

STUDI PERILAKU KINERJA KEKUATAN DAN KEKAKUAN AKSIAL KOMPONEN KOLOM BETON BERTULANG RUMAH MODULAR

Azka Rysdianto
NRP: 1421065

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

ABSTRAK

Rumah modular adalah konstruksi rumah tinggal yang didesain untuk proses pembangunan cepat, di mana komponen-komponen yang digunakan merupakan hasil desain modular pracetak, serta bahan bangunan lain yang ada di pasaran. 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. 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, karena penambahan penduduk yang semakin besar dan perencanaan bangunan tahan gempa belum sepenuhnya dilakukan pada rumah-rumah di Indonesia terutama pada komponen struktur kolom. Hal ini menjadi dasar dilakukannya eksperimental tentang perilaku kinerja kekuatan dan kekakuan aksial komponen kolom beton bertulang rumah modular.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perilaku kekuatan dan kekakuan komponen kolom rumah modular. Benda uji dibuat sebanyak 3 buah kolom dengan ukuran sisi (s) = 120mm dan tinggi (t) = 400mm. Penulangan longitudinal menggunakan tulangan polos dan tulangan sengkang menggunakan tulangan ulir. Selain itu, 7 buah silinder beton dibuat untuk menguji kekuatan tekan dari kolom yang akan diuji dan didapatkan $f'_c = 27,64\text{MPa}$.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kolom rumah modular memiliki kapasitas yang baik. Hal ini ditunjukkan dengan rata-rata kapasitas 3 buah kolom rumah modular sebesar 562,169kN, lebih besar dari perhitungan gaya aksial maksimum yang bekerja pada pemodelan ETABS sebesar 16,1145kN. Daktilitas kolom rumah modular sebesar 1,331, termasuk dalam daktail parsial. Selain itu, kolom rumah modular HASAN dapat diaplikasikan meskipun penulangan longitudinal menggunakan tulangan polos.

Kata Kunci: rumah modular, kolom, beton bertulang, rumah tipe 36, Kapasitas

BEHAVIOR STUDY OF THE STRENGTH AND AXIAL STIFFNESS OF MODULAR HOUSE REINFORCED CONCRETE COLUMN

Azka Rysdianto
NRP: 1421065

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

ABSTRACT

A modular house is a residential construction designed for the rapid development process, in which the components used are the result of modular design precast, as well as other general building materials on the market. 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. 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, due to the growing population and planning of earthquake resistant buildings has not been fully done in houses in Indonesia, especially in component of the column structure. These became the base of doing the experiment about the behavior study of the strength and axial stiffness of modular house reinforced concrete column.

This study aims to obtain the behavior of the strength and axial stiffness of modular house reinforced concrete column. The test specimens are 3 columns with side size (s) = 120mm and height (t) = 400mm. Longitudinal reinforcement using plain reinforcement and stirrups using thread reinforcement. In addition, 7 concrete cylinders were made to test the compressive strength of the column and obtained $f'_c = 27.64\text{MPa}$.

The results of this study shows that modular house column have good capacity. This is indicated by the average capacity of 3 modular house columns is 562.169kN, it is greater than the calculation of maximum axial force acting on ETABS modeling is 16.1145kN. Ductility modular house column is 1.331, which included in partial ductile. In addition, HASAN modular house column can be applied even though longitudinal reinforcement uses plain reinforcement.

Keywords: modular house, columns, reinforced concrete, house type 36, capacity

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	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II STUDI LITERATUR	5
2.1 Rumah Modular	5
2.2 Gempa Bumi	6
2.3 Beton Bertulang	7
2.3.1 Pengertian Beton Bertulang	7
2.3.2 Konsep Perancangan.....	8
2.3.3 Material Beton	9
2.3.4 Material Baja Tulangan	11
2.4 Kolom Beton Bertulang	11
2.5 Diagram Interaksi.....	14
2.6 Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Tahan Gempa.....	15
2.6.1 Penentuan Periode Fundamental Struktur	18
2.6.2 Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen	19
2.6.3 Distribusi Vertikal Gaya Gempa	20
2.6.4 Distribusi Horizontal Gaya Gempa.....	20

2.6.5 Penentuan Simpangan Antar Lantai	20
2.6.6 Analisis $0,85V_s < V_d$	21
2.6.7 Pengaruh P-delta	21
2.7 Pengujian dengan Alat <i>Universal Testing Machine</i>	22
2.8 Batas Proporsional, Ultimit Kolom, dan Daktilitas.....	23
2.9 Penentuan Dimensi Balok Beton Bertulang.....	24
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	25
3.2 <i>Preliminary Design</i>	26
3.2.1 Data Struktur dan Denah Rumah Modular HASAN.....	26
3.2.2 <i>Preliminary Design</i> Balok	27
3.2.3 <i>Preliminary Design</i> dan Analisis Struktur Atap	28
3.2.4 <i>Preliminary Design</i> Kolom	29
3.3 Pemodelan Bangunan Rumah Modular.....	30
3.4 Penentuan Tulangan Longitudinal Kolom.....	49
3.5 Penentuan Tulangan Transversal Kolom	50
3.6 Pembuatan Benda Uji.....	53
3.7 Perawatan Benda Uji	57
3.8 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton	58
3.9 Pengecatan dan Penggarisan Benda Uji	59
3.10 Persiapan Alat Pengujian.....	60
3.11 Pengujian Kuat Tekan Kolom	60
3.12 Hasil Pengujian.....	61
BAB IV ANALISIS DATA.....	63
4.1 <i>Preliminary Analisis</i> Awal	63
4.1.1 Perhitungan Diagram Interaksi Daerah Sambungan Antar Kolom	63
4.1.2 Perhitungan Diagram Interaksi Kolom Penuh	64
4.2 Kegagalan Kolom.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Rumah Modular RISHA yang Telah Diaplikasikan di Indonesia..1
Gambar 1.2	Usulan Rumah Modular HASAN 2
Gambar 1.3	Kerusakan Kolom Rumah Tinggal Akibat Gempa Sumatera Barat 2
Gambar 2.1	Skematik Usulan Rumah Modular HASAN 6
Gambar 2.2	Jenis-jenis Kolom..... 13
Gambar 2.3	Diagram Interaksi P-M..... 15
Gambar 2.4	Kurva Regangan-Tegangan..... 23
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian 25
Gambar 3.2	(a) Denah Arsitek Rumah Modular HASAN (b) Denah Struktur Rumah Modular HASAN 26
Gambar 3.3	Tinjauan Balok Kedua Ujung Menerus..... 27
Gambar 3.4	Tinjauan Balok Satu Ujung Menerus 27
Gambar 3.5	Gaya Dalam Struktur Rangka Atap..... 28
Gambar 3.6	Pemodelan Beban Atap Rumah Modular HASAN 29
Gambar 3.7	<i>Grid Data</i> pada Pemodelan ETABS 30
Gambar 3.8	<i>Input</i> Modulus Elastisitas Beton pada Pemodelan ETABS 31
Gambar 3.9	<i>Input</i> Kekuatan Tekan Beton pada Pemodelan ETABS..... 31
Gambar 3.10	(a) <i>Input</i> Modulus Elastisitas Tulangan Longitudinal Kolom pada Pemodelan ETABS; (b) <i>Input</i> Kekuatan Leleh Tulangan Longitudinal Kolom pada Pemodelan ETABS 32
Gambar 3.11	(a) <i>Input</i> Modulus Elastisitas Tulangan Transversal Kolom pada Pemodelan ETABS; (b) <i>Input</i> Kekuatan Leleh Tulangan Transversal Kolom pada Pemodelan ETABS 32
Gambar 3.12	<i>Input</i> Dimensi Kolom dan Jenis Material pada Pemodelan ETABS 33
Gambar 3.13	<i>Input</i> Reduksi Inersia Kolom pada Pemodelan ETABS 33
Gambar 3.14	<i>Input</i> Penulangan Kolom pada Pemodelan ETABS..... 34
Gambar 3.15	<i>Input</i> Dimensi Balok dan Jenis Material pada Pemodelan ETABS 34
Gambar 3.16	<i>Input</i> Reduksi Inersia Balok pada Pemodelan ETABS..... 35
Gambar 3.17	Pemodelan Komponen Struktur Balok dan Kolom pada ETABS 35
Gambar 3.18	<i>Input</i> Pembebanan pada ETABS..... 36
Gambar 3.19	(a) <i>Input</i> Kombinasi Pembebanan Akibat Beban Mati dan Beban Hidup pada Pemodelan ETABS (b) <i>Input</i> Faktor Skala Kombinasi Pembebanan pada Pemodelan ETABS..... 36
Gambar 3.20	<i>Input</i> Beban Dinding dan Beban Atap pada ETABS 37
Gambar 3.21	Massa Struktur Bangunan pada ETABS 37
Gambar 3.22	Respons Spektrum pada ETABS..... 39
Gambar 3.23	Analisis Partisipasi Ragam dan Periode Getar pada ETABS..... 39
Gambar 3.24	<i>Deformed Shape Mode 1</i> 40
Gambar 3.25	<i>Deformed Shape Mode 2</i> 40
Gambar 3.26	<i>Deformed Shape Mode 3</i> 41

Gambar 3.27 <i>Input</i> Gaya Gempa Lateral Arah-X pada ETABS.....	43
Gambar 3.28 <i>Input</i> Gaya Gempa Lateral Arah-Y pada ETABS.....	43
Gambar 3.29 (a) <i>Input</i> Pembebanan Akibat Respons Spektrum Arah-X pada ETABS; (b) <i>Input</i> Parameter Percepatan Batuan Dasar dan Faktor Amplifikasi pada Pembebanan Akibat Respons Spektrum Arah-X.....	44
Gambar 3.30 (a) <i>Input</i> Pembebanan Akibat Respons Spektrum Arah-Y pada ETABS; (b) <i>Input</i> Parameter Percepatan Batuan Dasar dan Faktor Amplifikasi pada Pembebanan Akibat Respons Spektrum Arah-Y.....	45
Gambar 3.31 <i>Input Case</i> Respons Spektrum Arah-X pada ETABS.....	45
Gambar 3.32 <i>Input Case</i> Respons Spektrum Arah-Y pada ETABS.....	46
Gambar 3.33 <i>Input Mass Displacements</i> Akibat Gempa Arah-X pada ETABS.....	47
Gambar 3.34 <i>Input Mass Displacements</i> Akibat Gempa Arah-Y pada ETABS.....	47
Gambar 3.35 <i>Story Forces SpecX</i>	48
Gambar 3.36 <i>Story Forces SpecY</i>	48
Gambar 3.37 (a) Tampak Samping <i>Detailing</i> Kolom Benda Uji; (b) Tampak 3D <i>Detailing</i> Kolom Benda Uji.....	52
Gambar 3.38 Tampak 3D Kolom Dengan Pengurangan Area pada Daerah Pengangkuran Sambungan.....	53
Gambar 3.39 Pemasangan Besi Tulangan dan Pelat Baja.....	53
Gambar 3.40 <i>Strain Gauge</i> yang Digunakan.....	54
Gambar 3.41 Pemasukkan Tulangan yang Sudah Dipasang <i>Strain Gauge</i> pada Bekisting.....	54
Gambar 3.42 Semen yang Digunakan dalam Campuran Beton.....	55
Gambar 3.43 Pasir Beton yang Digunakan dalam Campuran Beton.....	55
Gambar 3.44 Kerikil yang Digunakan dalam Campuran Beton.....	56
Gambar 3.45 Pembuatan Campuran Beton.....	56
Gambar 3.46 Pengujian Nilai <i>Slump</i>	57
Gambar 3.47 Pemasukkan Campuran Beton ke Dalam Bekisting.....	57
Gambar 3.48 Perawatan Benda Uji Menggunakan Karung Goni Basah.....	58
Gambar 3.49 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton.....	58
Gambar 3.50 Kurva Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton.....	59
Gambar 3.51 Pengecatan dan Penggarisan Benda Uji.....	59
Gambar 3.52 Skematik <i>Set Up</i> Alat Pengujian.....	60
Gambar 3.53 Persiapan Alat Pengujian.....	60
Gambar 3.54 Pengujian Kuat Tekan Kolom.....	61
Gambar 3.55 Kurva Hubungan Beban dan Lenturan Benda Uji.....	61
Gambar 4.1 <i>Define Material</i> Kolom pada <i>SD Section</i> ETABS.....	63
Gambar 4.2 Dimensi dan Penulangan Kolom Daerah Sambungan pada ETABS.....	64
Gambar 4.3 Diagram Interaksi Kolom Daerah Sambungan.....	64
Gambar 4.4 <i>Define Material</i> Kolom Penuh pada <i>SD Section</i> ETABS.....	65
Gambar 4.5 Dimensi dan Penulangan Kolom Penuh pada ETABS.....	65
Gambar 4.6 Diagram Interaksi Kolom Penuh.....	66
Gambar 4.7 Diagram Interaksi Kolom Daerah Sambungan dan Kolom	

Dimensi Penuh	67
Gambar 4.8 Kegagalan Benda Uji Kolom 1	68
Gambar 4.9 Kegagalan Benda Uji Kolom 2	69
Gambar 4.10 Kegagalan Benda Uji Kolom 3	70



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	15
Tabel 2.2	Faktor Keutamaan Gempa	17
Tabel 2.3	Faktor Amplifikasi Getaran Terkait Percepatan pada Getaran Periode Pendek (F_a).....	17
Tabel 2.4	Faktor Amplifikasi Terkait Percepatan pada Getaran yang Mewakili Getaran Periode 1 Detik (F_v).....	18
Tabel 2.5	Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung.....	18
Tabel 2.6	Nilai Parameter Periode Pendekatan C_r dan x	19
Tabel 2.7	Tebal Minimum Balok yang Disyaratkan.....	24
Tabel 3.1	Data Karakteristik Material.....	26
Tabel 3.2	Berat Struktur Bangunan Pemodelan ETABS	37
Tabel 3.3	Pemeriksaan Partisipasi Massa Ragam sesuai SNI 1726:2012.....	40
Tabel 3.4	Perhitungan Gaya Gempa Lateral	42
Tabel 3.5	Kombinasi Pembebanan Gempa Rumah Modular HASAN.....	46
Tabel 3.6	Pemeriksaan Simpangan Rumah Modular HASAN	48
Tabel 3.7	Pemeriksaan Analisis $0,85V_s < V_d$ Rumah Modular HASAN	49
Tabel 3.8	Pemeriksaan Pengaruh P-Delta Rumah Modular HASAN.....	49
Tabel 3.9	Parameter P_u , V_u dan M_u Maksimum pada ETABS.....	49
Tabel 3.10	Beban dan Deformasi Proporsional serta Beban dan Deformasi Ultimit Benda Uji.....	62

DAFTAR NOTASI

A_{ch}	Luas penampang komponen struktur yang diukur sampai tepi luar tulangan transversal
A_g	Luas <i>bruto</i> penampang kolom
A_{sh}	Luas penampang total tulangan transversal
A_{st}	Luas total tulangan longitudinal non-prategang
b	Lebar penampang melintang kolom
b_c	Dimensi penampang inti komponen struktur yang diukur ke tepi luar tulangan transversal yang membentuk luas A_{sh}
c	Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral
C_d	Faktor amplifikasi defleksi
C_m	Faktor yang menghubungkan diagram momen aktual ke diagram momen seragam ekuivalen
C_s	Koefisien respons gempa
C_{vx}	Faktor distribusi vertikal
D	Pengaruh dari beban mati
E	Pengaruh beban gempa
E_h	Pengaruh gaya gempa horizontal
E_v	Pengaruh gaya gempa vertikal
E_c	Modulus elastisitas beton
E_s	Modulus elastisitas tulangan dan baja struktural
EI	Kekakuan lentur komponen struktur tekan
F_a	Koefisien situs untuk periode pendek
F_v	Koefisien situs untuk periode panjang
f'_c	Kekuatan tekan beton yang disyaratkan
f_y	Kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan
f_{yt}	Kekuatan leleh tulangan transversal yang disyaratkan
g	Percepatan gravitasi
h	Tinggi penampang melintang kolom
I_e	Faktor keutamaan gempa
I_g	Momen inersia penampang beton <i>bruto</i> terhadap sumbu pusat
I_{se}	Momen inersia profil baja struktural, pipa, atau tabung terhadap sumbu pusat penampang komponen structural komposit
k	Faktor panjang efektif untuk komponen struktur tekan
L	Pengaruh beban hidup
l_u	Panjang tak tertumpu komponen struktur tekan
l_0	Panjang, yang diukur dari muka <i>joint</i> sepanjang sumbu komponen struktur, di mana tulangan transversal khusus harus disediakan
M_1	Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada komponen struktur tekan
M_2	Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen struktur tekan

M_C	Momen terfaktor yang diperbesar untuk pengaruh kurvatur komponen struktur yang digunakan untuk desain komponen struktur tekan
M_u	Momen terfaktor pada penampang
P_c	Kekuatan beban aksial akibat kontribusi beton
P_{st}	Kuat beban aksial akibat kontribusi baja
P_u	Gaya aksial terfaktor, diambil sebagai positif untuk tekan dan negatif untuk tarik
P_0	Kekuatan aksial nominal pada eksentrisitas nol
P_n	Kekuatan aksial nominal penampang
P_{nb}	Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang
Q	Indeks stabilitas untuk suatu tingkat
R	Koefisien modifikasi respons gempa
R_u	Kekuatan perlu
R_n	Kekuatan rencana
r	Radius girasi penampang komponen struktur tekan
S_s	Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen
S_l	Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen
S_{MS}	Parameter percepatan respons spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S_{DI}	Parameter percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik, redaman 5 persen
s	Sisi penampang benda uji
s	Spasi pusat ke pusat suatu benda, misalnya tulangan longitudinal, tulangan transversal, tendon, kawat atau angkur prategang
s_o	Spasi pusat ke pusat tulangan transversal dalam panjang l_o
T_x	Periode fundamental bangunan arah-x
T_y	Periode fundamental bangunan arah-y
t	Tinggi benda uji
V	Geser desain total di dasar struktur dalam arah yang ditinjau
V_u	Gaya geser terfaktor pada penampang
V_{us}	Geser horizontal terfaktor pada suatu tingkat
W	Berat seismik efektif bangunan
\emptyset	Faktor reduksi kekuatan
β_1	Faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen dengan tinggi sumbu netral
ϵ_{cu}	Batas regangan beton
ϵ_t	Regangan tarik <i>netto</i> dalam lapisan terjauh baja tarik longitudinal pada kuat nominal
ϵ_y	Regangan leleh baja
ρ	Faktor redundansi struktur
σ	Tegangan yang terjadi
σ_{ijin}	Tegangan izin yang disyaratkan
Δ_s	Defleksi tegak lurus bidang yang dihitung di tengah tinggi dinding akibat dari beban layan
Δ_u	Defleksi yang dihitung di tengah tinggi akibat dari beban terfaktor

δ_s	Faktor pembesaran momen untuk rangka yang tidak di-breising (<i>braced</i>) terhadap simpangan, untuk mencerminkan <i>drift</i> lateral yang dihasilkan dari beban lateral dan gravitasi
δ_x	Defleksi pusat massa di tingkat-x/ <i>story drift</i>
μ_Δ	Daktilitas perpindahan
Ω_0	Faktor kuat lebih

