

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
INTISARI	xviii
ABSTRACT	xix
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
1.6 Hipotesis	5
1.7 Keaslian Penelitian	5
 BAB 2 TINJAUAN PUSAKA	
2.1 Perbaikan dan Perkuatan Sambungan Balok-Kolom	6

2.2	Karakteristik Beton Polimer	12
2.3	Perkuatan Menggunakan Beton Polimer	17
 BAB 3 LANDASAN TEORI		
3.1	Konsep Dasar Perbaikan dan Perkuatan	19
3.2	Resin dan Beton Resin	25
3.3	Sambungan Balok-Kolom	27
3.4	Daktilitas	29
3.5	Kekakuan	31
3.6	Kriteria Keandalan Sistem Struktur	32
3.7	Pola Retak	37
3.8	Standar Pengujian	40
3.9	Kriteria Penerimaan	42
 BAB 4 METODE PENELITIAN		
4.1	Bahan Penelitian	45
4.2	Peralatan Penelitian	47
4.3	Benda Uji	51
4.4	Bagan Alir Penelitian	54
4.5	Pelaksanaan Penelitian	55
4.5.1	Tahap persiapan	55
4.5.2	Pengujian material	55
4.5.3	Pembuatan <i>mix design</i> beton	55

4.5.4	Pengujian pendahuluan	55
4.5.5	Pembuatan benda uji	59
4.5.6	Pengujian benda uji (tahap 1)	62
4.5.7	Perbaikan benda uji	64
4.5.8	Pengujian benda uji perbaikan (tahap 2)	68
4.5.9	Analisa dan pengolahan data	69
4.6	Kesulitan Penelitian	69

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1	Pengujian Pendahuluan	71
5.2	Pengujian Struktural	71
5.2.1	<i>Hysteretic loops</i>	72
5.2.2	<i>Envelope curve</i>	75
5.2.3	<i>Equivalent elastis-plastis curve (EEPC)</i>	80
5.2.4	Kekakuan siklus	82
5.2.5	Kekakuan	84
5.2.6	Daktilitas	88
5.2.7	<i>Hysteretic energy</i>	90
5.2.8	<i>Potential energy</i>	92
5.2.9	<i>Equivalent viscous damping ratio</i>	93
5.2.10	Pola retak	95
5.2.11	Kriteria penerimaan pengujian	101
5.3	Kapasitas Perbaikan Menggunakan Beton Resin Dalam	

	Menahan Gaya Gempa di Lapangan	106
5.4	Penerapan Perbaikan Menggunakan Beton Resin di Lapangan	111
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan	117
6.2	Saran	119

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Proporsi campuran beton yang digunakan dalam penelitian (Jamshidi dan Pourkhorshidi, 2010)	14
Tabel 2.2	Nilai kekakuan <i>initial</i> balok (Fakhruddin, 2013)	18
Tabel 3.1	Retak pada balok beton bertulang dan indikasinya	39
Tabel 4.1	Spesifikasi benda uji pendahuluan	52
Tabel 5.1	Hasil pengujian untuk tiap kondisi benda uji	75
Tabel 5.2	Perbedaan nilai <i>crack</i> benda uji sebelum dan sesudah <i>retrofit</i>	78
Tabel 5.3	Nilai <i>EEPC</i> pada tiap kondisi benda uji	80
Tabel 5.4	<i>Displacement</i> dan faktor daktilitas benda uji	89
Tabel 5.5	Tahanan lateral benda uji dan beban lateral pengujian sebelum drift 2%	102
Tabel 5.6	Tahanan lateral maksimum benda uji dan pengujian	102
Tabel 5.7	Gaya puncak siklus ketiga pada <i>drift</i> beban maksimum	103
Tabel 5.8	Disipasi energi relatif benda uji	104
Tabel 5.9	Perbandingan nilai kekakuan	105
Tabel 5.10	Gaya dalam terbesar yang terjadi pada struktur balok	109
Tabel 5.11	Kapasitas penampang benda uji dan beban gempa berdasarkan SNI	109
Tabel 5.12	Faktor pengali kekuatan gempa yang merusak benda uji	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Masjid Raya Andalas pasca gempa (Fauzan, 2012)	2
Gambar 1.2	SDN 3 Rawang Timur pasca gempa (Fauzan, 2012).....	2
Gambar 1.3	Kerusakan struktur pada SDN 43 Rawang Timur (Fauzan, 2012)	3
Gambar 2.1	Penulangan benda uji <i>pre-retrofit</i> (Widyawati, 2002).....	7
Gambar 2.2	Penulangan benda uji <i>retrofit</i> dengan penambahan tulangan lentur (Widyawati, 2002)	7
Gambar 2.3	Pola riwayat pembebanan (Widyawati, 2002)	8
Gambar 2.4	<i>Set up</i> pembebanan benda uji (Widyawati, 2002)	8
Gambar 2.5	Dimensi dan penampang benda uji (Soebandono, 2012).....	10
Gambar 2.6	<i>Set up</i> benda uji dengan <i>actuator</i> dan <i>hydraulic jack</i> (Soebandono, 2011)	11
Gambar 2.7	Kuat tekan beton berbanding waktu (Jamshidi dan Pourkhorshidi, 2010).....	15
Gambar 2.8	Kuat lentur beton berbanding waktu (Jamshidi dan Pourkhorshidi, 2010).....	15
Gambar 2.9	Kuat tarik belah beton berbanding waktu (Jamshidi dan Pourkhorshidi, 2010).....	15
Gambar 2.10	Modulus elastisitas berbanding waktu (Jamshidi dan Pourkhorshidi, 2010).....	16

Gambar 2.11	<i>Rapid chloride permeability</i> berbanding waktu (Jamshidi dan Pourkhorshidi, 2010)	16
Gambar 2.12	<i>Depth of water penetration</i> berbanding waktu (Jamshidi dan Pourkhorshidi, 2010)	16
Gambar 2.13	Diagram perbandingan balok sebelum dan sesudah <i>retrofit</i> (Fakhrudin, 2013)	17
Gambar 3.1	Konsep Dasar <i>Retrofitting</i> (Triwiyono, 2000)	20
Gambar 3.2	Benda uji pengujian kuat tekan (Suhendro, 2012)	23
Gambar 3.3	Pengujian <i>modulus of rupture</i> (Suhendro, 2012)	24
Gambar 3.4	Gaya geser yang signifikan pada <i>joint</i> (Imran, I. & Hendrik, F., 2010)	27
Gambar 3.5	Jenis Hubungan Balok-Kolom (Imran, I. & Hendrik, F., 2010)	28
Gambar 3.6	Konsep <i>strong column – weak beam</i> (Imran, I. & Hendrik, F., 2010)	28
Gambar 3.7	Mekanisme Plastifikasi Rangka. (a) <i>Soft Storey</i> (b) <i>Beam Sway</i> Imran, I. & Hendrik, F., 2010)	29
Gambar 3.8	Definisi daktilitas struktur (ASTM E 2126-02a)	30
Gambar 3.9	Penentuan Nilai Kekakuan (Tsonos, 1999)	31
Gambar 3.10	<i>Observed hysteretic curve and envelope curve</i> (ASTM E 2126-02a)	32
Gambar 3.11	<i>Hysteretic loops and Potential energy</i> (ASTM E 2126-02a)	33

Gambar 3.12	Retak pada balok beton bertulang (Triwiyono, 2000)	39
Gambar 3.13	Program pembebanan (ACI T1.1-01, 2001).....	41
Gambar 3.14	Besaran untuk evaluasi kriteria penerimaan (ACI T1.1- 01, 2001)	43
Gambar 3.15	Disipasi energi relatif (ACI T1.1-01, 2001)	44
Gambar 3.16	Perilaku histeristik yang tidak dapat diterima (ACI T1.1- 01, 2001)	44
Gambar 4.1	Resin SHCP dan katalis	46
Gambar 4.2	Bahan perekat beton.....	46
Gambar 4.3	Tumpuan benda uji	47
Gambar 4.4	<i>Hydraulic jack</i> dan <i>hydraulic actuator</i>	48
Gambar 4.5	<i>Load cell</i> kapasitas 60 ton dan 10 ton.....	48
Gambar 4.6	<i>Data logger</i>	49
Gambar 4.7	LVDT	50
Gambar 4.8	<i>Strain gauge</i> baja	51
Gambar 4.9	<i>Micro crack meter</i>	51
Gambar 4.10	Detail penulangan benda uji	53
Gambar 4.11	Bagan alir pelaksanaan penelitian	54
Gambar 4.12	Pengujian kuat tekan beton normal.....	56
Gambar 4.13	Pembuatan dan pengujian silinder beton resin	57
Gambar 4.14	Sampel uji lekatan beton normal dengan beton resin	58
Gambar 4.15	Pengujian lekatan beton normal dengan beton resin	58
Gambar 4.16	Pengujian kuat tarik baja.....	59

Gambar 4.17	Penyetingan tulangan benda uji.....	60
Gambar 4.18	Pemasangan <i>strain gauge</i>	60
Gambar 4.19	Proses pengecoran benda uji	61
Gambar 4.20	Perawatan benda uji	62
Gambar 4.21	<i>Setting up</i> pengujian balok kolom	63
Gambar 4.22	Pembobokan benda uji	64
Gambar 4.23	Hasil pembobokan benda uji	65
Gambar 4.24	Penambahan tulangan geser pada <i>joint</i>	66
Gambar 4.25	Bekisting untuk pengecoran perbaikan benda uji	66
Gambar 4.26	Pengecoran material perbaikan.....	67
Gambar 4.27	Pengujian benda uji yang telah diperbaiki	68
Gambar 4.28	<i>Set up</i> tumpuan pengujian	69
Gambar 5.1	<i>Hysteretic loops</i> BKN-1N	72
Gambar 5.2	<i>Hysteretic loops</i> BKN-2R	73
Gambar 5.3	<i>Hysteretic loops</i> BKN-3R	73
Gambar 5.4	<i>Envelope curve</i> BKN-1N	76
Gambar 5.5	<i>Envelope curve</i> BKN-2R	76
Gambar 5.6	<i>Envelope curve</i> BKN-3R	76
Gambar 5.7	Perbedaan <i>envelope curve</i> ketiga benda uji	77
Gambar 5.8	Perbedaan <i>envelope curve</i> benda uji pertama sebelum dan setelah <i>retrofit</i>	79
Gambar 5.9	Perbedaan <i>envelope curve</i> benda uji kedua sebelum dan setelah <i>retrofit</i>	79

Gambar 5.10	Perbedaan <i>envelope curve</i> benda uji ketiga sebelum dan setelah <i>retrofit</i>	79
Gambar 5.11	<i>Equivalent elastis-plastic curve</i> benda uji BKN-1N	81
Gambar 5.12	<i>Equivalent elastis-plastic curve</i> benda uji BKN-2R	81
Gambar 5.13	Grafik kekakuan siklus benda uji BKN-1N	83
Gambar 5.14	Grafik kekakuan siklus benda uji BKN-2R	83
Gambar 5.15	Grafik kekakuan siklus benda uji BKN-3R	84
Gambar 5.16	Perbedaan nilai kekakuan benda uji pertama sebelum dan setelah <i>retrofit</i>	85
Gambar 5.17	Perbedaan nilai kekakuan benda uji kedua sebelum dan setelah <i>retrofit</i>	85
Gambar 5.18	Perbedaan nilai kekakuan benda uji ketiga sebelum dan setelah <i>retrofit</i>	86
Gambar 5.19	Perbandingan nilai kekakuan elastis benda uji setelah <i>retrofit</i>	87
Gambar 5.20	<i>Hysteretic energy</i> arah respon kelengkungan (+) tiap benda uji	91
Gambar 5.21	<i>Hysteretic energy</i> arah respon kelengkungan (-) tiap benda uji	91
Gambar 5.22	<i>Potential energy</i> arah respon kelengkungan (+) tiap benda uji	92
Gambar 5.23	<i>Potential energy</i> arah respon kelengkungan (-) tiap benda uji	93

Gambar 5.24	<i>EVDR</i> pada arah respon kelengkungan (+) tiap benda uji	94
Gambar 5.25	<i>EVDR</i> pada arah respon kelengkungan (-) tiap benda uji	94
Gambar 5.26	Retak pada kolom dan balok benda uji BKN-1N saat drift ke 7 (1,4%)	96
Gambar 5.27	Retak geser lentur pada balok benda uji BKN-1N saat <i>drift</i> ke 10 (2,75%)	96
Gambar 5.28	<i>Spalling</i> pada kolom dan balok benda uji BKN-1N saat beban maksimum	97
Gambar 5.29	Retak pada balok dan kolom benda uji BKN-2R pada <i>drift</i> ke 9 (2,2%)	98
Gambar 5.30	Retak pada kolom benda uji BKN-2R pada <i>drift</i> ke 11 (3,5%)	98
Gambar 5.31	<i>Spalling</i> pada kolom benda uji BKN-2R saat beban maksimum	98
Gambar 5.32	Retakan pada pangkal balok benda uji BKN 3R pada drift ke 10 (2,75%)	99
Gambar 5.33	Retakan pada balok benda uji BKN-3R pada drift ke 10 (2,75%)	100
Gambar 5.34	Kondisi terakhir benda uji BKN-3R saat pengujian telah selesai atau dihentikan	100
Gambar 5.35	Disipasi energi relatif benda uji BKN-1N	104
Gambar 5.36	Disipasi energi relatif benda uji BKN-2R	104
Gambar 5.37	Disipasi energi relatif benda uji BKN-3R	105

Gambar 5.38	Perbedaan respon spektra SNI 1726:2002 dengan SNI 1726:2012	107
Gambar 5.39	Pemodelan struktur bangunan pada SAP2000	108
Gambar 5.40	Tampak atas rencana balok lantai dan kolom	108
Gambar 5.41	<i>Input</i> faktor pengali gaya gempa	110
Gambar 5.42	Pengadukan beton resin	113
Gambar 5.43	Bekisting untuk joint balok kolom eksterior	114

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	<i>Setting Up</i> Pengujian di Laboratorium
LAMPIRAN II	Hasil Pengujian Material di Laboratorium
LAMPIRAN III	Analisa Struktur Benda Uji
LAMPIRAN IV	<i>Mix Design</i> Beton
LAMPIRAN V	Hasil Uji Pendahuluan di Laboratorium
LAMPIRAN VI	Perhitungan Nilai <i>EEPC</i> Benda Uji
LAMPIRAN VII	Penentuan Nilai Tahanan Lateral Benda Uji