

## PERUBAHAN KINERJA JOINT BALOK DAN KOLOM AKIBAT PENGEKANGAN PADA BALOK TINGGI BETON BERTULANG

Ninik Catur E.Y<sup>1</sup>, Agus Subiyanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang  
Jl. Terusan Raya Dieng No. 62-64 Malang Telp 0341567617

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang  
Jl. Terusan Raya Dieng No. 62-64 Malang Telp 0341567617  
Email: nien\_cey@yahoo.com

### Abstrak

*Pengekangan balok tinggi pada daerah sambungan balok-kolom bertujuan untuk memperbaiki kinerja balok tinggi yang bersifat lemah terhadap keruntuhan geser. Penelitian ini dilakukan dengan menguji 15 model joint balok-kolom dengan mutu beton 25 MPa dengan dimensi balok 14x30x60 cm dan kolom 30x30x100 cm. Pengamatan dilakukan terhadap joint balok-kolom dengan memberi kekangan pada daerah tumpuan dan jalur tekan balok dengan spasi kekangan masing-masing 65 mm dan 32,5 mm, serta pengamatan pada joint balok-kolom tanpa kekangan sebagai pembandingnya. Titik beban diberikan pada balok dengan jarak  $a=500$  mm dari joint balok-kolom sehingga rasio  $a/d = 0,83$  dimana  $d =$  tinggi efektif balok.*

*Berdasarkan hasil pengujian, diketahui bahwa kekangan pada balok tinggi menyebabkan kapasitas geser dan kapasitas lentur pada balok meningkat. Grafik hubungan momen dan kelengkungan juga mengalami perubahan yang lebih baik. Namun peningkatan ini tidak diikuti oleh perbaikan perilaku pada joint balok-kolom. Kondisi ini berlaku baik untuk pengekangan yang dilakukan di daerah tumpuan, maupun pengekangan pada bagian jalur tekan balok. Pengaruh paling nyata ditunjukkan pada spasi pengekangan 32,5 mm yang dipasang pada jalur tekan balok. Model keruntuhan yang terjadi akibat pengekangan pada balok mengalami perubahan yang sangat signifikan. Pada joint tanpa kekangan pada balok, keruntuhan dimulai dari terjadinya retak lentur pada daerah balok yang kemudian diikuti oleh retakan yang semakin besar pada daerah joint. Sedangkan pada joint dengan kekangan pada balok, keruntuhan terjadi secara cepat sesaat setelah terjadi rambatan dan lebar retak yang sangat besar pada daerah joint tanpa ada kerusakan yang berarti pada bagian balok.*

**Kata kunci:** joint balok tinggi dan kolom; pengekangan; perilaku keruntuhan

### Pendahuluan

Masalah utama yang menjadi dasar penelitian ini adalah masih terbatasnya pemakaian balok tinggi dalam konstruksi beton bertulang. Kelebihan balok tinggi jika dibandingkan dengan balok lentur adalah nilai kekakuannya yang besar sehingga akan memberikan kapasitas tegangan lentur yang lebih besar. Sedangkan kelemahan balok tinggi adalah kemampuan untuk menahan tegangan geser yang dapat menyebabkan keruntuhan dan kegagalan struktur. Keruntuhan akibat tegangan geser, merupakan model keruntuhan yang harus dihindari dalam perencanaan konstruksi beton bertulang. Upaya untuk memperbaiki kelemahan balok tinggi ini sudah banyak dilakukan. Penelitian untuk memperbaiki kelemahan balok tinggi yang pernah dilakukan antara lain dengan cara memberikan tulangan geser longitudinal pada bagian badan balok, memberikan sistem perkuatan dari luar balok yang disebut "clamping stirrup externally" (Robin dkk, 2010), ataupun memasang tulangan lateral khusus selain sengkang sebagai tulangan pemikul gesernya. Metode ini selanjutnya lebih dikenal dengan konsep pengekangan (*confinement*).

Hasil dari berbagai penelitian tersebut terbukti dapat memperbaiki perilaku dan meningkatkan kapasitas balok tinggi untuk menerima beban dan mereduksi lebar retak yang terjadi. Pada penelitian ini akan dilihat apakah model perkuatan balok tinggi dengan pengekangan pada tumpuan dan jalur tekan balok akan mempengaruhi perilaku dan kinerja joint balok tinggi dan kolom.

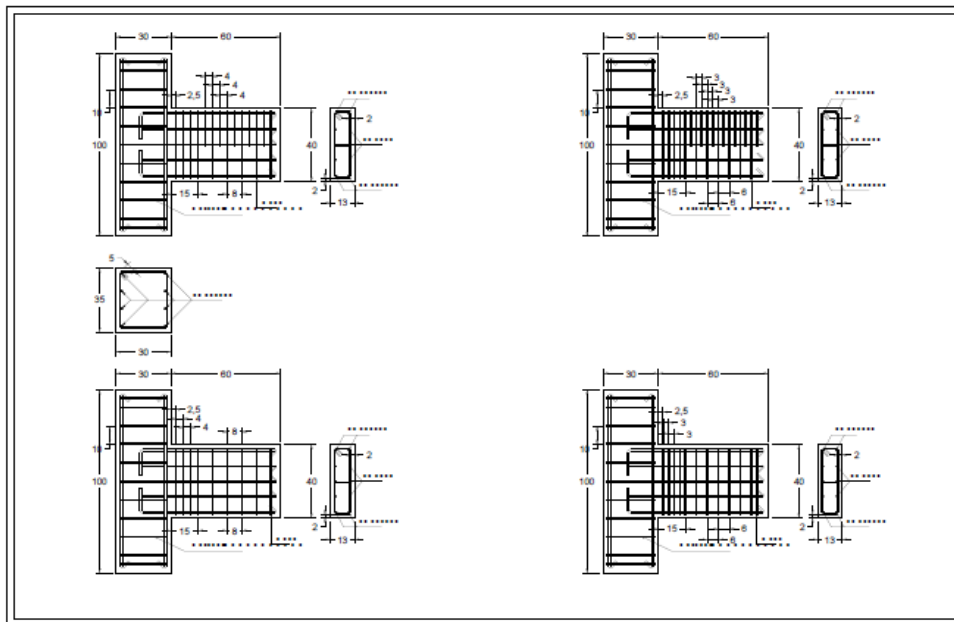
**Bahan dan Metode Penelitian**

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah beton mutu  $f_c' = 25$  Mpa, baja tulangan  $\phi 6$  untuk sengkang kolom dan balok, baja tulangan  $\phi 10$  untuk tulangan longitudinal balok, dan baja tulangan  $\phi 12$  untuk tulangan longitudinal kolom. Benda uji adalah model *joint* balok dan kolom dengan ukuran balok tinggi adalah 14x30x60 cm dan ukuran kolom adalah 30x30x100 cm.

Sedangkan instrumen penelitian yang digunakan antara lain *loading frame* dengan kapasitas 25 ton, *hydraulic jack* berkapasitas 50 ton, *load indicator digital* dengan tingkat ketelitian 5 kg, *dial holder* dan *dial gauge* dengan tingkat ketelitian 0,01 mm. Pengamatan dilakukan terhadap joint balok dan kolom tanpa kekangan serta joint balok dan kolom dengan kekangan pada daerah jalur tekan balok. Pengekangan dilakukan pada tumpuan dan jalur tekan balok dengan jarak pengekangan 65 mm dan 32,5 mm. Rincian spesifikasi benda uji adalah sebagai berikut :

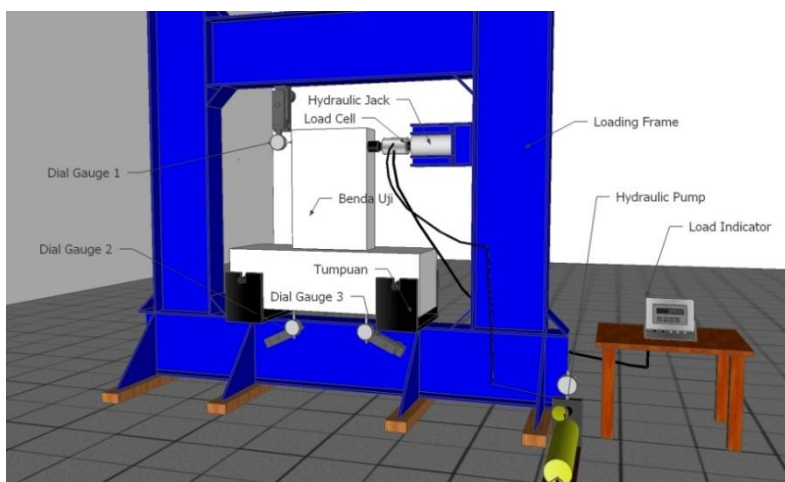
Tabel1 :Spesifikasi Benda Uji

LokasiKekangan	SpasiKekangan	Kode Benda Uji	Jumlah
Tanpa kekangan	-	JBK – TK	3
Kekangan pada tumpuan	65 mm	JBK –KT1	3
	32,5 mm	JBK – KT2	3
Kekangan pada jalur tekan	65mm	JBK – KJT1	3
	32,5 mm	JBK – KJT2	3
Jumlah Benda Uji			15 Joint



Gambar 1. Detail penulangan Benda Uji

Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium Struktur FT-UMM. Pengujian dilakukan terhadap 15 benda uji dengan cara memberikan beban terpusat P pada balok dengan jarak (a) 500 mm dari joint balok dan kolom sehingga rasio antara jarak titik beban (a) dengan tinggi efektif balok (d) adalah  $a/d = 0,83$ . Pembebanan diberikan secara bertahap dengan interval 250 kg sampai terjadi keruntuhan.

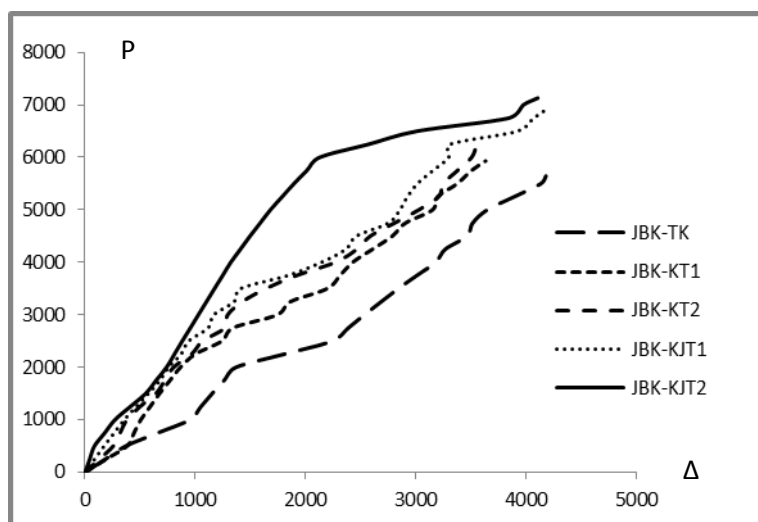


Gambar 2. Seting Pengujian

Dial gauge dipasang di empat titik, yaitu pada bagian balok segaris dengan titik beban, pada ujung kolom bagian atas dan bawah, dan di bagian joint. Pembacaan defleksi yang terjadi pada setiap titik dilakukan seiring dengan pemberian beban. Pada saat terjadi retak awal, maka pembacaan beban dibaca pada setiap interval kenaikan defleksi. Pola retak yang terjadi juga diamati dengan cara menggambarkan pola rambatan retak dan panjang retakan seiring dengan kenaikan beban dan defleksi.

**Hasil dan Pembahasan**

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh hubungan antara beban ( $P$ ) yang mampu diterima, terhadap defleksi ( $\Delta$ ) yang terjadi seperti terlihat pada gambar 3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas dan kekakuan balok tinggi terjadi pada model joint yang diberi pengekangan, baik kekangan pada tumpuan maupun pada jalur tekan. Hasil terbaik diberikan oleh model model joint yang terkekang pada jalur tekan dengan jarak spasing 32,5 mm. Kondisi ini dapat dijelaskan sesuai dengan hasil penelitian Singh dkk, pada tahun 2006 yang menyatakan bahwa daerah kerusakan balok tinggi berdasarkan teori lenturan berupa keruntuhan yang bersifat *anchorage* pada daerah tumpuan balok tinggi dapat diperbaiki dengan model perkuatan berdasarkan *strut and tie*.



Gambar 3. Hubungan  $P - \Delta$  untuk berbagai variasi pengekangan

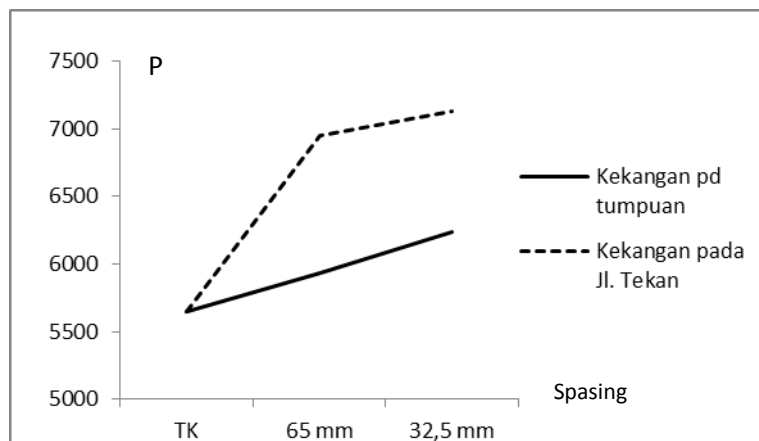
Peningkatan kapasitas beban ultimit terbesar (26%) diberikan oleh joint balok tinggi dan kolom dengan pengekangan balok pada jalur tekan dengan spasing 32,5 mm. Hasil ini memperkuat hasil penelitian yang dilakukan oleh Robin Tuchscherer, dkk (2010) yang menyatakan bahwa kekangan triaksial yang diberikan terhadap balok tinggi akan meningkatkan kapasitas tekan beton sehingga kemampuan untuk menerima beban juga akan semakin besar.

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, ditentukan bahwa kuat geser yang disumbangkan oleh beton dan tulangan geser adalah :

$$V = V_c + V_s = \left(\frac{\sqrt{f_{c'}}}{6}\right) b_w \cdot d + \left\{ \frac{A_v}{51} \left(\frac{1 + \frac{l_n}{d}}{12}\right) + \frac{A_v h}{52} \left(\frac{11 - \frac{l_n}{d}}{12}\right) \right\} \tag{1}$$

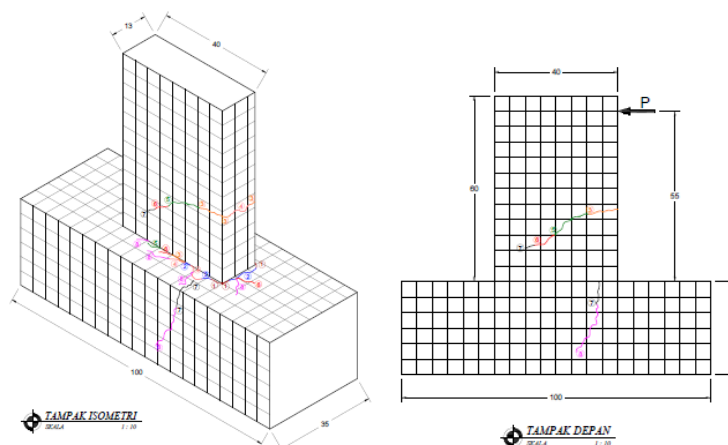
Berdasarkan hasil pengujian terlihat bahwa terjadi peningkatan kapasitas geser terhadap joint dengan berbagai variasi pengekangan balok serta balok tanpa pengekangan sebagai pembandingnya. Peningkatan kapasitas geser ini terjadi akibat pengekangan yang menyebabkan perubahan perilaku inti beton ketika menerima beban. Pengembangan inti beton menjadi terhalang sehinggameningkatkan kekuatan balok dalam menahan beban. Terlihat bahwa peningkatan kapasitas geser pada joint dengan balok terkekang pada jalur tekan memberikan peningkatan yang paling besar dalam memperbaiki perilaku keruntuhan geser yang terjadi pada joint balok tinggi dan kolom, yaitu sebesar 4,63 %.

Spasing pengekangan pada balok memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan kapasitas beban yang bisa diterima oleh joint balok-kolom. Gambar-4 menunjukkan bahwa spasing 32,5 mm memberikan peningkatan kapasitas yang paling baik sebesar 26% dibandingkan dengan balok tanpa kekangan.



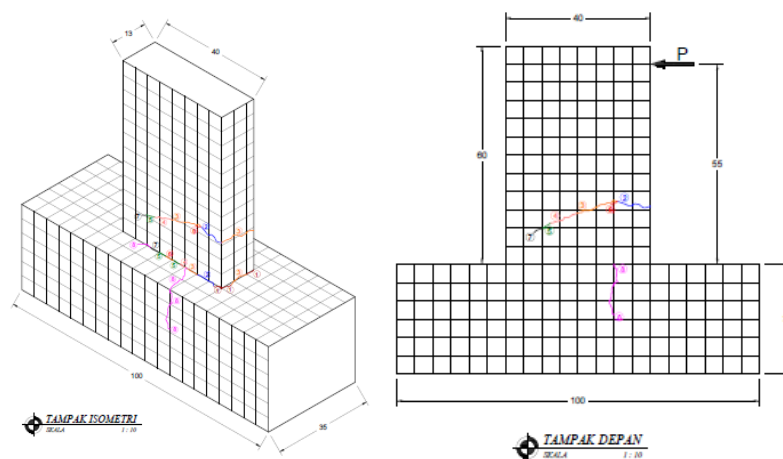
Gambar 4. Hubungan Kapasitas Beban P - dengan variasi spasing pengekangan

Berdasarkan pengamatan pada saat pengujian, mekanisme keruntuhan yang terjadi pada sambungan balok-kolom yang tanpa pengekangan balok, reta kawal terjadi saat tekanan sebesar 2000 kg padadaerah balok, kurang lebih 11 cm dari joint, retak pertama dari tepi balok merambat ke tengah balok dengan cepat. Dilanjutkan dengan retakan ke dua ke arah joint bersamaan dengan retak pada joint yang semakin lebar sampai terjadi keruntuhan. Mekanisme retak pada saat keruntuhan joint balok tinggi-kolom tanpa kekangan diperlihatkan pada Gambar 5.



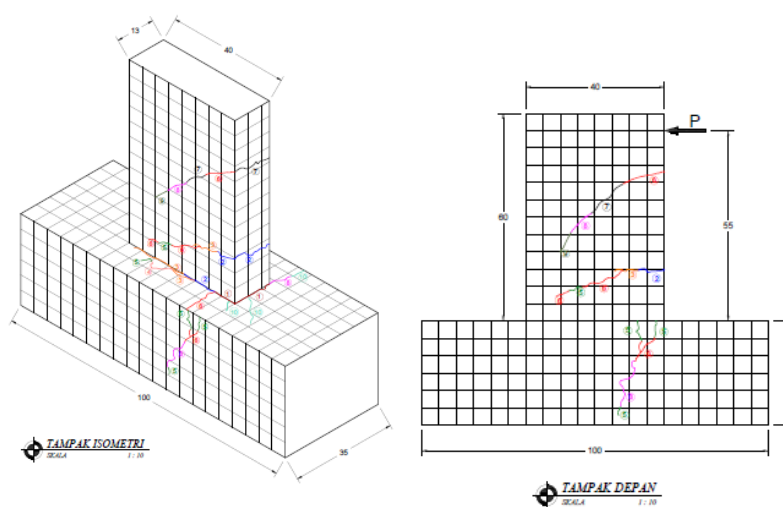
Gambar 5. Pola rambatan retak pada Sambungan balok dan kolom tanpa pengekangan

Perubahan perilaku joint akibat pengekanan pada balok ditunjukkan pada Gambar-6 dan Gambar-7 berikut. Gambar-6 menunjukkan pola rambatan retak pada joint dengan pengekanan pada tumpuan balok. Mekanisme keruntuhan yang terjadi pada sambungan balok-kolom dengan pengekanan pada tumpuan balok diawali dengan retak yang terjadi pada joint. Retakan pada joint semakin melebar dan merambat ke arah kolom seiring dengan semakin bertambahnya beban dan diikuti oleh retak baru pada daerah bentang balok. Retak pada joint dan kolom semakin lebar namun retakan pada balok hanya bertambah panjang sampai terjadi keruntuhan.



Gambar 6. Pola rambatan retak pada Sambungan balok dan kolom dengan pengekanan pada tumpuan

Gambar-7 menunjukkan pola rambatan retak pada joint dengan pengekanan pada jalur tekan balok. Mekanisme keruntuhan yang terjadi pada sambungan balok dan kolom dengan pengekanan pada jalur tekan balok diawali dengan retak yang terjadi pada joint. Retakan pada joint semakin melebar dan merambat ke arah kolom seiring dengan semakin bertambahnya beban dan diikuti oleh retak baru pada daerah bentang balok. Dengan bertambahnya kapasitas beban, timbul retakan baru yang mengarah ke tumpuan pada bentang balok segaris dengan titik beban. Retak pada joint dan kolom semakin lebar namun retakan pada balok hanya bertambah panjang sampai terjadi keruntuhan.



Gambar 7. Pola rambatan retak pada Sambungan balok dan kolom dengan pengekanan pada Jalur Tekan

### Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data hasil pengujian diperoleh kesimpulan bahwa (1) pengekanan pada balok tinggi dapat meningkatkan kekakuan dan kapasitas beban ultimit yang diterima oleh joint; (2) spasing dan lokasi pengekanan pada balok tinggi mempengaruhi besarnya peningkatan kapasitas beban ultimit dan kapasitas geser yang mampu diterima oleh joint; (3) peningkatan kapasitas beban ultimit terbesar (26%) yang mampu diterima joint adalah dengan pengekanan pada jalur tekan dan jarak spasi 32,5 mm; (4) peningkatan kapasitas geser terbesar (4,63%) yang mampu diterima joint adalah dengan pengekanan pada jalur tekan dan jarak spasi 32,5 mm; (5) pengekanan yang diberikan pada balok, baik pada bagian tumpuan maupun jalur tekan mempengaruhi model pola keruntuhan yang terjadi pada joint. Pada joint tanpa kekangan balok tinggi, keruntuhan diawali oleh retak pada balok diikuti retak pada joint sampai terjadi keruntuhan. Pada joint dengan pengekanan pada balok tinggi, keruntuhan disebabkan oleh kegagalan joint dalam menerima beban.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ditjen Dikti Kemendiknas yang telah mendanai penelitian ini melalui skim Penelitian Hibah Bersaing Tahun Anggaran 2014.

### Daftar Notasi

$P$	= beban, kg
$\Delta$	= defleksi, mm
$V$	= kapasitas geser, kg
$V_c$	= kapasitas geser beton, kg
$V_s$	= kapasitas geser baja, kg
$F_c'$	= kuat tekan beton, Mpa
$b_w$	= lebar balok tinggi
$d$	= tinggi efektif balok tinggi
$A_v$	= luas tulangan geser vertikal
$S_1$	= jarak tulangan geser vertikal
$L_n$	= benang bersih balok
$A_{vh}$	= luas tulangan geser longitudinal
$S_2$	= jarak tulangan geser longitudinal
$F_y$	= tegangan leleh baja

### DaftarPustaka

- B.R Niranjana, S.S Patil, (2012), "*Shear Strength Prediction of Deep Beams by Softened Truss Model*", *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, ISSN: 2278-1684 Volume 4, Issue 1 (Nov. - Dec. 2012), PP 01-06
- James K. Wight and James G. Mac Gregor, (2012), "*Reinforced Concrete Mechanics and Design*", Pearson Education, Inc., New Jersey, pp. 908-922
- M. Nadim Hassoun, (2002), "*Structural Concrete Theory and Design*", Prentice Hall, pp. 229-234
- Robin Tuchscherer, David Birrcher, Matt Huizinga, and Oguzhan Bayrak, (2010), "*Confinement of Deep Beam Nodal Regions*" *ACI Structural Journal*, V. 107, No. 6, November-December 2010. pp. 709-717.
- Singh, B, Kaushik SK, Naveen KF, Sharma S, 2006, "*Design of a Continuous Deep Beam Using The Strut and Tie Method*", *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)*, Vol. 7, No. 5, p. 461-477
- 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.