

STUDI EKSPERIMEN ATAS KEKUATAN PENGHUBUNG GESER TIPE LEKATAN DARI TULANGAN BAJA LUNAK BERBENTUK SPIRAL

Dewa P.G. Sugupta¹, Putu Deskarta¹ dan Adi Janitra Suardian²

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

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar

Abstrak : Studi ini merupakan studi eksperimen tentang penahan geser berbentuk spiral yang dipakai pada balok komposit baja beton. Spiral terbuat dari baja tulangan lunak yang mempunyai satu lingkaran dengan diameter dan jarak kakinya sama. Spesimen dibuat menurut aturan AS 2327, Part 1, 1980 yang terdiri dari baja profil I dan dua buah pelat beton yang menempel pada sayap profil. Empat kelompok specimen dibuat dengan mutu beton (27,65 MPa) dan baja yang sama. Namun variasi diameter spiral masing-masing adalah 2 inch, 2,5 inch, 3 inch, dan 3,5 inch diterapkan pada setiap kelompok specimen. Tiap kelompok specimen dibuat 3 specimen yang identik. Kemudian specimen dites dengan metode *pushout test* sampai hancur. Hasil studi eksperimen menunjukkan bahwa penahan geser yang bertipe lekatan yang dibuat dari baja tulangan telah memberikan kekuatan yang dapat menahan gaya geser. Semua specimen mengalami keruntuhan murni akibat kegagalan lekatan antara spiral dan beton dan pada kondisi elastis tidak memberikan perbedaan perilaku yang nyata. Perbedaan perilaku terjadi pada kondisi pasca elastis yang mulai terjadi pada gaya tekan 120 kN (60 kN pada setiap spiral) dan Gaya ruyuh dari specimen I, II, III dan IV masing-masing adalah 160 kN, 170 kN, 175 kN dan 180 kN yang menunjukkan konsistensi antara panjang lekatan dan besar gaya runtuh.

Kata Kunci: penahan geser tipe lekatan, bentuk spiral dan struktur komposit.

EXPERIMENTAL STUDY ON THE STRENGTH OF SPIRAL SHAPED BOND SHEAR CONNECTORS MADE FROM MILD REINFORCEMENT STEELS

Abstract : This study was an experimental study on spiral-shaped bond shear connector that is used in steel-concrete composite beams. Spiral is made of mild steel reinforcement that has the same dimension between its diameter and its feet distance (single spiral). Specimens were designed according to Australian Standard AS 2327, Part 1, 1980 consisting of I shape steel profile and two concrete slabs attached to the flanges of the profile. Four types or groups of specimens were made with the same strength of concrete (27.65 MPa) and steel. Two spirals with diameter of 2 inch, 2.5 inch, 3 inch and 3.5 inch were applied in each specimen respectively and each group of specimen was consisted of three identical specimens. Then the specimens were tested by the pushout test method until failure. The results of experimental study shows that this type bond shear connector that was made of steel reinforcing bars had given strength to bear shear force. All specimens experienced failure purely due to the slip (bond failure) between the spiral and concrete. Moreover, in elastic conditions there was no real different behavior among the specimen groups. Differences in behavior occurred at post-elastic condition that was started from the compression force value of 120 kN (60 kN for each spiral). The value of the failure compressive force for specimen group

I, II, III and IV were 160 kN, 170 kN, 175 kN and 180 kN, respectively revealing that there was consistency condition between the length of bond and the value of the failure forces.

Key words: Bond Shear Connector, Spiral Shape, Strength, Composite Structure

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Konstruksi komposit merupakan penggabungan dua atau lebih material yang berbeda ataupun material yang sama namun memiliki mutu yang berbeda. Dalam struktur lentur, elemen komposit yang terkenal adalah gabungan antara baja struktur dan beton. Baja struktur khususnya baja profil adalah material yang memiliki kelebihan yaitu: kekuatan yang tinggi baik kuat tarik maupun tekan, tetapi mempunyai kemampuan tekan yang terbatas akibat langsingnya penampang (Bowles, 1980). Sedangkan beton yang merupakan campuran dari semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan terkadang satu atau lebih tambahan campuran, memiliki kelebihan kuat tekan yang cukup tinggi namun mempunyai kekuatan tarik yang sangat kecil (Nawy, 2003). Penggabungan kedua material diatas untuk memanfaatkan keunggulan sifat material pembentuknya dibutuhkan penghubung yang memiliki sifat *adhesion*, *friction* atau *bearing* dan disebut sebagai penghubung geser atau *shear connectors* (Galambos, 1998).

Secara umum, penghubung geser terbuat dari baja yang dilas atau dibaut ke sayap atas baja dan ditanam pada beton (Dowling et al., 1992). Terdapat berbagai alternatif tipe penghubung geser yang dipergunakan pada struktur komposit, diantaranya *rigid* (penghubung geser tipe-T atau blok), *flexible* (*welded headed shear studs* atau penghubung paku berkepala dan penghubung geser berbentuk baja kanal), dan *bond-type* (penghubung berbentuk lurus, bengkok atau spiral yang dibuat dari baja tulangan). Tipe lain dari penghubung geser terbuat dari baut bermutu tinggi yang digunakan dalam balok komposit yang sebagian atau seluruh betonnya berupa beton pracetak.

Saat ini, peraturan konstruksi Indonesia maupun peraturan-peraturan konstruksi di negara-negara lain yang berhubungan dengan struktur komposit hanya merekomendasikan penghubung geser *welded headed shear stud* dan potongan baja kanal (SNI 03-1729, 2002). Tipe lainnya walaupun telah dilakukan penelitian di beberapa negara, namun belum menemukan kesepakatan mengenai prediksi umum kekuatan penghubung geser tersebut. Penghubung geser yang direkomendasi oleh peraturan seperti *stud* memerlukan produk dan pengerjaan secara khusus sehingga harga masih merupakan kendala. Demikian pula penghubung geser yang terbuat dari potongan baja kanal juga kritis di faktor harga. Tipe penghubung yang berupa lekatan (*bond connectors*) merupakan alternatif yang menjajikan dengan harga yang lebih murah serta bahan dan pengerjaannya mudah dilakukan. Sisa-sisa potongan baja tulangan dari suatu proyek biasanya banyak dan dijual sebagai barang bekas untuk dilebur kembali. Pemanfaatan bahan ini untuk menjadi *bond connector* dapat dilakukan, disamping merupakan usaha daur ulang juga untuk meningkatkan nilai tambah dari suatu material bekas.

Penahan geser tipe lekatan ini dibentuk ke dalam berbagai tipe seperti lurus, bengkok tunggal dan bengkok ganda serat bernetuk spiral. Dalam penelitian ini akan dilakukan uji eksperimen terhadap *shear connector* dari baja tulangan yang berbentuk spiral.

Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalahnya adalah:

- Berapa kekuatan yang dapat ditahan penghubung geser berbentuk spiral yang terbuat dari baja tulangan polos dengan panjang lekatan tertentu (diameter, jarak spiral, dan mutu beton tertentu).

- Bagaimana perilaku deformasi yang ditunjukkan oleh hubungan gaya dan slip yang terjadi antara pelat beton dengan profil baja-I ketika menerima gaya geser sampai runtuh.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- Mengetahui besar kekuatan yang dapat ditahan penghubung geser berbentuk spiral yang terbuat dari baja tulangan polos dengan panjang lekatan tertentu (diameter dan mutu beton tertentu).
- Mengetahui perilaku deformasi yang ditunjukkan oleh hubungan gaya dan slip yang terjadi antara pelat beton de-

ngan profil baja-I, akibat adanya gaya geser.

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat, yaitu:

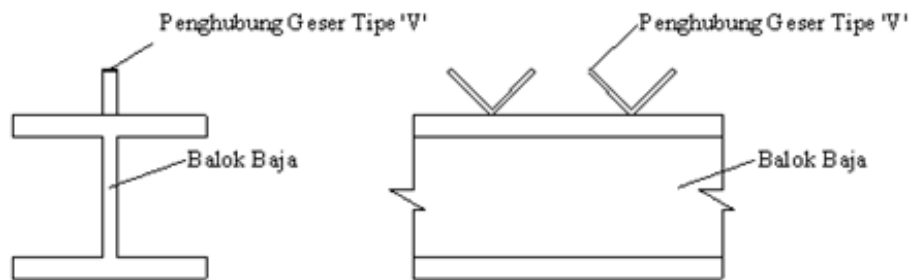
- Secara akademis, penelitian ini diharapkan menambah pengetahuan dan wawasan dalam bidang teknik sipil khususnya struktur komposit untuk memberikan alternatif alat penahan geser yang terbuat dari baja tulangan.
- Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi struktur komposit dengan penahan geser jenis lekatan.

TINJAUAN PUSTAKA

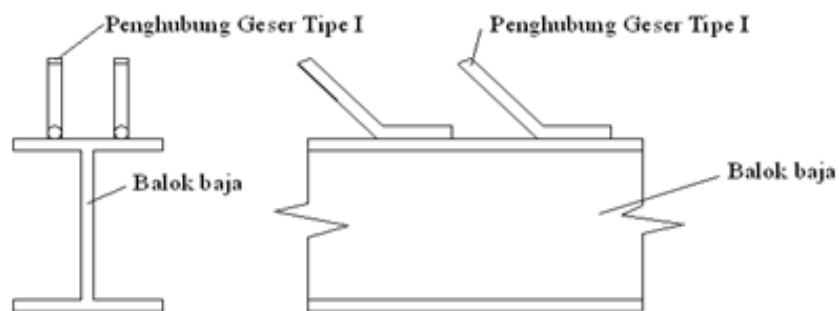
Penghubung Geser Tipe Lekatan (*Bond Connector*)



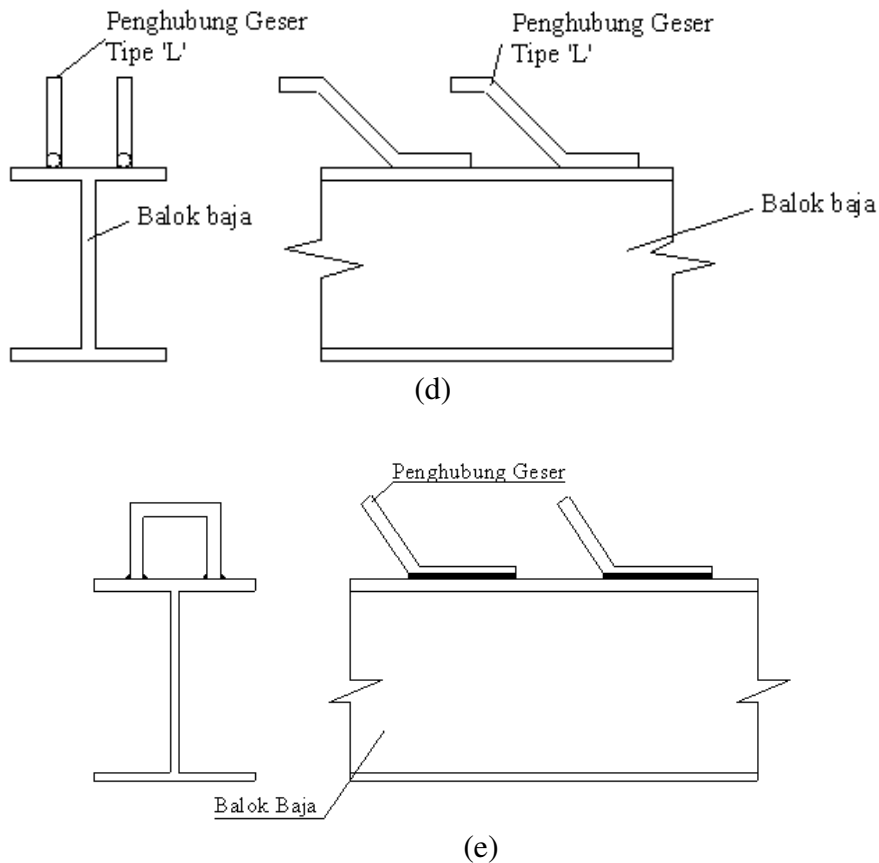
(a)



(b)



(c)



Gambar 2.1: Beberapa Tipe Penghubung Geser Tipe Lektan dari Baja Tulangan

Penghubung ini terbuat dari potongan baja yang biasanya digunakan sebagai tulangan pada beton bertulang. Gaya horisontal yang terjadi antara balok baja dan pelat beton ditransfer oleh tulangan dengan tarikan pada penghubung. Penghubung jenis ini dapat dikombinasikan dengan penghubung geser kaku agar lebih kuat menahan gaya geser yang terjadi antara beton dan baja. Contoh penghubung geser tipe lekatan ditunjukkan oleh Gambar 2.1(a), (b), (c), (d) dan (e) yang masing-masing berupa tipe spiral, tipe 'V', tipe 'I', tipe 'L' dan tipe 'U terbalik'.

Kapasitas Penghubung Geser Spiral Menurut Beberapa Peraturan

Dari spesifikasi jembatan jalan raya AASHO tahun 1944 yang dikutip oleh Viest et al. (1958) terdapat rumus kapasitas satu putaran penghubung geser spiral sebagai berikut:

$$Q_n = 3840 \cdot d \cdot \sqrt[3]{f'_c} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

- Q_n = Kapasitas satu putaran penghubung geser spiral (lb)
- f'_c = Kuat tekan beton pada umur 28 hari (psi)
- d = Diameter baja tulangan pembentuk (in)

Dari spesifikasi standar India *Code of Practice for Composite Construction* (IS 3935, 1993) dalam Ramakrishnan and Rajasekaran (1969) terdapat rumus kapasitas satu putaran penghubung geser spiral sebagai berikut:

$$Q_n = 315 \cdot d \cdot \sqrt[3]{\sigma_{bk}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

- Q_n = Kapasitas satu putaran penghubung geser spiral (lb)
- σ_{bk} = Kuat tekan beton berbentuk kubus pada umur 28 hari (kg/cm²)
- d = Diameter baja tulangan pembentuk (cm)

Dari *Committee Recommendation of ASCE-ACI* tahun 1960 yang terdapat pada penelitian pemerintah India dengan judul *The Behaviour of Steel-Concrete*

Composite Beams With Welded Mild Steel Spiral Shear Connectors dalam Ramakrishnan and Rajasekaran (1969) terdapat rumus kapasitas satu putaran penghubung geser spiral sebagai berikut:

$$Q_n = 1900.d \sqrt[3]{f'_c} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

Q_n = Kapasitas satu putaran penghubung geser spiral (lb)

f'_c = Kuat tekan beton pada umur 28 hari (psi)

d = Diameter baja tulangan pembentuk (in)

Dari penelitian Universitas Lehigh yang dilakukan oleh Slutter & Driscoll (1963) dan disponsori oleh American Institute of Steel Construction, terdapat rumus kapasitas ultimit satu putaran penghubung geser spiral sebagai berikut:

$$Q_u = 8000.d \sqrt[3]{f'_c} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

Q_n = Kapasitas satu putaran penghubung geser spiral (lb)

f'_c = Kuat tekan beton pada umur 28 hari (psi)

d = Diameter baja tulangan pembentuk (in)

Dari rumus di atas dapat dilihat bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan penghubung geser dalam mentransfer gaya geser horizontal adalah luas penampang dan kekuatan tekan beton. Dari besaran-besaran rumus yang dikutip di atas terlihat bahwa prediksi kekuatan penghubung geser sangat beragam dan hanya mungkin berlaku secara lokal dan waktu, sehingga tidak dapat dibandingkan dan dipakai pegangan sebagai pedoman umum.

Pada Pedoman Perencanaan Lantai Jembatan Rangka Baja Dengan Menggunakan CSP (Pd T-12-2005-B), disebutkan bahwa kekuatan sistem penghubung geser dipengaruhi oleh beberapa hal seperti: jumlah penghubung geser; tegangan longitudinal rata-rata dalam pelat beton di sekeliling penghubung; ukuran; penataan dan

kekuatan tulangan pelat di sekitar penghubung; ketebalan beton di sekeliling penghubung; derajat kebebasan dari setiap dasar pelat untuk bergerak secara lateral dan kemungkinan terjadinya gaya tarik ke atas (*up lift force*) pada penghubung; daya lekat pada antar muka beton-baja; kekuatan pelat beton dan tingkat kepadatan pada beton disekeliling pada setiap dasar penghubung geser.

Gaya Geser Horisontal

Suatu penghubung geser dapat bekerja secara maksimum apabila sejumlah penghubung geser ditempatkan di daerah-daerah yang mengalami gaya geser. Secara teoritis, dibutuhkan lebih banyak penghubung geser di dekat ujung bentang dimana tegangan geser yang terjadi lebih tinggi bila dibandingkan tegangan geser yang terjadi di pertengahan bentang. Akibat perilaku alat penyambung geser yang sangat rumit maka kapasitasnya tidak hanya didasari pada analisa teoritis. Untuk mengembangkan pendekatan yang rasional, sejumlah penelitian telah dilakukan oleh Viest (1958) dan Sabnis (1979) dengan tujuan untuk menentukan kekuatan berbagai jenis penghubung geser. Para peneliti berkesimpulan, bahwa alat penghubung geser tidak akan gagal jika beban rata-rata pada satu alat penghubung geser lebih rendah dari gaya yang mengakibatkan sisa slip antara pelat beton dan baja profil sebesar 0,003 inch (0,076 mm). Besarnya slip juga merupakan fungsi dari kekuatan beton yang mengelilingi alat penghubung geser. Definisi kapasitas ultimit hingga tahun 1965 didasarkan pada pembatasan slip yang memiliki nilai sebesar sepertiga dari kekuatan maksimum sebuah alat penghubung geser, hal ini berlaku ketika kegagalan penghubung geser yang sesungguhnya yang dijadikan kriteria (Sabnis, 1979).

Pada balok komposit, seluruh gaya geser horizontal pada bidang kontak balok baja dan pelat beton harus disalurkan oleh penghubung geser. Pada penampang balok komposit tertumpu sederhana maka selu-

ruh beton mengalami gaya tekan akibat lentur. Kekuatan geser nominal (V_{nh}) yang harus dilawan oleh penghubung geser adalah nilai terkecil dari Persamaan (5) dan (6).

$$V_{nh} = C_{maks} = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_E \cdot t_c \dots\dots\dots (2.5)$$

$$V_{nh} = T_{maks} = A_s \cdot f_y \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana: V_{nh} = gaya geser horizontal, kN; f'_c = kuat tekan beton, Mpa; b_E = lebar efektif pelat beton, mm; t_c = tebal pelat beton, mm; A_s = luas penampang baja, mm² dan f_y = tegangan leleh baja, MPa.

Apabila kekuatan nominal Q_n dari penghubung geser diketahui, maka jumlah penghubung geser yang dibutuhkan di antara titik momen maksimum dan momen nolnya adalah:

$$N = \frac{V_{nh}}{Q_n} \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana: N = jumlah penghubung geser; V_{nh} = gaya geser horizontal, kN; Q_n = kekuatan nominal satu penghubung geser, kN.

Teori Lekatan antara Beton dan Baja Tulangan

Menurut Wang and Salmon, (1993) suatu persyaratan dasar dalam konstruksi beton bertulang adalah adanya lekatan (*bond*) antara tulangan dan beton di sekelilingnya. Dasar lekatan ini akan diadopsi untuk memprediksi lekatan antara *bond connector* dengan beton. Nawy (2003, p. 402) menyatakan bahwa percobaan *pull-out* dapat memberikan perbandingan yang baik antara efisiensi lekatan berbagai jenis permukaan tulangan dan panjang batang yang tertanam. Akan tetapi, hasilnya belum memberikan tegangan lekat sesungguhnya. Nawy (2003) menyatakan bahwa kuat lekat antara baja tulangan dan beton yang membungkusnya dipengaruhi oleh faktor:

- Adhesi (*adhesion*) antara elemen beton dan bahan penguatnya yaitu tulangan baja.
- Efek mencengkram (*gripping*) sebagai akibat dari susut pengeringan beton di-

sekeliling tulangan, dan yang saling berhubungan geser antara tulangan dengan beton di sekelilingnya.

- Tahanan lekat (*friction*) untuk geser dan saling mengikat (*friction*) seperti elemen penguat ditujukan untuk tarik tekan.
- Efek kualitas beton dan kekuatan tarik dan tekannya.
- Efek mekanis penjangkaran ujung tulangan.
- Diameter, bentuk, dan jarak tulangan karena kesemuannya mempengaruhi pertumbuhan retak.

Push-out Test

Karakteristik kekuatan dari penghubung geser ditentukan dengan melakukan tes laboratorium (*push-out test*) mengikuti standar yang diberikan pada AS 2327 tahun 1980, Part 1. Bila melakukan *research action* maka *sampel test* penghubung geser yang di las pada balok baja memiliki kondisi yang sama seperti kondisinya yang didesain ataupun dipasang di lapangan.

METODE PENELITIAN

Umum

Pada penelitian ini dilakukan tiga pengujian yaitu, pengujian kuat tekan beton dalam bentuk silinder untuk menentukan kuat tekan beton, pengujian spesimen komposit dengan metode *Push Out Test* untuk menentukan kuat *bond connector*, dan pengujian tarik baja tulangan untuk menentukan kuat tarik putus baja tulangan sebagai material *bond connector*.

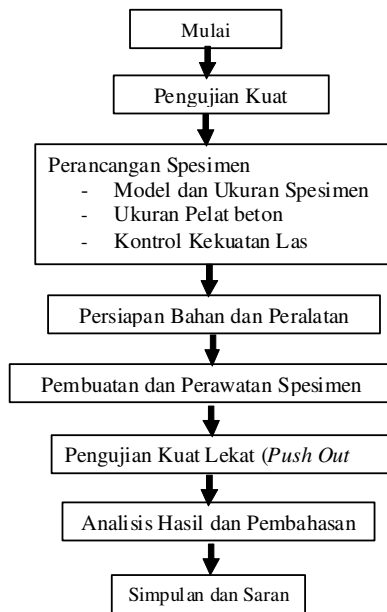
Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium PT. Torsina Redikon Bali serta Laboratorium Struktur dan Material Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Tahap persiapan hingga perawatan Spesimen dan *push out test* dilakukan di laboratorium PT. Torsina Redikon Bali, sementara pengujian tarik baja

tulangan dilakukan di laboratorium Struktur dan Material Universitas Indonesia.

Diagram Alur Penelitian

Secara garis besar alur kegiatan penelitian adalah seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian

Rancangan Spesimen

Pengujian dilakukan dengan *Tensile Strength Test Machine* terhadap spesimen baja tulangan BJTP 24 berdiameter 8 mm produksi HIJ dengan spesifikasi standar maupun yang diberi perlakuan khusus (benda uji dilas). Kuat tarik baja diperoleh

dengan membagi beban (P) dengan luas sisi tertarik (A). Spesimen tersebut mempunyai panjang 350 mm. Spesimen kubus beton sebanyak 9 buah, direncanakan memiliki kekuatan tekan sebesar K275 Kg/cm² dan merupakan pengontrol kekuatan tekan pelat beton pada spesimen komposit. Spesimen tersebut memiliki sisi-sisi (150X150X150) mm, yang merupakan campuran dari *Ordinary Portland Cement* (OPC), Agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah), air, dan *Admixture* dengan syarat dan jumlah tertentu. Sedangkan spesimen komposit dibuat mengikuti standar yang diberikan pada *AS 2327 Part 1*. Spesimen komposit terdiri dari baja profil IWF 250X125X6X9, sepasang pelat beton yang direncanakan berkekuatan K275 Kg/cm², dan sepasang penghubung geser. Dalam standar tersebut digunakan penghubung geser dengan jenis *welded headed stud* (paku berkepala), sedangkan pada penelitian ini digunakan penghubung geser berbentuk spiral yang terbuat dari baja tulangan polos dengan diameter 8 mm produksi Hanil Jaya Steel (lihat Tabel 3.1). Penghubung geser divariasikan dalam 4 ukuran dan terdiri dari 3 spesimen sejenis. Dengan demikian ada 4 kelompok spesimen dan tiap kelompok terdiri dari 3 spesimen yang indentik.

Tabel 3.1. Ukuran dan Jarak Penahan Geser Spiral

Kode Spesimen	Diameter Siral (D)	Jarak Spiral (h1)
I	2 inch (50,8 mm)	2 inch (50,8 mm)
II	2,5 inch (63,5 mm)	2,5 inch (63,5 mm)
III	3 inch (76,2 mm)	3 inch (76,2 mm)
IV	3,5 inch (88,9 mm)	3,5 inch (88,9 mm)

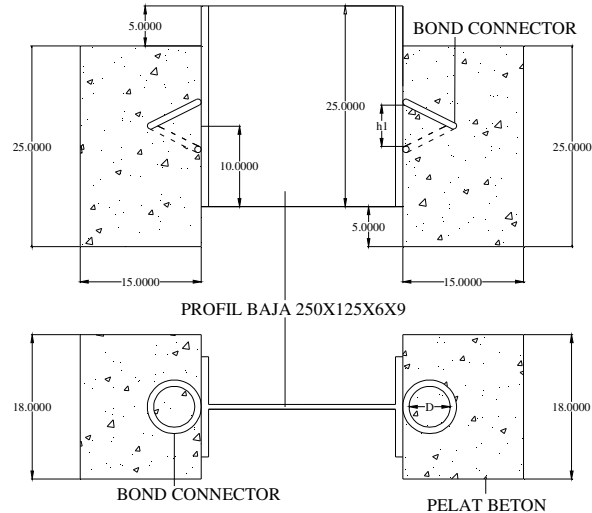
Pengujian Kuat Lekat (Push Out Test)

Pengujian kuat lekat (*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, kemudian dicatat gaya dan selip yang dihasilkan. Rancangan tipe spesimen, sitimatika pembebanan da-

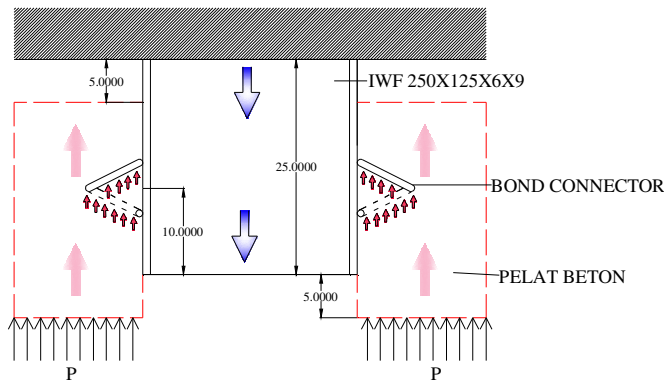
pat dilihat pada Gambar 3.2 dan 3.3. Langkah-langkah pengujian ini adalah sebagai berikut :

- Meletakkan benda uji 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*.
- Memberikan pembebanan merata pada setiap benda uji hingga mengalami keruntuhan.
- Mencatat setiap penurunan baja (alat pengukuran dipasang pada kedua sayap baja relatif terhadap beton setiap kenaikan beban sebesar 10 KN hingga runtuh.



Gambar 3.2 Rancangan Spesimen Komposit



Gambar 3.3 Sistematika Pembebanan Benda Uji pada Push Out Test

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan dan Kuat Tekan Beton

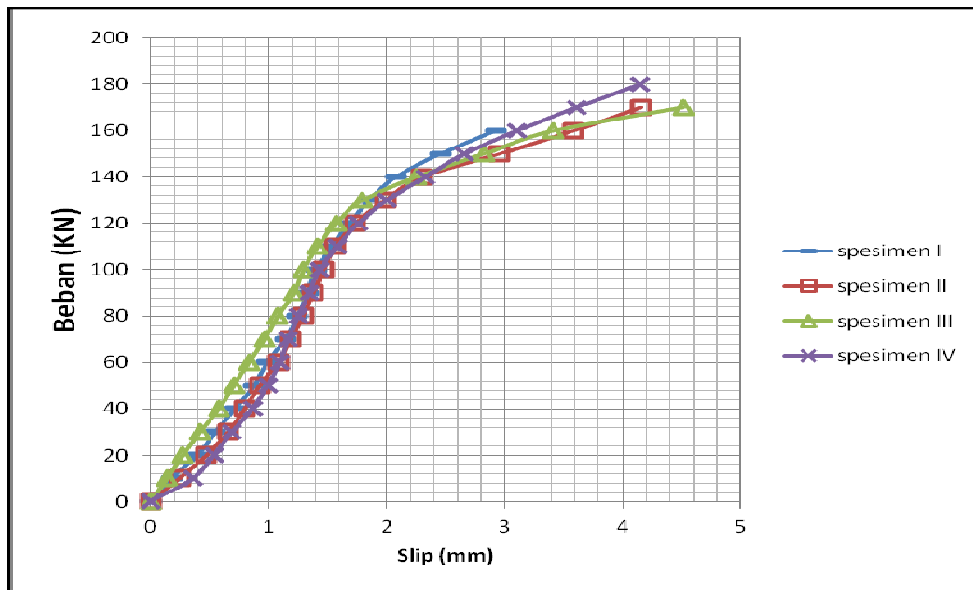
Setelah seluruh nilai kuat tarik dirata-ratakan berdasarkan perlakuan, maka didapat nilai kuat tekan rata-rata leleh dengan spesifikasi Standar sebesar 281,837 MPa, maksimum sebesar 417,782 MPa. Sedangkan kuat tekan beton nyata yaitu berkisar pada 27,65 MPa.

Analisa Hasil *Push Out Test* pada Spesimen Komposit

Parameter yang digunakan dalam percobaan ini adalah panjang lekatan. Panjang lekatan diperoleh dari perhitungan panjang spiral dengan diameter spiral dan jarak kaki sebesar 2 inch, 2,5 inch, 3 inch, dan 3,5 inch masing-masing untuk specimen tipe I, II, III dan IV. Masing-masing satu tipe specimen dilakukan 3 specimen yang identik (ulangan). Dari hasil *pushout test* terlihat bahwa semua specimen menunjukkan kegagalan terjadi pada slip. Hal ini ditandai dengan terpisahnya antara beton dan baja baik secara lateral maupun longitudinal (arah gaya tekan). Kemudian setelah riwayat gaya tekan dan deformasi dianalisis dapat dirangkum hubungan an-

tara nilai gaya tekan dan deformasi geser (setelah dirata-rata: rata-rata turun sayap baja, rata-rata nilai antarulangan) yang ter-

jadi antara baja dan beton yang disajikan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hubungan antara beban runtuh dan slip pada Pushout test.

Dalam Gambar 4.1 terlihat bahwa pada mutu beton sekitar 27,65 MPa dengan penahan geser dari baja tulangan 8 mm dengan variasi diameter spiral sama dengan jarak spiral (kaki spiral karena spiral hanya tunggal), pada kondisi elastitis (gaya tekan dibawah 120 MPa) tidak terdapat perbedaan perilaku antara kelompok specimen dan hanya terdapat kondisi relatif inkonsistensi terutama antara specimen kelompok III dan IV. Dalam kondisi ini specimen kelompok III mengalami deformasi lebih kecil dari specimen IV walaupun bidang kontak lekatannya lebih besar. Perbedaan perilaku terjadi pada kondisi pasca elastis. Dalam kondisi ini terlihat makin besar bidang lekat memberikan beban runtuh makin besar. Kelompok specimen I, II, III dan IV runtuh masing-masing pada gaya tekan 160 kN, 170 kN, 175 kN dan 180 kN. Hal ini menunjukkan adanya konsistensi bahwa makin panjang bidang lekatan akan memberikan perlawanan lekat yang makin besar, namun antara panjang lekatan dan panjang slip saat runtuh tetap tidak konsisten. Hal ini mungkin disebabkan karena penahan geser berbentuk spiral yang tidak murni perlawanan terjadi dalam

mekanisme slip yang searah dengan sumbu tulangan. Dari jumlah dari variasi specimen yang dibuat karena keterbatasan dana dan waktu, hasil eksperimen belum dapat dibuat prediksi untuk berlaku secara umum sehubungan variasi factor-faktor yang menimbulkan gaya lekat.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penelitian eksperimen atas penahan geser tipe lekatan yang terbuat dari baja tulangan berdiameter 8 mm telah dilakukan. Dari 4 kelompok specimen yang dirancang dengan mutu beton dan baja serta tulangan yang sama, tiap specimen hanya divariasi diameter spiral dan jarak kaki spiral (spiral tunggal). Masing-masing specimen dibuat 3 specimen yang identik (ulangan). Hasil *pushout test* pada specimen dapat disimpulkan sebagai berikut:

- *Shear Connector* yang bertipe lekatan yang dibuat dari baja tulangan telah memberikan kekutan yang dapat menahan geser.
- Dari ukuran yang dirancang, tiap specimen telah memenuhi tujuan eksperimen.

men yaitu mengalami keruntuhan murni akibat kegagalan lekatan antara spiral dan beton.

- Perbedaan diameter spiral berkisar dari 2 inch sampai dengan 3,5 inch pada kondisi elastis tidak memberikan perbedaan perilaku yang nyata. Perbedaan perilaku terjadi pada kondisi pasca elastis yang terjadi pada gaya tekan 120 kN (60 kN pada setiap spiral).
- Pada kondisi keruntuhan, eksperimen menunjukkan konsistensi kekuatan yaitu makin panjang atau makin luas bidang lekatan akan memberikan gaya tekan runtuh yang makin besar. Rata-rata gaya runtuh dari kelompok specimen I, II, III dan IV masing-masing adalah 160 kN, 170 kN, 175 kN dan 180 kN.

Saran

- Dari hasil kesimpulan yang menunjukkan bahwa penahan geser jenis lekatan yang dibuat dari bahan lokal ini telah terbukti memberikan kekakuan geser sehingga dapat diakomodasi untuk mendesain balok komposit yaitu dengan cara melakukan suatu *research action* dengan metode yang sama dan menggunakan material yang sama dengan material yang digunakan dalam desain. Kemudian hasil penelitian diambil suatu angka keamanan dalam penerapannya.
- Agar desain penahan geser tipe lekatan dapat berlaku umum, maka penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan specimen yang cukup untuk mengakomodasi variasi faktor-faktor pembentuk gaya lekatan. Hasilnya diharapkan dapat menambah hasil eksperimen yang telah dilakukan dan dengan tambahan informasi sesuai dengan kondisi lokal diharapkan lambat laun prediksi kekuatan penahan geser spiral dapat diunifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- AS 2327, Part 1, 1980, *Composite Construction in Steel and Concrete*, SAA
- Bowles, J.E., 1980, *Structural Steel Design*, McGraw-Hill, New York
- Dowling, P. J., J.E. Harding and R. Bjorhovde, 1992, *Constructional Steel Design*, Elsevier Science Publishers
- Galambos, T. V., 1998, *Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures*, John & Wiley & Sons
- Nawy, E. G., 2003, *Reinforced Concrete – A Fundamental Approach*, 5th Ed., Pearson Education, New Jersey
- Pd T-12-2005, *Perencanaan Rangka Baja dengan Menggunakan Corrugated Steel Plate*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Ramakrishnan, V. and S. S. Rajasekaran, 1969, *The Behaviour of Composite Steel and Concrete Beams with Welded Mild Spiral Shear Connectors*, <http://www.wpi.edu/Image/CMS/CEE/steel-concrete-composite-beam.pdf>, diunduh tanggal 30 September 2011
- Sabnis, M., 1979, *Handbook of Composite Construction Engineering*, Van Nostrand Reinhold Company, New York
- Slutter R.G. and G.C. Driscoll Jr., 1963, *Flexural Strength of Steel Concrete Composite Beams*, http://digital.lib.lehigh.edu/fritz/pdf/279_15A.pdf, diunduh tanggal 3 Oktober 2011
- SNI 03-1729-2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Viest, I. M., R. S. Fountain, and R.C. Singleton, 1958, *Composite Construction in Steel and Concrete*, McGraw-Hill, New York
- Wang, C.K and C. G. Salmon, 1993, *Disain Beton Bertulang*, Edisi 3, Erlangga, Jakarta.