



## **Rumah Modular:**

Perkembangan Analisis Keandalan & Evaluasi Kinerja  
Tahan Gempa

**Dr. Yosafat Aji Pranata**

Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha, Bandung

disampaikan di

**Universitas Veteran Bangun Nusantara**

Sukoharjo, 21 September 2019



- **Sharing:**

1. Teknologi Rumah Modular.
2. Pengujian Rumah (dan Komponen) di Laboratorium.
3. Perkembangan Peraturan Gempa di Indonesia.
4. Perkembangan Analisis Keandalan dan Evaluasi Kinerja.
  - Analisis statik beban dorong (pushover)
5. Analisis Riwayat Waktu.

# Tinjauan Pustaka

- Teknologi rumah tapak (modular, pracetak, pabrikasi) tahan gempa yang telah dikembangkan oleh Pusperkim, Balitbang, Kementerian PUPR dan telah banyak diterapkan di berbagai tempat di Indonesia, terutama pada daerah rawan gempa.



*Sumber gambar: [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id)*

- Teknologi tersebut mencakup kriteria kehandalan terhadap kekuatan, kekakuan, stabilitas akibat beban gravitasi dan beban lateral (gempa).
- Terbaru, diterapkan sebagai bagian dari upaya pemerintah dalam pemulihan pasca gempa di daerah Lombok.

# Tinjauan Pustaka

- Hunian, penataan kawasan berbasis kemitraan, Semanggi, Surakarta.



Sumber gambar: Yuri Hermawan Prasetyo.



# Tinjauan Pustaka

- Hunian, penataan kawasan berbasis kemitraan.



*Sumber gambar: Yuri Hermawan Prasetyo.*

# Kompetisi Rumah Pabrikasi (Untuk Mahasiswa tingkat Perguruan Tinggi di Indonesia)

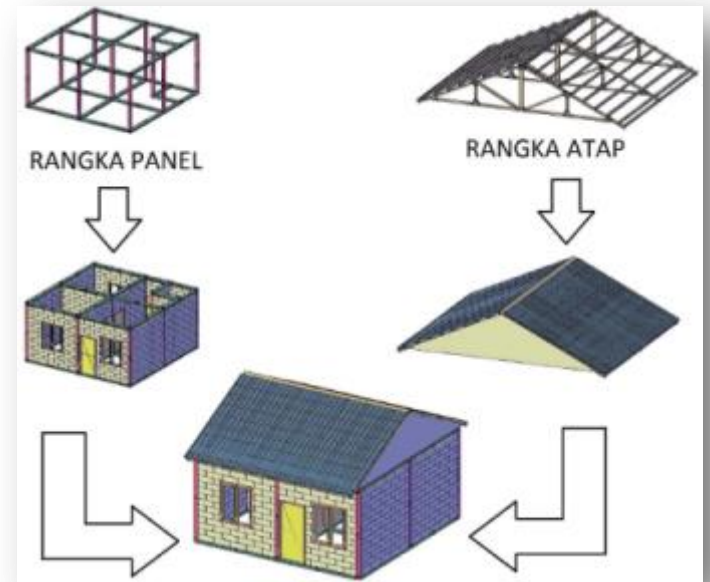
*Indocement Awards :*

## *Fabricated House Competition*

Fabricated House Competition adalah kompetisi **perancangan rumah pabrikasi** berbasis **semen** berkonsep **open frame** dimana panel-panel dinding bersifat non-struktural (<http://indocementawards.com>).

Para peserta diharapkan dapat mengembangkan kreativitasnya untuk menciptakan rumah pabrikasi yang memperhatikan unsur **kekuatan, kekakuan, stabilitas, inovasi, keekonomisan, keramahan lingkungan, keawetan, kemudahan pelaksanaan.**

Peserta adalah mahasiswa didampingi oleh dosen pembimbing yang terutama berasal dari disiplin ilmu Teknik Sipil, Arsitek, atau tim gabungan dalam satu Perguruan Tinggi yang sama, maupun disiplin ilmu lainnya yang terkait dengan pembuatan bangunan (secara resmi menjadi utusan perguruan tinggi).



*Skematik ilustrasi perancangan rumah pabrikasi (dokumentasi penulis).*

# Kompetisi Rumah Pabrikasi (Untuk Mahasiswa tingkat Perguruan Tinggi di Indonesia)

## Semen Tiga Roda Fabricated House Competition Awards

Juara Harapan 3: UII Yogyakarta dengan karya "Baiti Jannati"

Juara Harapan 2: Univ Kristen Maranatha Bandung dengan karya "Huniska  
(Hunian Idaman Semua Keluarga)"

Juara Harapan 1: ITS Surabaya dengan karya "Castle Effect"

Juara 3: Politeknik Negeri Bandung dengan karya "Dami House"

Juara 2: Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan karya "Rumah  
Fabrikasi Atap Baja Ringan"

Juara 1: Universitas Brawijaya Malang dengan karya "Rumah Rhapsody"

**2014**

**2016**

## Fabricated House Competition Award

<i>Juara I</i>	: Tim Intifadah dengan karya Humanis – Universitas Brawijaya
<i>Juara II</i>	: Tim Kumjaru dengan karya Rumah Ceria – Universitas Negeri Malang
<i>Juara III</i>	: Tim Fast Built dengan karya Angle-L House – Universitas Atma Jaya Yogyakarta
<i>Juara Harapan I</i>	: Tim Hasan dengan karya Hasan – Universitas Kristen Maranatha
<i>Juara Harapan II</i>	: Tim Ulil Albab dengan karya Baiti Jannati 2 – Universitas Islam Indonesia
<i>Juara Harapan III</i>	: Tim Jaladara Karya dengan karya Humpak – Institut Teknologi Sepuluh Nopember

# Kompetisi Rumah Pabrikasi (Untuk Mahasiswa tingkat Perguruan Tinggi di Indonesia)

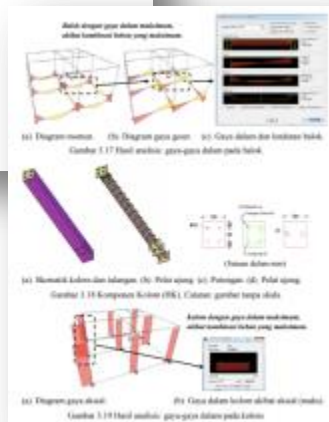
**Kegiatan  
Penelitian dan  
Pengembangan**



**Pengujian  
Sambungan  
Balok-Kolom  
Skala 1:1**



**Prototipe  
Penerapan  
(Aplikasi)**



Sumber gambar:  
Dokumentasi penulis.



# Kompetisi Rumah Pabrikasi (Untuk Mahasiswa tingkat Perguruan Tinggi di Indonesia)

Kegiatan  
Penelitian dan  
Pengembangan



Pengujian  
Sambungan  
Balok-Kolom  
Skala 1:1



Prototipe  
Penerapan  
(Aplikasi)



Tim Juri Penilai terdiri dari  
Pakar di bidangnya.



# Kompetisi Rumah Pabrikasi (Untuk Mahasiswa tingkat Perguruan Tinggi di Indonesia)

**Kegiatan  
Penelitian dan  
Pengembangan**



**Pengujian  
Sambungan  
Balok-Kolom  
Skala 1:1**



**Prototipe  
Penerapan  
(Aplikasi)**



*Sumber gambar: Dokumentasi penulis.*

# Teknologi Rumah Tapak (Modular)

- Rumah Komponen (RUKOM), dikembangkan oleh *Prefab Building Research Centre Bandung*.



Gbr. 1. Rumah T36 dengan Sistem Rukom1 (Jogja, 2006)



Gbr. 2. Rumah T36 dengan Sistem Rukom2 (Cianjur, 2014)

Sumber:  
*PBRC, 2016.*

# Teknologi Rumah Tapak (Modular)

- Rumah Komponen (RUKOM)



## 1. Foundation

Slab Foundation : Concrete K-175, 400x120 mm, 3 D8-150  
Working floor : 50mm mortar  
Anchor bolt : Dynabolt D12mm x 100mm

## 2. Columns

Height : 3.0 M  
Width : 0.4 M  
Corner : B60x60x1.2 mm, Mild steel ST-37, painted  
Other ends : B60x40x1.2 mm, Mild steel ST-37, painted  
Horizontals : B60x30x1.2 mm, Mild steel ST-37, painted

## 3. Beams

Length : 2.62 M and 2.24 M  
Height : 0.6 M  
Top/Bottom : B60x40x1.2 mm, Mild steel ST-37, painted  
Verticals : B60x30x1.2 mm, Mild steel ST-37, painted  
Bolt : D10 / D12, Mild steel ST-37, Silver

## 4. Roof

Framing : Light Steel / Cold-formed Steel, Galvanized/ZincAlum AZ-100  
Main chords : C75x10x0.75 TCT  
Diagonals : C75x10x0.75 TCT  
Verticals : C75x10x0.75 TCT  
Screw : D 4.8 MM, Mild steel, A307 or equivalent

## 5. Door and Window

Door Post : B60x40x1.2 mm, Mild steel ST-37, painted  
Door/Windows Frames : B40x40x1.2 mm, Mild steel ST-37, painted  
Door lock standard  
Door Leaves : Outer = Calciboard 6mm, Inner = Plywood 4.5 mm  
Windows Leaves : Glass 6mm, Standard hinges

6. Floor Tiles : Ceramic 30x30, ex Mulia or equivalent

7. Ceiling : Frame = Metal, Ceiling = Gypsum board 9mm

8. Wall Paint : External = Catylac/Vinilex, Internal = Catylac/Vinilex

9. Kitchen Table : Frame from B40x40x1.2mm, Table Top = Calciboard 6mm + Ceramic tile 30x30, Kitchen Sink : Stainless steel

10. Toilet and Septic tank

Closet Jongkok ex Toto or KIA  
Septic Tank Bio-Septic Tank (0.5 - 1 M3)

Sumber:  
PBRC, 2016.

# Teknologi Pengujian Bangunan Tahan Gempa

- *Introducing and Demonstrating Earthquake Engineering Research in Schools (IDEERS).*
- Pengujian menggunakan *Shaking Table*, dengan beban gempa artifisial.



[www.ncree.org](http://www.ncree.org)

- Pengujian Prototipe Gedung dengan beban gempa artifisial.



# Teknologi Pengujian Bangunan Tahan Gempa

- *Introducing and Demonstrating Earthquake Engineering Research in Schools (IDEERS).*

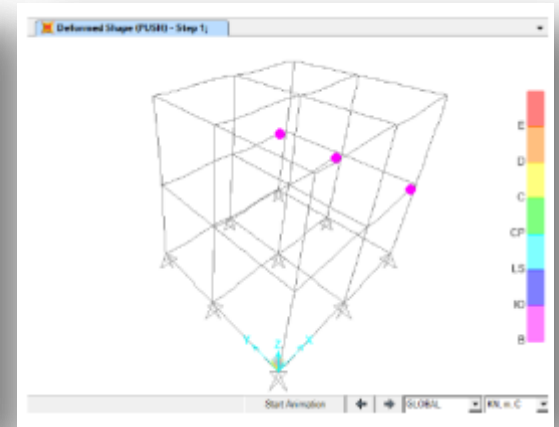


[www.ncree.org](http://www.ncree.org)

- Kompetisi rutin (tiap tahun) bagi siswa SMU, Perguruan Tinggi, Master tingkat internasional, oleh NCREE (*National Center for Research on Earthquake Engineering*) Taipei, Taiwan.
- Dari Indonesia, terdapat beberapa Universitas antara lain UGM, Undip, UB, ITB, UK Maranatha, ITS yang rajin mengikuti.

# Teknologi Pengujian Bangunan Tahan Gempa

1. Pengujian Beban Siklik.
2. Pengujian *Shaking Table* (menggunakan Rekaman Gempa, baik Riil atau Artifisial).
3. Pemodelan Numerikal menggunakan *Software* Komputer.



# Peraturan Gempa dan Evaluasi Kinerja Gedung

- ❑ Perkembangan Peraturan Gempa di Indonesia.
- ❑ Perkembangan Analisis Keandalan dan Evaluasi Kinerja Gedung.
  - Perkembangan Teknologi Evaluasi Kinerja Gedung
  - Proses Evaluasi Kinerja Gedung




# Analisis dan Evaluasi Kinerja

- Perkembangan Peraturan Gempa di Indonesia

## Peraturan Wilayah Gempa

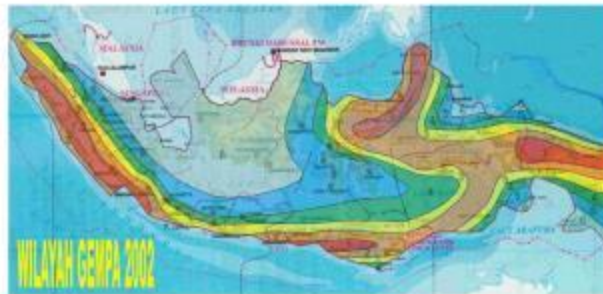
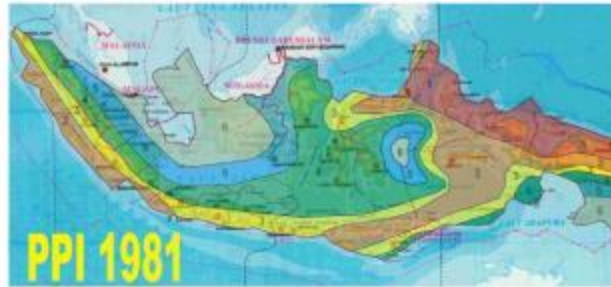
pada PBI 1966, 1970, 1981, 1983, 1989, serta pada SNI 2002, 2012

## Peraturan terkait Perencanaan Gedung Tahan Gempa

- 
- 1983 Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung
  - 1987 Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung SKBI 1.3.53.1987
  - 2002 SNI 1726:2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah Dan Gedung
  - 2012 SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
  - 201X SNI 1726:201X Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

# Analisis dan Evaluasi Kinerja

## Kerkembangan Peta Wilayah Gempa Indonesia



### KETERANGAN :

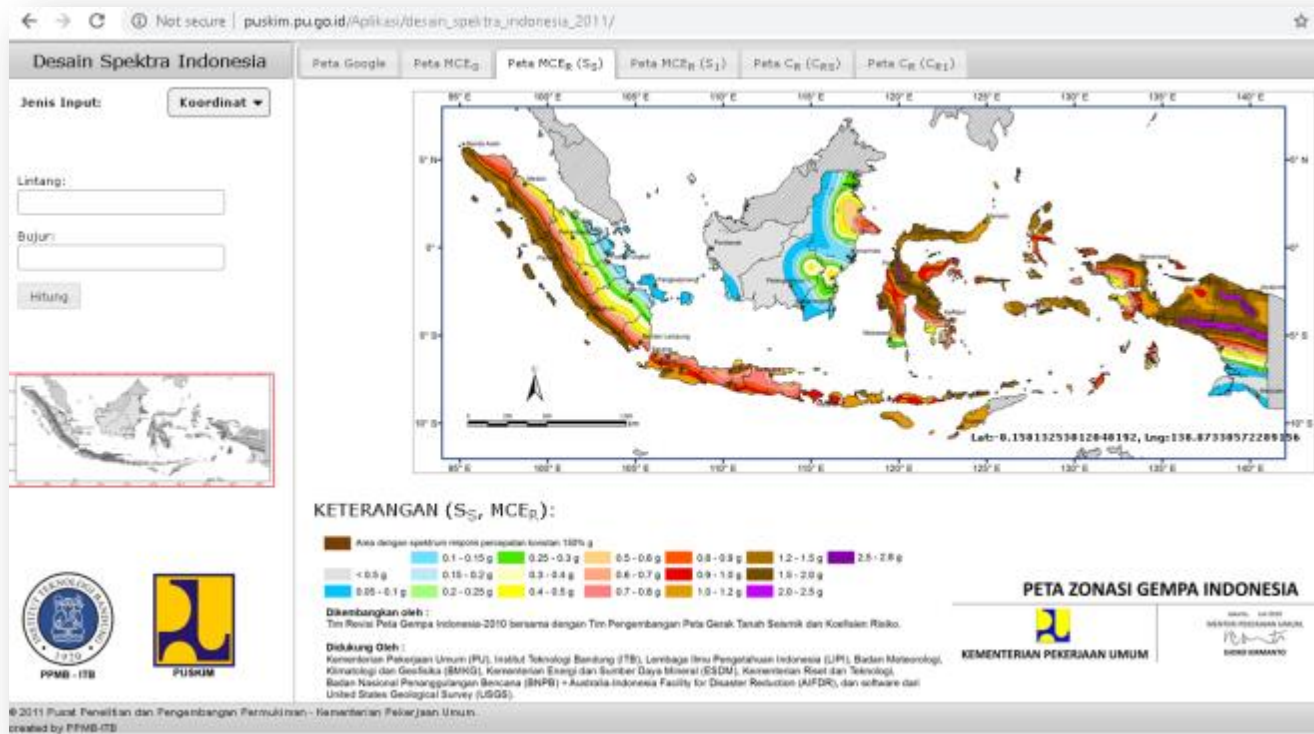
 : Sangat Berat	 : Cukup Ringan
 : Berat	 : Ringan
 : Cukup Berat	 : Sangat Ringan

[sipil.unnes.ac.id/index.php/2016/02/03/peraturan-gempa-di-indonesia-tahun-1966-2002](http://sipil.unnes.ac.id/index.php/2016/02/03/peraturan-gempa-di-indonesia-tahun-1966-2002)

# Analisis dan Evaluasi Kinerja

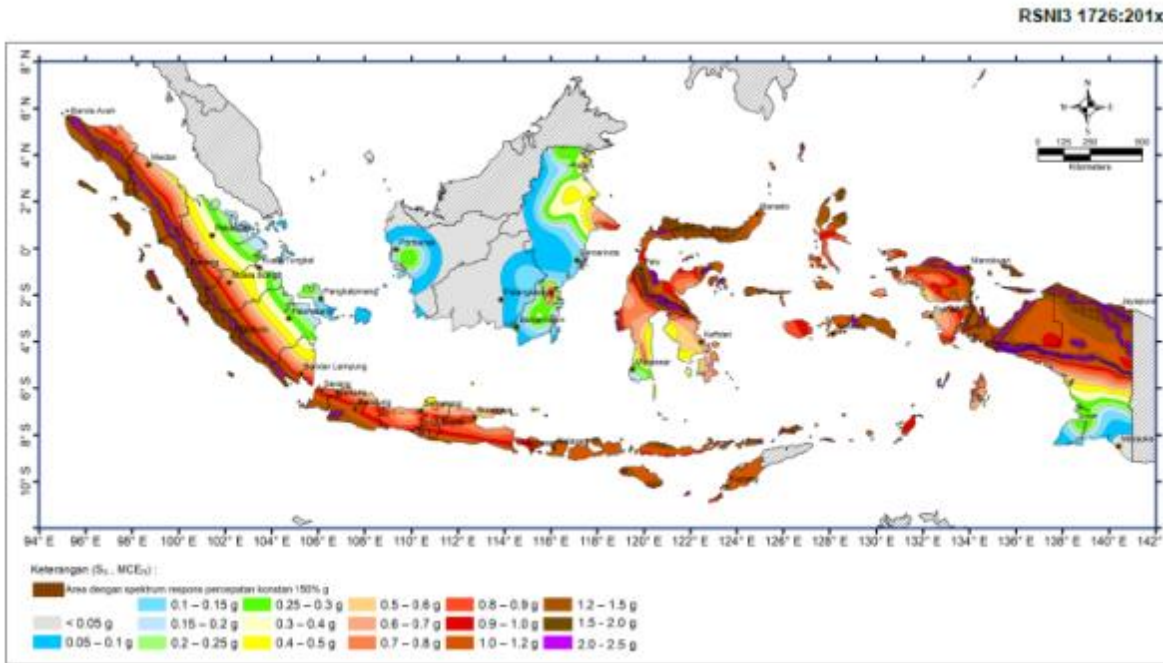
## Peta Wilayah Gempa Indonesia

[http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/)



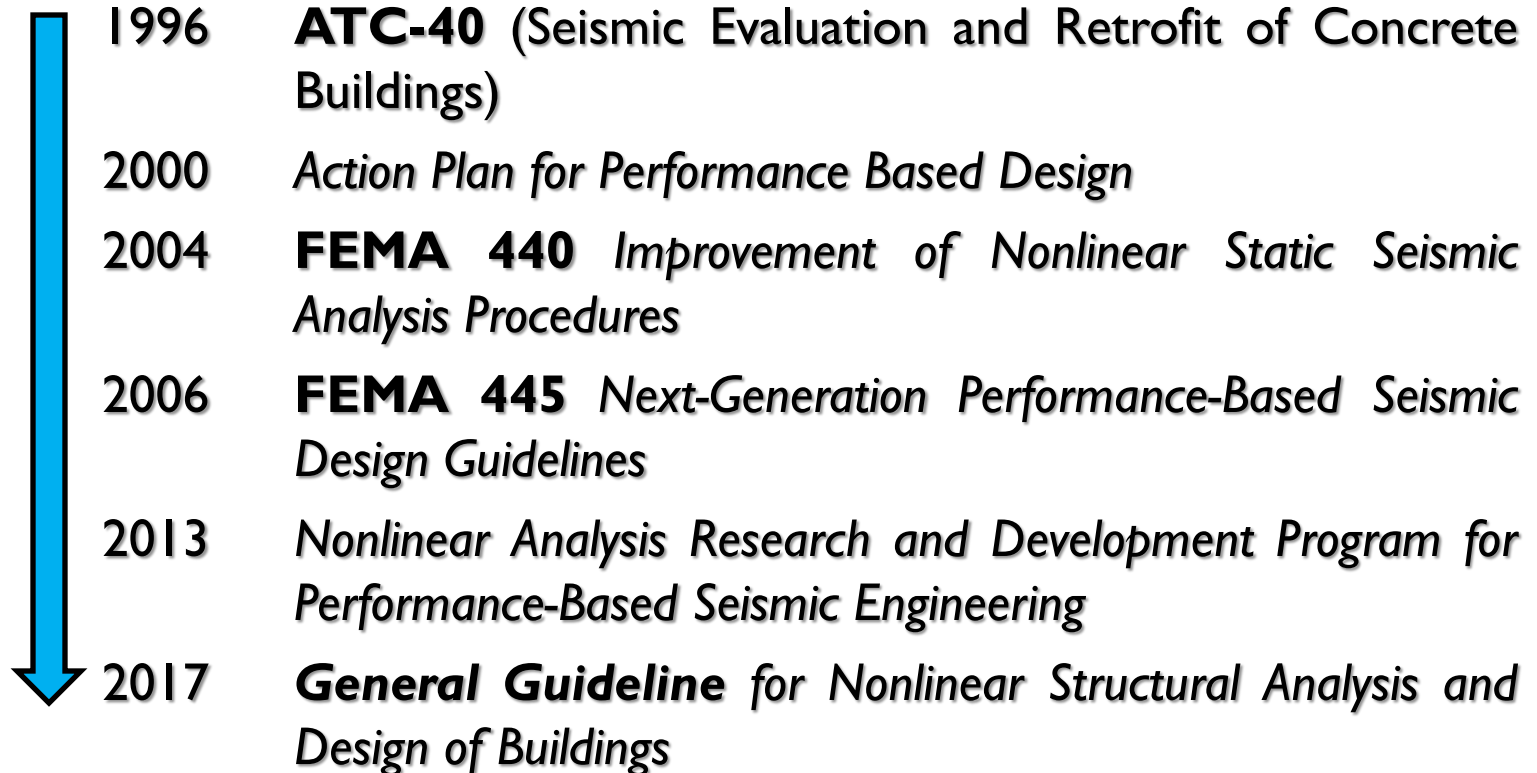
# Analisis dan Evaluasi Kinerja

## Peta Wilayah Gempa Indonesia pada RSNi3 1726:201X



# Analisis dan Evaluasi Kinerja

- Perkembangan Teknologi Evaluasi Kinerja



# Analisis dan Evaluasi Kinerja

- Perkembangan Teknologi Evaluasi Kinerja

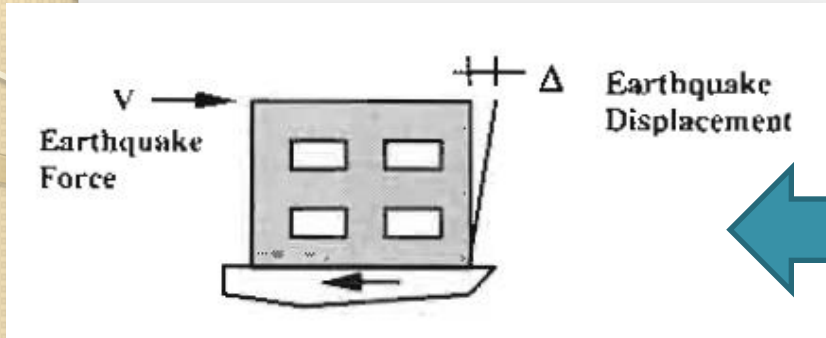
Trend terbaru perencanaan bangunan tahan gempa saat ini adalah perencanaan berbasis kinerja (*Performance-Based Design*). Konsep perencanaan berbasis kinerja merupakan kombinasi dari aspek tahanan dan aspek layan.

Teknologi tersebut mencakup kriteria kehandalan terhadap **kekuatan, kekakuan, stabilitas** akibat beban gravitasi dan beban lateral (gempa).

Evaluasi kinerja dapat dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan **target peralihan (kekakuan)**. Parameter ini yang akan digunakan dalam menentukan kriteria kinerja struktur.

# Analisis dan Evaluasi Kinerja

- Menentukan Target Kinerja



ATC-40, 1996.

Peralihan (berkaitan dengan kekakuan gedung)

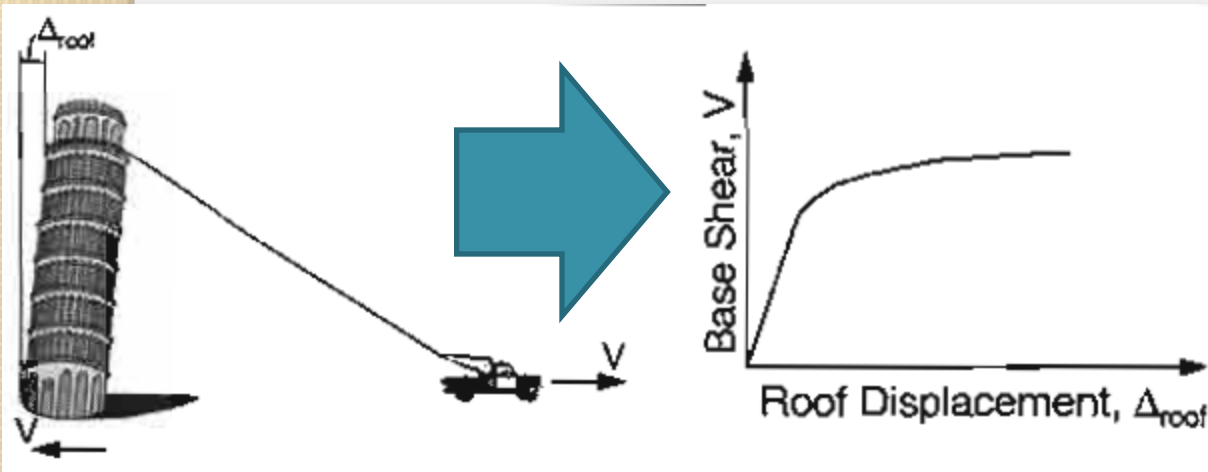
**Table 1: Process of the performance-based design**

Pre-design Stage		
Preliminary Design Stage	Preliminary Design	1) Clarify/confirm clients requirements
	<b>BASIC DESIGN</b>	2) Determine target performance
Design Development Stage	Detail/working Design	3) Determine design performance
	Design Specification	4) Specify/document design performance
Construction Contract Stage		
Construction Supervision Stage		5) Agree/confirm construction performance
		6) Confirm as-built performance
Maintenance Support Stage	Quality Inspection	7) Provide support to maintain as-built performance

# Analisis dan Evaluasi Kinerja

- **Filosofi**

1. Mengetahui **Kapasitas** Gedung (kurva kapasitas).
2. Menghitung Respons Spektrum Gempa Rencana (dirubah menjadi kurva *demand*).
3. Menentukan titik kinerja Gedung.
4. Mengetahui (prediksi) kinerja Gedung.



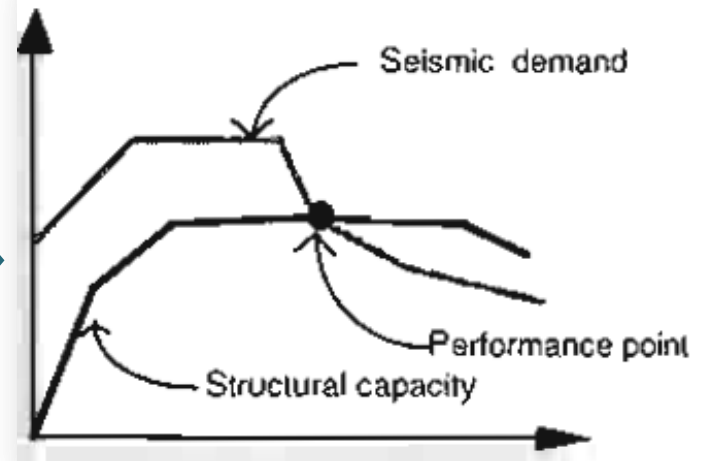
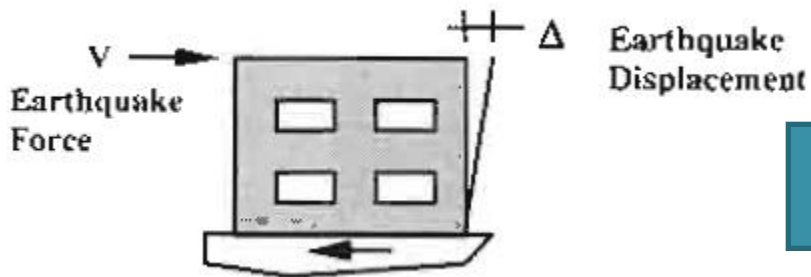
ATC-40, 1996.



# Analisis dan Evaluasi Kinerja

## Filosofi

1. Mengetahui Kapasitas Gedung (kurva kapasitas).
2. Menghitung Respons Spektrum Gempa Rencana (dirubah menjadi kurva **demand**).
3. Menentukan **titik kinerja** Gedung.
4. Mengetahui (prediksi) kinerja Gedung.



ATC-40, 1996.

# Analisis dan Evaluasi Kinerja

- Tingkat Kinerja Gedung Berdasarkan ATC-40

**Table 3-1. Combinations of Structural and Nonstructural Performance Levels to Form Building Performance Levels**

<b>Building Performance Levels</b>						
<b>Nonstructural Performance Levels</b>	<b>Structural Performance Levels</b>					
	<b>SP-1 Immediate Occupancy</b>	<b>SP-2 Damage Control (Range)</b>	<b>SP-3 Life Safety</b>	<b>SP-4 Limited Safety (Range)</b>	<b>SP-5 Structural Stability</b>	<b>SP-6 Not Considered</b>
	↓	↓	↓	↓	↓	↓
NP-A Operational →	1-A Operational	2-A	NR	NR	NR	NR
NP-B Immediate Occupancy →	1-B Immediate Occupancy	2-B	3-B	NR	NR	NR
NP-C Life Safety →	1-C	2-C	3-C Life Safety	4-C	5-C	6-C
NP-D Hazards Reduced →	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E Not Considered →	NR	NR	3-E	4-E	5-E Structural Stability	Not Applicable

ATC-40, 1996.

# Analisis dan Evaluasi Kinerja

- Tingkat Kinerja Gedung

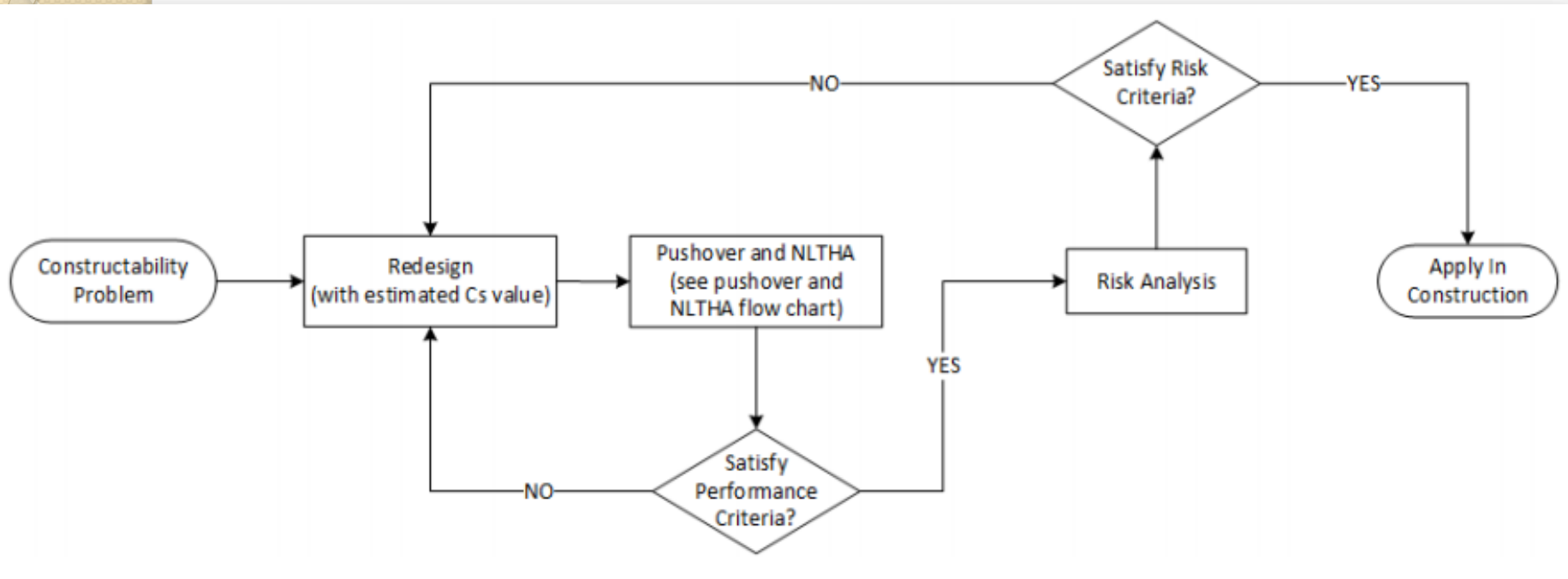
( Performance level and probable damage)

	Overall	Structure
Keep function	No damage to almost all functions. Almost completely operational at the recovery of infrastructure etc. without repair.	No substantial damage in structural members. No visible residual deformation. <b>No Damage</b>
Keep major Function	Damage to prevent main use is avoided. Main functions are operational at the recovery of infrastructure etc. Almost fully operational with slight repair.	No residual deformation to cause structural strength reduction. No repair is requested by structural strength. <b>Slight Damage</b>
Keep limited function	Basic functions for occupation are protected. Limited main functions are operational at the recovery of infrastructure etc. Almost fully operational with repair.	Slight loss of structural strength takes place but the building is still capable to resist aftershock. Immediate repair is not needed. <b>Small Scale Damage</b>
Life safety	Although the function for the business activity is lost, loss of human life is avoided. The building remains accessible and is available to emergency activity.	Substantial loss of structural strength other than vertical load support capacity takes place. Immediate repair needs may be probable. <b>Middle Scale Damage</b>
No guarantee for life safety *	No entry into the building is permitted. Hazardous damage to human life.	Serious damage in structural members. Partial collapse is probable. <b>Serious Damage</b>

Remark \* This level of performances is to provide explanations for probable damage level when target performance level is not established. It is not intended to be used as one of the design performance level in the practical structural design.

# Analisis dan Evaluasi Kinerja

- Alur Kerja

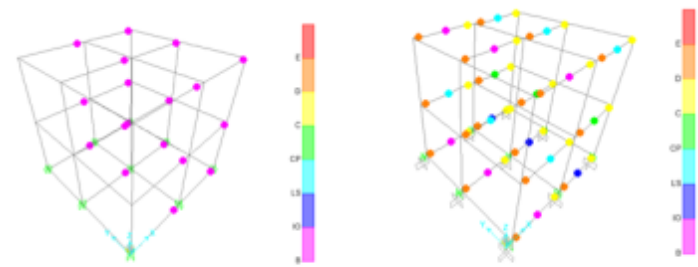
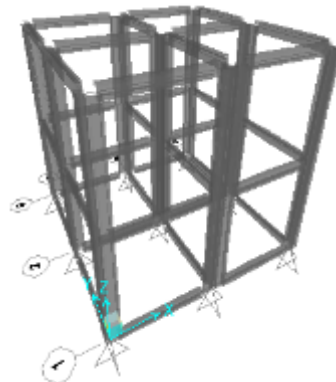


Alur Kerja Perencanaan Berbasis Kinerja.

Sumber: Budiono dkk., 2017.

# Analisis dan Evaluasi Kinerja

- Studi Kasus: Rumah Modular Pracetak

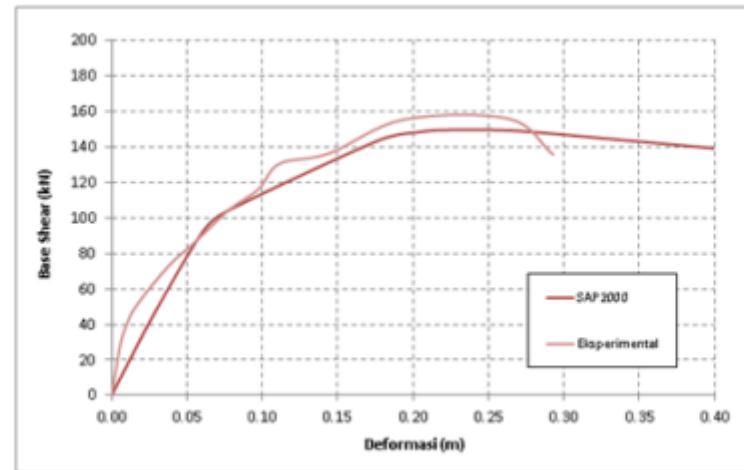


(a). Step 2.

(b). Step Terakhir.

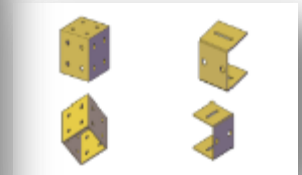
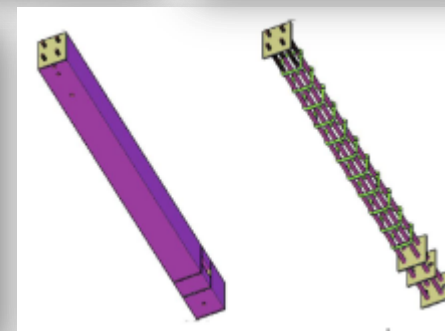
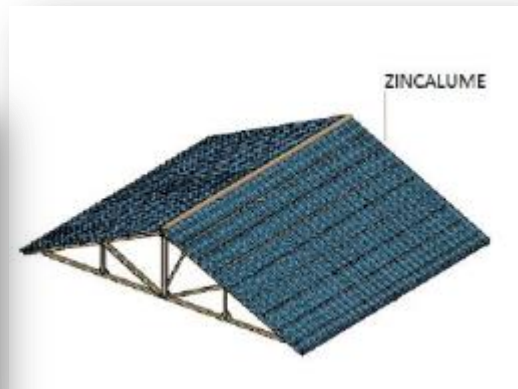
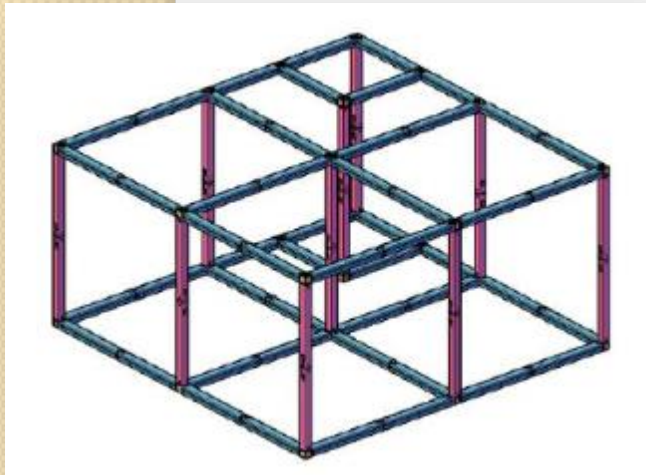
Gambar 13. Tahapan pembentukan sendi plastis

Sumber : Balai Litbang Perumahan Wilayah 2  
Denpasar.



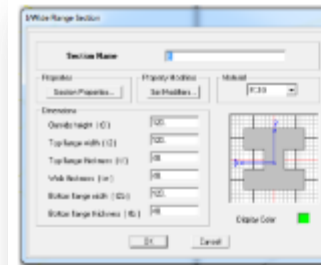
# Analisis Struktur, Evaluasi Kinerja Rumah Pracetak Lainnya (Hasan, Finalis Indocement Awards 2016)

1. Analisis Struktur: Perancangan Komponen Balok, Kolom, Join.
2. Pengujian Sambungan Join Balok-Kolom.
3. Simulasi Kehandalan Gedung akibat Gempa, dengan Software Analisis Struktur. Kurva Kapasitas Gedung diperoleh dan Evaluasi Kinerja, menentukan titik Kinerja Gedung.

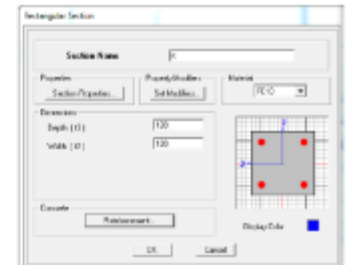


# Analisis Struktur, Evaluasi Kinerja Rumah Pracetak Lainnya (Hasan, Finalis Indocement Awards 2016)

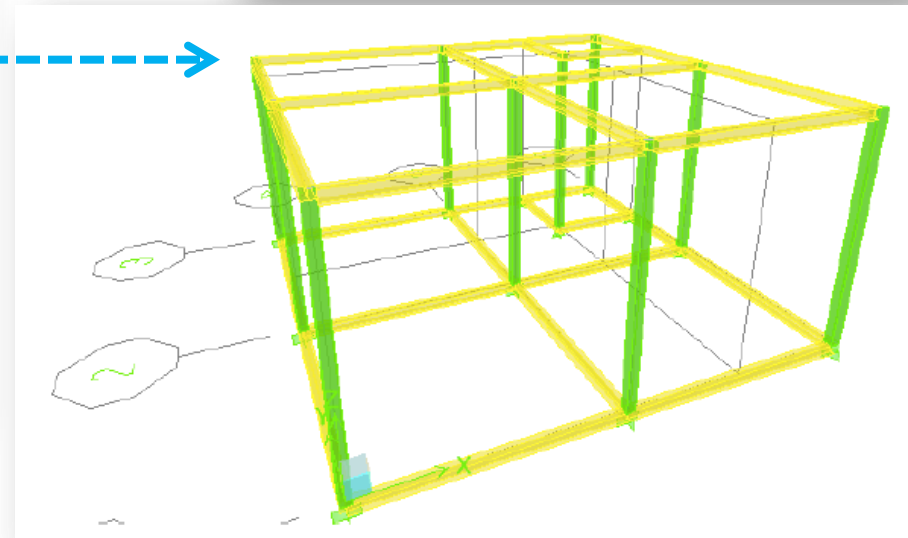
1. Analisis Struktur: Perancangan Komponen Balok, Kolom, Join.
2. Pengujian Sambungan Join Balok-Kolom.
3. Simulasi Kehandalan Gedung akibat Gempa, dengan Software Analisis Struktur. Kurva Kapasitas Gedung diperoleh dan Evaluasi Kinerja, menentukan titik Kinerja Gedung.



(a). Komponen balok (HB).

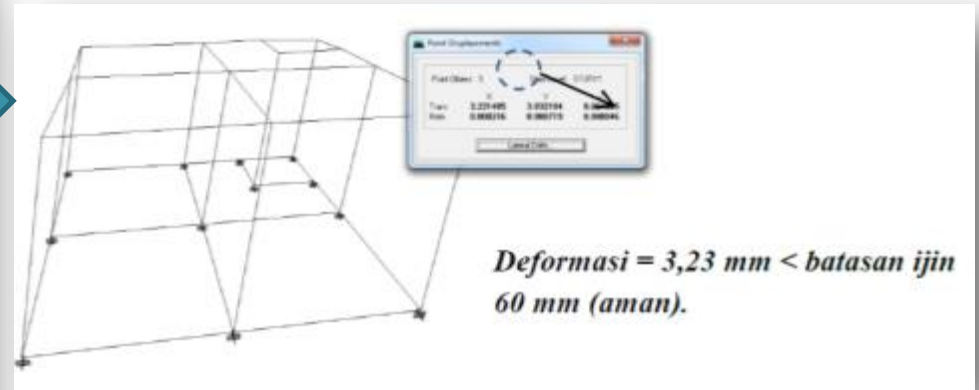
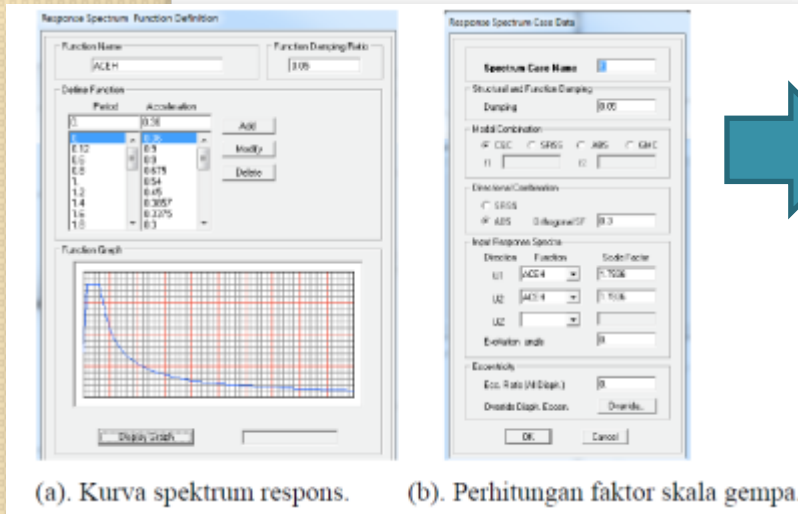


(b). Komponen kolom (HK).



# Analisis Struktur, Evaluasi Kinerja Rumah Pracetak Lainnya (Hasan, Finalis Indocement Awards 2016)

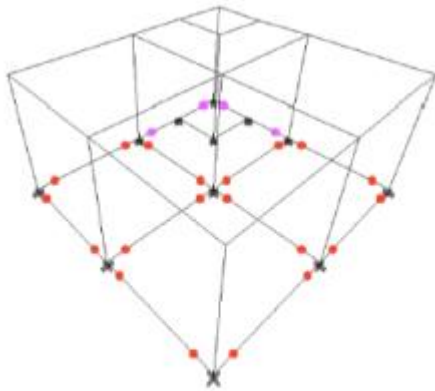
1. Analisis Struktur: Perancangan Komponen Balok, Kolom, Join.
2. Pengujian Sambungan Join Balok-Kolom.
3. Simulasi Kehandalan Gedung akibat Gempa, dengan Software Analisis Struktur. Kurva Kapasitas Gedung diperoleh dan Evaluasi Kinerja, menentukan titik Kinerja Gedung.



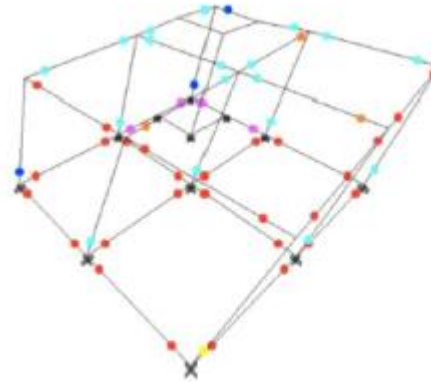


# Analisis Struktur, Evaluasi Kinerja Rumah Pracetak Lainnya (Hasan, Finalis Indocement Awards 2016)

1. Analisis Struktur: Perancangan Komponen Balok, Kolom, Join.
2. Pengujian Sambungan Join Balok-Kolom.
3. Simulasi Kehandalan Gedung akibat Gempa, dengan Software Analisis Struktur. Kurva Kapasitas Gedung diperoleh dan Evaluasi Kinerja, menentukan titik Kinerja Gedung.



(a). tahapan ke-1 pembebanan.

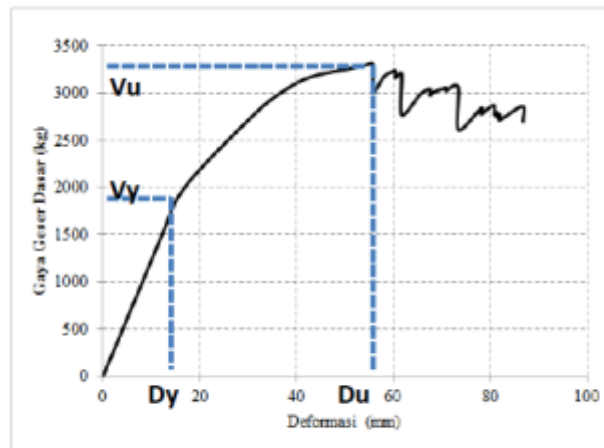


(b). tahapan saat mengalami kegagalan.

Gambar 3.14 Pola distribusi sendi plastis.

# Evaluasi Kinerja Gedung

Hasil analisis memperlihatkan bahwa pada kondisi elastik (sebelum kurva gaya-geser vs deformasi berubah bentuk dari linier menjadi tidak linier, gaya geser dasar yang terjadi yaitu 1950 kg dan deformasi sebesar 18,7 mm. hasil evaluasi kinerja dengan metode ATC-60 (ATC, 1996) memperlihatkan bahwa kinerja bangunan diperoleh sebesar  $V = 2212$  kg dan  $D = 22,9$  mm. maka rasio *drift* berdasarkan acuan titik kinerja adalah  $22,9 \text{ mm} / 3000 \text{ mm} = 0,00763$ .



Perhitungan:

$$V_y = 1950 \text{ kg}$$

$$D_y = 18,7 \text{ mm}$$

$$V_u = 3321 \text{ kg}$$

$$D_u = 54,7 \text{ mm}$$

$$\mu = D_u/D_y = 2,925$$

Gambar 3.15 Kurva kapasitas rumah modular "Hasan".

Berdasarkan ATC-40 (ATC, 1996) maka masih termasuk dalam kategori *Damage Control*. Hal ini mengindikasikan bahwa gedung berada dalam kategori range antara *Immediate Occupancy* dan *Life Safety*. Dalam kategori ini pemodelan bangunan baru dengan beban gempa rencana dengan nilai beban gempa yang peluang dilampauinya dalam rentang masa layan gedung 50 tahun adalah 10%.

# Pembahasan

Teknologi Analisis Keandalan Rumah Tapak meliputi **Kekuatan, Kekakuan, Stabilitas.**

Acuan (Berkaitan dengan penentuan **Demand**):

1. SNI 1726:2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
2. SNI 1727:2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.

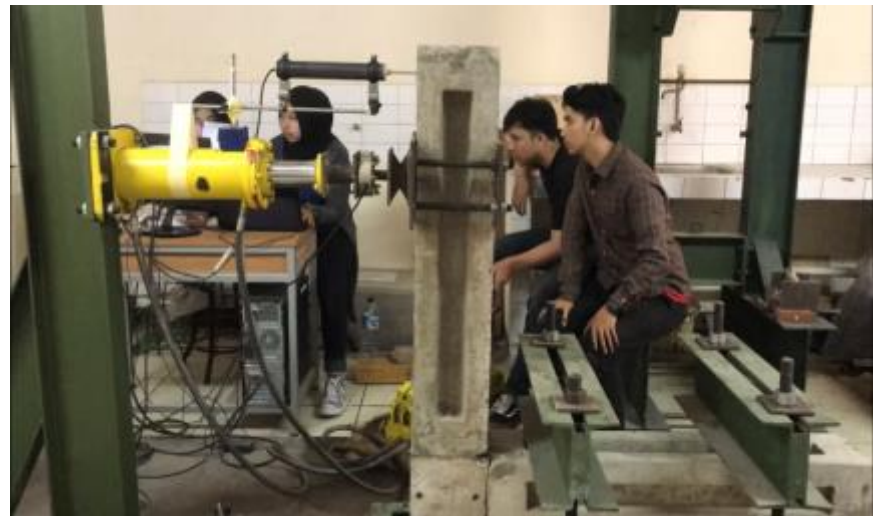
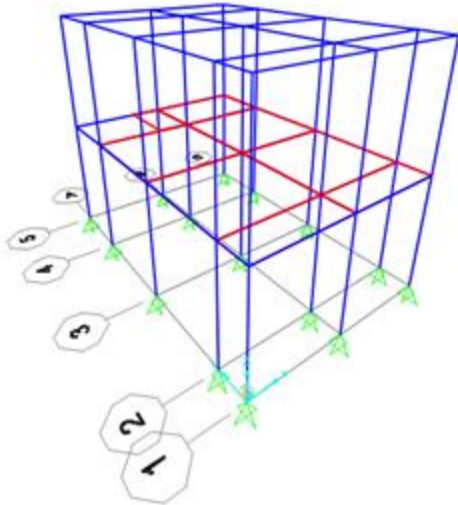
Parameter yang dipelajari:

1. Pengujian di laboratorium (Berkaitan dengan **Kapasitas Gedung**).
2. (atau) Analisis numerik dengan komputer, menggunakan *software* analisis struktur.
3. (atau) Pengujian di laboratorium dengan menggunakan *Shaking Table*.

Metode perhitungan titik kinerja dan **tingkat kinerja** Gedung (antara lain): ATC-40, FEMA 440, atau FEMA 445.

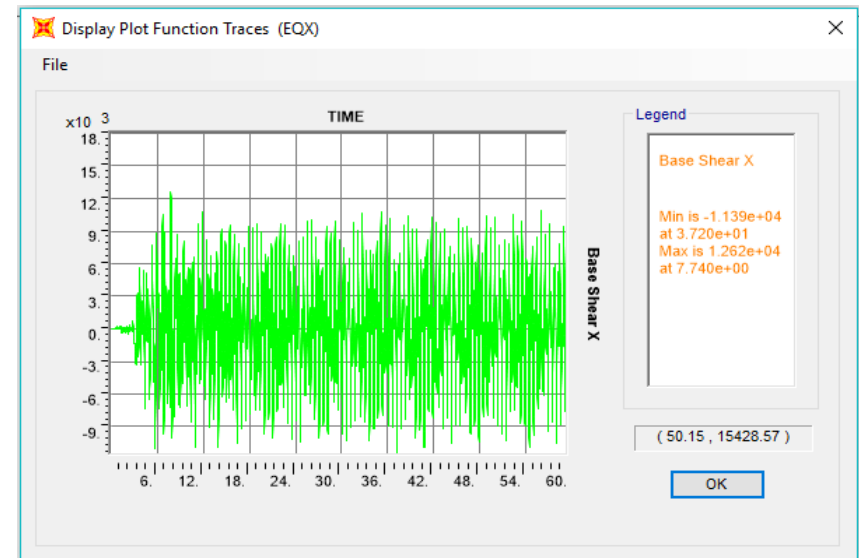
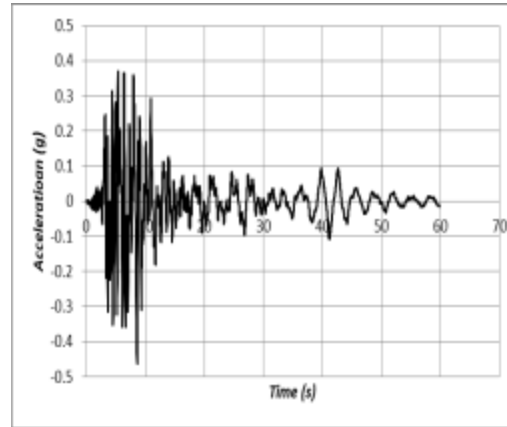
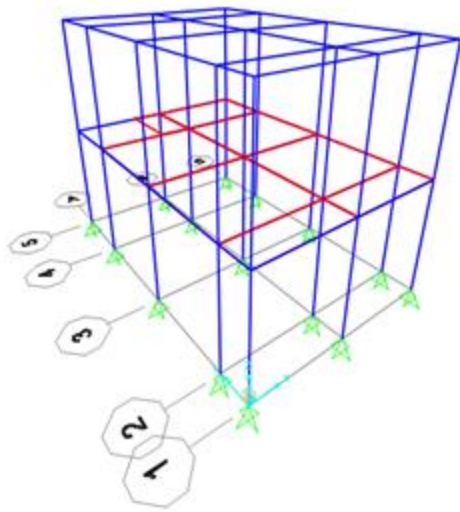
# Analisis Struktur dan Evaluasi Kinerja

1. Tugas Akhir mengenai analisis struktur dan evaluasi kinerja rumah modular (Frans, 2019).



# Analisis Struktur dan Evaluasi Kinerja

1. Tugas Akhir mengenai analisis struktur dan evaluasi kinerja rumah modular (Frans, 2019).



# Referensi

1. Prasetyo, Y.H., Rusli. Pengawasan Pelaksanaan Konstruksi Komponen Struktur Pracetak, Pusperkim, Balitbang, Kementerian PUPR.
2. Prasetyo, Y.H. Model Hunian Subkomunal Dalam Penataan Kawasan Kumuh Berbasis Kemitraain, Pusperkim, Balitbang, Kementerian PUPR.
3. Tim Pelaksana. 2016. Laporan Akhir Kegiatan Pengembangan Teknologi Rumah Sistem Panel Instan (RUSPIN) Dua Lantai di Propinsi Bali, Balai Litbang Perumahan Wilayah 2 Denpasar, Pusperkim, Balitbang, Kementerian PUPR.
4. Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726:2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
5. Badan Standardisasi Nasional. SNI 1726:201X Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung
6. Badan Standardisasi Nasional. 2013. SNI 1727:2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.
7. Frans, F. 2019. Tugas Akhir Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung. (tidak dipublikasikan).
8. Fabricated House Competition – Indocement Awards, URL : <http://indocementawards.com>.
9. Imran, I., Lim, E. 2019. Perancangan Struktur Atas Gedung Bertingkat Berdasarkan Peraturan Gempa SNI 1726:201X, Workshop HAKI Jabar 2019.
10. Prefab Building Research Centre. Sistem RUKOM, URL : <http://www.esrcen.com/rukom.html>.
11. Priestley, M.J.N., 2000, Performance Based Seismic Design, I2WCEE 2000.
12. Yamawaki, K., Kitamura, H., Tsuneki Y., Mori, N., Fukai, S. 2000. Introduction of a Performance-Based Design, I2WCEE 2000.
13. Budiono, B., Wangsadinata, W., Sidi, I.D. 2017, Desain Berbasis Kinerja (Performance Based Design) Untuk Struktur Gedung Super Tinggi Thamrin 9 Tower I Dengan Sistem Outrigger & Belt-truss, Seminar Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia 2017, Jakarta.
14. Pranata, Y.A., Hermawan, K.K.C., Rysdianto, A., Firmantoro, F.A., Muliawan, D. 2016. Dokumen Proposal FHC16-127 Rumah Hasan Tim Cemara Karya, Universitas Kristen Maranatha.
15. Pranata, Y.A., Kristianto, A., Hermawan, K.K.C., Rysdianto, A. 2017. Strength and Stiffness Behavior of Concrete Modular House, The 1<sup>st</sup> Warmadewa University International Conference on Architecture and Civil Engineering, 20<sup>th</sup> October 2017, Bali.
16. URL: [https://www.nehrp.gov/library/guidance\\_pbsd.htm](https://www.nehrp.gov/library/guidance_pbsd.htm).
17. URL: <http://sipil.unnes.ac.id/index.php/2016/02/03/peraturan-gempa-di-indonesia-tahun-1966-2002>.
18. URL: <https://www.ncree.org/ideers/2018/Albums>.



**Sekian dan Terima Kasih.**