Jurnal Teknik Sipil

Vol 4 No 2 (2025): ETERNITAS:Jurnal Teknik Sipil, Vol 4, No 2 April 2025

(P) ISSN 2721-5679

(E) ISSN 2722-466X

ANALISIS RESPON DINAMIK STRUKTUR SDOF TERHADAP BEBAN SINUSOIDAL MENGGUNAKAN METODE NEWMARK

Goldelfridus Alfredo Abani[1*], Christiani Chandra Manubulu [1], Wenceslaus R. Fernandez[1]

[1] *Program Studi Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandira, Jl. A. Yani 50-52*

email: goldelfridusabani@unwira.ac.id

Abstrak: Beban gempa merupakan beban yang sifatnya dinamik. Beban dinamik adalah jenis beban yang berubah besarnya dan atau arahnya terhadap waktu, sehingga struktur yang mengalami pembebanan dinamis dapat menerima beban berulang (periodik). Pola beban berulang ini dapat berupa grafik fungsi sinus atau kosinus, oleh sebab itu struktur perlu dievaluasi terhadap beban dinamik dengan pola sinusoidal. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan respon maksimum pada struktur yang dimodelkan sebagai sistem derajat kebebasan tunggal akibat beban sinusoidal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode numerik. Berdasarkan hasil dan analisis respon struktur SDOF dengan kedua metode Percepatan Linear dan Percepatan Rata-Rata menunjukan hasil yang sama. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukan bahwa semakin besar massa maka semakin besar perpindahan maksimum yang dihasilkan atau dengan kata lain massa berbanding lurus dengan perpindahan maksimum. Lain halnya dengan kekakuan, semakin besar kekakuan semakin kecil perpindahan maksimum yang dihasilkan atau dengan kata lain kekakuan berbanding terbalik dengan perpindahan maksimum. Variasi massa dan kekakuan menghasilkan kecepatan maksimum yang semua nilainya negatif. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan maksimum terjadi pada arah yang berlawanan dengan arah beban. Nilai kecepatan dan percepatan untuk tiap penambahan massa cenderung bertambah besar sedangkan nilai kecepatan untuk tiap penambahan kekakuan cenderung akan semakin kecil.

Kata Kunci: Respon Struktur, Metode Newmark, Pembebanan Sinusoidal, Massa, Kekakuan

Abstract: *Earthquake loads are dynamic in nature. Dynamic loads are types of loads that change in magnitude and/or direction over time, so structures experiencing dynamic loading can endure repeated (periodic) loads. The pattern of this repeated load can be represented by a sine or cosine function graph, therefore the structure needs to be evaluated against dynamic loads with a sinusoidal pattern. The purpose of this research is to determine the maximum response of the structure modeled as a single degree of freedom system due to sinusoidal loading. The method used in this research is the numerical method. Based on the results and analysis of the SDOF structure response with both the Linear Acceleration and Average Acceleration methods, the results are the same. The conclusion of this study indicates that the greater the mass, the greater the maximum displacement produced, or in other words, mass is directly proportional to maximum displacement. On the other hand, with stiffness, the greater the stiffness, the smaller the maximum displacement produced, or in other words, stiffness is inversely proportional to maximum displacement. Variations in mass and stiffness result in maximum speeds, all of which are negative. This shows that the maximum speed occurs in the direction opposite to the direction of the load. The values of velocity and acceleration for each increase in mass tend to increase, while the values of velocity for each increase in stiffness tend to decrease.*

Keywords*: Structural Response, Newmark Method, Sinusoidal Loading, Mass, Stiffness.*

1. PENDAHULUAN

Gempa adalah peristiwa alam yang tidak dapat diprediksi kapan, di mana, atau seberapa kuat. Karena gempa berubah seiring waktu, maka gempa dikategorikan sebagai beban dinamik. Respon struktur adalah sejarah perpindahan, percepatan, dan kecepatan fungsi beban tertentu pada struktur yang dimodel kan dengan derajat kebebasan satu atau banyak. Beban dinamis termasuk beban ledakan, angin, getar mesin, dan gempa. Karena respons struktur adalah fungsi dari waktu, analisis harus dilakukan berdasarkan fungsi waktu.

Struktur yang sering mengalami pembebanan dinamis harus mempertimbangkan efek beban ini. Pada dasarnya struktur yang direncanakan harus menerima beban berulang-ulang (periodik) yang tidak dapat diperhitungkan. Pola beban berulang-ulang ini dapat berupa grafik fungsi sinus atau fungsi kosinus, yang dikenal dengan nama sinusoidal (Suryanita et al., 2007). Struktur yang direncanakan terhadap beban ini perlu di evaluasi, apakah struktur masih layak di tempati atau harus dibongkar dan membangun yang baru. Untuk mempertimbangkan hal tersebut

Jurnal Teknik Sipil

Vol 4 No 2 (2025): ETERNITAS:Jurnal Teknik Sipil, Vol 4, No 2 April 2025

(P) ISSN 2721-5679

(E) ISSN 2722-466X

perlu ditinjau sejauh mana suatu struktur dapat merespon ketika struktur tersebut di kenai beban dinamik dengan pola sinusoidal. Model sistem derajat kebebasan tunggal sering digunakan sebagai pendekatan awal untuk mempelajari respon dinamik struktur karena kemampuan merepresentasikan karakteristik dasar sistem yang lebih komplek, (Rompas G. H. et al., 2015).

Untuk beban dinamik yang bersifat periodik dan impulsif umumnya dapat diselesaikan dengan cara analitik karena ekspresi matematika nya yang cukup sederhana, oleh karena itu lebih efektif jika digunakan pendekatan secara numerik. Salah satu solusi numerik yang biasa digunakan adalah metode Newmark yang dikemukakan pada tahun 1959 oleh Nathan M. Newmark. Pada metode ini terdapat dua parameter penting yaitu β dan γ, yang menetapkan variasi dari percepatan terhadap selang waktu dan menentukan karakteristik kestabilan dan akurasi dari metode tersebut. Terdapat beberapa peneliti yang membahas tentang hal serupa seperti, Chatzikonstantinou et al. (2022) mengadaptasi metode Newmark untuk menganalisis sistem SDOF dengan kekakuan negatif yang dikenai beban sinusoidal dinamis. Mereka menunjukkan bahwa metode percepatan rata-rata tetap stabil untuk berbagai nilai Δt, sementara metode percepatan linear memerlukan nilai Δt yang lebih kecil untuk menjaga kestabilan solusi.

Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan respon maksimum pada struktur satu lantai yang dapat dimodel kan sebagai sistem derajat kebebasan tunggal akibat beban sinusoidal dengan metode numerik. Respon maksimum yang diperoleh dalam penelitian ini dapat berguna sebagai bahan acuan untuk meminimalisir kemungkinan kerusakan yang terjadi pada sistem derajat kebebasan tunggal.

2. METODE

Metode yang digunakan pada analisis ini adalah Metode Numerik dengan langkah analisisnya yang akan dibahas pada gambar 1. diagram alur penelitian

Gambar 1. diagram alur penelitian.

2.1 Metode Newmark

Nathan M. Newmark pada tahun 1959 mengusulkan dua formula integrasi numerik yaitu,

$$\dot{u}_{i+1} = \dot{u} + [(1-\gamma)\Delta t]\, \ddot{u} + (\gamma \Delta t)\, \ddot{u}_{i+1} \quad (1)$$

$$u_{i+1} = u_i + (\Delta t)\, \dot{u}_i + [(0{,}5-\beta)(\Delta t)^2]\, \ddot{u}_i + [\beta(\Delta t)2]\, \ddot{u}_{i+1} \quad (2)$$

Pada kedua persamaan tersebut terdapat dua parameter penting yaitu β dan γ yang menetapkan variasi dari percepatan terhadap selang waktu dan menentukan karakteristik kestabilan dan akurasi dari metode tersebut (Chopra, 2020). Faktor γ memberikan sebuah pertimbangan variasi yang linear antara pengaruh nilai percepatan awal ($\ddot{u}$) dan percepatan akhir ($\ddot{u}_{i+1}$) terhadap perubahan nilai dari kecepatan ($\dot{u}_{i+1}$). Faktor β memberikan pertimbangan dari kontribusi nilai percepatan awal ($\ddot{u}$) dan percepatan akhir ($\ddot{u}_{i+1}$) terhadap perubahan nilai dari simpangan (u_{i+1}) (Clough & Penzien, 2003).

Dari studi terhadap performa dari formulasi ini, diketahui bahwa faktor mengatur besarnya artificial damping (redaman buatan) yang

ETERNITAS Jurnal Teknik Sipil
Vol 4 No 2 (2025): ETERNITAS:Jurnal Teknik Sipil, Vol 4, No 2 April 2025
(P) ISSN 2721-5679
(E) ISSN 2722-466X

ditimbulkan dari prosedur ini. Artificial damping tidak terjadi jika digunakan γ = 1/2, karena itu direkomendasikan nilai ini untuk dipakai pada analisa SDOF standar. Apabila dipakai nilai γ = 1/2 dan β = 1/4, artinya digunakan prinsip *average acceleration method*/metode percepatan rata-rata. Sedangkan apabila dipakai nilai γ = 1/2 dan β = 1/6, maka digunakan prinsip *linear acceleration method* / metode percepatan linear.

a. Metode Percepatan Rata-Rata (*average acceleration*).

Pada metode percepatan rata-rata diasumsikan bahwa percepatan yang terjadi adalah percepatan yang telah dirata-ratakan. Sehingga tidak ada perubahan percepatan di setiap waktunya.

$\ddot{u}(\tau) = \frac{1}{2}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i)$

$\dot{u}(\tau) = \dot{u}i + \frac{\tau}{2}(\ddot{u}i+1 + \ddot{u}i)$

$\dot{u}i+1 = \dot{u}i + \frac{\Delta t}{2}(\ddot{u}i+1 + \ddot{u}i)$

$u(\tau) = ui + \dot{u}i\tau + \frac{\tau^2}{4}(\ddot{u}i+1 + \ddot{u}i)$

$ui+1 = ui + \dot{u}i\,\Delta t + \frac{(\Delta t)^2}{4}(\ddot{u}i+1 + \ddot{u}i)$

b. Metode Percepatan Linier *(linear acceleration*)

Pada Metode percepatan linear, percepatan yang digunakan terus berubah berdasarkan waktu. Sehingga membentuk sebuah grafik linear. Untuk melihat perbedaan dari kedua metode ini, dapat dilihat pada gambar 3.

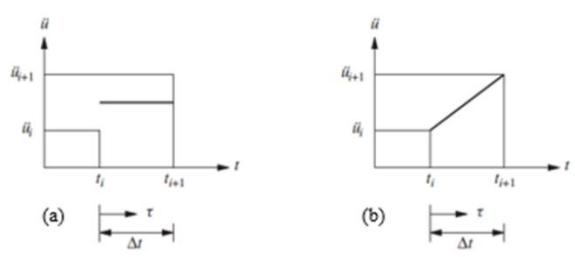
$\ddot{u}(\tau) = \ddot{u}_i + \frac{\tau}{\Delta t}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i)$

$\dot{u}_i(\tau) = \dot{u}_i + \ddot{u}_i\tau + \frac{\tau^2}{2\Delta t}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i)$

$\dot{u}_{i+1} = \dot{u}_i + \frac{\Delta t}{2}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i)$

$u(\tau) = u_i + \dot{u}_i\tau + \ddot{u}_i\frac{\tau^2}{2} + \frac{\tau^3}{6\Delta t}(\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i)$

$u_{i+1} = u_i + \dot{u}_i\Delta t + (\Delta t)^2\left(\frac{1}{6}\ddot{u}_{i+1} + \frac{1}{3}\ddot{u}_i\right)$



Gambar 2. (a) Metode Percepatan Rata-rata (b) Metode Percepatan Linier

Langkah-langkah perhitungan metode Newmark's untuk sistem percepatan rata-rata :

A. Perhitungan data awal

1. $\ddot{u}_0 = \frac{u_0 + c\dot{u}_0 + ku_0}{m}$
2. menentukan nilai Δt
3. $\hat{k} = k\frac{\gamma}{\beta\Delta t}c + \frac{1}{\beta(\Delta t)2}m$
4. $a = \frac{1}{\beta.\Delta t}m + \frac{\gamma}{\beta}c \quad dan \quad b = \frac{1}{2\beta}m + \Delta t\left(\frac{\gamma}{\beta} - 1\right)$ c

B. Perhitungan iterasi untuk setiap tingkat waktu, i

1. $\Delta\hat{p}_t = \Delta p_i + a\dot{u}_i + b\ddot{u}_i$
2. $\Delta u_i = \frac{\Delta\hat{p}_i}{\hat{k}}$
3. $\Delta\dot{u}_i = \frac{\gamma}{\beta.\Delta t}\Delta u_i - \frac{\gamma}{\beta}\dot{u}_i + \Delta t\left(1 + \frac{\gamma}{2\beta}\right)\ddot{u}_i$
4. $\Delta\ddot{u}_i = \frac{\gamma}{\beta(\Delta t)^2}\Delta u_i - \frac{1}{\beta.\Delta t}\dot{u}_i - \frac{1}{2\beta}\ddot{u}_i$
5. $u_{i+1} = u_i + \Delta u_i$; $\dot{u}_{i+1} = \dot{u}_i + \Delta\dot{u}_i$; $\ddot{u}_{i+1} = \ddot{u}_i + \Delta\ddot{u}_i$

Langkah-langkah perhitungan metode Newmark's untuk sistem percepatan linear :

A. Perhitungan data awal

1. $\ddot{u}_0 = \frac{u_0 + c\dot{u}_0 + ku_0}{m}$
2. Menentukan nilai Δt
3. $\hat{k} = k\frac{\gamma}{\beta\Delta t}c + \frac{1}{\beta(\Delta t)2}m$
4. $a = \frac{1}{\beta.\Delta t}m + \frac{\gamma}{\beta}c = \frac{6}{\Delta t}m + 3c \quad dan$
5. $b = \frac{1}{2\beta}m + \Delta t\left(\frac{\gamma}{\beta} - 1\right)c = 3m + \frac{\Delta t}{2}c$

B. Perhitungan iterasi untuk setiap tingkat waktu, i

1. $\Delta\hat{p}_t = \Delta p_i + a\dot{u}_i + b\ddot{u}_i$
2. $\Delta u_i = \frac{\Delta\hat{p}_i}{\hat{k}}$
3. $\Delta\dot{u}_i = \frac{\gamma}{\beta.\Delta t}\Delta u_i - \frac{\gamma}{\beta}\dot{u}_i + \Delta t\left(1 + \frac{\gamma}{2\beta}\right)\ddot{u}_i$
4. $\Delta\ddot{u}_i = \frac{\gamma}{\beta(\Delta t)^2}\Delta u_i - \frac{1}{\beta.\Delta t}\dot{u}_i - \frac{1}{2\beta}\ddot{u}_i$
5. $u_{i+1} = u_i + \Delta u_i$; $\dot{u}_{i+1} = \dot{u}_i + \Delta\dot{u}_i$; $\ddot{u}_{i+1} = \ddot{u}_i + \Delta\ddot{u}_i$

2.2 Studi Kasus

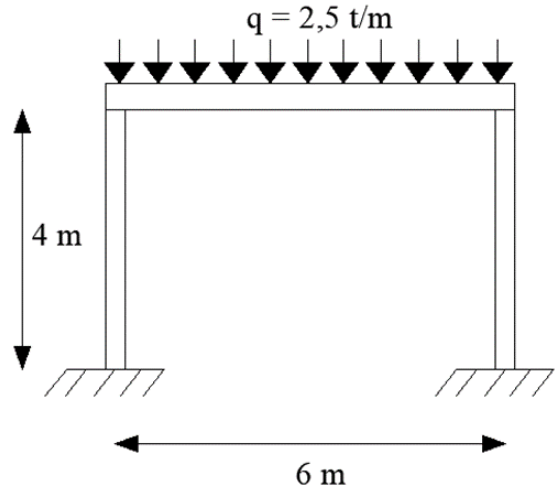
Jurnal Teknik Sipil

Vol 4 No 2 (2025): ETERNITAS:Jurnal Teknik Sipil, Vol 4, No 2 April 2025

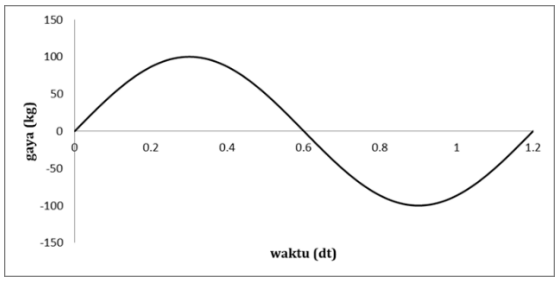
(P) ISSN 2721-5679

(E) ISSN 2722-466X

Model struktur yang ditinjau memiliki satu sistem derajat kebebasan tunggal dengan dimensi kolom ukuran 30 cm x 40 cm. Struktur diberi beban merata (q) sebesar 2,5 t/m'. Modulus elastik beton E_b = 2,2.105 kg/cm2 dan percepatan gravitasi g = 980 cm/dt^2. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, struktur dibebani dengan beban dinamik fungsi sinusoidal sebesar P(t) = 100 sin (πt/0,6) selama 1,2 detik seperti pada gambar 4.



Gambar 3. Struktur bangunan satu tingkat sederhana



Gambar 4. Pola Beban P(t) = 100 sin (πt/0,6)

Dari hasil perhitungan diperoleh:

Massa, M = 15,31 kgdt2/cm , kekakuan, K= 5568.75 kg/cm. Massa dan kekakuan ini dijadikan acuan dalam perhitungan. Analisis sistem dilakukan dengan variasi massa dan variasi kekakuan pada Tabel. 1 di bawah ini.

Tabel 1. Variasi massa dan kekakuan

Variasi	*Massa Kg.dt^2/cm*	*Kekakuan Kg/cm*	*Keterangan*
-	15,31	5568,75	Acuan
1	15,31	2784,38	Massa tetap, kekakuan setengah dari acuan
2	15,31	11137,5	Massa tetap, kekakuan dua kali dari acuan
3	7,655	5568,75	kekakuan tetap, massa setengah dari acuan
4	30,62	5568,75	kekakuan tetap, massa dua kali dari acuan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

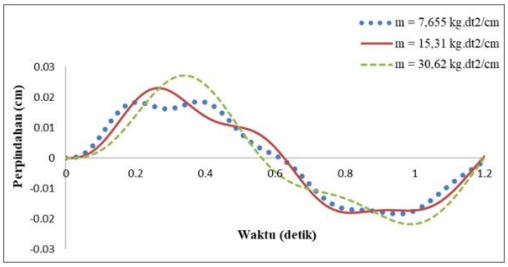
Hasil respon riwayat waktu sistem akibat pola beban sinusoidal dengan macam-macam variasi massa dan kekakuan seperti pada Tabel 1. Pada pembahasan ini akan ditampilkan hasil dari kedua Metode Newmark yaitu metode percepatan linear dan percepatan rata-rata.

3.1 Metode Percepatan Linear

a. Perpindahan

1) Struktur dengan variasi massa dan kekakuan tetap sebesar 5568,75 kg/cm.

Sistem struktur dengan massa sebesar 7,655 kg.dt2/cm menghasilkan perpindahan maksimum sebesar 0,019 cm, massa sebesar 15,31 kg.dt2/cm menghasilkan perpindahan maksimum sebesar 0,023 cm dan untuk massa sebesar 30,62 kg.dt2/cm menghasilkan perpindahan maksimum sebesar 0,027 cm.



Gambar 5. Riwayat waktu vs perpindahan dengan variasi massa

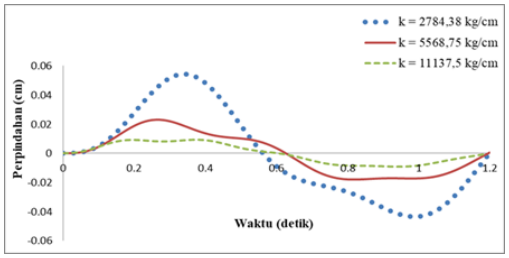
Jumlah massa yang lebih besar menghasilkan perpindahan maksimum yang lebih besar, atau massa berbanding lurus dengan perpindahan maksimum, seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.

2) Struktur dengan variasi kekakuan dan massa tetap sebesar 15,31 kg.dt2/cm

Sistem struktur dengan kekakuan sebesar 2784,38 kg/cm menghasilkan

Jurnal Teknik Sipil
Vol 4 No 2 (2025): ETERNITAS:Jurnal Teknik Sipil, Vol 4, No 2 April 2025
(P) ISSN 2721-5679
(E) ISSN 2722-466X

perpindahan maksimum sebesar 0,054 cm, kekakuan sebesar 5568,75 kg/cm menghasilkan perpindahan maksimum sebesar 0,023 cm dan untuk kekakuan sebesar 11317,5 kg/cm menghasilkan perpindahan maksimum sebesar 0,009cm.



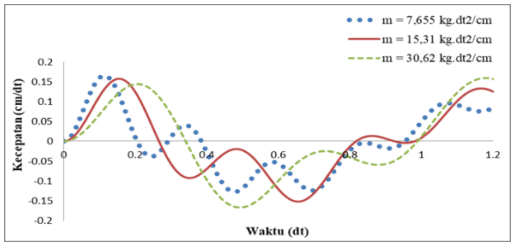
Gambar 6. Riwayat waktu vs perpindahan dengan variasi kekakuan

Semakin besar kekakuan, semakin kecil perpindahan maksimum yang dihasilkan, dihasilkan atau dengan kata lain kekakuan berbanding terbalik dengan perpindahan maksimum, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Perhitungan di atas menunjukkan bahwa periode getar (T) terkait dengan perpindahan maksimum yang dihasilkan. Ini karena periode getar kecil menunjukkan sistem yang kaku dan periode getar besar menunjukkan sistem yang lebih fleksibel, sehingga periode getar yang lebih besar menunjukkan perpindahan maksimum yang lebih besar.

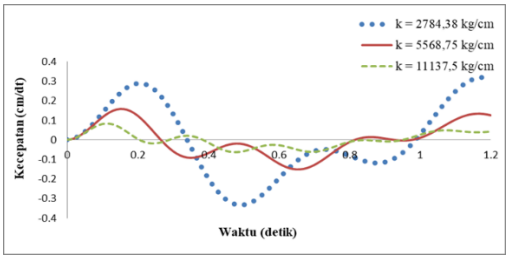
b. Kecepatan

1) Struktur dengan variasi massa dan kekakuan tetap sebesar 5568,75 kg/cm
Sistem struktur dengan massa sebesar 7,655 kg.dt^2/cm menghasilkan kecepatan maksimum sebesar -0,165 cm/dt, massa sebesar 15,31 kg.dt^2/cm menghasilkan kecepatan maksimum sebesar -0,157 cm/dt dan untuk massa sebesar 30,62 kg.dt^2/cm menghasilkan kecepatan maksimum sebesar -0,167 cm/dt.



Gambar 7. Riwayat waktu vs kecepatan dengan variasi massa

2) Struktur dengan variasi kekakuan dan massa tetap sebesar 15,31 kg.dt^2/cm
Sistem struktur dengan kekakuan sebesar 2784,38 kg/cm menghasilkan kecepatan maksimum sebesar -0,334 cm/dt, kekakuan sebesar 5568,75 kg/cm menghasilkan kecepatan maksimum sebesar -0,157 cm/dt dan untuk kekakuan sebesar 11317,5 kg/cm menghasilkan perpindahan maksimum sebesar -0,083 cm/dt.



Gambar 8. Riwayat waktu vs kecepatan dengan variasi kekakuan

Gambar 7 dan 8 menunjukkan bahwa variasi massa dan kekakuan menghasilkan kecepatan maksimum yang semua nilainya negatif, yang menunjukkan bahwa kecepatan maksimum terjadi pada arah yang berlawanan dengan arah beban. Nilai kecepatan untuk setiap penambahan massa cenderung meningkat lebih awal daripada nilai kecepatan untuk setiap penambahan kekakuan, dan nilai kecepatan untuk setiap penambahan kekakuan cenderung menurun.

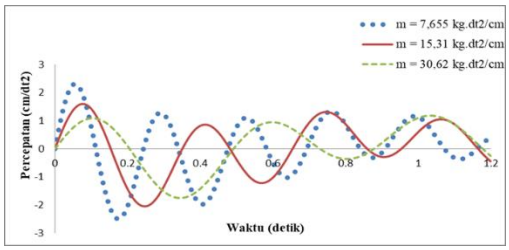
Menghitung kecepatan dengan variasi kekakuan menunjukkan bahwa periode getar berbanding lurus dengan kecepatan maksimum yang dihasilkan. Ini karena periode getar kecil menunjukkan sistem yang kaku dan periode getar besar menunjukkan sistem yang lebih fleksibel, sehingga periode getar yang lebih besar menunjukkan kecepatan maksimum yang lebih besar.

c. Percepatan

1) Struktur dengan variasi massa dan kekakuan tetap sebesar 5568,75 kg/cm
Sistem struktur dengan massa sebesar 7,655 kg.dt^2/cm menghasilkan percepatan maksimum sebesar -2,477 cm/dt^2, massa sebesar 15,31 kg.dt^2/cm

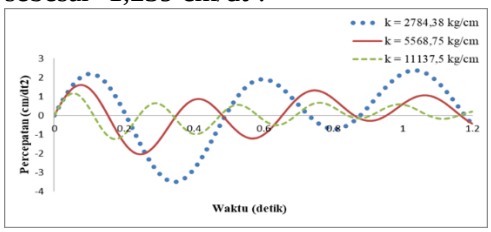
Jurnal Teknik Sipil
Vol 4 No 2 (2025): ETERNITAS:Jurnal Teknik Sipil, Vol 4, No 2 April 2025
(P) ISSN 2721-5679
(E) ISSN 2722-466X

menghasilkan percepatan maksimum sebesar 2,043 cm/dt^2 dan untuk massa sebesar 30,62 kg.dt^2/cm menghasilkan percepatan maksimum sebesar -1,747 cm/dt^2.



Gambar 9. Riwayat waktu vs percepatan dengan variasi massa

2) Struktur dengan variasi kekakuan dan massa tetap sebesar 15,31 kg.dt^2/cm
Sistem struktur dengan kekakuan sebesar 2784,38 kg/cm menghasilkan percepatan maksimum sebesar -3,494 cm/dt^2, kekakuan sebesar 5568,75 kg/cm menghasilkan percepatan maksimum sebesar -2,043 cm/dt^2 dan untuk kekakuan sebesar 11317,5 kg/cm menghasilkan perpindahan maksimum sebesar -1,239 cm/dt^2.



Gambar 10. Riwayat waktu vs percepatan dengan variasi kekakuan

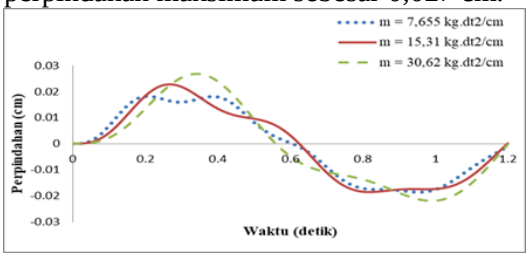
Gambar 9 dan 10 menunjukkan nilai percepatan maksimum yang dihasilkan dengan variasi massa dan kekakuan. Nilai percepatan untuk setiap penambahan massa awal cenderung lebih besar duku sementara nilai percepatan untuk setiap penambahan kekakuan cenderung lebih rendah.

Menghitung percepatan dengan variasi kekakuan menunjukkan bahwa periode getar berbanding lurus dengan nilai percepatan maksimum yang dihasilkan. Ini karena periode getar kecil menunjukkan sistem yang kaku dan periode getar besar menunjukkan sistem yang lebih fleksibel, sehingga periode getar yang lebih besar menunjukkan percepatan maksimum yang lebih besar. Sistem akan rusak dengan kecepatan tertinggi.

3.2 Metode Percepatan Rata-Rata

a. Perpindahan

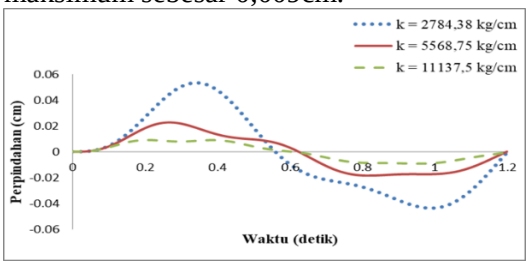
1) Struktur dengan variasi massa dan kekakuan tetap sebesar 5568,75 kg/cm
Sistem struktur dengan massa sebesar 7,655 kg.dt^2/cm menghasilkan perpindahan maksimum sebesar 0,018 cm, massa sebesar 15,31 kg.dt^2/cm menghasilkan perpindahan maksimum sebesar 0,023 cm dan untuk massa sebesar 30,62 kg.dt^2/cm menghasilkan perpindahan maksimum sebesar 0,027 cm.



Gambar 11. Riwayat waktu vs perpindahan dengan variasi massa

Semakin besar massa maka semakin besar pula perpindahan maksimum yang dihasilkan atau dengan kata lain massa berbanding lurus dengan perpindahan maksimum, secara visual dapat dilihat pada Gambar 11.

2) Struktur dengan variasi kekakuan dan massa tetap sebesar 15,31 kg.dt^2/cm
Sistem struktur dengan kekakuan sebesar 2784,38 kg/cm menghasilkan perpindahan maksimum sebesar 0,054 cm, kekakuan sebesar 5568,75 kg/cm menghasilkan perpindahan maksimum sebesar 0,023 cm dan untuk kekakuan sebesar 11317,5 kg/cm menghasilkan perpindahan maksimum sebesar 0,009cm.



Gambar 12. Riwayat waktu vs perpindahan dengan variasi kekakuan

Semakin besar kekakuan, semakin kecil perpindahan maksimum yang

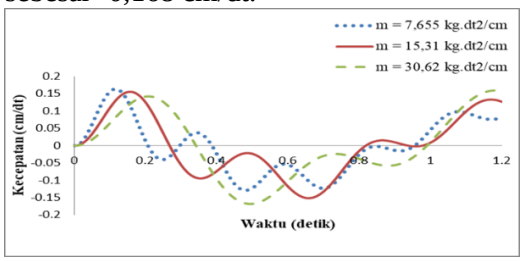
Jurnal Teknik Sipil
Vol 4 No 2 (2025): ETERNITAS:Jurnal Teknik Sipil, Vol 4, No 2 April 2025
(P) ISSN 2721-5679
(E) ISSN 2722-466X

dihasilkan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.

Perhitungan di atas menunjukkan bahwa periode getar (T) terkait dengan perpindahan maksimum yang dihasilkan. Ini karena periode getar kecil menunjukkan sistem yang kaku dan periode getar besar menunjukkan sistem yang lebih fleksibel, sehingga periode getar yang lebih besar menunjukkan perpindahan maksimum yang lebih besar.

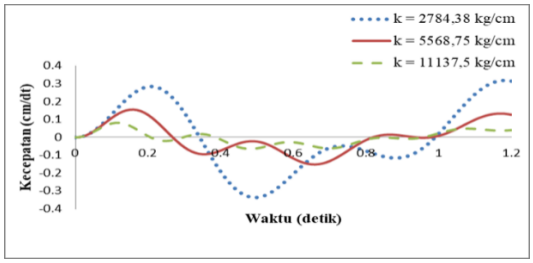
b. Kecepatan

1) Struktur dengan variasi massa dan kekakuan tetap sebesar 5568,75 kg/cm
Sistem struktur dengan massa sebesar 7,655 kg.dt^2/cm menghasilkan kecepatan maksimum sebesar -0,165 cm/dt, massa sebesar 15,31 kg.dt^2/cm menghasilkan kecepatan maksimum sebesar -0,157 cm/dt dan untuk massa sebesar 30,62 kg.dt^2/cm menghasilkan kecepatan maksimum sebesar -0,168 cm/dt.



Gambar 13. Riwayat waktu vs kecepatan dengan variasi massa

2) Struktur dengan variasi kekakuan dan massa tetap sebesar 15,31 kg.dt^2/cm
Sistem struktur dengan kekakuan sebesar 2784,38 kg/cm menghasilkan kecepatan maksimum sebesar -0,336 cm/dt, kekakuan sebesar 5568,75 kg/cm menghasilkan kecepatan maksimum sebesar -0,157 cm/dt dan untuk kekakuan sebesar 11317,5 kg/cm menghasilkan perpindahan maksimum sebesar -,082 cm/dt.



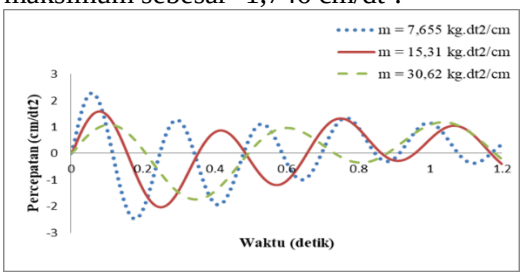
Gambar 14. Riwayat waktu vs kecepatan dengan variasi kekakuan

Gambar 13 dan 14 menunjukkan variasi massa dan kekakuan yang menghasilkan kecepatan maksimum yang semua nilainya negatif, yang menunjukkan bahwa kecepatan maksimum terjadi pada arah yang berlawanan dengan arah beban. Nilai kecepatan untuk setiap penambahan massa cenderung meningkat lebih awal daripada nilai kecepatan untuk setiap penambahan kekakuan.

Menghitung kecepatan dengan variasi kekakuan menunjukkan bahwa periode getar berbanding lurus dengan kecepatan maksimum yang dihasilkan. Ini karena periode getar kecil menunjukkan sistem yang kaku dan periode getar besar menunjukkan sistem yang lebih fleksibel, sehingga periode getar yang lebih besar menunjukkan kecepatan maksimum yang lebih besar.

c. Percepatan

1) Struktur dengan variasi massa dan kekakuan tetap sebesar 5568,75 kg/cm.
Sistem struktur dengan massa sebesar 7,655 kg.dt2/cm menghasilkan percepatan maksimum sebesar -2,480 cm/dt^2, massa sebesar 15,31 kg.dt^2/cm menghasilkan percepatan maksimum sebesar -2,042 cm/dt^2 dan untuk massa sebesar 30,62 kg.dt^2/cm menghasilkan percepatan maksimum sebesar -1,746 cm/dt^2.

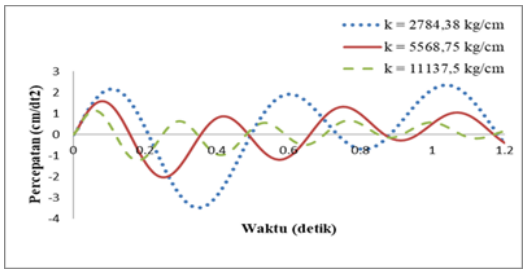


Gambar 15. Riwayat waktu vs percepatan dengan variasi massa

2) Struktur dengan variasi kekakuan dan massa tetap sebesar 15,31 kg.dt^2/cm.
Sistem struktur dengan kekakuan sebesar 2784,38 kg/cm menghasilkan percepatan maksimum sebesar -3,491 cm/dt^2, kekakuan sebesar 5568,75 kg/cm menghasilkan percepatan maksimum sebesar -2,042 cm/dt^2 dan untuk kekakuan sebesar 11317,5 kg/cm menghasilkan perpindahan maksimum sebesar -1,240 cm/dt^2.

ETERNITAS
Jurnal Teknik Sipil

Vol 4 No 2 (2025): ETERNITAS:Jurnal Teknik Sipil, Vol 4, No 2 April 2025
(P) ISSN 2721-5679
(E) ISSN 2722-466X



Gambar 16. Riwayat waktu vs percepatan dengan variasi kekakuan

Gambar 15 dan 16 menunjukkan nilai percepatan maksimum yang dihasilkan dari variasi massa dan kekakuan. Nilai percepatan cenderung meningkat seiring dengan peningkatan massa, sementara nilai percepatan seiring dengan peningkatan kekakuan cenderung menurun.

Menghitung percepatan dengan variasi kekakuan menunjukkan bahwa periode getar sebanding dengan percepatan maksimum. Ini terjadi karena periode getar yang lebih besar menunjukkan sistem yang lebih fleksibel dan periode getar yang lebih kecil menunjukkan sistem yang kaku. Akibatnya, semakin panjang periode getar, semakin besar percepatan maksimum yang dihasilkan. Tabel 2 menguraikan hasil analisis metode Newmark (metode percepatan linear dan rata-rata), yang menunjukkan bahwa kecepatan yang paling tinggi akan menyebabkan kerusakan pada sistem.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Analisis Dengan Metode Newmark

Variasi	*Massa Kg.dt²/cm*	*Kekakuan Kg/cm*	*Keterangan*	*Metode Percepatan Linear*			*Metode Percepatan Rata-Rata*		
				Perpindahan	Kecepatan	Percepatan	Perpindahan	Kecepatan	Percepatan
-	15,31	5568,75	Acuan	0.023	-0.157	-2,043	0.023	-0,157	-2,042
1	15,31	2784,38	Massa tetap, kekakuan setengah dari acuan	0.054	-0.334	-3,494	0.054	-0.336	-3.491
2	15,31	11137,5	Massa tetap, kekakuan dua kali dari acuan	0.009	-0.083	-1.239	0.009	-0.082	-1.240
3	7,655	5568,75	kekakuan tetap, massa setengah dari acuan	0.019	-0.165	-2.477	0.018	-0.165	-2.480
4	30,62	5568,75	kekakuan tetap, massa dua kali dari acuan	0.027	-0.167	-1.747	0.027	-0.168	-1.746

4. IMPLIKASI HASIL STUDI

Studi ini meningkatkan pemahaman kita tentang perilaku dinamik struktur sistem satu derajat kebebasan (SDOF) yang dikenai beban sinusoidal, terutama dengan menggunakan metode numerik. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan referensi dalam praktik rekayasa untuk simulasi beban dinamis dalam perangkat lunak teknik. Mereka juga dapat dimasukkan ke dalam materi ajar pada mata kuliah dinamika struktur atau analisis numerik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisis respon struktur SDOF pada penelitian ini dengan kedua metode Percepatan Linear dan Percepatan Rata-Rata menunjukan hasil yang sama. Dari hasil dan analisis dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar massa maka semakin besar pula perpindahan maksimum yang dihasilkan atau dengan kata lain massa berbanding lurus dengan perpindahan maksimum. Lain halnya dengan kekakuan, semakin besar kekakuan maka semakin kecil perpindahan maksimum yang dihasilkan atau dengan kata lain kekakuan berbanding terbalik dengan perpindahan maksimum.

Variasi massa dan kekakuan menghasilkan kecepatan maksimum yang semua nilainya negatif. Hal ini menunjukkan

Vol 4 No 2 (2025): ETERNITAS:Jurnal Teknik Sipil, Vol 4, No 2 April 2025
(P) ISSN 2721-5679
(E) ISSN 2722-466X

bahwa kecepatan maksimum terjadi pada arah yang berlawanan dengan arah beban. Nilai kecepatan dan percepatan untuk tiap penambahan massa cenderung bertambah besar sedangkan nilai kecepatan untuk tiap penambahan kekakuan cenderung akan semakin kecil.

Pada penelitian ini dibatasi pada struktur dengan sistem berderaja kebebsan tunggal (*Single Degree of Freedom*/SDOF), oleh sebab itu peneliti akan melakukan pengembangan pada sistem struktur yang lebih komplek seperti bangunan beringkat agar memperoleh nilai maksimum dari bangunan tersebut akibat beban dinamik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada para peneliti terdahulu yang telah memberikan gambaran atau refrensi, guna mendukung penulis dalam meneliti yang berkaitan dengan judul **ANALISIS RESPON DINAMIK STRUKTUR SDOF TERHADAP BEBAN SINUSOIDAL MENGGUNAKAN METODE NEWMARK.**

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Chopra, A. k. (2020). Dynamics of Structures 5th Edition SI Units Anul K Chopra. In Journal of Chemical Information and Modeling (Vol. 5, Issue 9). http://dx.doi.org/10.1016/j.tws.2012.02.007

[2]. Chatzikonstantinou, N., Makarios, T. K., & Athanatopoulou, A. M. (2022). Integration Method for Response History Analysis of Single-Degree-of-Freedom Systems with Negative Stiffness. Buildings, 12(8), 1214.

[3]. Clough, R.W. & J. Penzien., 2003. Dynamics of Structures – Third Edition, Computers & Structures, Inc.

[4]. Lumantarna, B.,1999, Pengantar Analisis Dinamis dan Gempa, Andi Offset Yogyakarta

[5]. Rompas, G. H., Wallah, S. E., Windah, R. S., & Dapas, S. O. (n.d.). Kestabilan Solusi Numerik Sistem Berderajat Kebebasan Tunggal Akibat Gempa Dengan Metode Newmark (Studi Kasus: Menghitung Respons Bangunan Baja Satu Tingkat). Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.

[6]. Suryanita, R., Teknik, J., Fakultas, S., Universitas, T., Sarfika, H., Teknik, J., Fakultas, S., & Universitas, T. (2007). Respons Struktur SDOF Akibat Beban Sinusoidal. 7(3), 266–278.

[7]. Widodo.,2000., Respons Dinamik Struktur Elastik. UII Press, Yogyakarta.