

STUDI EKSPERIMENTAL VARIASI TULANGAN SENGKANG PADA KOLOM PERSEGI

Binsar Gandaria Layuk
0921038

Pembimbing: Dr. Anang Kristianto, S.T., M.T.

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah rawan bencana alam. Kondisi ini mengharuskan sistem struktur yang dibangun di Indonesia harus mengikuti peraturan bangunan tahan gempa. Salah satunya pada kolom, yang merupakan komponen sangat penting dalam menjamin suatu struktur agar tidak mengalami keruntuhan total. Hal ini memotivasi perlunya dilakukan penelitian mengenai studi eksperimental beberapa kombinasi tulangan pengekang pada kolom.

Tujuan penelitian dalam Tugas Akhir ini adalah menganalisis perilaku deformasi, kapasitas aksial, serta pengamatan retak kolom beton persegi dengan berbagai variasi tulangan sengkang. Total jumlah benda uji berbentuk 6 buah kolom pendek dengan dimensi 170mm x 170mm dan tinggi 480mm, dengan penguraian dua buah untuk tulangan sengkang standar, dua buah sengkang *pen-binder*, dan dua buah sengkang khusus. 9 buah silinder normal dengan dimensi diameter 150mm dan tinggi 300mm digunakan untuk pengujian kekuatan beton karakteristik. Penelitian dilakukan untuk kolom dengan mutu beton $f'_c = 16\text{MPa}$.

Hasil dari penelitian menunjukkan terjadi penurunan nilai regangan pada kolom sengkang *pen-binder* sebesar 47,826% terhadap kolom sengkang standar dan peningkatan nilai regangan pada kolom sengkang khusus sebesar 43,478% terhadap kolom sengkang standar berdasarkan perilaku deformasi tegangan regangan dengan alat uji LVDT. Kapasitas aksial (P_o) rata-rata sengkang *pen-binder* mengalami peningkatan nilai terhadap sengkang standar sebesar 0,302% dan P_o rata-rata sengkang khusus mengalami penurunan nilai terhadap sengkang standar sebesar 2,367%. Pola retak yang terjadi pada kolom sengkang standar memiliki pola retak halus pada bagian atas kolom yang tertekan, pada kolom sengkang *pen-binder* memiliki pola retak halus serta terkelupasnya selimut beton pada bagian sudut sisi kolom, dan pada kolom sengkang khusus memiliki banyak retak halus pada bagian sudut sisi kolom.

Kata Kunci: kolom, deformasi, tegangan, regangan, sengkang standar, sengkang *pen-binder*, sengkang khusus, LVDT.

THE EXPERIMENTAL STUDY OF TRANSVERSAL REINFORCED OF RECTANGULAR CONCRETE COLUMN

Binsar Gandaria Layuk

NRP: 0921038

Supervisor: Dr. Anang Kristianto, S.T., M.T.

ABSTRACT

Indonesia is a located over prone to natural disasters. This condition requires the system structure that built in Indonesia should follow to regulations of earthquake resistant buildings. One of them is column, that is a very important component to ensure a structure that did not ended up having a total failure. It motivates the need of research about experimental study of a few combinations of transversal reinforced on column.

The purpose of this study in this Final Assignment is to analyze the deformation, axial capacity, and the observation of cracking in rectangular column with transversal reinforced. The total of the test object are 6 short columns with 170mm x 170mm dimension and 48mm height, by dividing two for standard transversal reinforced, two for pen-binder transversal reinforced, and two for special transversal reinforced. 9 pieces of normal cylinder with dimension of 150mm diameter, and 300mm height, used for testing in concrete strength characteristic. This study was conducted to column with the concrete quality $f'_c = 16\text{MPa}$.

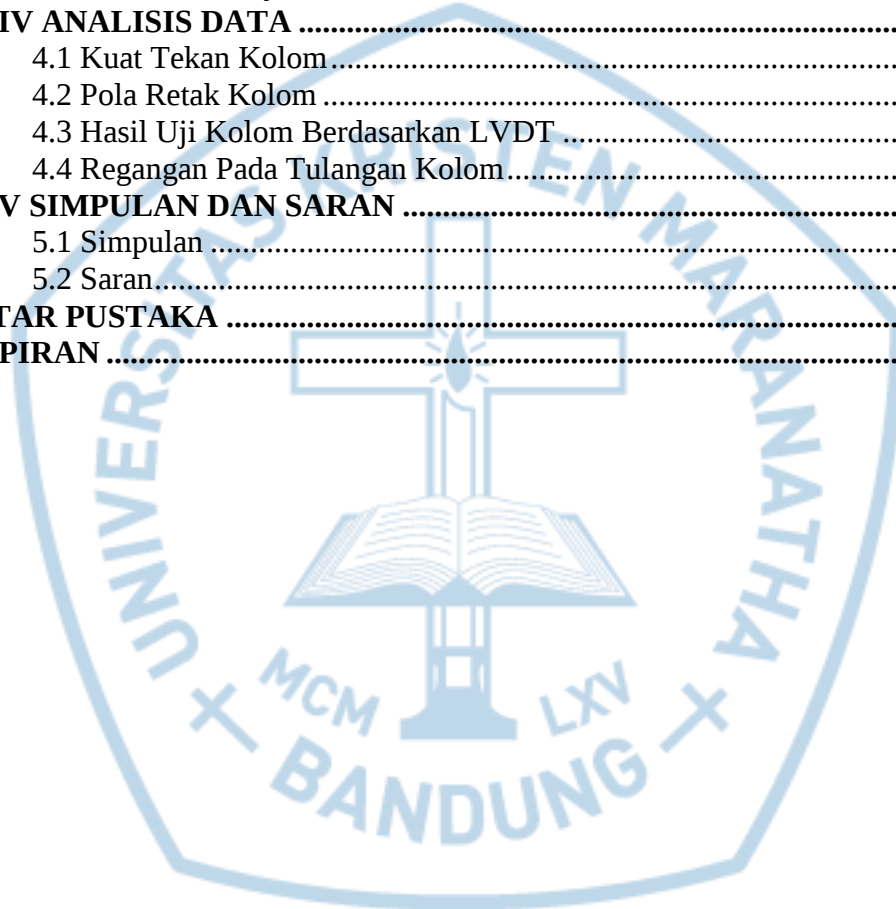
The results of the study shows that there is a reduction in the value of the strain in the pen-binder transversal reinforced columns by 47,826% of the standard transversal reinforced column and the increasing value of the strain in special transversal reinforced column by 43,478% of the standard transversal reinforced column by the deformation of tension strain with LVDT. Average axial capacity (P_0) of pen-binder transversal reinforced has increased value on standard transversal reinforced by 0,302% and average P_0 of special transversal reinforced has decreased value on standard transversal reinforced by 2,367%. The cracks pattern that occurred on standard transversal reinforced column has a subtle crack pattern on the upper side of the pressed column, on the pen-binder transversal reinforced column has a subtle crack pattern and peeling over the concrete cover on the corner of the column, and on the special transversal reinforced column has many subtle crack on the corner of the column.

Keywords: column, deformation, stress, strain, standard transversal reinforced, pen-binder transversal reinforced, special transversal reinforced, LVDT.

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
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
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.....	4
2.1.1.2 Semen <i>Portland</i>	7
2.1.1.3 Air	8
2.1.1.4 Baja Tulangan	9
2.1.2 Campuran Beton.....	10
2.2 Kolom Beton Bertulang	11
2.2.1 Penulangan Pada Kolom	12
2.2.1.1 Tulangan Utama	12
2.2.1.2 Tulangan Pengekang	13
2.2.2 Kapasitas Kolom	14
2.2.3 Keruntuhan Kolom.....	15
2.2.4 Pengujian Kuat Tekan Beton	20
2.3 Perkuatan Pada Kolom Beton Bertulang.....	21
2.4 Kolom Persegi dengan Tulangan Sengkang <i>Pen-binder</i>	23
2.5 Kolom Persegi dengan Tulangan Sengkang Khusus	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Diagram Alir Penelitian	25
3.2 Rencana Benda Uji.....	27
3.3 Material Penyusun Beton Bertulang	28
3.3.1 Agregat.....	28
3.3.2 Semen.....	29
3.3.3 Baja Tulangan	29
3.3.4 Perancangan Campuran Beton	30

3.4 Penentuan Dimensi Kolom	30
3.5 Analisis Pendahuluan.....	30
3.5.1 Penentuan Tulangan Utama	30
3.5.2 Penentuan Tulangan Pengekang	32
3.5.3 Kapasitas Kolom	33
3.5.4 Kapasitas Kolom Sengkang <i>Pen-binder</i>	37
3.6 Pembuatan Benda Uji	38
3.7 Perawatan Benda Uji	39
3.8 <i>Setup</i> Alat Pengujian.....	39
3.9 Pengujian Kuat Tekan.....	42
3.9.1 Benda Uji Silinder	42
3.9.2 Benda Uji Kolom	43
BAB IV ANALISIS DATA	45
4.1 Kuat Tekan Kolom.....	45
4.2 Pola Retak Kolom	48
4.3 Hasil Uji Kolom Berdasarkan LVDT	52
4.4 Regangan Pada Tulangan Kolom.....	54
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Simpulan	58
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Agregat kasar; (b) Agregat halus.....	5
Gambar 2.2 Semen <i>portland</i>	7
Gambar 2.3 Baja tulangan	9
Gambar 2.4 Bentuk kolom: a) kolom bulat tulangan spiral; (b) kolom segiempat; (c) kolom komposit bulat tulangan spiral; (d) kolom komposit segiempat	12
Gambar 2.5 Regangan kolom	16
Gambar 2.6 Distribusi gaya terhadap titik pada diagram interaksi	16
Gambar 2.7 Hubungan tegangan regangan pada beton dan baja.....	19
Gambar 2.8 <i>Pen-binder</i>	23
Gambar 2.9 Penampang atas kolom sengkang <i>pen-binder</i>	24
Gambar 2.10 Penampang atas kolom sengkang khusus	24
Gambar 3.1 Diagram alir	26
Gambar 3.2 Gambar rencana benda uji	27
Gambar 3.3 Pengujian agregat: a) berat jenis agregat kasar; (b) berat jenis agregat halus SSD; (c) bobot isi	28
Gambar 3.4 Pengujian berat jenis semen.....	29
Gambar 3.5 Hasil uji kuat tarik tulangan ulir D13	29
Gambar 3.6 Pengujian kuat tarik tulangan ulir D13	30
Gambar 3.7 Diagram interaksi kolom sengkang standar dan kolom sengkang <i>pen-binder</i> memakai <i>software</i> PCACOL	35
Gambar 3.7 Diagram interaksi kolom sengkang khusus memakai <i>software</i> PCACOL	37
Gambar 3.9 Proses pembuatan benda uji: a) pengadukan campuran beton; (b) persiapan tulangan dan bekisting; (c) pengujian <i>slump</i> ; (d) benda uji kolom.....	39
Gambar 3.10 Perawatan benda uji	39
Gambar 3.11 Pemasangan dan pengecekan <i>strain gauge</i> pada tulangan	40
Gambar 3.12 Pengecatan dan pemberian tanda garis pada benda uji.....	40
Gambar 3.13 Proses <i>capping</i> ; a) membungkus kolom dengan besi tipis dan lakban hitam; (b) mengisi belerang cair keatas permukaan kolom; (c) pengeringan belerang; (d) memastikan kolom telah rata dengan <i>waterpass</i>	41
Gambar 3.14 Pemasangan dan letak LVDT pada benda uji.....	41
Gambar 3.15 Pengujian kuat tekan beton silinder pada umur 21 hari.....	42
Gambar 3.16 Pengujian kuat tekan beton silinder pada umur 28 hari.....	43
Gambar 3.17 Hasil uji perangkat lunak	44
Gambar 3.18 Pengujian kuat tekan kolom.....	44
Gambar 4.1 Hasil pengujian kuat tekan kolom sengkang standar (135°).....	46
Gambar 4.2 Hasil pengujian kuat tekan kolom sengkang standar <i>pen-binder</i> ...	47
Gambar 4.3 Hasil pengujian kuat tekan kolom sengkang khusus	47
Gambar 4.4 Pola retak kolom sengkang standar (135°)	48
Gambar 4.5 Pola retak kolom sengkang <i>pen-binder</i>	49
Gambar 4.6 Pola retak kolom sengkang khusus	50

Gambar 4.7 Hasil pengujian rata-rata kolom sengkang standar (135°) dengan alat LVDT.....	52
Gambar 4.8 Hasil pengujian rata-rata kolom sengkang <i>pen-binder</i> dengan alat LVDT	53
Gambar 4.9 Hasil pengujian rata-rata kolom sengkang khusus dengan alat LVDT	53
Gambar 4.10 Hasil pengujian rata-rata regangan tulangan pada kolom sengkang standar (135°)	55
Gambar 4.11 Hasil pengujian rata-rata regangan tulangan pada kolom sengkang <i>pen-binder</i>	55
Gambar 4.12 Hasil pengujian rata-rata regangan tulangan pada kolom sengkang standar khusus2	56



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Angka kekuatan beton dengan umur beton	20
Tabel 3.1 Karakteristik agregat benda uji.....	28
Tabel 3.2 Kuat tekan beton silinder	43
Tabel 4.1 Hasil pengujian kuat tekan kolom	45
Tabel 4.2 Tegangan regangan kolom.....	54



DAFTAR NOTASI

a	Jarak balok yang tertekan (mm)
A	Luas penampang (mm^2)
A_g	Luas kotor penampang kolom (mm^2)
A_{sd}	Luas tulangan baja tulangan yang digunakan (mm^2)
A_{sv}	Luas tulangan pengekang (mm^2)
A_{st}	Luas tulangan total yang digunakan (mm^2)
A_{stmin}	Luas tulangan total minimum yang diperlukan (mm^2)
b	Lebar penampang melintang kolom (mm)
B_{ba}	Berat agregat di dalam air (gr)
b_c	Dimensi penampang inti kolom (mm)
B_j	Berat benda uji kondisi ssd (gr)
B_{jsemen}	Berat jenis semen <i>portland</i>
$B_{jbulk_{hl}}$	Berat jenis kering agregat halus
$B_{jbulk_{ks}}$	Berat jenis kering agregat kasar
B_k	Berat benda uji kondisi kering oven (gr)
B_p	Berat piknometer diisi air (gr)
B_{pj}	Berat piknometer + benda uji ssd + air (gr)
c	Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm)
C_c	Sumbangan gaya tekan beton (kN)
d	Berat isi air pada temperatur ruang yang tetap, $\left[\frac{1}{\text{gr/ml}} \right]$
D_a	Bobot isi agregat (gr/cm^3)
e	Perbandingan antara momen nominal penampang dan kuat tekan aksial normal (mm)
e_b	Perbandingan antara momen nominal penampang dan kuat tekan aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (mm)
E	Modulus elastisitas (N/mm^2)
E_s	Modulus elastis baja (MPa)
F	Besar gaya tekan (N)

f'_c	Kuat tekan beton karakteristik (MPa)
f'_{cc}	Kuat tekan beton terkekang (MPa)
f'_{co}	Kuat tekan beton tidak terkekang (MPa)
$f'_{cc\text{rata-rata}}$	Kuat tekan beton terkekang aktual rata-rata (MPa)
f_{si}	Tegangan pada setiap baris tulangan (Mpa)
F_{si}	Sumbangan gaya masing-masing baris tulangan (kN)
f_y	Tegangan leleh tulangan (MPa)
f_1	Tegangan leleh tulangan pengekang (MPa)
f_{1e}	Tegangan lateral ekuivalen (MPa)
h	Tinggi penampang melintang kolom (mm)
h_c	Lebar inti beton
k_1	Koefisien yang menyatakan hubungan antara tegangan pengekang dan peningkatan kekuatan
k_2	Koefisien yang menyatakan efisiensi tulangan pengekang
L	Panjang awal (mm)
M_n	Kekuatan momen nominal penampang (kNm)
M_{nb}	Kekuatan momen nominal penampang pada kondisi seimbang (kNm)
n	Jumlah tulangan
P	Tekanan (N)
P_c	Kuat beban aksial akibat kontribusi beton (kN)
P_{st}	Kuat beban aksial akibat kontribusi baja (kN)
P_0	Kuat beban aksial nominal akibat beban aksial konsentrik (kN)
P_0 rata-rata	Kuat beban aksial aktual rata-rata (kN)
P_n	Kuat beban aksial maksimum yang telah direduksi (kN)
P_{nb}	Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (kN)
s	Jarak tulangan pengekang sepanjang tinggi kolom (mm)
S_x	Jarak spasi antar tulangan sengkang (mm)
s_1	Jarak pusat antar tulangan utama (mm)
t	Tinggi benda uji (mm)
V	Volume cawan silinder (cm ³)
V_1	Volume awal semen <i>Portland</i> (ml)

V_2	Volume akhir semen <i>Portland</i> (ml)
W	Berat benda uji semen <i>Portland</i> (gr)
W_a	Berat agregat (gr)
Z	Suatu nilai sembarang untuk membuat diagram interaksi
ϕ	Koefisien reduksi
$\phi P_{n(max)}$	Kuat tekan rencana maksimum yang telah direduksi (kN)
β_1	Rasio tinggi tekan ekivalen, a ke jarak garis netral, c .
$\mathcal{E}$	Regangan
ε_{cu}	Batas regangan beton
ε_{si}	Regangan pada setiap baris tulangan
ε_y	Regangan leleh baja
ρ_s	Rasio tulangan
σ	Tegangan (N/mm ²)
ΔL	Pertambahan panjang (mm)



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengujian Bahan Material	62
Lampiran 2 Perancangan Campuran Beton	68
Lampiran 3 Foto Proses Pengerjaan	74
Lampiran 4 Hasil Uji Kuat Tekan Kolom	81

