

PENGUJIAN KEKUATAN PENGHUBUNG GESER YANG TERBUAT DARI BAJA TULANGAN BERBENTUK “U TERBALIK”

Ida Ayu Made Budiwati¹, IB. Dharma Giri¹, dan Ketut Candra Priska Wedana²

¹ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar

Abstrak: Penelitian ini menganalisis kekuatan penghubung geser “U terbalik” berdasarkan hubungan slip dan beban dengan mutu beton berbeda dan luas penampang serta sudut kemiringan yang digunakan sama. Penghubung geser merupakan potongan baja tulangan polos diameter \varnothing 10 mm panjang 400 mm berbentuk huruf “U terbalik” yang dimiringkan sebesar 450 terhadap sayap balok baja profil IWF (250x125x6x9) mm. Pengujian dilakukan terhadap 6 spesimen komposit dengan mutu beton yang berbeda yakni sebesar 21.79 MPa (benda uji C 20) dan 30,84 Mpa (benda uji C 25) masing-masing terdiri atas 3 spesimen mutu beton. Pengujian kekuatan penghubung geser dengan metode Push Out Test berdasarkan standar Australia (AS 2327 Part 1, 1980). Hasil tes menunjukkan bahwa meningkatnya mutu beton menyebabkan menurunnya nilai slip yang berarti peningkatan kapasitas beban yang dapat ditahan oleh benda uji. Pada saat diberikan beban sebesar 72,5 kN terhadap masing-masing penghubung geser pada benda uji, slip yang dihasilkan oleh C 20 dan C25 berturut-turut sebesar 2,433 mm dan 1,060 mm. Pada kenaikan mutu beton sebesar 41,53%, maka penurunan slip C 25 terhadap C 20 adalah sebesar 56,43%. Pada spesimen C 20 dan C 25 beban ultimit belum dicapai dengan beban 72,5 kN sehingga beban yang masih mampu diterima dalam kondisi elastis hingga sebesar 72,5 kN untuk setiap penghubung geser.

Kata kunci: Kuat Tekan, Mutu Beton, Penghubung Geser, Push Out Test, Slip.

STRENGTH TESTING OF SHEAR CONNECTOR MADE OF REINFORCING STEEL SHAPED “INVERTED U”

Abstract: This research aims to determine the shear connector strength indicated by slip and loading value in which the compressive strength of concrete is varied while the area of cross-section and length and angle of shear connector used are constant. Shear connectors are made of reinforcing steel of 10 mm diameter. On each flange of IWF section a shear connector with a length of 400 mm is mounted. In this study, shear connectors used are made of reinforcing steel shaped "inverted U" and tilted toward of 450 to the flange steel I section (250x125x6x9) mm. Shear connector strength testing is carried out using six composite specimens, with two different concrete compressive strength that of 21.79 Mpa (specimen C 20) and 30,84 MPa (specimen C 25) respectively. Each compressive strength of concrete consists of three specimens. Testing specimen was conducted using push out test method refers to the Australian standard (AS 2327 Part 1, 1980). The result of the test indicating the increase of the compressive strength of concrete can lead to declining value of the slip. Decrease slip value reflects increase load capacity that can be retained by the specimen. When the load was 72.5 kN on each shear connector of the specimen, the slip occurred by the C 20 and C 25 were 2.433 mm and 1.060 mm respectively. Therefore, the increase in concrete quality by 41.53%, the value of slip reduced by 56.43%. The specimen of C 20 and C 25 have not been reached the ultimate load so it is believed that each shear connector still be able to receive the load in elastic conditions more than 72.5 kN.

Keywords: Compressive Strength, Concrete strength, Push Out Test, Shear Connector, Slip.

PENDAHULUAN

Struktur komposit merupakan struktur yang menggabungkan dua atau lebih karakteristik material berbeda yang bekerja secara bersama-sama sebagai satu kesatuan dengan memanfaatkan karakteristik masing-masing bahan secara optimal. Struktur komposit yang umum digunakan dalam bidang teknik sipil adalah gabungan antara struktur baja dan beton serta terdapat penghubung geser yang ditempatkan pada bidang kontak antara struktur baja dan beton.

Pada balok komposit baja beton yang dominan menerima lentur, penghubung geser yang dipasang pada bidang kontak balok baja dan pelat beton merupakan elemen kunci untuk menghasilkan aksi komposit pada elemen struktur tersebut. Aksi komposit yang dimaksud bertujuan agar baja dan beton menjadi satu kesatuan elemen struktur yang mengerahkan keunggulan masing-masing dari baja dan beton dimana beton ditempatkan di daerah tekan dan baja ditempatkan di daerah tarik. Aksi komposit timbul akibat dicegahnya pergeseran horizontal antara baja dan beton oleh penghubung geser pada saat mengalami mekanisme lentur. Secara umum penghubung geser terbuat dari baja yang dilas ke sayap atas baja dan ditanam pada beton.

Terdapat berbagai alternatif tipe penghubung geser yang dipergunakan pada struktur komposit, diantaranya penghubung geser yang bentuknya seperti paku berkepala baja dan penghubung geser berbentuk baja kanal yang dilas pada sayap atas balok baja. Saat ini, peraturan-peraturan konstruksi yang berhubungan dengan struktur komposit telah merekomendasikan penghubung geser tersebut. Hal ini tidak terlepas dari intensifnya penelitian-penelitian yang dilakukan terhadap dua tipe ini, sehingga unifikasi rumus kekuatannya dapat diterima oleh banyak pihak.

Dari sudut penerapan, penghubung geser yang berupa paku berkepala baja serta potongan kanal relatif mahal dibanding-

kan penghubung geser yang terbuat dari baja tulangan. Demikian halnya penghubung geser yang dibuat dari potongan kanal disamping mahal juga memerlukan pemotongan yang banyak serta jarang ditemukan sisa-sisa pemotongannya di lapangan.

Baja tulangan yang dibuat dengan panjang dan bentuk tertentu dapat digunakan sebagai salah satu alternatif penghubung geser. Hal ini dilakukan mengingat terdapat banyaknya potongan-potongan baja tulangan di lapangan yang dapat didaur ulang serta pengerjaannya dalam hal pemotongan, pembengkokan, dan pengelasan mudah dilakukan.

Penghubung geser yang terbuat dari baja tulangan dapat dibuat dalam berbagai macam bentuk yakni bentuk spiral atau menyerupai abjad, seperti huruf "V", "Z", "U terbalik", dll. Pada penelitian ini, penghubung geser yang digunakan adalah potongan baja tulangan dibentuk menyerupai huruf "U terbalik" yang dimiringkan sebesar 45° terhadap sayap balok baja. Dengan demikian diharapkan agar penghubung geser tersebut memiliki kekuatan berdasarkan lekatan. Besarnya lekatan pada penghubung geser dipengaruhi oleh luas penghubung geser dan mutu beton dari struktur komposit tersebut.

Pengujian kekuatan penghubung geser dapat dilakukan melalui *push out test* dimana pada standar Australia (AS 2327 Part 1, 1980) diberikan standar untuk melakukan metode *push out test* khususnya untuk tipe stud. Standar tersebut dapat dijadikan acuan untuk menguji kekuatan penghubung geser dari jenis lain seperti penghubung geser "U terbalik" yang terbuat dari baja tulangan.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir, kerikil, baja profil IWF 250x125x6x9 dengan berat 29,6 kg/m; semen Portland tipe I yang umum berada di pasaran; air yang digunakan berasal dari jaringan air bersih Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,

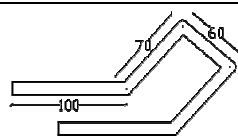
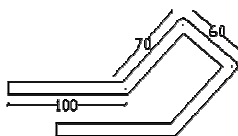
Universitas Udayana; baja tulangan polos \varnothing 10 (BjTP 24); las E 60 dengan fuw = 490 Mpa; pelumas yang dioleskan di sepanjang permukaan sayap atas dan bawah profil baja untuk menghilangkan lekatan antara baja dan pelat beton.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana dimana tahap persiapan hingga perawatan benda uji dilakukan

di Laboratorium Bahan sedangkan push out test dilakukan di Laboratorium Struktur.

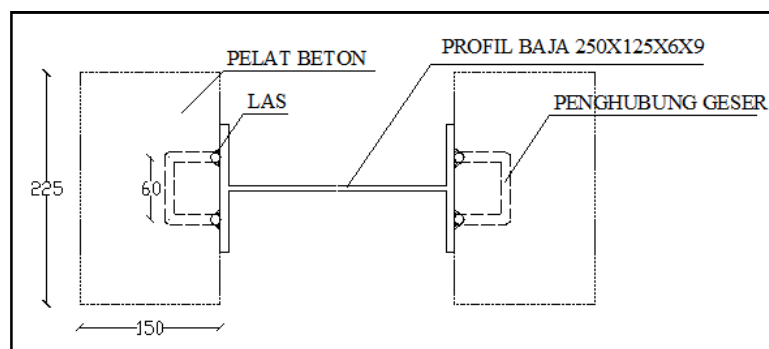
Penghubung geser “U terbalik” yang digunakan pada penelitian ini terbuat dari baja tulangan polos diameter 10 mm. Pada setiap sayap baja dipasang 1 buah penghubung geser dengan panjang penghubung geser adalah 400 mm. Pada Tabel 1 diperlihatkan rancangan dari penghubung geser.

Tabel 1 Rancangan penghubung geser

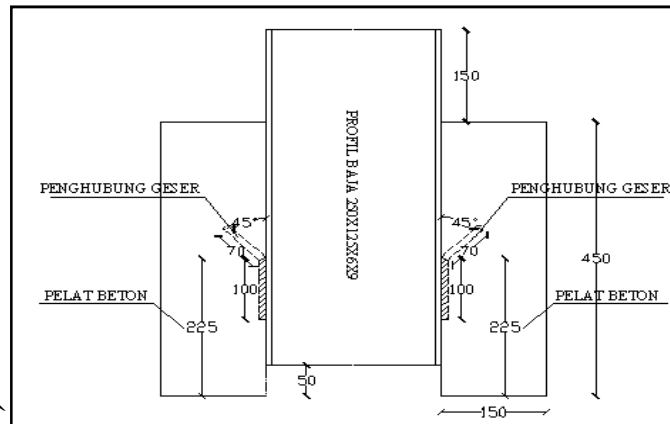
Benda Uji	Kode Benda Uji	Rancangan Mutu Beton (MPa)	Kode silinder beton acuan	Gambar Penghubung Geser
I	C 20 1	20	S 20	
	C 20 2	20		
	C 20 3	20		
II	C 25 1	25	S 25	
	C 25 2	25		
	C 25 3	25		

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah benda uji komposit dengan penghubung geser, dimana benda uji tersebut terdiri atas beton dengan $f'c$ sebesar 20 dan 25 MPa serta baja yang digunakan adalah baja dengan profil IWF

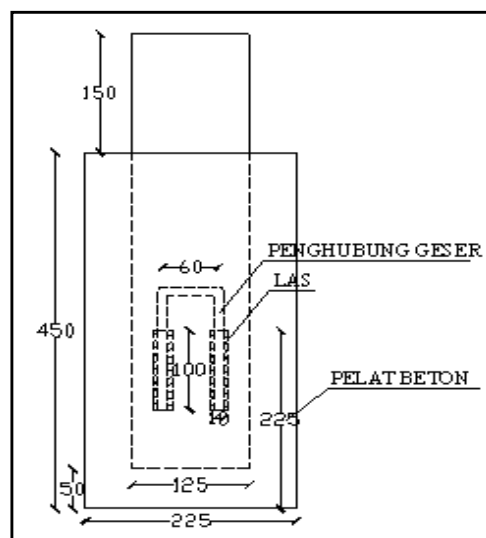
250x125x6x9, dan berat 29,6 kg/m Penghubung geser dilas (las sudut 10 cm) pada sayap baja dan ditanam pada pelat beton. Gambar 1, 2 dan 3 memperlihatkan tampak atas, tampak depan, dan tampak samping benda uji komposit.



Gambar 1 Tampak atas benda uji komposit



Gambar 2 Tampak depan benda uji komposit



Gambar 3 Tampak samping benda uji komposit

Langkah-langkah pembuatan benda uji tersebut adalah sebagai berikut:

- Baja tulangan dilas (las sudut 10 cm) pada sayap profil baja
- Bekisting pelat beton dipasang pada kedua sayap baja. Bekisting dibuat dari plywood.
- Adukan beton dibuat dengan kuat desak rencana 20 dan 25 MPa.
- Campuran dimasukkan ke dalam alat aduk dan diaduk sampai merata.
- Untuk mengetahui kuat tekan beton dibuat benda uji silinder dengan diameter 150 mm, tinggi 300 mm masing-masing sebuah untuk setiap benda uji komposit. Campuran tersebut merupakan acuan untuk mengetahui mutu beton yang dimiliki masing-masing benda uji.

- Campuran beton tersebut dituang pada bekisting pelat beton yang berada pada permukaan sayap profil baja hingga merata.

Push out test dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) terhadap benda uji yang telah berumur 28 hari dengan cara menekan baja dan pelat beton yang merupakan struktur komposit.

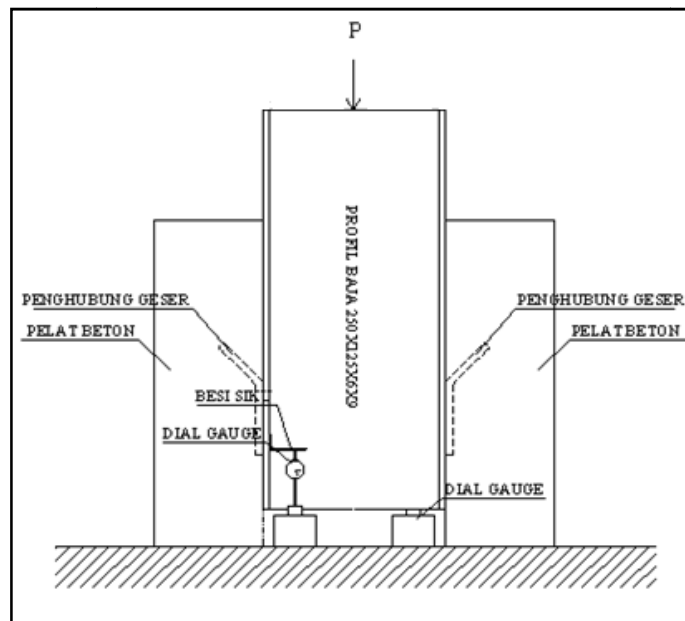
Langkah-langkah pengujian ini adalah sebagai berikut :

- Benda uji diletakkan pada mesin, dengan posisi vertikal pada bagian memanjang. Hal ini dimaksudkan bahwa gaya geser yang bekerja berada pada posisi vertikal. Gaya ini ditimbulkan oleh desakan dan tekanan dari Push Out Test. Posisi benda uji komposit

- terhadap mesin dapat dilihat pada Gambar 4.
- Dial gauge diletakkan pada masing-masing sayap baja. Untuk memudahkan pembacaan dipakai benda siku kaku diantara sayap baja dan ujung dial gauge. Posisi dial gauge pada benda uji komposit dapat dilihat pada Gambar 5.
 - Pembebanan segera diberikan. Beban diaplikasikan pada penghubung geser dan diberikan secara konstan dengan penambahan secara bertahap sebesar 2,5 kN. Selama pembebanan, setiap penambahan beban sebesar 2,5 kN, penurunan baja relatif terhadap beton diamati dengan menggunakan dial gauge dan dicatat.



Gambar 4 Posisi benda uji pada push out test



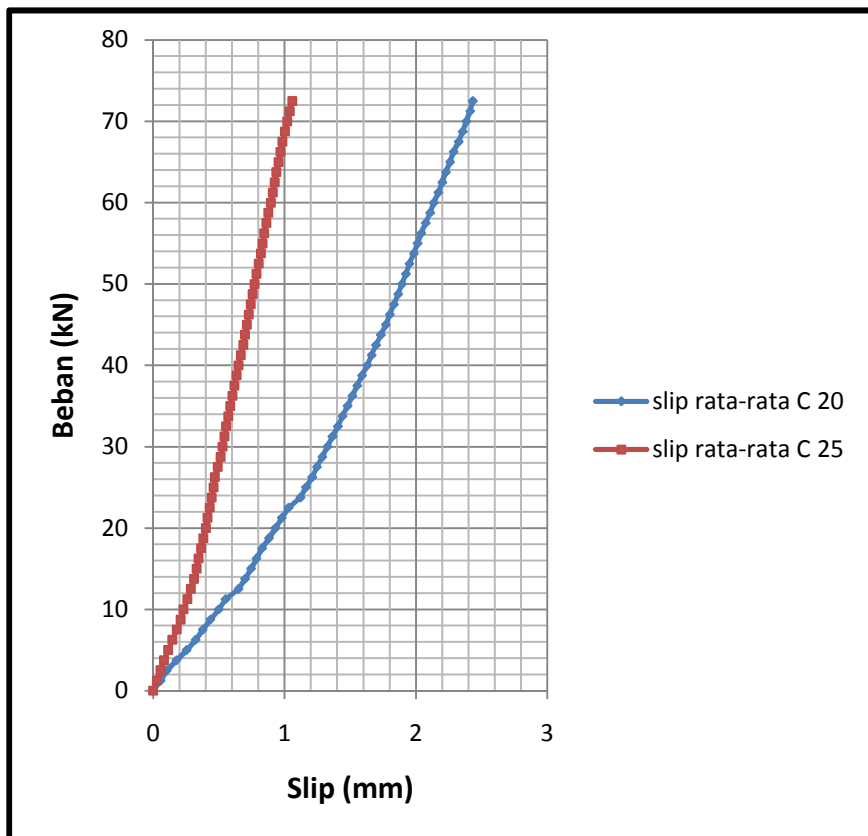
Gambar 5 Posisi dial gauge pada benda uji komposit

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian benda uji komposit dalam penelitian ini mengacu pada Peraturan Standar Australia (AS 2327 Part 1, 1980) dengan metode push out test. Pengujian dilakukan dengan pemberian beban merata seluas penampang profil baja yang menyentuh permukaan mesin uji berupa pelat baja dengan tebal 5 cm. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan terhadap benda uji komposit pada saat pengujian menunjukkan tidak adanya keretakan pada pelat beton hingga beban maksimum pengujian diberikan yakni sebesar 72,5 kN pada masing-masing penghubung geser. Setelah

beban maksimum diberikan dan pembebanan dihentikan pada benda uji, besar penurunan relatif baja terhadap beton (slip) pada dial gauge kembali ke nol. Penghubung geser beserta las yang digunakan tetap kokoh sampai pengujian berakhir.

Gambar 6 menunjukkan grafik hubungan antara beban dan slip rata-rata untuk benda uji C 20 dan C 25. Pada grafik terlihat bahwa pada benda uji komposit yang dipasang penghubung geser “U terbalik” yang memiliki kuat tekan pada pelat beton lebih rendah, maka slip yang terjadi akan lebih rendah apabila diberikan suatu beban/gaya tekan.



Gambar 6 Grafik hubungan slip rata-rata dan beban

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian 6 buah benda uji dimana mutu beton yang direncanakan sebesar 20 MPa dan 25 MPa, diameter penghubung geser “U” terbalik” yang digunakan baja tulangan polos berdiameter 10 mm serta masing-masing benda uji direncanakan tanpa adanya lekatan antara

sayap baja dan pelat beton, maka didapatkan hal-hal berikut di bawah ini:

- Pada Tabel 2 akan diperlihatkan besar slip pada masing-masing spesimen untuk beban terbesar yang diberikan terhadap masing-masing spesimen komposit pada saat pengujian.

Tabel 2 Slip pada beban maksimum yang diberikan pada masing-masing penghubung geser pada saat push out test

No	Nama Spesimen	Slip (mm)	Beban maksimum (kN)	Mutu Beton Rata-rata f'_c (MPa)
1	C 20	2,433	72,5	21,79
2	C 25	1,060	72,5	30,84

- Pada saat diberikan beban sebesar 72,5 kN terhadap masing-masing penghubung geser pada benda uji, slip rata-rata yang dihasilkan oleh C 20 sebesar 2,433 mm sedangkan slip yang dihasilkan oleh C 25 sebesar 1,060 mm atau dapat dikatakan dengan kenaikan mutu beton sebesar 41,53%, maka penurunan slip C 25 terhadap C 20 adalah sebesar 56,43%. Detilnya dapat dilihat pada Tabel 3 dimana beban maksimum yang diberikan adalah sebesar 72,5 kN untuk masing-masing penghubung geser.

Tabel 3 Persentasi perbedaan slip berdasarkan kenaikan mutu beton antara benda uji C 20 dan C 25

Benda Uji	Beban Maksimum yang diberikan (kN)	Slip Pada Beban Maksimum (mm)	Penurunan Slip C 25 Terhadap C 20 (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kenaikan Mutu beton (%)
C 20	72,5	2,433	56,43	21,79	41,53
C 25	72,5	1,060		30,84	

Nilai slip rata-rata pada benda uji C 20 dan C 25 pada beban kelipatan 10 kN pada masing-masing penghubung geser dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Slip rata-rata pada benda uji C 20 dan C 25 mengalami kenaikan secara bertahap dan linier.

Tabel 4 Nilai slip rata-rata pada benda uji C 20 dan C 25 pada beban kelipatan 10 kN pada masing-masing penghubung geser

Beban (kN)	Slip Rata-rata C 20 (mm)	Slip Rata-rata C 25 (mm)
20	0,932	0,402
30	1,327	0,528
40	1,630	0,650
50	1,895	0,773
60	2,137	0,897
70	2,385	1,022

Pada benda uji dengan mutu pelat beton yang direncanakan, terlihat bahwa meningkatnya mutu beton dapat menyebabkan menurunnya nilai slip. Penurunan

nilai slip menggambarkan peningkatan kapasitas beban yang dapat ditahan oleh benda uji. Nilai kenaikan mutu beton sebesar 41,53% didapatkan pada Tabel 3.

Tabel 5 Pengaruh mutu beton terhadap beban dan slip pada benda uji

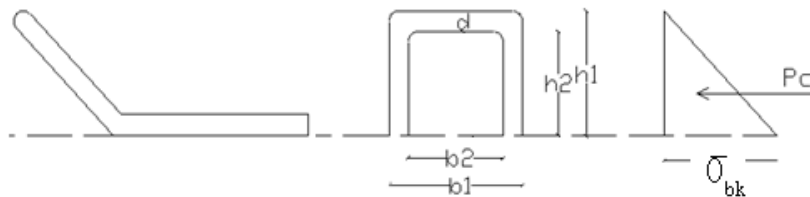
	Benda Uji C 25 Terhadap C 20
% kenaikan mutu beton	41,53
% penurunan slip pada beban 20 kN	56,9
% penurunan slip pada beban 30 kN	60,2
% penurunan slip pada beban 40 kN	60,12
% penurunan slip pada beban 50 kN	59,2
% penurunan slip pada beban 60 kN	58,0
% penurunan slip pada beban 70 kN	57,2

Dilihat dari Tabel 5, maka untuk kenaikan mutu beton 41,53%, maka nilai penurunan slip berkisar 56,9% sampai dengan 60,2% dan jika diambil rata-rata dari data pada tabel tersebut didapat penurunan slip sebesar 58,6% .

Pada spesimen C 20 dan C 25 beban ultimit belum dicapai dengan beban 145

kN sehingga dapat diyakini beban yang masih mampu diterima penghubung geser dalam kondisi elastis hingga sebesar 72,5 kN untuk masing-masing penghubung geser. Hal ini terlihat pada grafik beban-slip belum mencapai titik belok yang membatasi kondisi elastis dan inelastis (elastoplastis).

- Gaya yang dapat ditahan oleh beton



Digunakan:

$$h1 = 5,965 \text{ cm}$$

$$h2 = 4,95 \text{ cm}$$

$$b1 = 7 \text{ cm}$$

$$b2 = 5 \text{ cm}$$

$$d = 1 \text{ cm}$$

Untuk $f'c = 21,79 \text{ MPa}$, sehingga $\sigma_{bk} = 262,53 \text{ kg/cm}^2$

$$P_c = 2(0,80 \sigma_{bk}(h1 \cdot d + \frac{1}{2} b1 \cdot d - d^2))$$

$$P_c = 2(0,80(262,53) \left((5,965) \cdot (1) + \frac{1}{2} (7) \cdot (1) - (1)^2 \right))$$

$$P_c = 2(0,80(262,53)(5,965 + 3,5 - 1))$$

$$P_c = 3555,71 \text{ kg}$$

$$P_c = 35,56 \text{ kN}$$

Untuk $f'c = 30,84 \text{ MPa}$, sehingga $\sigma_{bk} = 371,57 \text{ kg/cm}^2$

$$P_c = 2(0,80 \sigma_{bk}(h1 \cdot d + \frac{1}{2} b1 \cdot d - d^2))$$

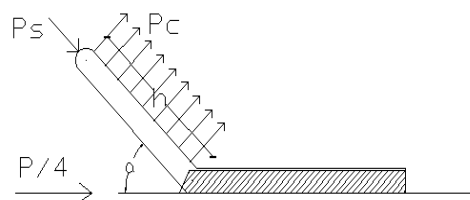
$$P_c = 2(0,80(371,57) \left((5,965) \cdot (1) + \frac{1}{2} (7) \cdot (1) - (1)^2 \right))$$

$$P_c = 2(0,80(371,57)(5,965 + 3,5 - 1))$$

$$P_c = 5032,54 \text{ kg}$$

$$P_c = 50,33 \text{ kN}$$

- Gaya yang dapat ditahan oleh penghubung geser



Digunakan:

$$h = 7 \text{ cm}$$

$$d = 1 \text{ cm}$$

$$a = 45^\circ$$

$$\sigma_i = 3800 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = \frac{0,85 \sigma_i d}{\sqrt{\frac{\cos^2 a}{\pi^2 d^2} + \frac{3 \sin^2 a}{16 h^2}}}$$

$$P = \frac{0,85(3800)(1)}{\sqrt{\frac{\cos^2 45}{\pi^2 (1)^2} + \frac{3 \sin^2 45}{16(7)^2}}}$$

$$P = 12118,6 \text{ kg}$$

$$P = 121,19 \text{ kN}$$

Perhitungan diatas menunjukkan bahwa telah terjadi kegagalan pada penghubung geser sebelum gaya sebesar 145 kN diberikan pada satu buah benda uji. Hal ini berbeda dengan hasil pengamatan secara visual pada saat pengujian bahwa pada beban 145 kN pada satu benda uji atau sebesar 72,5 kN pada masing-masing penghubung geser, penghubung geser belum mengalami kegagalan.

Prediksi kekuatan penghubung geser jika menggunakan rumus besarnya kekuatan penghubung geser jenis paku menurut

SNI 03-1729-2000, maka untuk satu penghubung geser:

$$Q_n = 2(0,5A_{sc}\sqrt{f'_c E_c}) \quad (1)$$

Penghubung geser dimiringkan sebesar 45^0 , sehingga:

$$Q_n = 2(0,5A_{sc}\sqrt{f'_c E_c}) \cdot \cos 45^0 \quad (2)$$

Untuk setiap penghubung geser pada spesimen C 20, dimana f'_c sebesar 21,79 MPa diperoleh $Q_n = 38,40$ kN. Dengan rumus yang sama dapat diprediksikan kekuatan nominal tiap penghubung geser pada spesimen C 25, dimana $f'_c = 30,84$ MPa diperoleh $Q_n = 49,83$ kN.

Tabel 6 Perbandingan kekuatan penghubung geser berdasarkan beban antara prediksi kuat nominal menggunakan rumus stud dan beban terbesar pada saat pengujian

No	Nama Spesimen	Kuat Nominal Qn (kN)	Beban Test Terbesar P (kN)	Mutu Beton Rata-rata f'_c (MPa)
1	C 20	38,4	72,5	21,79
2	C 25	49,83	72,5	30,84

Berdasarkan Tabel 6 dapat diprediksikan bahwa spesimen C 20 dapat menerima beban nominal sebesar $Q_n = 38,40$ kN untuk masing-masing penghubung geser (lebih kecil 47,03% dari beban 72,5 kN pada saat pengujian), dan spesimen C 25 dapat menerima beban nominal sebesar 49,83 kN untuk masing-masing penghubung geser (lebih kecil 31,17% dari beban 72,5 kN pada saat pengujian).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil analisis penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal berikut.

- Pada benda uji komposit dengan mutu beton sebesar 21,79 MPa dan 30,84 MPa, terlihat bahwa meningkatnya mutu beton dapat menyebabkan menurunnya nilai slip. Penurunan nilai slip menggambarkan peningkatan kapasitas beban yang dapat ditahan oleh benda uji. Pada saat diberikan beban sebesar 72,5 kN, slip rata-rata yang dihasilkan oleh C 20 sebesar 2,433 mm sedangkan slip yang dihasilkan oleh C 25 sebesar

1,060 mm atau dapat dikatakan dengan kenaikan mutu beton sebesar 41,53%, maka penurunan slip C 25 terhadap C 20 adalah sebesar 56,43%.

- Pada spesimen C 20 dan C 25 beban ultimit belum dicapai dengan beban 145 kN sehingga dapat diyakini bahwa beban yang masih mampu diterima penghubung geser dalam kondisi elastis sebesar 72,5 kN untuk masing-masing penghubung geser. Hal ini terlihat pada grafik beban-slip belum mencapai titik belok yang membatasi kondisi elastis dan inelastis (elastoplastis).

Saran

Beberapa hal yang dapat disarankan yaitu:

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap spesimen komposit dengan variasi bentuk, kemiringan dan ukuran penghubung geser.
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap spesimen komposit dengan lebih banyak variasi mutu beton.
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap hubungan antara kekuatan

penghubung geser dan mutu beton dengan berbagai bentuk dan ukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Akoeb, M. A. 1989. *Perilaku Penghubung Flexibel serta Pengaruh Lekatan Antara Baja dan Beton pada Balok Komposit*. Thesis, Program Teknik Sipil-Struktur Fakultas Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung.
- Andra, H.P. 1990. *Economical Shear Connectors with High Fatigue Strength*. Proc. IABSE Symposium on Mixed Structures, Brussels.
- Arfian, M. 2008. *Tinjauan Lekat Baja Tulangan Ulir (Deformed) Dengan Berbagai Variasi Diameter Dan Panjang Penyaluran Pada Beton Normal*, Tugas akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- AS 2327, Part 1-1980. *Australian Standar For Composite Constructions In Structural Steel And Concrete Part 1*. Australia.
- Deskarta, P dan Widiarsa, IB. 2007. *Kuat Geser Baja Komposit Dengan Variasi Tinggi Penghubung Geser Tipe-T Ditinjau Dari Uji Geser Murni*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Universitas Udayana, Bali.
- DPU. 2005. *Perencanaan Lantai Jembatan Rangka Baja dengan Menggunakan Corrugated Steel Plate (CSP) (Pd T-12-2005-B)*. Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- DPU. 2000. *Standar Nasional Indonesia Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2000)*. Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- DPU. 2002. *Standar Nasional Indonesia Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*. Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Engelhart, M.D. dan Kligner, R.E. *Developing Composite Action In Existing Non-composite Steel Girder Bridges*. Department of Texas at Austin, Texas, USA.
- Johnson, R.P. 2004. *Composite Structures of Steel and Concrete*. Third Edition. Banff, Canada.
- Nawy, E.G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Alih bahasa: Bambang Suryatmojo. Refika Adiatma, Bandung.
- Pashan, A, 2006. *Behaviour Of Cahnnel Shear Connectors (Push Out Test)*, Thesis, Department Of Civil And Geological Engineering, University Of Saskatchewan, Canada.
- Salmon, C.G dan Johnson, J.E. 1986. *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, Edisi Kedua, Erlangga. Jakarta
- Subranto, 2007. *Analisis Struktur Beton Bertulang dengan Pendekatan Smeared Crack dan Smeared Element menggunakan Metode Elemen Hingga*. Thesis, Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro.
- Vis. W.C dan Kusuma. G. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Erlangga, Jakarta.
- Wang, C.K dan Salmon, C.G. 1986. *Desain Beton Bertulang*. Alih bahasa: Bisar Hariandja. Edisi keempat. Erlangga, Jakarta.
- YLPMB. 1984. *Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PBB)*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.