

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	I
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	II
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	III
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	IV
<b>DAFTAR ISI</b> .....	VII
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	XII
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	XIII
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	XVII
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	XIX
<b>ABSTRACT</b> .....	XX
<b>INTISARI</b> .....	XXI
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	3
C. Manfaat Penelitian .....	4
D. Batasan Masalah .....	4
E. Keaslian Penelitian .....	5
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
A. Pengetahuan Dasar Gempa .....	6
B. Dasar Kerusakan Bangunan <i>Non Engineered</i> .....	7
C. Pengaruh Gempa Bumi Terhadap Struktur .....	9
D. Kerusakan Akibat Getaran Pada Struktur .....	10
E. Baja Ringan Sebagai Komponen Struktur Rangka Bangunan .....	14



**BAB III. LANDASAN TEORI** ..... 19

**A. Material** ..... 19

1. Struktur Baja *Cold-Formed* ..... 19

2. Dinding Batako ..... 22

3. Adukan Pasangan Tembok/ Mortar ..... 23

4. Karakteristik Dinding ..... 26

4.1 Perilaku Dinding Akibat Beban Gempa ..... 26

**B. Beban Lateral Bolak-Balik** ..... 27

1. *Hysteretic Curve* dan *Envelope Curve* ..... 28

2. *Equivalent Energy Elastic-Plastic (EEEP) Curve* ..... 28

3. Daktilitas ..... 30

4. *Maximum Shear Strength ( $v_{peak}$ )* ..... 32

5. *Hysteretic Loop* ..... 33

6. *Hysteretic Energy (HE)* ..... 33

7. *Potential Energy (PE)* dan Kekakuan Siklus ( $k_c$ ) ..... 34

8. *Equivalent Viscous Damping Ratio (EVDR)* ..... 35

**C. Analisa Gempa** ..... 36

**BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN** ..... 39

**A. Bahan dan Material Penelitian** ..... 39

1. Profil *Lip-Chanel* ..... 39

2. Alat Sambung ..... 39

3. Bahan Pengisi *Frame* ..... 40

**B. Peralatan Penelitian** ..... 41

1. *Loading Frame* ..... 41

2. *Multi Purpose Testing System (MTS)* ..... 42

3. *Strain Indicator* ..... 42

4. *Strain Gauge* ..... 43

5. *Crane* ..... 43

6. Bor (*Drilling*) ..... 44

7. Gergaji mesin ..... 44

8. Kunci Pas ..... 44



UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

**Studi kapasitas smart frame dengan dinding pengisi kayu dan batako untuk bangunan rumah sederhana**

CHABIBULAH, Fauzi, Dr.-Ing. Ir. Andreas Triwiyono

Universitas Gadjah Mada, 2008 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

Meteran .....	45
10. Timbangan .....	45
11. Mesin las listrik dan elektroda .....	45
12. Karung Pasir .....	46
13. Tali/Sling .....	46
14. Baut .....	46
C. Tahapan Penelitian .....	47
D. Tahapan Persiapan.....	48
E. Tahapan Pelaksanaan Pengujian .....	50
1. Tahap <i>Load-Controlled</i> .....	51
2. Tahap Pengujian <i>Frame</i> .....	53
F. Tahapan Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	54
<b>BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>56</b>
A. Pengujian Kuat Tarik Baja .....	56
B. Pengujian <i>Frame</i> .....	57
1. <i>Hysteretic Curve</i> .....	58
2. Kekakuan Elastis ( $k_e$ ).....	64
3. Beban Hasil Pengujian.....	65
4. Simpangan Hasil Pengujian.....	67
5. Daktilitas .....	69
6. <i>Maximum Shear Strength</i> ( $V_{peak}$ ).....	71
7. <i>Hysteretic Energy</i> (HE) .....	72
8. <i>Potential Energy</i> (PE).....	76
9. Kekakuan Siklus ( $k_c$ ) .....	79
10. <i>Equivalent Viscous Damping Ratio</i> (EVDR) .....	83
11. Pola Kerusakan .....	86
1. Pola Kerusakan <i>Frame</i> dengan Dinding Pengisi <i>Full</i> Kayu .....	86
1. Pola Kerusakan <i>Frame</i> dengan Dinding Pengisi Kayu dan Batako ..	88
C. Wilayah Gempa Maksimum .....	91



**Studi kapasitas smart frame dengan dinding pengisi kayu dan batako untuk bangunan rumah sederhana**

CHABIBULAH, Fauzi, Dr.-Ing. Ir. Andreas Triwiyono

Universitas Gadjah Mada, 2022. Dikunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	93
--	----

<b>A. Kesimpulan</b> .....	93
----------------------------	----

<b>B. Saran</b> .....	95
-----------------------	----

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	96
-----------------------------	----

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1.</b>	Kelebihan dari CFS (PT. Bluescope) .....	22
<b>Tabel 3.2.</b>	Kuat Tekan Mortar yang dibuat dari Semen Portland Merk Onoda dan Pasir Opak (Kardiono dan Antono, 1982) .....	25
<b>Tabel 3.3.</b>	Parameter Daktilitas Struktur Gedung ( SNI 03-1726-2002) .....	32
<b>Tabel 3.4.</b>	Klasifikasi Tingkat Daktilitas Struktur (FEMA 306) .....	32
<b>Tabel 3.5.</b>	Faktor Keutamaan I Untuk Berbagai Kategori Gedung dan Bangunan (SNI 02-1726-2002).....	37
<b>Tabel 4.1.</b>	Benda Uji, Jenis Uji, Data Hasil Uji dan Pengamatan .....	55
<b>Tabel 5.1.</b>	Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja .....	56
<b>Tabel 5.2.</b>	<i>Envelope Curve Frame</i> dengan Dinding Pengisi <i>Full Kayu</i> .....	60
<b>Tabel 5.3.</b>	<i>Envelope Curve Frame</i> dengan Dinding Pengisi Kayu dan Batako ..	61
<b>Tabel 5.4.</b>	<i>Envelope Curve Frame</i> Tanpa Dinding Pengisi .....	62
<b>Tabel 5.5.</b>	Hasil Perhitungan <i>Hysteretic Energy Frame</i> dengan Dinding Pengisi <i>Full Kayu</i> .....	72
<b>Tabel 5.6.</b>	Hasil Perhitungan <i>Hysteretic Energy Frame</i> dengan Dinding Pengisi Setengah Dinding Berupa Kayu dan Sisanya Batako .....	73
<b>Tabel 5.7.</b>	Hasil Perhitungan <i>Hysteretic Energy Frame</i> Tanpa Dinding Pengisi.	73
<b>Tabel 5.8.</b>	Hasil Perhitungan Energi Potensial <i>Frame</i> dengan Dinding Pengisi <i>Full Kayu</i> .....	76
<b>Tabel 5.9.</b>	Hasil Perhitungan Energi Potensial <i>Frame</i> dengan Dinding Pengisi Setengah Dinding Berupa Kayu dan Sisanya Batako .....	77
<b>Tabel 5.8.</b>	Kekakuan Siklus <i>Frame</i> dengan Dinding Pengisi <i>Full Kayu</i> .....	69



Tabel 5.11. Kekakuan Siklus *Frame* dengan Dinding Pengisi Full Kayu ..... 80

Tabel 5.12. Kekakuan Siklus *Frame* dengan Dinding Pengisi Setengah

Tinggi dinding Berups Kayu dan Sisanya Kayu..... 80

Tabel 5.13. Kekakuan Siklus *Frame* Dinding Pengisi ..... 81

Tabel 5.14. *Equivalent Viscous Damping Ratio* (EVDR) *Frame* dengan Dinding

Pengisi *Full* Kayu..... 83

Tabel 5.15. *Equivalent Viscous Damping Ratio* (EVDR) *Frame* dengan Dinding

Pengisi Setengah Tinggi Berupa Kayu dan Sisanya Batako ..... 84

Tabel 5.15. *Equivalent Viscous Damping Ratio* (EVDR) *Frame* Tanpa Dinding

Pengisi ..... 84

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Retak Geser Dinding Bata Akibat Beban Gempa ..... 2

Gambar 1.2. Rusak Berat pada Bangunan Sederhana Akibat Beban Gempa ..... 2

Gambar 2.1. Diagram Tegangan-Regangan Baja Canai Panas dan Baja Canai

Dingin ..... 15

Gambar 2.2. Baja *Cold-formed* pada struktur sistem panel ..... 17

Gambar 2.3. Baja *Cold-formed* pada struktur sistem modular ..... 18

Gambar 3.1. Proses pembentukan profil baja *cold-formed* ..... 19

Gambar 3.2. Langkah – langkah pembentukan profil canal *cold-formed* ..... 20

Gambar 3.3. Berbagai jenis hasil produksi pabrikasi (Yu 2000)..... 20

Gambar 3.4. Komposisi lapisan pada material (PT. BSL) ..... 21

Gambar 3.5. Perbandingan hasil tes korosi selama 6 tahun (PT. BSL) ..... 22



**Gambar 3.6. Komponen Dasar dari Bangunan Rumah Sederhana**

(Murty,2003) .....	26
<b>Gambar 3.7. Perilaku Beban Gempa pada Arah Sumbu Kuat dan Sumbu Lemah (Murty,2003) .....</b>	<b>27</b>
<b>Gambar 3.8. Observed Hysteretic Curve and Envelope Curva .....</b>	<b>28</b>
<b>Gambar 3.9. Kurva Elastis Plastis (ASTM E 2126-02a) .....</b>	<b>29</b>
<b>Gambar 3.10. Hysteretic loops dan potential energy (ASTM E 2126-02a) .....</b>	<b>33</b>
<b>Gambar 3.11. Respons Spektrum Gempa Rencana (SNI 03-1726-2002) .....</b>	<b>38</b>
<b>Gambar 4.1. Profil Lip-Chanel .....</b>	<b>39</b>
<b>Gambar 4.2. Baut (self drilling screw) .....</b>	<b>40</b>
<b>Gambar 4.3. Bahan Pengisi Frame untuk Dinding .....</b>	<b>41</b>
<b>Gambar 4.4. Loading Frame .....</b>	<b>41</b>
<b>Gambar 4.5. Hidraulic Actuator .....</b>	<b>42</b>
<b>Gambar 4.6. Micro console control (MTS) type 458.20 .....</b>	<b>42</b>
<b>Gambar 4.7. Strain Indicator Type P-3500 kap 10 chanel .....</b>	<b>43</b>
<b>Gambar 4.8. Strain Gauge Type FLA-6-11(Japan) .....</b>	<b>43</b>
<b>Gambar 4.9. Crane merk Demag kapasitas 5 ton .....</b>	<b>43</b>
<b>Gambar 4.10. Bor mesin .....</b>	<b>44</b>
<b>Gambar 4.11. Gergaji mesin .....</b>	<b>44</b>
<b>Gambar 4.12. Kunci Pas .....</b>	<b>44</b>
<b>Gambar 4.13. Meteran .....</b>	<b>45</b>
<b>Gambar 4.14. Timbangan merk FAGANI kap max 500 kg .....</b>	<b>45</b>
<b>Gambar 4.15. Mesin las (merk SIP 200 11 kVA) dan Elektroda .....</b>	<b>46</b>
<b>Gambar 4.16. Karung Pasir .....</b>	<b>46</b>
<b>Gambar 4.17. Tali / Sling .....</b>	<b>46</b>
<b>Gambar 4.18. Baut Dudukan Benda Uji .....</b>	<b>47</b>
<b>Gambar 4.19. Pemotongan Profil .....</b>	<b>48</b>
<b>Gambar 4.20. Pemasangan dan Penyambungan Profil .....</b>	<b>49</b>
<b>Gambar 4.21. Pemasangan Pengisi Dinding Kayu pada Frame .....</b>	<b>49</b>
<b>Gambar 4.22. Pemasangan Angkur pada Frame .....</b>	<b>50</b>
<b>Gambar 4.23. Benda Uji Frame dengan Pengisi Full Kayu .....</b>	<b>50</b>



Kayu dan Sisanya Batako.....	51
<b>Gambar 4.25.</b> Pola Pembebanan Untuk <i>Frame</i> menggunakan Dinding Pengisi <i>full</i> Kayu (Suhendro dan Sulendra, 2004) .....	53
<b>Gambar 4.26.</b> Pola Pembebanan Untuk <i>Frame</i> Menggunakan Dinding Pengisi Kayu dan Batako (Suhendro dan Sulendra, 2004) .....	53
<b>Gambar 4.27.</b> Set Up Pengujian <i>Frame</i> .....	54
<b>Gambar 5.1.</b> Kurva hasil hubungan Tegangan-Regangan baja ringan.....	57
<b>Gambar 5.2.</b> <i>Hysteretic curve</i> benda uji <i>Frame</i> dengan Dinding Pengisi <i>Full</i> Kayu .....	58
<b>Gambar 5.3.</b> <i>Hysteretic curve</i> benda uji <i>Frame</i> dengan Dinding Pengisi Setengah Dinding Berupa Kayu dan Sisanya Batako .....	59
<b>Gambar 5.4.</b> <i>Hysteretic curve</i> benda uji <i>Frame</i> Tanpa Dinding Pengisi.....	60
<b>Gambar 5.5.</b> Kurva <i>Envelope</i> <i>Frame</i> dengan Dinding Pengisi Setengah Dinding Berupa Kayu dan Sisanya Batako .....	63
<b>Gambar 5.6.</b> Kurva <i>Envelope</i> <i>Frame</i> Tanpa Dinding Pengisi .....	63
<b>Gambar 5.7.</b> Perbandingan Nilai Rata-rata Kekakuan Elastis <i>Frame</i> .....	64
<b>Gambar 5.8.</b> Perbandingan Nilai Rata-rata Kekakuan Elastis <i>Frame</i> Tanpa Dinding Pengisi .....	65
<b>Gambar 5.9.</b> Perbandingan Beban rata-rata pada <i>Frame</i> Menggunakan Dinding Pengisi .....	66
<b>Gambar 5.10.</b> Perbandingan Beban rata-rata pada <i>Frame</i> Tanpa Dinding Pengisi .....	66
<b>Gambar 5.11.</b> Simpangan rata-rata <i>Frame</i> Menggunakan Dinding Pengisi .....	68
<b>Gambar 5.12.</b> Simpangan rata-rata <i>Frame</i> Tanpa Dinding Pengisi .....	68
<b>Gambar 5.13.</b> Nilai Daktilitas <i>Frame</i> Menggunakan Dinding Pengisi.....	69
<b>Gambar 5.14.</b> Nilai Daktilitas <i>Frame</i> Tanpa Dinding Pengisi.....	70
<b>Gambar 5.15.</b> Nilai Kuat Geser Maksimum <i>Frame</i> Menggunakan Dinding Pengisi .....	71
<b>Gambar 5.16.</b> Nilai Kuat Geser Maksimum <i>Frame</i> Tanpa Dinding Pengisi .....	71



<b>Gambar 5.17.</b> Kurva <i>Hysteretic Energy</i> (HE) <i>Frame</i> dengan Pengisi <i>Full Kayu</i> ..	74
<b>Gambar 5.18.</b> Kurva <i>Hysteretic Energy</i> (HE) <i>Frame</i> dengan Pengisi Setengah Dinding Berupa Kayu dan Sisanya Batako .....	74
<b>Gambar 5.19.</b> Kurva <i>Hysteretic Energy</i> (HE) <i>Frame</i> Tanpa Pengisi.....	74
<b>Gambar 5.20.</b> Kronologis Perubahan Posisi <i>Frame</i> Tanpa Dinding Pengisi .....	75
<b>Gambar 5.21.</b> Grafik Energi Potensial Pada <i>Frame</i> dengan Pengisi <i>full Kayu</i> .....	78
<b>Gambar 5.22.</b> Grafik Energi Potensial Pada <i>Frame</i> dengan Pengisi Setengah Dinding Berupa Kayu dan Sisanya Batako .....	78
<b>Gambar 5.23.</b> Grafik Energi Potensial Pada <i>Frame</i> Tanpa Pengisi.....	79
<b>Gambar 5.24.</b> Degradasi Kekakuan Siklus Pada <i>Frame</i> Dengan Bahan Pengisi <i>Full Kayu</i> .....	82
<b>Gambar 5.25.</b> Degradasi Kekakuan Siklus Pada <i>Frame</i> Dengan Bahan Pengisi Setengah Dinding Berupa Kayu dan Sisanya Batako .....	82
<b>Gambar 5.26.</b> Degradasi Kekakuan Siklus Pada <i>Frame</i> Tanpa Dinding Pengisi .	82
<b>Gambar 5.27.</b> EVDR <i>Frame</i> dengan Dinding Pengisi <i>Full Kayu</i> .....	85
<b>Gambar 5.28.</b> EVDR <i>Frame</i> dengan Dinding Pengisi Setengah Dinding Berupa Kayu dan Sisanya Batako.....	85
<b>Gambar 5.29.</b> EVDR <i>Frame</i> Tanpa Dinding Pengisi .....	86
<b>Gambar 5.30.</b> Melengkungnya Sayap Pada <i>Frame</i> .....	87
<b>Gambar 5.31.</b> Terangkatnya Perletakan <i>Frame</i> .....	88
<b>Gambar 5.32.</b> Retak Antara Batako dengan <i>Frame</i> .....	89
<b>Gambar 5.33.</b> Putusnya <i>Bracing</i> .....	89
<b>Gambar 5.34.</b> Retak Pertemuan Antara Dinding Batakodan Sloof .....	90
<b>Gambar 5.35.</b> Melengkunya <i>Frame</i> .....	90
<b>Gambar 5.36.</b> Prototipe <i>Frame</i> di Bantul.....	92

## DAFTAR NOTASI

A	Luas daerah di bawah <i>envelope curve</i> atau kurva beban-simpangan dari titik asal sampai pada simpangan ultimit, N mm.
$A_{st}$	Luas tulangan, $\text{mm}^2$
a	Tinggi benda uji, mm.
b	Lebar dari benda uji, mm.
$C_1$	Faktor respon gempa
$f_y$	Kuat leleh baja, MPa.
$f_t$	Kuat tarik baja, MPa
$G'$	Kekakuan geser global, N/mm.
I	Faktor keutamaan struktur
$k_e$	Kekakuan geser elastis ( <i>elastic shear stiffness</i> ), N/mm.
$k_c$	Kekakuan siklus, N/mm
P	Beban lateral, N.
$P_{peak}$	Beban lateral puncak, N
$P_{yield}$	Beban leleh, N
$P_{avg:peak}$	Beban rata-rata pada simpangan arah positif dan arah negative, N
$P_{kc}$	Rata-rata absolut beban siklus positif dan negative, N
$P_{maks}$	Beban lateral maksimum dinding ( $P_{peak}$ ), N
V	Beban geser dasar nominal statik (kN)
$W_t$	Berat total struktur, kN
R	Faktor reduksi gempa
$S_u$	Kuat geser ultimit ( <i>ultimate shear strength</i> ), N/mm.



- $\Delta$  Simpangan horizontal total termasuk efek rotasi dan translasi serta geser, mm.
- $\Delta_{kc}$  Rata-rata absolut simpangan siklus positif dan negative, mm
- $\Delta_u$  Simpangan saat ultimit, mm.
- $\Delta_{yield}$  Simpangan saat leleh, mm.
- $\mu_s$  Daktilitas struktur.

## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1** DATA SPESIMENT HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BAJA *COLD-FORMED*
- LAMPIRAN 2** DATA UJI TARIK BAJA *COLD-FORMED*
- LAMPIRAN 3** GRAFIK UJI TARIK BAJA *COLD-FORMED*
- LAMPIRAN 4**
- A-1 PERHITUNGAN GAYA GESER GEMPA STATIK EKIVALEN
  - A-2 PERHITUNGAN EFEK TEKANAN ANGIN ARAH TRANVERSAL
- LAMPIRAN 5**
- B-1.A TABEL DATA PEMBACAAN AKTUATOR PADA FRAME MENGGUNAKAN DINDINGPENGISI FULL KAYU
  - B-2.A PERHITUNGAN POTENSIAL ENERGI, EQUIVALENT VISCOUS DAMPING RATIO DAN CYCLIC STIFFNES TIAP SIKLUS
  - B-3.A TABEL ENVELOPE CURVE FRAME MENGGUNAKAN DINDING PENGISI FULL KAYU
  - B-4.A TABEL POTENSIAL ENERGY (PE), HYSTERETIC ENERGY (HE), EVDR.
  - B-5.A PERHITUNGAN KEKAKUAN ELASTIS DAN DAKTILITAS
  - B-6.A PERHITUNGAN MAXIMUM SHEAR STERNGHT ( $V_{peak}$ ).
  - B-7.A PERHITUNGAN KEKAKUAN ELASTIS ( $K_e$ )
- LAMPIRAN 6**
- B-1.B TABEL DATA PEMBACAAN AKTUATOR PADA FRAME MENGGUNAKAN DINDING PENGISI SETENGAH KAYU DAN SISANYA BATAKO
  - B-2.B PERHITUNGAN POTENSIAL ENERGI, EQUIVALENT VISCOUS DAMPING RATIO DAN CYCLIC STIFFNES TIAP SIKLUS

**B-3.B** TABEL ENVELOPE CURVE FRAME MENGGUNAKAN  
DINDING PENGISI SETENGAH KAYU DAN SISANYA  
BATAKO

- B-4.B** TABEL POTENSIAL ENERGY (PE), HYSTERETIC ENERGY (HE), EVDR.
- B-5.A** PERHITUNGAN KEKAKUAN ELASTIS DAN DAKTILITAS
- B-6.A** PERHITUNGAN MAXIMUM SHEAR STERNGHT ( $V_{peak}$ ).
- B-7.A** PERHITUNGAN KEKAKUAN ELASTIS ( $K_e$ )