

STUDI ANALISIS KAPASITAS SAMBUNGAN RUMAH MODULAR BETON PRAACETAK *BRIKON*

FATMAWATI NUR AFNI

NRP:1121043

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

ABSTRAK

Rumah Modular Brikon merupakan salah satu teknologi konstruksi dengan sistem *knock down* yang dapat dibangun dengan cepat dan mudah. Rumah modular Brikon terdiri dari komponen pracetak beton bertulang berprofil dan komponen sambungan box baja berongga. Rumah modular Brikon ini memiliki keunggulan antar lain waktu konstruksi yang relatif cepat, kualitas bahan yang dapat dikontrol karena sifatnya pabrikasi, dan menggunakan teknologi yang sederhana sehingga dapat dibangun oleh masyarakat luas. Inovasi dalam penemuan teknologi tersebut diharapkan dapat mengatasi kendala akan kebutuhan rumah tinggal di Indonesia yang sangat sangat besar. Sebelum dipasarkan kepada masyarakat, sistem struktur Brikon perlu melakukan uji validasi kekuatan komponen dalam menerima beban rencana. Pengujian dilakukan di Balai Struktur, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Pengujian yang dilakukan diantaranya adalah Uji Statik Siklik Sambungan Brikon terhadap beban lateral.

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah melakukan analisis kekuatan kapasitas sambungan rumah modular pracetak Brikon. Analisis dilakukan dengan cara membandingkan hasil analisis kekuatan kapasitas sambungan berdasarkan hasil pemodelan menggunakan program *SAP2000* dengan hasil analisis pengujian eksperimental di laboratorium berdasarkan data sekunder. Pemodelan pada *SAP2000* dilakukan dengan menggunakan fitur link dan menggunakan analisis pushover.

Hasil dari penelitian tugas akhir ini memberikan nilai beban ultimit (beban maksimal) yang dapat diterima oleh benda uji serta besarnya deformasi yang terjadi ketika benda uji memikul beban ultimit.

Kata kunci: *Brikon*, Rumah Modular, *Pushover*, Data Sekunder, Kapasitas Sambungan

ANALYSIS STUDY OF JOINT CONNECTION CAPACITY IN PRECAST CONCRETE OF BRIKON MODULAR HOUSE

**FATMAWATI NUR AFNI
NRP: 1121043**

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

ABSTRACT

Brikon modular house is one of construction technologies with knock down system that made the house fast and easy to build. Brikon modular house consisting of precast concrete components and hollow steel box connection. The advantages of Brikon modular house is its relatively fast construction time , the quality of materials can be controlled because the materials is fabricated , and this house can be built by the public because it use simple technologies this discoveries of Brikon modular house technologies is expexted to overcome the obstacle of such high demand of housing in indonseia. Before it launched to the public, Brikon structural system need to be tested to validate the component strength in accepting the loads. The test is carried out at Balai Struktur, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umun dan Perumahan Rakyat. The test permorfed include Brikon cyclic static connection againts lateral loads.

The purpose of this essay is to analyze Brikon precast modular house joint connection strength capacity. The analysis carried out by comparing the result of joint connection analysis strength capacity based on modeling using SAP2000 program with the result of experimental analysis test in the laboratory based on secondary data. The modeling method use link and pushover analysis of sap2000

The result of this research provide ultimate load value (maximum load) that can be accepted by the test object and the amount of deformation that occurs when the test object accepting ultimate load

keywords : Brikon, Modular House, Pushover, Secondary Data, Joint Connection Capacity

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.....	xvii
Daftar Notasi.....	xviii
Daftar Lampiran.....	xx
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.4 Sistematika Penulisan.....	4
1.5 Metodologi Penelitian.....	5
 BAB II TINJAUAN LITERATUR.....	 7
2.1 Struktur Beton Bertulang.....	7
2.1.1 Beton.....	7
2.1.2 Baja Tulangan.....	11
2.1.3 Beton Bertulang.....	12
2.2 Struktur Beton Pracetak.....	14
2.3 Bangunan Rumah Modular Tahan Gempa.....	15
2.4 Beban Pada Struktur.....	19
2.5 Sambungan pada Beton Bertulang Pracetak.....	20
2.5.1 Sambungan Menurut SNI 03-1729-2015.....	22
2.5.2 Sambungan Baut Berulir.....	22
2.6 Data Sekunder Brikon.....	30
2.6.1 Benda Uji.....	31
2.6.2 Alat Uji dan Instrumentasi.....	31
2.6.3 Metoda Uji.....	34
2.6.4 Hasil Uji.....	36
2.7 Metoda yang digunakan pada analisis hasil pengujian.....	41
2.8 <i>Software SAP2000</i>	44
 BAB III STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN.....	 50
3.1 Analisis Eksperimental.....	50
3.2 Analisis Numerik (Pemodelan Dengan SAP2000).....	58

3.2.1	Pemodelan Dengan Hinges Default.....	58
3.2.2	Pemodelan Dengan Hinges Modifikasi.....	80
3.2.3	Pemodelan Dengan Link Di Joint 5.....	89
3.2.4	Pemodelan Dengan Link Di Joint 5 dan Joint 6.....	95
3.2.5	Idealisasi Tumpuan Laboratorium.....	102
3.3	Perbandingan Hasil Analisis.....	114
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....		121
4.1	Kesimpulan.....	121
4.2	Saran.....	122
Daftar Pustaka.....		123
Lampiran.....		125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Keruntuhan Bangunan akibat gempa bumi.....	1
Gambar 1.2	Rumah Modular dari Kayu.....	2
Gambar 1.3	Rumah Modular dari Baja Ringan.....	3
Gambar 1.4	Rumah Modular dari Beton Pracetak.....	3
Gambar 1.5	Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir.....	6
Gambar 2.1	Kurva Relasi Tegangan-Regangan untuk Beton.....	8
Gambar 2.2	Hubungan Tegangan-Regangan Baja.....	12
Gambar 2.3	Hubungan Tegangan-Regangan Beton dan Baja.....	13
Gambar 2.4	Denah Rumah.....	17
Gambar 2.5	Penempatan Pintu dan Jendela yang Simetris.....	17
Gambar 2.6	Baut Mutu Tinggi.....	22
Gambar 2.7	Dinding Reaksi dan Benda Uji.....	31
Gambar 2.8	<i>Hydraulic Jack Tokyo Sokki Kenkyujo Co</i>	32
Gambar 2.9	<i>Strain Gauge Tokyo Sokki Kenkyujo Co</i>	32
Gambar 2.10	<i>Tansducer Tokyo Sokki Kenkyujo Co</i>	32
Gambar 2.11	<i>Wire Gauge Tokyo Sokki Kenkyujo Co</i>	33
Gambar 2.12	<i>Data Logger Tokyo Sokki Kenkyujo Co</i>	33
Gambar 2.13	<i>Load Cell Tokyo Sokki Kenkyujo Co</i>	33
Gambar 2.14	Komputer yang Digunakan Selama Pengujian.....	34
Gambar 2.15	Skema Pengujian Model Sambungan Brikon.....	35
Gambar 2.16	Siklus Pembebanan Siklik Terhadap Benda Uji.....	35
Gambar 2.17	Penempatan <i>Transducer (Tr)</i> Pada Saat Pengujian.....	36
Gambar 2.18	Kurva Histeresis Eksterior Tr 1.....	36
Gambar 2.19	Kurva Histeresis Eksterior Tr 2.....	37
Gambar 2.20	Kurva Histeresis Eksterior Tr 3.....	37
Gambar 2.21	Kurva Histeresis Eksterior Tr 4.....	38
Gambar 2.22	Kurva Histeresis Eksterior Tr 5.....	38
Gambar 2.23	Kurva Histeresis Eksterior Tr 6.....	39
Gambar 2.24	Kurva Histeresis Eksterior Tr 7.....	39
Gambar 2.25	Kurva Histeresis Eksterior Tr 8.....	40
Gambar 2.26	Kurva Histeresis Eksterior Tr 9.....	40
Gambar 2.27	Kurva Histeresis Eksterior Tr 10.....	41
Gambar 2.28	Metode <i>Karacabeyli and Ceccotti (K&C)</i>	41
Gambar 2.29	Metode <i>CSIRO</i>	42
Gambar 2.30	Metode <i>EEEP</i>	42
Gambar 2.31	Metode <i>Yasamura and Kawai (Y&K)</i>	43
Gambar 2.32	Metode 5% diameter.....	43
Gambar 2.33	Skematik Analisis Statik Beban Dorong.....	45
Gambar 2.34	Kurva Kapasitas Kinerja.....	46
Gambar 2.35	Ilustrasi Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja.....	46
Gambar 2.36	Derajat Kebebasan Joint pada Sistem Koordinat Lokal.....	48
Gambar 3.1	Model Benda Uji Sambungan Eksterior.....	51
Gambar 3.2	Penempatan <i>Transducer (Tr)</i> yang ditinjau.....	52
Gambar 3.3	Kurva Histeresis Tr-3.....	52
Gambar 3.4	Nilai Titik Puncak Kurva Histeresis Tr-3.....	53

Gambar 3.5	Nilai Titik Leleh Kurva Histeresis Tr-3.....	54
Gambar 3.6	Penempatan <i>Transducer</i> (Tr) yang ditinjau.....	55
Gambar 3.7	Kurva Histeresis Tr-10.....	56
Gambar 3.8	Nilai Titik Puncak Kurva Histeresis Tr-10.....	56
Gambar 3.9	Nilai Titik Leleh Kurva Histeresis Tr-10.....	58
Gambar 3.10	Membuat <i>Grid</i>	59
Gambar 3.11	Membuat Data Material.....	59
Gambar 3.12	Data Material Brikon.....	60
Gambar 3.13	Data Material Tulangan Brikon.....	60
Gambar 3.14	Membuat <i>Frames</i> Untuk Balok dan Kolom.....	61
Gambar 3.15	Memasukan Data <i>Frames</i>	61
Gambar 3.16	Menggambar Penampang <i>Frames</i>	62
Gambar 3.17	Memasukan Data Tulangan.....	62
Gambar 3.18	Menggambar Balok dan Kolom.....	63
Gambar 3.19	Membuat Perletakan.....	63
Gambar 3.20	Membuat <i>Load Patterns</i>	64
Gambar 3.21	Membuat <i>Load Cases</i>	64
Gambar 3.22	Memasukan Beban Aksial.....	65
Gambar 3.23	Portal Dengan Beban.....	65
Gambar 3.24	Membuat <i>Nonlinear Static Load</i> Acase1.....	66
Gambar 3.25	Menentukan Jenis <i>Load Control</i> Acase1.....	66
Gambar 3.26	Membuat <i>Nonlinear Static Load</i> Acase1-1.....	67
Gambar 3.27	Menentukan Jenis <i>Load Control</i> Acase1-1.....	67
Gambar 3.28	Membuat <i>Nonlinear Static Load</i> Acase2.....	68
Gambar 3.29	Menentukan Jenis <i>Load Control</i> Acase2.....	68
Gambar 3.30	Membuat <i>Nonlinear Static Load</i> Acase2-1.....	69
Gambar 3.31	Menentukan Jenis <i>Load Control</i> Acase2-1.....	69
Gambar 3.32	Membuat <i>Link Joint</i>	70
Gambar 3.33	Menentukan Jenis <i>Link</i>	70
Gambar 3.34	Memasukan Data <i>Link</i>	71
Gambar 3.35	Menggambar <i>Link Joint</i>	71
Gambar 3.36	Portal Dengan <i>Link Joint</i>	71
Gambar 3.37	Membuat <i>Hinges</i> pada Balok dan kolom.....	72
Gambar 3.38	Menentukan Jenis <i>Hinges</i> pada Balok dan kolom.....	72
Gambar 3.39	<i>Hinges</i> pada Balok dan kolom.....	73
Gambar 3.40	Portal dengan <i>Hinges</i>	73
Gambar 3.41	Menentukan <i>Load Cases</i> yang akan di <i>Run</i>	74
Gambar 3.42	<i>Load Cases</i> yang telah di <i>Run</i>	74
Gambar 3.43	Kurva Analisis Statik <i>Pushover</i> di <i>joint</i> 4 (Tr-3).....	75
Gambar 3.44	Hasil Analisis Program SAP2000 di <i>joint</i> 4 (Tr-3).....	75
Gambar 3.45	Kurva Analisis Statik <i>Pushover</i> di <i>joint</i> 5 (Tr-10).....	76
Gambar 3.46	Hasil Analisis Program SAP2000 di <i>joint</i> 5 (Tr-10).....	76
Gambar 3.47	Sendi Plastis Pada Step 2.....	77
Gambar 3.48	Sendi Plastis Pada Step 12.....	78
Gambar 3.49	Sendi Plastis Pada Step 1.....	79
Gambar 3.50	Sendi Plastis Pada Step 11.....	79
Gambar 3.51	Membuat <i>Hinges</i> Brikon.....	80
Gambar 3.52	Menentukan Jenis <i>Hinges</i>	81

Gambar 3.53	Data Hasil Pengujian Lentur Pada Balok.....	81
Gambar 3.54	Memasukan Data <i>Hinges</i>	82
Gambar 3.55	Membuat <i>Hinges</i> pada Portal Eksterior Brikon	82
Gambar 3.56	Portal dengan <i>Hinges</i>	83
Gambar 3.57	Kurva Analisis Statik <i>Pushover</i> di <i>joint</i> 4 (Tr-3).....	83
Gambar 3.58	Hasil Analisis Program SAP2000 di <i>joint</i> 4 (Tr-3).....	84
Gambar 3.59	Kurva Analisis Statik <i>Pushover</i> di <i>joint</i> 5 (Tr-10).....	85
Gambar 3.60	Hasil Analisis Program SAP2000 di <i>joint</i> 5 (Tr-10).....	85
Gambar 3.61	Sendi Plastis Pada Step 1.....	86
Gambar 3.62	Sendi Plastis Pada Step 12.....	87
Gambar 3.63	Sendi Plastis Pada Step 1.....	88
Gambar 3.64	Sendi Plastis Pada Step 11.....	89
Gambar 3.65	Portal dengan <i>Link</i> di <i>Joint</i> 5.....	89
Gambar 3.66	Kurva Analisis Statik <i>Pushover</i> di <i>joint</i> 4.....	90
Gambar 3.67	Hasil Analisis Program SAP2000 di <i>joint</i> 4.....	90
Gambar 3.68	Kurva Analisis Statik <i>Pushover</i> di <i>joint</i> 5.....	91
Gambar 3.69	Hasil Analisis Program SAP2000 di <i>joint</i> 5.....	92
Gambar 3.70	Sendi Plastis Pada Step 1.....	93
Gambar 3.71	Sendi Plastis Pada Step 11.....	94
Gambar 3.72	Sendi Plastis Pada Step 1.....	94
Gambar 3.73	Sendi Plastis Pada Step 12.....	95
Gambar 3.74	Portal dengan 2 <i>Link</i>	96
Gambar 3.75	Kurva Analisis Statik <i>Pushover</i> di <i>joint</i> 4 (Tr-3).....	97
Gambar 3.76	Hasil Analisis Program SAP2000 di <i>joint</i> 4 (Tr-3).....	97
Gambar 3.77	Kurva Analisis Statik <i>Pushover</i> di <i>joint</i> 5 (Tr-10).....	98
Gambar 3.78	Hasil Analisis Program SAP2000 di <i>joint</i> 5 (Tr-10).....	99
Gambar 3.79	Sendi Plastis Pada Step 1.....	100
Gambar 3.80	Sendi Plastis Pada Step 11.....	101
Gambar 3.81	Sendi Plastis Pada Step 1.....	101
Gambar 3.82	Sendi Plastis Pada Step 12.....	102
Gambar 3.83	Membuat Grid.....	103
Gambar 3.84	Membuat <i>Hinges</i> Brikon.....	103
Gambar 3.85	Menentukan Jenis <i>Hinges</i>	104
Gambar 3.86	Data Hasil Pengujian Lentur Pada Balok.....	104
Gambar 3.87	Memasukan Data <i>Hinges</i>	105
Gambar 3.88	Membuat <i>Hinges</i> Pada Portal Eksterior Brikon	105
Gambar 3.89	Portal Dengan <i>Hinges</i>	106
Gambar 3.90	Kurva Analisis Statik <i>Pushover</i> di <i>joint</i> (Tr-3).....	106
Gambar 3.91	Hasil Analisis Program SAP2000 di <i>joint</i> 4 (Tr-3).....	107
Gambar 3.92	Nilai Titik Leleh di <i>Joint</i> 4 (Tr-3).....	108
Gambar 3.93	Kurva Analisis Statik <i>Pushover</i> di <i>joint</i> 5 (Tr-10).....	108
Gambar 3.94	Hasil Analisis Program SAP2000 di <i>joint</i> 5 (Tr-10).....	109
Gambar 3.95	Nilai Titik Leleh di <i>Joint</i> 5.....	110
Gambar 3.96	Sendi Plastis Pada Step 1.....	111
Gambar 3.97	Sendi Plastis Pada Step 5.....	112
Gambar 3.98	Sendi Plastis Pada Step 1.....	113
Gambar 3.99	Sendi Plastis Pada Step 11.....	113
Gambar 3.100	Perbandingan Hasil Analisis pada Transducer 3.....	114

Gambar 3.101	Perbandingan Hasil Analisis pada Transducer 10.....	115
Gambar 3.102	Kurva Perbandingan Hasil Analisis Di <i>Joint</i> 4 (Tr-3).....	116
Gambar 3.103	Kurva Perbandingan Hasil Analisis Di <i>Joint</i> 5 (Tr-10).....	117
Gambar 3.104	Penempatan <i>Transducer</i> Yang Ditinjau.....	118
Gambar L1.1	<i>Setup</i> Benda Uji Siklik Portal Eksterior Brikon.....	126
Gambar L1.2	Posisi Pemasangan <i>Transducer</i> (Tr).....	126
Gambar L1.3	Penomoran <i>Transducer</i> (Tr).....	127
Gambar L1.4	Proses Pengujian.....	128
Gambar L1.5	Pola Retak Terjadi Pada Balok.....	128
Gambar L1.6	Kerusakan Portal Pada Akhir Pengujian.....	129
Gambar L1.7	Kerusakan Sambungan Pada Akhir Pengujian.....	129
Gambar L2.1	<i>Setup</i> Benda Uji Lentur Balok Brikon.....	131
Gambar L2.2	Kerusakan Balok Pada Akhir Pengujian.....	131
Gambar L2.3	Grafik Hubungan Beban, P dan Lendutan $1/2L$	132

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jarak Tepi Minimum, dari Pusat Lubang Standar ke Tepi dari Bagian yang Disambung.....	23
Tabel 2.2	Nilai Penambahan Jarak Tepi C2.....	24
Tabel 3.1	Perbandingan Hasil Analisis Tr-3.....	119
Tabel 3.2	%- Perbedaaan Hasil Analisis SAP2000 Dan Hasil Eksperimental Untuk Tinjauan Di Tr-3.....	119
Tabel 3.3	Perbandingan Hasil Analisis Tr-10.....	119
Tabel 3.4	%- Perbedaaan Hasil Analisis SAP2000 Dan Hasil Eksperimental Untuk Tinjauan Di Tr-10.....	120

DAFTAR NOTASI

A_b	: Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir (mm ²)
A_e	: Luas neto efektif
A_{gv}	: Luas bruto yang menahan geser
A_{nt}	: Luas neto yang menahan gaya Tarik
A_{nv}	: Luas neto yang menahan geser
d	: Diameter baut nominal (mm)
E	: Modulus elastisitas (MPa)
F_n	: Tegangan tarik nominal
F_{nt}	: Tegangan tarik nominal dari tabel
F'_{nt}	: Tegangan tarik nominal yang dimodifikasikan mencakup efek tegangan geser (MPa)
F_{nv}	: Tegangan geser dari tabel
f_{rv}	: Tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI
ℓ_c	: Jarak bersih, dalam arah dari gaya, antara tepi lubang dan tepi lubang yang berdekatan atau tepi dari material (mm)
n_b	: Jumlah baut yang menahan gaya tarik yang diterapkan
P	: Gaya dorong, dinyatakan dalam satuan Kilogram
P_{max}	: Gaya dorong, dinyatakan dalam satuan Kilogram
R_a	: Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DKI
R_n	: Kekuatan Nominal
R_u	: Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK
t	: Ketebalan dari material yang di sambung (mm)
T_a	: Gaya tarik yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DKI
T_u	: Gaya tarik yang diperluka menggunakan kombinasi beban DFBK
ϕR_n	: Kekuatan desain
ϕ	: Faktor ketahanan
μ	: Koefisien slip rata-rata

Ω : Faktor keamanan

Δ : Deformasi (mm)

Δ_{max} : Deformasi Maksimal (mm)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Uji Siklik Portal Eksterior Brikon.....	125
Lampiran 2	Uji Lentur Balok Brikon.....	130