

STUDI EKSPERIMENTAL SAMBUNGAN LENTUR PADA BALOK RUMAH MODULAR

Alexander Revaldy

1421022

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

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara berkembang terus membangun dalam berbagai infrastruktur. Salah satu infrastruktur penting tersebut yaitu perumahan, mengingat Indonesia memiliki jumlah penduduk yang sangat besar dan masih memerlukan perumahan sebagai kebutuhan dasar masyarakatnya. Berdasarkan fakta ini maka diperlukan pengembangan ilmu Teknik Sipil yang terkait dengan bagaimana menerapkan rumah yang layak untuk dihuni namun cukup ekonomis dalam pembuatannya. Oleh karena itu Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat secara khusus melalui Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat telah mengembangkan dan menerapkan Rumah Instan Sederhana (RISHA). RISHA dibuat dengan menggunakan sistem *frame* yang terdiri atas balok dan kolom dengan dilengkapi boks dan pelat penyambung khusus. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas kuat lentur dan deformasi pada sambungan balok. Benda uji terdiri atas 2 buah elemen balok yang berdimensi 120mmx120mm dengan panjang masing-masing 1m dan mutu betonnya $f'_c = 15\text{MPa}$ dan disambung dengan 3 jenis sambungan, yaitu: sambungan tipe A dengan penampang persegi, sambungan tipe B dengan penampang berbentuk huruf I, dan sambungan tipe C dengan penampang berbentuk *plus*. Setiap jenis balok dibuat 2 buah benda uji yang sama untuk dilakukan 2 macam sambungan, yaitu: sambungan kering (*dry connection*) dan sambungan basah (*wet connection*) untuk masing-masing tipe sambungan. Pengujian dilakukan dengan uji lentur *third point loading* hingga balok mengalami kegagalan.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kapasitas kuat lentur terbesar untuk sambungan *dry connection* yaitu sambungan tipe A sebesar 17,24kN sedangkan untuk sambungan *wet connection* yaitu sambungan tipe B sebesar 19,93kN. Untuk hasil deformasi menunjukkan bahwa deformasi terkecil untuk *dry connection* dan *wet connection* yaitu sambungan tipe B sebesar 36mm dan 17 mm sedangkan sambungan tipe B memiliki daktilitas terbesar untuk *dry connection* sebesar 5,23 dan sambungan tipe C memiliki daktilitas terbesar untuk *wet connection* sebesar 4,71. Perbandingan hasil perubahan dari *dry connection* ke *wet connection* untuk kapasitas kuat lentur terbesar yaitu sambungan tipe B sebesar 4,03kN dan deformasi terbesar yaitu sambungan tipe A sebesar 25mm.

Kata kunci: rumah modular, modular balok, perkuatan, daktilitas

STUDY EXPERIMENTAL BENDING CONNECTION ON BEAM FABRICATED HOUSE

Alexander Revaldy

1421022

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

ABSTRACT

Indonesia as a developing country constantly build a variety of infrastructure. One of the important infrastructure is residential, considering Indonesia have large population and still need residential as basic needs community. Based on this fact requires development of relevant civil engineering science with how to apply a decent house to be inhabited but still quite economical for manufacture. Therefore Ministry of Public Works and Housing specifically through Public Works and Housing Research and Development Agency has developed and implemented Rumah Instan Sederhana (RISHA). RISHA made with frame structure system consist of beam and column with boxes and specific plate connector.

This study aims to analyze the capacity of strong bending and deformation at beam joints. The test object contain 2 pieces of beam elements with dimension 120mmx120mm, length 1m and quality of concrete is $f'_c = 15\text{MPa}$ which is connected form 3 types connection types that is connection type A with square sectional, connection type B with sectional I shaped, and connection type C with sectional cross section. Every type of a beam made 2 pieces test of object to be done 2 kinds of connection that is dry connection and wet connection for each type of connections. Testing is done by using third point loading until beam failure.

The result of this study indicate the largest bending capacity for dry connection is connection type A with 17,24kN while for wet connection is connection type B with 19,93kN. For the result of deformation indicate that low deformation for dry connection and wet connection is connection type B with 36mm and 17mm while connection type B have highest ductility for dry connection with 5,23 and connection type C have highest ductility for wet connection with 4,71. The comparison of the result of change form dry connection to wet connection for the largest bending is connection type B with 4,03kN and the largest deformation is connection type A with 25mm

Keywords: fabricated house, modular beam, ductility

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	xvii
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 STUDI LITERATUR	4
2.1 Rumah	4
2.1.1 Rumah Tinggal	4
2.1.2 Rumah Modular	4
2.2 Beton Bertulang	5
2.3 Material Pembentuk Beton	6
2.3.1 Semen <i>Portland</i>	6
2.3.2 Air	6
2.3.3 Agregat	7
2.4 Balok Lentur	9
2.5 Sambungan Beton Bertulang	12
2.5.1 <i>Dry Connection</i> dan <i>Wet Connection</i>	12
2.5.2 Sambungan Las dan Baut	14
2.5.3 Kuat Geser Baut, Kuat Tumpu, dan Cek Geser Blok	16
2.5.4 Kuat Leleh Baja Pada Sambungan	17
2.5.5 Pengaruh Lendutan pada Sambungan	17
2.6 Nilai Daktilitas	19
2.6.1 Nilai Daktilitas untuk <i>Offset</i> pada Jarak 0	20
2.6.2 Nilai Daktilitas untuk <i>Offset</i> pada Jarak 0,2%	20
2.7 Konsep Perancangan	21
2.8 Pengujian Laboratorium	22
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Diagram Alir Penelitian	24
3.2 <i>Preliminary Design</i> Sambungan Balok	26
3.3 <i>Preliminary Design</i> Bangunan Rumah Modular	27

3.4 Analisis Balok Beton Bertulang	29
3.5 Pengecekan Kapasitas Sambungan Balok	31
3.6 <i>Preliminary</i> Lendutan pada Balok	38
3.7 Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji	39
3.7.1 Perencanaan Campuran Beton	39
3.7.2 Pembuatan Benda Uji	41
3.7.3 Perawatan Benda Uji	43
3.8 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton	44
3.9 Perencanaan Campuran <i>Grouting</i> untuk <i>Wet Connection</i>	45
3.10 Persiapan Pengujian	47
3.11 Proses Pengujian Benda Uji	49
BAB IV ANALISIS DATA	50
4.1 Hasil Analisis	50
4.2 Pola Retak Sambungan Balok dengan <i>Dry Connection</i>	50
4.2.1 Pola Retak Sambungan Balok Tipe A	50
4.2.2 Pola Retak Sambungan Balok Tipe B	51
4.2.3 Pola Retak Sambungan Balok Tipe C	53
4.3 Pola Retak Sambungan Balok dengan <i>Wet Connection</i>	54
4.3.1 Pola Retak Sambungan Balok Tipe A	54
4.3.2 Pola Retak Sambungan Balok Tipe B	56
4.3.3 Pola Retak Sambungan Balok Tipe C	57
4.4 Kapasitas Beban dan Deformasi Balok dengan <i>Dry Connection</i> dan <i>Wet Connection</i>	58
4.4.1 Sambungan Balok Tipe A	58
4.4.2 Sambungan Balok Tipe B	61
4.4.3 Sambungan Balok Tipe C	64
4.5 Perbandingan Hasil Kapasitas, Deformasi, dan Daktilitas Sambungan Balok Lentur	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Rumah Modular RISHA dari Kementrian PUPR	1
Gambar 2.1 Tipikal Sambungan Pracetak	13
Gambar 2.2 Tipikal Sambungan pada Modul dengan Menggunakan Baut dan Las	14
Gambar 2.3 Model Sambungan Kolom pada Struktur <i>Design for Disassembly</i> (DfD)	15
Gambar 2.4 Model Sambungan Kering pada Balok dengan Menggunakan Baut	15
Gambar 2.5 Defleksi Balok dengan Beban Merata Sepanjang Bentang	17
Gambar 2.6 Balok dengan 2 Beban Terpusat	18
Gambar 2.7 Perilaku Beban-Lendutan pada Elemen Lentur	19
Gambar 2.8 Batas Leleh dan Batas Putus pada Elemen Lentur	20
Gambar 2.9 Batas 0 dan 0,2% <i>Offset Yield Stress</i> pada Elemen Lentur	20
Gambar 2.10 Variasi ϕ dengan Regangan Tarik <i>Netto</i> Dalam Baja Tarik Terluar, ϵ_t , dan c/d_t untuk Tulangan mutu 420 dan untuk Baja Prategang	22
Gambar 2.9 Skema Pembebanan Menggunakan <i>Third Point Loading</i>	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3.2 Sambungan Balok Tipe A	26
Gambar 3.3 Sambungan Balok Tipe B	26
Gambar 3.4 Sambungan Balok Tipe C	27
Gambar 3.5 Pemodelan Boks	27
Gambar 3.6 Detail Komponen Balok	28
Gambar 3.7 Pemyambungan Balok dan Boks <i>Joint</i>	29
Gambar 3.8 Gaya-gaya pada Benda Uji	29
Gambar 3.9 Potongan diagram momen untuk sumbu $x=500\text{mm}$	30
Gambar 3.10 Sambungan Boks dengan Balok Menggunakan Baut	32
Gambar 3.11 Evaluasi Kuat Tumpu	33
Gambar 3.12 Evaluasi Kuat Blok Geser	35
Gambar 3.13 Diagram Momen dan Gaya Geser	36
Gambar 3.14 (a) Semen <i>Portland</i> (b) Pasir Beton (c) Kerikil	40
Gambar 3.15 Pengujian <i>Slump</i>	40
Gambar 3.16 Hasil Pembuatan Boks	41
Gambar 3.17 Besi Tulangan dan <i>Strain Gauge</i> yang Sudah Terpasang	42
Gambar 3.18 Besi Tulangan Dimasukkan ke Dalam Bekisting	42
Gambar 3.19 Campuran Beton Dimasukkan ke Dalam Bekisting	43
Gambar 3.20 Hasil Benda Uji Setelah 28 Hari	43
Gambar 3.21 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton	44
Gambar 3.22 Kuat Tekan Silinder Beton yang Sudah Diuji	44
Gambar 3.23 Proses Pemasangan Bekisting pada <i>Wet Connection</i>	45
Gambar 3.24 (a) Sika Grout Sebelum Diberi Air (b) Sika Grout yang Sudah Menjadi Pasta	45
Gambar 3.25 Proses Pemasukan Campuran <i>Grouting</i> pada Bekisting	46
Gambar 3.26 Campuran <i>Grouting</i> yang Sudah Dilepas dari Bekisting	46
Gambar 3.27 Benda Uji Setelah 28 Hari dan Siap Diuji	47

Gambar 3.28 LVDT yang Digunakan	47
Gambar 3.29 UTM dan Tumpuan yang Digunakan	48
Gambar 3.30 <i>Set-Up</i> Alat Pengujian	48
Gambar 3.31 <i>Set-Up</i> Alat Pengujian di Laboratorium	49
Gambar 4.1 (a) Pola Retak Balok Tipe A (b) Kondisi Boks Tipe A	50
Gambar 4.2 Pemodelan Balok Tipe A <i>Dry Connection</i>	51
Gambar 4.3 (a) Pola Retak Balok Tipe B	
(b) Pola Retak Maksimum Balok Tipe B	52
Gambar 4.4 Pemodelan Balok Tipe B <i>Dry Connection</i>	53
Gambar 4.5 (a) Pola Retak Balok Tipe C	
(b) Lendutan yang Terjadi Pada Boks	53
Gambar 4.6 Pemodelan Balok Tipe C <i>Dry Connection</i>	54
Gambar 4.7 (a) Pola Retak Balok Tipe A (b) Kondisi Boks Tipe A	55
Gambar 4.8 Pemodelan Balok Tipe A <i>Wet Connection</i>	55
Gambar 4.9 (a) Pola Retak Balok Tipe B (b) Kondisi Boks Tipe B	56
Gambar 4.10 Pemodelan Balok Tipe B <i>Wet Connection</i>	57
Gambar 4.11 (a) Pola Retak Balok Tipe C (b) Kondisi Boks Tipe C	57
Gambar 4.12 Pemodelan Balok Tipe C <i>Wet Connection</i>	58
Gambar 4.13 Kurva Beban dengan Deformasi Sambungan Balok Tipe A <i>Dry Connection</i>	60
Gambar 4.14 Kurva Beban dengan Deformasi Sambungan Balok Tipe A <i>Wet Connection</i>	61
Gambar 4.15 Kurva Sambungan Balok Tipe A	61
Gambar 4.16 Kurva Beban dengan Deformasi Sambungan Balok Tipe B <i>Dry Connection</i>	63
Gambar 4.17 Kurva Beban dengan Deformasi Sambungan Balok Tipe B <i>Wet Connection</i>	64
Gambar 4.18 Kurva Sambungan Balok Tipe B	64
Gambar 4.19 Kurva Beban dengan Deformasi Sambungan Balok Tipe C <i>Wet Connection</i>	66
Gambar 4.20 Kurva Hasil Sambungan Balok <i>Dry Connection</i>	68
Gambar 4.21 Kurva Hasil Sambungan Balok <i>Wet Connection</i>	68

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Nilai <i>Slump</i> Berdasarkan ACI-211.1	43
Tabel 3.2 Hasil Uji Kuat Silinder	47
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sambungan Balok Tipe A pada <i>Offset</i> 0	60
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sambungan Balok Tipe A pada <i>Offset</i> 0,2%	60
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sambungan Balok Tipe B <i>Offset</i> 0	63
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sambungan Balok Tipe B <i>Offset</i> 0,2%	63
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sambungan Balok Tipe C <i>Offset</i> 0	65
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Sambungan Balok Tipe C <i>Offset</i> 0,2%	65
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Sambungan Sambungan Balok	66
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Beban Sambungan Balok	67
Tabel 4.9 Hasil Pengujian <i>Deformation</i> Sambungan Balok	67
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Nilai Daktilitas Sambungan Balok	69



DAFTAR NOTASI

a	Jarak tumpuan ke beban terpusat
A_b	Luas baut
A_{gv}	Luas <i>bruto</i> penahan geser
A_{nt}	Luas <i>netto</i> penahan tarik
A_{nv}	Luas <i>netto</i> penahan geser
b_p	Lebar pelat
C_d	Faktor amplifikasi defleksi
C_s	Koefisien respon seismik
C_{vx}	Faktor distribusi vertikal
d	Diameter baut
d_i	Jarak baris ke-i dari baut tarik terhadap titik berat
d_1	Jarak titik pusat antar baut
f'_c	Mutu beton
F_i	Gaya gempa lateral statik
F_{nt}	Tegangan tarik nominal
F_{nv}	Tegangan geser nominal
F_{py}	Tegangan leleh dari material pelat ujung
F_u	Kekuatan tarik minimum
F_y	Tegangan leleh minimum
l_c	Jarak bersih antara tepi lubang dan tepi lubang yang berdekatan
g	Percepatan gravitasi
h_i dan h_x	Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x
h_{sx}	Tinggi tingkat di bawah tingkat x
h_1	Jarak tinggi baut serat bawah sampai serat atas
M_p	Momen lentur plastis
M_u	Momen ultimit
P_x	Beban desain vertikal pada dan di atas tingkat x
R	Koefisien modifikasi respons
R_n	Kekuatan nominal
s	Spasi pusat-ke pusat longitudinal setiap dua lubang
t	Tebal pelat
t_p	Tebal pelat ujung
U_{bs}	Koefisien reduksi
V	Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur
Z_x	Modulus penampang plastis
δ	Defleksi
δ_{xe}	Defleksi pada lokasi yang disyaratkan
σ	Tegangan
σ_{ijin}	Tegangan izin
γ_r	Faktor peningkatan kapasitas sambungan untuk memenuhi syarat sebagai sambungan <i>rigid</i>
ϕ	Faktor ketahanan
η_1	Nilai daktilitas pada offset 0
η_2	Nilai daktilitas pada offset 0,2%

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L.1 Detail Komponen	73
Lampiran L.2 Detail Pola Retak	76

