

STUDI EKSPERIMENTAL PENGGUNAAN *PEN-BINDER* TERHADAP PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG

Ichsan Yansusan
NRP: 1221901

Pembimbing: Dr. Anang Kristianto, ST.,MT

ABSTRAK

Indonesia merupakan wilayah yang rawan terhadap gempa. Kondisi ini menyebabkan sistem struktur yang dibangun di Indonesia harus mengikuti peraturan mengenai bangunan tahan gempa. Berdasarkan peraturan perencanaan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2847-2002 mensyaratkan diberikannya tulangan pengekang dengan kait standar 135° . Dalam pelaksanaan pembangunan sebuah gedung sering kali terjadi permasalahan, contoh permasalahan yang sering terjadi mengenai pendetailan tulangan pengekang kolom dengan kait 90° . Kondisi kolom yang sudah menyatu dengan elemen struktur lain tidak memungkinkan untuk dipasang tulangan pengekang dengan sudut 135° . Perkuatan dilakukan dengan menggunakan pen pengikat (*pen-binder*) yang dipasang pada tulangan pengekang dengan sudut kait 90° pada kolom eksisting.

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan perkuatan *pen-binder* terhadap kapasitas aksial, mekanisme keruntuhan dan daktilitas pada kolom dengan kait 90° . Mutu beton yang direncanakan berkisar 15 MPa. Benda uji yang akan dibuat berupa kolom pendek dengan dimensi 170 x 170 x 480 mm. Benda uji terdiri dari 3 tipe yaitu kolom dengan sudut kait tulangan pengekang 135° , kolom dengan sudut kait tulangan pengekang 90° dan kolom dengan sudut tulangan pengekang 90° yang dipasang *pen-binder*. Perkuatan *pen-binder* dipasang dengan cara melubangi pada daerah tulangan pengekang, kemudian *pen-binder* dipasang pada tulangan pengekang dan selanjutnya diisi dengan menggunakan *grouting*.

Hasil penelitian menunjukkan $f'_{cc_{akt}}$ rata-rata kolom dengan perkuatan *pen-binder* adalah 15,01 kN yang dimana kekuatan beton tanpa perkuatan adalah sebesar 14,88 MPa. Mekanisme keruntuhan pada kolom hingga mencapai beban maksimum umumnya sama. Pola keruntuhan kolom diawali retak rambut, selimut beton terkelupas hingga kolom mengalami runtuh. Nilai daktilitas kolom *pen-binder* adalah 627,222% lebih besar dari kolom dengan sudut kait pengekang 135° dan nilai daktilitas kolom dengan sudut kait tulangan pengekang 90° lebih kecil 64,167% dari kolom dengan sudut kait 135° . Dengan nilai daktilitas tinggi, kolom perkuatan *pen-binder* memiliki kemampuan menahan beban lebih lama dan mengalami tanda-tanda ketika kolom akan runtuh.

Kata Kunci : tulangan pengekang, sudut, perkuatan, pen-binder, daktilitas

EXPERIMENTAL STUDY THE USE OF PEN-BINDER FOR STRENGTHENING REINFORCED CONCRETE COLUMN

Ichsan Yansusan
NRP: 1221901

Supervisor: Dr. Anang Kristianto, ST.,MT

ABSTRACT

Indonesia is a country that prone to high seismic This condition causes the system structure which is built in Indonesia should follow the regulations regarding earthquake resistant buildings. Under planning regulations Standard Nasional Indonesia (SNI) describe that hook in column confinement reinforcement must be set for 135° hook, in execution of the construction of a building is often the case problems , examples of problems that often occur on the reinforcement detailing restraint hooks column with 90°. The columns conditions that have been fused with other structural elements are not allowed to be installed confinement reinforce with 135° hook. The strengthening is done by using a pen-binder was mounted on latch to confinement reinforcement with a hook angle of 90 ° on the existing columns.

The purpose of the Final Project was to find out influence of pen-binder strengthening to column axial capacity, failure mechanism and ductility of the column with 90° hook. Quality of concrete plan is 15 MPa. Specimen will be made in the form of short column with dimensions 170 x 170 x 480 mm. The test specimen consist of 3 types column confinement with 135° hook, column confinement with 90° hook and column confinement with 90° hook pen-binder mounted reinforcement pen-binder. The strengthening pen-binder fitted by punching holes in the reinforcement of restraint, then pen-binder restraints mounted on reinforcing and further filled with using grouting.

The result showed f'_{cc} average column with pen-binder strengthening is 15,01 MPa where the specimen without strengthening amounted f'_{cc} 14,88 MPa. The failure mechanism seems similarly relative. Failure mechanisms in the column until reaches the maximum load are generally same. Pattern collapse column begins with cracks, chipped concrete cover to the column had collapsed. Ductility of column with pen-binder is 627,222%, this value is higher than the column confinement with 135° hook and ductility columns with confinement 90° lower than 64,167% of the column confinement 135 ° hooks. With high ductility values, column reinforcement has a longer load bearing capacity and experience signs when the column will collapse. The column pen-binder with high ductility has a longer yielding time when the column will collapse.

Keywords: *confinement reinforcement, hook, strengthening, pen-binder, ductility*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN.....	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN	iv
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	v
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Sistematika Penulisan	2
BAB II TINJAUAN LITERATUR.....	4
2.1 Struktur Beton Bertulang.....	4
2.1.1 Bahan Penyusun Beton Bertulang	4
2.1.1.1 Agregat.....	5
2.1.1.2 Semen Portland	7
2.1.1.3 Air	8
2.1.1.4 Baja Tulangan	8
2.1.2 Campuran Beton	9
2.1.3 Daktilitas	10
2.2 Kolom Beton Bertulang.....	10

2.2.1	Penulangan Pada Kolom	13
2.2.1.1	Tulangan Utama	13
2.2.2	Tulangan Pengekang	14
2.2.3	Kapasitas Kolom	18
2.2.4	Keruntuhan Kolom	19
2.2.4.1	Diagram Interaksi Kolom	20
2.2.5	Pengujian Kuat Tekan Kolom	22
2.3	Daktilitas Kolom Beton	23
2.4	Perkuatan Kolom	24
2.4.1	Perkuatan Kolom Dengan Menggunakan Material Pen-Binder	26
2.4.2	Grouting	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		29
3.1	Diagram Alir Penelitian	30
3.2	Rencana Benda Uji	30
3.2.1	Pengujian Bahan Material	31
3.2.1.1	Agregat	31
3.2.1.2	Semen	32
3.2.1.3	Baja Tulangan	33
3.2.1.4	Perancangan Campuran Beton	34
3.2.2	Perancangan Benda Uji	34
3.2.2.1	Hasil Kuat Tekan Beton Silinder	34
3.2.2.2	Penentuan Dimensi Kolom	35
3.2.2.3	Penentuan Tulangan Utama dan Tulangan Pengekang	35
3.2.2.3.1	Tulangan Utama	35
3.2.2.3.2	Tulangan Pengekang	36
3.2.2.4	Kapasitas Kolom	37
3.2.2.4.1	Kapasitas Kolom Teoritis	37
3.2.2.4.2	Kapasitas Kolom Perkuatan Pen-Binder Teoritis	38
3.3	Pembuatan Benda Uji	40
3.4	Perawatan Benda Uji	40
3.5	Pemasangan Pen-Binder Pada Kolom Beton Bertulang	41
3.6	Set Up Alat Pengujian	43

3.7 Pengujian Kuat Tekan	43
3.7.1 Benda Uji Silinder.....	43
3.7.2 Benda Uji Kolom	44
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA	46
4.1 Kuat Tekan Kolom	46
4.2 Pola Retak Kolom.....	49
4.2.1 Kolom K135.....	49
4.2.2 Kolom K90.....	50
4.2.3 Kolom KPB.....	50
4.3 Hasil Uji Kolom Berdasarkan LVDT	51
4.4 Tegangan Pada Tulangan Kolom	52
4.4.1 Tegangan Pada Tulangan Utama	52
4.4.2 Tegangan Pada Tulangan Pengekang	54
4.5 Daktilitas Kolom Beton Bertulang	56
4.6 Diagram Interaksi	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	(a) Agregat kasar; (b) agregat halus	5
Gambar 2.2	Semen Portland.....	7
Gambar 2.3	Baja tulangan; (a) Ulir (b) Polos	9
Gambar 2.4	Grafik regangan – tegangan (duniatekniksipil.web.id)	10
Gambar 2.5	Kolom	11
Gambar 2.6	Jenis-jenis kolom;(a) kolom persegi, (b) kolom spiral dan (c) kolom komposit (Jack C. McCormac, 2004).....	12
Gambar 2.7	Hubungan beban versus regangan pada kolom (Istimawan Dipohusodo, 1999)	13
Gambar 2.8	Susunan penulangan kolom tipikal (Istimawan Dipohusodo, 1999)	14
Gambar 2.9	Diagram interaksi kolom (Wang dan Salmon, 1994).....	20
Gambar 2.10	Kondisi kolom pada keadaan seimbang	21
Gambar 2.10	Grafik hubungan beban dan regangan (ASTM C.1018)	24
Gambar 2.11	Pen-binder (Anang Kristianto, 2012)	27
Gambar 2.12	Bahan material grouting conbextra gp	28
Gambar 3.1	Diagram alir tugas akhir	30
Gambar 3.2	Gambar rencana benda uji	31
Gambar 3.3	Pengujian agregat (a) berat jenis agregat halus (b) berat jenis agregat kasar (c) gradasi dan (d) bobot isi.....	32
Gambar 3.4	Pengujian berat jenis semen	33
Gambar 3.5	Grafik hasil uji kuat tarik.....	33
Gambar 3.6	Pengujian kuat tarik tulangan	33
Gambar 3.7	Gambar rencana benda uji	39
Gambar 3.8	Proses pembuatan benda uji; (a) Pengadukan campuran beton; (b) pengujian slump; (c) pemadatan benda uji kolom; (d) benda uji kolom.....	40
Gambar 3.9	Perawatan benda uji.....	41

Gambar 3.10	Garis bantu.....	41
Gambar 3.11	Proses pengeboran.....	42
Gambar 3.12	Proses pemasangan pen-binder.....	42
Gambar 3.13	Hasil grouting pada kolom pen-binder	42
Gambar 3.14	Pemasangan dan posisi LVDT pada benda uji	43
Gambar 3.15	Pengujian kuat tekan beton silinder ;(a) 7 hari (b) 14 hari dan (c) 28 hari.....	44
Gambar 3.16	(a) Logger data (b) Hasil uji perangkat lunak	45
Gambar 3.17	Pengujian kuat tekan kolom	45
Gambar 4.1	Hasil pengujian kuat tekan kolom K135	47
Gambar 4.2	Hasil pengujian kuat tekan kolom K90	48
Gambar 4.3	Hasil pengujian kuat tekan kolom KPB	48
Gambar 4.4	Proses pengujian kuat tekan kolom mulai dari; (a) retak; (b) terkelupasnya selimut beton; (c) keruntuhan kolom K135.....	49
Gambar 4.5	Proses pengujian kuat tekan kolom mulai dari; (a) retak; (b) terkelupasnya selimut beton; (c) keruntuhan kolom K90.....	50
Gambar 4.6	Proses pengujian kuat tekan kolom mulai dari (a) retak (b) terkelupasnya selimut beton (c) keruntuhan kolom dengan KPB ...	50
Gambar 4.7	Grafik hasil pengujian rata-rata kolom menggunakan alat LVDT ..	51
Gambar 4.8	Grafik hasil pengujian tegangan tulangan utama kolom K135	52
Gambar 4.9	Grafik hasil pengujian tegangan tulangan utama kolom K90	53
Gambar 4.10	Grafik hasil pengujian tegangan tulangan utama kolom KPB	53
Gambar 4.11	Grafik hasil pengujian tegangan tulangan pengekang kolom K135	54
Gambar 4.12	Grafik hasil pengujian tegangan tulangan pengekang kolom K90..	55
Gambar 4.13	Grafik hasil pengujian tegangan tulangan pengekang kolom KPB	55
Gambar 4.14	Grafik hubungan beban dan regangan.....	56
Gambar 4.15	Grafik perhitungan daktilitas kolom K135.....	57
Gambar 4.16	Grafik perhitungan daktilitas kolom K90.....	58
Gambar 4.17	Grafik perhitungan daktilitas kolom KPB.....	59
Gambar 4.18	Diagram interaksi kolom	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis beton berdasarkan kekuatan (Paul Nugraha, 2005).....	4
Tabel 2.2	Jenis-jenis tulangan (Gideon, Kole dan Sagel, 1993).....	8
Tabel 2.3	Angka konversi kekuatan tekan beton dengan umur beton (PBI 1971).....	23
Tabel 2.4	Nilai standar deviasi (Tri Mulyono, 2004).....	23
Tabel 3.1	Karakteristik agregat benda uji.....	32
Tabel 3.2	Hasil uji kuat tekan beton	34
Tabel 4.1	Hasil pengujian aksial konsentris	46
Tabel 4.2	Tabel hasil pengujian berdasarkan alat LVDT	51
Tabel 4.3	Tabel perhitungan nilai daktilitas kolom	59
Tabel 4.4	Perhitungan diagram interaksi	61

DAFTAR NOTASI

a_b	Tinggi blok tegangan segiempat ekuivalen pada kondisi regangan seimbang, mm
A_g	Luas kotor penampang kolom, mm ²
A_s	Luas tulangan total bagian atas, mm ²
A_s'	Luas tulangan total bagian bawah, mm ²
A_{sd}	Luas tulangan baja tulangan yang digunakan, mm ²
A_{sh}	Luas tulangan pengekang
A_{st}	Luas tulangan total yang digunakan, mm ²
$A_{st_{min}}$	Luas tulangan total minimum yang diperlukan, mm ²
b	Lebar penampang melintang kolom, mm
b_c	Dimensi penampang inti kolom
c	Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral, mm
c_b	Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral pada kondisi regangan seimbang, mm
B_j	Berat benda uji kondisi ssd, grm
B_k	Berat benda uji kondisi kering oven, grm
B_p	Berat gelas + tutup + air, grm
B_{pj}	Berat gelas + tutup + air + benda uji, grm
B_{ba}	Berat benda uji didalam air, grm
$B_j bulk_k$	Berat jenis kering agregat kasar
$B_j bulk_h$	Berat jenis kering agregat halus
D	Diameter tulangan, mm
d	jarak dari serat tekan atau tarik terluar ke bagian tepi selimut beton, mm
D_a	Bobot isi agregat, grm/cm ³
E_s	Modulus elastisitas baja, MPa
e	Perbandingan antara momen nominal penampang dan kuat tekan aksial nominal, mm

e_b	Perbandingan antara momen nominal penampang dan kuat tekan aksial nominal pada kondisi regangan seimbang, mm
f_c	Kuat tekan beton silinder, MPa
f'_c	Kuat tekan beton karakteristik, MPa
f'_{cc}	Kuat tekan beton terkekang, MPa
f'_{ccp}	Kuat tekan beton terkekang perkuatan <i>pen-binder</i> teoritis, MPa
f'_{co}	Kuat tekan beton tidak terkekang, MPa
f'_{cr}	Kuat tekan beton rata-rata, MPa
$f_1=f_2$	Tegangan lateral yang bekerja pada inti
f_s	Tegangan tulangan tarik yang dihitung, MPa
f_s'	Tegangan tulangan tekan yang dihitung, MPa
f_y	Tegangan leleh tulangan tarik, MPa
h	Tinggi penampang melintang kolom, mm
h_c	Lebar inti beton
k	Koefisien standar
k_1	Koefisien yang menyatakan hubungan antara tegangan pengeang dan peningkatan kekuatan
k_2	Koefisien yang menyatakan efisiensi tulangan pengeang
M_n	Kekuatan momen nominal penampang, kNm
M_{nb}	Kekuatan momen nominal penampang pada kondisi regangan seimbang, kNm
M_{nmax}	Kekuatan momen nominal penampang pada kondisi lentur murni, kNm
n	Jumlah
P_o	Kuat beban aksial nominal akibat beban aksial konsentrik, kN
P_{oakt}	Kuat beban aksial aktual, kN
P_n	Kuat beban aksial maksimum yang telah direduksi, kN
P_b	Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang, kN
s	Jarak tulangan pengeang sepanjang tinggi kolom
s_1	Jarak antar as tulangan utama
sd	Standar deviasi
t	Tinggi benda uji, mm

V	Volume cawan silinder, cm^3
V_1	Volume awal semen portland, ml
V_2	Volume akhir semen portland, ml
W	Berat benda uji semen portland , gm
W_a	Berat agregat benda uji agregat untuk uji bobot isi dan gembur, gm
σ_y	Tegangan leleh baja tulangan, MPa
β_1	Koefisien yang berhubungan dengan tinggi blok tegangan segiempat
Δ_1	Regangan leleh awal pengaruh baja tulangan
Δ_2	Regangan leleh akhir pengaruh beton bertulang
μ_Δ	Daktilitas beton bertulang
ρ	Rasio penulangan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L.1 Pengujian bahan material	68
Lampiran L.2 Perancangan campuran beton.....	76
Lampiran L.3 Foto proses pengerjaan	81
Lampiran L.4 Grafik hasil uji penelitian.....	88