

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
INTISARI.....	xvi
<i>ABSTRACT</i> .....	xvii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian mengenai Balok <i>Castellated</i> Modifikasi Komposit.....	5
2.2 Penelitian mengenai Pembebanan Siklik Terhadap Balok Komposit dengan Tinjauan Perilaku Lentur.....	11
BAB III. LANDASAN TEORI.....	16
3.1 Tegangan Lentur pada Balok Simetris.....	16
3.2 Kapasitas Momen Tampang Balok (Analisis Tampang).....	16
3.3 Tegangan dan Regangan Baja.....	19
3.4 Kapasitas Geser Penampang.....	21
3.5 Analisis Penampang Metode Pias (Layer).....	22
3.6 Kuat Tekan Mortar.....	23
3.7 Kekakuan Balok.....	23
3.8 Daktailitas Balok.....	24
3.9 Pembebanan Siklik.....	24
3.10 <i>Hysteritic Loop</i> dan <i>Hysteretic Energy</i> .....	25
3.11 Backbone Curve.....	25
3.12 Equivalent Viscous Damping Ratio.....	26
3.13 Daktilitas.....	27
3.14 Tipe Keruntuhan Balok.....	28
BAB IV. METODE PENELITIAN.....	31
4.1 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian.....	31

4.2	Benda uji secara umum .....	32
4.3	Lokasi Penelitian .....	36
4.4	Bahan Penelitian .....	36
4.5	Peralatan Penelitian .....	38
4.6	Benda Uji .....	45
4.7	Pelaksanaan Penelitian .....	46
<b>BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>59</b>
5.1.	Pengujian Pendahuluan .....	59
5.2.1	Pengujian kuat tekan mortar .....	59
5.2.2	Pengujian kuat tarik baja profil IWF .....	60
5.2.3	Pengujian kuat tarik baja tulangan diameter 22 mm .....	61
5.2.	Pengujian Lentur Siklik .....	62
5.2.1	<i>Hysteretic loop</i> .....	62
5.2.2	<i>Backbone curve</i> .....	63
5.2.3	Equivalent Elastic-Plastic Curve (EEPC) .....	64
5.2.4	Kekakuan benda uji .....	65
5.2.5	Daktilitas .....	66
5.2.6	<i>Hysteretic Energy</i> .....	66
5.2.7	<i>Potential Energy</i> .....	67
5.2.8	<i>Equivalent Viscous Damping Ratio (EVDR)</i> .....	68
5.2.9	Pola Keruntuhan Balok Kastela Komposit .....	69
5.3.	Analisis Teori .....	80
5.2.1	Metode Pias ( <i>Layer</i> ) .....	82
5.2.2	<i>Response-2000</i> .....	82
5.2.3	SAP 2000 .....	83
5.4.	Perbandingan Hasil Pengujian Benda Uji dengan Hasil Teori .....	90
<b>BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>99</b>
6.1	Kesimpulan .....	99
6.2	Saran .....	100

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi benda uji balok castellated (Oliviera, 2012).....	6
Tabel 2.2 Spesifikasi benda uji balok castellated dalam satuan mm .....	7
Tabel 2.3 Spesifikasi benda uji balok baja komposit (Amelia,2012) .....	8
Tabel 2.4 Spesifikasi benda uji balok baja komposit (Haidar,2014) .....	8
Tabel 2.5 Spesifikasi benda uji balok castellated komposit (Adityawarman (2014).....	11
Tabel 4.6 Spesifikasi benda uji pendahuluan.....	45
Tabel 5.1 Hasil pengujian kuat tekan mortar .....	59
Tabel 5.2 Hasil pengujian modulus elastisitas mortar .....	59
Tabel 5.3 Hasil pengujian kuat tarik baja IWF .....	60
Tabel 5.4 Hasil pengujian kuat tarik baja tulangan.....	62
Tabel 5.5 Nilai EEPC pada setiap kondisi .....	64
Tabel 5.6 Hasil perhitungan kapasitas penampang balok komposit .....	81
Tabel 5.7 Hasil analisis dengan menggunakan metode pias ( <i>layer</i> ) .....	82
Tabel 5.8 Hasil analisis program <i>Response-2000</i> .....	82
Tabel 5.9 Perbandingan kapasitas beban balok <i>castellated</i> komposit dan non komposit.....	95

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Penampang memanjang benda uji, (b) potongan melintang (I-I), (c) potongan melintang (II-II) (Oliviera,2012) .....	5
Gambar 2.2 (a) Penampang memanjang balok komposit, (b) penampang melintang balok komposit (Pribadi, 2012).....	6
Gambar 2.3 Penampang memanjang dan melintang balok komposit mortar (Amelia, 2012).....	7
Gambar 2.4 (a) Penampang memanjang balok komposit, (b) penampang melintang balok komposit (Haidar,2014) .....	8
Gambar 2.5 Hubungan beban-lendutan dengan perilaku pengujian balok castellated komposit (sumber : Haidar, 2014).....	9
Gambar 2.6 Perbandingan beban dan lendutan antara hasil teoritis dan pengujian eksperimental (sumber : Haidar, 2014) .....	9
Gambar 2.7 (a) penampang memanjang benda uji, (b) potongan melintang A-A benda uji (sumber : Azwanda, 2014) .....	10
Gambar 2.8 Penampang dan potongan benda uji (sumber : Adityawarman, 2014) .....	11
Gambar 2.9. (a) Kurva histeresis energi benda uji 1 dan 2 yang dihasilkan sambungan balok-kolom dengan balok kastela dan (b) Hasil analisis menggunakan software LUSAS (sumber : Vahid,dkk, 2013) .....	12
Gambar 2.10 Grafik hubungan antara EVDR dengan <i>drift</i> yang dituju (sumber : Vahid, dkk, 2013) .....	13
Gambar 2.11 Grafik hubungan antara disipasi energi dengan <i>drift</i> yang dituju (sumber : Vahid, dkk, 2013) .....	13
Gambar 2.12 <i>Set up</i> pengujian (sumber : Chariolis, 2012).....	14
Gambar 2.13 Kurva histeresis yang dihasilkan dari pengujian beberapa benda uji (sumber : Chariolis, 2012) .....	14
Gambar 2.14 Pola retak yang dihasilkan dari pengujian balok beton	

bertulang (sumber : Chariolis, 2012) .....	15
Gambar 3.1 Distribusi tegangan pada level beban berbeda (Salmon, 1996) .....	17
Gambar 3.2 Hubungan tegangan dan regangan baja ( William T. Segui, 2007) ..	20
Gambar 3.3 Siklus pembebanan berdasarkan kontrol lendutan ( <i>displacement control</i> ) (Sumber : ACI T11-01, 2001) .....	24
Gambar 3.4 <i>Hysteritic Loop</i> .....	25
Gambar 3.5 <i>Backbone curves of partially anchored monotonic and cyclic test</i> (Seaders et all, 2008) .....	26
Gambar 3.6 <i>Hysteresis Loop, Potential Energy dan Cyclic loop</i> (ASTM E2126-02a, 2003) .....	27
Gambar 3.7 <i>Equivalent Elastic – Plastic Curve</i> (sumber : ASTM 2126 – 02a, 2003) .....	27
Gambar 3.8 Keruntuhan lentur pada balok .....	30
Gambar 4.1 Bagan alir penelitian.....	31
Gambar 4.1 Benda uji balok <i>castellated</i> komposit tinjauan pengaruh lentur dengan panjang total berukuran 3 m .....	33
Gambar 4.2 <i>Setting up</i> pengujian benda uji balok <i>castellated</i> .....	34
Gambar 4.3 <i>Setting up</i> pengujian benda uji balok <i>castellated</i> dilihat secara 3 dimensi .....	35
Gambar 4.4 Profil IWF 150x75x5x7 .....	36
Gambar 4.5 Baja tulangan diameter 22 mm.....	36
Gambar 4.6 Reng dan triplek untuk membuat bekisting komposit mortar pada profil IWF .....	38
Gambar 4.7 <i>Loading frame</i> .....	39
Gambar 4.8 (a) <i>Hydraulic jack</i> kapasitas 50 ton dan (b) <i>Hydraulic jack</i> kapasitas 100 ton .....	39
Gambar 4.9 (a) <i>Load cell</i> dengan kapasitas 60 ton dan (b) <i>Load cell</i> dengan kapasitas 100 ton .....	40
Gambar 4.10 <i>Data Logger</i> .....	40
Gambar 4.11 <i>Strain gauge</i> .....	41
Gambar 4.12 <i>LVDT</i> dengan kapasitas 5 cm.....	41

Gambar 4.13 Alat <i>hand mixer</i> .....	42
Gambar 4.14 (a) Alat pemotong dan (b) gerinda tangan .....	42
Gambar 4.15 (a) Kabel las dan (b) mesin las untuk mengaliri listrik .....	43
Gambar 4.16 Cetakan silinder beton/mortar .....	43
Gambar 4.17 Alat uji corong alir .....	44
Gambar 4.18 <i>Compression Testing Machine</i> .....	44
Gambar 4.19 <i>Universal Testing Machine (UTM)</i> .....	45
Gambar 4.20 (a) Benda uji tarik untuk baja profil IWF 150x75x5x7 dan (b) tulangan diameter 22 mm .....	47
Gambar 4.21 Pemotongan profil IWF menjadi 2 bagian sama besar .....	47
Gambar 4.22 Pemasangan tulangan diameter 22 mm sebagai pengaku kastela modifikasi.....	48
Gambar 4.23 Pembuatan lubang untuk tumpuan balok .....	48
Gambar 4.24 Pemasangan strain gauge pada bagian baja balok kastela modifikasi.....	49
Gambar 4.25 Proses pembuatan cetakan mortar pada balok kastela .....	49
Gambar 4.26 Proses pengadukan semen-pasir dan pengadukan air-viscocrete terpisah .....	50
Gambar 4.27 Proses pencampuran air-viscocrete dengan semen dan pasir saat awal dan saat dilakukan mixing dengan alat mixer .....	50
Gambar 4.28 Proses pengecoran pada balok baja kastela dan pengecekan <i>strain gauge</i> setelah dicor .....	51
Gambar 4.29 Proses <i>curing</i> balok komposit setelah dicor .....	51
Gambar 4.30 Proses pengujian pendahuluan sampel mortar .....	52
Gambar 4.31 Pengujian tarik baja dan hasil uji tarik baja .....	53
Gambar 4.32 Sketsa benda uji pengujian tarik baja (a) profil IWF 175x175x5x7 dan (b) tulangan diameter 22 mm .....	53
Gambar 4.33 Pembuatan <i>gridlines</i> pada benda uji balok komposit.....	54
Gambar 4.34 Perletakan benda uji dan alat uji di laboratorium.....	55
Gambar 5.1 Hubungan tegangan-regangan kuat tekan mortar.....	60
Gambar 5.2 Hubungan tegangan-regangan baja siku hasil pengujian .....	61

Gambar 5.3 Hubungan tegangan-regangan baja tulangan diameter 22 mm hasil pengujian .....	62
Gambar 5.4 Kurva <i>hysteresis loop</i> yang terjadi pada benda uji kastela modifikasi komposit tinjauan lentur .....	63
Gambar 5.5 Grafik <i>backbone curve</i> yang merupakan hubungan antara beban dengan <i>displacement</i> pada titik-titik puncak setiap <i>drift</i> .....	64
Gambar 5.6 <i>Equivalent elastic-plastic curve</i> benda uji .....	65
Gambar 5.7 Grafik kekakuan benda uji kastela komposit tinjauan lentur .....	65
Gambar 5.8 Grafik <i>hysteretic energy</i> balok kastela komposit tinjauan lentur .....	67
Gambar 5.9 Grafik energi potensial benda uji kastela komposit tinjauan lentur ..	68
Gambar 5.10 Grafik <i>Equivalent viscous damping ratio</i> (EVDR) yang dimiliki benda uji balok kastela komposit tinjauan lentur .....	68
Gambar 5.11 Gambar sketsa pengujian (kiri adalah barat dan kanan adalah timur), terdapat 2 muka balok yaitu sisi utara dan sisi selatan .....	69
Gambar 5.12 Gambar retak <i>first crack</i> pada benda uji dari sisi tengah hingga sisi kanan (timur) , sisi selatan .....	69
Gambar 5.13 Gambar retak <i>first crack</i> pada benda uji dari sisi kiri (barat) hingga sisi tengah, pada sisi selatan .....	70
Gambar 5.14 Retakan tambahan yang mengikuti <i>first crack</i> , pada sisi utara .....	70
Gambar 5.15 Retakan tambahan yang mengikuti <i>first crack</i> , pada sisi utara .....	71
Gambar 5.16 Retakan tambahan yang mengikuti <i>first crack</i> , pada sisi utara .....	71
Gambar 5.17 Retakan tambahan yang mengikuti <i>first crack</i> , sisi utara .....	72
Gambar 5.18 Retakan tambahan yang mengikuti <i>first crack</i> , sisi selatan .....	72
Gambar 5.19 Retakan tambahan yang mengikuti <i>first crack</i> , sisi selatan .....	73
Gambar 5.20 Pelebaran retakan yang terjadi pada sekitar tumpuan pembebanan, dari sisi selatan .....	74
Gambar 5.21 Pelebaran retakan yang terjadi pada sekitar tumpuan pembebanan, dari sisi utara .....	74
Gambar 5.22 Spalling yang terjadi pada benda uji, dari sisi selatan .....	75
Gambar 5.23 Spalling yang terjadi pada benda uji, dari sisi utara .....	75
Gambar 5.24 Bertambahnya spalling yang terjadi diikuti dengan lateral	

buckling yang dialami balok .....	76
Gambar 5.25 Keruntuhan lateral buckling yang dialami oleh benda uji balok....	76
Gambar 5.26 Grafik <i>hysteresis loop</i> balok kastela komposit tinjauan lentur .....	79
Gambar 5.27 Grafik hubungan antara nomor siklus dengan <i>displacement</i> <i>control</i> (mm) yang digunakan pada <i>time history</i> SAP2000 .....	84
Gambar 5.28 Pemodelan benda uji pada program SAP2000 dengan beban 1 satuan <i>displacement</i> .....	84
Gambar 5.29 Pendefinisian penampang melintang elemen benda uji menggunakan <i>section designer</i> .....	85
Gambar 5.30 Hubungan <i>displacement</i> (mm) dengan <i>joint reaction</i> (N) yang terjadi pada <i>joint</i> nomor 4 (sejarak 1071 mm dari tumpuan sendi) .	85
Gambar 5.31 Kurva histeresis hasil analisis SAP2000 fiber berdasarkan siklus benda uji.....	86
Gambar 5.32 Kurva hubungan beban dan lendutan yang terjadi hasil analisis pushover menggunakan model fiber .....	87
Gambar 5.33 Model truss benda uji balok castellated komposit tinjauan lentur .	88
Gambar 5.34 Hubungan beban dan lendutan .....	89
Gambar 5.35 Hubungan beban dan lendutan <i>backbone</i> yang dihasilkan dari kurva histeresis analisis <i>time history</i> .....	89
Gambar 5.36 Perbandingan grafik histeresis hasil uji laboratorium dengan analisis SAP2000 .....	90
Gambar 5.37 Perbandingan kurva <i>backbone</i> hasil uji laboratorium dengan kurva <i>backbone</i> hasil analisis SAP2000 dengan 2 idealisasi .....	92
Gambar 5.38 Kegagalan awal yang terjadi yaitu pada sayap kastela saat dilakukan beban <i>pushover</i> .....	94
Gambar 5.39 Perbandingan kurva <i>backbone</i> pengujian balok castellated komposit dan non-komposit tinjauan lentur.....	95

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	Mix design mortar
LAMPIRAN II	Pengujian kuat tekan mortar
LAMPIRAN III	Pengujian kuat tarik baja profil IWF dan tulangan D22
LAMPIRAN IV	Analisis Tampang
LAMPIRAN V	Analisis Metode Layer
LAMPIRAN VI	Analisis Response-2000
LAMPIRAN VII	Analisis SAP2000
LAMPIRAN VIII	Hasil Pengujian Laboratorium
LAMPIRAN IX	Langkah Pemodelan pada SAP2000