

PENGUJIAN DAN ANALISIS ALAT SIMULASI GETARAN PADA RECTANGULAR BEAM DENGAN REDAMAN

Achmad Husen
Mohamad Faizal H

Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin , FTI-ISTN
Jl Moh Kahfi II , Jagakarsa-Jakarta 12640

Abstract:

Vibration related to the oscillation motion of objects and styles kind of force with the motion. All objects that have mass and elasticity can vibrate. There are two general types of vibrations, free vibration and forced vibration. Free vibration occurs if the system oscillates because of the workings of force that exist in the system it self. While the vibrations that occur because of forces external stimuli are called forced vibrations. If the stimulation frequency equal to the natural frequency of the system, it will obtain the resonance condition that can cause damage to the system, and for avoid excessive resonance in a system then it needs to be a system to reduce the vibration that occurs is damper. Research in the form of a testing and analysis was conducted to determine the frequency of natural of the system and to determine the damping effectiveness that occurs on systems using oil damping medium. Based on the calculation and testing was done at two different positions then the damping free vibration damper positioned 5 cm from the center of rotation of the beam obtained personal frequency of 300 rpm, and the position of damper 10 cm at 281.1 rpm. While on the forced vibration damper positioned 5 cm from the center of rotation of the beam rotation at the critical rotation 300 rpm with a deviation of 1.9 mm and at a position 10 cm the critical rotation at 500 rpm with deviation of 1.05 mm.

Keyword: *rectangular beam , redaman viskos, simpangan, putaran kritis*

PENDAHULUAN

Getaran berhubungan dengan gerak osilasi benda dan gaya yang berhubungan dengan gerak tersebut. Semua benda yang mempunyai massa dan elastisitas dapat bergetar sampai derajat tertentu sehingga pada perancangannya memerlukan pertimbangan sifat osilasinya.

Ada dua kelompok getaran yang umum yaitu, getaran bebas dan getaran paksa. Sistem yang bergetar dengan satu frekuensi naturalnya disebut dengan sistem satu derajat kebebasan, sedang sistem yang bergetar dengan dua frekuensi naturalnya disebut sistem dengan dua derajat kebebasan.

Derajat kebebasan sistem adalah jumlah koordinat bebas yang digunakan untuk menggambarkan gerak suatu sistem. Menurut derajat kebebasannya getaran dapat dibedakan menjadi getaran satu derajat kebebasan, getaran dua derajat kebebasan, dan getaran n derajat kebebasan sesuai dengan banyaknya koordinat bebas (*independence*) yang diperlukan untuk mendefinisikan persamaan gerak tersebut. Contoh kasus getaran yang terjadi dengan sistem satu derajat kebebasan dapat dilihat pada sebuah mobil yang melalui jalan yang bergelombang. Kondisi jalan yang bergelombang memberikan eksitasi getaran pada bodi mobil melalui sistem penopang atau suspensi dari mobil tersebut.

Getaran yang terjadi karena adanya gaya rangsangan dari luar disebut getaran paksa. Jika rangsangan tersebut beresilasi atau bergetar, maka sistem dipaksa untuk bergetar pada frekuensi rangsangan. Jika frekuensi rangsangan sama dengan salah satu frekuensi natural sistem, maka akan didapat keadaan resonansi, dan osilasi besar yang berbahaya mungkin terjadi. Jika getaran yang terjadi sama atau lebih besar dari frekuensi natural sistem, getaran tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada sistem.

Untuk menghindari terjadinya resonansi yang berlebihan pada suatu sistem maka perlu dibuat satu sistem untuk mengurangi getaran yang terjadi, yaitu peredam. Semua sistem yang bergetar mengalami redaman sampai derajat tertentu karena energi diredam oleh gesekan dan tahanan lain. Jika redaman itu kecil, maka pengaruhnya sangat kecil pada frekuensi natural sistem. Redaman adalah penting sekali untuk membatasi amplitudo osilasi pada waktu resonansi.

Media peredaman dapat berupa oli, karet (*rubber*), atau pun nitrogen. Gaya redaman dihasilkan akibat adanya tahanan media peredaman baik oli ataupun nitrogen melalui saluran *output* pada saat piston ditekan atau bergerak.

Pada aplikasi atau penerapan di bidang otomotif peredam atau *shock absorber* (peredam

kejut) berfungsi untuk meredam getaran. yang dapat melindungi penumpang atau barang agar aman serta stabilitas dari kendaraan. Selain itu peredam pada kendaraan juga berfungsi untuk memindahkan gaya pengereman dan gaya gerak ke *body* melalui gesekan antara jalan dan roda – roda serta menyangga *body* pada *axle* dan memelihara letak geometris antara *body* dan roda – roda.

Pada penelitian ini dicoba menerapkan aplikasi pada kendaraan tersebut menjadi sebuah alat uji yang berguna sebagai alat simulasi getaran *rectangular beam* dengan media peredaman oli dengan motor listrik sebagai pengekstiasinya.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, dapat diidentifikasi masalah – masalah yang dihadapi antara lain: 1). Bagaimana mencari frekuensi pribadi pada alat simulasi getaran dengan redaman viskos?, 2). Bagaimanakah cara pembuatan dan prinsip kerja alat simulasi getaran dengan redaman viskos?, 3). Bagaimanakah merancang sistem peredaman pada alat simulasi getaran?, 4). Bagaimanakah fenomena peredaman yang terjadi pada media peredaman?

Agar penelitian serta analisis alat pengujian ini lebih jelas dan terarah maka perlu dilakukan pembatasan masalah yaitu: 1). Peredam yang digunakan adalah peredam viskos, 2). Media peredaman yang digunakan adalah oli, 3). *Beam* yang digunakan adalah *square tube* dengan ukuran 30 mm x 30 mm, 4). Pengujian yang dilakukan dengan getaran bebas dan getaran paksa, 5). Kecepatan motor pada saat pengujian dengan interval 0 – 500 rpm.

Tujuan penelitian ini adalah: 1). Untuk mengetahui frekuensi pribadi pada sistem, 2). Untuk mengetahui efektifitas peredaman yang terjadi pada sistem dengan menggunakan media peredaman oli.

Manfaat penelitian yang utama adalah sebagai alat simulasi uji getaran mekanis yang dapat menampilkan fenomena getaran bebas dan getaran paksa dengan metoda peredaman.

TINJAUAN PUSTAKA

Getaran

Salah satu gerak yang sering dijumpai di alam adalah gerak osilasi (getaran). Sebuah partikel berosilasi bila ia bergerak periodik terhadap suatu titik seimbang, waktu yang dibutuhkan untuk satu getaran penuh disebut periode (T), sedang jumlah getaran persatuan

waktu disebut frekuensi (f), hubungan antara periode dan frekuensi dapat ditulis : $T = \frac{1}{f}$ (2.1)

Dari semua gerak osilasi, yang terpenting adalah gerak harmonis sederhana, karena yang paling mudah digambarkan secara matematik, juga merupakan gambaran yang cukup tepat tentang osilasi yang ada di alam. $X = A \cos(\check{S}t + r)$ (2.2)

Gerak harmonis sederhana adalah periodik dan periodenya : $T = \frac{2\pi}{\check{S}}$ (2.3)

Besaran S dinamakan frekuensi angular yang berosilasi, dari persamaan gerak harmonis sederhana, besarnya kecepatan partikel adalah: $V = \frac{dX}{dt} = -\check{S}A \sin(\check{S}t + r)$ (2.4)

Demikian pula percepatannya adalah :

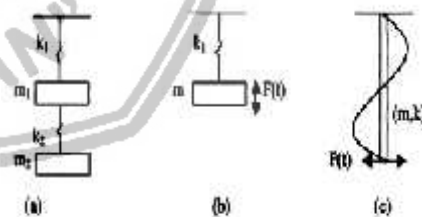
$$a = \frac{dV}{dt} = -\check{S}^2 A \cos(\check{S}t + r) = -\check{S}^2 X \quad (2.5)$$

Frekuensi getar harmonis sederhana dalam massa partikel dan konstanta elastisitas dari gaya yang

$$\text{diberikan yaitu : } F = \frac{1}{2f} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.6)$$

Klasifikasi Getaran

Getaran dapat diklasifikasikan menurut ada tidaknya eksitasi yang bekerja secara kontinyu, menurut derajat kebebasannya atau menurut sistem massanya¹. Ketiga model klasifikasi getaran tersebut ditunjukkan pada gambar 1.



- (a) Sistem getaran bebas massa diskret dua derajat kebebasan
- (b) Sistem getaran paksa massa diskret satu derajat kebebasan
- (c) Sistem getaran paksa massa kontinyu

Gambar 1. Model klasifikasi getaran

Getaran Bebas dengan Redaman

Setiap sistem mekanik memiliki gesekan yang beraksi sebagai pemakai energi mekanik. Peredam atau damper merupakan alat yang ditambahkan ke dalam sistem yang berfungsi sebagai pembatas atau peredam getaran yang terjadi pada sistem. Peredaman ini terdiri dari sebuah silinder yang diisi dengan fluida dengan sebuah torak dimana terdapat saluran inlet dan outlet sebagai tempat mengalirnya fluida dari ruang yang satu ke ruang lainnya.

Bila sistem linier dengan satu derajat kebebasan diberi rangsangan, maka responnya akan tergantung pada jenis rangsangan dan redaman yang ada. Bentuk persamaan geraknya pada umumnya adalah:

$$m\ddot{x} + F_d + kx = F(t) \quad (2.7)$$

Dengan $F(t)$ adalah gaya perangsang dan F_d adalah gaya redaman. Gaya F_d besarnya sebanding terhadap kecepatan dari massa.

Gaya redaman karena kekentalan dinyatakan oleh persamaan: $F_d = c\dot{x}$ (2.8)

Saat ini perhatian kita dibatasi sampai peredam viskos sederhana yang linier, dan dari diagram benda bebas, persamaan gerak untuk benda yang bergetar dengan peredaman dapat ditulis sebagai

$$-kx - c\dot{x} = m\ddot{x} \text{ atau } m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \quad (2.9)$$

Batas antara gerak osilasi dan gerak tanpa osilasi disebut dengan redaman kritis atau c yang mereduksi nilai k/m menjadi nol.

$$\left(\frac{c_c}{2m}\right)^2 = \frac{k}{m} = \check{S}_n \text{ atau}$$

$$c_c = 2\sqrt{km} = 2m\check{S}_n \quad (2.10)$$

Nilai dari suatu redaman dinyatakan dengan redaman kritis oleh rasio non dimensional yang

$$\text{disebut rasio peredaman. } \zeta = \frac{c}{c_c} \quad (2.11)$$

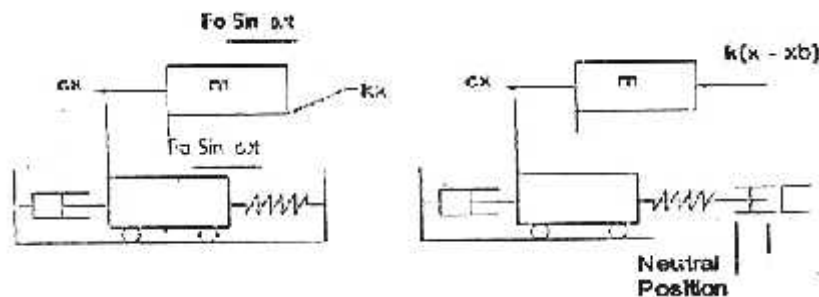
Dan ketiga keadaan redaman yang dibahas sebelumnya sekarang bergantung dari nilai ζ , apakah nilai ζ lebih besar dari, kurang dari, atau sama dengan satu.

- 1). $\zeta > 1$ (*overdamped*),
- 2). $\zeta = 1$ (*criticallydamped*); Pada *criticallydamped* ini nilai dari peredaman adalah konstan, sehingga *criticallydamped* ini biasa disebut *critical damping constant*,
- 3). $\zeta < 1$ (*underdamped*)

Tabel 1. Macam – macam harga ζ pada material permesinan

Jenis	ζ
Peredam kejut pada automobil	0,1 – 0,5
Karet	0,04
Beton	0,02
Paku keling pada struktur baja	0,03
Kayu	0,003
Alumunium roll dingin	0,0002
Baja roll dingin	0,0006
Bronze	0,00007

Getaran Paksa dengan Peredaman



Gambar 2. Sistem Getaran Paksa dengan Peredaman

Sistem pada gambar 2 merupakan penerapan sederhana dari sebuah sistem getaran paksa

dengan peredaman. Dari diagram benda bebas sistem, persamaan gerak dari sistem menjadi

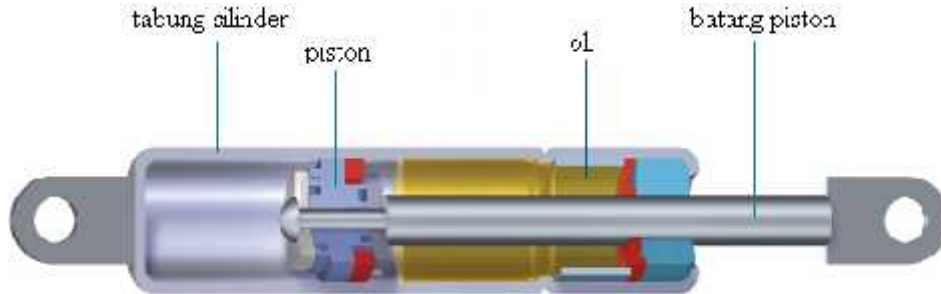
$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0 \sin \check{S}t \quad (2.12)$$

Dalam bentuk getaran bebas dengan peredaman, maka bentuk persamaan di atas menjadi

$$\ddot{x} + 2\zeta\dot{x} + \omega_n^2 x = \frac{F_o}{m} \sin \omega_n t \quad (2.13)$$

Peredam Viskos

Pada peredaman yang digunakan pada alat simulasi getaran ini akan digunakan sebuah peredam viskos dengan menggunakan media peredaman yaitu, fluida berupa oli. Peredam yang digunakan seperti pada gambar 4.



Gambar 3. Peredam dengan menggunakan media peredaman oli

Jika diameter pada silinder adalah D maka A dapat dihitung dengan

$$A = \frac{fD^2}{4} \quad (\text{m}^2) \quad (2.14)$$

Gaya pada silinder menjadi

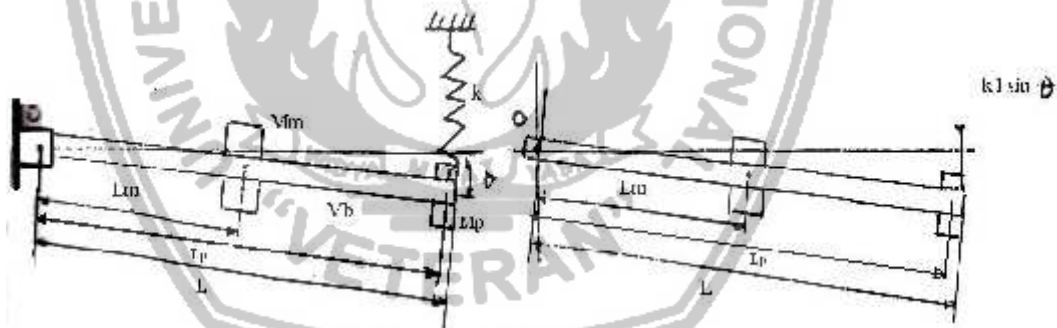
$$F = p.A \quad (\text{N}) \quad (2.15)$$

Getaran Bebas pada Beam

Jika pada beam seperti pada gambar 4 diberi gaya sehingga bergeser sedikit dari posisi kesetimbangannya, maka persamaan keseimbangan momennya : $\Sigma Mo = Io''$.
Jika dianggap amplitudo getaran cukup kecil maka :

$$(1/3m_b l_b^2 + m_m l_m^2 + m_p l_p^2)'' + kl^2 \theta = 0$$

maka ω_n dapat kita hitung menjadi:



Gambar 4. Getaran bebas pada beam

Dengan menggeser posisi pegas sejauh x maka akan terjadi perubahan nilai dari ω_n yang dapat kita hitung dengan mengurangi nilai l pada persamaan di atas sehingga persamaan menjadi

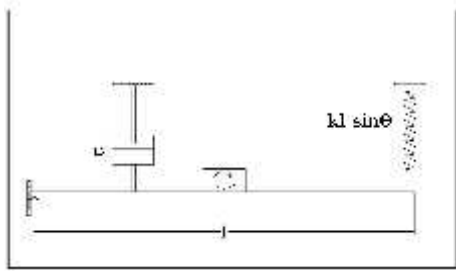
$$\omega_n = \sqrt{\frac{k(l-x)^2}{\frac{m_b l_b^2}{3} + m_m l_m^2 + m_p l_p^2}}$$

$$(1/3m_b l_b^2 + m_m l_m^2 + m_p l_p^2)'' + k(l-x)^2 \theta = 0 \quad (2.16)$$

Getaran Paksa pada Beam dengan Peredaman

Jika pada beam diberi sumber eksitasi dengan jarak l dari pusat O sehingga akan terlihat seperti pada gambar 7 Sumber eksitasi dari beam ini berupa sebuah motor yang telah ditambahkan gaya pengeksitasi berupa massa (Me) pada radius r yang besarnya adalah $Mer\omega_n^2 \sin \omega_n t$.
Dari gambar 7 dapat kita hitung kesetimbangan momen di pusat O yaitu:

$$-(kl \sin \theta) l \cos \theta + (Mer\omega_n^2 \sin \omega_n t) = Io''$$



Gambar 7. Getaran Paksa pada Beam dengan Peredam

dimana nilai dari $I_o = ml^2$, sehingga persamaan menjadi

$$\ddot{\theta} + \check{S}^2 \sin \theta = \frac{Merl_m \check{S}^2 \sin \check{S}t}{I_o}$$

Untuk $\theta_p = \theta \sin \check{S}t$ dan $\ddot{\theta} = -\check{S}^2 \theta \sin \check{S}t$

$$\theta_p = \frac{Merl_m \check{S}^2}{I_o \check{S}_n \left(1 - \frac{\check{S}^2}{\check{S}_n^2}\right)} \sin \check{S}t$$

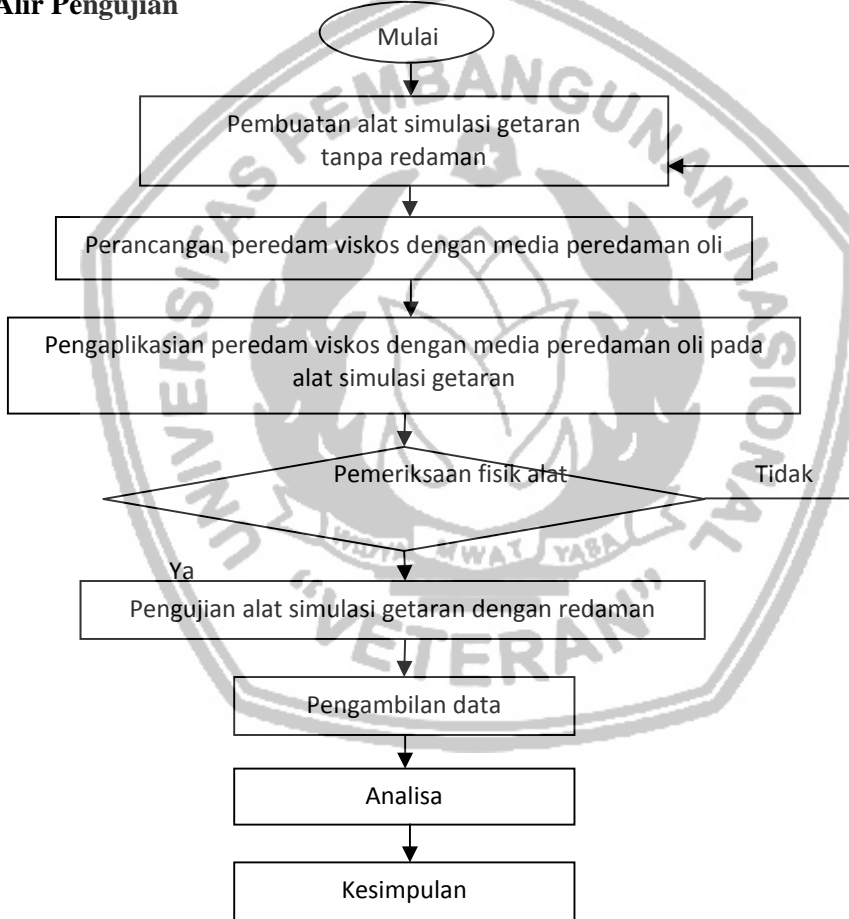
dengan $I_o = ml^2$, sehingga persamaan menjadi

$$\theta_p = \frac{Merl_m \check{S}^2}{kl^2 \left(1 - \frac{\check{S}^2}{\check{S}_n^2}\right)^2} \sin \check{S}t$$

Dan amplitudo $x_p = L \cdot \theta_p$

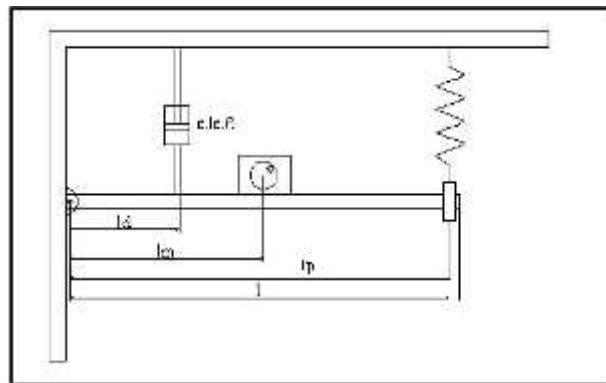
METODOLOGI

Diagram Alir Pengujian



Gambar 8. Diagram alir penelitian

Rancangan Alat Uji



Gambar 9. Rancangan Konstruksi Alat Uji

Spesifikasi besaran nilai pada rancangan alat:

1) Beam: $m = 0,8$ kg, $l = 0,80$ m, *stainless steel grade 304*, profil bujur sangkar

Motor + pemegang : $m = 2,05$ kg, $lm = 0,40$; motor AC

Pemberat : $m = 0,75$ kg, $lm = 0,40$ m

Pemegang pegas : $m = 0,15$ kg, $l = 0,74$ m

Pegas : $k = 1348$ N/m, $l = 0,74$ m

Peredam + pemegang : $m = 0,405$ kg

Massa *unbalance* : $0,017$ kg,

Penggulung kertas : $v = 50$ cm/menit

2) Posisi penempatan peredam, $x = 0,59$ m.

3) Fluida peredaman yang digunakan:

Oli: SAE 10 dengan nilai absolut viskositas = $0,082$ N.s/m²

4) Agar terjadi perpindahan piston yang linier maka diupayakan aliran laminar didalam pipa

5) Dasar perhitungan silinder peredam : $F = m \cdot x \cdot g$

$F = (m_m + m_b + m_{pemberat} + m_{pegas}) \cdot G$

$F = 36,7$ N

Pada media peredaman dengan oli dihasilkan tekanan sebesar

$$p = \dots \cdot g \cdot h \cdot T$$

$$p = 918,9,81,0,05 \cdot (20^\circ + 273)$$

$$p = 131931,74 \text{ Pa}$$

Dengan nilai dari $F = 36,7$ N maka diameter dari piston yang digunakan dapat kita tentukan:

$$A = \frac{F}{p}$$

$$D = 0,018 \text{ m}$$

Spesifikasi yang digunakan pada silinder untuk media peredaman dengan oli :

$D = 18$ mm

$d = 1,6$ mm

jumlah lubang pada piston = 12 lubang

diameter batang piston = 8 mm

panjang langkah (L) = 50 mm

Silinder peredam dengan spesifikasi di atas disesuaikan dengan spesifikasi yang ada di pasaran.

Perhitungan frekuensi pribadi pada saat pegas berada di ujung *beam* menjadi :

$$\check{S}_n = \sqrt{\frac{kl^2}{I_0}}$$

$$\check{S}_n = \sqrt{\frac{738,1}{0,7}} = 32,47 \text{ rad/s}$$

$$n = 310 \text{ rpm}$$

Konstanta redaman viskos untuk peredaman dengan menggunakan media peredam oli dengan nilai viskositas absolut $\sim = 0,082$ Ns/m² dapat ditentukan dari persamaan :

$$c = \frac{8fL}{n} \left(\frac{D}{d} \right)^4$$

$$c = 137,5 \text{ N.s/m}$$

Pada media peredaman dengan oli dihasilkan tekanan sebesar

$$p = \dots \cdot g \cdot h \cdot T$$

$$p = 918,9,81,0,05 \cdot (20^\circ + 273)$$

$$p = 131931,74 \text{ Pa}$$

Dengan nilai dari $F = 36,7$ N maka diameter dari piston yang digunakan dapat kita tentukan:

$$A = \frac{F}{p}$$

$$D = 0,018 \text{ m}$$

Spesifikasi yang digunakan pada silinder untuk media peredaman dengan oli :

$D = 18$ mm

$d = 1,6$ mm

jumlah lubang pada piston = 12 lubang

diameter batang piston = 8 mm

panjang langkah (L) = 50 mm

Koefisien redaman kritis (C_{cr}) pada jarak peredam 0,59 m dari ujung pegas, maka C_{cr} dapat ditentukan :

$$C_{cr} = 2m\check{S}_n$$

$$C_{cr} = \frac{2I_0\check{S}_n}{l^2}$$

$$C_{cr} = 391,7 \text{ N.s/m}$$

Sehingga rasio peredaman didapat

$$\zeta = \frac{c}{C_{cr}} = \frac{137,5}{391,7} = 0,35$$

Pada saat getaran bebas, pada ujung *beam* dipasang pena dan pemegang serta peredam viskos dengan berat $m_d = 0,405$ kg dengan titik berat l_d , maka frekuensi pribadi menjadi:

$$\check{S}_n = \sqrt{\frac{3kl^2}{I_0}}$$

dengan $I_0 = m_b l_b^2 + 3m_m l_m^2 + 3m_p l_p^2 + 3m_d l_d^2$
 Sehingga untuk penempatan peredam pada posisi 5 cm dari pangkal *beam* atau dari sumbu rotasi *beam* maka ω_n menjadi

$$\check{S}_n = \sqrt{\frac{3kl^2}{I_0}}$$

$$\check{S}_n = 32,24 \text{ rad/s}; n = 307 \text{ rpm}$$

Tabel 2. Harga Frekuensi Pribadi \check{S}_n Getaran Bebas dengan berbagai posisi dari Pusat Rotasi *Beam* dengan peredam viskos, media peredaman oli

Posisi peredam viskos (cm)	Frekuensi pribadi (\check{S}_n) (rad/s)	Putaran pada Frekuensi pribadi (rpm)
5	32,24	307
10	32,39	309

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Alat Simulasi Getaran dengan Peredaman

Pada pengujian alat simulasi uji getaran dengan peredaman ini terdapat dua bagian yang akan dianalisa pada proses pengujian peredaman ini, yang pertama pengujian pada getaran bebas dengan media peredaman oli, yang kedua pengujian pada getaran paksa dengan media peredaman oli.

Alat simulasi ini dibuat untuk dapat menampilkan tiga fenomena getaran teredam yaitu, getaran *underdamped* ($\zeta < 1$), getaran *critically damped* ($\zeta = 1$), dan getaran *overdamped* ($\zeta > 1$). Pada getaran dengan fenomena getaran teredam *critically damped* dimana nilai dari rasio peredaman $\zeta = 1$ nilai dari koefisien redaman ($c = C_{cr}$) sehingga

$$\zeta = \frac{c}{C_{cr}} = 1$$

dimana $C_{cr} = 2m\check{S}_n$
 dengan nilai $\zeta = 1$ dan $c = C_{cr}$ maka

$$\zeta = \frac{c}{2m\check{S}_n} = 1$$

sehingga didapat:

$$c = 2m\check{S}_n$$

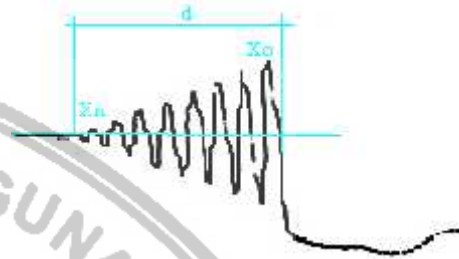
$$c = \frac{2I_0\check{S}_n}{l^2}$$

$$l = \sqrt{\frac{2I_0\check{S}_n}{c}}$$

Dari data pada halaman sebelumnya didapat nilai koefisien redaman $c = 137,5$, $I_0 = 0,7$, dan $\check{S}_n = 32,47 \text{ rad/s}$, maka: $l = 0,57 \text{ m}$

maka redaman kritis C_{cr} pada sistem terjadi pada saat peredam kita tempatkan pada posisi $x = 57 \text{ cm}$ dari pusat rotasi *beam*.

Dari data pengujian akan didapat gambar seperti terlihat pada gambar 10



Gambar 10. Hasil Pengujian Getaran dengan Peredam

Dari gambar diatas terdapat variabel – variabel yang akan diketahui yaitu, panjang getaran yang terjadi d , jumlah puncak n , tinggi puncak awal x_0 , dan tinggi puncak akhir x_n . Dari data yang diperoleh maka dapat dihitung frekuensi teredam \check{S}_d , penurunan logaritmik u , faktor redaman ζ , dan frekuensi pribadi \check{S}_n , dengan rumus

$$\text{Frekuensi pribadi teredam } \check{S}_d = \frac{n \cdot s}{d}$$

$$\text{Penurunan logaritmik } u = \frac{\left(\ln \frac{x_0}{x_n} \right)}{n}$$

$$\text{Faktor peredaman } \zeta = \frac{u}{\sqrt{4f^2 + u^2}}$$

$$\text{Frekuensi pribadi } \check{S}_n = \frac{\check{S}_d}{\sqrt{1 - \zeta^2}}$$

Pengujian Getaran Bebas dengan Peredaman Oli

Pada getaran bebas dengan peredaman oli ini peredam kita posisikan sesuai dengan posisi yang telah ditentukan terlebih dahulu yaitu, 5, 10 cm dari pusat rotasi *beam*.

1). Posisi peredam 5 cm dari pusat rotasi *beam*,
 Pengujian yang pertama peredam diletakan 5 cm

dari pusat rotasi beam. Dari hasil pengujian didapatkan grafik seperti pada gambar 11



Gambar 11. Hasil Pengujian Getaran Bebas dengan peredam viskos pada $x = 5$ cm

Dari gambar di atas diperoleh data – data sebagai berikut:

$d = 0,67$ cm; $x_o = 12,6$ mm; $x_n = 0,6$ mm; $n = 4$; $t = 0,93$ det

dari data di atas dapat dicari: (a). Frekuensi pribadi teredam $\check{S}_d = \frac{n.s}{d} = \frac{4.50}{0,67} = 298,5$ rpm,

(b).Penurunan logaritmik

$$u = \frac{\left(\ln \frac{x_o}{x_n} \right)}{n} = \frac{\ln \frac{12,6}{0,6}}{4} = 0,76, \quad \text{(c). Faktor peredaman}$$

$$\zeta = \frac{u}{\sqrt{4f^2 + u^2}} = \frac{0,76}{\sqrt{4f^2 + 0,76^2}} = 0,12, \quad \text{(d).,}$$

$$\text{Frekuensi pribadi } \check{S}_n = \frac{\check{S}_d}{\sqrt{1 - \zeta^2}} = \frac{298,5}{\sqrt{1 - 0,12^2}} = 300 \text{ rpm}$$

2). Posisi peredam 10 cm dari pusat rotasi beam Pengujian yang kedua peredam diletakan 10 cm dari pusat rotasi beam. Dari hasil pengujian didapatkan grafik seperti pada gambar 12



Gambar 12. Hasil Pengujian Getaran Bebas dengan Peredam Viskos pada $x = 10$ cm

Dari gambar di atas diperoleh data – data sebagai berikut:

$d = 0,36$ cm; $x_o = 13,65$ mm; $x_n = 2$ mm; $n = 2$; $t = 0,70$ det, dari data di atas dapat dicari:

(a). Frekuensi pribadi teredam $\check{S}_d = \frac{n.s}{d} = \frac{2.50}{0,36} = 277,8$ rpm, (b). Penurunan

$$\text{logaritmik } u = \frac{\left(\ln \frac{x_o}{x_n} \right)}{n} = \frac{\ln \frac{13,65}{2}}{2} = 0,96, \quad \text{(c).}$$

Faktor peredaman

$$\zeta = \frac{u}{\sqrt{4f^2 + u^2}} = \frac{0,96}{\sqrt{4f^2 + 0,96^2}} = 0,15, \quad \text{(d).}$$

$$\text{Frekuensi pribadi } \check{S}_n = \frac{\check{S}_d}{\sqrt{1 - \zeta^2}} = \frac{277,8}{\sqrt{1 - 0,15^2}} = 281,1 \text{ rpm}$$

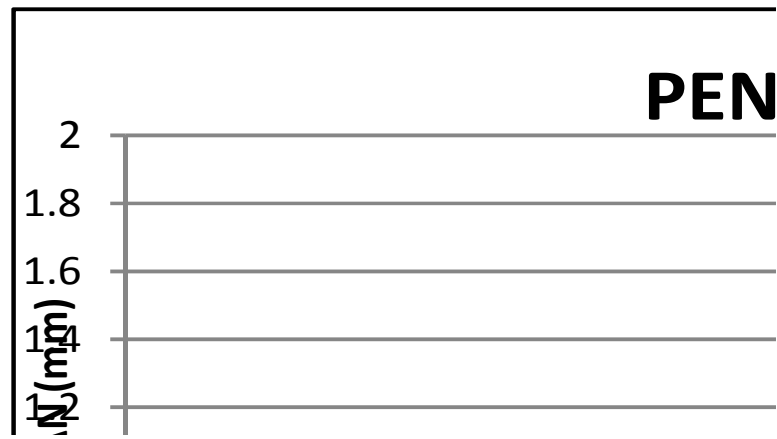
Pengujian Getaran Paksa dengan Peredaman Oli

Pada pengujian getaran paksa ini hampir sama dengan pengujian getaran bebas, hanya pada pengujian getaran paksa sumber eksitasi dari sistem adalah motor yang telah diberi massa *unbalance*. Media peredaman yang digunakan serta posisi penempatan peredam viskos pada beam sama.

Tabel 3. Data Pengukuran Getaran Paksa untuk Posisi Peredam 5 cm dari pusat Rotasi Beam

Putaran (Rpm)	Simpangan (mm)
0	0
100	0
150	0
200	0,25
250	0,55
300	1,9
350	1,475
400	1,225
450	0,975
500	0,85

Dari data di atas didapatkan grafik amplitudo seperti gambar 13



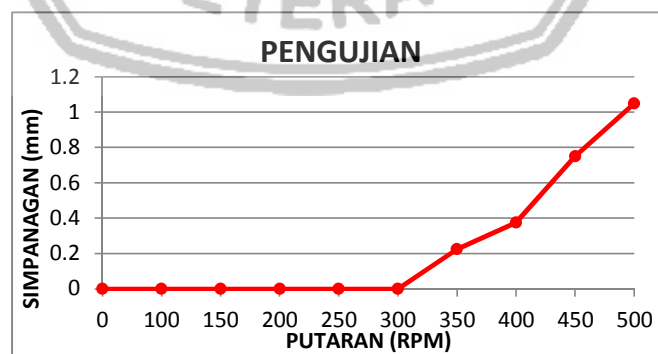
Gambar 13. Grafik Hasil Pengujian Getaran Paksa dengan Peredam Oli pada $x = 5$ cm

2). Posisi peredam 10 cm dari pusat rotasi beam, Pengujian yang kedua peredam oli ditempatkan pada $x = 10$ cm dari pusat rotasi beam. Dari hasil pengujian didapatkan data – data sebagai berikut:

Tabel 4. Data Pengukuran Getaran Paksa untuk Posisi Peredam 10 cm dari pusat Rotasi Beam

Putaran (Rpm)	Simpangan (mm)
0	0
100	0
150	0
200	0
250	0
300	0
350	0,225
400	0,375
450	0,75
500	1,05

Dari data di atas didapatkan grafik amplitudo-putaran seperti gambar 14



Gambar 14. Grafik Hasil Pengujian Getaran Paksa dengan Peredam Oli pada $x = 10$ cm

Analisa Data Hasil Pengujian Getaran Bebas

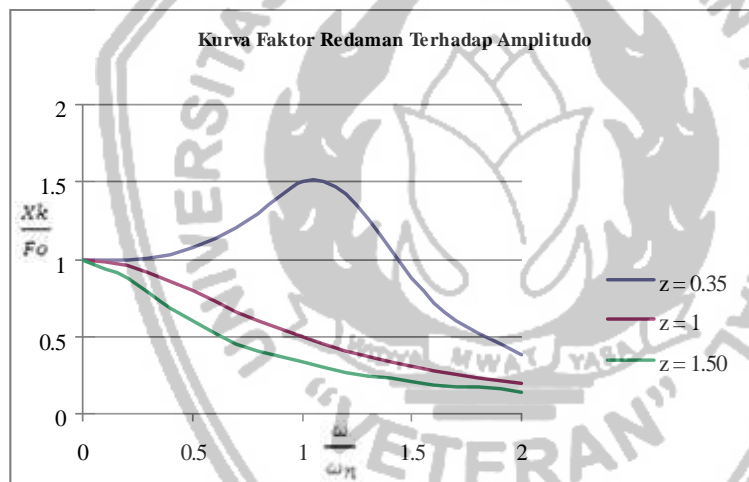
Berdasarkan teori dan pengujian dari alat simulasi getaran mekanis ini diketahui bahwa peredam pada alat simulasi getaran mekanis ini mempunyai nilai koefisien peredaman c sebesar 137,5 N.s/m dengan nilai *critically damped* pada $x = 57$ cm. Dari data teori dan pengujian seperti terlihat pada tabel 5

Tabel 5. Perbandingan Data Teori dan Pengujian Getaran Bebas dengan Peredam Oli

Posisi Peredam Viskos (cm)	Putaran pada frekuensi pribadi (rpm)	
	Teori	Pengujian
5	307	300
10	309	281,1

Data frekuensi pribadi yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan pengujian tidak sama dikarenakan nilai untuk masing – masing kategori, baik teori maupun pengujian

Kurva Faktor Redaman



Gambar 15. Kurva Faktor Redaman

$$\frac{Xk}{Fo} = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right]^2 + \left[2\zeta\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\right]^2}}; \frac{\omega}{\omega_n} \zeta = 0,35, \text{ rpm} = 0; \frac{Xk}{Fo} = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{0}{310}\right)^2\right]^2 + \left[2(0,35)\left(\frac{0}{310}\right)\right]^2}} = 1;$$

$$\frac{\omega}{\omega_n} = \frac{0}{310} = 0$$

mempunyai faktor – faktor penyebab kesalahan yang tidak dapat dihindari..

Analisa Data Hasil Pengujian Getaran Paksa

Berikut ini adalah data simpangan terbesar untuk pengujian getaran paksa

Tabel 6. Pengujian Getaran Paksa dengan Peredam Oli

Posisi Peredam Viskos (cm)	Simpangan	
	Putaran motor	Simpangan
5	300 rpm	1,9 mm
10	500 rpm	1,05 mm

Dari hasil ini memperlihatkan posisi penempatan peredam pada batang *rectangular beam* mempengaruhi kondisi peredaman yang terjadi pada sistem. Semakin jauh penempatan peredam dari pusat rotasi beam, maka faktor redamannya akan semakin besar sehingga ukuran simpangan pada hasil pengujian akan semakin kecil.

Hasil perhitungan tiga faktor redaman terdapat pada tabel 7

Tabel 7. Hasil perhitungan tiga faktor redaman

$\zeta = 0,35$		$\zeta = 1,0$		$\zeta = 1,50$	
XR/F_0	ω/ω_n	XR/F_0	ω/ω_n	XR/F_0	ω/ω_n
1	0	1	0	1	0
1,02	0,2	0,99	0,2	0,98	0,2
1,08	0,4	0,90	0,4	0,87	0,4
1,20	0,6	0,81	0,6	0,76	0,6
1,45	0,8	0,71	0,8	0,65	0,8
1,55	1	0,60	1	0,55	1
1,70	1,2	0,52	1,2	0,47	1,2
1,71	1,4	0,44	1,4	0,40	1,4
0,90	1,6	0,37	1,6	0,34	1,6
0,66	1,8	0,32	1,8	0,29	1,8
0,51	2	0,27	2	0,25	2

KESIMPULAN

Alat simulasi uji getaran mekanis ini pada dasarnya adalah untuk menampilkan fenomena getaran bebas dengan peredaman melalui tiga kondisi peredaman yaitu, *underdamped*, *critically damped*, dan *overdamped* dan juga untuk menampilkan fenomena getaran bebas dan paksa dengan peredaman.

Dari data hasil pengujian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: 1). Hasil dari getaran bebas pada pengujian alat simulasi getaran didapat putaran pada frekuensi pribadi alat simulasi getaran tanpa redaman sebesar 260,4 rpm dan dengan redaman sebesar 300 rpm ini memperlihatkan putaran pada frekuensi pribadi alat simulasi getaran dengan redaman lebih besar dibandingkan dengan alat simulasi getaran tanpa redaman dikarenakan adanya faktor redaman yang terjadi pada sistem.

2). Dari data hasil pengujian alat simulasi getaran dengan peredam, hasil antara perhitungan secara teoritis dengan hasil pengujian terjadi perbedaan, ini disebabkan karena banyak faktor yaitu karena kurangnya tingkat ketelitian pada saat pengukuran yang disebabkan oleh alat ukur yang digunakan tidak standar, karena adanya gesekan pena dan kertas pada plotter, karena pembuatan pemegang peredam yang kurang baik sehingga terjadi dispersi pada rangka yang mempengaruhi hasil dari pengujian, 3). Pada pengujian getaran paksa dengan interval kecepatan motor mulai dari 0 sampai 500 rpm dengan peredam oli pada posisi $l = 5$ cm dari pusat rotasi *beam*, pada putaran 300 rpm, simpangan tertinggi sebesar 1,9 mm dan pada posisi $l = 10$ dari pusat rotasi *beam*, pada putaran 500 rpm, simpangan tertinggi sebesar

1,05 mm. Dari hasil ini memperlihatkan posisi penempatan peredam pada batang *rectangular beam* mempengaruhi kondisi peredaman yang terjadi pada sistem. Semakin jauh penempatan peredam dari pusat rotasi *beam*, maka faktor redamannya akan semakin besar sehingga ukuran simpangan pada hasil pengujian semakin kecil, 4). Dilihat dari kurva faktor redaman dengan $\zeta = 0,35$ bisa diketahui respon maksimum pada perbandingan $\frac{\omega}{\omega_n} = 1$ sebesar 1,55.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewanto, Joni, Oktober 1999, *Kajian Teoritik Sistem Peredam Getaran Satu Derajat Kebebasan*, Jurnal Teknik Mesin vol 1 no 2, Universitas Kristen Petra.
- Finnemore, E. John, Joseph B. Franzini, 2002, *Fluid Mechanics* 10th ed., New York:McGraw-Hill Companies, Inc.
- Kelly, S. Graham, 2002, *Fundamentals of Mechanical Vibrations* 2nd ed., Singapura:McGraw-Hill.
- Norvelle, F. Don, 1994, *Fluid Power Technology*, Oklahoma: West Publishing Company.
- Ried, Robert C.,Dkk, 1991, *Sifat Gas dan Zat Cair*, Jakarta; PT. Gramedia .

Satrio, Djoeli, 1990, *Pengantar Getaran Mekanis Modul 1 edisi 1*, Program Studi Teknik Mesin Semarang: UNDIP.

Steidel, Robert F. Jr.,1989, *An Introduction to Mechanical Vibration*, Singapura; John Wiley & Sons.

Saputra, Gunawan, 2011, *Pengujian Dan Analisis Alat Simulasi Getaran Tanpa Redaman*, Program Studi Teknik Mesin – ISTN , Jakarta.

Thomson, William T.,1992, *Teori Getaran Dengan Penerapan*, Terjemahan Lea Prasetio, Erlangga, Jakarta.

