

**PEDOMAN**

Pd-T-12-2004-C

**PEDOMAN PERANCANGAN KOMPONEN  
ARSITEKTURAL, MEKANIKAL, DAN ELEKTRIKAL  
TERHADAP BEBAN GEMPA**



**DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM**  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PEKERJAAN UMUM  
**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERMUKIMAN**  
Jln.Panyaungan Cileunyi Wetan Kabupaten Bandung 40393 PO Box 812 Bandung 40008  
Tlp. (022) 7798393 ( 4 lines ) Fax.( 022) 7798392 E-mail : [kapuskim@bdq.centrin.net.id](mailto:kapuskim@bdq.centrin.net.id)  
**RESEARCH INSTITUTE FOR HUMAN SETTLEMENTS**

## Kata Pengantar

Petunjuk Teknis Persyaratan Perancangan Komponen Arsitektural, Mekanikal, dan Elektrikal Terhadap Beban Gempa ini dipersiapkan oleh panitia teknik Standardisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan, melalui Gugus Kerja Bidang Struktur dan Konstruksi Bangunan pada Sub-Panitia Teknik Standardisasi Bidang Permukiman.

Petunjuk Teknis ini digunakan untuk memeriksa dan mengevaluasi kerusakan bangunan beton bertulang atau bangunan dinding struktural yang mengalami kerusakan akibat gempa, yang disusun mengacu pada *Guidelines for damage Inspection and Evaluation, International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Ministry of Construction, Japan*. Petunjuk Teknis ini telah dibahas melalui forum konsesus yang dilaksanakan di Bandung pada tanggal 22 Oktober 2003 dengan melibatkan para ahli dari berbagai instansi terkait sesuai ketentuan Pedoman BSN No.9 tahun 2005. Tata penulisan mengikuti Pedoman BSN, Penulisan Standar Nasional Indonesia – PSN 203 – 2003.

Kami menyadari bahwa Petunjuk Teknis ini masih ada kekurangan dalam penyajiannya, maka untuk penyempurnaannya diharapkan khalayak pembaca atau pengguna dapat memberikan masukan secara tertulis.

Bandung, Desember 2003

# Daftar Isi

	Halaman
Kata Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	ii
Pendahuluan .....	ii
1 Ruang Lingkup .....	1
2 Acuan Normatif .....	1
3 Istilah dan Definisi .....	1
4 Standar Perencanaan .....	2
4.1 Perhitungan Gaya Gempa Rencana .....	2
4.2 Faktor Reduksi Gempa, R .....	2
4.3 Perhitungan Koefisien Pembesaran Respon, $K_p$ .....	4
4.4 Faktor Kinerja Unsur, P .....	4
4.5 Perhitungan Waktu Getar Alami .....	4
4.5.1 Waktu Getar Alami Bangunan, T .....	4
4.5.2 Waktu Getar Alami Komponen Sekunder, $T_c$ .....	6
4.5.3 Waktu Getar Daerah Titik Resonansi .....	6
5 Perancangan Komponen Arsitektural .....	6
5.1 Umum .....	6
5.2 Kriteria Perancangan Komponen Arsitektural .....	7
5.3 Karakteristik Kinerja Sistem Arsitektur Yang Baik .....	7
5.3.1 Fasada dan Elemen Kaca .....	7
5.3.2 Partisi .....	7
5.3.3 Langit-langit .....	7
5.3.4 Jalan Keluar ( <i>Exits</i> ) .....	8
5.3.5 Rak dan Kabinet .....	8
5.3.6 Genteng .....	9

6	Perancangan Peralatan Mekanikal dan Elektrikal .....	9
6.1	Umum .....	10
6.2	Karakteristik Pemasangan Sistem Mekanikal Yang Benar .....	10
6.2.1	Peralatan Mekanik dengan Isolator Getaran .....	10
6.2.2	Peralatan Mekanik Tanpa Isolator Getaran .....	10
6.2.3	Sistem Perpipaan .....	11
6.2.4	Sistem Distribusi Saluran Udara .....	12
6.2.5	Elevator .....	12
6.3	Karakteristik Kinerja Sistem Elektrikal Yang Baik .....	12
6.3.1	Alat Perlengkapan/Penambat Lampu .....	13
6.3.2	Sistem Listrik Bangunan .....	13
6.3.3	Yang Melalui/Memotong Delatasi Gempa .....	13
6.3.4	Sistem Pembangkit Listrik Darurat dan Penerangan .....	13
	Lampiran A : Contoh Perhitungan Peralatan Mekanikal .....	14
	Lampiran B : Daftar Nama dan Lembaga .....	16
	Daftar Pustaka .....	17

## Pendahuluan

Pedoman ini meliputi persyaratan pada perancangan komponen arsitektural, mekanikal dan elektrik dengan berat komponen sekunder dibatasi dibawah 20 persen dari berat mati total lantai yang dibebani, berat komponen sekunder dibatasi dibawah 10 persen dari berat mati total strukturnya.

Untuk komponen sekunder yang beratnya melebihi tersebut di atas harus dihitung secara tersendiri, dan tidak termasuk yang diatur dalam petunjuk teknis ini.

# Pedoman Perancangan Komponen Arsitektural, Mekanikal, dan Elektrikal Terhadap Beban Gempa

## 1 Ruang Lingkup

Pedoman ini meliputi persyaratan pada perancangan komponen arsitektural, mekanikal dan elektrikal dengan batasan sebagai berikut :

- a) Berat komponen sekunder dibatasi dibawah 20 persen dari berat mati total lantai yang dibebani,
- b) Berat komponen sekunder dibatasi dibawah 10 persen dari berat mati total strukturnya.

Untuk komponen sekunder yang beratnya melebihi tersebut di atas harus dihitung secara tersendiri, dan tidak termasuk yang diatur dalam petunjuk teknis ini.

## 2 Acuan Normatif

SNI 03 -1726-2002, *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung.*

## 3 Istilah dan Definisi

**3.1 Beban Gempa Nominal Rencana** adalah beban gempa nominal statik ekuivalen yang bekerja pada komponen nonstruktural pada pusat massanya dengan arah yang paling berbahaya.

**3.2 Delatasi** adalah jarak antara komponen bangunan yang disiapkan sebagai antisipasi adanya simpangan atau deformasi akibat beban gempa.

**3.3 Fasada** adalah permukaan bagian depan bangunan biasanya untuk tampak bangunan.

**3.4 Isolator Getar** adalah suatu sistem peredam getaran terhadap komponen sekunder pergerakan

**3.5 Komponen sekunder** adalah komponen-komponen bangunan yang tidak direncanakan/diperhitungkan untuk menerima beban namun dapat mengalami tegangan akibat beban yang bekerja langsung padanya akibat perubahan bentuk komponen struktural, seperti komponen arsitektural, mekanikal dan elektrikal

**3.6 Komponen Arsitektural** adalah komponen bangunan yang berfungsi sebagai penyekat antar ruang, penutup antar ruang pada bidang horizontal maupun vertikal yang meliputi bukaan, pencahayaan ruangan, misalnya dinding pasangan, dinding panel, langit-langit/plafond.

**3.7 Komponen Mekanikal** adalah peralatan pada bangunan yang mempunyai fungsi sebagai sistem pemanas dan pendingin ruang, pengangkut barang dan manusia baik vertikal maupun horizontal.

3.8 Komponen Elektrikal adalah peralatan pada bangunan yang berfungsi sebagai pembangkit listrik darurat, instalasi pendistribusian listrik dan sistem penerangan.

3.9 Partisi adalah dinding pemisah antar ruang.

3.10 Waktu Getar Resonansi adalah waktu getar alami bangunan yang sama dengan waktu getar komponen sekunder

## 4 Ketentuan Perencanaan

### 4.1 Perhitungan Gaya Gempa Rencana

Perhitungan gaya gempa rencana pada komponen sekunder, yaitu : komponen arsitektural, mekanikal dan elektrikal harus direncanakan terhadap beban gempa nominal statik ekuivalen,  $F_p$ , yang dirumuskan sebagai berikut:

$$F_p = C1/R \cdot K_p \cdot P \cdot W_p \dots\dots\dots (1)$$

Catatan :

$C1$  : faktor respons gempa, dapat dilihat pada gambar 1

$R$  : faktor reduksi gempa,

$K_p$  : koefisien pembesaran respons,

$P$  : factor kinerja unsur,

$W_p$  : berat komponen sekunder, yaitu : komponen arsitektural, mekanikal dan elektrikal

### 4.2 Faktor Reduksi Gempa, $R$

Perhitungan faktor reduksi gempa menggunakan rumus dibawah ini:

$$1,6 < R = \mu \cdot f1 < Rm \dots\dots\dots (2)$$

Catatan :

$\mu$  : tingkat daktilitas struktur

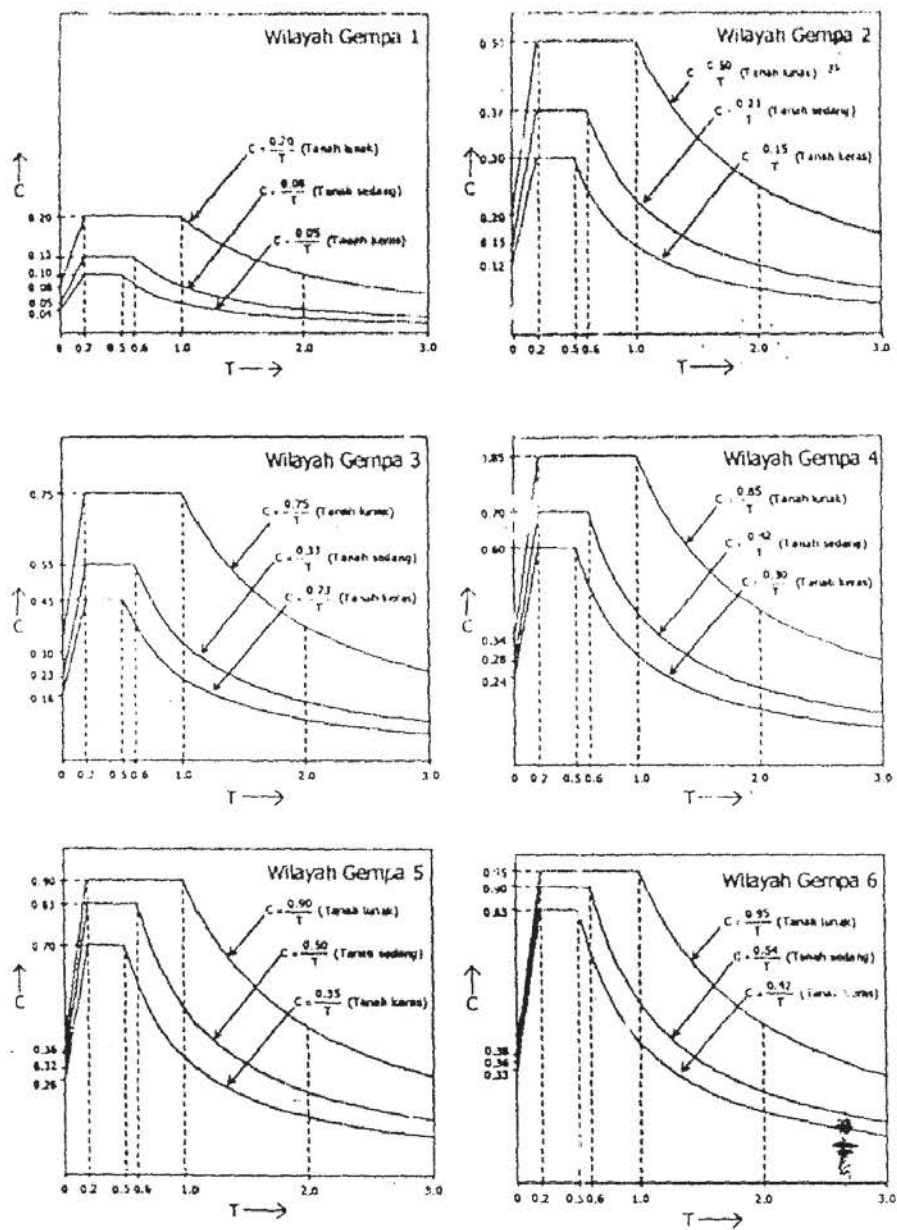
$R$  : faktor reduksi gempa

$f1$  : faktor kuat lebih beban. menurut SNI-1726-2002 diambil 1,61

$Rm$  : faktor reduksi gempa maksimum, dapat dilihat pada tabel 3 SNI-1726-2002

Tabel 1 Hubungan Tingkat Daktilitas Struktur ( $\mu$ ) dan Faktor Reduksi Gempa (R)

NO	Taraf Kinerja Struktur Gedung	$\mu$	R
1.	Elastik Penuh	1	1,6
2.	Daktail Parsial	1,5	2,4
		2,0	3,2
		2,5	4,0
		3,0	4,8
		3,5	5,6
		4,0	6,4
		4,5	7,2
3.	Daktail Penuh	5,3	8,5



Gambar 1 Respons Spektrum Gempa Rencana



### 4.3 Perhitungan Koefisien Pembesaran Respon, $K_p$

Koefisien pembesaran respon mencerminkan pembesaran respon unsur atau instalasi terhadap respon struktur gedung yang memikulnya, yang bergantung pada ketinggian tempat kedudukannya pada struktur gedung. Koefisien pembesaran respon  $K_p$  dapat dihitung menurut persamaan berikut:

$$K_p = 1 + (z_p/z_n) \dots\dots\dots (3)$$

Catatan:

$z_p$  : ketinggian tempat kedudukan komponen sekunder (m)

$z_n$  : ketinggian pelat lantai atap gedung (m)

Keduanya diukur dari taraf penjepitan lateral

### 4.4 Faktor Kinerja Unsur, P

Faktor kinerja unsur (P), mencerminkan tingkat keutamaan komponen tersebut dalam kinerjanya selama maupun setelah gempa berlangsung. Faktor kinerja unsur P ditetapkan menurut tabel 2 dan tabel 3.

**Tabel 2 Faktor Kinerja unsur (P) untuk unsur sekunder dan unsur arsitektur**

No	Unsur Sekunder dan unsur arsitektur	Faktor kinerja unsur
1.	Dinding dan sekat pemisah - Dinding yang berbatasan dengan jalan keluar atau tempat umum atau yang disyaratkan memiliki ketahanan tertentu terhadap kebakaran - Dinding kantilever dan sandaran (parapet) - Dinding dan sekat pemisah ruangan	4 4 2,5
2.	Ornamen, panel beton pracetak dan penutup luar gedung, berikut alat penambatnya	8
3.	Sistem langit-langit yang digantung pada struktur gedung dengan lempengan penutup yang beratnya melampaui 20 N per buah : - Diatas ruang penting (ruang bedah dirumah sakit), jalan keluar dan tempat umum atau yang disyaratkan memiliki ketahanan tertentu terhadap kebakaran - Di atas ruang kerja dan penghunian biasa	3 2
4.	Perlengkapan ruang pada jalan keluar atau yang dapat membahayakan jika mengalami pengaruh gempa	2
5.	Tangki air bersih dan cerobong yang menyatu dengan gedung dengan berat tidak lebih dari 10% dari berat gedung	2,5
6.	Struktur rumah atap atau ruang mesin pada puncak gedung	2,5

Tabel 3 Faktor kinerja unsur (P) untuk Instalasi Mesin dan Listrik

No	Unsur Instalasi Mesin dan Listrik	Faktor kinerja unsur
1.	Tangki tekanan tinggi, ketel uap, tungku, pembakaran, pemanas air atau alat-alat lain yang memakai sumber energi pembakaran dengan suhu tinggi	6
2.	Tangki cairan atau gas di atas menara untuk : - Cairan dan gas beracun, alkohol, asam, alkali, logam pijar atau bahan-bahan lain yang berbahaya - Sistem penyemprot air kebakaran	6 6
3.	Pengatur roda gigi (switchgear), transformator, gardu listrik, alat kontrol motor listrik	6
	- Diatas ruang penting (ruang bedah dirumah sakit), jalan keluar dan tempat umum atau yang disyaratkan memiliki ketahanan tertentu terhadap kebakaran	3
	- Di atas ruang kerja dan penghunian biasa	2
4.	Gantungan dan tambatan lampu : - Tambatan erat - Tambatan ayunan	2,5 3,5
5.	Sistem pipa distribusi berikut isinya - Yang ditambah erat untuk cairan beracun dan bahaya - Yang ditambah erat untuk air bersih - Yang ditambah fleksibel untuk cairan beracun dan bahaya - Yang ditambah fleksibel untuk air bersih	6 3 8 5
6.	Rak-rak untuk menyimpan batere dan barang-barang berbahaya	4
7.	Mesin lift, rel pengarah	3
8.	Peralatan siap jalan pada keadaan darurat, yang harus segera berfungsi setelah gempa terjadi:	6

#### 4.5 Perhitungan Waktu Getar Alami

##### 4.5.1 Waktu Getar Alami Bangunan, T

Waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan dalam arah masing-masing sumbu utama dapat ditentukan dengan rumus Rayleigh sebagai berikut :

$$T = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n W_k d_k^2}{g \sum_{k=1}^n F_k d_k}} \quad (4)$$

Keterangan :

- $W_k$  : berat lantai tingkat k, termasuk beban hidup yang sesuai,
- $F_k$  : beban gempa static ekuivalen pada pusat masa lantai tingkat
- $d_k$  : simpangan horizontal lantai tingkat k, dalam mm dan
- $g$  : gravitasi ditetapkan 9810 mm/dt<sup>2</sup>.

#### 4.5.2 Waktu Getar Alami Komponen Sekunder, $T_c$

Waktu getar alami fundamental dari peralatan,  $T_c$ , dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$T_c = 0,32 (W_p/K_c)^{0,5} \quad (5)$$

Keterangan :

- $T_c$  : waktu getar alami komponen non-struktural (det),
  - $W_p$  : berat peralatan (kN),
  - $K_c$  : kekakuan dari penambat peralatan (kN/mm).
- Kekakuan penambat peralatan ditentukan berdasarkan besar beban lateral per satuan simpangan terhadap pusat massanya.

#### 4.5.3 Waktu Getar Daerah Titik Resonansi

Waktu getar alami komponen sekunder, yaitu komponen arsitektural, mekanikal dan elektrikal yang nilainya berdekatan dengan waktu getar alami struktur gedung yang memikinya harus dihindari, sebab dapat menimbulkan gejala resonansi yang berbahaya. Rasio waktu getar alami antara keduanya adalah antara 0,6 dan 1,4, merupakan daerah titik resonansi, pembesaran dapat mencapai 25 kali. Akan tetapi dalam pasal ini nilai faktor kinerja unsur,  $P$ , hanya dikalikan sampai 2 kali, karena dalam praktek selalu ada redaman yang memperkecil pembesaran tersebut.

## 5 Perancangan Komponen Arsitektural

### 5.1 Umum

Sistem dan komponen arsitektural yang meliputi dinding partisi interior, dinding panel exterior, penutup atap, dan sebagainya.

Ada dua strategi umum yang dapat dipilih untuk menahan akibat gaya gempa:

- a) Penyelesaian dengan cara isolasi, direncanakan menggunakan sela delatasi yang cukup antara komponen-komponen dan struktur utamanya, sehingga deformasi struktur tidak menimbulkan tegangan yang cukup besar pada komponen tersebut.
- b) Penyelesaian dengan mempertimbangkan deformasi, komponen-komponen dirancang untuk dapat menahan deformasi yang diperkirakan. Semua komponen yang dihubungkan

dengan struktur bangunan harus dirancang untuk menahan beban yang diakibatkan oleh deformasi struktur.

## 5.2 Kriteria Perancangan Komponen Arsitektural

- a) Keruntuhan tiba-tiba dihindarkan, seperti dinding pasangan bata tanpa sela pemisah yang dipasang setengah tinggi yang menempel pada kolom struktural dapat menyebabkan keruntuhan tiba-tiba,
- b) Keruntuhan komponen arsitektural tidak mengakibatkan kecelakaan berat atau kematian,
- c) Komponen arsitektural pada bangunan yang menghadap kejalan, harus dijamin keruntuhan bagian arsitektural terhadap orang yang berjalan ditrotoar atau arus kendaraan.

## 5.3 Karakteristik Kinerja Sistem Arsitektur Yang Baik

### 5.3.1 Fasada dan Elemen Kaca

Fasada dan Elemen Kaca harus mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- a) Fasada yang besar dan kaku harus dikaitkan digunakan pada rangka struktur yang kaku,
- b) Dinding pengisi beton tidak diperhitungkan untuk dapat menahan defleksi lateral dari rangka bangunan.
- c) Diberi sela pemisah antara rangka bangunan dan dinding pengisi, celah ini dapat berfungsi sebagai untuk peredam suara dan pengontrol kebakaran
- d) Semua panel kaca dipasang dengan diberi sela delatasi yang diisi bahan karet, sehingga memberikan ruang gerak yang cukup,
- e) Gunakan kaca yang dapat pecah secara halus ( tempered glass ) untuk jalan keluar atau pada ruangan di depan jalan umum yang sebagian besar berdinding kaca.
- f) Tidak diperbolehkan menggunakan lapisan bata pada bangunan rangka baja, kecuali jika lapisan bata tersebut diikat kuat pada dinding yang terpisah dari rangka itu, jika tidak harus ditentukan defleksi yang diperbolehkan.

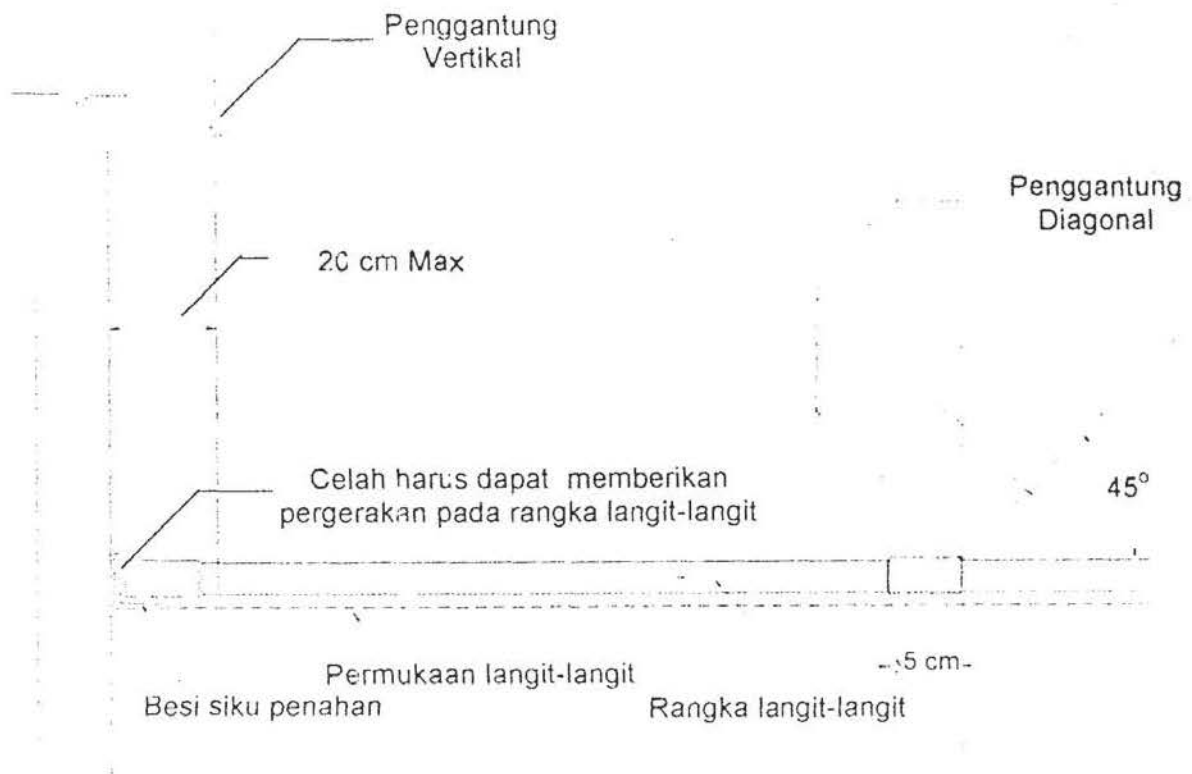
### 5.3.2 Partisi

- a) Partisi dalam bangunan harus di anchor pada salah satu elemen struktural, seperti contohnya pada pelat lantai, dan dipisahkan dari seluruh elemen struktural lain
- b) Partisi dinding beton bertulang yang diikat pada lebih dari satu elemen struktural dipertimbangkan sebagai bagian dari sistem struktural.
- c) Partisi dinding beton tidak bertulang tidak digunakan sebagai partisi atau dinding pengisi
- d) Saluran atau pemipaan dalam partisi diikat pada elemen struktural dimana partisi tersebut diankerkan.
- e) Pembukaan pada partisi untuk saluran, pemipaan, dan cerobong harus diberi penulangan dan dibuat cukup luas untuk menghindari terjadinya kontak langsung dengan peralatan.

### 5.3.3 Langit-langit

- a) Gambar detail penguat alat penggantung langit-langit dapat dilihat pada gambar 2 ketentuan umum penahan plafon dan pencegahan peralatan penerangan agar tidak jatuh.
- b) Langit-langit harus diberi rangka dengan interval yang teratur melawan gerakan lateral dan vertikal





Gambar 2 Detai penguat penggantung plafon

### 5.3.4 Jalan Keluar ( Exits )

- Dinding beton tidak bertulang tidak diperbolehkan untuk dinding jalan keluar.
- Semua pintu jalan keluar harus struktural, untuk menghindarkan terlepas dari rangkanya.
- Kaca tidak boleh dipasang pada daerah dekat jalan keluar.
- Peralatan ringan yang tergantung tidak boleh diletakkan pada jalan keluar.
- Ornamen yang berat tidak boleh diletakkan dilobi jalan keluar.
- Jika digunakan lapisan marmer, harus diikat kencang pada elemen struktural atau ditanam di dinding.

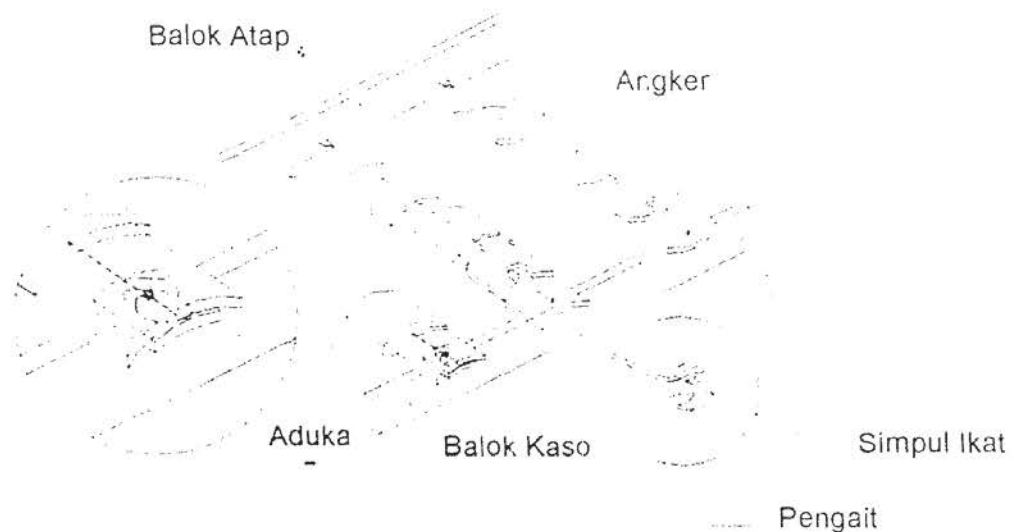
### 5.3.5 Rak dan Kabinet

- Rak-rak penyimpan barang harus dirancang dapat menahan gaya gempa dan diangkerkan pada lantai atau diberi penahan lateral dari bagian atas sampai komponen struktural.
- Rak-rak dirancang dengan penahan lateral dan baut angker dan dapat menahan beban lateral dan jungkit.

- c) Deretan rak-rak harus mempunyai pengikat kaku yang dipasang pada bagian atas rak untuk menahan dan menstabilkan seluruhnya.
- d) Rak yang ditempatkan sepanjang dinding diangkerkan ke dinding untuk menghindarkan terjadinya benturan berulang antara rak dan dinding pada saat gempa.
- e) Almari untuk penyimpanan map atau gambar-gambar diangkerkan pada lantai atau dinding, dan semua gambar dikencangkan dengan pengunci.
- f) Peralatan penting diangkerkan pada lantai atau dinding.
- g) Bahan yang mudah terurai yang disimpan pada rak yang tinggi ditahan pada tempatnya dengan besi penghalang ( face bars ).
- h) Barang-barang medis ditaruh dalam kabinet yang diangkerkan pada dinding atau lantai, dan pintunya dipasang grendel.
- g) Almari pameran di dinding atau rak-rak harus diikat sedemikian sehingga tidak dapat bergerak dan kacanya pecah pada saat gempa.

### 5.3.6 Genteng

Genteng yang berat harus diangkerkan pada rangka atap ( gambar3 ) menunjukkan salah satu metoda pemasangan genteng dengan pengikat anti korosi, yang dapat dipasang pada bangunan bertingkat pada zona gempa 4 atau yang lebih besar.



Gambar 3 Detai angker pada atap

## 6 Perancangan Peralatan Mekanikal dan Elektrikal

### 6.1 Umum

Pemasangan peralatan yang harus diperhatikan adalah :

- a) peralatan yang diikat kaku pada bangunan atau tanah
- b) peralatan yang ditempelkan pada isolator yang bergetar

## 6.2 Karakteristik Pemasangan Sistem Mekanikal Yang Benar

Karakteristik pemasangan sistem mekanikal yang menunjukkan kinerja baik pada paska gempa dapat dirangkum dibawah ini.

### 6.2.1 Peralatan Mekanik dengan Isolator Getaran.

- Penempatan Alat mekanik berat dengan isolator getaran, penahan gaya lateral dan vertikal, harus dianalisis dengan memperhitungkan amplitudasi percepatan pada tingkat yang lebih atas dari bangunan tinggi.
- Alat isolator getaran diangkerkan dengan kuat pada pelat lantai struktur untuk menghindari perpindahan. Salah satu tipe isolator getaran dapat dilihat pada gambar 4.
- Penggunaan alas berat pada bagian bawah alat isolator getaran dihindari untuk mengurangi gaya inersia.
- Penambat Isolator getaran yang ditanam dipasang dengan kuat terhadap komponen pemikul struktural. Suatu portal penahan struktural disediakan pada seluruh penumpu alat mekanik. Pengaku menyilang disediakan antara batang-batang penambat pada keempat sisi penumpu alat mekanik yang ditanam.
- Isolator getaran di bawah generator motor dibautkan pada lantai dan pada kaki generator motor. Isolator harus mempunyai kekuatan cukup menahan gaya gempa.



**Gambar 4** Alat bantalan pegas dengan penahan lendutan lateral

### 6.2.2 Peralatan Mekanik Tanpa Isolator Getaran.

- Tumpuan Peralatan mekanik dan tanki harus dirancang tahan gaya gempa dan diangkurkan pada lantai. Penahan peralatan mekanik dan tanki yang dipasang pada sistem penambatnya diberi pengaku lateral. Tangki Pemanas air harus ditopang oleh kaki-kaki yang tahan gaya gempa dan diangkurkan pada lantai dan/atau diikatkan dengan dinding struktural.
- Rangkaian pipa tidak boleh digunakan untuk kaki-kaki tanki atau alat mekanikal. Bidang lemah yang diakibatkan oleh rangkaian pipa seringkali menyebabkan kegagalan pada tumpuan pipa-pipa tersebut.
- Semua tangki horisontal diikatkan padaudukannya, dilaskan pada tanki di titik tumpuan untuk menahan gerakan horisontal, dan dudukan dibautkan pada pelat lantai struktural.
- Semua dudukan peralatan mekanikal dan tanki harus dibautkan pada pelat lantai struktural.

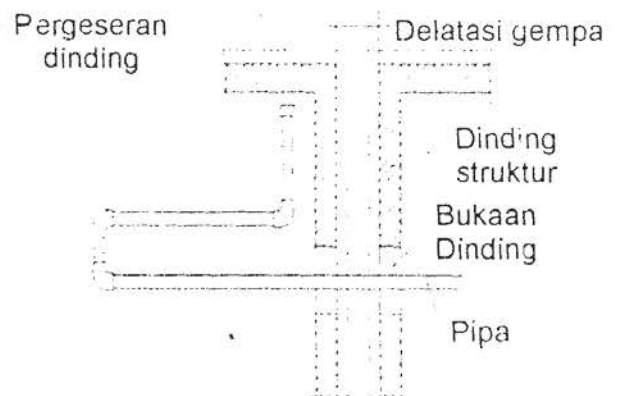
- e) Panel pemilih dan pengontrol harus dibuatkan pada lantai dengan pengaku fleksibel pada bagian atas. Semua komponen elektrik dengan panel dikunci pada portal panel, dan semua pintu dan panel sendi diikat dengan grendel pengunci.

### 6.2.3 Sistem Perpipaan.

- a) Jaringan pipa harus diikat pada salah satu sistem struktural. Defleksi relatif pada sistem struktural harus dapat diperkirakan, sistem sambungan yang bergerak harus dipasang pada sistem perpipaan yang memungkinkan terjadinya pergerakan.
- b) Sistem perpipaan yang tertumpu harus mempunyai kelonggaran yang konsisten sekelilingnya. Sebagai contoh, cabang pipa tidak diangkur pada elemen struktur bila pipa utama diijinkan untuk bergoyang. Jika sistem perpipaan diijinkan untuk bergoyang, sambungan yang dapat bergerak dipasangkan pada sambungan alat mekanikal.
- c) Pipa-pipa harus tidak saling bersilangan dengan sambungan gempa (seismic joints). Jika hal tersebut harus dilakukan, persilangan dicat pada lantai serendah mungkin, dan seluruh defleksi pipa dan tegangan yang disebabkan oleh defleksi dievaluasi seteliti mungkin.
- d) Sambungan fleksibel harus dipasang bila pipa-pipa melewati sambungan seismic dan expansion, atau jika pipa ditumpu kaku berhubungan dengan alat mekanikal yang memakai isolator getaran. Gambar 5 dan 6 menyajikan beberapa saran petunjuk untuk perpipaan yang bersilangan terhadap sambungan gempa (seismic joint).
- e) Pengaku bergoyang harus dipasang pada kedua arah memanjang dan melintang pada semua pipa berdiameter 63,5 mm atau lebih besar untuk membatasi tegangan yang terjadi pada pipa. Gambar 7 menggambarkan salah satu metoda pemasangan dengan menggunakan pengaku bergoyang.
- f) Berat dari pipa vertikal yang meningkat ditumpu pada titik atau beberapa titik diatas pusat gravitasi dari anak tangga dan pengarah lateral dipasang pada jarak yang teratur. Lengan pipa yang cukup besar dipasang melalui dinding atau lantai untuk mengikuti dan antisipasi perbedaan gerakan.

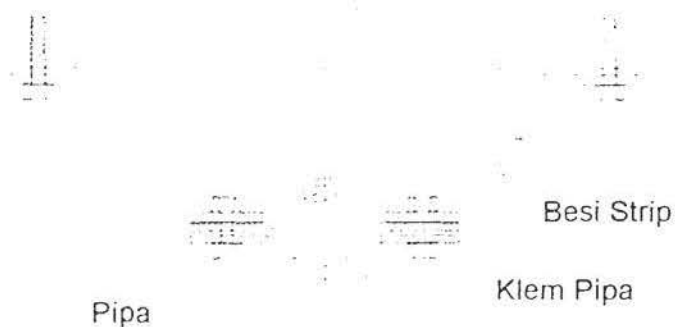


Gambar 5 : Detail Pekerjaan perpipaan pada delatasi gempa



Gambar 6 : Rencana persilangan pipa pada delatasi gempa





Gambar 7 Penjepit pipa dan penahan goyang

#### 6.2.4 Sistem Distribusi Saluran Udara.

- Penggantung-penggantung panjang dan tumpuan untuk saluran udara harus dipasang pengaku lateral.
- Sambungan fleksibel saluran udara harus dipasang pada suatu kondisi setengah digulung dengan cukup material untuk memungkinkan adanya perbedaan gerakan yang diperkirakan antara kipas dan saluran udara.
- Lengan-lengan pipa atau bukaan-bukaan saluran udara yang melalui dinding atau lantai harus cukup lebar untuk memberikan keleluasaan gerakan pipa dan saluran yang diperkirakan terjadi.
- Saluran horizontal ditumpu sedekat mungkin dengan komponen tumpuan struktural. Penambat pada langit-langit diikatkan pada saluran udara dengan sekrup. Penambat yang dihubungkan dengan saluran fleksibel mempunyai kaitan positif pada saluran udara dan /atau bukaan dinding.

#### 6.2.5 Elevator

- Perlu disediakan Tombol gempa untuk mematikan elevator selama gempa dan menurunkan kereta pada lantai terdekat.
- Tombol penolak manual yang beroperasi dengan kecepatan rendah diperlukan untuk personal penyelamat dan pemeliharaan setelah gempa.

### 6.3 Karakteristik Kinerja Sistem Elektrikal Yang Baik

Kerusakan peralatan listrik umumnya ditemukan pada alat perlengkapan/penambat lampu, sistem pendistribusian listrik pada bangunan, Generator listrik darurat, serta sistem penerangan. Karakteristik Kinerja sistem listrik yang baik dirangkum berikut ini.

### 6.3.1 Alat Perlengkapan/Penambat Lampu

- a) Alat perlengkapan/penambat lampu gantung, khususnya yang terpasang dari ujung ke ujung dalam lajur yang panjang harus dilengkapi pengaku lateral fleksibel yang dikaitkan pada sambungan bagian bawah perlengkapan lampu.
- b) Alat Perlengkapan/penambat Lampu yang disangga dengan penambat fleksibel harus diletakkan posisinya sehingga terhindar dari kemungkinan benturan dengan komponen bangunan lainnya. Penambat yang agak fleksibel lebih disukai dari alat penambat yang sangat fleksibel.
- c) Sistem penumpu yang dirancang untuk dudukan bergerak pada permukaan yang datar jangan dipasang pada permukaan yang miring, karena pergerakan yang bebas dibutuhkan pada bidang vertikal. Penambat lampu yang diletakkan dibawah langit-langit tinggi harus diletakkan pada dudukan yang rata dan diikatkan dengan sistem penyangga grid yang memenuhi persyaratan sebagai penyangga dan ikatan diagonal untuk sistem penyangga gantung.

### 6.3.2 Sistem Listrik Bangunan

- a) Semua peralatan listrik seperti pengubah aliran listrik, peralatan pemindah aliran listrik dan panel kontrol harus diangker ke bangunan.
- b) Bila pergeseran mungkin terjadi antara komponen-komponen pada panel pengubah aliran listrik, maka Sambungan serabut fleksibel harus dipasang dalam kotak tembaga yang kaku.
- c) Penambahan kotak tarikan dengan kawat konduktor yang kendur (slack conductor) diperlukan pada rangkaian jalur yang panjang untuk memecah tekanan pada kawat penghantar.
- d) Sistem komunikasi dan sistem pencahayaan harus disambungkan dengan sistem listrik darurat/genset dan dirancang untuk beroperasi saat listrik padam.

### 6.3.3 Yang Melalui / Memotong Delatasi Gempa

- a) Kumpulan kabel dalam selongsong yang melalui/memotong sambungan gempa harus dihindari. Jika sampai memotong, maka pengaturannya harus memenuhi persyaratan lendutan yang diijinkan.
- b) Harus di buat pada posisi yang paling rendah.
- c) Konduktor pentanahan (Ground Conductor) terpisah yang ada dalam Kumpulan kabel dalam selongsong, apabila melalui/memotong delatasi gempa yang memungkinkan sistem pentanahan rusak, harus dibuat seperti halnya pada sistem listrik.

### 6.3.4 Sistem Pembangkit Listrik Darurat dan Penerangan

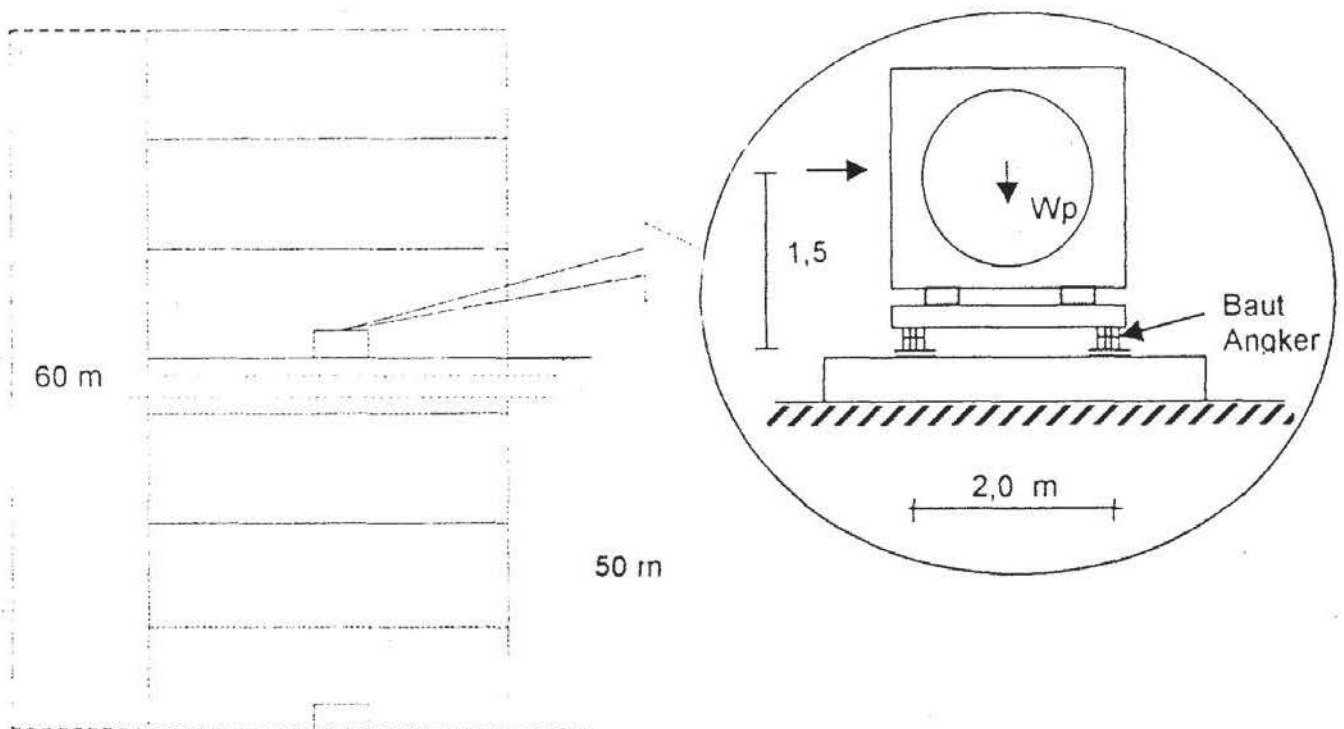
- a) Pemasangan Generator Listrik Darurat dalam bangunan seharusnya dilengkapi dengan isolator getaran yang didisain dengan baik.
- b) Isolator getaran dan penghubung pipa-pipa harus dilengkapi dengan penahan horizontal.
- c) Rak untuk starter batere harus disatukan dengan struktur
- d) Masing-masing batere harus diikatkan pada rak dengan dudukan yang baik agar dapat menahan perpindahan.
- e) Perangkat batere untuk penerangan darurat harus diikatkan dengan baik pada bangunan.

## Lampiran A (Informayif)

### Contoh Perhitungan Peralatan Mekanikal

Sebuah Generator Listrik direncanakan dipasang di tempat mekanikal pada landasan lantai beton pada struktur gedung dengan tingkat daktilitas 4. Berat Generator Listrik : 100 kN. Bangunan terletak pada daerah gempa wilayah 4 pada tanah lunak. Perencana telah memasang isolator getar yang digunakan untuk meredam getaran pada saat operasi mesin. Isolator getar tersebut mempunyai total kekakuan  $K_c$  : 40 kN/mm. Dimensi Generator Listrik lihat gambar 1. Tinggi bangunan : 60 m dengan periode getar alami gedung : 1,2 detik.

- Hitung gaya lateral nya pada baut angker jika Generator Listrik diletakkan pada ketinggian 50 m dari dasar bangunan?
- Hitung gaya lateral jika Generator Listrik diletakkan pada lantai dasar bangunan?



Jawab :

- Perhitungan gaya lateral bila Generator Listrik diletakkan pada lantai dengan ketinggian 50 m :

$$F_p = C_1/R \cdot K_p \cdot P \cdot W_p$$

$$C_1 = 0.85 \text{ (lihat respons spektrum gempa pada gambar 1)}$$

$$\mu = 4 \rightarrow R = f_1, \mu = 1,6 \cdot 4 = 6,4 \text{ (lihat tabel 1)}$$

$$K_p = 1 + (50/60) = 1,83$$

$$T_c = 0,32 (100/40)^{0,5} = 0.506$$

$$T_c/T = 0,506/1,2 = 0,42 \rightarrow MF = 1,2$$

$$P = 1,2 \cdot 6 = 7,2$$

$$W_p = 100 \text{ kN}$$

$$F_p = 0,85/6,4 \cdot 1,83 \cdot 7,2 \cdot 100 = 175 \text{ kN}$$

Diasumsikan baut angker jumlahnya 4 buah, sehingga masing-masing baut angker menerima beban :

$$F_v = 175 / 4 = 43,75 \text{ kN/angker}$$

Momen Guling terhadap ujung kaki/angker baut :

$$M_g = F_p \cdot h$$

$$M_g = 175 \cdot 1,5 \text{ m} = 262,5 \text{ kNm}$$

Momen Yang Menahan :

$$M_t = W_p \cdot l$$

$$M_t = 100 \cdot 1 = 100 \text{ kNm}$$

Gaya angkat baut angker  $F_t$  :

$$\sum MB = M_g - M_t + F_t \cdot 2$$

$$F_t = (262,5 - 100) / 2 = 81,25 \text{ kN}$$

Karena tiap sisi ada 2 angker , maka gaya angkat per satu angker adalah :  $81,25 / 2 = 40,625 \text{ kN}$

2. Perhitungan gaya lateral bila Generator Listrik diletakkan pada lantai dasar :

$$F_p = C1/R \cdot K_p \cdot P \cdot W_p$$

$$K_p = 1 + (0/60) = 1$$

$$F_p = 0,85/6,4 \cdot 1 \cdot 7,2 \cdot 100 = 92,625 \text{ kN}$$

Keuntungan meletakkan Generator Listrik pada lantai dasar terlihat dengan jelas adanya penurunan gaya lateral dari 175 kN menjadi 92,625 kN. Perhitungan gaya lateral bila Generator Listrik diletakkan pada lantai dengan ketinggian 50 m.

Lampiran B  
(Informatif)

Daftar Nama dan Lembaga

1 Pemrakarsa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan Kimpraswil, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

2 Penyusun

Nama	Lembaça
Ir. Sutadji Yuwasdiki, Dpl.E.Eng	Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman
Ir. Dadri Arbiyakto, MT	Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman
Nana Pudjasukmana, ST	Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman
Edi Nur, ST	Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman

## Daftar Pustaka

The Seismic Design Handbook, 'Design of Nonstructural System and Component", Thomas Sabol, PhD., SE.

International Conference of Building Officials, Uniform Building Code, 1988 Edition, Ahittier, CA, 1988.

Federal Emergency Management Agency, NEHRP Recommended provisions for the Development of Seismic Regulation for New Building. Part 1, Provisions. Building Seismic Safety Council. 1985.

Veterans Administration, Earthquake Resistive Design of Non-Structural Elements of Buildings. VA Construction Standard CD. 65. Veterans Administration. Washington, Nov. 1973