

ANALISIS GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG IRADIATOR GAMMA KAPASITAS 2 MCI

Hasriyasti Saptowati, Kukuh Prayogo
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir (PRFN) - BATAN
Email : yesti@batan.go.id

ABSTRAK

ANALISIS GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG IRADIATOR GAMMA KAPASITAS 2 MCI. Konstruksi gedung Iradiator harus diperhitungkan terhadap beban-beban yang dipikul oleh struktur gedung tersebut baik beban mati maupun beban hidup. Beban-beban tersebut antara lain beban angin, beban gempa, beban tornado dan beban gedung itu sendiri. Beban eksternal adalah beban yang berasal dari beban diluar gedung termasuk faktor ketahanan tanah, sedangkan beban internal yaitu berat sendiri dan berat yang ditanggung di dalam gedung. Perhitungan terhadap beban gempa harus dipertimbangkan gabungan dengan beban hidup yang telah direduksi dan beban mati. Demikian pula untuk pengaruh struktur terhadap akibat penurunan atau penyusutan yang terjadi akibat dari perubahan suhu. Perhitungan pembebanan berdasarkan peraturan pembebanan untuk gedung di Indonesia.

Kata kunci : Gedung, Beban, Struktur, peraturan pembebanan.

ABSTRACT

ANALYSIS OF EARTHQUAKE IN BUILDING STRUCTURE GAMMA IRRADIATOR CAPACITY 2 MCI. Construction of irradiation building must be calculated on the weight load carried by the structure of the building both live loads and dead loads. Loads include wind, earthquake, tornado and load of building itself. External load is a load that comes from outside the building load including soil resistance factors, while internal loads are its own weight and the weight are borne in the building. Calculation of earthquake loads must be considered in combination with the reduced live load and dead load. Similarly to the effect of the structure due to the reduction or shrinkage that occurs as a result of temperature change. Calculation of loading based on the loading for building regulations in Indonesia.

Keywords: Building, Loads, Structure, regulation of loading.

1. PENDAHULUAN

Gedung Iradiator Gamma Kapasitas 2 Mci didesain dengan ketinggian 15 m di atas muka tanah. Gedung ini terdiri dari dua bangunan dua lantai dimana pada bangunan utama digunakan untuk proses iradiasi sedangkan bangunan lainnya untuk administrasi. Pada bangunan utama terdapat kolam reaktor yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan sumber Co-60 berada di bawah muka tanah sampai level -6.00 m. Sebagai gedung fasilitas nuklir maka harus diperhitungkan kekuatan strukturnya dengan pembebanan eksternal antara lain akibat gempa, angin, tsunami dll. Dengan memperhitungkan beban-beban tersebut, struktur dapat didesain dengan lebih kokoh dan kuat.

Pada tulisan ini akan ditinjau dan dianalisa kekuatan struktur gedung dengan memperhitungkan beban beban baik beban mati maupun beban hidup.

1.1. TEORI

Beton bertulang atau *reinforced concrete* terdiri dari beton dan baja yang mempunyai ikatan kuat sehingga membentuk komposit. Dimana beton mempunyai kekuatan yang besar dalam menahan gaya tekan (*compression*) namun lemah dalam

menahan gaya tarik. Bagian beton yang menahan gaya tarik akan diperkuat atau ditahan oleh baja tulangan.

1.1.1. Mutu Beton

Campuran atau komposisi beton yaitu terdiri dari semen, agregat halus yaitu ukuran butir ≤ 5 mm, agregat kasar yaitu ukuran butir ≥ 5 mm, air dan *admixture* (bahan tambahan). Mutu beton dipengaruhi oleh komposisi campuran tersebut diatas dengan nilai kuat tekan. Untuk nilai kuat tekan beton di laboratorium biasa disebut dengan istilah f_c , untuk bangunan iradiator ini digunakan nilai kuat tekan beton minimal 30,0 MPa yaitu menyatakan kekuatan tekan minimum adalah 30 MPa pada umur beton 28 hari, dengan menggunakan silinder beton diameter 15 cm, tinggi 30 cm, mengacu pada standar SNI 03-2847-2002 yang merujuk pada ACI (*American Concrete Institute*).

MPa = Mega Pascal; 1 MPa = 1 N/mm² = 10 kg/cm².

Tabel 1. Nilai Kuat Tekan Beton

Mutu Beton MPa	$K=f_c/0.083$ kg/cm ²	Mutu Beton kg/cm ²	$f_c=K \times 0.083$ MPa
5	60,24	100	8,30
10	120,48	125	10,38
12	144,58	150	12,45
15	180,72	175	14,53
16	192,77	200	16,60
20	240,96	225	18,68
22,5	271,08	250	20,75
25	301,20	275	22,83
30	361,45	300	24,90
35	421,69	325	26,98
40	481,93	350	29,05

2.1. Jenis Beton.

2.1.1. Beton Ringan (*Lightweight Concrete*)

Beton ringan dibuat dengan menggunakan agregat ringan atau dikombinasikan dengan agregat normal sedemikian rupa sehingga dihasilkan beton dengan berat isi yang lebih kecil (ringan) daripada beton normal. Berat isi beton ringan mencapai 2/3 dari beton normal. Tujuan penggunaan beton ringan adalah untuk mengurangi berat sendiri struktur sehingga komponen struktur pendukungnya seperti pondasi akan menjadi lebih hemat.

2.1.2. Beton Mutu Tinggi (*Hight Strength Concrete*)

Beton dengan kuat tekan yang lebih besar dari 40 MPa sudah bisa dikategorikan sebagai beton mutu tinggi. Beton ini digunakan untuk struktur yang memerlukan tingkat kepentingan tinggi misalkan bangunan yang memerlukan tingkat keamanan tinggi yaitu jembatan, reaktor, gedung tinggi.

2.1.3. Beton dengan Pengerjaan Tinggi (*Hight Workability Concrete*)

Beton yang pengerjaannya mempunyai tingkat kesulitan yang tinggi, yaitu mempunyai tingkat keenceran campuran atau kemampuan mengalir. Semakin encer beton akan semakin mudah dikerjakan, tetapi encer bukan berarti diberi banyak air, makin banyak air mutu beton makin rendah. Beton yang mudah mengalir tetapi memiliki mutu yang baik seperti beton normal atau mutu tinggi.

2.1.4. Beton Berat (*Heavyweight Concrete*)

Beton ini mempunyai berat jenis lebih besar dari beton normal yaitu antara 3300 kg/m³ sampai 3800 kg/m³. Beton berat digunakan untuk bangunan yang memerlukan *shielding* radiasi seperti instalasi nuklir, unit kesehatan, dan bangunan penelitian atom. Beton ini dibuat dengan menggunakan agregat berat seperti pasir besi, biji besi maupun bahan alami yang berat lainnya.

2.2. Jenis Beban

Pembebanan Tetap : M + H

Pembebanan Sementara : Pembebanan Khusus :

$$\begin{aligned} M + H + A \\ M + H + G \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M + H + G \\ M + H + A + K \\ M + H + G + K \end{aligned}$$

dengan:

M = Beban Mati, DL (*Dead Load*)

H = Beban Hidup, LL (*Live Load*)

A = Beban Angin, WL (*Wind Load*)

G = Beban Hidup, E (*Earthquake*)

K = Beban Khusus

Beban Khusus antara lain beban akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya rem dari keran, gaya sentrifugal, getaran mesin.

2. METODOLOGI

2.1. Klasifikasi Pembebanan

2.1.1. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari gedung itu sendiri dan beban alat (*SIDL-Super Imposed Dead Load*), yaitu:

- Beban mati tambahan (*SIDL*) untuk Lantai 150 kgf/m².
- Dak atap 75kgf/m².
- Beban hidup 300 kgf/m², 400 kgf/m², 500 kgf/m².
- Dak atap 150 kgf/m².
- Dak atap khusus 600 kgf/m².

2.1.2. Beban Gravitasi

- Berat sendiri struktur balok, kolom, pelat lantai, dinding, elemen-elemen struktur dihitung secara otomatis oleh software SAP 2000.
- Beban mati tambahan (termasuk dinding non struktural) dan beban hidup pada pelat lantai dan tangga dinyatakan sebagai beban merata (*uniform load area*) pada elemen *shell* pelat lantai.
- Beban mati tambahan untuk lantai 150 kgf/m², untuk dak atap 75 kgf/m²
- Beban hidup 300 kgf/m², 400 kgf/m², 500 kgf/m², dak atap 150 kgf/m², dak atap khusus 600 kgf/m².

2.1.3. Beban Gempa

- Analisis pengaruh gempa menggunakan Analisis Ragam Spektrum Respons.
- Faktor Keutamaan (pada tabel. 2) untuk gedung kantor I=1, gedung irradiator I=1,6.
- Faktor Daktilitas Maksimum Gedung (SNI-1726-2002, Tabel 3) untuk rangka terbuka beton bertulang, ditentukan Rm=8,5.
- Kondisi tanah ditentukan: Tanah Lunak.
- Sehingga Respons Spektrum Gempa Rencana Tereduksi.

2.1.4. Pemodelan

- Kolom menggunakan beton bertulang dengan mutu $f_c' = 30$ MPa.
- Balok dan lantai beton bertulang, menggunakan mutu $f_c' = 30$ MPa.
- Rangka atap menggunakan baja dengan mutu B37 $f_y = 240$ MPa.
- Besi beton menggunakan mutu B37 TD 40, $f_y = 400$ MPa.
- Geometri struktur dibuat berdasarkan gambar-gambar arsitektur dan dimodelkan sebagai struktur tiga dimensi (3D) secara lengkap menggunakan *software*.
- Pondasi dimodelkan sebagai perletakan sendi dan jepit.
- Kolom dimodelkan sebagai *element frame*, material beton bertulang.
- Balok dimodelkan sebagai *element frame*, material beton bertulang.
- Pelat lantai dimodelkan sebagai *element shell*, material beton bertulang.
- Rangka atap dimodelkan sebagai *element frame*, material baja.

2.2. Beban Bangunan

Beban Hidup pada atap gedung, yang dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil minimum sebesar 100 kg/m^2 bidang datar. Atap dan/atau bagian atap yang tidak dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil yang terbesar dari:

Beban terbagi rata air hujan

$$W_{ah} = 40 - 0,8 \alpha \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

α = sudut kemiringan atap, derajat (jika $\alpha > 50^\circ$ dapat diabaikan).

W_{ah} = beban air hujan, kg/m^2 (min. W_{ah} atau 20 kg/m^2).

Beban terpusat berasal dari seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya sebesar minimum 100 kg. Balok tepi atau gordeng tepi dari atap yang tidak cukup ditunjang oleh dinding atau penunjang lainnya dan pada kantilever harus ditinjau kemungkinan adanya beban hidup terpusat sebesar minimum 200 kg.

Beban Hidup Horizontal perlu ditinjau akibat gaya desak orang yang nilainya berkisar 5% s/d 10% dari beban hidup vertikal (gravitasi). Reduksi Beban Hidup pada perencanaan balok induk dan portal (beban vertikal/gravitasi), untuk memperhitungkan peluang terjadinya nilai beban hidup yang berubah-ubah, beban hidup merata tersebut dapat dikalikan dengan koefisien reduksi.

2.3. Koefisien Reduksi Beban Hidup Kumulatif

Tabel 2. Koefisien Reduksi Beban Hidup Kumulatif

Jumlah lantai yang dipikul (n)	Koefisien reduksi dikalikan beban hidup kumulatif.
1	1,0
2	1,0
3	0,9
4	0,8
5	0,7
6	0,6
7	0,5
$n \geq 8$	0,4

2.4. BEBAN GEMPA

- Penentuan beban geser dasar:

$$V = \frac{C \cdot I}{R} W_t \dots\dots\dots (2)$$

Dengan:

V = beban gempa horizontal

C = koefisien gempa

I = koefisien keutamaan gedung

W_t = berat total gedung

- Penentuan waktu geser alami struktur gedung

$$T = 0,06 H^{3/4}$$

Dengan :

T = waktu geser (detik)

H = tinggi gedung (m)

2.5. BEBAN ANGIN

Beban angin dibagi dua yaitu tekanan positif (*pressure*) dan tekanan negatif/isap (*suction*).

2.5.1. Tekanan tiup

Daerah jauh dari tepi laut, minimal 25 kg/m².

- Di laut dan tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai, minimal 40 kg/m² atau menggunakan rumus:

$$P = \frac{v^2}{16} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan :

V = kecepatan angin m/dt (berdasarkan data setempat).

- Struktur cerobong berdasarkan rumus:

$$q_{win} = (42,5 + 0,6 * h) \dots\dots\dots(4)$$

dengan:

q_{win} = tekanan tiup (kg/m²)

h = tinggi cerobong (m)

2.5.2. Beban Angin Terhadap Kuat Perlu

Kuat perlu diperhitungkan dengan tujuan agar struktur memenuhi syarat kekuatan terhadap kombinasi beban, maka harus dipenuhi kekuatan dari faktor beban berikut:

1. Kuat perlu U = beban mati D dan beban hidup L

$$U = 1,2 D + 1,6 L \dots\dots\dots(5)$$

2. Ketahanan struktur terhadap beban angin W harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban D, L dan W berikut harus memasukkan nilai U terbesar.

$$U = 0,75 (1,2 D + 1,6 L + 1,6 W) \dots\dots\dots(6)$$

Dimana kombinasi beban harus diperhitungkan kemungkinan beban hidup L yang penuh dan kosong untuk mendapatkan kondisi yang paling berbahaya yaitu :

$$U = 0,9 D + 1,3 W \dots\dots\dots(7)$$

Dengan catatan bahwa untuk setiap kombinasi beban D, L, W akan diperoleh kekuatan U yang tidak kurang dari 1,2 D + 1,6 L

3. Ketahanan struktur terhadap beban gempa E harus diperhitungkan sebagai berikut :

$$U = 1,05 (D + L_R + E) \text{ atau}$$

$$U = 0,9 (D \pm E)$$

Dengan : L_R adalah beban hidup yang telah direduksi.

4. Ketahanan tekanan tanah H harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka kekuatan yang diperlukan U minimum harus =

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 1,6 H$$

5. Bila pengaruh struktural T dari perbedaan penurunan, susut atau perubahan suhu mungkin menentukan dalam perencanaan maka kekuatan yang diperlukan:

$$U = 0,75 (1,2 D - 1,2 T + 1,6 L)$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$U = 1,2 (D + T)$$

2.5.3. Respon Spektrum Gempa

Parameter percepatan batuan dasar, yaitu S_s (pada periode pendek) dan S_1 (pada periode 1 detik). S_s dan S_1 ditentukan berdasarkan peta gerak tanah seismik dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.

S_s = parameter respon spektra pada periode pendek

S_1 = parameter respon gempa pada periode satu detik

Dari peta gempa ada probabilitas terlampaui 2% dan 10% masing masing dalam 50 tahun. 2% setara dengan gempa 2500 tahunan, 10% setara dengan gempa 500 tahunan (lihat gambar 5)

Kombinasi pembebanan yang ditinjau di dalam analisis :

- Kombinasi Pembebanan Tetap : $U = 1,2.D + 1,6.L$
- Kombinasi Pembebanan Sementara : $U = 1,2.D + 0,5.L + 1,0.(I/R).E$

Dengan:

D = Beban Mati, L = Beban Hidup, E = Beban Gempa, I = Faktor Keutamaan Struktur, R = Faktor Reduksi Beban Gempa.

- Faktor Keutamaan struktur dari bangunan, $I = 1,0$ (lihat Tabel 2)
- Faktor Reduksi Gempa untuk Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) ditentukan $R=2,5$. Harga R maksimum untuk SRPMB beton bertulang, $R_m = 3,5$

Tabel 3. Jenis-Jenis Tanah

Jenis tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rata-rata \bar{V}_s (m/det)	Nilai hasil Test Penetrasi Standar rata-rata \bar{N}	Kuat geser niralir rata-rata \bar{S}_u (kPa)
Tanah Keras	$\bar{V}_s \geq 350$	$\bar{N} \geq 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq \bar{V}_s < 350$	$15 \leq \bar{N} < 50$	$50 \leq \bar{S}_u < 100$
Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	Atau, setiap profil dengan tanah lunak yang tebal total lebih dari 3 m dengan $PI > 20$, $w_n \geq 40\%$ dan $S_u < 25$ kPa		
Tanah Khusus	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi		

Tabel 2. Faktor Keutamaan untuk berbagai kategori gedung dan bangunan

Kategori gedung	Faktor Keutamaan		
	I_1	I_2	I
Gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan dan perkantoran.	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televise	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Pembebanan

- Beban gempa yang diperhitungkan adalah beban mati ditambah beban hidup yang telah direduksi.
- Perhitungan beban angin berdasarkan faktor di laut sampai sejauh 5 km dari pantai, minimal 40 kg/m^2 dan beban angin terhadap kuat perlu yang merupakan akumulasi penjumlahan beban mati dan beban hidup.

3.2. Analisa Struktur Kuat Perlu

- Perencanaan ketahanan struktur merupakan pengaruh kombinasi beban mati, beban hidup dan angin dengan memperhitungkan beban hidup hingga maksimal untuk antisipasi kondisi beban ekstrim yang timbul.
- Perhitungan terhadap beban gempa harus dipertimbangkan gabungan dengan beban hidup yang telah direduksi dan beban mati.
- Faktor ketahanan tanah merupakan bagian dari beban eksternal yang perlu diperhitungkan.
- Demikian pula untuk pengaruh struktur terhadap akibat penurunan atau penyusutan yang terjadi akibat dari perubahan suhu.

3.3. Analisa Beban Gempa

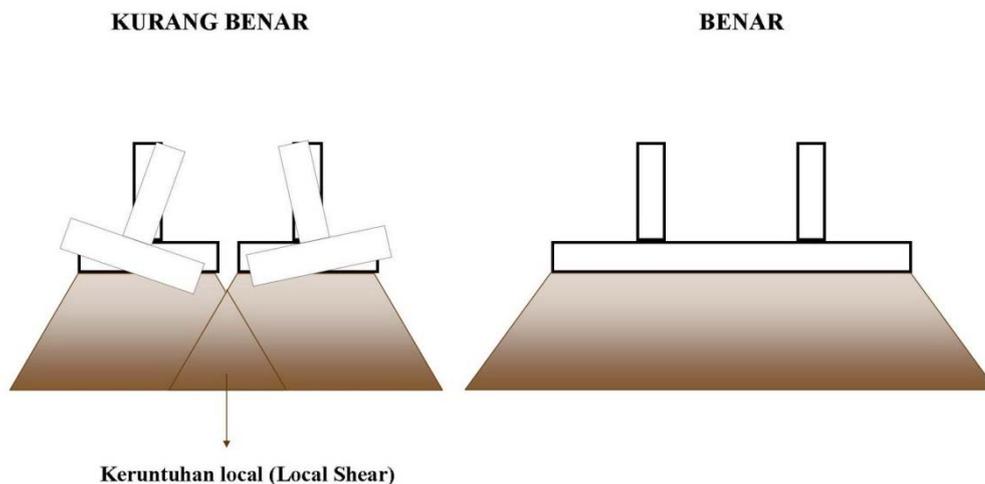
Data- data terakhir yang berhasil direkam menunjukkan bahwa rata-rata setiap tahun ada 10 gempa bumi yang mengakibatkan kerusakan yang cukup besar di Indonesia. Sebagian terjadi pada daerah lepas pantai dan sebagian lagi pada daerah pemukiman. Pada daerah pemukiman yang cukup padat, perlu adanya suatu perlindungan untuk mengurangi angka kematian penduduk dan kerusakan berat akibat guncangan gempa. Dengan menggunakan prinsip teknik yang benar, detail konstruksi yang baik dan praktis maka kerugian harta benda dan jiwa manusia dapat dikurangi.

Gempa yang terjadi dikelompokkan menjadi 3 bagian, yaitu: gempa ringan, sedang, dan besar.

- Gempa ringan yang terjadi tidak mengakibatkan efek yang berarti pada struktur.
- Gempa sedang sedikit berakibat pada struktur tapi masih aman.
- Dan untuk gempa yang besar, sudah mengakibatkan kerusakan pada struktur, tapi strukturnya masih tetap berdiri dan tidak roboh. Itulah pentingnya perencanaan bangunan tahan gempa, agar bangunan yang kita tempati aman, stabil, dan tidak mudah roboh saat terjadi gempa.

Berikut ini ada prinsip-prinsip yang dipakai dalam perencanaan bangunan tahan gempa :

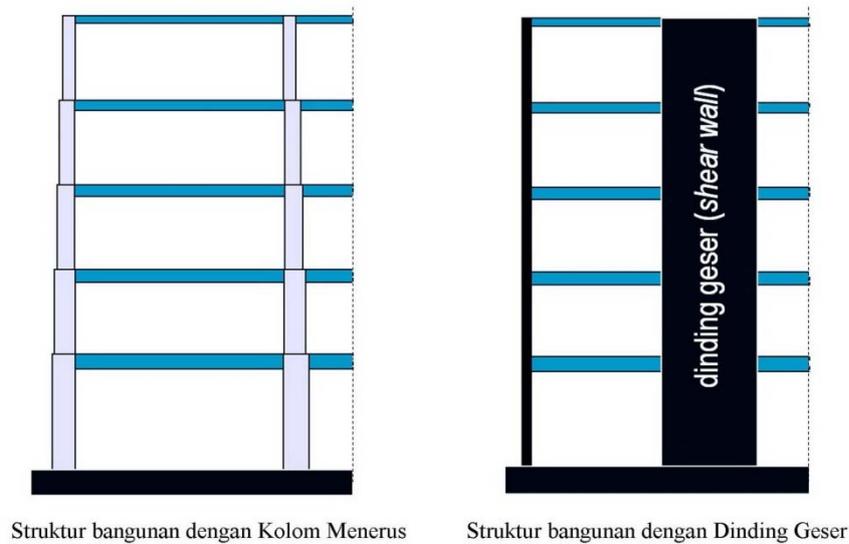
1. Pondasi :



Gambar 1. Desain Pondasi yang Digabungkan

Membangun pondasi memang sederhana, tapi pondasi yang kuat memerlukan pengetahuan yang cukup. Sehingga fondasi bangunan yang baik haruslah kokoh dalam menyokong beban dan tahan terhadap perubahan termasuk getaran. Penempatan fondasi juga perlu diperhatikan kondisi batuan dasarnya. Pada dasarnya pondasi yang baik adalah seimbang atau simetris. Dan untuk pondasi yang berdekatan harus dipisah, untuk mencegah terjadinya keruntuhan local (*Local Shear*).

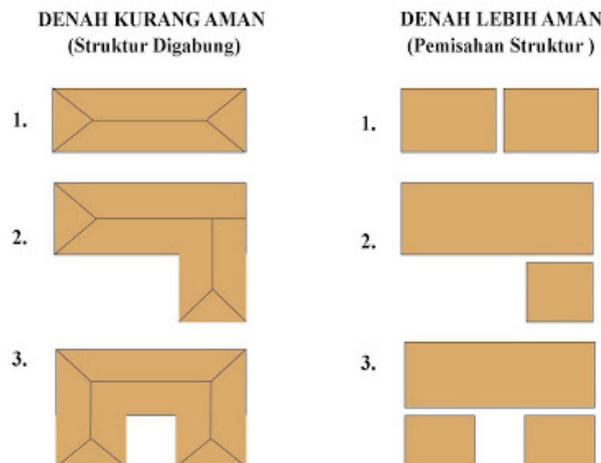
2. Desain Kolom



Gambar 2. Desain Gedung dengan Kolom Menerus

Kolom harus menggunakan kolom menerus (ukuran yang mengerucut/ semakin mengecil dari lantai ke lantai). Dan untuk meningkatkan kemampuan bangunan terhadap gaya lateral akibat gempa, pada bangunan tinggi (*high rise building*) acapkali unsur vertikal struktur menggunakan gabungan antara kolom dengan dinding geser (*shear wall*).

3. Denah Bangunan



Gambar 3. Denah Bangunan yang Dibuat Terpisah

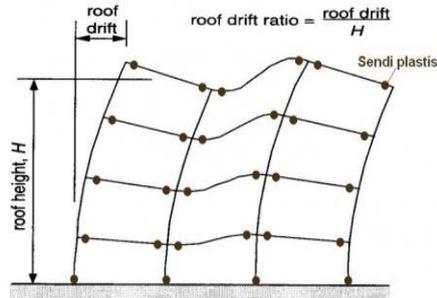
Bentuk Denah bangunan sebaiknya sederhana, simetris, dan dipisahkan (pemisahan struktur). Untuk menghindari adanya dilatasi (perputaran atau pergerakan) bangunan saat gempa.

4. Konsep Desain Kapasitas (*Capacity Design*)

Konsep Desain Kapasitas adalah dengan meningkatkan daktilitas elemen- elemen struktur dan perlindungan elemen- elemen struktur lain yang diharapkan dapat berperilaku elastik. Salah satunya adalah dengan konsep "*strong column weak beam*". Dengan metode ini, bila suatu saat terjadi guncangan yang besar akibat gempa, kolom bangunan di desain akan tetap bertahan, sehingga orang- orang yang berada dalam Gedung masing mempunyai waktu untuk menyelamatkan diri sebelum Bangunan roboh seketika. Banyak cara yang bisa dilakukan untuk mendesain kolom yang kuat antara lain :

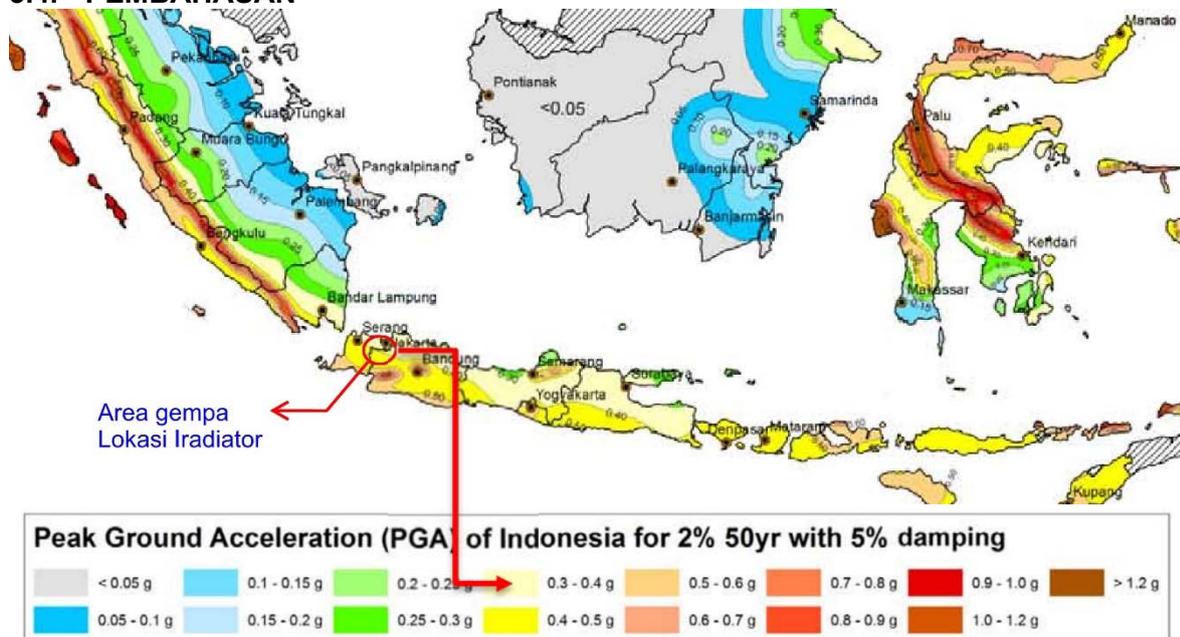
- Pengaturan jarak antar sengkang,
- Peningkatan mutu beton, dan
- Perbesaran penampang.
- Serta untuk struktur bangunan dengan baja, bisa dimodifikasi sambungan hubungan antara balok dengan kolom.

Berikut ini adalah ilustrasi pembentukan sendi plastis dalam perencanaan bangunan tahan gempa.



Gambar 4. Konstruksi Bangunan dengan *Capacity Design*

3.4. PEMBAHASAN



Gambar 5: Zona gempa

Berdasarkan peta zona gempa (Gambar 5) lokasi proyek Iradiator termasuk wilayah gempa untuk probabilita 2% dalam 50 tahun (umur bangunan) dengan nilai a (percepatan pada batuan dasar dibawah lokasi adalah 0,3-0,4 g.

PROJECT		PERENCANAAN IRADIATOR		COORDINATES		BORING METHODE		Length/Dia Of Casing													
CLIENT		PT. INDRA KARYA, WILAYAH III		BT	-	Coring and Sampling		Driller : Budi													
LOCATION		PUSPITEK SERPONG, TANGERANG BANTEN		ELEVATION : + 0.00 m	-	SAMPLING METHODE		Date of Tested													
BORE HOLE NO		BH-01		GWL from GS - 26.00 m	-	Thin Walled / Shelby Tube		02 to 03 Agustus 2015													
DEPTH		30.00 meter		DRILLING MACHINE TYPE		Kano (Custom)		Checked : Geoinves													
				TYPE OF CORING BARREL		Single Core Barrel		Page : 2 / 2													
D E P T H (m)	L O G	USCS	DESCRIPTION	U.D Sample Depth(m)	N - SPT				N - SPT DIAGRAM												
					I	II	III	N	10	20	30	40	50	60							
-25.00		MH	SILT, Grey Coloured stiff consistency		0-15	15-30	30-45	Value													
-26.00					3	5	6	11													
-27.00		ML	CEMENTED SILT, Light Grey Coloured Grey Coloured, very hard consistency		18	30	30	60													
-28.00																					
-29.00																					
-30.00		ML	CLAYEY CEMENTED SILT, Grey Coloured very hard consistency		25	30	30	>60													
-31.00									12												
-32.00					20	25	35	60													

Gambar 6: Hasil Borlog

Dari hasil borlog (gambar 6) didapat lapisan tanah keras pada kedalaman 20 m. Untuk perhitungan gempa kita menggunakan peta zona gempa yang diterbitkan oleh kementerian Pekerjaan Umum sebagai acuan semua bangunan tahan gempa di Indonesia. Untuk area Tangerang Selatan menggunakan nilai percepatan $a = 0,3-0,4 g$, hasil *soil test* menyatakan jenis tanah adalah tanah sedang dengan nilai N (*penetration test*) = 18. Maka nilai a yang diperhitungkan harus dikali 1.1 sesuai dg SNI 03-1726-2012 jadi $a = (0,33 - 0,44) g$.

4. KESIMPULAN

1. Beton bertulang atau *reinforced concrete* pada konstruksi iradiator terdiri dari beton dan baja yang mempunyai ikatan kuat sehingga membentuk komposit dengan persyaratan mutu agregat dan jenis beton bagi konstruksi bangunan iradiator.
2. Klasifikasi pembebanan ditentukan berdasarkan tingkat keselamatan dari masing-masing fungsi bangunan dan penunjangnya yang berbeda spesifikasi dan kriteria desain.
3. Beban eksternal yang terjadi dalam merencanakan perhitungan struktur terdiri dari beban gempa berupa beban mati ditambah beban hidup yang tereduksi.
4. Faktor beban eksternal angin mempengaruhi terhadap kuat perlu dari akumulasi penjumlahan beban mati dan hidup.
5. Faktor ketahanan tanah dan pengaruh penurunan susut dari struktur akibat perubahan suhu merupakan bagian dari dampak beban eksternal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. NI-2 (1971) Peraturan Beton Bertulang Indonesia, Indonesia.
- [2]. NI-3 (1970) Peraturan Umum untuk Bahan Bangunan di Indonesia.
- [3]. NI-8 (1974) Peraturan Semen Portland Indonesia.
- [4]. Pedoman Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung-1983 (PPIGUIUG'83), Suyono Nt, Indonesia
- [5]. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SKSNI T-03-2874-2002), Indonesia.

- [6]. Tata cara perencanaan Ketahanan Gempa untuk bangunan Gedung SNI 03-1723-2012, BSN.
- [7]. Sunaga, Hiromi, Design of Irradiation Facilities and safety evaluation, Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, JAERI, Japan.
- [8]. Aggarwals, Muralidharan P., Gamma Irradiator Design Concept for RVNRL, Bhabha Atomic Research Centre, Bombay, India, 1990.
- [9]. Lampiran II Keputusan Kepala Bapeten No.11/Ka-Bapeten/VI-99 tentang Izin Konstruksi dan Operasi Iradiator, 1999.
- [10]. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI – 1726 – 2002), Tabel 3.