

STUDI EKSPERIMENTAL PERBAIKAN KOLOM PERSEGI BETON BERTULANG

Agnes Maria Margaretha Nabasa
1321045

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

ABSTRAK

Gempa bumi mengakibatkan terjadinya kerusakan cukup besar bagi struktur bangunan. Indonesia merupakan daerah rawan gempa bumi karena dilalui oleh pertemuan tiga lempeng tektonik. Gempa bumi dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan. Apabila komponen bangunan terutama kolom yang telah rusak difungsikan lagi, maka perbaikan sangat diperlukan agar bangunan mampu menahan lentur lagi setelah gempa. Hal ini yang menjadi dasar dilakukannya studi eksperimental perbaikan kolom persegi beton bertulang.

Pada penelitian Tugas Akhir ini akan dilakukan studi eksperimental perbaikan kolom persegi beton bertulang. Benda uji berjumlah 6 buah, yaitu 2 kolom standar, 2 kolom dengan *pen-binder* dan 2 kolom dengan FRP. Benda uji yang diperbaiki sebanyak 4 kolom, yaitu 2 kolom standar dan 2 kolom dengan *pen-binder*. Kolom dengan FRP tidak diperbaiki karena FRP itu sendiri sudah termasuk perkuatan. Perbaikan kolom menggunakan *pen-binder* yang dipasang pada tulangan pengekang kolom.

Hasil penelitian ini menunjukkan kapasitas kolom terbesar terjadi pada kolom standar sebesar 391,50kg, sedangkan kapasitas kolom dengan *pen-binder* sebesar 382,50kg dan kapasitas kolom dengan FRP sebesar 291,88kg. Kolom standar memiliki energi disipasi terbesar yaitu 35224,43kgmm sedangkan energi disipasi kolom dengan *pen-binder* sebesar 19998,08kgmm dan energi disipasi kolom dengan FRP sebesar 20865,40kgmm. Kapasitas kolom standar mengalami penurunan sebesar 63,10% dan kapasitas kolom dengan *pen-binder* mengalami penurunan sebesar 57,94% setelah perbaikan. Kapasitas kolom dengan FRP mengalami penurunan sebesar 69,96% setelah pengujian ke-2. Penyebab kapasitas kolom standar, kolom dengan *pen-binder*, dan kolom dengan FRP mengalami penurunan adalah rusaknya *joint*.

Kata Kunci: kolom, perbaikan, standar, *pen-binder*, FRP, *drift ratio*.

EXPERIMENTAL STUDY OF RECTANGULAR REINFORCED CONCRETE COLUMN REPAIR

**Agnes Maria Margaretha Nabasa
1321045**


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

The earthquake caused considerable damage to the structure of the building. Indonesia is an area prone to earthquakes because it is traversed by a meeting of three tectonic plates. Earthquakes can cause damage to buildings. If the building components, especially the damaged columns are functioned again, then the repair is necessary for the building able to sustain the flexure after the earthquake. This is the basis for the experimental study of rectangular reinforced square column improvement.

In this final project will be conducted experimental study of rectangular reinforced square column improvement. The test specimen consists of 6 pieces, namely 2 standard columns, 2 columns with pen-binder and 2 columns with FRP. Test pieces were fixed as many as 4 columns, namely 2 standard columns and 2 columns with pen-binder. Columns with FRP are not fixed because the FRP itself includes retrofitting. Fixed columns using a binder attached to the column curb bars.

The results of this study indicate the largest column capacity occurred in the standard column of 391,50 kg, while the capacity of the column with pen-binder of 382,50 kg and the capacity of the column with FRP of 291,88 kg. The standard column has the greatest dissipation energy that is 35224,43kgmm whereas the energy of column dissipation with pen-binder is 19998,08kgmm and the energy of column dissipation with FRP is 20865,40kgmm. Standard column capacity decreased by 63,10% and column capacity with pen-binder decreased by 57,94% after repair. The capacity of the column with FRP decreased by 69,96% after the 2nd test. Causes of standard column capacity, columns with pen-binders, and columns with FRP decreasing are joints damage.

Keywords: columns, repairing, standard, pen-binder, FRP, drift ratio.

The logo of Universitas Kristen Maranatha Bandung is a shield-shaped emblem. It features a central cross with a flame at its top, positioned above an open book. The book is supported by a stand. The text "UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA" is written in an arc across the top of the shield, and "BANDUNG" is written in an arc across the bottom. The Roman numerals "MCM" and "LXV" are placed on either side of the book. The entire logo is rendered in a light blue color.

Maka YESUS berkata pula kepada orang banyak, kata-Nya: “Akulah terang dunia; barangsiapa mengikuti Aku, ia tidak akan berjalan dalam kegelapan, melainkan ia akan mempunyai terang hidup.”
(Yohanes 8:12)

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	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR NOTASI.....	xix
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 Metode Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN LITERATUR.....	4
2.1 Struktur Beton Bertulang.....	4
2.2 Daktilitas.....	6
2.3 Kolom Beton Bertulang.....	6
2.4 Kapasitas Kolom.....	8
2.5 Keruntuhan Kolom	9
2.6 Diagram Interaksi Kolom.....	9
2.7 Kerusakan pada Beton	10
2.8 Investigasi Struktur.....	12
2.9 Perbaikan Struktur Beton Bertulang.....	13
2.10 Pemilihan Material Perbaikan	14
2.11 Metode Perbaikan Kolom Beton Bertulang.....	15
2.11.1 <i>Concrete Jacketing</i>	15
2.11.2 Perbaikan dengan <i>Pen-binder</i>	16
2.11.3 <i>Fiber Reinforced Polymer (FRP)</i>	18
2.12 Kurva Histeretik	19
2.13 Energi Disipasi	21
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Bagan Alir Penelitian	23
3.2 Investigasi Benda Uji	25
3.2.1 Kolom Standar	26
3.2.1.1 Investigasi Visual Kolom Standar.....	26
3.2.1.2 Investigasi Analisis Kolom Standar	27
3.2.2 Kolom dengan <i>Pen-Binder</i>	30
3.2.2.1 Investigasi Visual Kolom dengan <i>Pen-Binder</i>	30

3.2.2.2	Investigasi Analisis Kolom dengan <i>Pen-Binder</i>	31
3.2.3	Kolom dengan FRP	34
3.2.3.1	Investigasi Visual Kolom dengan FRP	34
3.2.3.2	Investigasi Analisis Kolom dengan FRP.....	35
3.3	Kapasitas Kolom Rencana	38
3.4	Perencanaan Perbaikan Kolom	39
3.5	Pelaksanaan Perbaikan Kolom	41
3.5.1	Pembobokan Kolom.....	41
3.5.2	Pemasangan Tulangan Utama	41
3.5.3	Pemasangan Tulangan Sengkang.....	42
3.5.4	Pemasangan <i>Pen-Binder</i>	42
3.5.5	Pemasangan Bekisting	43
3.5.6	Pengecoran Kolom	43
3.5.7	Pembukaan Bekisting Benda Uji	44
3.5.8	Pengecatan dan Penggarisan Benda Uji.....	44
3.6	<i>Set-Up</i> Alat Pengujian.....	46
3.7	Proses Pengujian Benda Uji.....	47
BAB IV	ANALISIS DATA.....	48
4.1	Pola Retak Kolom	48
4.1.1	Pola Retak Kolom Standar	48
4.1.2	Pola Retak Kolom dengan <i>Pen-Binder</i>	49
4.1.3	Pola Retak Kolom dengan FRP	50
4.2	Hasil Pengujian Kolom	52
4.2.1	Kolom Standar	52
4.2.2	Kolom dengan <i>Pen-Binder</i>	53
4.2.3	Kolom dengan FRP	57
4.3	Perbandingan Hasil Pengujian Kolom	62
4.3.1	Kolom Standar Sebelum dan Setelah Perbaikan.....	62
4.3.2	Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> Sebelum dan Setelah Perbaikan.....	63
4.3.3	Kolom dengan Pengujian 1 dan Pengujian 2	66
BAB V	SIMPULAN DAN SARAN.....	71
5.1	Simpulan.....	71
5.2	Saran	71
	DAFTAR PUSTAKA	72
	LAMPIRAN.....	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan Regangan dan Tegangan.....	6
Gambar 2.2 (a) Kolom Persegi; (b) Kolom Spiral; (c) Kolom Komposit.....	8
Gambar 2.3 Diagram Interaksi Kolom.....	10
Gambar 2.4 Contoh Pemasangan Modifikasi Tulangan Pengekang dengan <i>Pen-Binder</i>	17
Gambar 2.5 Kurva Histeretik Ideal	19
Gambar 2.6 Model Kurva Histeretik Ramberg-Osgood	20
Gambar 2.7 Model Kurva Histeretik Clough.....	20
Gambar 2.8 Model Kurva Histeretik <i>Isotropic Hardening</i>	21
Gambar 2.9 Model Kurva Histeretik <i>Kinematic Hardening</i>	21
Gambar 2.10 Model Kurva Histeretik <i>Combined Hardening</i>	21
Gambar 2.11 Luas Area Kurva Histeretik	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 (a) Benda Uji Kolom Standar, (b) Benda Uji Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> , (c) Benda Uji Kolom dengan FRP	25
Gambar 3.3 Pola Retak Kolom Standar 1: (a) Tampak Depan, (b) Tampak Samping Kanan, (c) Tampak Samping Kiri, (d) Tampak Belakang	26
Gambar 3.4 Pola Retak Kolom Standar 2: (a) Tampak Depan, (b) Tampak Samping Kanan, (c) Tampak Samping Kiri, (d) Tampak Belakang	26
Gambar 3.5 Kurva Histeretik Kolom Standar 1	27
Gambar 3.6 Kurva Histeretik Kolom Standar 2.....	29
Gambar 3.7 Pola Retak Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 1: (a) Tampak Depan, (b) Tampak Samping Kanan, (c) Tampak Samping Kiri, (d) Tampak Belakang	30
Gambar 3.8 Pola Retak Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 2: (a) Tampak Depan, (b) Tampak Samping Kanan, (c) Tampak Samping Kiri, (d) Tampak Belakang	30
Gambar 3.9 Kurva Histeretik Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 1	31
Gambar 3.10 Kurva Histeretik Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 2.....	33
Gambar 3.11 Pola Retak Kolom dengan FRP 1: (a) Tampak Depan, (b) Tampak Samping Kanan, (c) Tampak Samping Kiri, (d) Tampak Belakang	34
Gambar 3.12 Pola Retak Kolom dengan FRP 2: (a) Tampak Depan, (b) Tampak Samping Kanan, (c) Tampak Samping Kiri, (d) Tampak Belakang	34
Gambar 3.13 Kurva Histeretik Kolom dengan FRP 1	35
Gambar 3.14 Kurva Histeretik Kolom dengan FRP 2	37
Gambar 3.15 Diagram Interaksi Kolom.....	38
Gambar 3.16 Beban dan Momen Lentur pada Kolom.....	39
Gambar 3.17 (a) Penampang Kolom Standar, (b) Penampang Kolom dengan <i>Pen-Binder</i>	40

Gambar 3.18 Tampak Samping Desain Rencana Perbaikan Kolom: (a) Tampak Daerah Kerusakan Kolom, (b) Daerah Perbaikan Kolom, (c) Daerah Rencana Penempatan <i>Pen-Binder</i>	40
Gambar 3.19 Pembobokan Kolom.....	41
Gambar 3.20 Pemasangan Tulangan Utama	41
Gambar 3.21 Pemasangan Tulangan Sengkang	42
Gambar 3.22 Pemasangan <i>Pen-Binder</i>	42
Gambar 3.23 Pemasangan Bekisting.....	43
Gambar 3.24 Pengecoran Kolom	43
Gambar 3.25 Tampak Depan Kolom Setelah Bekisting Dibuka	44
Gambar 3.26 Pengecatan dan Penggarisan Benda Uji.....	44
Gambar 3.27 2D <i>Set-Up</i> Alat Pengujian	45
Gambar 3.28 (a) 3D <i>Set-Up</i> Alat Pengujian, (b) 3D <i>Set-Up</i> Alat Pengujian di Lapangan.....	45
Gambar 4.1 Pola Retak Kolom Standar: (a) Tampak Depan (b) Tampak Samping Kanan, (c) Tampak Belakang, (d) Tampak Samping Kiri	48
Gambar 4.2 Pola Retak dengan <i>Pen-Binder</i> 1: (a) Tampak Depan (b) Tampak Samping Kanan, (c) Tampak Belakang, (d) Tampak Samping Kiri	49
Gambar 4.3 Pola Retak dengan <i>Pen-Binder</i> 2: (a) Tampak Depan (b) Tampak Samping Kanan, (c) Tampak Belakang, (d) Tampak Samping Kiri	50
Gambar 4.4 Pola Retak dengan FRP 1: (a) Tampak Depan (b) Tampak Samping Kanan, (c) Tampak Belakang, (d) Tampak Samping Kiri	50
Gambar 4.5 Pola Retak dengan FRP 2: (a) Tampak Depan (b) Tampak Samping Kanan, (c) Tampak Belakang, (d) Tampak Samping Kiri	51
Gambar 4.6 Kurva Histeretik Kolom Standar.....	52
Gambar 4.7 Kurva Histeretik Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 1	54
Gambar 4.8 Kurva Histeretik Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 2	55
Gambar 4.9 Kurva Histeretik Kolom dengan FRP 1	58
Gambar 4.10 Kurva Histeretik Kolom dengan FRP 2.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Beton Berdasarkan Kuat Tekan	5
Tabel 3.1 Hasil Pengujian Kolom Standar 1	27
Tabel 3.2 Hasil Energi Disipasi Kolom Standar 1	28
Tabel 3.3 Hasil Pengujian Kolom Standar 2	29
Tabel 3.4 Hasil Energi Disipasi Kolom Standar 2	29
Tabel 3.5 Hasil Pengujian Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 1	31
Tabel 3.6 Hasil Energi Disipasi Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 1	32
Tabel 3.7 Hasil Pengujian Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 2	33
Tabel 3.8 Hasil Energi Disipasi Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 2	33
Tabel 3.9 Hasil Pengujian Kolom dengan FRP 1	35
Tabel 3.10 Hasil Energi Disipasi Kolom dengan FRP 1	36
Tabel 3.11 Hasil Pengujian Kolom dengan FRP 2	37
Tabel 3.12 Hasil Energi Disipasi Kolom dengan FRP 2	37
Tabel 3.13 <i>Drift Ratio</i> dan Simpangan	46
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kolom Standar	53
Tabel 4.2 Hasil Energi Disipasi Kolom Standar	53
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 1	54
Tabel 4.4 Hasil Energi Disipasi Kolom <i>Pen-Binder</i> 1	54
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 2	56
Tabel 4.6 Hasil Energi Disipasi Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 2	56
Tabel 4.7 Hasil Rata-rata Kolom dengan <i>Pen-Binder</i>	56
Tabel 4.8 Hasil Rata-rata Energi Disipasi Kolom dengan <i>Pen-Binder</i>	57
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kolom dengan FRP 1	58
Tabel 4.10 Hasil Energi Disipasi Kolom dengan FRP 1	58
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kolom dengan FRP 2	59
Tabel 4.12 Hasil Energi Disipasi Kolom dengan FRP 2	60
Tabel 4.13 Hasil Rata-rata Kolom dengan FRP	60
Tabel 4.14 Hasil Rata-rata Energi Disipasi Kolom dengan FRP	61
Tabel 4.15 Hasil Uji Beban Siklik pada <i>Drift Ratio</i> 3,5%	61
Tabel 4.16 Hasil Uji Beban Siklik pada <i>Drift Ratio</i> 5,2%	61
Tabel 4.17 Perubahan Hasil Uji Beban Siklik dari <i>Drift Ratio</i> 3,5% ke <i>Drift Ratio</i> 5,2%	62
Tabel 4.18 Perbandingan Hasil Pengujian Kolom Standar	63
Tabel 4.19 Perbandingan Energi Disipasi Kolom Standar	63
Tabel 4.20 Perbandingan Hasil Pengujian Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 1	64
Tabel 4.21 Perbandingan Energi Disipasi Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 1	64
Tabel 4.22 Perbandingan Hasil Pengujian Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 2	65
Tabel 4.23 Perbandingan Energi Disipasi Kolom dengan <i>Pen-Binder</i> 2	65
Tabel 4.24 Perbandingan Hasil Pengujian Kolom dengan <i>Pen-Binder</i>	66
Tabel 4.25 Hasil Perbandingan Rata-rata Energi Disipasi Kolom dengan <i>Pen-Binder</i>	66
Tabel 4.26 Perbandingan Hasil Pengujian Kolom dengan FRP 1	67
Tabel 4.27 Perbandingan Energi Disipasi Kolom dengan FRP 1	67
Tabel 4.28 Perbandingan Hasil Pengujian Kolom dengan FRP 2	68

Tabel 4.29 Perbandingan Energi Disipasi Kolom dengan FRP 2	68
Tabel 4.30 Perbandingan Hasil Pengujian Kolom dengan FRP 2	69
Tabel 4.31 Hasil Perbandingan Rata-rata Energi Disipasi Kolom dengan FRP.....	69



DAFTAR NOTASI

b	Lebar penampang melintang kolom
E_i	Nilai energi disipasi untuk satu siklus
f'_c	Kuat tekan beton
f_y	Tegangan leleh tulangan
h	Tinggi penampang melintang kolom
M	Momen lentur
n	Jumlah siklus selama pengujian
P	Beban aksial
V	Beban lateral
x	Jarak dari permukaan balok ke titik beban pada kolom



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L.1 Perhitungan Energi Disipasi..... 74

