

Bidang Ilmu: REKAYASA

**LAPORAN HASIL PENELITIAN  
HIBAH BERSAING**



**Pengembangan Model Sengkang Penahan Geser Pada  
Balok/Kolom Beton Bertulang Untuk Meningkatkan  
Daktilitas Struktur Gedung Tahan Gempa**

Oleh:

Ir. Krisnamurti, MT  
Ketut Aswatama, ST., MT.  
Erno Widayanto, ST., MT.

Didanai DIPA Universitas Jember Nomor 0175.0/023-042/XV/2009  
Tanggal 31 Desember 2008

**UNIVERSITAS JEMBER  
NOPEMBER 2009**

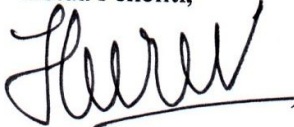
## HALAMAN PENGESAHAN

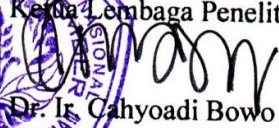
1. Judul Penelitian : Pengembangan Model Senggang Penahan Geser Pada Balok/Kolom Beton Bertulang Untuk Meningkatkan Daktilitas Struktur Gedung Tahan Gempa
2. Ketua Peneliti
  - a. Nama Lengkap : Ir. Krisnamurti, M.T.
  - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
  - c. NIP : 19661228 199903 1 002
  - d. Jabatan Fungsional : Lektor
  - e. Jabatan Struktural : Pembantu Dekan III
  - f. Bidang Keahlian : Rekayasa Struktur
  - g. Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
  - h. Perguruan Tinggi : Universitas Jember
  - i. Tim Peneliti :

No.	Nama	Bidang Keahlian	Fakultas/Jurusan	Perguruan Tinggi
1.	Ir. Krisnamurti, MT	Rekayasa Struktur	Teknik / Teknik Sipil	Universitas Jember
2.	Ketut Aswatama, ST., MT.	Rekayasa Struktur	Teknik / Teknik Sipil	Universitas Jember
3.	Erno Widayanto, ST., MT.	Teknik Sipil – Struktur	Teknik / Teknik Sipil	Universitas Jember

3. Pendanaan dan jangka waktu penelitian
  - a. Jangka waktu penelitian : 2 tahun
  - b. Biaya total yang diusulkan : Rp. 100.000.000,-
  - c. Biaya yang disetujui tahun 2009 : Rp. 50.000.000,-

Mengetahui,  
 Dekan Fakultas Teknik  
  
 Ir. Widayanto Hadi, M.T.  
 NIP. 19610414 198902 1 001

Jember, 30 Nopember 2009  
 Ketua Peneliti,  
  
 Ir. Krisnamurti, M.T.  
 NIP. 19661228 199903 1 002

Menyetujui,  
 Kepala Lembaga Penelitian  
  
 Dr. Ir. Cahyadi Bowo  
 NIP. 19610316 198902 1 001

## RINGKASAN

Beberapa kejadian gempa besar di Indonesia sejak tahun 2004 telah menimbulkan korban jiwa dan kerugian material yang sangat besar. Guna mengantisipasi kerugian yang sama di masa mendatang diperlukan peningkatan kemampuan masyarakat membangun struktur gedung tahan gempa, khususnya yang dibuat dengan material beton bertulang. Tujuan umum penelitian ini adalah memberikan perkuatan pada suatu kolom atau balok sehingga memiliki kinerja yang baik pada saat terjadi gempa. Dengan kinerja kolom dan balok yang baik, diharapkan korban akibat runtuhnya struktur bangunan dapat diminimalkan. Tujuan khusus penelitian ini adalah (1) menghasilkan model untuk meningkatkan kekuatan struktur bangunan melalui perubahan bentuk pendetailan sengkang pengikat yang menyusun komponen struktur beton bertulang sesuai dengan pola pembebanan yang mungkin terjadi akibat gempa bumi, (2) Menguji perilaku daktail sistem struktur sesuai model yang ditentukan, untuk mengetahui kesesuaian metode perangkaian hubungan balok-kolom atau hubungan antar elemen struktur untuk mencegah kegagalan sistem pada struktur gedung tahan gempa. Penelitian dibagi dalam dua tahap. **Tahap 1:** Mengevaluasi model tulangan geser dan membuat cara perangkaian sengkang dengan tulangan memanjang balok/kolom yang secara sempurna menyalurkan gaya geser, lentur dan gaya aksial pada suatu portal beton bertulang. Analisis dilaksanakan dengan meninjau gaya geser terfaktor pada suatu penampang dan dengan metode perencanaan kapasitas, serta melalui uji geser balok dan pengujian geser pada portal beton bertulang. **Tahap 2:** Membuat rancang bangun sistem struktur beton bertulang suatu model gedung tahan gempa yang berperilaku daktail dengan memanfaatkan metode analisis beban dorong statis dan mengevaluasinya melalui uji beban dorong statis.

Penelitian tahap pertama dilaksanakan terhadap model balok beton dan portal beton. Benda uji balok beton terdiri dari 3 model, yaitu model balok beton dengan sengkang normal, sengkang miring, dan sengkang miring menerus. Benda uji portal beton merupakan kombinasi dari 3 model balok beton tersebut dengan 3 model sengkang kolom, yaitu kolom dengan sengkang bulat, sengkang silang dan sengkang diagonal.

Hasil pengujian dalam penelitian ini dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut: (1) Pola retakan pada benda uji balok menunjukkan bahwa keruntuhan yang terjadi adalah merupakan keruntuhan geser. Sedangkan pada benda uji portal beton bertulang keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan lentur; (2) Pada pengujian portal beton bertulang hubungan antara beban P dan defleksi portal untuk masing-masing jenis sengkang kolom memenuhi persamaan: (a) sengkang kolom bulat:  $y = -1,155x^2 + 88,02x - 2,514$ ; (b) Sengkang kolom silang:  $y = -0.737x^2 + 74.03x + 48.18$ ; (c) Sengkang kolom diagonal:  $y = -0.977x^2 + 89.94x - 69.34$ . Portal dengan sengkang kolom silang memiliki kemampuan menahan beban yang lebih baik dan mampu memberikan defleksi portal yang cukup besar sebelum runtuh; (3) Pada pengujian portal beton bertulang, hubungan antara beban P dan defleksi portal untuk masing-masing jenis sengkang balok memenuhi persamaan: (a) Sengkang balok normal:  $y = -1.177x^2 + 92.12x - 29.21$ ; (b) Sengkang balok miring:  $y = -1.026x^2 + 85.67x - 31.41$ ; (c) Sengkang balok miring menerus:  $y = -0.797x^2 + 77.62x + 25.28$ . Portal dengan sengkang balok miring menerus memiliki daktilitas yang lebih baik dibanding kedua model yang lain.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pola pendetailan sengkang pengikat pada portal yang terdiri dari pola sengkang silang pada kolom dengan pola sengkang miring menerus pada balok merupakan pola pendetailan yang mampu memberikan kinerja yang lebih baik dalam menahan beban gempa yang terjadi pada suatu portal.

## SUMMARY

Some cases of big earthquake in Indonesia since the year 2004 had generated soul victim and loss of a real big material. To anticipate the same loss in the next time, it is required improvement of earthquake performance of public resistant building or structures, especially which is made by reinforced concrete material. This research general purpose is give strengthening at one particular column or beam causing has good performance at the time of happened earthquake. With good performance of column and beam, expected victim as result of the collapse building or structures can be minimization. The special purpose of this research is ( 1) yields model to increase strength of building structures through detail deformation of steel ties compiling reinforced concrete sewer structures component as according to encumbering cupola that is possibly happened as result of earthquake, ( 2) Tests behavior of daktail structural system according to model determined, to know concordance of stabbing method of the relation of beam column or the relation of between element of structures to prevent failure of system at resistant building structures of earthquake. Research divided into two phases. Phase 1: Evaluates shift bone model and makes way of stabbing of ties with length bone balok/kolom which perfectly channels shear force, elastic and axial force at one particular reinforced concrete portal.

Analysis executed with evaluating shear force factor at one particular and with capacities planning method, and through beam shear testing and reinforced concrete portal testing. Phase 2: Makes reinforced concrete structures system which have similar design with a resistant building model of earthquake which will exploiting payload analytical method to push statis and evaluates it through load test pushes statis.

Research of first phase is executed to concrete beam model and concrete portal. Concrete beam specimen consisted of 3 model, that is concrete beam model with normal ties, incline ties, and continuous oblique ties. Concrete portal specimen create by combination from 3 the concrete beam model with 3 column model, that is column with integer ties, cross-bred ties and diagonal ties.

Result of assaying in this inferential research the followings: ( 1) crack pattern at beam specimen indicates that debris happened is shift debris. While at debris reinforced concrete portal specimen happened is diffract debris; ( 2) At assaying of reinforced concrete portal relation between payload P and deflection of portal for each column chock type fulfills equation of continuity: ( a) integer column ties:  $y = -1,155x^2 + 88,02x - 2,514$ ; ( b) Cross column ties:  $y = - 0737x^2 + 7403x + 4818$ ; ( c) Diagonal column ties:  $y = - 0977x^2 + 8994x - 6934$ . Portal with cross-bred column ties has performance to arrest; detain better payload and can give deflection of portal that is big enough before collapse; ( 3) At assaying of reinforced concrete portal, relation between payload P and deflection of portal for each beam ties type fulfills equation of continuity: ( a) Normal beam ties:  $y = - 1177x^2 + 9212x - 2921$ ; ( b) Incline beam ties:  $y = - 1026x^2 + 8567x - 3141$ ; ( c) Oblique beam ties always:  $y = - 0797x^2 + 7762x + 2528$ . Portal with oblique beam ties always has better ductility compared to both other models.

From this inferential research that detailed pattern of binder ties at portal consisted of by cross-bred ties cupola at column with oblique ties cupola always at beam is detailed cupola capable to give better performance in arrest; detaining earthquake payload happened at one particular portal.

## **PRAKATA**

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Mahakuasa atas segala nikmat dan karunianya sehingga kegiatan Penelitian Hibah Bersaing yang kami laksanakan dengan judul “Pengembangan Model Sengkang Penahan Geser Pada Balok/Kolom Beton Bertulang Untuk Meningkatkan Daktilitas Struktur Gedung Tahan Gempa” ini dapat terselesaikan dengan baik tepat pada waktunya.

Penelitian ini merupakan penelitian yang didanai dari DIPA Universitas Jember Nomor 0175.0/023-042/XV/2009 Tanggal 31 Desember 2008

. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Rektor Universitas Jember, Ketua Lembaga Penelitian Universitas Jember, Dekan Fakultas Teknik, Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik dan rekan-rekan dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember, yang telah memberikan bantuan baik langsung maupun tidak langsung, sehingga laporan penelitian ini dapat kami selesaikan.

Akhir kata, kami berharap untuk mendapatkan umpan balik dari laporan penelitian ini, sehingga di waktu-waktu mendatang dapat digunakan untuk memperbaiki segala hal terkait dengan kegiatan penelitian yang harus dilaksanakan.

Jember, 30 Nopember 2009

Peneliti

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	i
A. LAPORAN HASIL PENELITIAN	
RINGKASAN.....	ii
SUMMARY .....	iv
PRAKATA .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....	16
BAB IV METODE PENELITIAN .....	18
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....	25
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....	50
DAFTAR PUSTAKA .....	52



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kriteria kinerja struktur akibat bekerjanya gaya gempa .....	6
Tabel 2. Data pengujian laboratorium.....	27
Tabel 3. Hasil uji material penyusun beton.....	27
Tabel 4. Perencanaan campuran benda uji beton K-225 .....	28
Tabel 5. Rencana proporsi campuran beton .....	29
Tabel 6. Hasil uji kuat tekan benda uji kubus beton 15x15x15.....	29
Tabel 7. Hasil uji geser balok beton.....	30
Tabel 8. Hubungan beban dan lendutan balok .....	31
Tabel 9. Hasil pengujian titik leleh ( $f_y$ ) tiap benda uji .....	32
Tabel 10. Hasil pengujian titik leleh ( $f_y$ ) tiap benda uji .....	32
Tabel 11. Hasil uji kuat tekan benda uji kubus beton 15x15x15.....	34
Tabel 12. Hasil uji Portal dengan kolom sengkang bulat dengan variasi sengkang balok .....	34
Tabel 13. Hasil uji Portal dengan kolom sengkang silang dengan variasi sengkang balok .....	35
Tabel 14. Hasil uji Portal dengan kolom sengkang diagonal dengan variasi sengkang balok .....	36
Tabel 15. Regangan sengkang balok pada kolom sengkang bulat dengan variasi sengkang balok .....	41
Tabel 16. Regangan sengkang balok pada kolom sengkang silang dengan variasi sengkang balok .....	42
Tabel 17. Regangan sengkang balok pada kolom sengkang diagonal dengan variasi sengkang balok .....	43
Tabel 18. Regangan sengkang kolom pada kolom sengkang bulat dengan variasi sengkang balok .....	44
Tabel 19. Regangan sengkang kolom pada kolom sengkang silang dengan variasi sengkang balok .....	45
Tabel 20. Regangan sengkang kolom pada kolom sengkang diagonal dengan variasi sengkang balok .....	46

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Gaya-gaya pada penampang .....	7
Gambar 2. Hubungan Kekuatan-Deformasi Untuk Struktur Rangka .....	12
Gambar 3. Model-model sengkang balok .....	18
Gambar 4. Model-model sengkang kolom .....	18
Gambar 5. Bagan alir metode penelitian .....	21
Gambar 6. Set up peralatan pengujian geser balok beton bertulang .....	22
Gambar 7. Set up peralatan pengujian geser portal dan model struktur beton bertulang .....	22
Gambar 8. Model benda uji balok beton bertulang .....	30
Gambar 9. Hubungan lendutan dan beban rata-rata .....	31
Gambar 10. Model kombinasi tulangan sengkang portal beton bertulang .....	33
Gambar 11. Hubungan beban P dan defleksi portal pada kolom bersengkang bulat dengan variasi bentuk sengkang balok .....	35
Gambar 12. Hubungan beban P dan defleksi portal pada kolom bersengkang silang dengan variasi bentuk sengkang balok .....	36
Gambar 13. Hubungan beban P dan defleksi portal pada kolom bersengkang diagonal dengan variasi bentuk sengkang balok .....	37
Gambar 14. Hubungan beban P vs defleksi portal dengan sengkang kolom bulat .....	38
Gambar 15. Hubungan beban P vs defleksi portal dengan sengkang kolom silang .....	38
Gambar 16. Hubungan beban P vs defleksi portal dengan sengkang kolom diagonal .....	39
Gambar 17. Hubungan beban P dan defleksi portal dengan sengkang balok normal .....	39
Gambar 18. Hubungan beban P dan defleksi pada portal dengan sengkang balok miring .....	40
Gambar 19. Hubungan beban P dan defleksi pada portal dengan sengkang balok miring menerus .....	40

Gambar 20. Hubungan beban P vs regangan sengkang balok pada kolom sengkang bulat .....	42
Gambar 21. Hubungan beban P vs regangan sengkang balok pada kolom sengkang silang .....	43
Gambar 22. Hubungan beban P vs regangan sengkang balok pada kolom sengkang diagonal .....	44
Gambar 23. Hubungan beban P vs regangan sengkang kolom pada kolom sengkang bulat.....	45
Gambar 24. Hubungan beban P vs regangan sengkang kolom pada kolom sengkang silang .....	46
Gambar 25. Hubungan beban P vs regangan sengkang kolom pada kolom sengkang diagonal .....	47
Gambar 26. Pola retakan balok dengan sengkang miring menerus.....	47
Gambar 27. Pola retakan balok dengan sengkang normal .....	47
Gambar 28. Pola retakan balok dengan sengkang miring.....	48
Gambar 29. Pola retakan pada balok portal .....	48