

# PEMAKAIAN PERKUATAN GESER LONGITUDINAL SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN KAPASITAS BALOK TINGGI BETON BERTULANG

Erwin Rommel<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang  
Jl Raya Tlogomas 246 Malang 65114 Telp(0341)464318 Fax(0341)468502  
erwin67pro@yahoo.com

Untuk mencegah terjadinya keruntuhan dini pada balok tinggi beton bertulang adalah dengan memberi perkuatan geser pada balok tinggi yang tepat sehingga dapat meningkatkan kapasitas balok, kekakuan balok serta memperbaiki pola keruntuhan balok. Pemberian penulangan geser longitudinal merupakan salah satu bentuk perkuatan pada balok tinggi.

Pengujian dilakukan pada 16 (enambelas) balok beton berukuran (13x40x100) cm, dengan pemberian penulangan geser longitudinal yang bervariasi mulai dari 2  $\phi$  6 mm ( $\rho = 0,136\%$ ), 4  $\phi$  6 mm ( $\rho = 0,272\%$ ) dan 6  $\phi$  6 mm ( $\rho = 0,408\%$ ) masing-masing 4(empat) balok diuji pada rasio bentang geser a/d mulai 0,6 ; 0,8 ; 1,0 ; dan 1,2. Pengamatan dilakukan pada lendutan balok, regangan baja tulangan, pola retak balok dengan pemberian beban secara bertahap dengan interval 250 kg, hingga tercapai kondisi retak awal pada balok dan kondisi runtuh pada balok.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa penambahan tulangan geser longitudinal akan meningkatkan kapasitas beban retak geser dan beban ultimit balok tinggi. Kenaikan tersebut mencapai 87,5% untuk beban retak geser dan 83,2% untuk beban ultimit balok dengan 3 lapis tulangan longitudinal dibandingkan terhadap balok tanpa tulangan geser. Dengan beban geser maksimum mencapai 18.930 kg pada rasio a/d = 1,0 untuk retak awal balok dan sebesar 24.562 kg pada rasio a/d = 0,8 untuk kondisi ultimit balok Tulangan geser longitudinal lebih memiliki peran sebagai perkuatan geser bersama sengkang pada daerah geser balok dibandingkan sebagai perkuatan lentur bersama tulangan lentur pada daerah lentur balok (mid-span) setelah beton mengalami retak

**Kata Kunci :** Balok Tinggi, Tulangan Geser Longitudinal

## 1. PENDAHULUAN

Perilaku balok tinggi sangat berbeda dengan balok lentur konvensional, dimana keruntuhan lebih dominan terjadi akibat tegangan geser sehingga perencanaan tulangan geser sebagai perkuatan internal menjadi penting. Tulangan geser tidak hanya dapat meningkatkan kapasitas geser balok, tetapi juga merubah sifat daktilitas balok dimana tulangan geser berfungsi untuk mereduksi resiko terjadi keruntuhan getas. Selain sengkang yang menahan gaya geser maka pada penelitian ini divariasikan menggunakan tulangan geser longitudinal yang diharapkan dapat menyumbangkan tahanan terhadap kapasitas geser balok tinggi.

Penyelidikan keruntuhan tekan geser telah dilakukan pada balok tinggi dengan mengambil variasi rasio bentang geser dan tinggi efektif balok (a/d) antara 1,0 sampai 2,5 dengan beban single dan double pada balok. Dijelaskan bahwa mutu beton, rasio penulangan utama, rasio penulangan geser pada rasio a/d 1,0 sampai 2,5 akan mempengaruhi keruntuhan tekan geser pada balok tinggi [11].

Desain dengan metode CIRIA pada balok tinggi dengan memakai beton normal dan mutu tinggi telah dilakukan revisi untuk memperkirakan geser ultimit yang terjadi. Parameter yang bervariasi diberikan pada penyelidikan tersebut antara lain ; rasio  $a/d$  antara 0,27 sampai 2,7 ; jumlah penulangan utama (1,23 sampai 5,80%), jumlah penulangan geser dan mutu beton yang digunakan antara 25 sampai 100 MPa [6].

Perkiraan daerah dan dimensi keruntuhan tekan geser juga dapat dilakukan pada balok tinggi dengan memakai metode AE, yang mengukur besarnya energi lokal dari sensor-sensor yang diberikan pada permukaan beton. Evaluasi daerah keruntuhan dapat diketahui dari pengujian tekan uniaxial pada balok berdasarkan amplitudo maksimum yang diukur dari tegangan maksimum. Panjang daerah keruntuhan balok hasil pengujian ternyata lebih dari 30% dari hasil pengukuran sensor yang dilakukan dari berbagai bentuk dan ukuran benda uji [10].

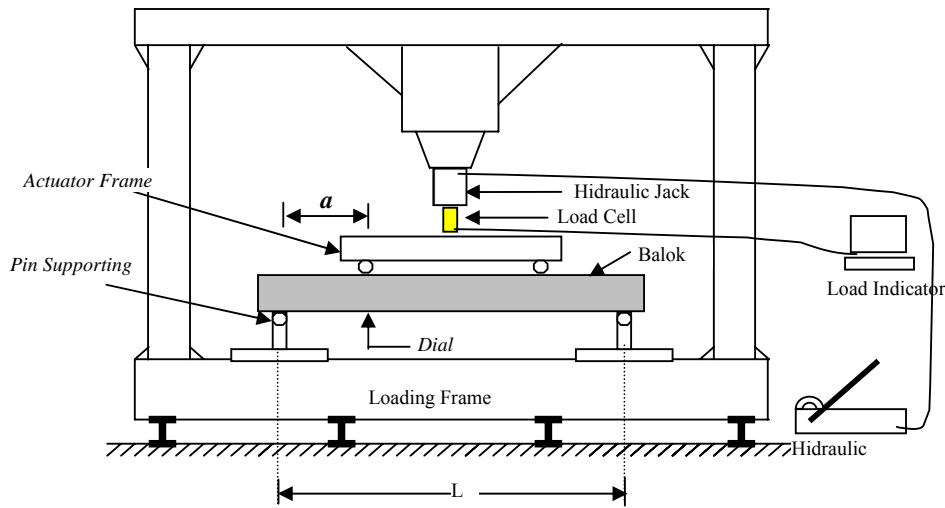
Pengaruh letak beban dengan penulangan geser yang berbeda pada balok tinggi dengan beton mutu tinggi ( $f'_c > 55$  MPa) juga telah diteliti, dimana dilakukan pengujian dengan beban seluruhnya terletak pada tepi atas balok, dan semua pada tepi bawah balok serta kombinasi tepi atas dan tepi bawah balok dengan ratio  $P_{top}/P_{bottom}$  masing-masing 1:1 dan 2:1. Sedangkan variasi penulangan geser yang diteliti antara lain balok tinggi dengan tulangan utama yang dimiringkan, tulangan geser vertikal serta kombinasi tulangan geser vertikal dan horizontal. Penelitian ini juga menjelaskan bidang defleksi balok, lebar retak yang terbentuk, pola retak, model keruntuhan, beban retak diagonal, kekuatan layan dan ultimit [8].

Penggunaan berbagai variasi arah sengkang telah diamati, dimana sengkang dengan kemiringan  $45^0$  dengan memakai lapis tulangan bagi akan memberikan peningkatan kekakuan balok yang cukup baik, tetapi retak balok belum menyebar pada daerah geser, konsentrasi retakan terjadi hanya pada daerah *mid-span* menuju sisi atas balok [3]. Kegagalan balok juga sering terjadi pada daerah tumpuan, dimana terjadi distribusi beban geser cukup besar sebelum balok runtuh secara tiba-tiba [12]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian tulangan geser longitudinal terhadap kapasitas balok tinggi beton bertulang serta perilaku perkuatan lainnya.

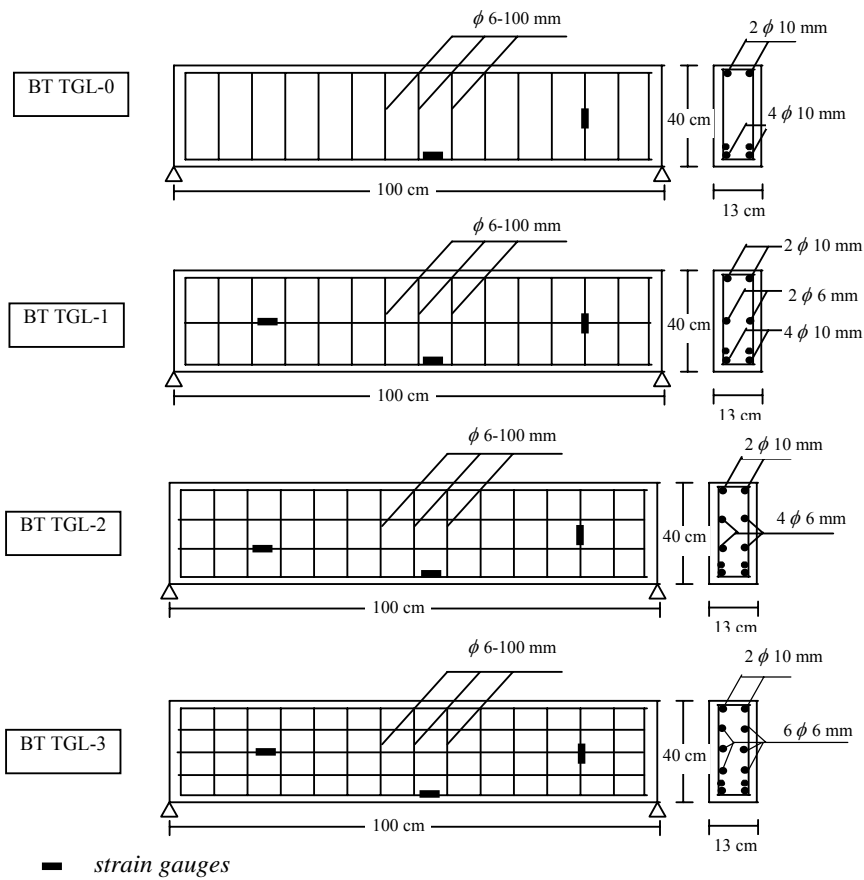
## 2. METODE PENELITIAN

Balok uji sebanyak 12 (duabelas) buah berukuran (130x400) mm panjang 100 cm diuji dengan skala penuh. Variabel yang diambil adalah 4 (empat) balok tanpa memakai tulangan geser longitudinal, kemudian setiap 4 (empat) balok memakai 1 lapis  $\emptyset 6$ mm, 2 lapis  $\emptyset 6$ mm dan 3 lapis  $\emptyset 6$ mm tulangan geser longitudinal. Semua balok diuji dengan memakai setting beban 2 (dua) titik, dengan rasio  $a/d$  berturut-turut ; 0,6 ; 0,8 1,0 dan 1,2. Mutu beton dipakai 25 MPa. Peralatan pengujian yang digunakan antara lain ; *loading frame* kapasitas 30 ton, *hydraulic jack* kapasitas 50 ton, *Load ceel* kapasitas 30 ton yang dilengkapi dengan *Load indikator* dengan ketelitian pembacaan sampai 1 kg, *dial gauge* ketelitian 0,001 mm. Pengujian balok uji dilakukan dengan memakai loading frame seperti terlihat pada gambar 3.4. Pembacaan yang dilakukan pada pengujian adalah data beban yang diberikan setiap kenaikan 250 kg, beban saat retak awal balok, beban saat retak diagonal/geser terjadi, beban saat kondisi ultimit tercapai, serta displacemen pada titik beban (tepi atas dan tepi bawah balok). Selain itu diamati juga regangan yang terjadi melalui strain gauge yang dipasang pada tulangan pokok, sengkang dan tulangan geser longitudinal seperti terlihat pada gambar 2.

Pemakaian Perkuatan Geser Longitudinal  
Sebagai Upaya Peningkatan Kapasitas Balok Tinggi  
Beton Bertulang



**Gambar-1** : Setting Pembebanan Balok dengan two point loading

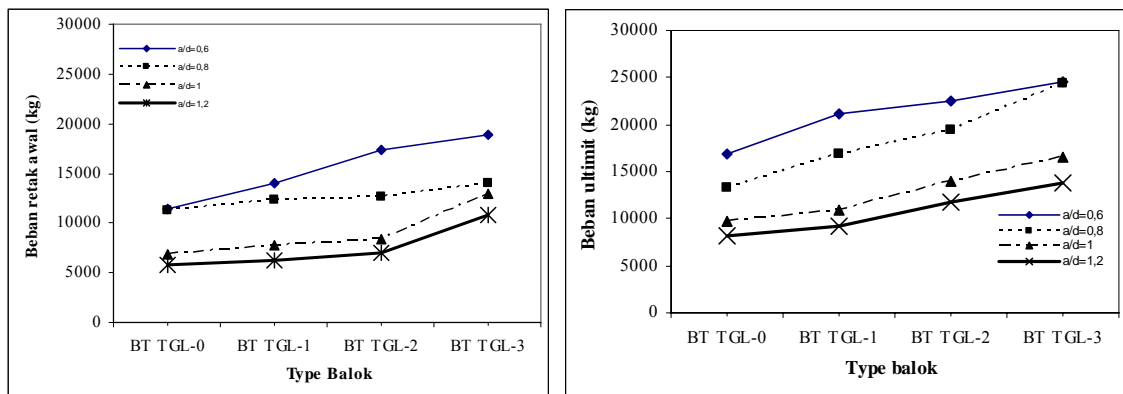


**Gambar-2** : Penulangan pada Balok-uji

### 3. PEMBAHASAN & DISKUSI

#### Pengaruh Tulangan Geser Longitudinal terhadap Kapasitas Geser Balok

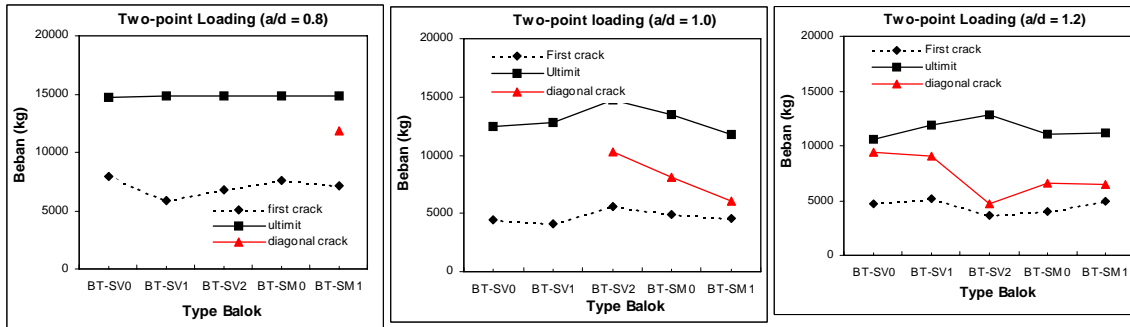
Gambar-3 menjelaskan bahwa dengan penambahan tulangan geser longitudinal, terjadi peningkatan nilai kapasitas beban yang bisa diterima balok tinggi baik untuk beban *first-crack* maupun beban ultimit. Adapun peningkatan terbesar terjadi pada balok tinggi yang diberi 3 (tiga) lapis tulangan geser longitudinal (kode balok BT-TGL3) dibandingkan dengan balok tinggi tanpa tulangan geser longitudinal. Kenaikan beban retak awal balok untuk masing-masing rasio  $a/d$  sebesar 65,4% (untuk rasio 0,6) ; 23,8% (untuk rasio 0,8) ; 87,5% (untuk rasio 1,0) dan 86,9% (untuk rasio 1,2). Demikian juga untuk beban geser ultimit memiliki kecenderungan yang sama dengan peningkatan beban ultimit sebesar 45% ; 83,2% ; 72,4% dan 66,7% masing-masing untuk rasio  $a/d$  0,6 ; 0,8 ; 1,0 dan 1,2.



**Gambar-3** : Hubungan beban geser balok terhadap tulangan geser longitudinal

Dari hasil analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan tulangan geser longitudinal, akan meningkatkan kapasitas beban yang dapat diterima oleh struktur balok tinggi. Peningkatan ini terjadi dikarenakan adanya tambahan perkuatan dari tulangan arah longitudinal atau horizontal yang mampu menahan gaya geser yang terjadi akibat beban. Tulangan longitudinal tersebut mampu memberikan aksi perlawanan bersama-sama sengkang setelah retak diagonal terjadi pada daerah bentang geser. Namun demikian penambahan tulangan geser longitudinal ini harus tetap diperhitungkan terhadap batasan rasio penulangan maximum  $\rho_{max}$  agar tidak terjadi kondisi *over-reinforced*.

Jika dilihat pengaruh pada pemakaian sengkang miring sebagai perkuatan geser [4] terlihat bahwa tulangan geser longitudinal lebih jelas memberikan peningkatan terhadap kemampuan geser balok seperti terlihat dari Gambar-4, dimana kombinasi sengkang miring dan tulangan bagi justru mengurangi kapasitas beban ultimit balok tinggi. Bahkan pada rasio  $a/d = 0,8$  beban ultimit balok tinggi cenderung konstan (tidak berpengaruh) dengan adanya perkuatan sengkang dan tulangan bagi. Kenaikan beban retak geser diagonal dan retak awal balok walaupun fluktuatif tetapi belum terlihat signifikan.

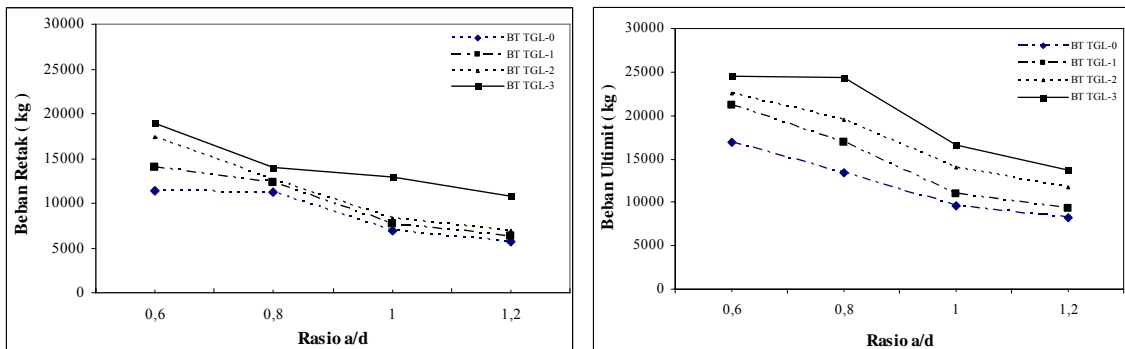


Gambar-4 : Kapasitas balok tinggi dengan pemakaian sengkang miring dan tulangan bagi [5]

### Pengaruh Rasio Bentang Geser $a/d$ terhadap Kapasitas Geser Balok

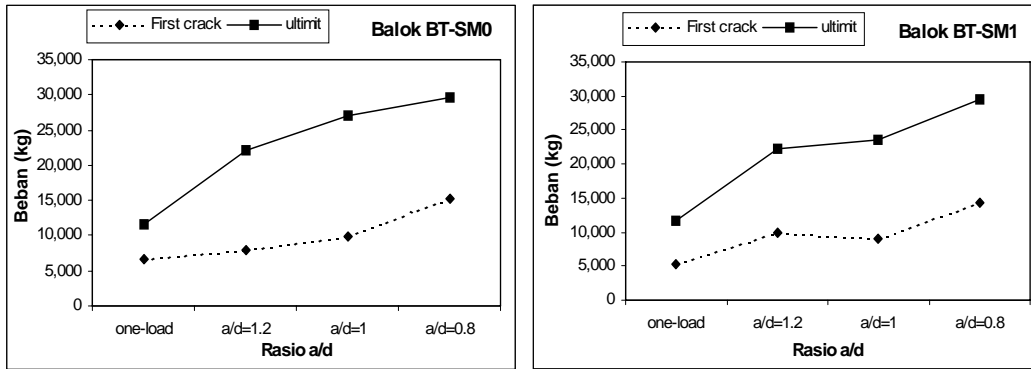
Dengan melihat Gambar-5 terlihat bahwa perubahan letak pembebanan berdasarkan rasio  $a/d$  memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap besarnya beban *first-crack* yang bisa diterima oleh balok. Pada semua type balok terlihat bahwa semakin kecil rasio  $a/d$  maka beban *first-crack* yang bisa diterima akan semakin kecil. Pada balok tanpa tulangan geser longitudinal (kode balok BTTGL-0) penurunan beban geser pada balok sebesar 49,8% untuk beban retak dan 51,3% untuk beban ultimit balok. Demikian juga untuk balok tinggi dengan 1 (satu) lapis ; 2 (dua) lapis dan 3 (tiga) lapis tulangan geser longitudinal masing-masing terjadi penurunan sebesar 55,3% ; 59,7% ; 43,2% pada beban retak balok serta 56,4% ; 47,9% ; 44% pada beban ultimit balok jika dibandingkan dengan rasio penempatan letak beban  $a/d = 0,6$  dan rasio  $a/d$  1,2.

Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil jarak beban yang diterima balok terhadap tumpuan maka kemampuan balok untuk menerima beban *first-crack* akan semakin besar. Hasil penelitian ini mendukung hasil penelitian yang telah dilakukan [11] yang menyatakan bahwa variasi  $a/d$  antara 1 sampai dengan 2.5 dengan system pembebanan *single* dan *double* sangat menentukan kapasitas beban yang mampu diterima balok tinggi.



Gambar-5 : Hubungan kapasitas balok dengan rasio  $a/d$  pada balok tinggi

Dari hasil analisa tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa perubahan rasio  $a/d$  sangat berpengaruh terhadap beban yang dapat diterima oleh balok. Hal ini dapat dijelaskan bahwa semakin kecil jarak  $a$  (jarak antara tumpuan dengan titik beban), maka momen lentur yang terjadi akan semakin kecil sehingga tegangan geser yang bekerja akan semakin besar.

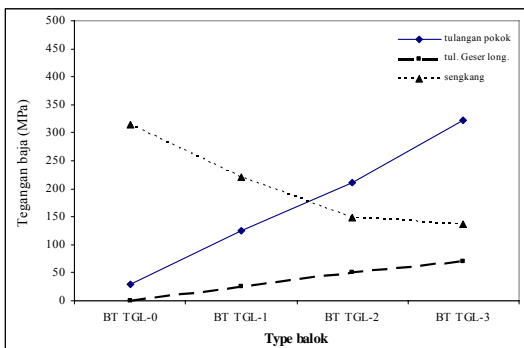


**Gambar-6 :** Hubungan rasio  $a/d$  dan sengkang miring dengan kapasitas beban geser balok tinggi dengan kapasistas balok tinggi [5]

Pada penelitian balok tinggi yang memakai sengkang miring dan tulangan bagi [5] juga menggambarkan bahwa penggunaan rasio  $a/d$  yang makin kecil belum memberikan peningkatan yang cukup signifikan terhadap kemampuan geser balok tinggi. Kenaikan hanya berkisar hingga 10% dibandingkan beban balok tinggi dengan memakai sengkang konvensional (lihat Gambar-6). Sehingga pemakaian tulangan geser longitudinal lebih signifikan memberikan peningkatan kemampuan geser balok dibandingkan dengan sengkang miring atau kombinasi sengkang miring dan tulangan bagi.

### Perilaku Perkuatan Tulangan pada Balok Tinggi

Pada balok tinggi yang diberi tulangan longitudinal didapatkan perilaku tegangan pada tulangan yang berbeda karena adanya sengkang dan tulangan geser longitudinal sebagai perkuatan menahan geser balok serta tulangan lentur yang berfungsi sebagai perkuatan lentur balok.



**Gambar-7 :** Tegangan pada baja tulangan pada balok tinggi

Pada Gambar-7 menjelaskan bahwa pengaruh penambahan tulangan geser longitudinal pada balok tinggi sangat terlihat nyata terhadap perilaku sengkang balok tinggi. Makin banyak jumlah tulangan longitudinal akan mengurangi kerja dari sengkang dalam menahan geser balok sehingga tegangan yang terjadi pada baja tulangan sengkang juga menunjukkan penurunan, tetapi terjadi peningkatan nilai tegangan baja pada tulangan geser longitudinal. Sebagian beban geser akan ditahan oleh tulangan longitudinal dan sebagian lagi oleh sengkang. Hal ini akan menyebabkan berkurangnya nilai regangan pada sengkang. Semakin banyak tulangan geser longitudinal yang diberikan maka semakin kecil pula regangan yang terjadi pada sengkang. Namun perlu diperhatikan bahwa penambahan tulangan geser longitudinal ini juga harus tetap diperhitungkan terhadap batasan  $\rho_{max}$  agar tidak terjadi kondisi *over-reinforced*.

Hal yang berbeda terlihat pada perilaku tegangan pada tulangan lentur, terlihat bahwa regangan pada tulangan lentur yang diukur pada tengah bentang balok (*mid-span*) terus mengalami kenaikan sesuai dengan penambahan momen lentur balok didaerah *mid-span* akibat geser balok yang juga bertambah.

## KESIMPULAN

Penambahan tulangan geser longitudinal sebagai perkuatan geser pada balok tinggi dapat meningkatkan kapasitas beban retak sampai 87,5% ( $P_{craks}$  maks = 18.930 kg pada rasio  $a/d = 1,0$ ) dan beban ultimit sampai 83,2% ( $P_{ult}$  maks = 24.562 kg pada rasio  $a/d = 0,8$ ) dibandingkan balok tinggi tanpa tulangan geser longitudinal dimana kecenderungan makin kecil rasio  $a/d$  maka kemampuan balok makin besar.

Peningkatan kemampuan geser balok diikuti dengan pengalihan perkuatan geser pada balok tinggi yakni terjadi pengurangan tegangan baja pada sengkang serta peningkatan tegangan baja pada tulangan geser longitudinal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas seluruh pembiayaan penelitian ini dari Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, Republik Indonesia di Jakarta untuk Tahun Anggaran 2008 dengan nomor kontrak 229/SP2H/PP/DP2M/III/2008.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 2005, *Design of Beams for Shear*, Dept. of Civil Engineering University of Pretoria
2. Anonim, 1996, ACI Code 318-95, *Building Code Requirements for Structural Concrete*, Portland Cement Association, Illinois, Chichago
3. Erwin R dan Hermawan, 2006, *Pengaruh Pemakaian Tulangan Bagi Terhadap Rambatan dan Lebar Retak pada Balok Tinggi*, Proceeding Seminar Nasional, 9 Desember 2006, Universitas Muhammadiyah Malang, ISBN 979-796-09-0
4. Erwin R, 2006, *Pengaruh Jumlah Tulangan Bagi dan Arah Sengkang pada Kemampuan Geser Balok Tinggi*, Jurnal Teknik GELAGAR, Volume 17, Nomor 01, edisi April 2006, ISSN 0853-2850, Terakreditasi, Fakultas Teknik UMS, Surakarta.

5. Erwin R, 2005, *Pengaruh Jumlah dan Arah Penulangan Geser pada Perilaku Balok Tinggi Beton Bertulang*, Laporan Hibah Penelitian PHK-A2 Tahun 2005, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang
6. Leong, C.L., and Tan. K.H, 2003, *Proposed Revision on CIRIA Design Equation for Normal and High Strength Concrete Deep Beams*, Magazine of Concrete Research, Vol.55 Issue.3, pp 267-278.
7. Tan, K.H., C.Y Tang, and K.Tong, 2004, *Shear Strength Prediction of Pierced Deep Beams with Inclined Web Reinforcement*, Magazine of Concrete Research, Vol.56, Issue.8, pp.443-452.
8. Tan, K.H and Weng, L.W, 1999, *High-strength Concrete Deep Beams with Different Web Reinforcement under Combined Loading*, Australian Conference on the Mechanics of Structures and Materials, 8-10 December 1999, Sydney.
9. Teng, Susanto., Fung-Kew.K., Soon-Ping. P., Lingwei W.G, and Tan K.H, 1996, *Performance of Strengthened Concrete Deep Beams Predamaged in Shear*, ACI Structural Journal, Vol.93, No.2, March-April 1996, pp159-171.
10. Watanabe, Ken., Mitsuyasu Iwanami, Hiroshi Yokota, and Junichiro Niwa, 2002, *Estimation of The Localized Compressive Failure Zone of Concrete by AE Method*, Proceeding of the 1<sup>st</sup> fib Congress, Osaka, Session 13, October 2002, pp.117-124.
11. Zararis, Prodromos.D., 2003, *Shear Compression Failure in Reinforced Concreted Deep Beams*, Journal of Structural Engineering, Vol.129, No.4, April 2003, pp 544-553.
12. Zamzami S, Erwin R, Fardho Hendra, 2006, *Tinjauan Pola Keruntuhan Pada Balok Tinggi Akibat Perubahan Arah Penulangan Geser*, Procceding Seminar Nasional Teknik Sipil, ITS Surabaya, Pebruari 2006, 8 Maret 2006, ISBN 979-99327-1-8