

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiv |
| INTISARI..... | xv |
| <i>ABSTRACT</i> | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3. Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.4. Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.5. Batasan Penelitian..... | 3 |
| 1.6. Keaslian Peneletian..... | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 4 |
| 2.1 Balok Kastela..... | 4 |
| 2.2 Balok <i>Castellated</i> Modifikasi | 7 |
| BAB III LANDASAN TEORI..... | 13 |
| 3.1 Balok dengan Beban Lentur | 13 |
| 3.2 Analisis Kapasitas Beban..... | 14 |
| 3.3 Pembebanan Siklik Quasistatik | 15 |
| 3.4 Hysteretic curve and Hysteretic Energy | 15 |
| 3.5 Potensial Energy (PE) dan Kekakuan siklus..... | 16 |

| | | |
|---------------------------------|--|----|
| 3.6 | Equivalent Viscous Damping Ratio (EVDR) | 17 |
| 3.7 | <i>Equivalent Energy Elastic Plastic (EEEP) Curve</i> | 17 |
| 3.8 | Daktailitas Balok..... | 19 |
| 3.9 | Backbone Curve..... | 19 |
| 3.10 | Tekuk pada Balok <i>Castellated</i> Modifikasi | 20 |
| 3.11 | Analisis kapasitas gaya batang dan gaya batang kritis | 25 |
| 3.12 | Program SAP 2000 | 26 |
| BAB IV METODE PENELITIAN | | 28 |
| 4.1 | Langkah Penelitian | 28 |
| 4.2 | Bahan Penelitian..... | 29 |
| 4.3 | Peralatan Penelitian | 30 |
| 4.4 | Benda Uji..... | 36 |
| 4.5 | Pelaksanaan Penelitian | 37 |
| 4.6 | Pengujian Pendahuluan dan Pengujian Balok <i>Castellated</i> modifikasi | 42 |
| 4.7 | Pengumpulan data | 47 |
| 4.8 | Analisis data | 47 |
| 4.9 | Pembahasan | 47 |
| 4.10 | Kesimpulan..... | 48 |
| BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN..... | | 49 |
| 5.1 | Pengujian Pendahuluan | 49 |
| 5.2 | Pengujian Lentur Siklik Balok <i>Castellated</i> modifikasi | 52 |
| 5.3 | Hasil Analisis SAP 2000 | 63 |
| 5.4 | Analisis Tampang..... | 68 |
| 5.5 | Perbandingan Analisis Teortis dan Eksperimen..... | 68 |



| | |
|-----------------------------------|----|
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | 74 |
| 6.1 Kesimpulan..... | 74 |
| 6.2 Saran | 75 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Spesifikasi benda uji balok (Fatmwati, 2014)..... | 8 |
| Tabel 2. 2 Spesifikasi benda uji balok <i>castellated</i> modifikasi dengan penyambung baja | 10 |
| Tabel 4. 1 Dimensi dan Ukuran Benda Uji Pendahuluan | 36 |
| Tabel 4. 2. Dimensi Dan Ukuran Benda Uji Balok <i>Castellated</i> modifikasi | 37 |
| Tabel 5. 1 Hasil pengujian kuat tarik baja profil IWF | 49 |
| Tabel 5. 2 Hasil pengujian kuat tarik baja tulangan D22 | 50 |
| Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Tarik Profil Siku | 52 |
| Tabel 5. 4 Nilai <i>EEPC</i> pada benda uji <i>castellated</i> modifikasi..... | 55 |
| Tabel 5. 5 <i>Displacement</i> dan faktor daktailitas benda uji <i>castelalted</i> modifikasi. 57 | |
| Tabel 5. 6 Hasil perhitungan kapasitas beban balok <i>castellated</i> modifikasi..... | 68 |
| Tabel 5. 8 Perbandingan Hasil Analisis BCM dengan BCM komposit..... | 73 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 <i>Lateral-distortional buckling</i> balok kastela (Zirakian dan Showkati, 2006) | 4 |
| Gambar 2. 2 Penampang balok <i>castellated</i> dengan bukaan heksagonal (Pribadi, 2012) | 5 |
| Gambar 2. 3 Hubungan beban-lendutan balok kastela (Pribadi, 2012) | 5 |
| Gambar 2. 4 Pola keruntuhan balok kastela dengan bukaan heksagonal (Pribadi, 2012) | 6 |
| Gambar 2. 5 Penampang benda uji balok <i>castellated</i> dengan bukaan segi empat (Oliveira, 2012)..... | 6 |
| Gambar 2. 6 Hubungan beban-lendutan balok <i>castellated</i> (Oliviera, 2012)..... | 7 |
| Gambar 2. 7 Mekanisme sendi plastis benda uji balok <i>castellated</i> (Oliviera, 2012) | 7 |
| Gambar 2. 8 Penampang benda uji balok <i>castellated</i> modifikasi dengan penyambung profil siku (Fatmawati, 2014)..... | 8 |
| Gambar 2. 9 Penampang benda uji balok <i>castellated</i> modifikasi dengan penyambung profil siku (Fatmawati, 2014) (Lanjutan)..... | 9 |
| Gambar 2. 10 Pola keruntuhan balok <i>Castellated</i> modifikasi (Fatmawati, 2014).. | 9 |
| Gambar 2. 11 Hubungan beban-lendutan hasil pengujian lentur balok <i>Castellated</i> modifikasi (Fatmawati, 2014)..... | 10 |
| Gambar 2. 12 Hubungan beban-lendutan hasil pengujian lentur balok <i>castellated</i> modifikasi berdasarkan LVDT-2 yang terpasang pada bagian atas (Syarif, 2014) | 11 |
| Gambar 2. 13 Hubungan beban-lendutan hasil pengujian lentur balok <i>castellated</i> modifikasi berdasarkan LVDT-3 terpasang pada bagian bawah (Syarif, 2014) | 11 |
| Gambar 2. 14 Pola keruntuhan benda uji balok <i>castellated</i> modifikasi dengan penyambung tulangan baja (Syarif, 2014) | 12 |
| Gambar 3. 1 Balok sederhana terdistribusi merata | 13 |
| Gambar 3. 2 Siklus pembebanan siklik (ACI T.1, 2001)..... | 15 |
| Gambar 3. 3 <i>Hysterisis curve</i> | 16 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3. 4 Kurva Elastis-Plastis (ASTM E 2126-02a, 2003) | 19 |
| Gambar 3. 5 <i>Backbone curve</i> | 20 |
| Gambar 3. 6 Tekuk lokal pelat badan dan pelat sayap pada balok lentur | 21 |
| Gambar 3. 7 Nilai batas λ_r untuk berbagai tipe penampang (Setiawan, 2008) | 22 |
| Gambar 3. 8 Tekuk lateral pada balok (Setiawan, 2008) | 23 |
| Gambar 3. 9 Balok terkekang lateral pada ujung-ujungnya (Setiawan, 2008) | 24 |
| Gambar 3. 10 Tekuk lentur sepanjang batang tak terkekang | 25 |
| Gambar 4. 1 Bagan alir penelitian | 28 |
| Gambar 4. 2 Dimensi profil IWF 150x75x5x7 | 29 |
| Gambar 4. 3 Dimensi baja tulangan | 29 |
| Gambar 4. 4 Dimensi profil L (siku) | 30 |
| Gambar 4. 5 <i>Loading frame</i> | 31 |
| Gambar 4. 6 <i>Hydraulic pump</i> dengan kapasitas 100 ton | 31 |
| Gambar 4. 7 <i>Hydraulic pump</i> dan <i>hydraulic jack</i> kapasitas 25 ton | 32 |
| Gambar 4. 8 <i>Data Logger</i> | 32 |
| Gambar 4. 9 <i>Load cell</i> kapasitas 60 ton dan 100 ton | 33 |
| Gambar 4. 10 <i>Universal testing machine</i> | 33 |
| Gambar 4. 11 <i>Crane</i> | 34 |
| Gambar 4. 12 <i>Strain gauge</i> baja | 34 |
| Gambar 4. 13 <i>Strain indicator</i> | 35 |
| Gambar 4. 14 <i>LVDT</i> | 35 |
| Gambar 4. 15 Gerinda dan alat potong | 36 |
| Gambar 4. 16 Balok <i>castellated</i> modifikasi dengan penyambung berupa tulangan baja | 37 |
| Gambar 4. 17 Pembuatan pola | 39 |
| Gambar 4. 18 Pemotongan profil IWF menjadi dua bagian | 40 |
| Gambar 4. 19 Pengelasan tulangan ulir dengan las | 40 |
| Gambar 4. 20 Balok <i>castellated</i> modifikasi dengan penyambung baja tulangan | 40 |
| Gambar 4. 21 Pemasangan profil siku dan pelat | 41 |
| Gambar 4. 22 Pengecetan balok <i>castellated</i> modifikasi | 42 |
| Gambar 4. 23 Pengujian pendahuluan kuat tarik baja | 43 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4. 24 Sketsa posisi <i>strain gauge</i> dan LVDT..... | 44 |
| Gambar 4. 25 <i>Setting up</i> pengujian Balok <i>castellated</i> modifikasi penyambung baja tulangan..... | 44 |
| Gambar 4. 26 <i>Setting up</i> pengujian 3D balok <i>castellated</i> modifikasi penyambung baja tulangan | 45 |
| Gambar 4. 27 <i>Setting up</i> pengujian balok <i>castellated</i> modifikasi sebelum pembebanan | 46 |
| Gambar 4. 28 Pengujian balok <i>castellated</i> modifikasi setelah dilakukan pembebanan | 46 |
| Gambar 5. 1 Hubungan Tegangan-Regangan Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja IWF | 50 |
| Gambar 5. 2 Hubungan Tegangan-regangan Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan D22 | 51 |
| Gambar 5. 3 Hubungan Tegangan-regangan Hasil Pengujian Kuat Tarik Profil Siku | 52 |
| Gambar 5. 4 <i>Hysteresis loop drift</i> 1 sampai <i>drift</i> 5 | 53 |
| Gambar 5. 5 <i>Hysteresis loop drift</i> 6 sampai <i>drift</i> 10 | 53 |
| Gambar 5. 6 <i>Hysteresis loop</i> balok <i>castellated</i> modifikasi | 54 |
| Gambar 5. 7 <i>Backbone curve</i> balok <i>castellated</i> modifikasi | 55 |
| Gambar 5. 8 <i>Equivalent Elastis-Plastic Curve</i> | 56 |
| Gambar 5. 9 Kekauan Balok <i>Castellated</i> modifikasi..... | 56 |
| Gambar 5. 10 <i>Hysteretic Energy</i> | 58 |
| Gambar 5. 11 Potential Energy | 58 |
| Gambar 5. 12 <i>EVDR</i> | 59 |
| Gambar 5. 13 Tekuk pada beban 67 kN..... | 60 |
| Gambar 5. 14 Tekuk pada batang horisontal bagian atas..... | 61 |
| Gambar 5. 15 Tekuk batang horisontal bagian bawah pada beban 108,6 kN | 61 |
| Gambar 5. 16 Tekuk pada balok <i>castellated</i> modifikasi..... | 62 |
| Gambar 5. 17 <i>Hysteresis loop</i> balok <i>castellated</i> modifikasi..... | 62 |
| Gambar 5. 18 Pemodelan pada program SAP 2000..... | 63 |
| Gambar 5. 19 P_{cr} yang diinputkan pada <i>hinge properties</i> | 64 |

| | |
|---|----|
| Gambar 5. 20 Hubungan antara <i>joint reaction</i> dengan <i>displacement</i> yang terjadi pada joint 6..... | 65 |
| Gambar 5. 21 <i>Hysteresis loop</i> pada kondisi <i>critical</i> hasil pemodelan SAP 2000. | 65 |
| Gambar 5. 22 <i>Backbone</i> pada kondisi <i>critical</i> hasil analisis program SAP 2000. | 66 |
| Gambar 5. 23 <i>Backbone</i> pada kondisi <i>yield</i> hasil analisis program SAP 2000..... | 67 |
| Gambar 5. 24 <i>Buckling factor</i> yang diperoleh dari hasil analisis program SAP 2000 | 68 |
| Gambar 5. 25 <i>Hysteresis loop</i> SAP 2000 dan <i>Eksperimen</i> | 70 |
| Gambar 5. 26 Kegagalan pada batang horisontal yang terjadi pada balok <i>castellated</i> modifikasi dengan penyambung baja tulangan | 71 |
| Gambar 5. 27 <i>Backbone</i> eksperimen dan program SAP 2000 | 72 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--------------|---|
| LAMPIRAN I | Pengujian Kuat Tarik Baja Profil IWF dan Tulangan D22 |
| LAMPIRAN II | Analisis Tampanng |
| LAMPIRAN III | Hasil Pengujian Laboratorium |
| LAMPIRAN IV | Hasil Perhitungan <i>EEPC</i> dan Daktialitas |
| LAMPIRAN V | Perhitungan Gaya Batang |
| LAMPIRAN VI | Langkah Pemodelan SAP 2000 |