

PERANCANGAN SISTEM PEREDAM GETARAN PADA MUATAN ROKET RX 320 LAPAN

Agus Budi Djatmiko

Peneliti Pusat Teknologi Wahana Dirgantara, LAPAN

e-mail: b7w01@yahoo.com

ABSTRACT

Arising vibration of a rocket while flying may cause a damage at electronic equipments, so that the rocket needs to be tested on what extent does the electronic equipment can receive a vibration. Based on the experience during the roll-out of rocket, a GPS (Global of Positioning System) equipment was found out to experience some disturbance as the rocket suffered acceleration, so that it will be difficult to trace the existence of the rocket. To alleviate a vibrating damper systems, we design a GPS for the rocket of RX 320 – LAPAN which is capable to receive the vibration up to 15 g. The result of scheme by comparing two successive amplitudes of $X_1 / X_2 = 1 / 0.2$, spring of stiffness $k = 12000 \text{ N/m}$ and mass GPS $m = 0.3 \text{ kg}$ with an acceleration of 15 g, gives the damping coefficient $c = 24 \text{ N/m/second}$ and resonance amplitude $X = 9.2 \text{ mm}$.

Keyword: *Vibrating damper systems, Vibration coefficient*

ABSTRAK

Getaran yang timbul pada saat roket terbang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan elektronik, sehingga dalam merancang sebuah roket perlu diuji sampai sejauh mana peralatan elektronik tersebut mampu menerima getaran. Berdasarkan pengalaman pada saat peluncuran roket selama ini, alat GPS (*Global of Positioning System*) yang terdapat pada muatan roket mengalami gangguan pada saat roket mengalami G-force sebesar 10 gravitasi Bumi, sehingga pada saat itu sulit untuk melacak keberadaan roket tersebut. Untuk itu dirancang sebuah sistem peredam getaran pada alat GPS roket RX 320 -LAPAN yang mampu menerima getaran sampai dengan 15 kali gravitasi Bumi. Hasil perancangan dengan perbandingan dua amplitudo berurutan $X_1 / X_2 = 1 / 0.2$, kekakuan pegas $k = 12000 \text{ N/m}$ dan massa GPS $m = 0.3 \text{ kg}$ dengan percepatan sebesar 15 g, maka didapat nilai koefisien redaman $c = 24 \text{ N/m/detik}$ dan amplitude resonansi $X = 9.2 \text{ mm}$.

Kata kunci: *Sistem peredam getaran, Koefisien getaran*

1 PENDAHULUAN

Keberhasilan peluncuran sebuah roket ditentukan banyak faktor diantaranya adalah struktur, aerodinamika, statik stabilitas, propulsi dan dan tak kalah pentingnya adalah pembahasan tentang sistem getaran yang terjadi pada muatan roket.

Roket yang sedang terbang mengalami gaya pengganggu, antara lain akibat gaya dorong roket, gaya

aerodinamis, gaya luar yang bekerja pada roket. Gaya-gaya tersebut dapat menyebabkan ketidakstabilan dan getaran pada roket. Akibat getaran yang ditimbulkan dapat menyebabkan kerusakan atau tidak bekerjanya peralatan eletronik pada roket.

Berdasarkan pengalaman saat peluncuran roket selama ini, alat GPS (*Global Positioning System*) yang terdapat pada muatan roket mengalami gangguan

pada saat roket mengalami G-force sebesar 10 gravitasi Bumi, sehingga sulit untuk melacak keberadaan roket tersebut.

Bila suatu sistem dipengaruhi oleh eksitasi harmonik paksa, maka respons getarannya akan berlangsung pada frekuensi yang sama dengan frekuensi eksitasi/ perangsangnya. Sumber eksitasi pada roket adalah gaya-gaya luar atau dalam yang bekerja pada roket. Eksitasi ini mungkin tidak diinginkan oleh roket karena dapat mengganggu kerja dari peralatan elektronika pada muatan roket bila terjadi amplitudo getaran yang besar. Dalam banyak hal resonansi harus dihindari dan untuk mencegah berkembangnya amplitudo yang besar maka seringkali digunakan peredam (*dampers*) dan penyerap (*absorbers*).

Untuk itu dirancang suatu alat peredam getaran pada sistem peralatan elektronika yang ada pada muatan roket. Peralatan terdiri dari pegas dan damper yang disusun sedemikian rupa sehingga efek redaman terhadap getaran terjadi.

Tujuan dari perancangan sistem peredam getaran ini adalah untuk meningkatkan kemampuan peralatan elektronika pada muatan roket menerima getaran secara maksimal.

Dalam tulisan ini dibahas mengenai perancangan sistem peredam getaran pada alat GPS roket RX 320 yang mampu menerima getaran sampai dengan 15 g.

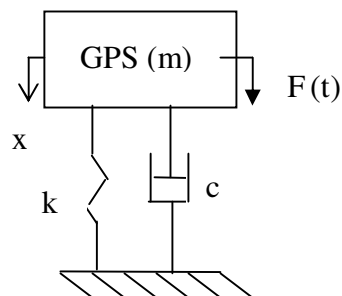
2 LANDASAN TEORI

Suatu sistem teknik yang terdiri dari massa dan elastisitas cenderung untuk bergetar. Untuk mengurangi efek getaran, suatu pendekatan yaitu melakukan studi lengkap terhadap persamaan gerakan sistem yang ditinjau. Mula-mula sistem diidealisasikan dan disederhanakan dengan terminologi massa, pegas dan *dashpot* berturut-turut menyatakan benda elastisitas dan gesekan sistem, kemudian persamaan

gerakan menyatakan perpindahan sebagai fungsi waktu atau akan memberikan jarak kedudukan massa sesaat selama gerakannya dan kedudukan keseimbangannya.

Sistem peredam getaran pada muatan roket RX 320-LAPAN dapat diidealisasikan sebagai berikut:

2.1 Persamaan Getaran Teredam



Gambar 2-1: Model Sistem peredam getaran muatan roket RX 320

Dimana:

m = massa GPS (kg)

k = konstanta pemegasan (N/ m)

c = koefisien peredaman N/ m/ detik

$F(t)$ = gaya eksitasi (N)

Persamaan gerak model sistem peredam getaran pada Gambar 2-1 adalah:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_o(t) \quad (2-1)$$

$m\ddot{x}$ = gaya akibat percepatan

$c\dot{x}$ = gaya redaman

kx = gaya pemegasan

x = defleksi dari kedudukan awal

Penyelesaian persamaan adalah $F(t) = 0$. dimana persamaan akan memberi pengertian tentang peranan redaman, dengan persamaan homogen adalah

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \quad (2-2)$$

solusi dalam bentuk $x = e^{st}$ dan dengan memasukan ke persamaan di atas menjadi $e^{st} (ms^2 + cs + k) = 0$ atau $ms^2 + cs + k = 0$ yang mempunyai 2 akar adalah:

$$s_{1,2} = \frac{-c \pm \sqrt{c^2 - 4mk}}{2m} = -\frac{c}{2m} \pm \sqrt{\left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m}} \quad (2-3)$$

Solusi umum diberikan oleh persamaan

$$x = Ae^{st} + Be^{st} \quad (2-4)$$

jika $\left(\frac{c}{2m}\right)^2 < \frac{k}{m}$ maka eksponen merupakan bilangan khayal dan sistem berosilasi karena,

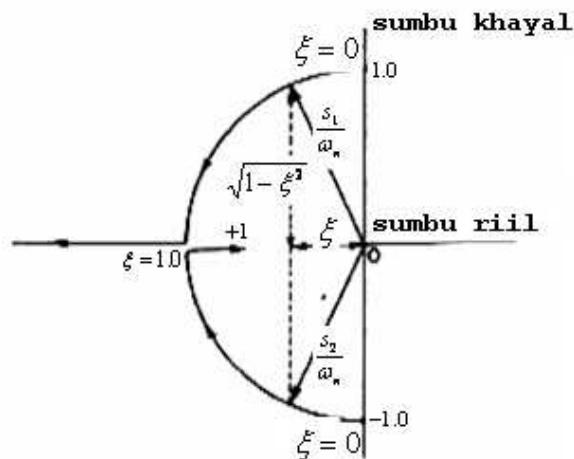
$$e^{\pm \sqrt{k/m - (c/2m)^2} t} = \cos \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{c}{2m}\right)^2} t \pm i \sin \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{c}{2m}\right)^2} t \quad (2-5)$$

redaman kritis : $c_c = 2\sqrt{km} = 2m\omega_n$

ratio redaman : $\xi = \frac{c}{c_c}$ dan $\frac{c}{2m} = \xi\omega_n$

dan akar persamaan menjadi:

$$s_{1,2} = (-\xi \pm \sqrt{\xi^2 - 1})\omega_n \quad \text{atau} \quad s_{1,2} = (-\xi \pm i\sqrt{1 - \xi^2})\omega_n \quad (2-6)$$



Gambar 2-2: Menunjukkan keadaan redaman

Gerak berosilasi jika $\xi < 1,0$ (keadaan kurang teredam) lihat Gambar 2-2 dan Persamaan getaran teredam adalah:

$$x = e^{-\xi\omega_n t} (Ae^{i\sqrt{1-\xi^2}\omega_n t} + Be^{-i\sqrt{1-\xi^2}\omega_n t}) \quad (2-7)$$

Persamaan dapat ditulis sebagai berikut:

$$x = Xe^{-\xi\omega_n t} \sin(\sqrt{1-\xi^2}\omega_n t + \phi) \quad (2-8)$$

Dan frekuensi getaran teredam adalah:

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1-\xi^2} \quad (2-9)$$

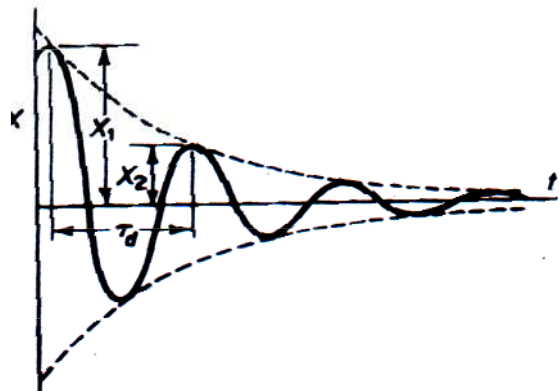
2.2 Pengurangan Logaritmik

Pengurangan logaritmik (δ) didefinisikan sebagai logaritma natural dari ratio dua amplitudo berurutan:

$$\delta = \ln \frac{x_1}{x_2} = \ln \frac{e^{-\xi\omega_n t_1}}{e^{-\xi\omega_n (t_1 + \tau_d)}}$$

$$\delta = \ln e^{\xi\omega_n \tau_d} \quad (2-10)$$

$$\delta = \frac{2\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}} \quad (2-11)$$



Gambar 2-3: Getaran teredam $\xi < 1,0$

2.3 Getaran yang Tereksitasi

Dari diagram benda bebas persamaan diferensial gerak untuk sistem peredam getaran pada muatan roket RX 320 (lihat Gambar 2-1) memberikan:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_o(t)$$

dimana:

x = persamaan gerak dari simpangan,
 $x = X \sin(\omega t - \phi)$ dan amplitudo getaran X :

$$-m\omega^2 X + c\omega X + kX = F_o$$

$$X \sqrt{(k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2} = F_o$$

$$X = \frac{F_o/k}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right]^2 + \left(2\xi \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}} \dots\dots\dots (2-12)$$

3 PENGOLAHAN DATA

Dari data muatan roket RX 320 diketahui sebagai berikut:

Tabel 3-1: MUATAN ROKET RX-320

Spesifikasi	Besaran	Dimensi
Massa GPS	0,3	kg
Konstanta Pegas, k	12000	N/ m
X ₁ / X ₂	1 / 0,2	-

3.1 Menghitung koefisien redaman, c:

$$\text{Frekuensi natural } \omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{12000}{0,3}} =$$

200 rad/ detik

Redaman Kritis c_c

$$c_c = 2 m \omega_n$$

$$= 2 (0,3) (200) = 120 \text{ kg/ detik}$$

Pengurangan logaritmik (δ)

$$\delta = \ln \frac{x_1}{x_2} = \ln \frac{1}{0,2} = 1,621$$

Faktor redaman (ξ)

$$\delta = \frac{2\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}$$

$$\delta^2(1-\xi^2) = (2\pi\xi)^2$$

$$2,628 - 02,628\xi^2 = 39,4384\xi^2$$

$$\xi = 0,2$$

Frekuensi natural teredam

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1-\xi^2}$$

$$= 195,96 \text{ rad/ detk}$$

Koefisien redaman (c) :

$$\xi = \frac{c}{c_c}, \text{ maka didapat nilai koefisien}$$

redaman

$$c = c_c \xi = 120 (0,2)$$

$$= 24 \text{ N/ m/ detik}$$

3.2 Amplitudo Resonansi (X)

Dianggap roket bekerja pada kondisi G force sebesar 10 g dalam keadaan resonansi:

$$X = \frac{F_o / k}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right]^2 + \left(2\xi \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}}$$

Keadaan resonansi $\omega = \omega_n$

Dan besar gaya perangsang $F_o = m \times A_g$

dimana:

$$A_g = 15 \text{ g} = 147 \text{ m/ detik}^2$$

$$m = 0,3 \text{ kg maka}$$

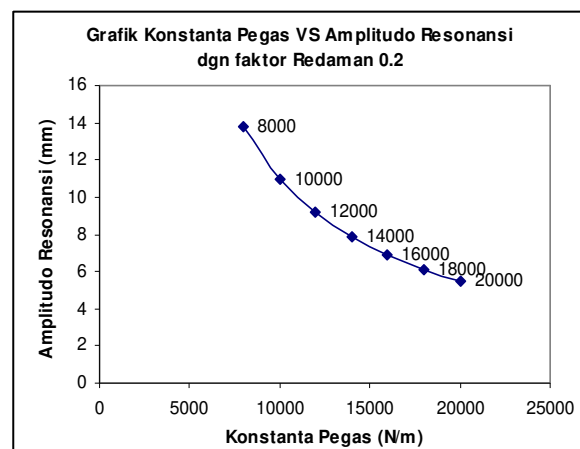
$$F_o = 0,3 \times 147 = 44,1 \text{ N}$$

Maka amplitudo resonansi yang terjadi pada alat GPS adalah

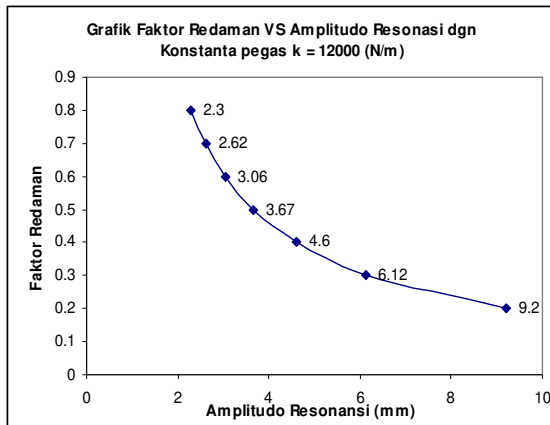
$$X = \frac{F_o / k}{2\xi} = \frac{44,1/12000}{2 \times 0,2} = 0,0092 \text{ m} = 9,2 \text{ mm}$$

Tabel 3-2: HASIL PERANCANGAN SISTEM PEREDAM MUATAN RX 320

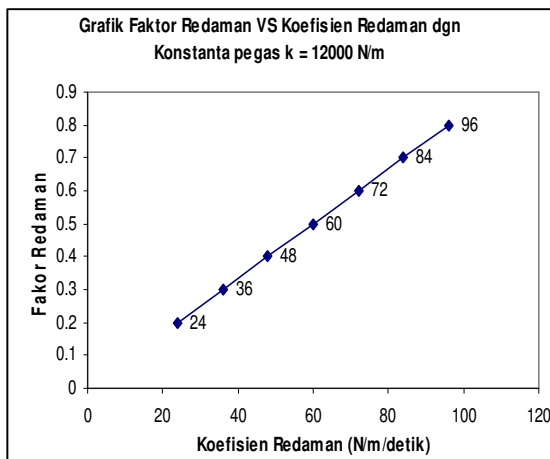
Spesifikasi	Besaran	Dimensi
Frekuensi natural, ω_n	200	rad/ detik
Pengurangan logaritmik, δ	1,621	-
Faktor redaman ξ	0,2	-
Frekuensi teredam, ω_d	195,96	rad/ detk
Koefisien Redaman, c	24	N/ m/ dei k
Perbandingan Amplitudo X ₁ / X ₂	$\frac{1}{0,2}$	-
Amplitudo resonansi, X	9,2	mm



Gambar 3-1: Grafik konstanta pegas vs amplitudo resonansi dengan faktor redaman 0,2



Gambar 3-2: Grafik faktor redaman vs amplitudo resonansi dengan konstanta pegas $k = 12000$ (N/ m)



Gambar 3-3: Grafik faktor redaman vs koefisien redaman dengan konstanta pegas $k = 12000$ N/ m

4. PEMBAHASAN

Dari Gambar 3-1, dapat dilihat hasil perhitungan konstanta pegas (k) pada berbagai nilai terhadap amplitudo resonansi (X), dimana dengan meningkatnya nilai konstanta pegas dapat menyebabkan menurunnya nilai amplitudo resonansi.

Dari Gambar 3-2, dapat juga dilihat dengan meningkatnya nilai koefisien redaman (c) dapat menyebabkan menurunnya nilai amplitudo resonansi.

Dari Gambar 3-3, dapat juga dilihat dengan meningkatnya faktor redaman ξ menyebabkan meningkatnya koefisien reman c .

Dari grafik hasil perancangan yaitu Gambar 3-1, 3-2, dan 3-3 di atas, dapat diketahui bahwa konstanta pegas (k) dan koefisien redaman (c) sangat menentukan dalam mereduksi amplitudo yang terjadi terutama pada saat keadaan resonansi.

Dalam perancangan sistem peredam getaran alat GPS pada muatan RX 320 LAPAN, digunakan koefisien redaman (c) = 24 N/ m/ detik dan konstanta pegas (k) = 12000 N/ m untuk massa GPS $m = 0,3$ kg. Hasil perancangan cukup aman karena menghasilkan amplitudo resonansi yang kecil yaitu sebesar $X = 9,2$ mm pada percepatan sebesar 15 g.

Untuk meredam getaran tidak cukup hanya memberikan konstanta pegas (k) saja, karena pada saat keadaan resonansi tanpa ada nilai (c), akan terjadi amplitudo yang besar dan dapat merusak alat GPS yang ada pada muatan roket. (dapat dilihat pada persamaan mencari amplitudo resonansi, dimana bila $c = 0$ maka $\xi = 0$, sehingga amplitudo resonansi $X = \frac{F_o / k}{2\xi} = \text{tak terhingga}$).

5 KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan yang dilakukan, maka diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Dari hasil perancangan terhadap sistem peredam getaran muatan roket RX-320 LAPAN dengan perencanaan perbandingan dua amplitudo berurutan $X_1/ X_2 = 1/ 0.2$, kekakuan pegas $k = 12000$ N/ m dan massa GPS diketahui sebesar $m = 0.3$ kg maka didapat nilai koefisien redaman $c = 24$ N/ m/ detik.
- Dengan merancang resonansi yang terjadi pada saat roket mengalami percepatan sebesar 15 g atau setara dengan 147 m/ detik^2 , dari hasil perhitungan didapat amplitudo resonansi yang terjadi pada GPS sebesar $X = 9.2$ mm.
- Dengan nilai $k = 12000$ N/ m, $c = 24$ N/ m/ detik, $m = 0,3$ kg, dan percepatan sebesar 15 g menghasilkan amplitudo

resonansi $X = 9,2$ mm, hasil rancangan ini dapat digunakan untuk meredam getaran yang terjadi pada alat GPS muatan roket RX 320 LAPAN.

DAFTAR RUJUKAN

- George H. Martin, 1995. *Kinematika dan Dinamika Teknik*. Edisi III Erlangga Jakarta.
- J.W. Cornelisse, H.F.R. Schoyer, K.F. Wakker, 1979. *Rocket Propulsion and Spaceflight Dynamics*. Pitman Publishing Limited London.
- John Hannah And R.C. Stephens, 1972. *Mechanics Of Machines.* Second Edition, Edward Arnold Ltd, London.
- John S. Mitchell, 1981. *Machinery Analysis And Monitoring*. PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma.
- R.C. Hibbeler, 2004. *Engineering Mechanics Dynamics*. Third Edition Prentice-Hall Inc. Singapore.
- Robert L. Norton, 2003. *Design Of Machinery*. McGraw-Hill Book Company, Third Edition.
- Singiresu S. Rao, 1995. *Mechanical Vibrations*. Addison-Wesley Publishing Company, Third Edition California.
- Timoshenko And Young, 1948. *Advanced Dynamics*. McGraw-Hill Book Company, INC.
- William T. Thomson 1981. *Theory Of Vibration With Aplications*. 2nd Edition Prentice-Hall Inc. California.