,7 | 7,9 | 32,9 | |
| 8 | SV - 15 cm (2) | 31,5 | 5,25 | | |
| 9 | SV - 15 cm (3) | 33,5 | 6,99 | | |

Keterangan :

SK : sengkang konvensional,

SV : sengkang vertikal model "U"

Tabel 5. Perbandingan V_u rata-rata hasil pengujian dan V_u rata-rata analitis

| Kode sampel | V_u rata-rata hasil pengujian (kN) | V_u rata-rata analitis (kN) | Keterangan |
|-----------------|--------------------------------------|-------------------------------|---|
| SK - 50 mm (1) | 35.283 | 55,657 | Hasil pengujian lebih kecil dari analitis |
| SK - 50 mm (2) | | | |
| SK - 50 mm (3) | | | |
| SK - 100 mm (1) | 21.700 | 33,198 | Hasil pengujian lebih kecil dari analitis |
| SK - 100 mm (2) | | | |
| SK - 100 mm (3) | | | |
| SK - 150 mm (1) | 38.450 | 25,712 | Hasil pengujian lebih besar dari analitis |
| SK - 150 mm (2) | | | |
| SK - 150 mm (3) | | | |
| SV - 50 mm (1) | 19.200 | 55,657 | Hasil pengujian lebih kecil dari analitis |
| SV - 50 mm (2) | | | |
| SV - 50 mm (3) | | | |
| SV - 100 mm (1) | 24.700 | 33,198 | Hasil pengujian lebih kecil dari analitis |
| SV - 100 mm (2) | | | |
| SV - 100 mm (3) | | | |
| SV - 150 mm (1) | 16.900 | 25,712 | Hasil pengujian lebih kecil dari analitis |
| SV - 150 mm (2) | | | |
| SV - 150 mm (3) | | | |

Berdasarkan Tabel 5. di atas terlihat bahwa semua balok uji mempunyai V_u maksimal rata-rata dari hasil pengujian di laboratorium lebih kecil nilainya dibandingkan dengan V_u rata-rata analitis, tapi ada juga satu sampel yang mempunyai V_u maksimal rata-rata dari hasil pengujian di laboratorium lebih besar nilainya dibandingkan dengan V_u rata-rata analitis. Hal ini menunjukkan bahwa pada pengujian yang telah dilakukan ternyata keruntuhan geser terjadi pada saat beban yang bekerja masih di bawah beban analitis yang mampu ditahan oleh balok uji tersebut. Maka, analisis lebih lanjut besarnya V_u yang digunakan untuk mengetahui kekuatan sengkang konvensional maupun sengkang vertikal model "U" dipakai V_u rata-rata hasil pengujian karena lebih sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

Selanjutnya, untuk semua balok uji hasil perhitungan V_s disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil perhitungan V_s pada balok uji

| Kode sampel | V_u rata-rata hasil pengujian (kN) | V_s (kN) | Keterangan |
|----------------|--------------------------------------|------------|-----------------------|
| SK - 50 mm (1) | 35.283 | 40,905 | sengkang konvensional |
| SK - 50 mm (2) | | | |
| SK - 50 mm (3) | | | |

| | | | |
|-------------------|--------|--------|-----------------------------|
| SK - 100 mm (1) | 21.700 | 18,267 | senggang konvensional |
| SK - 100 mm (2) | | | |
| SK - 100 mm (3) | | | |
| SK - 150 mm (1) | 38.450 | 46,183 | senggang konvensional |
| SK - 150 mm (2) | | | |
| SK - 150 mm (3) | | | |
| SV - 50 mm (1) | 19.200 | 14,100 | senggang vertikal model "U" |
| SV - 50 mm (2) | | | |
| SV - 50 mm (3) | | | |
| SV - 100 mm (1) | 24.700 | 23,267 | senggang vertikal model "U" |
| SV - 100 mm (2) | | | |
| SV - 100 mm (3) | | | |
| SV - 150 mm (1) | 16.900 | 10,267 | senggang vertikal model "U" |
| SV - 150 mm (2) | | | |
| SV - 150 mm (3) | | | |

Tabel 7 Perbandingan V_s , kekuatan senggang konvensional dan senggang vertikal model "U"

| Kode sampel | V_s (kN) | Kode sampel | V_s (kN) | Selisih kekuatan (%) |
|-------------|------------|-------------|------------|----------------------|
| SK-50 mm | 40,905 | SV-50 mm | 14,100 | 65,53 |
| SK-100 mm | 18,267 | SV-100 mm | 23,267 | 21,49 |
| SK-150 mm | 46,183 | SV-150 mm | 10,267 | 77,77 |

Berdasarkan hasil penelitian, dapat dinyatakan senggang konvensional lebih kuat dibandingkan dengan senggang vertikal model "U", karena hasil analisis tidak seluruh kelompok sampel mempunyai perilaku yang sama. Perbedaan kekuatan (selisih kekuatan) antara kedua jenis senggang tersebut sangat signifikan, yaitu dari perhitungan diperoleh angka berkisar antara 65,53% - 77,77%. Sebaliknya, pada perhitungan analitis yang menyatakan senggang vertikal model "U" lebih kuat dibandingkan dengan senggang konvensional, dan selisih kekuatan yang relatif jauh, yaitu 21,49%. Sehingga, secara umum dapat dinyatakan senggang konvensional lebih kuat bila dibandingkan dengan senggang vertikal model "U".

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka beberapa kesimpulan yang diperoleh sebagai berikut :

- 1) Beban geser maksimal yang terjadi pada balok uji (V_u maksimal hasil pengujian) dengan tulangan senggang konvensional diperoleh sebagai berikut :
 - (a) Beban geser maksimal rata-rata sebesar 35,283 kN, untuk senggang dengan spasi 50 mm.
 - (b) Beban geser maksimal rata-rata sebesar 21,700 kN, untuk senggang dengan spasi 100 mm.
 - (c) Beban geser maksimal rata-rata sebesar 38,450 kN, untuk senggang dengan spasi 150 mm.

- 2) Beban geser maksimal yang terjadi pada balok uji (V_u maksimal hasil pengujian) dengan tulangan sengkang vertikal model “U” diperoleh sebagai berikut :
 - (a) Beban geser maksimal rata-rata sebesar 19,200 kN, untuk sengkang dengan spasi 50 mm.
 - (b) Beban geser maksimal rata-rata sebesar 24,700 kN, untuk sengkang dengan spasi 100 mm.
 - (c) Beban geser maksimal rata-rata sebesar 16,900 kN, untuk sengkang dengan spasi 150 mm.
- 3) Kuat geser maksimal tulangan sengkang konvensional (V_s maksimal hasil pengujian) dapat dijabarkan sebagai berikut :
 - (a) Kuat geser maksimal rata-rata sebesar 40,905 kN, untuk sengkang dengan spasi 50 mm.
 - (b) Kuat geser maksimal rata-rata sebesar 18,267 kN, untuk sengkang dengan spasi 100 mm.
 - (c) Kuat geser maksimal rata-rata sebesar 46,183 kN, untuk sengkang dengan spasi 150 mm.
- 4) Kuat geser maksimal tulangan sengkang alternatif (V_s maksimal hasil pengujian) dapat dijabarkan sebagai berikut :
 - (a) Kuat geser maksimal rata-rata sebesar 14,100 kN, untuk sengkang dengan spasi 50 mm.
 - (b) Kuat geser maksimal rata-rata sebesar 23,267 kN, untuk sengkang dengan spasi 100 mm.
 - (c) Kuat geser maksimal rata-rata sebesar – 10,267 kN, untuk sengkang dengan spasi 150 mm.
- 5) Ada perbedaan yang signifikan kuat geser antara tulangan sengkang konvensional dan tulangan sengkang vertikal model “U”, yaitu selisih kuat geser maksimal antara kedua bentuk penulangan tersebut berkisar 65,53% - 77,77%. Hasil tersebut di atas menunjukkan kekuatan geser sengkang konvensional dengan sengkang vertikal model “U” adalah tidak sama.
- 6) Efisiensi bahan yang diberikan sengkang vertikal model “U” adalah nol, karena kuat geser sengkang vertikal model “U” lebih kecil dibandingkan sengkang konvensional.
- 7) Cara pemasangan tulangan sengkang vertikal model “U” yang paling baik, adalah dengan model “U” menghadap ke bawah. 

Hal-hal yang dapat disarankan berdasarkan hasil penelitian ini antara lain :

- 1) Penelitian dengan topik semacam ini perlu untuk dinjau pada umur beton yang lebih lama misalnya umur beton 21 hari, 28 hari atau yang lebih lama lagi untuk mengetahui perilaku-perilaku pada kedua bentuk penulangan geser di atas terhadap kekuatannya.
- 2) Penelitian semacam 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.
- 3) Penelitian yang telah dilakukan ini terbatas dengan alat pengujian geser balok dengan dimensi maksimal penampang balok beton sebesar 20 cm dan kapasitas alat menahan beban sebesar maksimal 10 ton. Dengan kondisi semacam ini maka dapat dilakukan penelitian serupa untuk balok beton dengan dimensi penampang balok

yang lebih besar dan dengan alat pengujian geser yang mempunyai kapasitas menahan beban maksimal yang lebih besar lagi.

- 4) Perlu dilakukan penelitian lanjut untuk mendapatkan hasil penelitian yang jauh lebih baik dari penelitian sebelumnya, yaitu dengan menggunakan jumlah sampel yang lebih banyak lagi agar didapatkan data yang lebih bervariasi.

V. DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBBI-1982)*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, SK-SNI-T-15-1991-03, Jakarta.
- Dipohusodo, I., 1994. *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Kenneth, M, L., 1997. *Reinforced Concrete Design*, Mc. Graw Hill, Singapore.
- Kusuma, G., 1997. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI T-15-1991-03)*, Bandung.
- Murdock, L. J. dan K.M Brook, 1991. *Bahan dan Praktek Beton Terjemahan Stephany Hindarko*, Erlangga, Jakarta.
- Neville, A. M., 1987. *Concrete Technology*, Longman Group UK Limited, England.
- Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta.