

STUDI PERILAKU KINERJA KEKUATAN PENGUJIAN SAMBUNGAN BALOK-KOLOM BETON BERTULANG RUMAH MODULAR

Kumbara Kamajaya Cahya Hermawan
1421080

Pembimbing: Dr. Yosafat Aji Pranata, S.T., M.T.

ABSTRAK

Rumah modular dengan komponen-komponen strukturnya dibuat secara prefabrikasi (pracetak), mempunyai beberapa keunggulan yaitu dapat diproduksi secara massal komponennya di lokasi *workshop*. Sistem modular yang siap dirakit tersebut dapat dikirim ke lokasi-lokasi daerah yang membutuhkan rumah tinggal, sistem modular juga mengakomodasi kepentingan konsep rumah tumbuh dalam arti dapat berkembang sesuai kebutuhan penghuninya. Saat ini, pengembangan rumah modular menjadi salah satu prioritas Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat untuk mengatasi permasalahan kebutuhan rumah tinggal di Indonesia. Salah satu usulan konsep rumah modular adalah rumah modular HASAN, yaitu rumah modular tipe 36 yang menggunakan sistem struktur *frame* yang didesain sesuai kaidah kekuatan, kekakuan, dan stabilitas yang terdiri atas komponen struktur utama kolom dan balok, dengan dilengkapi boks *joint* dan pelat penyambung khusus.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas sambungan balok-kolom. Benda uji dibuat sebanyak 3 buah, yang terdiri atas 1 modular kolom, 1 modular balok, dan 1 boks *joint*. Dimensi modular kolom ialah 120x120mm dengan panjang 980mm, dimensi modular balok 120x120mm dengan panjang 1230mm, dan dimensi boks *joint* ialah 120x120mm terbuat dari baja dengan ketebalan 5mm. Selain itu kuat tekan beton adalah $f'_c = 27,64\text{MPa}$.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa desain sambungan antara balok/kolom ke boks *joint* memenuhi persyaratan kuat geser baut, kuat tumpu, dan juga keruntuhan geser blok. Baut dengan diameter 12mm dan juga ketebalan boks *joint* 5mm memenuhi kapasitas momen yang terjadi pada sambungan. Kapasitas sambungan 1 sebesar 76,40kg dan deformasi sebesar 31,50mm. Kapasitas sambungan 2 tidak didapatkan kapasitasnya dikarenakan kedudukan pelat pada kolom mengalami kegagalan. Kapasitas sambungan 3 sebesar 38,90kg dan deformasi sebesar 31,50mm.

Kata Kunci: modular balok, modular kolom, boks *joint*, rumah modular, pracetak.

STUDY OF PERFORMANCE OF BEAM-COLUMN JOINT TEST CONCRETE OF FABRICATED HOUSE

**Kumbara Kamajaya Cahya Hermawan
1421080**

Supervisor: Dr. Yosafat Aji Pranata, S.T., M.T.

ABSTRACT

Fabricated house with its structural components is made prefabricated, has several advantages that can be mass-produced component at workshop location, modular system that ready to be assembled can be sent to location of area that need residence, modular system also accomodate the importance of the concept of home grown in the sense can be developed according to the needs of its inhabitants. Currently, the development of modular house becomes one of the priorities of the Public Works and Housing Research and Development Agency to resolve the needs of residential housing problems in Indonesia. One of modular house concept is HASAN modular house, which is a modular house type 36 that uses a frame structure system that is designed according to the rules of strength, stiffness, and stability consisting of the main structural components of columns and beams, with joint boxes and specific connecting plates.

This study aims to evaluate the capacity of beam-column joint. The test object contains 3 joint. Consisting of 1 modular column, 1 modular beam, and 1 box joint. The column dimension is 120x120mm with 980mm length, dimension of modular beam is 120x120mm with 1230mm length, and dimension of box joint is 120x120mm made of steel with 5mm thickness. In addition the compressive strength of concrete is $f_c = 27,64\text{MPa}$.

The result of this study indicate that the design of joint between beam/column to the box joints requirements of shear strength bolt, strength of pedestal, and also shear failure blok. Bolt with diameter of 12mm and also a 5mm box joint thickness conform capacity of momen that occurs in the joint. Capacity of joint 1 is 76.40kg and the deformations is 31.50mm. Capacity of joint 2 is not obtained due to the capacity of the plate on the column is failed. Capacity of connection 3 is 38.90kg and deformation is 31.50mm.

Keywords: modular beam, modular column, box joint, fabricated house, prefabrecated.

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	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Sistematika Penulisan	3
BAB II STUDI LITERATUR	4
2.1 Rumah.....	4
2.1.1 Rumah Tinggal	4
2.1.2 Rumah Modular	5
2.2 Beton Bertulang	6
2.3 Material Pembentuk Beton	7
2.3.1 Semen <i>Portland</i>	7
2.3.2 Air	8
2.3.4 Agregat	9
2.3.5 Agregat Kasar	9
2.3.6 Agregat Halus	9
2.4 Balok Beton Bertulang	11
2.5 Kolom Beton Bertulang	14
2.6 Sambungan Beton Bertulang	15
2.6.1 Kuat Geser Baut, Kuat Tumpu, dan Cek Geser Blok	16
2.6.2 Pengaruh Momen pada Sambungan	17
2.7 Konsep Perancangan.....	18
2.8 Kurva Histeretik	23
2.9 Pengujian Laboratorium	26
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	28
3.2 <i>Preliminary</i> Desain.....	30
3.2.1 Data Struktur dan Denah Rumah Modular HASAN	30
3.2.2 <i>Preliminary Design</i> Balok	31
3.2.3 <i>Preliminary Design</i> dan Analisis Struktur Atap.....	32
3.2.4 <i>Preliminary Design</i> Kolom	33

3.3 Perencanaan Sambungan Balok Kolom	34
3.4 <i>Preliminary Design</i> Bangunan Rumah Modular	34
3.4 Pengecekan Sambungan	50
3.4.1 Pengecekan Sambungan Balok.....	51
3.4.2 Pengecekan Sambungan Kolom	54
3.5 Kapasitas Sambungan Rencana	55
3.6 Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji	56
3.6.1 Perencanaan Campuran Beton.....	56
3.6.2 Pembuatan Benda Uji	58
3.6.3 Perawatan Benda Uji	60
3.7 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton	61
3.8 Persiapan Pengujian.....	63
3.9 Proses Pengujian Benda Uji	64
BAB IV ANALISIS DATA.....	66
4.1 Pola Retak Sambungan Balok-Kolom.....	66
4.1.1 Pola Retak Sambungan Balok-Kolom 1	66
4.1.2 Pola Retak Sambungan Balok-Kolom 2	66
4.1.3 Pola Retak Sambungan Balok-Kolom 3	67
4.2 Hasil Pengujian Sambungan Balok-Kolom	68
4.2.1 Sambungan Balok-Kolom 1	68
4.2.2 Sambungan Balok-Kolom 2	69
4.2.3 Sambungan Balok-Kolom 3	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	74
5.1 Kesimpulan.....	74
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Rumah Modular RISHA	1
Gambar 1.2 Usulan Rumah Modular HASAN	2
Gambar 2.1 (a) Sambungan <i>Knee</i> (b) Sambungan Eksterior (c) Sambungan Interior.....	15
Gambar 2.2 Kurva Histeretik Ideal	24
Gambar 2.3 Model Kurva Histeretik Ramberg-Osgood	25
Gambar 2.4 Model Kurva Histeretik Clough	26
Gambar 2.5 Model Kurva Histeretik <i>Isotropic Hardening</i>	26
Gambar 2.6 Model Kurva Histeretik <i>Kinematic Hardening</i>	26
Gambar 2.7 Model Kurva Histeretik <i>Combined Hardening</i>	26
Gambar 2.8 <i>Set-Up</i> Pengujian Model Sambungan	27
Gambar 2.9 Pola Pembebanan Siklus <i>Displacement (Drift) Controlled</i>	27
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.2 (a) Denah Arsitek Rumah Modular HASAN (b) Denah Struktur Rumah Modular HASAN.....	30
Gambar 3.3 Tinjauan Balok Kedua Ujung Menerus.....	31
Gambar 3.4 Tinjauan Balok Satu Ujung Menerus	31
Gambar 3.5 Gaya Dalam Struktur Rangka Atap.....	32
Gambar 3.6 Pemodelan Beban Atap Rumah Modular HASAN	33
Gambar 3.7 Pemyambungan Balok, Kolom, dan Boks <i>Joint</i>	34
Gambar 3.8 (a) Skematik Kolom Rumah Modular HASAN (b) Skematik Balok Rumah Modular HASAN (c) Skematik Boks <i>Joint</i> Rumah Modular HASAN.....	35
Gambar 3.9 Pengisian <i>Grid</i> Data pada Pemodelan ETABS	35
Gambar 3.10 Pengisian Material Pemodelan ETABS	36
Gambar 3.11 Pemodelan Kolom pada ETABS.....	36
Gambar 3.12 Pemodelan Balok pada ETABS	37
Gambar 3.13 Pemodelan Rumah HASAN pada ETABS.....	38
Gambar 3.14 Pengisian Pembebanan pada ETABS.....	38
Gambar 3.15 Pengisian Kombinasi Pembebanan pada ETABS	38
Gambar 3.16 Pengisian Beban Atap dan Dinding pada ETABS	39
Gambar 3.17 Hasil Massa Struktur Bangunan pada ETABS.....	39
Gambar 3.18 Respons Spektrum pada ETABS	41
Gambar 3.19 Analisis Partisipasi Ragam dan Periode Getar pada ETABS.....	41
Gambar 3.20 <i>Deformed Shape Mode 1</i>	42
Gambar 3.21 <i>Deformed Shape Mode 2</i>	42
Gambar 3.22 <i>Deformed Shape Mode 3</i>	43
Gambar 3.23 (a) Mengisi Gaya Gempa Lateral Arah-X pada ETABS (b) Mengisi Gaya Gempa Lateral Arah-Y pada ETABS	45
Gambar 3.24 Mengisi Pembebanan Akibat Respons Spektrum pada ETABS	46
Gambar 3.25 (a) Mengisi <i>Case</i> Respons Spektrum Arah-X pada ETABS (b) Mengisi <i>Case</i> Respons Spektrum Arah-Y pada ETABS.....	46

Gambar 3.26 (a) Hasil Simpangan Akibat Gempa Arah-X pada ETABS (b) Hasil Simpangan Akibat Gempa Arah-Y pada ETABS	48
Gambar 3.27 <i>Story Forces SpecX</i>	49
Gambar 3.28 <i>Story Forces SpecY</i>	49
Gambar 3.29 Sambungan Boks <i>Joint</i> dengan Balok Menggunakan Baut	51
Gambar 3.30 Evaluasi Kuat Tumpu	52
Gambar 3.31 Evaluasi Kuat Blok Geser	53
Gambar 3.32 Rencana Konfigurasi <i>End-Plate</i>	53
Gambar 3.33 Diagram Interaksi Kolom.....	55
Gambar 3.34 (a) Semen <i>Portland</i> (b) Pasir Beton (c) Kerikil	57
Gambar 3.35 Pengujian <i>Slump</i>	58
Gambar 3.36 Pembuatan Besi Tulangan.....	59
Gambar 3.37 (a) Besi Tulangan Balok yang Telah Dimasukkan ke Dalam Bekisting (b) Besi Tulangan Kolom yang Telah Dimasukkan ke Dalam Bekisting	60
Gambar 3.38 Pembuatan Campuran Beton.....	59
Gambar 3.39 Pemasukan Campuran Beton	60
Gambar 3.40 Perawatan Benda Uji.....	61
Gambar 3.41 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton.....	61
Gambar 3.42 Kurva Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder.....	62
Gambar 3.43 2D <i>Set-Up</i> Alat Pengujian.....	63
Gambar 3.44 (a) 3D <i>Set-Up</i> Alat Pengujian (b) 3D <i>Set-Up</i> Alat Pengujian di Lapangan.....	63
Gambar 4.1 (a) Pola Retak Kolom 1 (b) Lendutan yang Terjadi pada Boks <i>Joint</i>	66
Gambar 4.2 (a) Pola Retak Kolom 2 (b) Lendutan yang Terjadi pada Boks <i>Joint</i>	67
Gambar 4.3 (a) Pola Retak Kolom 3 (b) Sobekan yang Terjadi pada Boks <i>Joint</i>	67
Gambar 4.4 Kurva Histeretik Sambungan 1	69
Gambar 4.5 Kurva Histeretik Sambungan 2	70
Gambar 4.6 Kurva Histeretik Sambungan 3	71
Gambar 4.7 Kurva Titik Puncak Deformasi Sambungan	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Bahan-bahan Kimia dalam Bahan Baku Semen.....	8
Tabel 2.2 Simpangan Antar Lantai Izin	26
Tabel 3.1 Data Karakteristik Material.....	30
Tabel 3.2 Berat Struktur Bangunan Pemodelan ETABS	39
Tabel 3.3 Partisipasi Massa Ragam	42
Tabel 3.4 Perhitungan Gaya Gempa Lateral	44
Tabel 3.5 Kombinasi Pembebanan Gempa	47
Tabel 3.6 Kombinasi Pembebanan Gempa Rumah Modular HASAN	48
Tabel 3.7 Pemeriksaan Simpangan Rumah Modular HASAN	49
Tabel 3.8 Pemeriksaan Analisis $0,85V_s < V_d$ Rumah Modular HASAN	50
Tabel 3.9 Pemeriksaan Pengaruh P-Delta Rumah Modular HASAN.....	50
Tabel 3.10 Parameter P_u , V_u dan M_u pada ETABS.....	51
Tabel 3.11 Nilai <i>Slump</i> Berdasarkan ACI-211.1	58
Tabel 3.12 Hasil Uji Kuat Tekan Silinder.....	62
Tabel 3.13 <i>Drift Ratio</i> dan Simpangan	64
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sambungan 1	69
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sambungan 2	70
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sambungan 3	71
Tabel 4.4 Beban Proporsional dan Beban Ultimit Sambungan	72
Tabel 4.5 Hasil Uji Beban Siklik pada <i>Drift Ratio</i> 1,5%	73
Tabel 4.6 Hasil Uji Beban Siklik pada <i>Drift Ratio</i> 3,5%	73
Tabel 4.7 Perubahan Hasil Uji Beban Siklik dari <i>Drift Ratio</i> 1,5% ke <i>Drift Ratio</i> 3,5%	73

DAFTAR NOTASI

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
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	Spasi pusat-ke pusat transversal antara sarana penyambung
g	Percepatan gravitasi
h_i dan h_x	Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x
h_{sx}	Tinggi tingkat di bawah tingkat x
I_e	Faktor keutamaan gempa
k	Eksponen yang terkait dengan periode struktur
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
V_x	Gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan $x-1$
W	Berat total struktur
w_i dan w_x	Bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
Y_p	Parameter kuat batas pelat berdasarkan pola garis leleh yang dapat berbeda untuk tiap-tiap konfigurasi geometri
Z_x	Modulus penampang plastis
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>
\emptyset	Faktor ketahanan
Δ	Simpangan antar lantai tingkat desain



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L.1 Detail Komponen76

