

STUDI ANALISIS PERILAKU PORTAL RUMAH MODULAR PRACETAK AKIBAT BEBAN GEMPA

JANSEVTEEN SIBURIAN

NRP:1121048

Pembimbing : Dr. YOSAFAT AJI PRANATA, S.T., M.T.

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara rawan gempa di dunia. Hal ini disebabkan posisi Indonesia yang berada pada pertemuan 3 lempeng tektonik besar di dunia, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Hal ini yang menimbulkan inovasi teknik membangun rumah yang cepat dan aman serta efektif. Konsep yang dipakai adalah *knockdown system* perumahan beton *precast* tahan gempa yang efisien, murah, cepat, aman, serta nyaman bagi lingkungan dan penghuni di dalamnya. Salah satu teknologi rumah *precast* adalah rumah Risha (Rumah Instan Sederhana Sehat). Rumah Risha terdiri dari 3 panel yaitu panel penyambung, panel1, dan panel2. Rumah ini sudah banyak tersebar di seluruh Indonesia, salah satunya adalah di Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam. Terjadinya gempa dalam skala besar di provinsi Aceh menyebabkan banyak rumah warga hancur sehingga dengan hadirnya rumah ini dapat sangat membantu penyediaan rumah dalam waktu singkat di provinsi Aceh.

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah melakukan analisis struktur kehandalan rumah modular tahan gempa serta membandingkan hasil pengujian skala penuh rumah Risha di laboratorium dengan program SAP2000.

Dengan menggunakan data sekunder dari laboratorium, hasil penelitian tugas akhir ini adalah titik leleh pada kondisi beban uji di beri beban kiri terdapat perbedaan sebesar 33,37 % pada SAP2000 *default* dan perbedaan sebesar 3,57 pada SAP2000 manual. pada kondisi benda uji di beri beban kanan terdapat perbedaan sebesar 26,71 % pada SAP2000 *default* dan perbedaaan sebesar 13,93 % pada SAP2000 manual. Hasil uji berbeda disebabkan oleh benda uji di laboratorium berada di kondisi lapangan yang kurang ideal karena adanya kesalahan pemasangan benda uji yang mengakibatkan tumpuan kurang tepat sehingga fungsi utama dari tumpuan tersebut tidak maksimal.

Kata kunci: Rumah *Precast*, Gempa, Data Sekunder, SAP2000, Titik leleh

ANALYSIS STUDY OF PRECAST MODULAR PORTAL HOUSES BEHAVIOR DUE TO EARTHQUAKE LOAD

**JANSEVTEEN SIBURIAN
NRP: 1121048**

Supervisor : Dr. YOSAFAT AJI PRANATA, S.T., M.T.

ABSTRACT

Indonesia is one of the earthquake-prone countries in the world. This is due to the position of Indonesia that located at the confluence of three major tectonic plates in the world, namely Indo-Australian plate, Eurasian plate and Pacific plate. This is why innovation of techniques to build house quickly, safely and effectively is needed. The concept used is a knockdown system of earthquake-resistant precast concrete housing that is efficient, cheap, fast, safe, and convenient to the environment and all occupants. One example of precast house technology is Risha House (Rumah Instan Sederhana Sehat). Risha house consists of three panels, namely connector panel, panel 1, and panel 2. This house is already spread widely all over Indonesia, including in Nanggroe Aceh Darussalam province. Large-scale earthquake at this province that causes many houses were destroyed make the presence of this house can assist to providing home in a short time at Nanggroe Aceh Darussalam.

The purpose of this thesis was to analyze the reliability structure of modular houses earthquake-resistant and to compare the results of full-scale testing at Risha House in the laboratory with SAP2000 program.

By using secondary data from the laboratory, the results of this research is value of the melting point at the test load conditions given burden left load are 33,37 % difference on default SAP2000 and 3,57 % difference on manual SAP2000. on the test object in the given conditions right load are 26,71 % difference on default SAP2000 and 13,93 % difference on manual SAP2000. The differences of the test results caused by the specimen from laboratory is at the less than ideal field conditions because of an error in the installation of the test specimen that causes less precise pedestal so that the primary function of the foundation is not optimal.

Keywords: *Precast Houses, Earthquake, Secondary Data, Melting Point, SAP2000*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Surat Keterangan Tugas Akhir	ii
Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	iii
Lembar Pengesahan	iv
Pernyataan Orisinalitas Laporan Tugas Akhir	v
Pernyataan Publikasi Laporan Penelitian	vi
Kata Pengantar	vii
Abstrak	ix
<i>Abstract</i>	x
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xvi
Daftar Notasi	xvii
Daftar Lampiran	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Sistematika Penulisan.....	3
1.5 Lisensi Perangkat Lunak.....	3
1.6 Metodologi Penelitian.....	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Beton.....	5
2.1.1 Material Yang Digunakan.....	5
2.1.2 Sifat-Sifat Beton.....	12
2.2 Beton Bertulang.....	15
2.2.1 Tulangan Baja.....	16
2.2.2 Hubungan Bahan Beton Dengan Baja.....	17
2.3 Rumah Fabrikasi Bangunan Pracetak.....	17
2.3.1 Sejarah Bangunan Pracetak.....	17
2.3.2 Beton Pracetak.....	19
2.3.3 Risha.....	22
2.4 Bangunan Tahan Gempa.....	26
2.5 Beban.....	27
2.5.1 Beban Gravitasi.....	27
2.5.2 Beban Gempa.....	29
2.6 Hasil Pengujian Risha.....	30
2.6.1 Uji Lentur.....	29
2.6.2 Pengujian Bangunan Uji Skala Penuh.....	31
2.6.3 Hasil Uji Komponen.....	32
2.6.4 Hasil Pengujian Skala Penuh.....	35

2.7	Metode Yang Digunakan Pada Analisis Hasil Pengujian.....	46
2.8	Perangkat Lunak SAP2000.....	47
2.8.1	<i>Software</i> SAP2000.....	47
2.8.2	Analisis <i>Pushover</i>	48
BAB III STUDI KASUS PEMBAHASAN.....		52
3.1	Data Bangunan dan Material.....	52
3.2	Pemodelan Rumah Dengan SAP2000.....	55
3.3	Pengujian Rumah Risha Dengan Program SAP2000 Secara Manual.....	73
3.4	Perbandingan Hasil Analisis.....	78
3.5	Pengujian Risha Bertingkat Dengan Program SAP2000.....	81
3.5.1	Data Bangunan.....	81
3.5.2	Pemodelan Rumah Risha Bertingkat Dengan Program SAP2000.....	82
3.5.3	Hasil Analisa Pengujian Rumah Risha Bertingkat SAP2000.....	83
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....		91
5.1	Kesimpulan.....	91
5.2	Saran.....	91
Daftar Pustaka.....		92
Lampiran.....		93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Rumah Pracetak Risha.....	2
Gambar 2.1	Diagram Hubungan Tegangan- Regangan Beton dan Baja.....	17
Gambar 2.2	Panel Penyambung.....	23
Gambar 2.3	Panel 1.....	23
Gambar 2.4	Panel 2.....	24
Gambar 2.5	Model 3D Bangunan Rumah Risha.....	24
Gambar 2.6	Tampak Depan Rumah Risha.....	25
Gambar 2.7	Tampak Samping Risha.....	25
Gambar 2.8	Tampak Atas Rumah Risha.....	26
Gambar 2.9	Grafik Hubungan Beban Terhadap Lendutan Untuk Benda Uji Dengan Tulangan $\varnothing 6$ Dilas Pabrikan Dengan f_c 30 N/mm (beton Fosroc).....	32
Gambar 2.10	Kurva Hubungan Beban Lateral Vs Pergeseran Lateral (Tr2).....	35
Gambar 2.11	Kurva Hub. Beban Lateral V dan Defleksi Lateral Puncak Tiap Siklus Pada Puncak Model Uji (Tr – 2), RISHA Sistem.....	36
Gambar 2.12	Riwayat Pembebanan Lateral Aktual Terhadap Benda Uji (Hasil Pengujian).....	36
Gambar 2.13	Degradasi Kekuatan Pada Sistem Struktur Bangunan Risha-2....	40
Gambar 2.14	Persentase Degradasi Kekuatan Tiap Siklus Pada Sistem Struktur Bangunan Risha-2.....	40
Gambar 2.15	Degradasi Kekakuan Pada Sistem Struktur Bangunan Risha-2...	43
Gambar 2.16	Degradasi Kekakuan Pada Sistem Struktur Bangunan Risha-2...	43
Gambar 2.17	Disipasi Energi Tiap Siklus Pembebanan.....	45
Gambar 2.18	Disipasi Energi Kumulatif Tiap Siklus Pembebanan.....	45
Gambar 2.19	Disipasi Energi Kumulatif Tiap Siklus Pembebanan.....	46
Gambar 2.20	Metode <i>Karacabeyli and Ceccotti (K&C)</i>	46
Gambar 2.21	Pembebanan Program SAP2000.....	49
Gambar 2.22	Menentukan Jenis NLINK Yang Akan Dipakai.....	49
Gambar 2.23	Membuat <i>Nonlinear Static Load Acase</i>	50
Gambar 2.24	Menentukan Jenis <i>Hinges</i>	51
Gambar 3.1	Denah Tampak Depan Pengujian Skala Penuh Rumah Risha.....	52
Gambar 3.2	Denah Tampak Atas Pengujian Skala Penuh Rumah Risha.....	52
Gambar 3.3	Kurva Histeresis Tr 2.....	53
Gambar 3.4	Kurva Puncak Histeresis Tr 2.....	53
Gambar 3.5	Menentukan Titik Leleh Pengujian Laboratorium.....	55
Gambar 3.6	Pemodelan 3D Pengujian Skala Penuh Rumah Dengan Program SAP2000.....	55
Gambar 3.7	Hasil <i>Run</i> Program SAP2000.....	56
Gambar 3.8	Pembuatan <i>Grid</i>	56
Gambar 3.9	Memasukkan Data Material.....	57
Gambar 3.10	Memasukkan Data Material Beton.....	57
Gambar 3.11	Memasukkan Data Material Tulangan Risha.....	58
Gambar 3.12	Membuat <i>Frames</i> Untuk Balok dan Kolom.....	58
Gambar 3.13	Memasukkan Data <i>Frames</i>	59
Gambar 3.14	Menggambar Penampang <i>Frames</i>	59

Gambar 3.15	Memasukkan Data Tulangan.....	60
Gambar 3.16	Menggambar Balok dan Kolom.....	60
Gambar 3.17	Membuat Perletakan.....	61
Gambar 3.18	Membuat <i>Load Patterns</i>	61
Gambar 3.19	Membuat <i>Load Case</i>	62
Gambar 3.20	Membuat <i>Nonlonear Static Load Acase1</i>	62
Gambar 3.21	Menentukan Jenis <i>Load Application Acase1</i>	63
Gambar 3.22	Membuat <i>Nonlinear Static Load Acase 2</i>	63
Gambar 3.23	Menentukan Jenis <i>Load Apliication Acase 2</i>	64
Gambar 3.24	Membuat <i>Nonlinear Static Load Acase 2-1</i>	64
Gambar 3.25	Menentukan Jenis <i>Load Apliication Acase 2-1</i>	65
Gambar 3.26	Membuat <i>Link Joint</i>	65
Gambar 3.27	Menentukan Jenis <i>Link</i>	66
Gambar 3.28	Memasukkan Data <i>Link</i>	66
Gambar 3.29	Menggambar <i>Link Joint</i>	67
Gambar 3.30	Memasukkan <i>Link Joint</i> ke Titik Sambungan.....	67
Gambar 3.31	Membuat <i>Hinges</i> Pada Balok.....	67
Gambar 3.32	Menentukan Jenis <i>Hinges</i> pada Balok.....	68
Gambar 3.33	Menentukan Jenis <i>Hinges</i> pada Kolom.....	68
Gambar 3.34	Bangunan Telah Diberi <i>Hinges</i>	69
Gambar 3.35	<i>Set Load Cases To Run</i>	69
Gambar 3.36	Kurva Analisis Statik <i>Pushover</i>	70
Gambar 3.37	Kurva Hasil Analisis Program SAP2000.....	71
Gambar 3.38	Nilai Titik Leleh Hasil Analisis Program SAP2000.....	72
Gambar 3.39	Menentukan <i>Frame Hinge Properties Data</i>	73
Gambar 3.40	Memasukkan Data Momen Kurvatur.....	74
Gambar 3.41	Menentukan Jenis <i>Hinge</i> Pada Kolom.....	74
Gambar 3.42	Menentukan Jenis <i>Hinge</i> Pada Balok.....	74
Gambar 3.43	Bangunan Telah Diberi <i>Hinges</i>	75
Gambar 3.44	Kurva Analisis Statik <i>Pushover</i>	75
Gambar 3.45	Kurva Hasil Analisis Program SAP2000.....	76
Gambar 3.46	Nilai Titik Leleh Hasil Analisis Program SAP2000.....	76
Gambar 3.47	Kurva Perbandingan Hasil Lab Vs SAP2000.....	79
Gambar 3.48	Pemodelan Rumah Risha Bertingkat.....	81
Gambar 3.49	Denah Tampak Depan Pengujian Rumah Risha Bertingkat.....	81
Gambar 3.50	Denah Tampak Atas Pengujian Rumah Risha Bertingkat.....	82
Gambar 3.51	Pemodelan Rumah Risha Bertingkat di Program SAP2000.....	82
Gambar 3.52	Bangunan Risha Bertingkat Hasil <i>Run Load Case</i> SAP2000.....	83
Gambar 3.53	Kurva Analisis Statik <i>Pushover</i>	83
Gambar 3.54	Kurva Hasil Analisis Rumah Risha Bertingkat Pada Program SAP2000.....	85
Gambar 3.55	Nilai Titik Leleh Hasil Analisis Program SAP2000.....	86
Gambar 3.56	Bangunan Risha Bertingkat Hasil <i>Run Load Case</i> SAP2000 Manual.....	87
Gambar 3.57	Kurva Analisis Statik <i>Pushover</i>	87
Gambar 3.58	Kurva Hasil Analisis Rumah Risha Bertingkat Pada Program SAP2000 <i>Default</i>	88
Gambar 3.59	Nilai Titik Leleh Hasil Analisis Program SAP2000.....	89
Gambar 3.60	Kurva Perbandingan Hasil SAP2000 Vs SAP2000 Manual.....	90

Gambar L1.1 Foto Pengujian Di Laboratorium.....	94
Gambar L1.2 Foto Pengujian Di Laboratorium.....	94
Gambar L1.3 Foto Pengujian Di Laboratorium.....	95
Gambar L1.4 Foto Pengujian Di Laboratorium.....	95
Gambar L1.5 Foto Pengujian Di Laboratorium.....	96
Gambar L1.6 Foto Pengujian Di Laboratorium.....	96
Gambar L1.7 Foto Pengujian Di Laboratorium.....	97
Gambar L1.8 Foto Pengujian Di Laboratorium.....	97
Gambar L2.1 Penampang Balok dan Kurva Momen Kurvatur.....	99
Gambar L2.2 Penampang Balok dan Kurva Momen Kurvatur.....	99
Gambar L3.3 Penampang Balok Tengah dan Kurva Momen Kurvatur.....	100
Gambar L3.4 Penampang Kolom Pinggir dan Kurva Momen Kurvatur.....	100
Gambar L3.5 Penampang Kolom Tengah dan Kurva Momen Kurvatur.....	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Empat Senyawa Utama Dalam Semen Portland.....	6
Tabel 2.2	Pengaruh Sifat Agregat Pada Sifat Beton.....	9
Tabel 2.3	Syarat Agregat Halus/Pasir Menurut SKSNI T-15-1990-03(PUI)...	10
Tabel 2.4	Syarat Gradasi Agregat Kasar Menurut ASTM.....	11
Tabel 2.5	Rasio Kuat Tekan Silinder-Kubus ²	13
Tabel 2.6	Perbandingan Kualitatif Antara Kayu, Baja, dan Beton.....	19
Tabel 2.7	Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung.....	28
Tabel 2.8	Beban Hidup pada Lantai Gedung.....	29
Tabel 2.9	Analisa Gempa Statis Rencana.....	32
Tabel 2.10	Rangkuman Hasil Uji Lentur.....	33
Tabel 2.11	Evaluasi Hasil Uji Lentur.....	34
Tabel 2.12	Hasil Pengujian Sistem Struktur Bangunan Risha-2 Dengan Beban Gravitasi dan Beban <i>Horizontal Quasi</i> Statik Bolak- Balik...	37
Tabel 2.13	Analisa Gempa Statis Berdasarkan Hasil Pengujian.....	38
Tabel 2.14	Distribusi <i>Base Shear</i>	39
Tabel 2.15	Stabilitas Kekuatan Pada Sistem Struktur Bangunan Risha-2.....	40
Tabel 2.16	Degradasi Kekakuan Pada Sistem Struktur Bangunan Risha-2.....	42
Tabel 2.17	Disipasi Energi Model Uji Bangunan Risha-2.....	44
Tabel 3.1	Hasil Analisis Statik <i>Pushover</i>	71
Tabel 3.2	Hasil Analisis Statik <i>Pushover</i>	76
Tabel 3.3	Perbandingan Hasil Analisis.....	78
Tabel 3.4	Perbandingan Nilai Titik Leleh.....	80
Tabel 3.5	Hasil Analisis Statik <i>Pushover</i>	84
Tabel 3.6	Kurva Analisis Statik <i>Pushover</i>	88
Tabel 3.7	Tabel Perbandingan.....	90

DAFTAR NOTASI

CI	Faktor respons getar dari spektrum gempa rencana
Dk	Degradasi kekuatan
E	Energi
f_c	Mutu Beton
fl	Faktor kuat lebih beban dan bahan yang terkandung didalam struktur gedung
Fi	Beban gempa nominal statik ekuivalen
hi	Tinggi lantai ke-i
I	Faktor keutamaan
K	Kekakuan
L	Panjang bentang komponen
M	Momen lentur dari komponen rumah Risha
P	Beban
P_{max}	Beban maksimal pada saat pengujian
P_y	Titik leleh
R	Faktor reduksi gempa
R	<i>Rotation</i>
U	<i>Displacement</i>
V	Gaya geser dasar
V_n	Gaya geser gempa rencana
V_{tot}	Gaya geser total
V_y	Beban saat leleh pertama
W_i	Berat lantai tingkat ke-i
W_{tot}	Berat total bangunan
ε	Regangan
σ	Tegangan
μ	Faktor Daktilitas
δ_i	Perpindahan pada pembebanan yang ke-1
δ_{ijin}	Lendutan ijin
δ_m	Simpangan maksimum

- δ_y Simpangan saat leleh pertama
 Δ_{max} Deformasi pada saat beban maksimal
 Δ_y Deformasi pada saat titik leleh
 $\mu_{positif}$ Faktor daktilitas positif
 $\mu_{negatif}$ Faktor daktilitas negatif

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Foto-Foto Pengujian Skala Penuh Rumah Risha.....	93
Lampiran II Komponen Rumah Risha.....	98