

ANALISA DINAMIK PORTAL BETON BERTULANG BERTINGKAT SATU AKIBAT BEBAN MESIN

Reky Stenly Windah

ABSTRAK

Getaran yang disebabkan oleh mesin disel yang ditempatkan pada lantai sebuah portal beton bertulang dapat dimodelkan sebagai sebuah beban harmonik dengan frekwensi tertentu yang bekerja horisontal. Berdasarkan hasil perhitungan untuk mesin generator disel dengan tipe IT 119 yang ditempatkan pada lantai satu sebuah portal balok beton bertulang dengan dimensi kolom yang bervariasi memberikan simpangan maksimum yang masih dalam batas yang diizinkan.

Kata kunci : beton bertulang, portal

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan atap sebuah bangunan beton bertulang sebagai tempat dari sebuah mesin disel yang berfungsi untuk mensuplai energi listrik banyak terdapat pada bangunan-bangunan industri. Hal ini dapat terjadi ketika areal/ halaman bangunan semakin kecil karena difungsikan untuk tempat parkir. Getaran yang ditimbulkan oleh mesin ini mempengaruhi respons dinamis dari sistem portal beton bertulang.

Tulisan ini membahas mengenai respons dari portal beton bertulang yang dibebani dengan beban harmonik/mesin. Respons struktur dapat dibagi atas dua bagian. Bagian pertama respons yang disebabkan oleh frekwensi yang dihasilkan oleh struktur SDOF dan respons dari frekwensi yang disebabkan oleh mesin disel. Respons total merupakan penjumlahan dari kedua respons. Pada sistem dengan redaman, respon yang disebabkan frekwensi struktur akan menghilang secara berangsur-angsur, sehingga respons total yang terjadi hanya yang disebabkan oleh frekwensi dari mesin.

2. ASUMSI-ASUMSI

Struktur bangunan satu lantai dapat dimodelkan sebagai sistem berderajat kebebasan satu (SDOF). Asumsi yang digunakan sistem ini adalah kekakuan plat dan lantai sangat besar sehingga deformasi/ simpangan hanya terjadi hanya dalam arah horisontal. Hal ini menyebabkan kekakuan yang diperhitungkan adalah kekakuan 'shear building'. Asumsi kedua yang digunakan adalah massa struktur terpusat pada lantai (lump mass). Kedua asumsi ini biasa digunakan untuk menganalisa sebuah sistem berderajat kebebasan tunggal dan sistem berderajat kebebasan banyak.

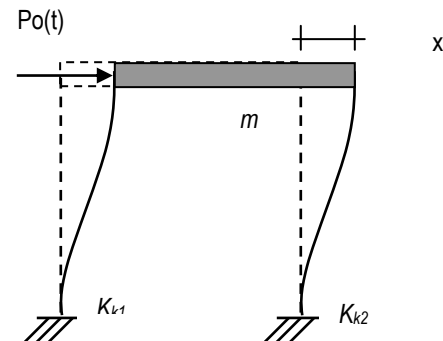
Salah satu sumber beban harmonik adalah beban yang dihasilkan oleh sebuah mesin yang ditempatkan pada lantai sebuah portal. Ketidakeimbangan piston pada mesin ini menghasilkan beban sinusoidal yang dapat dimodelkan sebagai $P_0 \sin(\Omega t)$. Beban ini bekerja

horisontal seperti pada gambar 1. Omega (Ω) adalah frekwensi yang dihasilkan oleh mesin.

Respons portal akibat beban mesin dihitung dengan menggunakan solusi eksak dari sebuah persamaan dinamis yang dibebani dengan beban harmonik. Penyelesaian solusi eksak memanfaatkan excell 2007.

3. MODEL MATEMATIS SISTEM SDOF

Pada shear building, massa struktur yang dimodelkan sebagai suatu massa tergumpal m akan berada diatas kolom tunggal yang diidealisasikan sebagai pegas k (gambar 4). Gerakan massa akibat beban gempa $F(t)$ akan dihambat oleh pegas k , yang kemudian besarnya simpangan horisontal x diukur dari posisi massa saat diam. Model Matematis sistem SDOF digambar seperti di bawah ini. Model inilah yang selanjutnya digunakan untuk



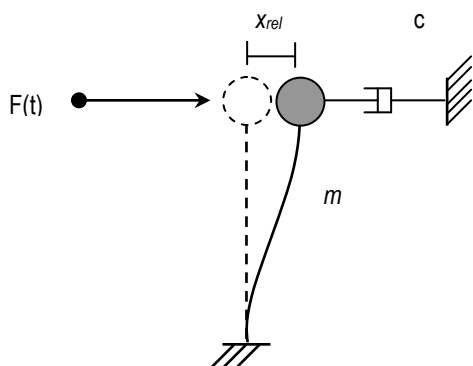
menghitung simpangan (dalam arah) struktur portal sederhana di bawah ini. $P_0 \sin(\Omega t)$.

Gbr 1. Model Matematis sistem SDOF

Pegas k adalah idealisasi dari elemen kolom dengan besar konstantanya ditunjukkan oleh jumlah kekakuan kolom-kolom tersebut ($k = k_{k1} + k_{k2}$). Cara idealisasi struktur sebagai hubungan massa dan pegas tidak dapat dipakai bila pemodelan massa struktur terbagi rata pada seluruh struktur.

4. PERSAMAAN GERAK DINAMIS SISTEM BERDERAJAT KEBEBASAN TUNGGAL (SDOF)

Suatu struktur yang dimodelisasikan sebagai bangunan penahan geser berderajat kebebasan tunggal (*single degree of freedom, SDOF*) teredam akibat dinamis $F(t)$ mengalami simpangan lateral (gambar 5). Massa struktur akan mengalami simpangan terhadap pondasi struktur x_{rel} tempat struktur tersebut berdiri.



Gbr 2. Sistem SDOF akibat beban dinamis

Persamaan gerak SDOF dapat disusun dengan menggunakan keseimbangan gaya-gaya sebagai berikut,

$$m \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{x} + k \cdot x = F_0 \sin(\Omega t) \quad \dots \text{pers. 1}$$

Persamaan 7 adalah persamaan dinamis sistem berderajat kebebasan tunggal akibat beban harmonik.

Solusi umum dari persamaan di atas adalah

$$x(t) = Xc(t) + Xp(t) \quad \dots \text{pers. 2}$$

$$Xc(t) = e^{-\xi \omega t} \{ A \cos(\omega_d t) + B \sin(\omega_d t) \}$$

$$Xp(t) = \frac{P_0}{k} \frac{(1-r^2)}{(1-r^2)^2 + (2\xi r)^2} \sin(\Omega t) - \frac{P_0}{k} \frac{(2\xi r)}{(1-r^2)^2 + (2\xi r)^2} \cos(\Omega t)$$

$$X(t) = e^{-\xi \omega t} \{ A \cos(\omega_d t) + B \sin(\omega_d t) \} + \frac{P_0}{k} \frac{(1-r^2)}{(1-r^2)^2 + (2\xi r)^2} \sin(\Omega t) - \frac{P_0}{k} \frac{(2\xi r)}{(1-r^2)^2 + (2\xi r)^2} \cos(\Omega t) \quad \dots \text{pers. 3}$$

A dan B adalah konstanta yang dapat diperoleh dengan menerapkan kondisi awal dari sistem. Asumsi kondisi awal (pada saat $t=0$) simpangan dan kecepatan sama dengan nol. Setelah dihitung diperoleh nilai A dan B sebagai berikut:

$$A = \frac{P_0}{k} \frac{(2\xi r)}{(1-r^2)^2 + (2\xi r)^2}$$

$$B = \frac{P_0}{k} \frac{r\{2\xi^2 - (1-r^2)\}}{\{(1-r^2)^2 + (2\xi r)^2\}(1-\xi^2)^{0,5}}$$

Nilai A dan B disubstitusi ke dalam persamaan di atas, sehingga diperoleh solusi umum adalah

$$x(t) = \frac{P_0}{k} \frac{1}{(1-r^2)^2 + (2\xi r)^2} \{ e^{-\xi \omega t} [2\xi r \cos(\omega_d t) + \frac{r\{2\xi^2 - (1-r^2)\}}{(1-\xi^2)^{0,5}} \sin(\omega_d t)] + (1-r^2) \sin(\Omega t) - 2\xi r \cos(\Omega t) \} \dots \text{per 4}$$

5. STUDI KASUS

Sebuah mesin genset tipe IT 36 ditempatkan pada lantai satu sebuah portal beton bertulang. Hitung simpangan struktur dan tentukan dimensi kolom yang dapat digunakan.

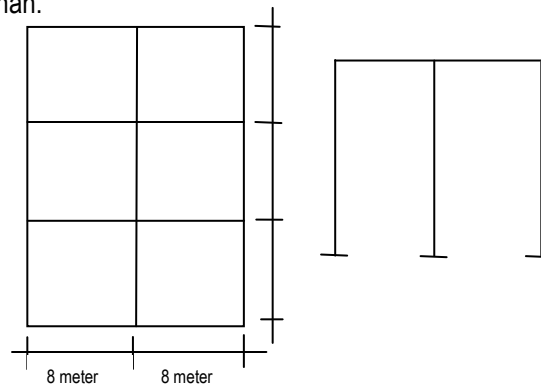
Spesifikasi mesin adalah :

- Tipe IT 119
- Frekwensi Mesin 50 Hz
- Kecepatan mesin 1500 rpm
- Berat Mesin 2054 kg

Spesifikasi Struktur

- Beban hidup $250 \frac{kg}{cm^2}$
- Redaman untuk material beton bertulang, $\xi = 10\%$
- Tebal plat lantai 14 cm
- Tinggi portal 4 meter
- Ukuran balok 30/60
- Ukuran Kolom di buat Variasi 25/25; 30/30; 35/35; 40/40

Denah.



Langkah – Langkah Perhitungan:

1. Perhitungan Beban

a. Hitung Beban mati:

- Berat Plat Lantai
= $16 \times 24 \times 0,14 \times 2400 = 129\ 024 \text{ kg}$
 - Berat Balok
= $0,3 \times 0,6 \times 136 \times 2400 = 58\ 752 \text{ kg}$
 - Berat Mesin + Minyak
= $2054 + 500 = 2\ 554 \text{ kg}$
 - Lain lain
= $16 \times 24 \times 150 = 57\ 600 \text{ kg}$
- Total Beban Mati = 247 930 kg

b. Beban Hidup
 $= 16 \times 24 \times 250 = 96\,000 \text{ kg}$

Berat Total
 $W_t = (1,2 \times 247\,930) + (1,6 \times 96\,000) = 451\,116 \text{ kg}$

Massa struktur = $m = \frac{451116}{981} = 459,85$

$$K_S = n \frac{12 EI}{L^3}$$

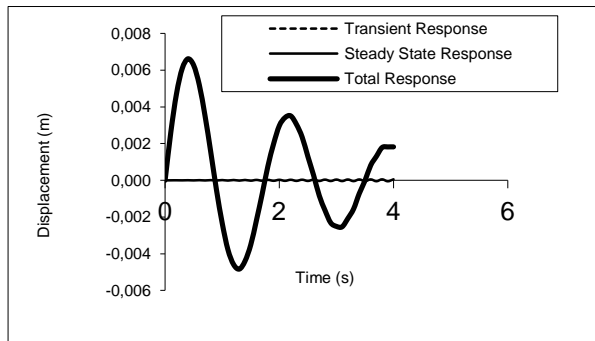
2. Menghitung Frekwensi (f) atau Periode (T) struktur untuk berbagai variasi dimensi kolom beton bertulang.

TIPE	UK.KOLOM	TINGGI	INERSIA	K	w	f	T
A	20 X 20	400 CM	13333,333	6000	0,115327	54,45379	0,018364
B	30 X 30	400 CM	67500	30375	0,259486	24,20169	0,041319
C	40 X 40	400 CM	213333,33	96000	0,461309	13,61345	0,073457
D	50 X 50	400 CM	520833,33	234375	0,720795	8,712607	0,114776

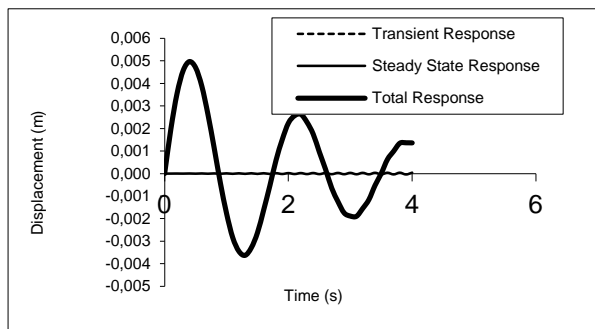
Beban Mesin

Frekwensi mesin (f) = 50 Hz
 Kecepatan mesin = 1500 rpm
 Frekwensi sudut mesin (Ω) = $\frac{1500 \times 2\pi}{60}$
 $= 157,08 \frac{\text{rad}}{\text{det}}$
 $F_0 = 1500 \text{ kg}$

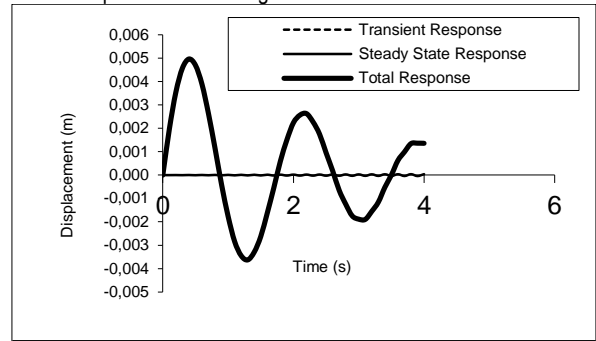
Hasil Perhitungan



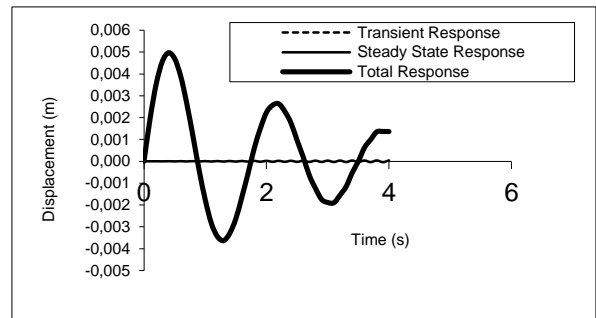
Gbr 1. Respons Struktur dengan Dimensi Kolom 20x20; $r < 0,001$



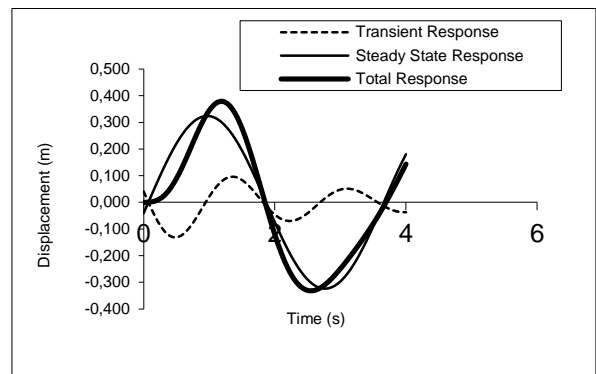
Gbr 2. Respons Struktur dengan Dimensi Kolom 30x30.



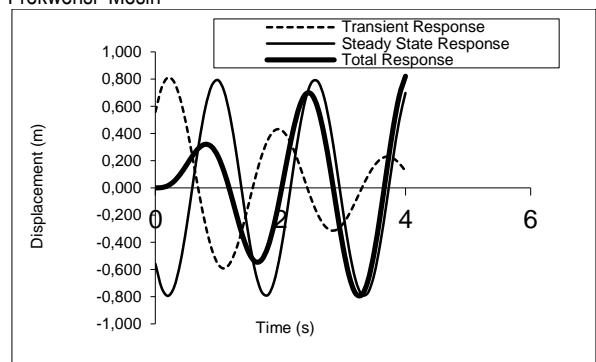
Gbr 3. Respons Struktur dengan Dimensi Kolom 40x40



Gbr 4. Respons Struktur dengan Dimensi Kolom 50x50



Gbr 5. Respons Struktur Akibat Frekwensi Struktur 2 Kali dari Frekwensi Mesin



Gbr 6. Respons Maksimum Terjadi Ketika Frekwensi Struktur dan Frekwensi Mesin Hampir Sama, $r \approx 1$.

Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik respons maksimum yang disebabkan oleh mesin generator IT tipe 119 untuk berbagai variasi ukuran kolom berada dalam kondisi yang diijinkan (Gambar 1,2,3 dan 4). Gambar 5 frekwensi struktur 2 kali dari frekwensi mesin. Gambar 6 memperlihatkan kondisi, frekwensi mesin dan sistem struktur hampir sama, kondisi ini disebut Resonansi.

6. KESIMPULAN

- a. Simpangan struktur akibat beban mesin berada pada kondisi yang diijinkan dan tidak mempengaruhi struktur secara berlebihan.
- b. Peristiwa resonansi tidak mungkin terjadi karena perbedaan frekwensi struktur dan frekwensi sistem sangat jauh.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Chopra A. 1995. *Dynamics of Structure Theory and Applications To Earthquake Engineering*.
- Clough R. dan Penzien J. 2003. *Dynamics of Structure*. Barkeley USA.
- Mario Paz. 1987. *Dinamika Struktur, Teori dan Perhitungan*. Penerbit Erlangga.