

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN PENELITIAN PELAKSANAAN PENELITIAN PF/~~PAK~~/PPM

1	a. Judul Penelitian	: Evaluasi Kinerja Bangunan Tidak Beraturan 6- dan 10-Lantai dengan <i>Vertical Set-Back</i> 50% di Wilayah 2 Peta Gempa Indonesia yang Direncanakan secara Pseudo Elastis dan Kapasitas Sesuai SNI 03-2847-2002
	b. Bidang Ilmu	: <i>Earthquake Engineering</i> /Teknik Sipil
2	Ketua Peneliti:	
	a. Nama Lengkap dan Gelar	: Ima Muljati, S.T., M.Eng.
	b. Jenis Kelamin	: L/P
	c. NIP	: 93031
	d. Jabatan Fungsional	: 3D
	e. Jurusan/Fakultas/Pusat Studi	: Teknik Sipil/ FTSP
3	Alamat Ketua Peneliti	
	a. Alamat Kantor (Telp/fax/e-mail)	: Jurusan Teknik Sipil, UK Petra Jl. Siwalankerto 121 – 131 Surabaya +62 31 2983398; imuljati@petra.ac.id
	b. Alamat Rumah (Telp/fax/e-mail)	: Rungkut Lor VG/27 Surabaya +62 31 8705115; +62 818 504496
4	Jumlah Anggota Peneliti	: 3
	a. Nama Anggota Penelitian I	: Prof. Ir. Benjamin Lumantarna, M.Eng., Ph.D.
	b. Nama Anggota Penelitian II	: Adveni Novaline Goenawan, S.T.
	c. Nama Anggota Penelitian III	: Monita Lanny Wijaya, S.T.
5	Lokasi Penelitian	: Surabaya
6	Kerjasama dengan institusi lain	: ---
7	Jangka Waktu Penelitian	: 6 bulan
8	Biaya yang diusulkan	
	a. Sumber dari UK Petra	:
	b. Sumber lainnya	: Rp. 3,000,000
	Total	: Rp. 3,000,000

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil

(Daniel Tjandra, S.T., M.Eng.)
NIP: 03010

Surabaya, 1 September 2010
Ketua Peneliti,

(Ima Muljati, S.T., M.T., M.Eng.)
NIP: 93031

Mengetahui:
Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

(Ir. Handoko Sugiharto, M.T.)
NIP: 84028

RINGKASAN DAN SUMMARY

Dalam perencanaan struktur tahan gempa, struktur direncanakan agar memiliki pola keruntuhan yang aman, yaitu *beam side sway mechanism*. Pada mekanisme ini balok-balok diharapkan mengalami keruntuhan terlebih dahulu sebelum kolom. Oleh sebab itu kolom direncanakan lebih kuat daripada balok yang dikenal dengan konsep *strong column weak beam*. Konsep *strong column weak beam* dicapai melalui perencanaan kapasitas yang telah diadopsi dalam SNI 03-2847-2002 tentang tata cara perencanaan struktur beton bertulang untuk bangunan gedung. Kolom direncanakan berdasarkan kapasitas nominal balok yang dikalikan dengan faktor *overstrength* sebesar 1,20.

Beberapa penelitian terakhir terhadap kinerja bangunan dari struktur beton bertulang yang direncanakan sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai SNI 03-2847-2002, menunjukkan bahwa mekanisme *strong column weak beam* belum dapat dipenuhi. Beberapa pelelehan masih terjadi pada kolom walaupun masih dalam tahap awal, dan struktur tidak menunjukkan mekanisme yang tidak aman seperti *soft storey mechanism*. Hal ini terjadi pada bangunan beraturan maupun tidak beraturan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa faktor *overstrength* yang dipergunakan untuk perencanaan kolom masih belum mencukupi untuk menjamin terjadinya *strong column weak beam*.

Pada saat yang sama, ada mekanisme keruntuhan aman lainnya yang bisa dipilih dalam perencanaan struktur tahan gempa, yaitu *partial side sway mechanism*. Dalam mekanisme ini semua balok dan kolom-kolom tertentu diperkenankan menjadi plastis sedangkan sebagian kolom lainnya harus dijaga agar tetap elastis. Perencanaan struktur yang berbasiskan mekanisme ini disebut Perencanaan *Pseudo* Elastis. Aplikasi perencanaan *pseudo* elastis pada bangunan beraturan menunjukkan hasil yang baik. Sedangkan pada bangunan tidak beraturan dengan coakan sudut, *pseudo* elastis menunjukkan hasil yang kurang memuaskan akibat kurang sesuai penggunaan faktor pengali untuk kolom-kolom elastis.

Untuk melengkapi hasil penelitian di atas maka diperlukan penelitian lebih lanjut khususnya mengenai kinerja perencanaan kapasitas dan *pseudo* elastis pada bangunan tidak beraturan lainnya. Penelitian ini difokuskan pada bangunan tidak beraturan dengan *vertical set-back* 50% yang direncanakan sebagai SRPMK. Bangunan yang diteliti adalah gedung perkantoran 6- dan 10-lantai yang terletak di wilayah 2 peta gempa Indonesia. Persyaratan waktu getar alami fundamental yang ditentukan dalam pasal 5.6 SNI 03-1726-2002 tidak ditinjau untuk menghindari penggunaan dimensi balok/ kolom yang berlebihan yang menyebabkan dipakainya tulangan minimum.

Untuk mendapatkan kinerja struktur maka dilakukanlah analisis statis nonlinier *pushover* dan analisis dinamis nonlinier *time history*. Kinerja struktur diukur berdasarkan parameter *drift* dan *damage index* sesuai ketentuan *Asian Concrete Model Code*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum kinerja Desain Kapasitas relatif sama dibandingkan *Pseudo* Elastis. Mekanisme *strong column*

weak beam tidak sepenuhnya bisa dijamin oleh kedua metode. Beberapa sendi plastis masih terbentuk pada kolom yang seharusnya tetap elastis. Walaupun demikian tingkat pelelehan kolom masih dalam tahap awal dan struktur tidak menunjukkan mengalami mekanisme *soft storey mechanism* yang membahayakan. Ada kecenderungan semakin tinggi jumlah lantai bangunan, *Pseudo* Elastis memberikan kinerja struktur yang semakin baik dibandingkan Desain Kapasitas walaupun penggunaan beton dan baja tulangan juga semakin banyak.

PRAKATA

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian mengenai Perencanaan Berbasis Kinerja (*Performance Based Design*) yang dilakukan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra. Tujuan utama penelitian tentang Perencanaan Berbasis Kinerja ini adalah memberikan kontribusi aktif dalam penyempurnaan peraturan perencanaan struktur beton dan baja untuk bangunan gedung di Indonesia.

Dalam kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada beberapa pihak yang telah terlibat, yaitu:

1. Tuhan Yang Maha Esa, atas perkenan dan hikmatnya sehingga penelitian ini boleh berlangsung dengan lancar.
2. Adveni Novaline Goenawan, S.T. dan Monita Lanny Wijaya, S.T. atas kontribusi aktifnya sebagai perencana dan evaluator kinerja struktur sehingga penelitian ini memberikan hasil yang baik.
3. Prof. Ir. Benjamin Lumantarna, M.Eng., Ph.D. atas cetusan ide awal, masukan dan sumbang sarannya sehingga penelitian ini lebih lengkap dan bermuara pada hasil yang baik.
4. Jurusan Teknik Sipil UK Petra yang telah mengijinkan penelitian ini untuk dilaksanakan dan ditindaklanjuti.

Pada akhirnya penelitian ini tidak lepas dari beberapa kekurangan yang tidak bisa kami hindari. Untuk itu kami mohon maaf jika ada kesalahan, baik itu disengaja maupun tidak. Kami mengharapkan penelitian ini dapat berguna bagi semua pihak yang membutuhkan, terutama demi kemajuan dunia teknik sipil di Indonesia.

Surabaya, 1 September 2010

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
A. LAPORAN HASIL PENELITIAN	
RINGKASAN DAN SUMMARY	ii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	11
BAB IV METODE PENELITIAN	12
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	20
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN 1	49
B. DRAF ARTIKEL ILMIAH	55
C. SINOPSIS PENELITIAN LANJUTAN	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Matrik Kinerja Struktur versi APMC	9
Tabel 5.1	Dimensi Balok-Kolom Struktur 6- dan 10-lantai	20
Tabel 5.2	Kinerja Batas Layan Bangunan 6-lantai	21
Tabel 5.3	Kinerja Batas Layan Bangunan 10-lantai	22
Tabel 5.4	Kinerja Batas Ultimit Bangunan 6-lantai	22
Tabel 5.5	Kinerja Batas Ultimit Bangunan 10-lantai	23
Tabel 5.6	Matrik Kinerja Struktur Berdasarkan <i>Drift</i>	39
Tabel 5.7	Matrik Kinerja Struktur Berdasarkan <i>Damage Index</i> Balok ...	40
Tabel 5.8	Matrik Kinerja Struktur Berdasarkan <i>Damage Index</i> Kolom Elastis	40
Tabel 5.9	Matrik Kinerja Struktur Berdasarkan <i>Damage Index</i> Kolom Plastis	41
Tabel 5.10	Rata-rata <i>Damage Index</i> Balok dan Kolom Elastis	42
Tabel 5.11	Perbandingan Volume Beton	42
Tabel 5.12	Berat Tulangan	43
Tabel 5.13	Perbandingan $T_{plastis}$ prediksi dan $T_{plastis}$ aktual	43
Tabel 5.14	Perbandingan FP yang Digunakan dengan FP aktual	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Stuktur dengan <i>Vertical Set-Back</i>	1
Gambar 1.2	<i>Side Sway Mechanism</i>	2
Gambar 1.3	<i>Soft Story Mechanism</i>	2
Gambar 1.4	<i>Partial Side Sway Mechanism</i>	2
Gambar 1.5	Portal Interior	3
Gambar 1.6	Portal Eksterior	3
Gambar 2.1	Perpindahan pada Bangunan Tanpa <i>Vertical Set-Back</i>	4
Gambar 2.2	Perpindahan pada Bangunan dengan <i>Vertical Set-Back</i>	4
Gambar 2.3	Distribusi Gaya Geser pada <i>Pseudo Elastis</i>	5
Gambar 2.4	Proses Mendapatkan C^T dan C^{500th}	8
Gambar 4.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian	12
Gambar 4.2	Denah Struktur Bangunan 6- dan 10-Lantai	14
Gambar 4.3	Elevasi Bangunan 6- dan 10-Lantai	14
Gambar 4.4	Respon Spektrum Gempa Rencana	15
Gambar 5.1	Ketentuan Penamaan Jenis Kolom pada Tabel 5.1	21
Gambar 5.2	<i>Displacement</i> dan <i>Drift</i> Struktur PE2-6	24
Gambar 5.3	<i>Displacement</i> dan <i>Drift</i> Struktur CD2-6	24
Gambar 5.4	<i>Displacement</i> dan <i>Drift</i> Struktur PE2-10	25
Gambar 5.5	<i>Displacement</i> dan <i>Drift</i> Struktur CD2-10	25
Gambar 5.6	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 2, Bangunan 6-lantai Gempa 50-tahun	26
Gambar 5.7	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 3, Bangunan 6-lantai Gempa 50-tahun	27
Gambar 5.8	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 2, Bangunan 6-lantai Gempa 200-tahun	27
Gambar 5.9	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 3, Bangunan 6-lantai Gempa 200-tahun	28
Gambar 5.10	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 2, Bangunan 6-lantai Gempa 500-tahun	28
Gambar 5.11	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 3, Bangunan 6-lantai Gempa 500-tahun	29
Gambar 5.12	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 2, Bangunan 6-lantai Gempa 1000-tahun	29
Gambar 5.13	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 3, Bangunan 6-lantai Gempa 1000-tahun	30
Gambar 5.14	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 2, Bangunan 10-lantai, Gempa 50-tahun	31
Gambar 5.15	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 3, Bangunan 10-lantai, Gempa 50-tahun	32
Gambar 5.16	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 2, Bangunan 10-lantai, Gempa 200-tahun	33
Gambar 5.17	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 3, Bangunan 10-lantai, Gempa 200-tahun	34
Gambar 5.18	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 2, Bangunan 10-lantai, Gempa 500-tahun	35

Gambar 5.19	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 3, Bangunan 10-lantai, Gempa 500-tahun	36
Gambar 5.20	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 2, Bangunan 10-lantai, Gempa 1000-tahun	37
Gambar 5.21	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 3, Bangunan 10-lantai, Gempa 1000-tahun	38
Gambar 5.22	Posisi Tulangan Lapangan dan Tumpuan	42
Gambar L.1	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 1, Gempa 50-tahun	49
Gambar L.2	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 4, Gempa 50-tahun	49
Gambar L.3	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 5, Gempa 50-tahun	50
Gambar L.4	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 1, Gempa 200-tahun	50
Gambar L.5	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 4, Gempa 200-tahun	51
Gambar L.6	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 5, Gempa 200-tahun	51
Gambar L.7	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 1, Gempa 500-tahun	52
Gambar L.8	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 4, Gempa 500-tahun	52
Gambar L.9	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 5, Gempa 500-tahun	53
Gambar L.10	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 1, Gempa 1000-tahun	53
Gambar L.11	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 4, Gempa 1000-tahun	54
Gambar L.12	Lokasi Sendi Plastis dan <i>Damage Index</i> Portal 5, Gempa 1000-tahun	54